

**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**  
**рами рекламного щита**

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

**Олександр ВІННІЧУК**

Керівник

**Віталій СЕНЧИШИН**

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

**ВІННІЧУКУ Олександр Миколайовичу**

**Тема роботи** Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення  
рами рекламного щита

**Керівник роботи** СЕНЧИШИН Віталій Степанович  
(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 Види, вимоги та характеристика систем вентиляції для зварювальної дільниці

5.2 Оцінка спроектованого технологічного процесу щодо умов техніки безпеки, електробезпеки та пожежної безпеки

#### Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення рами рекламного щита – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення рами рекламного щита – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення кільцевого кантувача – 2.0 (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 )

Олександр ВІННІЧУК

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

( підпис )

Віталій СЕНЧИШИН

(ім'я, прізвище)

## **АНОТАЦІЯ**

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення рами рекламного щита 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 billboard frame 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 . . . . .                                                                                                  | 7  |
| 1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу . . . . .                                                                                              | 8  |
| 1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції . . . . .                                                                                    | 9  |
| 1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів . . . . .                                                                                              | 9  |
| 1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів . . . . .                                                                              | 10 |
| 1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу . . . . .                                                                                                   | 10 |
| 1.3.4 Вимоги до складання . . . . .                                                                                                                 | 11 |
| 1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції . . . . .                                                                                                | 11 |
| 1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної<br>конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної<br>роботи . . . . . | 12 |
| 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ . . . . .                                                                                                                    | 14 |
| 2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання . . . . .                                                                                   | 14 |
| 2.2 Вибір зварювальних матеріалів . . . . .                                                                                                         | 15 |
| 2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання . . . . .                                                                                      | 17 |
| 2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування . . . . .                                                                                      | 22 |
| 2.5 Вибір методу контролю якості виробу . . . . .                                                                                                   | 25 |
| 2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення<br>зварної конструкції . . . . .                                                             | 27 |
| 2.6.1 Заготівельні операції . . . . .                                                                                                               | 28 |
| 2.6.2 Складальні операції . . . . .                                                                                                                 | 30 |
| 2.6.3 Складально-зварювальні операції . . . . .                                                                                                     | 30 |

|           |               |          |        |      |                                                                                                                 |  |                                 |         |
|-----------|---------------|----------|--------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|---------|
|           |               |          |        |      | <i>КР.422.06.00.00.000.ПЗ</i>                                                                                   |  |                                 |         |
| Зм.       | Арк.          | № докум. | Підпис | Дата |                                                                                                                 |  |                                 |         |
| Розроб.   | Віннічук      |          |        |      | Проект вдосконалення техно-<br>логічного процесу виготов-<br>лення рами рекламного щита<br>Пояснювальна записка |  | Літ.                            | Арк.    |
| Перевір.  | Сенчишин Віт. |          |        |      |                                                                                                                 |  |                                 | Аркушів |
| Реценз.   |               |          |        |      |                                                                                                                 |  |                                 | 4       |
| Н. Контр. | Залуцька      |          |        |      |                                                                                                                 |  | ВСП «ТФК ТНТУ»,<br>гр. ПМ-422ск |         |
| Затв.     | Дранівська    |          |        |      |                                                                                                                 |  |                                 |         |

|       |                                                                |   |   |   |   |   |    |
|-------|----------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|----|
| 2.6.4 | Опоряджувальні операції                                        | . | . | . | . | . | 30 |
| 2.6.5 | Допоміжні операції                                             | . | . | . | . | . | 31 |
| 2.6.6 | Контроль якості                                                | . | . | . | . | . | 31 |
| 2.7   | Нормування технологічного процесу виготовлення зварної         |   |   |   |   |   |    |
|       | конструкції і витрат матеріалів та електроенергії              | . | . | . | . | . | 32 |
| 3     | КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ                                        | . | . | . | . | . | 35 |
| 3.1   | Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при |   |   |   |   |   |    |
|       | виготовленні конструкції.                                      | . | . | . | . | . | 35 |
| 3.2   | Опис роботи зварювального пристосування                        | . | . | . | . | . | 36 |
| 4     | ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ                               | . | . | . | . | . | 38 |
| 4.1   | Розрахунок кількості обладнання                                | . | . | . | . | . | 38 |
| 4.2   | Розрахунок кількості працівників                               | . | . | . | . | . | 44 |
| 4.3   | Визначення витрат і вартості основних матеріалів               | . | . | . | . | . | 47 |
| 4.4   | Розрахунок фонду оплати праці                                  | . | . | . | . | . | 48 |
| 4.5   | Калькуляція собівартості виробу                                | . | . | . | . | . | 54 |
| 4.6   | Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого              |   |   |   |   |   |    |
|       | технологічного процесу та його економічної ефективності        | . | . | . | . | . | 55 |
| 4.7   | Основні техніко-економічні показники розробленого              |   |   |   |   |   |    |
|       | технологічного процесу                                         | . | . | . | . | . | 56 |
| 5     | ОХОРОНА ПРАЦІ                                                  | . | . | . | . | . | 59 |
| 5.1   | Види, вимоги та характеристика систем вентиляції для           |   |   |   |   |   |    |
|       | зварювальної ділянки                                           | . | . | . | . | . | 59 |
| 5.2   | Оцінка спроектованого технологічного процесу щодо умов         |   |   |   |   |   |    |
|       | техніки безпеки, електробезпеки та пожежної безпеки            | . | . | . | . | . | 63 |
|       | ВИСНОВКИ                                                       | . | . | . | . | . | 66 |
|       | ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ                                               | . | . | . | . | . | 67 |
|       | ДОДАТКИ                                                        | . | . | . | . | . | 69 |

## ВСТУП

Зварювання є одним із найпрогресивніших методів отримання нероз'ємних з'єднань у промисловості та будівництві. Завдяки своїй універсальності та ефективності зварювальне виробництво постійно розвивається й охоплює практично всі галузі народного господарства.

Сучасне зварювальне виробництво оснащене передовою технікою та високотехнологічним обладнанням. За рівнем автоматизації процесів і обсягом виконуваних робіт воно посідає провідне місце у світі.

Головною метою зварювального виробництва є виготовлення економічних зварних конструкцій, які за своїми формами, а також механічними й фізичними властивостями повністю відповідають умовам експлуатації та призначенню виробу.

Процес зварювання є досить складним, особливо з огляду на велику кількість методів, що ґрунтуються на використанні різних фізичних явищ.

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].

Сьогодні рівень механізації та автоматизації постійно зростає, що сприяє підвищенню продуктивності праці, удосконаленню культури зварювального виробництва та покращенню умов роботи.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 6    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Опис конструкції зварного виробу

Рама рекламного щита слугує основою для розміщення рекламної інформації та встановлюється разом зі стояком. Обидві складальні одиниці утворюють конструкцію рекламного щита.

Сучасні рекламні щити виготовляють у різних формах і типорозмірах – це залежить від вимог до їх зовнішнього вигляду та рівня естетичності.

Рама рекламного щита виготовляється з листового та профільного металопрокату. Для її виробництва застосовують сталь звичайної якості марки Ст3сп. Габаритні розміри рами становлять: ширина – 525 мм, довжина – 6020 мм, висота – 3235 мм. Загальний вигляд конструкції наведено на рисунку 1.1.

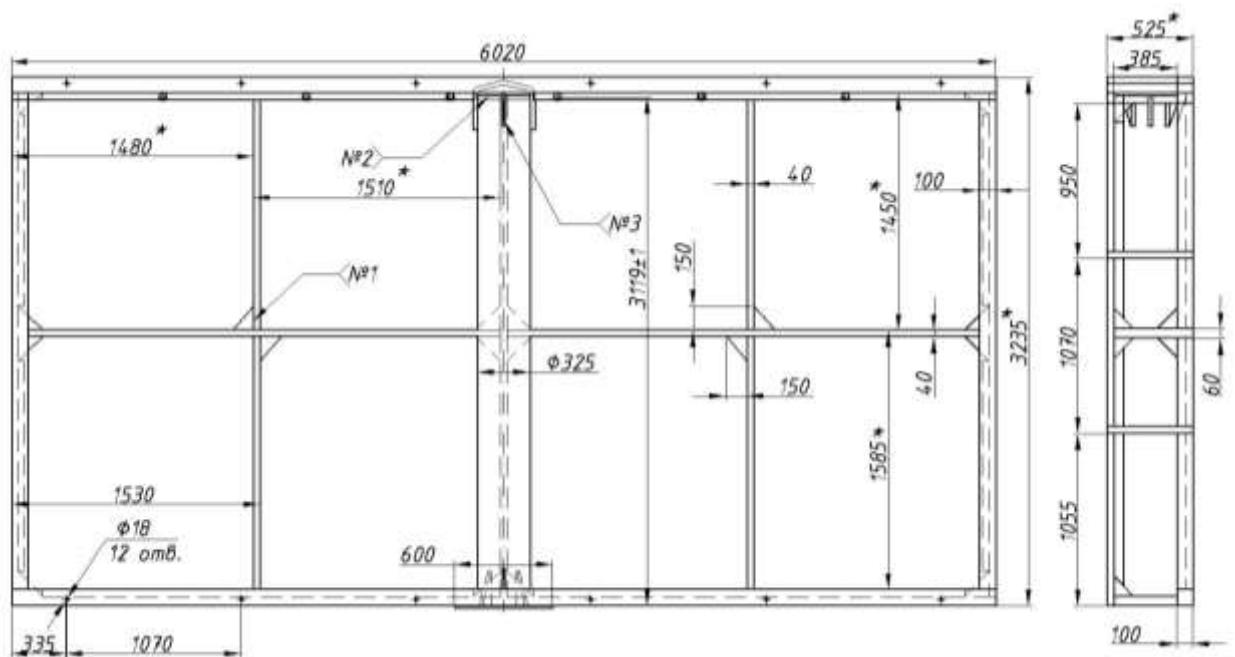


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд рами рекламного щита

### 1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Під час виготовлення конструкції необхідно дотримуватися таких технічних вимог:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 7    |

- а) підготовка кромки і складання зварюваних деталей мають відповідати робочим кресленням як за чистотою, так і за точністю розмірів;
- б) зварювальні роботи слід виконувати в закритому приміщенні, яке захищає робочу зону від опадів та інших негативних впливів;
- в) усі з'єднання, підготовлені до зварювання, повинні бути перевірені та прийняті технічним контролем;
- г) зварювальне обладнання має відповідати встановленим технічним характеристикам;
- д) ручне дугове зварювання застосовують лише тоді, коли використання інших методів є неможливим.

## 1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення цієї конструкції застосовують маловуглецеву конструкційну сталь Ст3сп. Вміст вуглецю в ній не перевищує 0,25 %. Хімічний склад матеріалу наведено в таблиці 1.1 [2].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі Ст3сп, %

| 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 |

Механічні властивості даної сталі для гарячекатаного прокату, приведені в таблиці 1.2 [2].

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі Ст3сп

| Границя текучості,<br>$\sigma_{02}$ , МПа | Границя міцності<br>$\sigma_b$ , МПа | Відносне видовження, $\delta_5$ |
|-------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| 245                                       | 370-480                              | 26                              |

Зварюваність металу визначають на основі розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю  $C_{\text{екв}}$  [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:

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

Еквівалентний вміст вуглецю становить менше 0,45 %, тому сталь має добру зварюваність. Її можна з'єднувати будь-якими поширеними методами без додаткових операцій, зокрема без попереднього чи супутнього підігрівання під час зварювання.

### 1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

#### 1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Для виготовлення рами рекламного щита необхідно використовувати матеріали та напівфабрикати, що відповідають установленим стандартам і технічним умовам.

Марку сталі для зварної конструкції слід обирати з урахуванням її зварюваності та класу самої конструкції.

Напівфабрикати повинні бути вільними від тріщин та інших дефектів, що знижують їхню експлуатаційну надійність. Невеликі пошкодження, які не виходять за межі допустимих відхилень, дозволяється усувати шляхом шліфування або засвердлювання.

Матеріали та напівфабрикати повинні відповідати встановленим технічним вимогам і мати сертифікати виробника.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

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

Несуча здатність і економічність зварної конструкції значною мірою залежать від точності підготовки деталей, чистоти їхніх поверхонь та якості складання. Кромки елементів можна обробляти будь-якими механічними способами, за умови що поверхня різку буде рівною, а висота нерівностей не перевищуватиме 0,5 мм.

Основною вимогою технічних умов під час проектування конструкції є забезпечення її достатньої жорсткості під дією експлуатаційних навантажень.

Точність розмірів рами зазвичай забезпечується безпосередньо після зварювання, без потреби в додатковій механічній обробці. Допустимі відхилення геометричної форми, перекося та зміщення окремих елементів, що можуть виникати під час заготівельних, складальних і зварювальних операцій, визначаються технічними умовами на виготовлення конструкції.

### 1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Упродовж усього періоду експлуатації зварні з'єднання мають забезпечувати необхідну міцність, витривалість і стійкість за заданих навантажень та умов роботи. Міцність металу шва повинна бути не нижчою за міцність основного металу.

На міцність зварного з'єднання суттєво впливають тріщини, непровари, крихкість металу в зоні термічного впливу та інші дефекти. Тому під час розроблення технології зварювання важливо ретельно добирати матеріали, методи, режими та оснащення, щоб максимально знизити ймовірність їх утворення.

Геометричні осі елементів, що з'єднуються, мають перетинатися в центрі вузла. Конструкція повинна забезпечувати можливість виконання швів, які фіксують каркас, поперечки та балку, у зручному для виготовлення положенні.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 10   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

### 1.3.4 Вимоги до складання

Перед складанням усі деталі та заготовки звіряють із кресленнями, контролюючи їхні габаритні розміри, якість підготовки кромок, кути зрізу та чистоту поверхні. З'єднання деталей має регламентуватися одним із способів зварювання зазначених нижче:

- а) ручне зварювання покритим електродом – 111 SMAW;
- б) автоматичне зварювання під флюсом – 121 SAW;
- в) механізоване зварювання в середовищі захисних газів – 131 MIG, 135 MAG.

Складання необхідно виконувати в спеціальних складальних пристосуваннях або на стендах. Перед зварюванням основний метал у зонах з'єднання має бути ретельно очищений від іржі, мастил, вологи, окалини та інших забруднень, що можуть спричинити дефекти у зварних швах.

### 1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Під час розроблення технології складання та зварювання слід максимально зменшувати переріз швів і ширину зони термічного впливу, не порушуючи вимог до якості. Досягти необхідної якості зварного з'єднання можливо лише за умови забезпечення вільного доступу до місця зварювання.

Якщо у зварному з'єднанні наявні дефекти, допустимі без усунення, їх сумарна довжина не повинна перевищувати 15% від загальної довжини шва.

У конструкції заборонені тріщини в зварних швах і зоні термічного впливу, а також пропалення, непровари та пористість.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

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

Для виготовлення рами рекламного щита застосовують ручне дугове зварювання покритими електродами (процес 111 SMAW). Зварювання виконують інверторними апаратами типу ЗЕНІТ ЗСІ-280 потужністю 6500 Вт.

Для зварювання рами використовуються електроди класу Е46, марки АНО-21, з рутиловим покриттям Р11, діаметром 4 мм.

Під час виготовлення рами рекламного щита використовують параметри режиму зварювання, наведені в таблиці 1.3.

Для забезпечення якісного провару металу на заготовці виконують двобічний скіс кромки за типом Т8.

Таблиця 1.3. Параметри режиму зварювання рами рекламного щита

| Параметри                       | Значення |
|---------------------------------|----------|
| Струм зварювання, А             | 210      |
| Діаметр покритого електрода, мм | 4,0      |
| Товщина зварюваного металу, мм  | 6,0      |

Під час виготовлення різних конструкцій зварювання набуває все ширшого застосування. Проте навіть ретельно розроблена технологія не гарантує повної відсутності випадкових дефектів у зварних з'єднаннях. До таких дефектів належать непровари, тріщини, підрізи, напливи, шлакові включення, газові пори та інші недоліки. Якість виробу визначається сукупністю його властивостей, що забезпечують здатність задовольняти встановлені вимоги відповідно до призначення.

Зварні з'єднання повинні проходити механічні випробування для підтвердження відповідності їх міцності та пластичності вимогам технічних умов. До основних обов'язкових видів таких випробувань належать:

а) статичні випробування на розтяг і згин для визначення межі міцності та пластичності металу;

б) динамічні випробування на ударну в'язкість.

Одним із найпоширеніших методів контролю якості зварних з'єднань є зовнішній огляд, який і використовується для перевірки якості цього виробу.

У чинному технологічному процесі виготовлення рами рекламного щита наявні такі недоліки:

- застосування ручного дугового зварювання обмежує продуктивність;
- після виконання зварювання необхідне видалення шлаку та зачистка швів;
- технологічне обладнання потребує модернізації для ефективного виготовлення таких виробів.

Усунення зазначених недоліків можливе такими способами:

- замінити ручне дугове зварювання на напівавтоматичне у суміші аргону та вуглекислого газу;
- впровадити сучасніше та більш продуктивне слюсарне обладнання;
- застосовувати технологічне устаткування, яке забезпечує швидке притискання та зняття притискаючої сили без перешкод для зварювального процесу.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 13   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Вибір оптимального способу зварювання для виготовлення цієї конструкції здійснюють на основі аналізу низки факторів: технічних та економічних вимог до зварних з'єднань, зварюваності матеріалу, необхідної продуктивності, можливостей механізації й автоматизації процесу, а також вимог щодо безпечності та нешкідливості роботи.

Під час виготовлення цієї конструкції вибір способу зварювання обмежується тим, що шви мають різні просторові положення та невелику довжину. З огляду на це можливе застосування таких методів зварювання:

- а) ручне дугове;
- б) напівавтоматичне в середовищі захисних газів;
- в) газове зварювання.

Автоматичне зварювання під шаром флюсу є повністю непридатним для виготовлення цієї конструкції.

Перевагою ручного дугового зварювання є простота обладнання та відносно низькі виробничі витрати. Водночас цей спосіб має низку суттєвих недоліків: невисоку продуктивність, шкідливі умови праці для зварника, потребу у висококваліфікованому персоналі, відсутність автоматизації та підвищену ймовірність появи браку.

Переваги напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів полягають у відносно високому рівні автоматизації, значній продуктивності, низьких виробничих витратах та високій якості зварних з'єднань. Відкрита дуга забезпечує добру видимість ванни розплавленого металу, а сам процес дозволяє виконувати зварювання в різних просторових положеннях і працювати з металами різної товщини – від 0,2–0,9 мм до 10–20 мм. До недоліків цього способу належать інтенсивне розбризкування електродного металу, що забруднює обладнання, потреба у джерелі постійного струму, а

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

також необхідність застосування захисних засобів від світлового та теплового випромінювання через відкриту дугу.

Переваги газового зварювання полягають у плавному нагріванні металу, відсутності потреби в електроживленні, простоті та невисокій вартості процесу, а також можливості зварювати не лише чорні, а й кольорові метали та їх сплави. До недоліків цього способу належать вибухонебезпечність, складність механізації та автоматизації, чутливість до протягів і низьких температур, а також обмеження щодо зварювання металів малої товщини.

Отже, для виготовлення рами рекламного щита застосовують напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів – суміші 82% аргону та 18% вуглекислого газу. Схему цього способу наведено на рисунку 2.1.

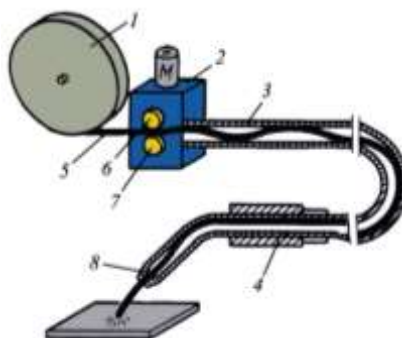


Рисунок 2.1 - Схема напівавтоматичного зварювання у суміші захисних газів [1, с.163]

1 - котушка; 2 - механізм для подавання дроту; 3 - рукав; 4 - тримач; 5 - зварювальний дріт; 6 - коробка швидкостей ведучого та притискувального ролика; 7 – притискувальний ролик; 8 - наконечник; М – електродвигун

## 2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Раму рекламного щита виготовляють із конструкційної маловуглецевої сталі марки Ст3сп.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 15   |

Застосування захисних зварювальних сумішей замість традиційного вуглекислого газу дає змогу істотно підвищити швидкість зварювання без зміни технології чи обладнання. Це досягається завдяки стабільнішій роботі дуги, кращому перенесенню та формуванню металу у зварювальній ванні, що підвищує надійність і якість шва. Робочий діапазон регулювання режимів зварювання значно розширюється як за напругою, так і за струмом. Наприклад, швидкість подачі дроту може зрости з 6–7 до 12–14 м/хв. У газових сумішах легко реалізується режим струменевого перенесення, що забезпечує майже ідеальну форму зварного шва.

Таким чином, під час виготовлення цієї конструкції як захисний газ застосовують суміш, що містить 82% аргону та 18% CO<sub>2</sub>. У процесі напівавтоматичного електродугового зварювання в середовищі захисних газів основним зварювальним матеріалом є зварювальний дріт, тоді як захисний газ виконує допоміжну функцію, забезпечуючи стабільність дуги та якість формування шва.

Аргон у промисловості отримують із повітря шляхом низькотемпературної ректифікації, під час якої виділяють кисень і азот, а разом із ними – аргон. Це інертний газ, що може постачатися як у рідкому, так і в газоподібному стані. Відповідно до ТУ 2114-001-76237928-2013, для зварювання рами використовується газоподібний аргон високої чистоти з масовою часткою 99,998%.

Вуглекислий газ, призначений для зварювання, має відповідати вимогам ДСТУ 4817:2007. Під час зварювання рами як захисний газ застосовують вуглекислий газ вищого сорту, у якому максимально допустимий вміст домішок не перевищує 0,1%.

Як зварювальний матеріал застосовують легований дріт марки Св-08Г2С, хімічний склад якого наведено в таблиці 2.1.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 16   |

Таблиця 2.1 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С [4, с.87]

| Марка дроту | Вміст, % |         |          |      |      |           |       |
|-------------|----------|---------|----------|------|------|-----------|-------|
|             | С        | Mn      | Si       | Cr   | Ni   | S         | P     |
|             |          |         |          |      |      | не більше |       |
| Св-08Г2С    | 0,5-0,11 | 1,8-2,1 | 0,7-0,95 | 0,20 | 0,25 | 0,025     | 0,030 |

Для покращення процесу зварювання і якості шва, зварювальний дріт Св-08Г2С повинен поставлятись з обмідненою поверхнею.

### 2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Під час визначення параметрів режиму зварювання необхідно забезпечити отримання швів заданих розмірів, форми та якості. Тому доцільно не просто підбирати параметри, а виконувати їх розрахунок. Оскільки рама рекламного щита зварюється тавровими та стиковими з'єднаннями, розрахунок режиму проводимо для кутового з'єднання з катетом 6 мм. Схему такого з'єднання наведено на рисунку 2.2.

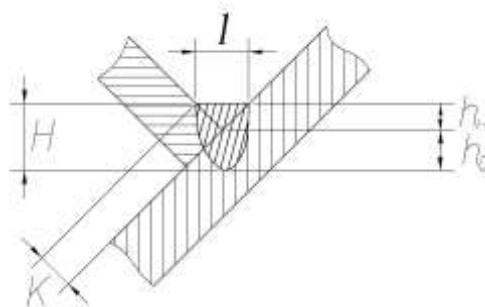


Рисунок 2.2 - Схема кутового з'єднання

$K$  - катет шва;  $H$  - висота шва;  $h_n$  - висота наплавленого металу;  $h_0$  - глибина проплавлення основного металу;  $l$  - ширина шва

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

- діаметр і марка електродного дроту  $d_e$ , мм;
- зварювальний струм  $I_{зв}$ , А;
- напруга на дузі  $U_d$ , В;
- швидкість подачі електродного дроту  $V_{п.д.}$ , м/год;
- швидкість зварювання  $V_{зв.}$ , м/год;
- витрати захисного газу  $Q_g$ , л/хв.

При розрахунку параметрів режиму зварювання необхідно забезпечити одержання катету шва, відповідної величини.

Визначаємо площу наплавленого металу  $F_n$  за формулою [4, с.196]:

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

де  $K$  – катет шва,  $K=6$  мм,

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

Визначаємо висоту наплавленого металу  $h_n$  за формулою [4, с.192]:

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

$$h_n = \sqrt{18} = 4,243 \quad \text{мм}.$$

Визначаємо ширину шва  $l$ , за формулою [4, с.192]:

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

$$l = \sqrt{2 \cdot 36} = 8,485 \quad \text{мм}.$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Визначаємо загальну висоту шва Н за формулою [4, с.193]:

$$\psi_m = \frac{l}{H}. \quad (2.4)$$

Тоді:

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

попередньо вибравши значення  $\psi_m$ , яке знаходиться в інтервалі величин 0,8 – 2,0 мм [4,с.196], приймаємо  $\psi_m=1,3$ .

Отже:

$$H = \frac{8,485}{1,3} = 6,527 \quad \text{мм.}$$

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

Визначаємо глибину проплавлення  $h_0$ , за формулою [4, с.192]:

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

$$h_0 = 6,527 - 4,243 = 2,284 \quad \text{мм.}$$

Для зварювання виробу із низьковуглецевої сталі з катетом 6 мм, вибираємо зварювальний дріт діаметром 1,6 мм.

Визначаємо зварювальний струм  $I_{зв}$  за формулою [4, с.192]:

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

де  $K_a$  – коефіцієнт пропорційності,  $K_a=1,35$  [4, с.193].

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 19   |

$$I_{зв} = \frac{2,284}{1,35} \cdot 100 = 169,222 \quad I_{зв} \approx 170 \quad \text{А.}$$

Отже, приймаємо силу зварювального струму 170 А.

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту за формулою [5, с.212]:

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

де  $\alpha_p$  – коефіцієнт розплавлення,  $\alpha_p = 12 \text{ г/А} \times \text{год}$  [5, с.212];

$\rho$  – густина електродного дроту, для сталі  $\rho = 7.8 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ ;

$F_{ел}$  – площа поперечного перерізу електрода, яка визначається за формулою:

$$F_{ел} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 1,6^2}{4} = 2 \quad \text{мм}^2.$$

Отже:

$$V_{н.д.} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 170}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 7.8 \cdot 10^3} = 108,454 \quad \text{м/год.}$$

Швидкість подачі електродного дроту  $V_{п.д.} = 110 \text{ м/год.}$

Розраховуємо напругу на дузі за формулою [4, с.194]:

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

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 170}{1000 \cdot \sqrt{1,6}} \pm 1 = 30,75 \pm 1 \quad \text{В.}$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Приймаємо  $U_d=31$  В.

Визначаємо швидкість зварювання за формулою [4, с.194]:

$$V_{36} = \frac{A}{I_{36}}, \quad (2.10)$$

де  $A$  – коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, в даному випадку для  $d_e = 1,6$  мм –  $A = 2,5 \cdot 10^3$  А·м/год [4, с.194]:

$$V_{36} = \frac{2,5 \cdot 10^3}{170} = 14,7 \text{ м/год.}$$

Приймаємо  $V_{зв}=15$  м/год.

Перевіряємо діаметр електродного дроту за формулою [4, с.193]:

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{I_{36}}{\gamma}}, \quad (2.11)$$

де  $\gamma$  – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 1 мм  $\gamma=75\dots300$  А/мм<sup>2</sup> [4, с.193],

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{170}{90}} = 1,553 \text{ мм,}$$

що є допустимо.

Виліт електродного дроту приймаємо  $l_d=17$  мм [6, с.103].

Витрати захисного газу  $Q_r = 17$  л/хв. [6, с.105].

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.2.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 21   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання

| ПАРАМЕТР                               |            |                        | значення |
|----------------------------------------|------------|------------------------|----------|
| назва                                  | СИМВОЛ     | одиниці<br>вимірювання |          |
| Сила зварювального струму              | $I_{зв}$   | А                      | 170      |
| Напруга на дузі                        | $U_d$      | В                      | 31       |
| Діаметр електродного дроту             | $d_e$      | мм                     | 1,6      |
| Виліт електрода                        | $l_d$      | мм                     | 17       |
| Швидкість зварювання                   | $V_{зв}$   | м/год                  | 15       |
| Швидкість подачі<br>електродного дроту | $V_{п.д.}$ | м/год                  | 110      |
| Витрати захисного газу                 | $Q_g$      | л/хв                   | 17       |

## 2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Устаткування для дугового зварювання в середовищі захисних газів може бути як універсальним, так і спеціалізованим. Його характерною особливістю є наявність вузлів, агрегатів та допоміжних пристроїв, призначених для забезпечення газового захисту металу шва та зони термічного впливу від контакту з повітрям.

Для зварювання рами рекламного щита застосовують інверторний напівавтомат Jasіc MIG-350P, призначений для механізованого дугового зварювання.

Jasіc MIG-350P – це промисловий зварювальний інвентор для напівавтоматичного зварювання на постійному струмі (DC) в середовищі захисних газів дротом суцільного перерізу (MIG/MAG) і ручним дуговим зварюванням (MMA) [7].

Особливість інверторного напівавтомата Jasіc MIG-350P – робота в режимі імпульсного напівавтоматичного зварювання (MIG/MAG Pulse), який

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 22   |

забезпечує мінімальне розбризкування, контроль ступені проплавлення і контрольоване дрібнокапельне перенесення електродного металу. Зварюючи нержавіючу сталь, нікель, а також інші сплави дуже важливо враховувати чутливість цих матеріалів до надлишкового тепло вкладення під час зварювання. Імпульсне зварювання в цьому варіанті – оптимальне вирішення, оскільки рівень вкладення тепла низький, відповідно менша імовірність деформації деталей і отримання бракованих виробів. Для зварювання тонкого алюмінію використовується режим зварювання з подвійним імпульсом MIG/MAG Double Pulse (Twin Pulse), що ще більше делікатний до рівня вкладення тепла [7].

Інвертор працює під керуванням сучасного високошвидкісного процесора. Основні параметри зварювання задаються програмою, і в подальшому не потребують радикального залучення зварювальника. Синергетичне керування дозволяє підібрати потрібний режим зварювання в залежності від типу і товщини дроту, а також виду використовуваного захисного газу. Вибраний синергетичний процес автоматичної підтримки необхідної робочої напруги, що забезпечує стійке горіння зварювальної дуги в процесі роботи і полегшує зварювальнику вибір оптимальних параметрів режиму зварювання. Панель керування сенсорна з двома дисплеями для індикації параметрів [7].

Інверторний напівавтомат Jasіc MIG-350P – це апарат великої потужності, щоб робота виконувалась більш продуктивно, він комплектується пальником і блоком рідинного охолодження до нього. Подавальний механізм 4-х роликовий, що винесений в окремий корпус з тримачем для пальника. Потужність пристрою достатня для роботи пальниками зі шланг-пакетом до 5 м. Дріт надійно захищений боксом із міцного пластику від попадання вологи, пилуки та інших забруднень. Можлива установка найбільш поширених типів котушок зі зварювальним дротом вагою до 15 кг. Для зручності транспортування апарат разом з блоком охолодження монтується на візку з

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 23   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

платформою для великого газового балону. Механізм подачі дроту встановлюється на турель, яка забезпечує обертання на 360°. Весь комплект максимально продуманий і забезпечує зручну експлуатацію всього комплексу: високі колеса підвищеної прохідності, ланцюги для кріплення балона на візку, з обох боків вертикальні стійки для кріплення кабелів і шлангів [7].

Технічні характеристики напівавтомату представлені у таблиці 2,3, а його загальний вигляд на рисунку 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики напівавтомата Jasіc MIG-350P [7]

| Найменування                                  | Показник           |
|-----------------------------------------------|--------------------|
| Вид зварювання                                | MMA MIG MAG        |
| Напруга мережі живлення, В                    | 380 ± 15% (3 фази) |
| Тип зварювального струму                      | DC                 |
| Регулювання зварювального струму (MMA), А     | 10 – 350           |
| Регулювання зварювального струму (MIG/MAG), А | 60 – 350           |
| Періодичність вмикання (40 °C), %             | 60                 |
| Напруга холостого ходу, В                     | 65                 |
| Діапазон робочої напруги, В                   | 17 – 31,5          |
| Кількість роликів                             | 4                  |
| Повна споживча потужність , кВА               | 18                 |
| Швидкість подачі дроту, м/хв                  | 1 – 18             |
| Коефіцієнт корисної дії, %                    | 85                 |
| Коефіцієнт потужності ( $\cos \varphi$ )      | 0,85               |
| Клас ізоляції                                 | F                  |
| Ступінь захисту                               | IP21S              |
| Габаритні розміри (Д х Ш х В), мм             | 780 x 380 x 610    |
| Маса, кг                                      | 40                 |



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд напівавтомата Jasic MIG-350P [7]

## 2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Якість вихідних матеріалів – основного металу, зварювального дроту та захисного газу – повинна відповідати встановленим вимогам. Спочатку перевіряють відповідність сертифікатних даних вимогам технологічного процесу зварювання, після чого здійснюють огляд матеріалів і контролюють їх якість згідно з чинними нормативними документами та стандартами.

У зварювальних машинах та апаратах контролюють справність регулювальних механізмів, наявність і стан приладів, якість та довжину струмопідвідних кабелів, а також стан електричних контактів і струмопідвідних мундштуків. Для установок, що працюють у середовищі захисних газів, додатково перевіряють технічний стан газових редукторів, витратомірів, шлангів і пальників.

Контроль режиму зварювання здійснюють насамперед для забезпечення дотримання встановлених параметрів процесу – струму, напруги та швидкості

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 25   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

зварювання. Це виконують шляхом візуального спостереження за показами приладів, а також за зовнішнім виглядом сформованого зварного шва.

Якість окремих зварних швів додатково контролюють шляхом їх порівняння з еталонними зразками.

Під час зовнішнього огляду контролюють якість та підготовку зварних швів до подальших операцій. Такий метод забезпечує достатній обсяг інформації про стан з'єднання і є найпростішим, найдешевшим та найоперативнішим способом контролю. За допомогою зовнішнього огляду виявляють тріщини, підрізи, свищі, пропали, напливи та інші поверхневі дефекти. Геометричні параметри швів визначають за допомогою спеціальних шаблонів або вимірювальних інструментів.

З огляду на технологічні та конструктивні особливості рами рекламного щита для її контролю застосовують такі методи:

- візуально-оптичний контроль (зовнішній огляд);
- вибірковий ультразвуковий контроль (ультразвукова дефектоскопія).

Ультразвукову дефектоскопію виконують із застосуванням ехо-імпульсного методу. Його принцип ґрунтується на відбиванні ультразвукових хвиль від несучільностей у матеріалі, акустичний опір яких істотно відрізняється від опору основного металу. Відбитий сигнал змінюється та реєструється приладом. Метод називають імпульсним, оскільки контроль здійснюється короткими переривчастими імпульсами ультразвуку. Ознакою наявності дефекту є поява на екрані приймача характерного ехо-сигналу.

Ехо-імпульсний метод застосовують для контролю всіх основних типів зварних з'єднань – стикових, кутових, напусткових і таврових. Він забезпечує виявлення дефектів у деталях товщиною до 6000 мм і більше. Дефекти площею близько 0,7 мм<sup>2</sup> можуть бути виявлені на глибині до 100 мм. Контроль проводять при однобічному доступі до з'єднання, використовуючи

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 26   |

один перетворювач, який одночасно випромінює та приймає ультразвукові сигнали.

Схеми контролю кутових, таврових і напусткових з'єднань наведено на рисунку 2.4.

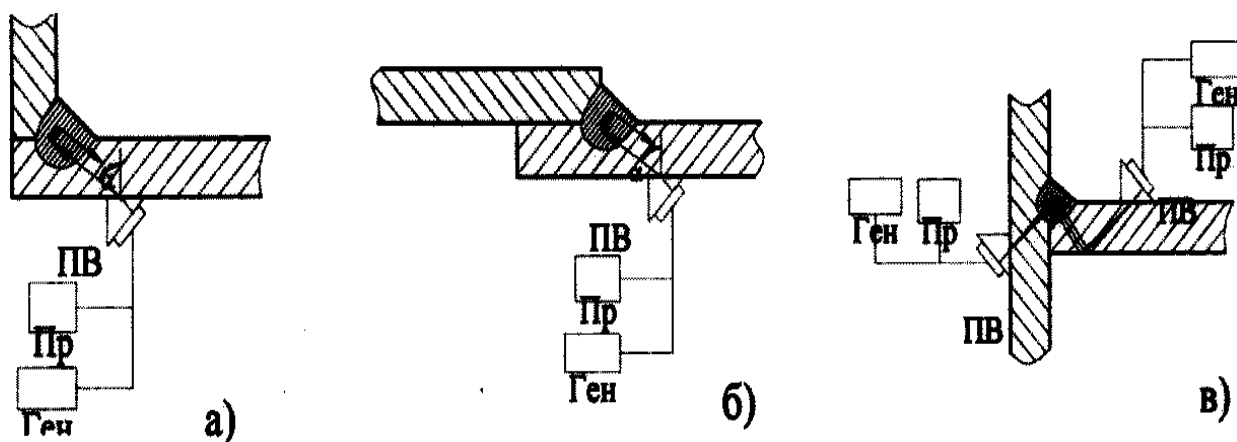


Рисунок 2.4 - Схеми ультразвукового контролю зварних з'єднань

а) - схема контролю кутових з'єднань; б) - схема контролю напусткових з'єднань; в) - схема контролю таврових з'єднань; ПВ - перетворювач випромінювання; ПР - приймач; Ген - генератор;  $\alpha$  - кут введення ультразвукової хвилі

## 2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Удосконалений технологічний процес виготовлення конструкції має низку переваг порівняно з базовим, зокрема:

- а) розраховані параметри режиму зварювання є більш економічними;
- б) обладнання, що використовується у чинному заводському процесі, має нижчу продуктивність;
- в) ручний спосіб зварювання замінено на напіваавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів, що підвищує якість і ефективність виконання робіт.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 27   |

Зазначені переваги забезпечують покращення механічних властивостей зварного шва, зменшують розбризкування розплавленого металу, знижують трудомісткість виготовлення, підвищують продуктивність праці та забезпечують відчутний економічний ефект.

Технологічний процес виготовлення рами рекламного складається із окремих операцій, які розглянуті нижче.

### 2.6.1 Заготівельні операції

Для отримання заготовок, з яких формується рама, виконують такі операції:

- розмічування;
- різання;
- скіс кромки;
- очищення.

Розмічування виконують за допомогою рулетки, металевої лінійки, маркера, кернера та спеціальних шаблонів, що підвищують продуктивність і зменшують трудомісткість робіт.

Різання заготовок у вигляді кутників та профільних труб виконують за допомогою відрізної пили Makita 2114, зображеної на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд відрізної пили Makita 2114

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 28   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Скіс кромок виконують для забезпечення якісного проплавлення металу. Для цієї операції застосовують універсальний фрезерний верстат Weida XZ 6326, зображений на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд універсального фрезерного верстата Weida XZ 6326

Очищення виконують для видалення різних видів забруднень. Для цього застосовують кутові шліфувальні машини Makita GA9020 (рис. 2.7) та рифлені дротяні щітки DK-SP1012.



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд кутової шліфувальної машини марки Makita GA9020

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 29   |

## 2.6.2 Складальні операції

Перед складанням виконують візуальну перевірку відповідності заготовок вимогам креслення. Під час формування конструкції забезпечують правильне взаємне розташування елементів, яке вони повинні мати у готовому виробі. Складальна конструкція має бути достатньо жорсткою та міцною, щоб запобігти деформаціям під час зварювання. Для виконання складання та подальшого зварювання рами рекламного щита застосовують спеціальні складально-зварювальні пристосування.

Складання конструкції виконують у такій послідовності:

- встановлюють заготовки рами в складальне пристосування;
- фіксують їх притискачами;
- виконують прихоплення елементів для забезпечення стійкості форми.

Після завершення складання переходять до наступного етапу – зварювання.

## 2.6.3 Складально-зварювальні операції

Відповідно до розрахованих параметрів режиму зварювання виконують налагодження напівавтомата та газового обладнання, встановлюючи силу зварювального струму, витрату захисної газової суміші та швидкість подачі зварювального дроту.

Після встановлення елементів конструкції у проєктне положення виконують прихоплення в місцях майбутніх зварних швів. Це забезпечує фіксацію форми та положення деталей. Далі переходять до повного зварювання виробу.

## 2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювання виконують зачищення швів і видалення бризок металу з поверхні конструкції. Для опоряджувальних операцій

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

застосовують захисні окуляри YaTo YT-73830, слюсарний молоток Compass 500 г, зубило 15×160 мм TOPTUL, кутову шліфувальну машину Makita GA9020 та рифлені дротяні щітки DK-SP1012.

### 2.6.5 Допоміжні операції

Допоміжні роботи в процесі виготовлення конструкції включають:

- перевірку технічного стану зварювального обладнання (напівавтомата, пальника, подаючого механізму);
- регулювання параметрів режиму зварювання відповідно до розрахункових даних (сила струму, напруга, швидкість подачі дроту, витрата захисного газу);
- перевірку справності зварювального обладнання;
- вибір і встановлення необхідних витратних матеріалів (дріт, сопло, контактний наконечник);
- налагодження системи охолодження та вентиляції робочої зони.

### 2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції охоплюють комплекс перевірок на всіх етапах виготовлення зварної конструкції, зокрема:

- контроль вхідних матеріалів, призначених для зварювання;
- контроль зварювальних матеріалів;
- перевірку якості заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій та процесу зварювання;
- контроль зварних з'єднань і готового виробу.

Зовнішнім оглядом перевіряють форму та розташування швів відповідно до креслення, а також наявність зовнішніх дефектів і можливі деформації конструкції. Після цього виконують вибірковий ультразвуковий контроль ехо-імпульсним методом, що дозволяє оцінити якість виготовленої продукції.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 31   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Для проведення ультразвукових випробувань застосовують дефектоскоп УД-2301 Novotest, загальний вигляд якого наведено на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Загальний вигляд ультразвукового дефектоскопа УД 2301 Novotest

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

Нормування витрат зварювальних матеріалів проводять для визначення їх кількості, необхідної для виготовлення зварної конструкції, а також для забезпечення економного та раціонального використання матеріалів у зварювальному виробництві промислових і будівельних підприємств. Загальні вимоги щодо нормування витрат і відходів зварювальних матеріалів, а також методи їх визначення встановлено ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [8].

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

Визначаємо масу наплавленого металу за формулою [8, с.6]:

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

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 32   |

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,  $I_{зв}=170$  А;

$l_{ш}$  – загальна довжина зварних швів,  $l_{ш}=3,9$  м.

Отже:

$$Q_n = 15 \cdot 170 \cdot 3,9 \cdot 10^{-3} = 9,945 \quad \text{кг.}$$

Визначаємо витрати присаджувального матеріалу за формулою [8,с.7]:

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

де  $Q_p$  – маса розплавленого електродного матеріалу,

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

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

$$Q_p = 9,945 \cdot 0,7 = 6,962 \quad \text{кг,}$$

$Q_{nn}$  – маса наплавленого металу,

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

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

$$Q_{nn} = 9,945 \cdot 0,5 = 4,973 \quad \text{кг.}$$

Отже:

$$H_{el} = 6,962 + 4,973 = 11,934 \quad \text{кг.}$$

Визначаємо норми витрат захисного газу за формулою [8,с.10]:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 33   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$H_z = Q_p \cdot K_z, \quad (2.16)$$

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

$$H_z = 6,962 \cdot 0,9 = 6,265 \quad \text{л / хв.}$$

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,  $K_n=0,75$ ;

$$E = \frac{31}{15 \cdot 0,85 \cdot 0,75} = 3,242 \quad \text{кВт.}$$

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,  $t_0=0,067$  год;

$$E = \frac{0,01 \cdot 31 \cdot 170 \cdot 0,067}{0,85 \cdot 0,75} = 5,539 \quad \text{кВт} \cdot \text{год.}$$

Визначаємо витрати електроенергії на зварювання цілого виробу:

$$E_{\Sigma} = E \cdot l_{ш}, \quad (2.19)$$

$$E_{\Sigma} = 5,539 \cdot 3,9 = 21,6 \quad \text{кВт.}$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 34   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

На зварювальних пристосуваннях виконують повне зварювання виробів, попередньо зафіксованих прихопленнями.

Вибір і розроблення пристосувань є важливим етапом технологічної підготовки виробництва. Проектування нового або модернізація існуючого пристосування здійснюються на основі таких положень:

- вивчення креслень і технічних умов на зварну конструкцію. Під час розроблення виробів питання технологічності нерідко залишаються поза увагою конструктора, тому при проектуванні технологічного процесу та виборі зварювального пристосування необхідно аналізувати технологічність конструкції. Особливу увагу приділяють конфігурації деталей, точності виготовлення заготовок і стану їх поверхонь;

- розроблення технологічного процесу виготовлення виробу. Рациональний процес складання та зварювання має бути опрацьований на рівні маршрутного або детального технологічного процесу й ретельно проаналізований конструктором пристосування;

- аналіз виробничої програми. Визначають складність пристосування, а також необхідність і доцільність оснащення його засобами механізації чи автоматизації.

Отже, вибір типу пристосування визначається способом зварювання та складання, конструктивними особливостями виробу, матеріалом і поперечним перерізом деталей, вимогами до якості складання й зварювання (особливо точності розмірів), а також необхідною продуктивністю.

Необхідно прагнути до істотного скорочення трудомісткості складальних і допоміжних операцій, забезпечення стабільної якості виробів та покращення умов праці робітників. У серійному й масовому виробництві

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 35   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

переважно застосовують механізовані швидкісні пристосування, що працюють за рахунок енергії повітря, рідини чи електроенергії, а не м'язових зусиль людини. Працівник виконує лише функції керування такими пристроями, а також завантаження й вивантаження виробів у випадках, коли комплексна механізація чи автоматизація є технічно складною або економічно недоцільною.

Вибір конкретного пристосування з-поміж можливих варіантів здійснюють на основі техніко-економічного порівняння. Зазвичай обирають той варіант, який є найбільш раціональним з технічної точки зору та економічно вигідним у виробництві.

Складально-зварювальне обладнання поділяють на універсальне, спеціальне та спеціалізоване. Універсальне обладнання призначене для виготовлення широкої номенклатури виробів, тоді як спеціальне – для одного або кількох конкретних виробів. Вибір типу обладнання залежить від конструкції виробу, а також від типу та масштабу виробництва.

Спеціальне обладнання забезпечує підвищену продуктивність і якість, тому його застосовують у масовому та крупносерійному виробництві. Спеціалізоване обладнання використовують переважно в серійному виробництві, де потрібне поєднання гнучкості та достатньої продуктивності.

Складальне обладнання поділяють на такі основні групи:

- а) складальні кондуктори;
- б) складальні стенди і установки;
- в) переносні складальні пристрої.

### **3.2 Опис роботи зварювального пристосування**

Процес складання зварювального виробу включає низку послідовних операцій. Спочатку деталі, що входять до складу виробу або зварного вузла, подають до місця складання. Далі їх установлюють у складальному

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 36   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

пристосуванні у визначене положення, після чого надійно фіксують. Лише після закріплення виконують зварювання.

Подавання та встановлення деталей у потрібне положення здійснюють за допомогою універсального або спеціального транспортного обладнання. Положення деталей під час складання задається установчими елементами пристосування або суміжними деталями конструкції. Фіксацію забезпечують затискні елементи складальних пристосувань.

У розроблених пристосуваннях застосовують пневматичні притискачі, а також різні типи упорів і призм для надійного встановлення та фіксації деталей.

Отже, основне призначення складального обладнання у зварювальному виробництві полягає в забезпеченні надійного встановлення та фіксації деталей, що підлягають зварюванню.

Для складання та зварювання рами рекламного щита застосовують складально-зварювальні пристосування – кільцеві кантувачі, які забезпечують зручне позиціонування та повертання конструкції під потрібним кутом.

Кільцеві кантувачі призначені для повертання об'ємних зварюваних виробів. Залежно від довжини конструкції кантувач може мати два або більше кілець для її закріплення, а також роликові опори, на які спираються кільця, і привід для обертання.

Деякі моделі оснащені розкладними кільцями, що розкриваються для зручного встановлення виробу. У цьому випадку кільце складається з двох півкілець, з'єднаних між собою шарнірно.

Під час установлення виробу на опори нижньої частини кільця відкидні сектори автоматично розходяться. При натисканні педалі спеціальний шкворінь фіксує конструкцію в будь-якому положенні, зручному для зварювання.

Такі пристосування переважно застосовують для повертання (кантування) великогабаритних зварюваних виробів.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 37   |
| 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 рами рекламного щита

| Показник                                                     | Одиниці вимірюв. | Кількісна чи вартісна оцінка |               |
|--------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------|---------------|
|                                                              |                  | фізичні дані                 | проектні дані |
| Габарити виробу                                              | мм               | 6020x3235x525                |               |
| Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб: |                  |                              |               |
| профільний прокат Ст3сп                                      | кг               | 620                          |               |
| зварювальний дріт Св-08Г2С                                   | кг               | 11,9                         |               |
| захисний газ (суміш – Ar 82% +CO <sub>2</sub> 18%)           | кг               | 6,25                         |               |
| Розміри поворотних відходів на виріб                         | кг               | 36                           |               |
| Ціна придбання матеріалу за кг:                              |                  |                              |               |
| профільний прокат:                                           |                  |                              |               |
| сталь Ст3сп                                                  | грн              | 45,32                        | 45,26         |
| зварювальний дріт Св-08Г2С                                   | грн              | 144,25                       | 143,75        |
| захисний газ (суміш – Ar 82% +CO <sub>2</sub> 18%)           | грн              | 57,5                         | 57            |
| Ціна реалізації поворотних відходів                          | грн              | 144                          |               |

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення  
рами рекламного щита

| 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                | 197<br>152<br>114<br>85 | IV            | $\frac{4,4}{4,2}$ |
| Різання              | $\frac{3}{П}$ | Відрізна пила<br>Makita 2114                        | 10400     |                                                       |                         | IV            | $\frac{4,5}{4,4}$ |
| Кромкування          | $\frac{3}{П}$ | Фрезерний<br>верстат Weida XZ<br>6326               | 640000    | молоток                                               | 260                     | IV            | 1,7               |
| Очищування           | $\frac{3}{П}$ | Кутова шліф.<br>машина DeWalt<br>DWE492             | 7200      | щіпка<br>DK-<br>SP1012                                | 41                      | III           | $\frac{3,9}{3,2}$ |
| Складання            | $\frac{3}{П}$ | Кільцевий<br>кантувач                               | 916000    | молоток                                               | 260                     | IV            | $\frac{5,5}{4,5}$ |
| Зварювання           | $\frac{3}{П}$ | Зв. напівавтомат<br>Jasic MIG-350P                  | 190000    |                                                       |                         | IV            | $\frac{4,4}{4,2}$ |
| Зачищування          | $\frac{3}{П}$ | Кутова шліф.<br>машина Makita<br>GA9020             | 7200      | диск<br>зачисний<br>Ataman<br>180x6,0x22,2<br>молоток | 120<br>260              | III           | $\frac{3,9}{3,1}$ |
| Контроль якості      | $\frac{3}{П}$ | Ультразвуковий<br>дефектоскоп УД<br>2301 "Novotest" | 70500     | лупа<br>Economi<br>x, 50 мм<br>Зх                     | 65                      | VI            | 3,0               |
| Транспортні операції | $\frac{3}{П}$ | Електроталь 2т                                      | 69000     |                                                       |                         | IV            | 1,6               |

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 31,3;

по проекту 28,3;

|      |      |          |        |      |                        |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |  | 39   |

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

Загальна штучна норма часу: по заводу 32,9;  
по проекту 29,9.

Для виготовлення рами рекламного щита застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [9, 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,  $K_p = 0,03 \dots 0,1$ .

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,06) \approx 1903 \text{ год.}$$

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 [9, с.10]:

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

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  $B_{пр} = 1520 \text{ шт.}$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні рами рекламного щита:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,2 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,2 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,05 \approx 3_{шт}.$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,5 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,27 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,19 \approx 3_{шт}.$$

Кількість робочих місць для кромкування заготовок (за двома варіантами):

$$n = \frac{1,7 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 1,23 \approx 1_{шт}.$$

Для очищування необхідно:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,9 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 2,83 \approx 3_{шт},$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 41   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,2 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 2,32 \approx 2 \text{шт.}$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{5,5 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,99 \approx 4 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,5 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,27 \approx 3 \text{шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,2 \approx 3 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,2 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,05 \approx 3 \text{шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,9 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 2,83 \approx 3 \text{шт.},$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 42   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,1 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 2,25 \approx 2 \text{шт.}$$

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

$$n = \frac{3,0 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 2,18 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [9, с.12]:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^m B_{mp} \cdot N_{кр} \cdot t_{кр}}{\Phi_n \cdot K_{кр}}, \quad (4.3)$$

де  $B_{mp}$  - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 1520 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

$K_{кр} = 0,6...0,7$ .

$$n = \frac{1520 \cdot 1 \cdot 0,8}{2100 \cdot 0,7} = 0,83 \approx 1 \text{шт.}$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 43   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Приймаємо одну електроталь для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

## 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 [9, 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  $B_{np} = 1520 \text{ шт}$ ;

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

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

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,4}{1850 \cdot 1,1} = 3,29 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,2}{1850 \cdot 1,1} = 3,14 \approx 3 \text{ чол.}$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 44   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,5}{1850 \cdot 1,1} = 3,36 \approx 3 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,4}{1850 \cdot 1,1} = 3,29 \approx 3 \text{чол}.$$

Необхідна кількість робітників для розроблення кромки (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 1,7}{1850 \cdot 1,1} = 1,27 \approx 1 \text{чол}.$$

Необхідна кількість робітників для виконання очищення:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 3,9}{1850 \cdot 1,1} = 2,91 \approx 3 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 3,2}{1850 \cdot 1,1} = 2,39 \approx 2 \text{чол}.$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 45   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 5,5}{1850 \cdot 1,1} = 4,1 \approx 4 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,5}{1850 \cdot 1,1} = 3,36 \approx 3 \text{чол}.$$

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,4}{1850 \cdot 1,1} = 3,29 \approx 3 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,2}{1850 \cdot 1,1} = 3,14 \approx 3 \text{чол}.$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 3,9}{1850 \cdot 1,1} = 2,91 \approx 3 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 3,1}{1850 \cdot 1,1} = 2,32 \approx 2 \text{чол}.$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 3,0}{1850 \cdot 1,1} = 2,24 \approx 2 \text{чол}.$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 46   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Виходячи з кількості транспортних засобів приймаємо необхідну кількість транспортувальників  $r_{oi} = 1$  чол.

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

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  | IV              | IV  |
| різальники            | 3         | 3  | IV              | IV  |
| кромкувальники        | 1         | 1  | IV              | IV  |
| очищувальники         | 3         | 2  | III             | III |
| складальники          | 4         | 3  | IV              | IV  |
| зварювальники         | 3         | 3  | IV              | IV  |
| зачищувальники        | 3         | 2  | III             | III |
| контролери            | 2         | 2  | VI              | VI  |
| транспортувальники    | 1         | 1  | IV              | IV  |
| Допоміжні робітники:  |           |    |                 |     |
| налагоджувальники     | 2         | 2  | IV              | IV  |
| ремонтники            | 2         | 2  | IV              | IV  |
| електрики             | 1         | 1  | IV              | IV  |
| ІТР:                  |           |    |                 |     |
| майстер дільниці      | 1         | 1  |                 |     |
| МОП: прибиральники    | 1         | 1  | —               | —   |
| Разом                 | 30        | 27 | —               | —   |

### 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.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 47   |

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

| В-<br>нт | Назва матеріалів<br>ресурсів                   | Од.<br>вим.          | Ціна<br>придб. за<br>од. вим.,<br>грн/кг |                    | Затрати в натуральних одиницях, грн |             |             |                                      |     |                |        |
|----------|------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------------|-----|----------------|--------|
|          |                                                |                      |                                          |                    | на один виріб                       |             | на програму |                                      |     |                |        |
| З/П      | Сталь Ст3сп                                    | кг                   | 45,32                                    | 45,26              | 28098,4                             | 28061,2     | 42709568    | 42653024                             |     |                |        |
| З/П      | Зварюв. дріт<br>Св-08Г2С                       | кг                   | 144,25                                   | 143,75             | 1716,58                             | 1710,63     | 2609194     | 2600150                              |     |                |        |
| З/П      | Захисна суміш – Ar<br>82% +CO <sub>2</sub> 18% | кг                   | 57,5                                     | 57                 | 359,38                              | 356,25      | 546250      | 541500                               |     |                |        |
| Р-<br>ом |                                                |                      |                                          |                    | 30174,35                            | 30128,08    | 45865012    | 45794674                             |     |                |        |
| 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                                              | 2,27                 | 2,26                                     | 1404,92            | 1403,06                             | 2135478,4   | 2132651,2   | 144                                  | 144 | 218880         | 218880 |
| З/П      | 5                                              | 7,21                 | 7,19                                     | 85,83              | 85,53                               | 130459,7    | 130007,5    |                                      |     |                |        |
| З/П      | 5                                              | 2,88                 | 2,85                                     | 17,97              | 17,81                               | 27312,5     | 27075       |                                      |     |                |        |
| Р-<br>ом |                                                | 12,35                | 12,3                                     | 1508,72            | 1506,4                              | 2293250,6   | 2289733,7   | 144                                  | 144 | 218880         | 218880 |

#### 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 [9, с.18]:

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

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) [9, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [9, с.18]:

$$Z_{oo} = Z_{oo} (D_1 + D_2), \quad (4.6)$$

де  $D_1$  - доплата за шкідливість, грн,  $D_1 = 12...24 \%$ , приймаємо  $D_1 = 20 \%$ ;  $D_2$  - інші доплати, грн,  $D_2 = 15...20 \%$ , приймаємо  $D_2 = 15 \%$ .

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [9, с.18]:

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

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:

$$Z_{oo} = 2,4 \cdot 56,5 \cdot 4,4 = 596,64 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 596,64 \cdot (0,2 + 0,15) = 208,82 \text{ грн};$$

$$Z_{но} = 596,64 \cdot 0,4 = 238,66 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{oo} = 2,4 \cdot 56,5 \cdot 4,2 = 569,52 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 569,52 \cdot (0,2 + 0,15) = 199,33 \text{ грн};$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$З_{по} = 569,52 \cdot 0,4 = 227,81 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 2,3 \cdot 57 \cdot 4,5 = 589,95 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 589,95 \cdot (0,2 + 0,15) = 206,48 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 589,95 \cdot 0,4 = 235,98 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 2,3 \cdot 57 \cdot 4,4 = 576,84 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 576,84 \cdot (0,2 + 0,15) = 201,89 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 576,84 \cdot 0,4 = 230,74 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці кромкувальників:

$$З_{оо} = 6 \cdot 56,5 \cdot 1,7 = 576,3 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 576,3 \cdot (0,2 + 0,15) = 201,71 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 576,3 \cdot 0,4 = 230,52 \text{ грн;}$$

Затрати по оплаті праці очищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 3,2 \cdot 57 \cdot 3,9 = 711,36 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 711,36 \cdot (0,2 + 0,15) = 248,98 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 711,36 \cdot 0,4 = 284,54 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 3,2 \cdot 57 \cdot 3,2 = 583,68 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 583,68 \cdot (0,2 + 0,15) = 204,29 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 583,68 \cdot 0,4 = 233,47 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 2,5 \cdot 58,5 \cdot 5,5 = 804,38 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 804,38 \cdot (0,2 + 0,15) = 281,53 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 804,38 \cdot 0,4 = 321,75 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 50   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$З_{\text{оо}} = 2,5 \cdot 58,5 \cdot 4,5 = 658,13 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 658,13 \cdot (0,2 + 0,15) = 230,34 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 658,13 \cdot 0,4 = 263,25 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 2,8 \cdot 59,5 \cdot 4,4 = 733,04 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 733,04 \cdot (0,2 + 0,15) = 256,56 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 733,04 \cdot 0,4 = 293,22 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 2,8 \cdot 59,5 \cdot 4,2 = 699,72 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 699,72 \cdot (0,2 + 0,15) = 244,9 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 699,72 \cdot 0,4 = 279,89 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,3 \cdot 57 \cdot 3,9 = 733,59 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 733,59 \cdot (0,2 + 0,15) = 256,76 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 733,59 \cdot 0,4 = 293,44 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,3 \cdot 57 \cdot 3,1 = 583,11 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 583,11 \cdot (0,2 + 0,15) = 204,09 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 583,11 \cdot 0,4 = 233,24 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 4,2 \cdot 53 \cdot 3 = 667,8 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 667,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 233,73 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 667,8 \cdot 0,4 = 267,12 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{оо}} = 7 \cdot 53,5 \cdot 1,6 = 599,2 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 599,2 \cdot (0,2 + 0,15) = 209,72 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 599,2 \cdot 0,4 = 239,68 \text{ грн.}$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 51   |

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [9, с.19]:

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

де  $Z_{од}$  - основна заробітна плата допоміжних робітників, грн;

$r_{од}$  - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

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

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

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$Z_{од} = 2 \cdot 71,5 \cdot 1850 = 264550 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 264550 \cdot 0,35 = 92592,5 \text{ грн};$$

$$Z_{пд} = 264550 \cdot 0,4 = 105820 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$Z_{од} = 2 \cdot 71,5 \cdot 1850 = 264550 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 264550 \cdot 0,35 = 92592,5 \text{ грн};$$

$$Z_{пд} = 264550 \cdot 0,4 = 105820 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$Z_{од} = 1 \cdot 71,5 \cdot 1850 = 132275 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 132275 \cdot 0,35 = 46296,25 \text{ грн};$$

$$Z_{пд} = 132275 \cdot 0,4 = 52910 \text{ грн}.$$

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[9, с.19]:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 52   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

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

де  $З_{он}$  - 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 ( $З_{он}$ ) та премії і надбавки ( $З_{nn}$ ) розраховуються так само, як для основних робітників. Затрати по оплаті праці ІТР:

$$З_{оп} = 1 \cdot 18400 \cdot 12 = 220800 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 220800 \cdot 0,35 = 77280 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 220800 \cdot 0,4 = 88320 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 12900 \cdot 12 = 154800 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 154800 \cdot 0,35 = 54180 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 154800 \cdot 0,4 = 61920 \text{ грн}.$$

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>Основ. робітники:</b> |                         |           |                           |           |              |           |
| розмічувальники          | 452849,76               | 432265,68 | 158497,42                 | 151292,99 | 181139,9     | 172906,27 |
| різальники               | 447772,05               | 437821,56 | 156720,22                 | 153237,55 | 179108,82    | 175128,62 |

Продовження таблиці 4.5

|                        |            |            |            |            |            |           |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| кромкувальники         | 145803,9   |            | 51031,37   |            | 58321,56   |           |
| очищувальники          | 539922,24  | 295342,08  | 188972,78  | 103369,73  | 215968,9   | 118136,83 |
| складальники           | 814027,5   | 499516,88  | 284909,63  | 174830,91  | 325611     | 199806,75 |
| зварювальники          | 556377,36  | 531087,48  | 194732,08  | 185880,62  | 222550,94  | 212434,99 |
| зачищувальники         | 556794,81  | 295053,66  | 194878,18  | 103268,78  | 222717,92  | 118021,46 |
| контролери             | 337906,8   |            | 118267,38  |            | 135162,72  |           |
| транспортувальники     | 151597,6   |            | 53059,16   |            | 60639,04   |           |
| <b>Доп. робітники:</b> |            |            |            |            |            |           |
| налагоджувальники      | 264550     |            | 92592,5    |            | 105820     |           |
| ремонтники             | 264550     |            | 92592,5    |            | 105820     |           |
| електрики              | 132275     |            | 46296,25   |            | 52910      |           |
| ІТР                    | 220800     |            | 77280      |            | 88320      |           |
| МОП                    | 154800     |            | 54180      |            | 61920      |           |
| Разом                  | 5040027,02 | 4163370,64 | 1764009,46 | 1457179,72 | 3001137,06 | 2650474,5 |

#### 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 |          |
|-----------------------------------------------|------------------|----------|
|                                               | 2                | 3        |
| 1                                             | З                | П        |
| Основні матеріали:                            | 30174,35         | 30128,08 |
| сталь СтЗсп                                   | 28098,4          | 28061,2  |
| зварювальний дріт Св-08Г2С                    | 1716,58          | 1710,63  |
| захисна суміш (Ar 82% +CO <sub>2</sub> 18%)   | 359,38           | 356,25   |
| Поворотні відходи                             | 144              |          |
| Паливо та енергія на технологічні цілі        | 440,80           | 439,72   |
| Основна заробітна плата основних робітників   | 2633,59          | 2056,84  |
| Додаткова заробітна плата основних робітників | 921,76           | 719,89   |
| Премії та надбавки основних робітників        | 1053,43          | 822,74   |

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 54   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Продовження таблиці 4.6

|                                                   |          |          |
|---------------------------------------------------|----------|----------|
| Відрахування на соціальне страхування             | 64,52    | 50,39    |
| Відрахування на медичне страхування               | 115,22   | 89,99    |
| Витрати на утримання та експлуатацію устаткування | 1174,81  | 1174,81  |
| Цехові (дільничні) витрати                        | 667,18   | 667,18   |
| Всього цехова собівартість                        | 37101,66 | 36005,64 |

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

| Види капітальних витрат | Кількість в натуральних одиницях |   | Вартість одиниці, грн |        | Затрати на перевезення та монтаж, грн |       |
|-------------------------|----------------------------------|---|-----------------------|--------|---------------------------------------|-------|
|                         | З                                | П | З                     | П      | З                                     | П     |
| Будівлі та споруди      |                                  |   |                       |        | -                                     | -     |
| Устаткування:           |                                  |   |                       |        |                                       |       |
| різальне                | 3                                | 3 | 10400                 | 10400  | 520                                   | 520   |
| кромкувальне            | 1                                | 1 | 640000                | 640000 | 32000                                 | 32000 |
| очищувальне             | 3                                | 2 | 7200                  | 7200   | 360                                   | 360   |
| складальне              | 4                                | 3 | 916000                | 916000 | 45800                                 | 45800 |
| зварювальне             | 3                                | 3 | 190000                | 190000 | 9500                                  | 9500  |
| зачищувальне            | 3                                | 2 | 7200                  | 7200   | 360                                   | 360   |
| контрольне              | 2                                | 2 | 70500                 | 70500  | 3525                                  | 3525  |
| транспортне             | 2                                | 2 | 69000                 | 69000  | 3450                                  | 3450  |
| Інструменти:            |                                  |   |                       |        |                                       |       |
| молоток                 | 8                                | 6 | 260                   | 260    | 13                                    | 13    |
| диск зачисний           | 6                                | 4 | 120                   | 120    | 6                                     | 6     |
| щітка                   | 6                                | 4 | 41                    | 41     | 2,05                                  | 2,05  |
| рулетка                 | 3                                | 3 | 197                   | 197    | 9,85                                  | 9,85  |
| кернер                  | 3                                | 3 | 114                   | 114    | 5,7                                   | 5,7   |

Продовження таблиці 4.7

|                                                                                                     |                           |           |                                |                                     |         |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------|--------------------------------|-------------------------------------|---------|-----------|
| лінійка                                                                                             | 5                         | 5         | 152                            | 152                                 | 7,6     | 7,6       |
| маркер                                                                                              | 3                         | 3         | 85                             | 85                                  | 4,25    | 4,25      |
| лупа                                                                                                | 2                         | 2         | 65                             | 65                                  | 3,25    | 3,25      |
| Разом                                                                                               |                           |           |                                |                                     |         |           |
| Види капітальних<br>затрат                                                                          | Загальна вартість,<br>грн |           | Норма<br>амортиз.<br>відрах, % | Річна сума амортиз.<br>відрах., грн |         |           |
|                                                                                                     | З                         | П         |                                | З                                   | П       |           |
| Будівлі та споруди                                                                                  | 4725000                   | 4725000   | 5                              | 236250                              | 236250  |           |
| Устаткування:                                                                                       |                           |           |                                |                                     |         |           |
| різальне                                                                                            | 31720                     | 31720     | 8                              | 2537,6                              | 2537,6  |           |
| кромкувальне                                                                                        | 672000                    | 672000    | 8                              | 53760                               | 53760   |           |
| очищувальне                                                                                         | 21960                     | 14760     | 8                              | 1756,8                              | 1180,8  |           |
| складальне                                                                                          | 3709800                   | 2793800   | 7                              | 259686                              | 195566  |           |
| зварювальне                                                                                         | 579500                    | 579500    | 6,5                            | 37667,5                             | 37667,5 |           |
| зачищувальне                                                                                        | 21960                     | 14760     | 8                              | 1756,8                              | 1180,8  |           |
| контрольне                                                                                          | 144525                    | 144525    | 6                              | 8671,5                              | 8671,5  |           |
| транспортне                                                                                         | 72450                     | 72450     | 7                              | 5071,5                              | 5071,5  |           |
| Інструменти:<br>молоток<br>диск зачисний<br>щітка<br>рулетка<br>кернер<br>лінійка<br>маркер<br>лупа |                           |           | 16                             |                                     |         |           |
|                                                                                                     | 2093                      | 1573      |                                | 334,88                              | 251,68  |           |
|                                                                                                     | 726                       | 486       |                                | 116,16                              | 77,76   |           |
|                                                                                                     | 248,05                    | 166,05    |                                | 39,69                               | 26,57   |           |
|                                                                                                     | 600,85                    | 600,85    |                                | 96,14                               | 96,14   |           |
|                                                                                                     | 347,7                     | 347,7     |                                | 55,63                               | 55,63   |           |
|                                                                                                     | 767,6                     | 767,6     |                                | 122,82                              | 122,82  |           |
|                                                                                                     | 259,25                    | 259,25    |                                | 41,48                               | 41,48   |           |
|                                                                                                     | 133,25                    | 133,25    |                                | 21,32                               | 21,32   |           |
|                                                                                                     | Разом                     | 9984090,7 |                                | 9052848,7                           |         | 607985,81 |

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

Річний економічний ефект визначається за формулою [9,с.27]:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 56   |

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

де  $C_{nz}$  - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ( $C_{nz}=51229,64$ грн);

$C_{nn}$  - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ( $C_{nn}=48552,36$ грн);

$\Phi_{mz}$  - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ( $\Phi_{mz}=37101,66$ грн/шт);

$\Phi_{mn}$  - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ( $\Phi_{mn}=36005,64$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((51229,64 + 0,15 \cdot 37101,66) - (48552,36 + 0,15 \cdot 36005,64)) \cdot 1520 = 4319358,16 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [9,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 ( $\Phi_{ocz}=65770628$  грн);

$\Phi_{ocn}$  - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ( $\Phi_{ocn}=63238840$  грн);

$E_{yp}$  - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [9,с.28]:

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

$$E_{yp} = 1520 \cdot (51229,64 - 48552,36) = 4069465,6 \text{ грн;}$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 57   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$T_{\text{ок}} = \frac{65770628 - 63238840}{4069465,6} = 0,62 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

| Показники                                     | Одиниці вимірюв. | Величина |            |
|-----------------------------------------------|------------------|----------|------------|
|                                               |                  | З        | П          |
| 1                                             | 2                | 3        | 4          |
| Річна програма випуску продукції              | шт               | 1520     | 1520       |
| Кількість технологічного устаткування         | шт               | 20       | 17         |
| Собівартість товарної продукції               | грн              | 51229,64 | 48552,36   |
| Чисельність промислово-виробничого персоналу: |                  |          |            |
| - всього                                      | чол              | 30       | 27         |
| - основних робітників                         | чол              | 23       | 20         |
| Фондомісткість продукції                      | грн/шт           | 37101,66 | 36005,64   |
| Умовна річна економія                         | грн              | -        | 4069465,6  |
| Річний економічний ефект                      | грн              | -        | 4319358,16 |
| Термін окупності капітальних вкладень         | роки             | -        | 0,62       |
| Місячний оклад основних робітників:           |                  |          |            |
| - розмічувальники                             | грн              | 21926,52 | 20929,86   |
| - різальники                                  | грн              | 21680,66 | 21198,87   |
| - кромкувальники                              | грн              | 21179,03 | 21179,03   |
| - очищувальники                               | грн              | 26142,48 | 21450,24   |
| - складальники                                | грн              | 29560,78 | 24186,09   |
| - зварювальники                               | грн              | 26939,22 | 25714,71   |
| - зачищувальники                              | грн              | 26959,43 | 21429,29   |
| - контролери                                  | грн              | 24541,65 | 24541,65   |
| - транспортувальники                          | грн              | 22020,6  | 22020,6    |

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Види, вимоги та характеристика систем вентиляції для зварювальної ділянки

Вентиляція – процес повітрообміну у виробничих приміщеннях, який забезпечує нормовані значення параметрів мікроклімату та чистоту повітря.

Системи вентиляції можна умовно класифікувати за такими основними ознаками [10, с.59]:

- спосіб організації повітрообміну (природна, механічна та змішана (застосовується і природна, і механічна вентиляція));
- спосіб подачі та видалення повітря (припливна, витяжна та припливно-витяжна);
- призначення (загальнообмінна та місцева);
- тривалість дії (робоча, аварійна).

*Природна вентиляція.* При природній вентиляції повітрообмін здійснюється під дією природних сил – різниці густини теплого повітря всередині приміщення, більш холодного зовнішнього та сили вітру.

Природна вентиляція буває неорганізованою, якщо здійснюється через відчинені вікна, двері або нещільності у зовнішніх огорожувальних конструкціях (інфільтрація), та організованою і регульованою (аерація) [10, с.59].

Перевагами природної системи вентиляції є простота конструктивного виконання та експлуатації, а також її економічність у зв'язку з відсутністю витрат енергії на переміщення великих об'ємів повітря. До недоліків природної вентиляції можна віднести залежність ефективності вентиляції від температури та швидкості зовнішнього повітря, неможливість очищення і регулювання параметрів (температура, відносна вологість) припливного та забрудненого повітря, що надходить в атмосферу [10, с.61].

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 59   |

*Механічна вентиляція.* Механічна вентиляція – комплекс вентиляторів і повітроводів, що забезпечує постійний повітрообмін у приміщенні незалежно від зовнішніх метеорологічних умов. У разі необхідності він включає пристрої для обробки повітря, яке надходить у приміщення (підігрівання, охолодження, зволоження чи осушення) та забрудненого повітря (очищення), яке викидається назовні.

При механічній вентиляції організований рух повітря виникає за рахунок різниці тисків (напорів), що створюється вентиляторами. Вона застосовується у вентиляційних системах із значними аеродинамічними опорами, які виникають у випадках складної обробки та розподілу повітря. Механічна вентиляція може бути припливною чи витяжною, припливно-витяжною, а також загальнообмінною та місцевою [10, с.62].

*Припливна система вентиляції,* забирає зовнішнє повітря вентилятором через фільтр для очищення від пилу, через калорифер для підігріву повітря чи через кондиціонер, яке потім подається у приміщення, де створюється надлишковий тиск. Забруднене повітря виходить назовні через двері, вікна, ліхтарі та щілини або інші приміщення неочищеним. Припливні системи застосовуються для вентиляції приміщень, в яких не допускається попадання забрудненого повітря зовні чи суміжних приміщень. Припливні системи вентиляції також компенсують повітря, що витягується місцевими відсмоктувачами та витрачається на технологічні потреби: вогневі процеси, компресорні установки, пневмотранспорт тощо [10, с.62].

*Витяжна система вентиляції,* через мережу повітроводів видаляє за допомогою вентилятора забруднене повітря, яке перед викидом в атмосферу очищається. При цьому в приміщенні створюється знижений тиск, внаслідок чого повітря підсмоктується зовні через вікна, двері, нещільності конструкції або із суміжних приміщень. Витяжні системи доцільно застосовувати [10, с.63]:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 60   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

- у випадках, коли шкідливі виділення речовин даного приміщення не повинні поширюватися на інші;

- для приміщень із короткочасним перебуванням людей та при невеликих кількостях витяжного повітря.

*Припливно-витяжна система вентиляції* складається з двох окремих систем – припливної та витяжної, які одночасно подають у приміщення чисте повітря та витягують із нього забруднене. Припливно-витяжні системи є найбільш поширеними у промисловості, тому що вони більш повно задовольняють умовам створення нормованих параметрів повітря у робочій зоні виробничих приміщень [10, с.63].

Можливе влаштування *змішаної системи* при одночасній дії механічної та природної вентиляції [10, с.64].

*Загальнообмінна вентиляція* призначена для заміни забрудненого повітря на чисте в усьому об'ємі приміщення. Вона застосовується в тому випадку, коли шкідливі виділення речовини надходять безпосередньо у повітря приміщення та коли робочі місця розташовуються по усьому приміщенню. Види загальнообмінної вентиляції – природна, механічна і змішана [10, с.64].

*Місцева вентиляція.* При значних об'ємах виробничих приміщень, невеликій кількості працюючих та наявності постійних робочих місць технічно обґрунтовано та економічно доцільно створювати необхідні метеорологічні умови та чистоту повітря безпосередньо на робочих місцях місцевими способами вентиляції – витяжною (локалізована) чи припливною (душування) та ін. [10, с.65].

*Комбінована система вентиляції* є поєднання елементів місцевої та загальнообмінної вентиляції. Локалізована система забирає шкідливі речовини із місцевих відсмоктувачів. Проте частина шкідливих речовин, що внаслідок різних причин не потрапила в місцеві відсмоктувачі, надходить у приміщення та витягується загальнообмінною вентиляцією [10, с.76].

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 61   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

*Аварійна вентиляція.* У деяких виробничих приміщеннях можливе раптове надходження в повітря великої кількості шкідливих або вибухонебезпечних газів і парів (наприклад, ацетилену, природного газу та інших, парів бензину тощо).

Для швидкої заміни повітря у приміщенні на випадок аварії передбачають систему аварійної вентиляції, яка повинна вмикатися автоматично при досягненні допустимої концентрації межі шкідливих або небезпечних виділень. Звичайно її влаштовують за допомогою осьових вентиляторів [10, с.77].

*Кондиціювання повітря.* Найбільш досконалою системою механічної вентиляції є кондиціювання повітря, яке застосовується для штучного створення оптимальних параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях або на робочих місцях. Необхідність наявності оптимальних параметрів мікроклімату (температури, відносної вологості та швидкості руху повітря) обумовлено санітарно-гігієнічними або технологічними вимогами виробництва. Створення та підтримання постійних чи змінюваних за заданою програмою визначених параметрів повітряного середовища проводиться автоматично незалежно від зміни зовнішніх метеорологічних умов та всередині приміщення (при частковій рециркуляції повітря) і здійснюється в спеціальних установках – кондиціонерах [10, с.76].

При проектуванні вентиляції необхідно дотримуватися таких вимог [10, с.59]:

- 1) вентиляція повинна забезпечувати необхідну чистоту повітря та параметри мікроклімату виробничого приміщення;
- 2) загальнообмінна вентиляція повинна забезпечувати ефективний баланс між об'ємами повітря, що надходять в приміщення та видаляються з нього;

3) система вентиляції не повинна створювати додаткових шкідливих і небезпечних факторів (переохолодження, перегрів, шум, вібрація, пожежовибухонебезпека);

4) вентиляційне обладнання не повинно заважати рухові внутрішньо-цехового транспорту, знижувати продуктивність праці, впливати на якість зварювання;

5) вентиляція повинна забезпечувати економічність та надійність при експлуатації.

Тому враховуючи обсяги виконання зварювальних робіт на дільниці, вибирається найбільш доцільний тип вентиляційної системи, яка здатна забезпечити необхідний рівень мікроклімату у приміщенні, а також попередити професійні захворювання, отруєння працівників.

## **5.2 Оцінка спроектованого технологічного процесу щодо умов техніки безпеки, електробезпеки та пожежної безпеки**

До основних технічних засобів безпеки, спрямованих на боротьбу з виробничим травматизмом відносять: механізацію та автоматизацію виробничих процесів; огорожувальні пристрої, сигналізацію, виявлення розривів і габаритів безпеки, застосування запобіжних знаків і надписів; впровадження дистанційного керування; виявлення спеціальних пристроїв; використання індивідуальних засобів захисту [11, с.341].

Дані положення стосуються також і виготовлення рами рекламного щита.

До індивідуальних засобів захисту зварника відносять: спецодяг, спецвзуття, діелектричні килимки, дерев'яні решітки, рукавиці, щитки. Для роботи на стаціонарних постах зварник використовує фартух, який захищає від розбризкування.

Робоче місце зварника повинно утримуватись в чистоті, не допускаючи нічого зайвого, що заважає на робочому місці, а також в переходах. Деталі і

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КР.422.06.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 63   |

заготовки повинні знаходитись в стійкому положенні на підкладках і стелажах. Висота штабелів не повинна перевищувати півтори ширини чи півтори діаметра основи штабелів і в усіх випадках не повинна бути більшою ніж 1 м [11, с.301].

Зварювальні кабелі не можна розміщувати поблизу зварювальних рукавів і трубопроводів, а також поблизу кисневих балонів.

Електробезпека – система організаційних і технічних заходів і засобів, які забезпечують захист робочого персоналу від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля [11, с.257].

Основними причинами ураження електричним струмом при виготовленні рами є взаємодія електричного струму, який проходить у зварювальному колі, дотикання до відкритих струмопровідних частин і проводів, ізоляція яких пошкоджена; дотикання до металевих частин обладнання, які випадково опинились під напругою.

Для запобігання ураження електричним струмом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання, в тому числі при замиканні на корпус зварювальне обладнання, яке застосовується для виготовлення конструкції, заземляють.

Для швидкодіючого захисту, який забезпечує автоматичне вимкнення електроустановки при виникненні в ній небезпеки ураження струмом застосовують аварійне вимкнення. Основними частинами пристрою аварійного вимкнення є прилад аварійного вимкнення і автоматичний вимикач.

Причини пожеж при виготовленні рами рекламного щита можуть бути різними: бризки розплавленого металу, від яких можуть загорітись легкозаймисті матеріали; замикання кабелів; недотримання правил пожежної безпеки. Тому в місця зварювання не допускають попадання легкозаймистих предметів, мастильних матеріалів.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 64   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

На ділянці цеху, де виготовляють дану конструкцію, для швидкої ліквідації пожеж передбачені засоби гасіння вогню: вогнегасник, ящик з піском, лопата, відро.

Виходячи з вищесказаного можна зробити висновок, що при виготовленні рами рекламного щита спроектований технологічний процес задовольняє вимоги електробезпеки і пожежної безпеки, на підприємстві дотримуються правил техніки безпеки, в цеху є в наявності засоби для швидкого гасіння вогню.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 65   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## ВИСНОВКИ

Для підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення рами рекламного щита запропоновано такі заходи:

- замінити ручне дугове зварювання на напіваавтоматичне зварювання в суміші аргону та вуглекислого газу, що забезпечує вищу продуктивність і стабільнішу якість швів;

- впровадити сучасне високопродуктивне слюсарне обладнання для зменшення трудомісткості підготовчих операцій;

- застосовувати технологічне оснащення, яке дозволяє швидко здійснювати притискання та знімання притискаючої сили, не створюючи перешкод для виконання зварювальних робіт.

Рама виготовляється з маловуглецевої сталі Ст3сп, тому зварювання виконують напіваавтоматичним способом у газовій суміші Ar – 82% та CO<sub>2</sub> – 18%. Як присадковий матеріал застосовують зварювальний дріт Св-08Г2С діаметром 1,6 мм. У якості зварювального обладнання використовується напіваавтомат Jasic MIG-350P.

Оскільки під час виготовлення значна частина операцій припадає на складання, для підвищення продуктивності та зменшення трудових витрат доцільно застосовувати кільцеві кантувачі.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 66   |

## 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: 20.05.2026).
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. 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).
5. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal-na-literatura-po-zwariuvanniu/337-D-s-i-tekhnologiya-elektriynogo-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).
6. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.
7. Напівавтомат Jasic MIG-350P. Інверторний напівавтомат Jasic MIG-350P опис: веб-сайт. URL: <https://911ua.com.ua/invertornyj-poluavtomat-jasic-mig-350p-n316> (дата звернення: 25.05.2026).
8. 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).

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 67   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

9. Редьква О.З. Економіка та організація виробництва: методичні вказівки до виконання дипломного проекту. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2022. 30 с.

10. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 181 с.

11. Охорона праці в машинобудуванні. Академічна та спеціальна література: веб-сайт. URL: <https://k.twirpx.link/file/661231/> (дата звернення: 11.06.2026).

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КР.422.06.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                               | 68   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

# ДОДАТКИ

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 69   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |