

**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 трансформаторної РВА**

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

**Тарас ЧЕРНІЦЬКИЙ**

Керівник

**Віктор 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

**ЧЕРНІЦЬКОМУ Тарасу Петровичу**

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення  
рами трансформаторної РВА

Керівник роботи СЕНЧИШИН Віктор 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 Характеристика захисного заземлення у виробничому приміщенні

5.2 Розрахунок витяжної вентиляції

#### Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення рами трансформаторної РВА – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення рами трансформаторної РВА – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення кондуктора для складання та зварювання рами трансформаторної РВА – 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 )

Тарас ЧЕРНІЦЬКИЙ

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

( підпис )

Віктор СЕНЧИШИН

(ім'я, прізвище)

## **АНОТАЦІЯ**

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення рами трансформаторної РВА 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, опоряжувальними, 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 transformer frame RVA manufacturing. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                     | с. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП . . . . .                                                                                                                                     | 6  |
| 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ . . . . .                                                                                                                      | 7  |
| 1.1 Опис конструкції зварного виробу . . . . .                                                                                                      | 7  |
| 1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу . . . . .                                                                                                  | 9  |
| 1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу . . . . .                                                                                              | 10 |
| 1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції . . . . .                                                                                    | 13 |
| 1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів . . . . .                                                                                              | 13 |
| 1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів . . . . .                                                                              | 13 |
| 1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу . . . . .                                                                                                   | 14 |
| 1.3.4 Вимоги до складання . . . . .                                                                                                                 | 15 |
| 1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції . . . . .                                                                                                | 15 |
| 1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної<br>конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної<br>роботи . . . . . | 16 |
| 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ . . . . .                                                                                                                    | 18 |
| 2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання . . . . .                                                                                   | 18 |
| 2.2 Вибір зварювальних матеріалів . . . . .                                                                                                         | 20 |
| 2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання . . . . .                                                                                      | 21 |
| 2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування . . . . .                                                                                      | 26 |
| 2.5 Вибір методу контролю якості виробу . . . . .                                                                                                   | 29 |
| 2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення<br>зварної конструкції . . . . .                                                             | 31 |
| 2.6.1 Заготівельні операції . . . . .                                                                                                               | 32 |
| 2.6.2 Складальні операції . . . . .                                                                                                                 | 33 |
| 2.6.3 Складально-зварювальні операції . . . . .                                                                                                     | 33 |

|           |      |                |        |      |                                                                                                                              |                                         |      |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------|---------|
|           |      |                |        |      | <i>КР.422.31.00.00.000.ПЗ</i>                                                                                                |                                         |      |         |
| Зм.       | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |                                                                                                                              |                                         |      |         |
| Розроб.   |      | Черніцький     |        |      | <i>Проект вдосконалення техноло-<br/>гічного процесу виготовлення<br/>рами трансформаторної РВА<br/>Пояснювальна записка</i> |                                         |      |         |
| Перевір.  |      | Сенчишин Вікт. |        |      |                                                                                                                              |                                         |      |         |
| Реценз.   |      |                |        |      |                                                                                                                              |                                         |      |         |
| Н. Контр. |      | Залуцька       |        |      |                                                                                                                              |                                         |      |         |
| Затв.     |      | Дранівська     |        |      |                                                                                                                              |                                         |      |         |
|           |      |                |        |      |                                                                                                                              | Літ.                                    | Арк. | Аркушів |
|           |      |                |        |      |                                                                                                                              |                                         | 4    | 76      |
|           |      |                |        |      |                                                                                                                              | <i>ВСП «ТФК ТНТУ»,<br/>гр. ПМ-422ск</i> |      |         |

|       |                                                                |   |   |   |   |   |    |
|-------|----------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|----|
| 2.6.4 | Опоряджувальні операції                                        | . | . | . | . | . | 34 |
| 2.6.5 | Допоміжні операції                                             | . | . | . | . | . | 34 |
| 2.6.6 | Контроль якості                                                | . | . | . | . | . | 35 |
| 2.7   | Нормування технологічного процесу виготовлення зварної         |   |   |   |   |   |    |
|       | конструкції і витрат матеріалів та електроенергії              | . | . | . | . | . | 35 |
| 3     | КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ                                        | . | . | . | . | . | 38 |
| 3.1   | Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при |   |   |   |   |   |    |
|       | виготовленні конструкції.                                      | . | . | . | . | . | 38 |
| 3.2   | Опис роботи зварювального пристосування                        | . | . | . | . | . | 40 |
| 4     | ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ                               | . | . | . | . | . | 44 |
| 4.1   | Розрахунок кількості обладнання                                | . | . | . | . | . | 44 |
| 4.2   | Розрахунок кількості працівників                               | . | . | . | . | . | 50 |
| 4.3   | Визначення витрат і вартості основних матеріалів               | . | . | . | . | . | 54 |
| 4.4   | Розрахунок фонду оплати праці                                  | . | . | . | . | . | 55 |
| 4.5   | Калькуляція собівартості виробу                                | . | . | . | . | . | 61 |
| 4.6   | Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого              |   |   |   |   |   |    |
|       | технологічного процесу та його економічної ефективності        | . | . | . | . | . | 62 |
| 4.7   | Основні техніко-економічні показники розробленого              |   |   |   |   |   |    |
|       | технологічного процесу                                         | . | . | . | . | . | 64 |
| 5     | ОХОРОНА ПРАЦІ                                                  | . | . | . | . | . | 67 |
| 5.1   | Характеристика захисного заземлення у виробничому              |   |   |   |   |   |    |
|       | приміщенні                                                     | . | . | . | . | . | 67 |
| 5.2   | Розрахунок витяжної вентиляції                                 | . | . | . | . | . | 69 |
|       | ВИСНОВКИ                                                       | . | . | . | . | . | 73 |
|       | ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ                                               | . | . | . | . | . | 74 |
|       | ДОДАТКИ                                                        | . | . | . | . | . | 76 |

## ВСТУП

Зварювання є одним із найпрогресивніших методів отримання нероз'ємних з'єднань, широко застосовуваним у промисловості та будівництві. Завдяки своїй ефективності, надійності та універсальності, зварювальне виробництво постійно розвивається, охоплюючи практично всі галузі народного господарства. Сучасне зварювальне виробництво оснащене передовим обладнанням і високотехнологічними системами. За рівнем автоматизації процесів та обсягом виконуваних робіт зварювальне виробництво займає провідне місце у світі, відіграючи ключову роль у розвитку сучасної інженерії та інфраструктури.

Кінцева мета зварювального виробництва полягає у виготовленні економічно доцільних зварних конструкцій, які за своїми конструктивними формами, механічними та фізичними властивостями повністю відповідають експлуатаційному призначенню та умовам роботи, для яких вони створюються.

Процес зварювання є складним і багатограним, особливо з огляду на велику кількість методів, що базуються на різних фізичних явищах.

Розвиток зварювального виробництва, впровадження прогресивних способів зварювання підвищують вимоги щодо рівня підготовки зварників. Підвищення теоретичних знань і практичних навичок у роботі, засвоєння нових методів і прийомів зварювання при сучасному рівні виробництва є одним із основних завдань освоєння й впровадження у виробництво досягнень науки і техніки в галузі зварювання [1, с. 3, 4].

У сучасних умовах рівень механізації та автоматизації зварювального виробництва постійно зростає, що сприяє підвищенню продуктивності праці, покращенню організації виробничого процесу та формуванню високої культури виробництва.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 6    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Опис конструкції зварного виробу

Трансформаторна рама призначена для надійного кріплення всіх робочих елементів і складальних одиниць трансформатора.

Конструкція рами складається з основного каркасу, виготовленого з фасонних профілів трубчастого перерізу, а також з комплексу кріпильних і допоміжних елементів. До складу останніх входять різноманітні кронштейни, фланці, планки, ребра жорсткості та інші конструктивні компоненти, які монтуються на каркасі.

До виготовлення трансформаторної рамної конструкції висувається комплекс вимог:

- вимоги до компонування складальних одиниць спрямовані на зменшення габаритних розмірів конструкції, що потребує ретельного проектування форм деталей;

- вимоги уніфікації складальних елементів передбачають зменшення різноманітності форм шляхом стандартизації та збільшення обсягів виробництва деталей меншої номенклатури. Застосування однієї заготовки для виготовлення деталей різної конфігурації можливе за умови, що вона відповідає найбільш складній формі та максимальним розмірам. Це дозволяє створити резерв металу, необхідний для обробки інших деталей. Між вимогами компонування та уніфікації можуть виникати суперечності, які вирішуються на етапі конструкторського проектування, зокрема при визначенні рівня уніфікації;

- вимоги до конструкції заготовок полягають у максимальному наближенні їх форми до форми готових деталей, що дозволяє зменшити масу заготовки та знизити витрати матеріалу;

- вимоги до механічної обробки зводяться до мінімізації трудових і матеріальних витрат у виробничому процесі. Це досягається шляхом

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 7    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



використання уніфікованих деталей або їх окремих частин, що сприяє зменшенню номенклатури виробів і дає змогу застосовувати високопродуктивне обладнання та технологічне оснащення;

- вимоги до зварних з'єднань передбачають забезпечення їх рівномірності з основним металом, а також відсутність дефектів у зварних швах і зоні термічного впливу, що є критично важливим для надійності конструкції.

Основними технічними вимогами до виробу та процесу його виготовлення є точне дотримання розмірів деталей і складальних вузлів у межах допусків, зазначених на кресленнях.

Режими зварювання повинні забезпечувати належну якість зварних з'єднань відповідно до встановлених вимог, які визначаються для кожного типу з'єднання залежно від товщини зварюваних деталей, марки сталі, що використовується, та характеристик зварювальних матеріалів.

Поверхні, призначені для фарбування, повинні бути ретельно очищені від зварювальних бризок та інших забруднень. Процеси ґрунтування, шпаклювання та фарбування зварної конструкції дозволяється виконувати лише після проходження виробом контролю відділу технічного контролю (ВТК).

Правлення виробу після зварювання допускається лише за умови збереження міцності зварних з'єднань та відсутності пошкоджень у зоні термічного впливу. На зварній конструкції обов'язково повинно бути нанесене тавро відповідальної особи – зварювальника, майстра або бригадира, що засвідчує якість виконаних робіт.

Загальний вигляд трансформаторної рами наведено на рисунку 1.1.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 8    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

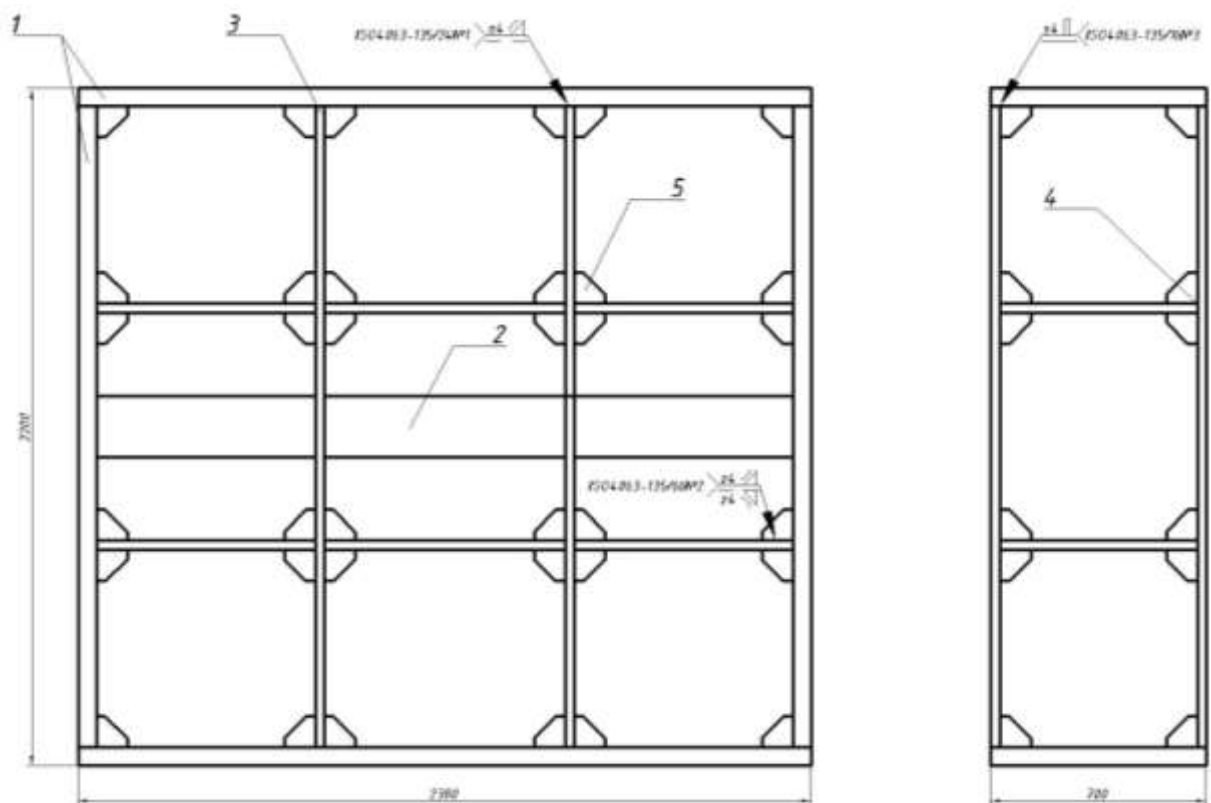


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд рами трансформаторної РВА

1 – корпус, 2 – кронштейн, 3 – планка, 4 – ребро, 5 – фланець

### 1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Трансформаторна рама типу РВА є складною зварною конструкцією, що характеризується значним обсягом зварювальних робіт. У процесі її проектування необхідно передбачити можливість розчленування конструкції на окремі вузли та підвузли. Такий підхід дозволяє суттєво спростити процеси складання та зварювання, зменшити величину остаточних деформацій, а також підвищити точність виготовлення зварних виробів.

Зварна конструкція повинна виготовлятися відповідно до робочих креслень, державних і галузевих стандартів, а також чинних нормативно-технічних документів, затверджених у відповідному порядку.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 9    |

Для зниження деформацій і внутрішніх напружень у процесі зварювання конструктивні елементи слід проектувати з симетричним розміщенням зварних швів. У випадках, коли симетрія неможлива, напруження в конструкції можна зменшити шляхом коригування довжини або перерізу протилежних швів. Не допускається скупчення великої кількості зварних швів та їх перетинання в одному місці деталі, оскільки це призводить до концентрації напружень і ризику виникнення дефектів.

Усі деталі, що надходять на складання під зварювання, повинні бути попередньо відрихтовані. Допустимі відхилення від площинності та прямолінійності не мають перевищувати 3 мм на один погонний метр, якщо на кресленнях не зазначено більш жорстких вимог до точності.

Поверхні, що підлягають зварюванню, а також зазори між деталями, підготовленими до зварювання, повинні бути повністю очищені від мастила, іржі, окалини, бруду та вологи.

Зварювання деталей, що пройшли термічне гартування, цементацію або оксидування, не допускається. Перед зварюванням литих елементів їхні кромки повинні бути обов'язково піддані механічній обробці з метою видалення зварної кірки та залишків формувального ґрунту.

Перед виконанням зварювальних робіт шпаклювання та фарбування деталей категорично не допускається.

## 1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення даної конструкції застосовується маловуглецева конструкційна сталь марки Ст3Гпс, яка характеризується вмістом вуглецю не більше ніж 0,25 %. Хімічний склад сталі Ст3Гпс наведено у таблиці 1.1 [2].

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 10   |

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі Ст3Гпс, %

| C             | Mn           | Si   | P    | S    | Cr   | Ni   | Cu   | As   |
|---------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| не більше     |              |      |      |      |      |      |      |      |
| 0,14-<br>0,22 | 0,80-<br>1,1 | 0,15 | 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 Ст3Гпс

| Границя текучості,<br>$\sigma_{02}$ , МПа | Границя міцності<br>$\sigma_B$ , МПа | Відносне видовження,<br>$\delta_5$ |
|-------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 245                                       | 370-490                              | 26                                 |

Сталь марки Ст3Гпс, з вмістом вуглецю до 0,25 %, належить до групи добре зварюваних конструкційних сталей. Наявність кремнію у кількості близько 0,15 % не погіршує її зварюваності, а навпаки – сприяє стабільності процесу зварювання. Хром, що входить до складу сталі, підвищує її твердість і міцність, забезпечуючи кращу зносостійкість. Нікель також позитивно впливає на властивості сталі – він не знижує зварюваність, а навпаки, покращує пластичність і міцність матеріалу.

Зварюваність металу визначають на основі розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю  $C_{екв}$  [3, с.127]:

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

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

Отже:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 11   |

$$C_{\text{екв}} = 0,22 + \frac{1,1}{6} + \frac{0,15}{24} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,519 \quad \text{\%}.$$

Наявність марганцю в складі сталі сприяє підвищенню ударної в'язкості, що позитивно впливає на її зварюваність. Додавання невеликої кількості міді (у межах 0,3–0,4 %) підвищує корозійну стійкість сталі.

Під час зварювання сталі марки Ст3Гпс необхідно здійснювати попередній підігрів деталей, що зменшує ризик утворення тріщин та внутрішніх напружень. Для забезпечення належного захисту зварювальної ванни слід обрати оптимальний спосіб зварювання відповідно до конструктивних особливостей виробу, а також ретельно зачистити зварювальні кромки від окалини, бруду та інших забруднень. Після завершення зварювальних робіт рекомендується провести термічну обробку конструкції: нормалізацію при температурі 950 °С з подальшим відпуском при температурі 600–650 °С.

Хімічний склад металу шва при зварюванні сталі марки Ст3Гпс майже не відрізняється від складу основного металу. Основна відмінність полягає у зниженому вмісті вуглецю в зоні шва, що запобігає утворенню структур гартування при високих швидкостях охолодження. Можливе зменшення міцності металу шва, спричинене зниженням вмісту вуглецю, компенсується легуванням зварювального металу марганцем і кремнієм, які надходять із електродного дроту.

Хімічний склад металу шва формується під впливом складу основного та присаджувального металів, а також їх взаємодії з газовою фазою під час зварювання. Підвищена швидкість охолодження сприяє зростанню міцності металу шва, проте водночас знижує його пластичність і ударну в'язкість. Це явище пов'язане зі зміною кількісного співвідношення та структури перлітної фази. Критична температура фазового переходу металу однопрохідного шва практично не залежить від швидкості охолодження.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 12   |

### 1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

#### 1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Усі матеріали та напівфабрикати, що надходять для складання рами, повинні супроводжуватися сертифікатами заводу-виробника або відповідними паспортами. У разі відсутності таких документів, допуск до виробництва можливий лише після проведення попередніх випробувань з метою підтвердження відповідності вимогам чинних стандартів і технічних умов постачання. Крім того, випробування можуть бути призначені за вказівкою відділу технічного контролю (ВТК) у випадках, коли в процесі виготовлення зварної конструкції виявлено відхилення властивостей матеріалів або напівфабрикатів від рекомендаційних даних.

Оскільки для виготовлення даної конструкції застосовується маловуглецева конструкційна сталь, у кресленнях необхідно обов'язково зазначати:

- групу та категорію сталі;
- вимоги до ступеня її розкислення.

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

Допуски та розміри сумісних деталей мають забезпечувати:

- можливість складання без додаткової підгонки, з дотриманням необхідних зазорів у стиках з'єднаних елементів;
- досягнення заданих складальних розмірів та виконання технічних вимог до зварного вузла або конструкції з урахуванням зварювальних деформацій, які прогнозуються за результатами розрахунків.

Стики всіх елементів конструкції повинні розташовуватись в одній площині. Конструкція вузлів має бути максимально уніфікованою – бажано однаковою або подібною – для спрощення технологічного процесу. Складання

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 13   |

та зварювання вузлів, а також всієї конструкції, допускається виконувати паралельно на кількох робочих постах.

Форма конструктивних елементів та їх взаємне розташування повинні забезпечувати вільний доступ зварювального пальника до будь-якої точки шва з кутом нахилу не менше 30° від вертикальної площини. Конструкція має бути спроектована таким чином, щоб зварювання виконувалося переважно в нижньому положенні, що є найбільш технологічно зручним.

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

У разі наявності в зварному з'єднанні допустимих дефектів, які не потребують виправлення згідно з технічними вимогами, їх загальна довжина не повинна перевищувати 15 % від загальної довжини шва в межах даної конструкції. Виправлення дефектів дозволяється здійснювати не більше двох разів у одному й тому ж місці.

Основні типи та конструктивні елементи зварних швів повинні відповідати вимогам чинних стандартів.

Під час проектування конструкції необхідно здійснювати її аналіз на технологічність, що виконується спільно розробниками конструкторської документації та технічною службою.

Під час розроблення конструкції необхідно передбачати раціональні композиції зварних з'єднань. Раціональними вважаються такі композиції, які: забезпечують вільний доступ до зон зварювання, дозволяють реалізувати оптимальну послідовність накладання швів, забезпечують зварювання в нижньому положенні та передбачають надійне закріплення деталей у пристосуваннях.

Напусткові з'єднання доцільно застосовувати лише у випадках, коли конструктивні особливості не дозволяють використання інших типів зварних

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 14   |

з'єднань. При цьому допустиме відхилення розмірів поперечного перерізу зварюваних деталей не повинно перевищувати 15 %.

Прихоплення слід виконувати виключно в місцях і відповідно до послідовності, визначеної технологічним процесом. Поперечний переріз прихоплень повинен становити не менше 35 % і не більше 75 % від перерізу основного зварного шва, а їх довжина – не перевищувати 25 мм.

Прихоплення повинні бути ретельно зачищені від шлаку після їх виконання. Наявність тріщин у прихопленнях категорично не допускається, оскільки це може призвести до дефектів зварного шва та зниження міцності конструкції.

### **1.3.4 Вимоги до складання**

Складання деталей і вузлів перед зварюванням слід здійснювати в спеціальних або універсальних пристосуваннях, стендах чи установках, які забезпечують точність виготовлення зварних вузлів і конструкції в цілому. При цьому розміри основних деталей, що визначають габарити вузлів та всієї конструкції, необхідно задавати з урахуванням усадки металу.

Допустимі зазори та зміщення кромek зварюваних елементів під час складання повинні відповідати вимогам затвердженого технологічного процесу.

Складально-зварювальні пристосування повинні проходити періодичний контроль на відповідність розмірів, визначених у кресленнях, згідно з встановленою послідовністю.

### **1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції**

Під час розроблення технологічного процесу складання та зварювання слід прагнути до максимально можливого зменшення перерізу зварних швів і ширини біляшовної зони – за умови забезпечення високої якості з'єднання.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 15   |



Досягнення необхідної якості зварного з'єднання можливе лише за умови забезпечення вільного доступу до зони зварювання.

У випадку наявності в зварному з'єднанні дефектів, допустимих без виправлення згідно з технічними вимогами, їх загальна довжина не повинна перевищувати 15 % від загальної довжини шва.

У конструкції категорично не допускаються такі дефекти, як тріщини в зварних швах і зоні термічного впливу, пропали, непровари та ін.

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

Для виготовлення рами трансформаторної РВА застосовується напівавтоматичне дугове зварювання плавким електродом у середовищі вуглекислого газу. Зварювальні роботи виконуються за допомогою напівавтомата ПДГ-508, джерелом живлення якого є універсальний зварювальний випрямляч ВДУ-504.

Під час виготовлення рами встановлюються параметри режиму зварювання, наведені в таблиці 1.3. Оскільки товщина зварюваних деталей становить 3 мм, зварювання виконується без попереднього скосу кромки.

Таблиця 1.3 – Параметри режиму зварювання рами трансформаторної РВА

| Параметри                                  | Значення |
|--------------------------------------------|----------|
| Струм зварювання, А                        | 250      |
| Напруга на дузі, В                         | 28       |
| Діаметр електродного дроту, мм             | 1,6      |
| Виліт електродного дроту, мм               | 17       |
| Швидкість зварювання, м/год                | 18       |
| Швидкість подачі електродного дроту, м/год | 254      |

Під час зварювання в середовищі вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) спостерігається підвищене розбризкування електродного металу порівняно з іншими способами дугового зварювання. Частина крапель розплавленого металу, що вилітають із зони дуги, може налипати або сплавлятися зі зварюваною поверхнею, соплом пальника та струмопідвідним мундштуком, що негативно впливає на стабільність процесу.

Суттєвим недоліком чинного технологічного процесу є застосування ручних затискних пристроїв. Такі пристосування потребують постійного втручання складальника-зварювальника, що значно збільшує тривалість складання та підвищує трудомісткість виготовлення рамної конструкції.

Ще одним важливим недоліком чинного технологічного процесу є нераціональне використання зварювального обладнання. Застосовуване обладнання розраховане на номінальний зварювальний струм 500 А, тоді як фактичні параметри режиму зварювання дозволяють використовувати апарати з набагато нижчим номінальним струмом. Таке невідповідне навантаження призводить до надмірного споживання електроенергії.

З огляду на виявлені недоліки, доцільно реалізувати наступні заходи:

- оптимізувати технологію зварювання в захисних газах шляхом впровадження напівавтоматичного зварювання у газовій суміші МІХ-1, що складається з аргону (82 %) та вуглекислого газу (18 %); такий склад забезпечує покращений захист зварювальної ванни та суттєво зменшує розбризкування електродного металу, що позитивно впливає на якість шва та чистоту робочої зони;
- удосконалити затискні пристрої, що дозволить скоротити час складання;
- застосовувати зварювальне обладнання відповідно до фактичних параметрів режиму зварювання.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 17   |

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Вибір оптимального способу зварювання для виготовлення даної конструкції здійснюється на основі комплексного аналізу низки ключових факторів.

Під час виготовлення даної конструкції вибір способу зварювання обмежується просторовим розташуванням швів та їх невеликою довжиною. У зв'язку з цим доцільно застосовувати такі способи зварювання:

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

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

Ручне дугове зварювання має низку переваг, серед яких – простота обладнання та низькі економічні витрати на виробництво порівняно з іншими способами. Однак даний спосіб має і суттєві недоліки: низька продуктивність праці, шкідливі умови роботи, високі вимоги до кваліфікації персоналу, відсутність автоматизації процесу та підвищена ймовірність виникнення дефектів.

Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів має низку суттєвих переваг, які забезпечують його широке застосування у сучасному виробництві: порівняно високий рівень автоматизації процесу, висока продуктивність праці, низькі економічні витрати на одиницю продукції, висока якість зварних з'єднань при правильному налаштуванні режиму, відкритість дуги, можливість зварювання в різних просторових положеннях, широкий діапазон товщин зварюваних матеріалів – від 0,2–0,9 мм до 10–20 мм. Разом з тим, даний спосіб має і певні недоліки: інтенсивне розбризкування електродного металу, що призводить до забруднення пальника, мундштука та

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

зварюваної поверхні, необхідність використання джерела постійного струму, що може ускладнювати технічне оснащення, відкрита дуга вимагає обов'язкового застосування засобів захисту від світлової та теплової радіації (екрани, щитки, спецодяг).

Газове зварювання має низку переваг, які обумовлюють його застосування в окремих галузях виробництва: плавний температурний режим нагріву, відсутність потреби в електричному живленні, простота та економічність обладнання, можливість зварювання як чорних, так і кольорових металів та їх сплавів, включаючи мідь, латунь, алюміній тощо. Однак газове зварювання має і суттєві недоліки: вибухонебезпечність, обмежена можливість механізації та автоматизації, чутливість до зовнішніх факторів, обмеження по товщині матеріалу – метод ефективний переважно для тонких металів.

Отже, для виготовлення рами трансформаторної РВА застосовується напівавтоматичне дугове зварювання в середовищі захисних газів – у суміші МІХ-1, що складається з 82 % аргону та 18 % вуглекислого газу.

Схема даного способу приведена на рисунку 2.1.

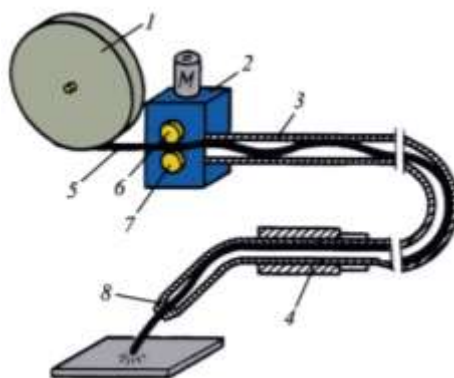


Рисунок 2.1 - Схема напівавтоматичного зварювання у суміші захисних газів [1, с.163]

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

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 19   |

## 2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Для виготовлення рами трансформаторної РВА використовується конструкційна маловуглецева сталь марки Ст3Гпс.

Зварюваність є однією з ключових технологічних характеристик сталей, що визначає здатність матеріалу утворювати зварне з'єднання, яке відповідає вимогам конструкції та умовам експлуатації виробу при заданій технології зварювання. Технологічна зварюваність визначається як рівень відповідності характеристик зварного з'єднання властивостям основного металу.

Заміна традиційного вуглекислого газу на захисні газові суміші дозволяє значно підвищити швидкість зварювання без зміни технології чи обладнання. Це досягається завдяки стабільнішій роботі дуги, покращеному перенесенню металу в зону зварювання та формуванню якісного шва. Розширюється діапазон регулювання режимів 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 геометрію шва.

Таким чином, при виготовленні даної конструкції як захисне середовище використовується газова суміш МІХ-1, що містить 82 % аргону та 18 % вуглекислого газу. У процесі напівавтоматичного дугового зварювання в середовищі захисних газів основним зварювальним матеріалом виступає зварювальний дріт, а допоміжним – захисний газ.

Як зварювальний матеріал застосовується легований дріт марки Св-08Г2С, який забезпечує надійне формування зварного шва при напівавтоматичному зварюванні. Його хімічний склад наведено в таблиці 2.1, що дозволяє оцінити відповідність матеріалу вимогам до міцності, пластичності та зварюваності.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

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

| Марка дроту | Вміст, % |         |          |      |      |           |       |
|-------------|----------|---------|----------|------|------|-----------|-------|
|             | C        | 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 |

З метою покращення процесу зварювання та забезпечення високої якості шва, дріт марки Св-08Г2С слід використовувати з обмідненою поверхнею.

## 2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

При визначенні параметрів режиму зварювання необхідно забезпечити формування швів заданих розмірів, форми та якості. З огляду на це, доцільніше не просто обирати параметри, а виконувати їх технічний розрахунок. Зварювання рами трансформаторної РВА здійснюється переважно за допомогою кутових, таврових та стикових з'єднань. Оскільки більшість з'єднань – кутові та таврові, розрахунок режиму зварювання проводиться для кутового з'єднання з розміром катета 4 мм. Схематичне зображення з'єднання наведено на рисунку 2.2.

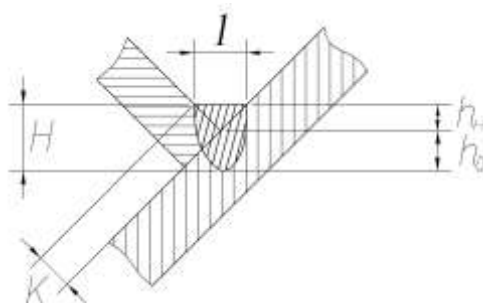


Рисунок 2.2 - Схема кутового з'єднання

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

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 21   |

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,  $K=4$  мм,

$$F_n = \frac{4^2}{2} = \frac{16}{2} = 8 \quad \text{мм}^2.$$

Визначаємо висоту наплавленого металу  $h_n$  за формулою [4, с.197]:

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

$$h_n = \sqrt{8} = 2,8284 \quad \text{мм}.$$

Визначаємо ширину шва  $l$ , за формулою [4, с.197]:

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

$$l = \sqrt{2 \cdot 16} = 5,6568 \quad \text{мм}.$$

Визначаємо загальну висоту шва  $H$  за формулою [4, с.196]:

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

Тоді:

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

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 22   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

попередньо вибравши значення  $\psi_m$ , яке знаходиться в інтервалі величин 0,8 – 2,0 мм [4,с.196], приймаємо  $\psi_m=1,25$ .

Отже:

$$H = \frac{5,6568}{1,25} = 4,5254 \text{ мм.}$$

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

Визначаємо глибину проплавлення  $h_0$ , за формулою [4, с.197]:

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

$$h_0 = 4,5254 - 2,8284 = 1,697 \text{ мм.}$$

Для зварювання виробу із маловуглецевої сталі з катетом 4 мм, вибираємо електродний дріт діаметром 1,2 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,  $K_a=1.45$  [4, с.193].

$$I_{зв} = \frac{1,697}{1.45} \cdot 100 = 117,034 \quad I_{зв} \approx 120 \text{ А.}$$

Отже, приймаємо силу зварювального струму 120 А.

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

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

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 23   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



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

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

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

$$F_{\text{ел}} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3.14159 \cdot 1.2^2}{4} = 1.1309 \text{ мм}^2.$$

Отже:

$$V_{\text{п.д.}} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 120}{1.1309 \cdot 10^{-6} \cdot 7.8 \cdot 10^3} = 163.2468 \text{ м/год.}$$

Швидкість подачі електродного дроту  $V_{\text{п.д.}}=165 \text{ м/год.}$

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

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

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot 120}{1000 \cdot \sqrt{1.2}} \pm 1 = 25.4774 \pm 1 \text{ В.}$$

Приймаємо  $U_{\text{д}}=25 \text{ В.}$

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

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

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

$$V_{\text{зг}} = \frac{2 \cdot 10^3}{120} = 16.6 \text{ м/год.}$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 24   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Приймаємо  $V_{зв}=16$  м/год.

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

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

де  $\gamma$  – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 1,2 мм  $\gamma=75\ldots300$  А/мм<sup>2</sup> [4, с.193],

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{120}{110}} = 1.1802 \text{ мм},$$

що є допустимо.

Витрати захисного газу  $Q_{г} = 9$  л/хв.

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання

| П А Р А М Е Т Р                        |            |                        | значення |
|----------------------------------------|------------|------------------------|----------|
| назва                                  | символ     | одиниці<br>вимірювання |          |
| Сила зварювального струму              | $I_{зв}$   | А                      | 120      |
| Напруга на дузі                        | $U_{д}$    | В                      | 25       |
| Діаметр електродного<br>дроту          | $d_e$      | мм                     | 1,2      |
| Виліт електрода                        | $l_{д}$    | мм                     | 15       |
| Швидкість зварювання                   | $V_{зв}$   | м/год                  | 16       |
| Швидкість подачі<br>електродного дроту | $V_{п.д.}$ | м/год                  | 165      |
| Витрати захисного газу                 | $Q_{г}$    | л/хв                   | 9        |

## 2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Обладнання для дугового зварювання в середовищі захисних газів поділяється на універсальне та спеціалізоване. Його характерною особливістю є наявність вузлів, агрегатів і допоміжних пристроїв, які забезпечують газовий захист зварювального шва та зони термічного впливу від контакту з атмосферним повітрям.

Для виконання напівавтоматичного зварювання в середовищі газової суміші аргону та вуглекислого газу застосовується зварювальний апарат Edon MIG-308.

Зварювальний інверторний напівавтомат Edon MIG-308 (+MMA) відноситься до класу універсальних зварювальних апаратів 2 в 1 і призначений для напівавтоматичного зварювання виробів з маловуглецевої і низьколегованої сталі плавким електродним дротом на постійному струмі в середовищі захисних газів (аргон, вуглекислий газ), так і порошковим (флюсовим) дротом без газу, а також ручного дугового зварювання штучним покритим електродом у режимі постійного струму (режим MMA) [6].

При наявності вентильного пальника з контактним підпалом дуги можна проводити аргонодугове зварювання. Особливість апарату – євро роз'єм для підключення пальника [6].

Зварювальний апарат напівавтомат Edon MIG-308 виконаний за інверторною технологією і, відповідно, обладнаний такими функціями як антиприлипання електрода, функція стабілізації дуги і м'який підпал. Автоматичне налаштування зварювальної напруги в процесі роботи під зварювальний струм гарантує високу якість зварювального шва. Плавні регулювання швидкості подачі дроту. Для зручності переполюсування підключення силового кабелю зварювального рукава при роботі з газом/без газу клеми винесені на бічну панель. Максимальний розмір бухти з дротом дорівнює 5 кг [6].

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 26   |

Заправлення дроту у зварювальний рукав здійснюється без подачі газу. Вдосконалений механізм подачі зварювального дроту дозволяє вручну регулювати притиснення притискного ролика, якщо із-за нестандартного діаметра дроту відбувається його пробуксовка. Живлення апарату – однофазна побутова мережа 220В +/-10%. На лицьовій панелі розташовані регулятори сили струму і регулятор швидкості подачі дроту, перемикач режимів MIG/MMA [6].

Особливості інверторного напівавтомата Edon MIG-308 [6]:

- плавне регулювання зварювального струму і напруги;
- режим зварювання: MIG/MAG;
- плавне регулювання швидкості подачі дроту;
- обладнаний євро роз'ємом;
- функція антиприлипания;
- функції м'якого підпалу дуги;
- захист від перегріву;
- функція стабілізації дуги;
- сучасний дизайн;
- захист від стрибків напруги;
- зручне і швидке перемикання між режимами;
- низьке споживання електроенергії;
- ручне дугове зварювання в режимі MMA;
- простота і легкість в роботі;
- висока продуктивність;
- компактність, надійність [6].

Технічні параметри зварювального напівавтомата наведені в таблиці 2.3, а його зовнішній вигляд представлений на рисунку 2.3.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 27   |

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики напівавтомата Edon MIG-308 [6]

| Назва параметру                                           | Значення |
|-----------------------------------------------------------|----------|
| Напруга живильної мережі, В                               | 220      |
| Частота мережі, Гц                                        | 50/60    |
| Межі регулювання зварювального струму в режимі ММА, А     | 10-308   |
| Межі регулювання зварювального струму в режимі MIG/MAG, А | 40-308   |
| Споживана потужність, кВт                                 | 7,5      |
| Напруга холостого ходу, В                                 | 55       |
| Номінальна робоча напруга, В                              | 20       |
| Межі регулювання робочої напруги, В                       | 16-27    |
| Діаметр електродного дроту, мм                            | 0,6-1,2  |
| Діаметр електрода (ММА), мм                               | 1,6-5,0  |
| Періодичність навантаження при 308 А, %                   | 60       |
| Коефіцієнт корисної дії (ККД), %                          | 60       |
| Маса, кг                                                  | 11,4     |



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд напівавтомата Edon MIG-308 [6]

Пальник є одним із ключових елементів будь-якого зварювального апарата. Саме він забезпечує збудження дуги, а також формування та спрямування потоку захисного газу до зони зварювання. Конструкція

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 28   |

пальника повинна відповідати таким вимогам: гарантувати безпечні умови роботи, забезпечувати стабільність дугового процесу, ефективно захищати зону зварювання від впливу атмосфери, мінімізувати налипання розплавленого металу на сопло, дозволяти швидку та зручну заміну зношених компонентів.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики зварювального пальника KZ2 [7]

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| Тип пальника                   | євро роз'єм |
| Спосіб захисту дуги            | газовий     |
| Діаметр електродного дроту, мм | 0,6-1,2     |
| Довжина кабелів, м             | 3,0         |

## 2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Якість вихідних матеріалів – основного металу, зварювального дроту та захисного газу – повинна відповідати встановленим вимогам. Перед початком зварювальних робіт здійснюється перевірка сертифікатних даних згідно з технологічним процесом, після чого проводиться візуальний огляд і контроль якості матеріалів відповідно до чинної нормативної документації та стандартів.

Під час підготовки зварювального обладнання до роботи здійснюється перевірка технічного стану його основних елементів. Зокрема, у зварювальних машинах та апаратах контролюють справність регулюючих механізмів, наявність і точність приладів, якість та довжину струмопідвідних кабелів, стан електричних контактів і мундштуків для подачі струму. На установках для зварювання в середовищі захисних газів додатково перевіряють газові редуктори, витратоміри, шланги та пальники.

Контроль режиму зварювання здійснюється насамперед для забезпечення відповідності параметрів процесу – струму, напруги та

швидкості – встановленим технологічним межам. Це досягається шляхом візуального спостереження за показниками приладів та оцінки якості зварного шва за зовнішнім виглядом.

Оцінка якості окремих зварних швів здійснюється також шляхом їх порівняння з еталонними зразками.

Зовнішній огляд є найпростішим, економічно вигідним і оперативним методом контролю якості зварних швів та підготовки поверхонь до зварювання. Він дозволяє отримати достатній обсяг інформації про стан з'єднання без застосування складних технічних засобів. За допомогою цього методу виявляють тріщини, підрізи, свищі, пропали, напливи та інші видимі дефекти. Геометричні параметри швів – зокрема катет, ширину та рівномірність – оцінюють за допомогою шаблонів або вимірювальних інструментів.

З урахуванням технологічних та конструктивних особливостей, для контролю якості рами трансформаторної РВА застосовуються такі методи: візуально-оптичний контроль, що передбачає зовнішній огляд зварних з'єднань та вибірковий ультразвуковий контроль, який дозволяє виявити внутрішні нещільності.

Ультразвуковий контроль зварних з'єднань здійснюється за допомогою ехо-імпульсного методу. Його принцип ґрунтується на відбитті ультразвукових хвиль від внутрішніх дефектів, акустичний опір яких суттєво відрізняється від опору основного металу. Відбитий сигнал змінюється і реєструється приймачем. Метод називається імпульсним, оскільки озвучення об'єкта проводиться короткими переривчастими імпульсами. Ознакою дефекту є поява ехо-сигналу на екрані приймального пристрою. Ехо-імпульсний метод застосовується для контролю всіх основних типів зварних з'єднань – стикових, кутових, напусткових і таврових. Він дозволяє виявляти дефекти в елементах товщиною до 6000 мм і більше, а дефекти площею 0,7 мм<sup>2</sup> - на глибині до 100 мм. Контроль здійснюється при однобічному доступі

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

до з'єднання, з використанням одного перетворювача, який виконує функції випромінювання та приймання сигналів. Схема контролю стикового з'єднання наведена на рисунку 2.4.

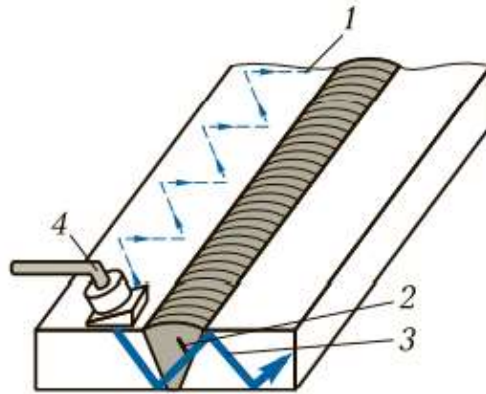


Рисунок 2.4 - Схема контролю стикового з'єднання

1 – траєкторія переміщення перетворювача; 2 – тріщина; 3 – звукова хвиля; 4 – перетворювач

## 2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Основні технологічні операції, які виконуються при виготовленні трансформаторної рами типу РВА:

- підготовка вихідних матеріалів;
- розкрій і механічна обробка деталей;
- складання конструкції перед зварюванням;
- підготовка зварювального обладнання;
- зварювання;
- після зварювальна обробка;
- контроль якості;
- маркування та здача конструкції.



### 2.6.1 Заготівельні операції

Для отримання заготовок, з яких формується зварна конструкція, необхідно виконати такі підготовчі операції:

- правлення;
- розмічування;
- різання;
- очищування.

Операція правлення виконується з метою усунення кривизни та деформацій металу, що виникають у процесі транспортування або зберігання. Для виправлення профільного прокату застосовується згинальний верстат марки LG 60 CN.

Операція розмічування виконується з використанням таких інструментів, як рулетка, маркер, кернер, металева лінійка та набір шаблонів. Застосування цих засобів дозволяє підвищити точність і продуктивність розмічування.

Для виконання операції різання профільного прокату застосовується установка плазмового різання марки Jasic CUT 100. Зовнішній вигляд установки наведено на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд установки плазмового різання Jasic CUT

100

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 32   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Очищення заготовок виконується із використанням кутових шліфувальних машин Bosch Professional GWS 750-125, оснащених дисковими щітками Grad 125×22,2.

### 2.6.2 Складальні операції

Перед складанням конструкції здійснюється візуальна перевірка відповідності заготовок вимогам креслень. Під час монтажу забезпечується точне взаємне розташування елементів, яке має відповідати їх положенню у готовому виробі. Складальна конструкція повинна мати достатню жорсткість і міцність, щоб запобігти деформаціям у процесі зварювання. Для виконання складання та зварювання деталей рами застосовуються спеціальні складально-зварювальні пристосування – кондуктори, які забезпечують фіксацію та точність позиціонування елементів.

Процес складання та зварювання складальних одиниць і рамної конструкції виконується за такою послідовністю:

- 1) монтаж деталей у пристосування;
- 2) фіксація пневматичними притисками;
- 3) попереднє зварювання;
- 4) зняття складальної одиниці з пристосування;
- 5) завершальне зварювання.

### 2.6.3 Складально-зварювальні операції

Відповідно до розрахованих параметрів режиму зварювання здійснюється налагодження напівавтомата та газового обладнання. На цьому етапі встановлюють силу зварювального струму, витрату захисного газу та швидкість подачі електродного дроту, що забезпечує стабільність виконання процесу.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 33   |

Після встановлення елементів конструкції у проектне положення виконують прихоплювання в зонах майбутніх зварних швів. Далі здійснюється остаточне зварювання виробу згідно з технологічною послідовністю.

#### 2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювання виконують зачищення швів та видалення металевих бризок із поверхонь, що підлягали обробці. Для проведення опоряджувальних операцій застосовують захисні окуляри Ozon 7-051 A/F, молоток Alloid масою 500 г, а також кутову шліфувальну машину Bosch Professional GWS 750-125, оснащену зачисним кругом Ataman 125×6,0×22,23 мм і дисковою щіткою Grad 125×22,2 мм. Після очищення виріб піддається контролю якості на предмет виявлення зовнішніх дефектів.

#### 2.6.5 Допоміжні операції

У процесі виготовлення рами трансформаторної РВА виконуються такі допоміжні роботи:

- підготовка та регулювання обладнання перед основними технологічними операціями;
- перевезення матеріалів, заготовок і готових елементів між робочими зонами;
- вертикальне та горизонтальне переміщення конструкцій за допомогою кранів, тельферів або інших механізмів.

Перед початком зварювальних робіт здійснюється налаштування обладнання: регулюються витрати захисного газу, встановлюються параметри режиму зварювання відповідно до технічних вимог.

У процесі перевантажувальних та підйимально-транспортних робіт виконуються такі операції: встановлення деталей у складально-зварювальні пристосування, переміщення заготовок до робочих зон, транспортування готових конструкцій на відповідні ділянки.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 34   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## 2.6.6 Контроль якості

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

- вхідний контроль металу та комплектуючих;
- контроль зварювальних матеріалів;
- перевірка якості технологічних операцій;
- завершальний контроль готової продукції.

Контроль якості зварної конструкції розпочинається з візуального огляду, під час якого перевіряють форму та розташування швів відповідно до креслень, а також виявляють зовнішні дефекти та можливі деформації виробу. Після цього здійснюється вибірковий ультразвуковий контроль ехо-імпульсним методом, що дозволяє оцінити внутрішню якість зварних з'єднань.

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

Нормування витрат зварювальних матеріалів проводиться для визначення їх необхідної кількості при виготовленні конструкцій, а також забезпечення економного та раціонального використання у виробництві. Загальні принципи та методи розрахунку витрат і відходів регламентуються стандартом 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.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 35   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

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,  $I_{зв}=120$  А;

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

Отже:

$$Q_n = 15 \cdot 120 \cdot 9 \cdot 10^{-3} = 16,9 \quad \text{кг.}$$

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

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

де  $Q_p$  – маса розплавленого електродного матеріалу,

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

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

$$Q_p = 16,9 \cdot 0,7 = 11,83 \quad \text{кг,}$$

$Q_{nn}$  – маса наплавленого металу,

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

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

$$Q_{nn} = 16,9 \cdot 0,5 = 8,45 \quad \text{кг.}$$

Отже:

$$H_{ел} = 11,83 + 8,45 = 20,28 \quad \text{кг.}$$

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

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

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 36   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

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

$$H_z = 11,83 \cdot 0,85 = 10,05 \quad \text{л / хв.}$$

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,  $K_n=0,75$ ;

$$E = \frac{25}{15 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 2,47 \quad \text{кВт.}$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

$$E = \frac{0,01 \cdot U_d \cdot I_{36} \cdot t_0}{\eta_n \cdot K_n}, \quad (2.18)$$

де  $t_0$  – час зварювання одного метра шва,  $t_0=0,05$  год;

$$E = \frac{0,01 \cdot 25 \cdot 120 \cdot 0,05}{0,9 \cdot 0,75} = 2,22 \quad \text{кВт} \cdot \text{год.}$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 37   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

Розробка нових пристосувань або вдосконалення наявних здійснюється на основі:

1) розробка зварних виробів починається з аналізу креслень і технічних умов конструкції. Однак питання технологічності часто залишаються поза увагою конструктора, що ускладнює подальше проектування виробничого процесу та вибір зварювального оснащення. Тому при розробці технології та конструюванні пристосувань необхідно всебічно оцінювати технологічність зварної конструкції, зокрема: геометрію та конфігурацію деталей, точність виготовлення заготовок, якість поверхонь, що підлягають зварюванню;

2) розробка технологічного процесу виготовлення конструкції передбачає формування раціональної послідовності складання та зварювання виробу. Такий процес має бути детально опрацьований у форматі маршрутної або розгорнутої технологічної схеми. Конструктор пристосувань повинен ретельно вивчити технологічний процес, щоб забезпечити ефективне проектування оснащення;

3) аналіз виробничої програми випуску виробу передбачає оцінку складності конструкції пристосування, а також визначення доцільності його оснащення засобами механізації та автоматизації.

Отже, тип пристосування визначається з урахуванням способу зварювання та складання, особливостей конструкції виробу, матеріалу і форми деталей, вимог до точності, якості з'єднань, а також рівня необхідної продуктивності.

Вибір конкретного типу пристосування з-поміж можливих варіантів здійснюється на основі техніко-економічного аналізу. Перевагу, як правило,

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

надають рішення, яке є найбільш доцільним з технічної точки зору та економічно вигідним для виробництва.

Складально-зварювальне обладнання класифікується на універсальне, спеціальне та спеціалізоване.

Універсальне обладнання призначене для обробки широкого спектра виробів і використовується у виробництві з різноманітною номенклатурою.

Спеціальне обладнання розраховане на виготовлення одного або кількох конкретних виробів. Воно забезпечує вищу продуктивність і якість, тому застосовується переважно у масовому та великосерійному виробництві.

Спеціалізоване обладнання використовується у серійному виробництві, коли необхідна стабільність процесу та повторюваність технологічних операцій.

Тип пристосувань обирається з урахуванням способу зварювання та складання, конструктивних особливостей виробу, матеріалу і поперечного перерізу деталей, вимог до точності та продуктивності виробництва. При цьому важливо прагнути до зниження трудомісткості складальних і допоміжних операцій, забезпечення стабільної якості продукції, а також створення комфортних і безпечних умов праці для персоналу.

Якість зварної конструкції значною мірою залежить від точності підготовки деталей, чистоти їх поверхонь та рівня складальних робіт. Ці чинники безпосередньо впливають на несучу здатність, довговічність і економічність виробу. Складання конструкції полягає у точному встановленні та надійній фіксації деталей у проектному положенні.

Щоб забезпечити високу якість зварної конструкції, необхідно точно розмістити та надійно закріпити деталі, а також виконати зварювання відповідно до встановлених технологічних параметрів.

При виборі типу зварювальних пристосувань важливо забезпечити відповідність таким ключовим вимогам:

- а) механізація операцій по транспортуванню;
- б) швидке та надійне базування деталей;

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 39   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



- в) зручність виконання технологічних операцій;
- г) ефективне та надійне закріплення елементів в устаткуванні.

У процесі виготовлення рами трансформаторної РВА застосовують складально-зварювальні кондуктори, які забезпечують точне позиціонування деталей. На цих пристосуваннях виконують складання елементів конструкції, їх фіксацію за допомогою затискачів, а також остаточне зварювання згідно з технологічними вимогами.

### 3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Конструктивні схеми пристосувань, що застосовуються під час виготовлення рами трансформаторної РВА, забезпечують чітку послідовність складально-зварювальних операцій. У процесі складання деталі розміщуються в пристосуванні, встановлюються по упорах і фіксаторах, після чого надійно закріплюються притискачами.

Опори у складально-зварювальних пристосуваннях поділяються на основні та допоміжні. Основні опори визначають просторове положення деталі та жорстко закріплюються в корпусі пристосування. Вони забезпечують точне базування елементів конструкції. Найпоширенішим типом основних опор є штирі. Допоміжні опори використовуються для додаткової стабілізації деталі, особливо у випадках, коли існує ризик її перекидання. Вони не впливають на точність базування, але сприяють безпечному та зручному розміщенню. Для великих деталей з обробленими базовими поверхнями застосовують пластинчасті опори, які забезпечують рівномірну опору по площині. Регульовані гвинтові опори можуть виконувати функції як основних, так і допоміжних, залежно від конструктивних особливостей виробу.

Упори в складально-зварювальних пристосуваннях призначені для фіксації деталей по їх бічних поверхнях. Для розміщення по контуру деталі застосовують планки, ребра та інші елементи, які забезпечують точне позиціонування.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Упори бувають:

- постійними – жорстко закріпленими на корпусі пристосування за допомогою гвинтів або зварювання;
- відкидними, відвідними або знімними – для забезпечення зручності монтажу та демонтажу деталей;
- з рельєфною, сферичною або плоскою базовою поверхнею, залежно від форми і типу деталі.

Для підвищення зносостійкості робочі поверхні упорів піддають термічній обробці або наплавленню, що забезпечує їх довговічність і стабільність у процесі експлуатації.

Доцільно, щоб упори одночасно виконували функцію опорної бази. Відкидні та відвідні упори застосовують у випадках, коли конструкція виробу ускладнює його вилучення після прихоплювання або зварювання. Робоча частина упорів повинна мати довжину щонайменше вдвічі більшу за товщину стінки деталі, що фіксується, що забезпечує надійність її утримання.

Для формування базових поверхонь пристосувань та забезпечення точного розташування деталей застосовують постійні упори. Вони одночасно виконують функцію опорної бази та закріплюються на корпусі складально-зварювального пристосування за допомогою гвинтів або зварювання. За потреби також використовують регульовані упори, які дозволяють адаптувати положення деталей відповідно до конструктивних особливостей виробу.

Висока якість зварних конструкцій досягається завдяки точному складанню деталей, що передбачає їх правильне взаємне розміщення та надійне закріплення перед зварюванням.

Складання зварного виробу включає низку послідовних технологічних операцій. Спочатку деталі, що входять до складу виробу або зварного вузла, подаються до місця складання. Далі їх встановлюють у складальному пристосуванні відповідно до проектного положення, де вони фіксуються затискними елементами, після чого виконується зварювання. Транспортування та позиціонування деталей здійснюється за допомогою

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 41   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

універсального або спеціального транспортного обладнання. Точність розміщення забезпечується установчими елементами пристосування або взаємодією з суміжними деталями конструкції.

У конструкції розроблених пристосувань передбачено використання пневматичних притискачів, різноманітних упорів і призм. Отже, головна функція складального обладнання у зварювальному виробництві – це надійне встановлення та закріплення зварюваних елементів.

Притискачі і затискачі повинні забезпечувати [9, с.92]:

- правильне прикладання та напрямок притискного зусилля для закріплення деталей відносно встановлених баз;
- надійне закріплення деталей на протязі всього процесу складання та зварювання;
- швидкодію;
- можливість зручного встановлення деталей в пристосування, зручність при зварюванні вузла, а також можливість знімання виробу із пристосування після закінчення зварювання;
- зручний підхід до них для легкого приведення в дію (для ручних пристосувань);
- безпечність в роботі [9, с.92].

Притискачі, що застосовуються у складально-зварювальних пристосуваннях, бувають ручними та механізованими. Механізовані забезпечують вищу притискну силу, зменшують трудомісткість операцій, сприяють підвищенню рівня механізації та покращують умови праці. У деяких випадках притискачі поєднують з упорами або фіксаторами, створюючи комплексні вузли, що підвищують функціональність пристосування. В універсально-складальних пристосуваннях установлювальні та затискні елементи, як правило, виконують знімними та регульованими, що дозволяє адаптувати їх до різних типів виробів.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 42   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Найбільш поширеними є притискачі з пневмоприводом. Пневматичний привід має наступні переваги [9, с. 102]:

- доступність, завдяки наявності на підприємствах мережі стиснутого повітря;
- порівняна простота конструкції;
- надійність в роботі;
- зручність у керуванні [9, с. 102].

З огляду на технологічні вимоги, для точного встановлення та надійного закріплення вузлів цієї конструкції в пристосуваннях застосовують постійні упори, відвідні фіксатори, а також різні типи притискачів і затискачів.

Під час складання та зварювання рами трансформаторної РВА застосовують спеціальні складально-зварювальні кондуктори, які сприяють суттєвому підвищенню продуктивності та зниженню трудових витрат.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 43   |
| 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 трансформаторної РВА

| Показник                                                     | Одиниці виміру | Кількісна чи вартісна оцінка |               |
|--------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------|---------------|
|                                                              |                | фізичні дані                 | проектні дані |
| Габарити виробу                                              | мм             | 2200x2380x700                | 2200x2380x700 |
| Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб: |                |                              |               |
| профільний прокат Ст3Гпс                                     | кг             | 250                          |               |
| зварювальний дріт Св-08Г2С                                   | кг             | 20                           |               |
| захисний газ (суміш МІХ-1 – Ar 82% +CO <sub>2</sub> 18%)     | кг             | 10                           |               |
| Розміри поворотних відходів на виріб                         | кг             | 23                           |               |
| Ціна придбання матеріалу за кг:                              |                |                              |               |
| профільний прокат:                                           |                |                              |               |
| сталь Ст3Гпс                                                 | грн            | 37,2                         | 37,08         |
| зварювальний дріт Св-08Г2С                                   | грн            | 169                          | 168           |
| захисний газ (суміш МІХ-1 – Ar 82% +CO <sub>2</sub> 18%)     | грн            | 36,45                        | 36,25         |
| Ціна реалізації поворотних відходів                          | грн            | 115                          |               |

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 44   |

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення  
рами трансформаторної РВА

| Зміст операції | Варіанти      | Устаткування                                                         |              | Потужність<br>електрод<br>вигунів,<br>кВт | Інструменти                                                                                |                        | Розряд<br>роботи | Штучні<br>норми<br>часу |
|----------------|---------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------|-------------------------|
|                |               | Назва                                                                | Ціна,<br>грн |                                           | Назва                                                                                      | Ціна,<br>грн           |                  |                         |
| 1              | 2             | 3                                                                    | 4            | 5                                         | 6                                                                                          | 7                      | 8                | 9                       |
| Правлення      | $\frac{3}{П}$ | Згинальний<br>верстат<br>LG 60<br>CN                                 | 312000       | 3,2                                       | молоток                                                                                    | 135                    | III              | $\frac{2,5}{1,8}$       |
| Розмічування   | $\frac{3}{П}$ |                                                                      |              |                                           | рулетка<br>лінійка<br>кернер<br>маркер                                                     | 268<br>162<br>76<br>52 | III              | $\frac{2,6}{2,4}$       |
| Різання        | $\frac{3}{П}$ | Установка<br>плазмового<br>різання<br>Jasic CUT<br>100               | 49580        | 15,2<br>(кВА)                             |                                                                                            |                        | III              | $\frac{2,4}{2,2}$       |
| Очищування     | $\frac{3}{П}$ | Кутова<br>шліф.<br>машина<br>Bosh<br>Professional<br>GWS 750-<br>125 | 2300         | 0,75                                      | щітка<br>дискова<br>Grad<br>125x22,2<br>диск<br>зачисний<br>Ataman<br>125 x 6,0<br>x 22,23 | 941<br><br>54          | III              | $\frac{1,6}{1,5}$       |
| Складання      | $\frac{3}{П}$ | Складальний<br>зварювальний<br>кондуктор                             | 494400       |                                           | молоток                                                                                    | 135                    | IV               | $\frac{3,1}{2,5}$       |
| Зварювання     | $\frac{3}{П}$ | Зварювальний<br>напівавтомат<br>Edon MIG-<br>308                     | 65245        | 0,8                                       |                                                                                            |                        | IV               | $\frac{3,2}{2,6}$       |

Продовження таблиці 4.2

|                      |               |                                                   |        |      |                                                                               |                  |     |                   |
|----------------------|---------------|---------------------------------------------------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----|-------------------|
| Зачищування          | $\frac{3}{П}$ | Кутова шліф. машина Bosh Professional GWS 750-125 | 2300   | 0,75 | щітка дискова Grad 125x22,2<br>молоток диск зачисний Ataman 125 x 6,0 x 22,23 | 941<br>135<br>54 | III | $\frac{2,4}{2,3}$ |
| Контроль якості      | $\frac{3}{П}$ | Ультразвуковий дефектоскоп Omniscan SX            | 122000 |      |                                                                               |                  | VI  | 1,8               |
| Транспортні операції | $\frac{3}{П}$ | Тельфер електричний                               | 40000  | 1,8  |                                                                               |                  | III | $\frac{1,6}{1,4}$ |

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 19,6;

по проекту 17,1;

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

по проекту 1,4.

Загальна штучна норма часу: по заводу 21,2;

по проекту 18,5.

Для виготовлення рами трансформаторної РВА застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [10, с.8]:

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

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

$S$  - кількість робочих змін в добу;

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 46   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$g$  - тривалість зміни, год;

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

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

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

Розрахунок проводять за формулою [10, с.9]:

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

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

$K_{вн}$  - коефіцієнт виконання,  $K_{вн} = 2,1$ .

$B_{пр}$  - програма випуску продукції, у нашому випадку  $B_{пр} = 5100 \text{ шт.}$

Кількість робочих місць для виконання правління при виготовленні рами трансформаторної РВА:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,5 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 3,23 \approx 3 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{1,8 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 2,32 \approx 2 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні рами трансформаторної РВА:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



- заводський варіант:

$$n = \frac{2,6 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 3,36 \approx 3 \text{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,4 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 3,1 \approx 3 \text{шт}.$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,4 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 3,1 \approx 3 \text{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,2 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 2,84 \approx 3 \text{шт}.$$

Для очищування необхідно:

- заводський варіант:

$$n = \frac{1,6 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 2,06 \approx 2 \text{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{1,5 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 1,94 \approx 2 \text{шт}.$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 48   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,1 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 4_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,5 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 3,22 \approx 3_{шт}.$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,2 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 4,13 \approx 4_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,6 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 3,35 \approx 3_{шт}.$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,4 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 3,1 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,3 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 2,97 \approx 3_{шт}.$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

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

$$n = \frac{1,8 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 2,32 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [10, с.13]:

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

де  $B_{mp}$  - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 5100 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

$K_{кр} = 0,6...0,7$ .

$$n = \frac{5100 \cdot 1 \cdot 0,6}{2100 \cdot 0,7} = 2,08 \approx 2 \text{шт.}$$

Приймаємо два електричних тельфера 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

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 50   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [10, 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  $B_{np} = 5100$  шт;

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

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

Необхідна кількість працівників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,5}{1850 \cdot 2,1} = 3,28 \approx 3 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 1,8}{1850 \cdot 2,1} = 2,36 \approx 2 \text{ чол}.$$

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,6}{1850 \cdot 2,1} = 3,41 \approx 3 \text{ чол},$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 51   |

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,4}{1850 \cdot 2,1} = 3,15 \approx 3_{чол.}$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,4}{1850 \cdot 2,1} = 3,15 \approx 3_{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,2}{1850 \cdot 2,1} = 2,89 \approx 3_{чол.}$$

Необхідна кількість робітників для виконання очищення:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 1,6}{1850 \cdot 2,1} = 2,1 \approx 2_{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 1,5}{1850 \cdot 2,1} = 1,97 \approx 2_{чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 3,1}{1850 \cdot 2,1} = 4,07 \approx 4_{чол.},$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 52   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,5}{1850 \cdot 2,1} = 3,28 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 3,2}{1850 \cdot 2,1} = 4,2 \approx 4 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,6}{1850 \cdot 2,1} = 3,41 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,4}{1850 \cdot 2,1} = 3,15 \approx 3 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,3}{1850 \cdot 2,1} = 3,02 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 1,8}{1850 \cdot 2,1} = 2,36 \approx 2 \text{чол.}$$

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 53   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

| Категорія працівників | Кількість |    | Середній розряд |     |
|-----------------------|-----------|----|-----------------|-----|
|                       | З         | П  | З               | П   |
| 1                     | 2         | 3  | 4               | 5   |
| Основні робітники:    |           |    |                 |     |
| правильники           | 3         | 2  | III             | III |
| розмічувальники       | 3         | 3  | III             | III |
| різальники            | 3         | 3  | III             | III |
| очищувальники         | 2         | 2  | III             | III |
| складальники          | 4         | 3  | IV              | IV  |
| зварювальники         | 4         | 3  | IV              | IV  |
| зачищувальники        | 3         | 3  | III             | III |
| контролери            | 2         | 2  | VI              | VI  |
| транспортувальники    | 2         | 2  | III             | III |
| 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                 | 33        | 30 | —               | —   |

### 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.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 54   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

| В-<br>нт | Назва матеріалів<br>ресурсів                    | Од.<br>вим<br>·      | Ціна<br>придб. за<br>од. вим.,<br>грн/кг |                    | Затрати в натуральних одиницях, грн |             |             |                                      |     |                |        |
|----------|-------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------------|-----|----------------|--------|
|          |                                                 |                      |                                          |                    | на один виріб                       |             | на програму |                                      |     |                |        |
| З/П      | Сталь Ст3Гпс                                    | кг                   | 37,2                                     | 37,08              | 9300                                | 9270        | 47430000    | 47277000                             |     |                |        |
| З/П      | Зв. дріт Св-08Г2С                               | кг                   | 169                                      | 168                | 3380                                | 3360        | 17238000    | 17136000                             |     |                |        |
| З/П      | Суміш МІХ-1 –<br>Аг 82% +СО <sub>2</sub><br>18% | кг                   | 36,45                                    | 36,25              | 364,5                               | 362,5       | 1858950     | 1848750                              |     |                |        |
| Р-<br>ом |                                                 |                      |                                          |                    | 13044,5                             | 12992,5     | 66526950    | 66261750                             |     |                |        |
| В-<br>нт | Транспортно-<br>заготівельні<br>витрати         |                      |                                          | Загальна сума, грн |                                     |             |             | Вартість поворотних<br>відходів, грн |     |                |        |
|          | %<br>ц.<br>куп<br>·                             | в грн. на<br>один кг |                                          | на один<br>виріб   |                                     | на програму |             | на один<br>виріб                     |     | на<br>програму |        |
| З/П      | 5                                               | 1,86                 | 1,85                                     | 465                | 463,5                               | 2371500     | 2363850     | 115                                  | 115 | 586500         | 586500 |
| З/П      | 5                                               | 8,45                 | 8,4                                      | 169                | 168                                 | 861900      | 856800      |                                      |     |                |        |
| З/П      | 5                                               | 1,82                 | 1,81                                     | 18,23              | 18,13                               | 92947,5     | 92437,5     |                                      |     |                |        |
| Р-<br>ом |                                                 | 12,13                | 12,07                                    | 652,23             | 649,63                              | 3326347,5   | 3313087,5   | 115                                  | 115 | 586500         | 586500 |

#### 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 [10, с.16]:

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

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) [10, с.16].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [10, с.16]:

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

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 [10, с.17]:

$$Z_{по} = Z_{до} \cdot P, \quad (4.7)$$

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 правильників:

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 5,8 \cdot 52,8 \cdot 2,5 = 765,6 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 765,6 \cdot (0,2 + 0,15) = 267,96 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 765,6 \cdot 0,4 = 306,24 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 56   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$З_{\text{оо}} = 5,8 \cdot 52,8 \cdot 1,8 = 551,23 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 551,23 \cdot (0,2 + 0,15) = 192,93 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 551,23 \cdot 0,4 = 220,49 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,5 \cdot 52,5 \cdot 2,6 = 614,25 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 614,25 \cdot (0,2 + 0,15) = 214,99 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 614,25 \cdot 0,4 = 245,7 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,5 \cdot 52,5 \cdot 2,4 = 567 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 567 \cdot (0,2 + 0,15) = 198,45 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 567 \cdot 0,4 = 226,8 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5 \cdot 52,5 \cdot 2,4 = 630 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 630 \cdot (0,2 + 0,15) = 220,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 630 \cdot 0,4 = 252 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5 \cdot 52,5 \cdot 2,2 = 577,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 577,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 202,13 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 577,5 \cdot 0,4 = 231 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці очищувальників:

- заводський варіант:

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

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

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

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 7 \cdot 53,5 \cdot 1,5 = 561,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 561,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 196,61 \text{ грн};$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 57   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$З_{по} = 561,75 \cdot 0,4 = 224,7 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 5 \cdot 53,7 \cdot 3,1 = 832,35 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 832,35 \cdot (0,2 + 0,15) = 291,32 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 832,35 \cdot 0,4 = 332,94 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 5 \cdot 53,7 \cdot 2,5 = 671,25 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 671,25 \cdot (0,2 + 0,15) = 234,94 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 671,25 \cdot 0,4 = 268,5 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 5 \cdot 54 \cdot 3,2 = 864 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 864 \cdot (0,2 + 0,15) = 302,4 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 864 \cdot 0,4 = 345,6 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 5 \cdot 54 \cdot 2,6 = 702 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 702 \cdot (0,2 + 0,15) = 245,7 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 702 \cdot 0,4 = 280,8 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 4,5 \cdot 53 \cdot 2,4 = 572,4 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 572,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 200,34 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 572,4 \cdot 0,4 = 228,96 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 4,5 \cdot 53 \cdot 2,3 = 548,55 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 548,55 \cdot (0,2 + 0,15) = 191,99 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 548,55 \cdot 0,4 = 219,42 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 58   |

$$З_{\text{оо}} = 6,5 \cdot 57,5 \cdot 1,8 = 672,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 672,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 235,46 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 672,75 \cdot 0,4 = 269,1 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 8,5 \cdot 54,5 \cdot 1,6 = 741,2 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 741,2 \cdot (0,2 + 0,15) = 259,42 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 741,2 \cdot 0,4 = 296,48 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 8,5 \cdot 54,5 \cdot 1,4 = 648,55 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 648,55 \cdot (0,2 + 0,15) = 226,99 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 648,55 \cdot 0,4 = 259,42 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [10, с.16]:

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

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

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

$C_{\text{р}}$  - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для погодинної оплати праці, грн.

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

Затрати по оплаті праці налагоджувальників:

$$З_{\text{од}} = 2 \cdot 62,2 \cdot 1850 = 230140 \text{ грн};$$

$$З_{\text{дд}} = 230140 \cdot 0,35 = 80549 \text{ грн};$$

$$З_{\text{нд}} = 230140 \cdot 0,4 = 92056 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 59   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$З_{од} = 2 \cdot 62,2 \cdot 1850 = 230140 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 230140 \cdot 0,35 = 80549 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 230140 \cdot 0,4 = 92056 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 62,2 \cdot 1850 = 115070 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 115070 \cdot 0,35 = 40274,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 115070 \cdot 0,4 = 46028 \text{ грн.}$$

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[10, с.17]:

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

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 ( $З_{пн}$ ) розраховуються так само, як для основних робітників. Затрати по оплаті праці ІТР:

$$З_{оп} = 1 \cdot 15800 \cdot 12 = 189600 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 189600 \cdot 0,35 = 66360 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 189600 \cdot 0,4 = 75840 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 13923 \cdot 12 = 167076 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 167076 \cdot 0,35 = 58476,6 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 167076 \cdot 0,4 = 66830,4 \text{ грн.}$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 60   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

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 заробітна плата, грн |            |              |            |
|-----------------------------|-------------------------|------------|--------------------------------|------------|--------------|------------|
|                             |                         |            | за шкідливість                 |            | інші доплати |            |
|                             | З                       | П          | З                              | П          | З            | П          |
| 1                           | 2                       |            | 3                              |            | 4            |            |
| <b>Основні робітники:</b>   |                         |            |                                |            |              |            |
| правильники                 | 581090,4                | 278923,39  | 203381,64                      | 97623,19   | 232436,16    | 111569,36  |
| розмічувальники             | 466215,75               | 430353     | 163175,51                      | 150623,55  | 186486,3     | 172141,2   |
| різальники                  | 478170                  | 438322,5   | 167359,5                       | 153412,88  | 191268       | 175329     |
| очищувальники               | 303195,2                | 284245,5   | 106118,32                      | 99485,93   | 121278,08    | 113698,2   |
| складальники                | 842338,2                | 509478,75  | 294818,37                      | 178317,56  | 336935,28    | 203791,5   |
| зварювальники               | 874368                  | 532818     | 306028,8                       | 186486,3   | 349747,2     | 213127,2   |
| зачищувальники              | 434451,6                | 416349,45  | 152058,06                      | 145722,31  | 173780,64    | 166539,78  |
| контролери                  | 340411,5                |            | 119144,03                      |            | 136164,6     |            |
| транспортувальники          | 375047,2                | 328166,3   | 131266,52                      | 114858,2   | 150018,88    | 131266,52  |
| <b>Допоміжні робітники:</b> |                         |            |                                |            |              |            |
| налагоджувальники           | 230140                  |            | 80549                          |            | 92056        |            |
| ремонтники                  | 230140                  |            | 80549                          |            | 92056        |            |
| електрики                   | 115070                  |            | 40274,5                        |            | 46028        |            |
| ІТР                         | 189600                  |            | 66360                          |            | 75840        |            |
| МОП                         | 167076                  |            | 58476,6                        |            | 66830,4      |            |
| Разом                       | 5627313,85              | 4491094,39 | 1969559,85                     | 1571883,04 | 3136350,24   | 2681862,46 |

#### 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:                                | 13044,5          | 12992,5  |
| сталь Ст3Гпс                                      | 9300             | 9270     |
| зв. дріт Св-08Г2С                                 | 3380             | 3360     |
| захисний газ (суміш МІХ-1 – Аг 82% +СО2 18%)      | 364,5            | 362,5    |
| Поворотні відходи                                 | 115              |          |
| Паливо та енергія на технологічні цілі            | 143,96           | 142,38   |
| Основна заробітна плата основних робітників       | 920,65           | 697,86   |
| Додаткова заробітна плата основних робітників     | 322,23           | 244,25   |
| Премії та надбавки основних робітників            | 368,26           | 279,14   |
| Відрахування на соціальне страхування             | 22,56            | 17,1     |
| Відрахування на медичне страхування               | 40,28            | 30,53    |
| Витрати на утримання та експлуатацію устаткування | 304,6            | 304,6    |
| Цехові (дільничні) витрати                        | 188,83           | 188,83   |
| Всього цехова собівартість                        | 15240,87         | 14782,19 |

#### 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<br>затрат | Кількість<br>натуральних<br>одиницях |           | Вартість одиниці,<br>грн       |                                    | Затрати на<br>перевезення та<br>монтаж, грн |         |
|----------------------------|--------------------------------------|-----------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|---------|
|                            | З                                    | П         | З                              | П                                  | З                                           | П       |
| Будови та споруди          |                                      |           |                                |                                    | -                                           | -       |
| Устаткування:              |                                      |           |                                |                                    |                                             |         |
| правильне                  | 3                                    | 2         | 312000                         | 312000                             | 15600                                       | 15600   |
| різальне                   | 3                                    | 3         | 49580                          | 49580                              | 2429                                        | 2429    |
| очищувальне                | 2                                    | 2         | 2300                           | 1600                               | 115                                         | 115     |
| складальне                 | 4                                    | 3         | 494400                         | 494400                             | 24720                                       | 24720   |
| зварювальне                | 4                                    | 3         | 65245                          | 65245                              | 3262,25                                     | 3262,25 |
| зачищувальне               | 3                                    | 3         | 2300                           | 2300                               | 115                                         | 115     |
| контрольне                 | 2                                    | 2         | 122000                         | 122000                             | 6100                                        | 6100    |
| транспортне                | 2                                    | 2         | 40000                          | 40000                              | 2000                                        | 2000    |
| Інструменти:               |                                      |           |                                |                                    |                                             |         |
| молоток                    | 10                                   | 8         | 135                            | 135                                | 6,75                                        | 6,75    |
| диск зачисний              | 5                                    | 5         | 54                             | 54                                 | 2,7                                         | 2,7     |
| щітка                      | 5                                    | 5         | 941                            | 941                                | 47,05                                       | 47,05   |
| рулетка                    | 3                                    | 3         | 268                            | 268                                | 13,4                                        | 13,4    |
| кернер                     | 3                                    | 3         | 76                             | 76                                 | 3,8                                         | 3,8     |
| лінійка                    | 3                                    | 3         | 162                            | 162                                | 8,1                                         | 8,1     |
| маркер                     | 3                                    | 3         | 52                             | 52                                 | 2,6                                         | 2,6     |
| Разом                      |                                      |           |                                |                                    |                                             |         |
| Види капітальних<br>затрат | Загальна вартість,<br>грн            |           | Норма<br>амортиз.<br>відрах, % | Річна сума аморти.<br>відрах., грн |                                             |         |
|                            | З                                    | П         |                                | З                                  | П                                           |         |
| Будови та споруди          | 13812500                             | 13812500  | 5                              | 690625                             | 690625                                      |         |
| Устаткування:              |                                      |           |                                |                                    |                                             |         |
| правильне                  | 95160                                | 639600    | 8,5                            | 80886                              | 54366                                       |         |
| різальне                   | 151219                               | 151219    | 8,5                            | 12853,62                           | 12853,62                                    |         |
| очищувальне                | 4715                                 | 4715      | 8,5                            | 400,78                             | 400,78                                      |         |
| складальне                 | 2002320                              | 1507920   | 7                              | 140162,4                           | 105554,4                                    |         |
| зварювальне                | 264242,25                            | 198997,25 | 7,5                            | 19818,17                           | 14924,79                                    |         |
| зачищувальне               | 7015                                 | 7015      | 8,5                            | 596,28                             | 596,28                                      |         |
| контрольне                 | 250100                               | 250100    | 6,5                            | 16256,5                            | 16256,5                                     |         |
| транспортне                | 82000                                | 82000     | 7,5                            | 6150                               | 6150                                        |         |



Продовження таблиці 4.7

|               |             |             |    |           |           |
|---------------|-------------|-------------|----|-----------|-----------|
| Інструменти:  |             |             |    |           |           |
| молоток       | 1356,75     | 1086,75     |    | 203,512   | 163,012   |
| диск зачисний | 272,7       | 272,7       |    | 40,91     | 40,91     |
| щітка         | 4752,05     | 4752,05     |    | 712,81    | 712,81    |
| рулетка       | 817,4       | 817,4       | 15 | 122,61    | 122,61    |
| кернер        | 231,8       | 231,8       |    | 34,77     | 34,77     |
| лінійка       | 494,1       | 494,1       |    | 74,12     | 74,12     |
| маркер        | 158,6       | 158,6       |    | 23,79     | 23,79     |
| Разом         | 17533794,65 | 16661879,65 |    | 968961,24 | 902899,37 |

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

Річний економічний ефект визначається за формулою [10,с.26]:

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

де  $C_{nz}$  - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ( $C_{nz}=21245,66$ грн);

$C_{nn}$  - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ( $C_{nn}=20236,49$ грн);

$\Phi_{mz}$  - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ( $\Phi_{mz}=15240,87$ грн/шт);

$\Phi_{mn}$  - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ( $\Phi_{mn}=14782,19$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((21245,66 + 0,15 \cdot 15240,87) - (20236,49 + 0,15 \cdot 14782,19)) \cdot 5100 = 5497657,2 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [10,с.27]:

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

де  $\Phi_{ocz}$  - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ( $\Phi_{ocz}=94293288$  грн);

$\Phi_{ocn}$  - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ( $\Phi_{ocn}=91148169$  грн);

$E_{yp}$  - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [10,с.26]:

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

$$E_{yp} = 5100 \cdot (21245,66 - 20236,49) = 5146767 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{94293288 - 91148169}{5146767} = 0,61 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

| Показники                                     | Одиниця виміру | Величина |          |
|-----------------------------------------------|----------------|----------|----------|
|                                               |                | З        | П        |
| 1                                             | 2              | 3        | 4        |
| Річна програма випуску продукції              | шт             | 5100     | 5100     |
| Кількість технологічного устаткування         | шт             | 16       | 13       |
| Собівартість товарної продукції               | грн            | 21245,66 | 20236,49 |
| Чисельність промислово-виробничого персоналу: |                |          |          |
| - всього                                      | чол            | 33       | 30       |

Продовження таблиці 4.8

|                                       |        |          |           |
|---------------------------------------|--------|----------|-----------|
| - основних робітників                 | чол    | 26       | 23        |
| Фондомісткість продукції              | грн/шт | 15240,87 | 14782,19  |
| Умовна річна економія                 | грн    | -        | 5146767   |
| Річний економічний ефект              | грн    | -        | 5497657,2 |
| Термін окупності капітальних вкладень | роки   | -        | 0,61      |
| Місячний оклад основних робітників:   |        |          |           |
| - правильники                         | грн    | 28135,8  | 20257,78  |
| - розмічувальники                     | грн    | 22573,69 | 20837,25  |
| - різальники                          | грн    | 23152,5  | 21223,13  |
| - очищувальники                       | грн    | 22020,6  | 20644,31  |
| - складальники                        | грн    | 30588,86 | 24668,44  |
| - зварювальники                       | грн    | 31752    | 25798,5   |
| - зачищувальники                      | грн    | 21035,7  | 20159,21  |
| - контролери                          | грн    | 24723,56 | 24723,56  |
| - транспортувальники                  | грн    | 27239,1  | 23834,21  |

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Характеристика захисного заземлення у виробничому приміщенні

Захисним заземленням називають заздалегідь з'єднані з землею металічні частини устаткування, які не знаходяться під напругою в звичайних умовах, на які можуть опинитися під напругою внаслідок порушення ізоляції електроустановки [11, с.285].

Основним призначенням захисного заземлення є ліквідація небезпеки ураження людей електричним струмом при наявності напруги на конструктивних частинах електроустаткування тобто при «замиканні на корпус».

Принцип дії захисного заземлення – зниження до безпечних значень напруги доторкання і крок, обумовлений замиканням на корпус. Це досягається зниженням потенціалу заземленого устаткування, а також вирівнювання потенціалів за рахунок піднімання потенціалів основи, на якій стоїть людина, до потенціалу, близького за величиною до потенціалу заземленого устаткування.

Заземлювальним пристроєм називається сукупність заземлювача – металевих провідників, які знаходяться в безпосередньому контакті з землею, і заземлюючих провідників, які з'єднують заземлюючі частини електроустаткування з заземлювачами [11, с.286]. Розрізняють два типи заземлюючих пристроїв: виносні (чи концентровані) і контурні (чи розсіяні).

Виносні заземлюючі пристрої характеризуються тим, що заземлювач його винесений за межі площадки, на якій розміщене устаткування, яке заземлюють, чи зосереджене на деякій частині цієї площадки.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 67   |

Недоліком виносного заземлення є віддаленість заземлювача від устаткування, внаслідок чого коефіцієнт дотику  $\alpha=1$ . Тому цей тип заземлення застосовується при малих величинах напруги замикання на землю.

Перевагою такого типу заземлення є можливість вибору місця розміщення електродів з найменшим опором ґрунту.

Контурне заземлення характеризується тим, що його заземлювачі розміщуються по контуру площадки, на якій знаходиться заземлювальний пристрій, чи розприділяються по всій площадці по можливості рівномірно.

Безпека при контурному заземленні забезпечується вирівнюванням потенціалу на території до такої величини, щоб максимальні значення напруги дотику і крок не перевищували допустимих, це досягається шляхом відповідного розміщення одиночних заземлювачів.

Всередині приміщення вирівнювання потенціалу відбувається звичайним чином через металоконструкцію, трубопровід, кабелі і подібні їм провідникові предмети, зв'язані з розгалуженою мережею заземлень.

Розрізняють заземлювачі штучні і призначені виключно для мети заземлення і природні, які знаходяться в землі металічні предмети іншого призначення.

Для штучного заземлення застосовують звичайно вертикальні і горизонтальні електроди.

В якості вертикальних електродів використовують сталі труби діаметром 3 – 5 см, і кутник розміром 40 х 40 до 60 х 60 мм довжиною 2,5 – 3 м [11, с.287]. В останні роки знаходять застосування металеві прутки діаметром 10 – 12 мм і довжиною до 10 м.

Для зв'язку вертикальних електродів і в якості самостійного горизонтального електрода використовують листову сталь перерізом не менше як 4 х 12 мм чи сталь круглого перерізу діаметром не менше 6 мм [11, с.287].

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 68   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Для встановлення вертикальних заземлювачів попередньо викопують траншею глибиною 0,7 - 0,8 м, після чого з допомогою спеціальних механізмів забивають трубу чи кутник.

В якості природніх заземлювачів можна використовувати: прокладені в землі водопровідні труби, і інші металеві предмети, за винятком трубопроводів з мастилом чи пальним.

Природні заземлення, як правило, володіють низьким опором розтікання струму і тому використовуються з метою економії коштів на встановлення спеціального заземлення.

Захисному заземленню підлягають захисні і робочі металеві частини конструкцій і устаткування, які не повинні знаходитися під напругою.

В приміщеннях і цехах з підвищеною небезпекою заземлення є обов'язковим при нормальній напрузі в 86 В, чи 110 В. А в приміщеннях без підвищеної небезпеки при напрузі 500 В.

## 5.2 Розрахунок витяжної вентиляції

В даному технологічному процесі, при виготовленні рами трансформаторної РВА використовуємо напівавтоматичне зварювання в захисних газах. При цьому умови праці зовсім несприятливі, хоча розплавлений метал сприяє утворенню шкідливих оксидів, сам він є джерелом випаровування шкідливих речовин, які виділяються при зварюванні. Щоб локалізувати шкідливе виділення, необхідно встановлювати витяжну вентиляцію.

Найбільш ефективним способом очищення повітря від пилу і газів є місцевий відсмоктувач безпосередньо від джерела їх виділення. Для цього використовуємо нахилену панель рівномірного всмоктування (рис. 5.1) [12, с.65].

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 69   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Всмоктуючий отвір розташований під кутом  $45^\circ$  до вертикалі. Встановлена в ньому решітка сприяє рівномірному розподілу повітря по площі всмоктуючого отвору. Панель встановлюють над столом з протилежного боку від зварника. Найбільш широко використовуються панелі розмірами 600 x 645; 750 x 645; 900 x 647.

Нахилена сторона панелей рівна  $H = 645$  мм, живий переріз вхідного отвору панелей при коефіцієнті місцевого отвору панелей  $E = 1,0$  складає 25 % від габаритного.

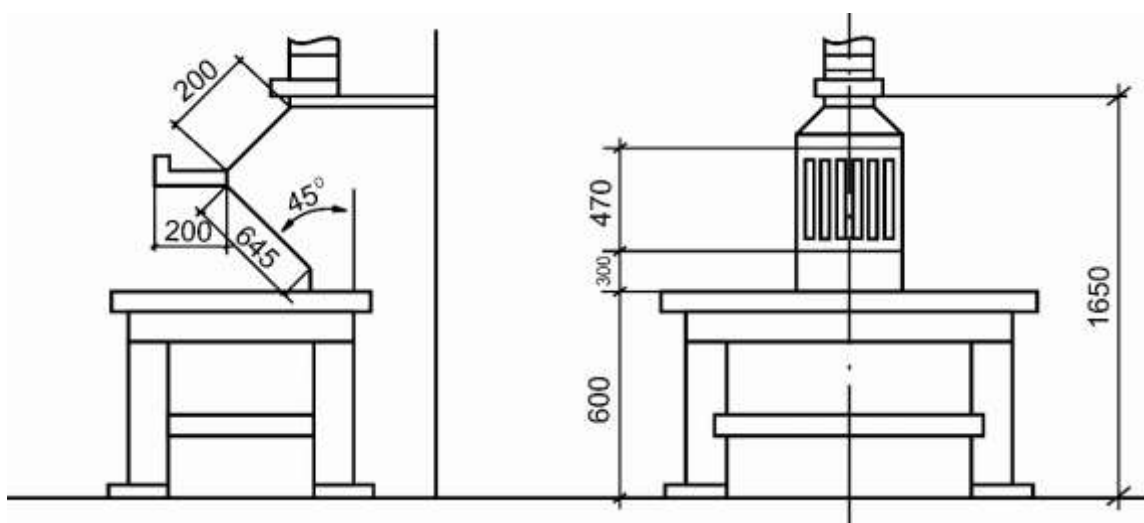


Рисунок 5.1 — Панель рівномірного всмоктування

Для того, щоб відсмоктувач зміг вловити пил і газу, швидкість руху повітря у всмоктуючому потоці в зоні зварювання повинна бути більше 0,2 м/с, в той же час, для запобігання порушення газового захисту зварювальної ванни не повинно перевищувати при зварюванні в захисних газах 0,5 м/с [12, с.76].

Необхідний повітрообмін можна визначити з умов наплавлення 1 кг металу (таблиця 5.1) [12, с.76].

При наплавленні 0,4 кг металу отримаємо:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 70   |

$$Q = 0,4 \cdot 820 = 168 \text{ м}^3.$$

Таблиця 5.1 – Необхідний повітрообмін при наплавленні 1 кг металу

| Спосіб зварювання           | Загальна запиленість,<br>г/кг | Необхідний<br>повітрообмін,<br>м <sup>3</sup> |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| Зварювання в захисних газах | 4,1                           | 820                                           |

Середня швидкість всмоктувача  $V_o$  по відношенню до габаритного розміру панелі рівна 0,9 м/с.

Швидкість повітря  $V$  в місці розташування зварювальної дуги вибираємо 0,3 м/с [12, с.77]:

$$\frac{l}{H} = 0,43, \quad (5.1)$$

де  $l$  – відстань виробу від всмоктуючої панелі, мм;

$H$  – нахилена сторона панелей дорівнює 645мм;

$$l = 645 \cdot 0,43 = 277 \text{ мм}.$$

Для двох панелей 645 х 600 мм об'єм видаленого повітря при середній швидкості у всмоктуючому отворі рівний 0,9 м/с [12, с.77]:

$$V = V_o \cdot F_{\text{пер}}, \quad (5.2)$$

де  $V_o$  – середня швидкість всмоктувача, м/с;

$F_{\text{пер}}$  – площа поперечного перерізу панелі, м<sup>2</sup>.

Для двох панелей  $F_{\text{пер}}$  буде рівною:

$$F_{\text{пер}} = 2 \cdot 645 \cdot 600 = 774000 \text{ мм} = 0,774 \text{ м}^2.$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 71   |



$$V = 0,9 \cdot 0,774 = 0,6966 \text{ м}^3/\text{сек}^2 = 2507,76 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Таким чином, зварювальний цех обладнаний двома панелями вентиляції, кожна з яких має наступні характеристики: габаритні розміри 600х645 мм, середня швидкість всмоктування 0,9 м/с, оптимальна відстань до джерела забруднення 277 мм.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 72   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## ВИСНОВКИ

У межах даної кваліфікаційної роботи проведено аналіз чинної технології зварювання рами трансформаторної РВА та обладнання, що застосовується для її виготовлення. У результаті дослідження виявлено низку недоліків, які перешкоджають підвищенню продуктивності та не забезпечують належного рівня якості готової продукції.

Для усунення даних недоліків у технологічному процесі виготовлення рами трансформаторної РВА, доцільно реалізувати наступні заходи:

- оптимізувати технологію зварювання в захисних газах шляхом впровадження напівавтоматичного зварювання у газовій суміші МІХ-1, що складається з аргону (82 %) та вуглекислого газу (18 %); такий склад забезпечує покращений захист зварювальної ванни та суттєво зменшує розбризкування електродного металу, що позитивно впливає на якість шва та чистоту робочої зони;
- удосконалити затискні пристрої, що дозволить скоротити час складання;
- застосовувати зварювальне обладнання відповідно до фактичних параметрів режиму зварювання.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 73   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь Ст3Гпс. Продукція, характеристики, застосування сталі: веб-сайт. URL: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/st3gps> (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: 23.05.2026).
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: 23.05.2026).
6. Зварювальний напівавтомат Edon (7.5 кВт, 308 А) 2 в 1 MIG + MMA (MIG-308). Зварювальні апарати Edon: веб-сайт. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/510355859/p510355859/> (дата звернення: 23.05.2026).
7. Пальник зварювальний MB 15 АК 3м. KZ2. Аксесуари та супутні товари для зварювального устаткування KWeld: веб-сайт. URL: [https://rozetka.com.ua/ua/529411344/p529411344/?gad\\_source=1&gad\\_campaignid=16905247628&gbraid=0AAAAACciNTyoi8IRUikpB8X69q-\\_tsB9T&gclid=CjwKCAjwx fjGBhAUEiwAKWPwDjWuQYGOjkkxRoAPQeh3elIjverKtp6QSRJRJkKNvI1jKC0zTM4mwBoC47UQAvD\\_BwE](https://rozetka.com.ua/ua/529411344/p529411344/?gad_source=1&gad_campaignid=16905247628&gbraid=0AAAAACciNTyoi8IRUikpB8X69q-_tsB9T&gclid=CjwKCAjwx fjGBhAUEiwAKWPwDjWuQYGOjkkxRoAPQeh3elIjverKtp6QSRJRJkKNvI1jKC0zTM4mwBoC47UQAvD_BwE) (дата звернення: 23.05.2026).

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 74   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

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).

9. Механізація і автоматизація зварювального виробництва. Електронний каталог науково-технічної бібліотеки Вінницького національного технічного університету: веб-сайт. URL: [https://ec.lib.vntu.edu.ua/DocDescription?doc\\_id=254263](https://ec.lib.vntu.edu.ua/DocDescription?doc_id=254263) (дата звернення: 01.06.2026).

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

11. Охорона праці в машинобудуванні. Навчальні матеріали: веб-сайт. URL: <https://studizba.com/show/1045760-1-yudin-eya-i-dr-ohorona-praci-v.html> (дата звернення: 10.06.2026)

12. Левченко О.Г. Гігієна праці та виробнича санітарія у зварювальному виробництві. Навчальний посібник для студентів зварювальних спеціальностей. Київ: Основа, 2004. 98 с.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 75   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

ДОДАТКИ

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.31.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 76   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |