

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інформатики та радіоелектроніки. радіоелектроніки та телекомунікацій  
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра мікро- та наноелектроніки  
(повне найменування кафедри )

**Пояснювальна записка**  
до дипломного проєкту (роботи)  
магістра  
(ступінь вищої освіти)

на тему Якість стандартизація і сертифікація зварних швів

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи РТз-419м  
Спеціальності 152 Метрол.та інформ.-вимір. тех  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)  
Якість, стандартизація та сертифікація

Кревега О.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник Матюшин В.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Манукян О.А.

(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет Інформ. та радіоелектроніки. радіоелектрон. та телекомунікацій

Кафедра мікро- та наноелектроніки

Ступінь вищої освіти магістр

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Якість стандартизація та сертифікація

(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Мікро- та наноел

д.фіз-мат.н., професор Погосов В.В.

“ ” 2020 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

Кривега Олександр Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Якість стандартизація і сертифікація зварних швів

керівник проєкту (роботи) Матюшин В.М. д-р. ф-м.н, проф.

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 13 ” жовтня 2020 року № 332

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 07 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Метод зварювання метал-

метал Сучасні методи контролю зварних швів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно

розробити) 1. Аналіз дефектів зварних з'єднань. 2. Основні етапи контролю

якості зварювальних робіт. Озділ 3. Оцінка дефектів. 4. Методи контролю

якості зварних з'єднань. 5. Економічний розділ розробка проєкту . 6. Охорона

праці.

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

Слайди презентації,

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-4	Матюшин В.М.		
5	Севастьянов Р.В.		
6	Якімцов Ю.В.		
нормоконтроль	Коротун А.В.		

7. Дата видачі завдання “ 30 ” \_\_ 09 \_\_ 2020 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту ( роботи )	Примітка
1	Оглядовий розділ магістерських досліджень	01.10.2020	виконав
2	Основний розділ магістерського дослідження	16.10.2020	виконав
3	Впровадження матеріалів магістерського дослідження	30.10.2020	виконав
4	Охороні праці в галузі	12.11.2020	виконав
5	Розрахункова частина	20.11.2020	виконав
6	Оформлення ПЗ	02.12.2020	виконав
7	Попередній захист	07.12.2020	виконав

Студент(ка)

\_\_\_\_\_  
( підпис )      Кривега О.І  
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

\_\_\_\_\_  
( підпис )      Матюшин В.М  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Пз: 99 с., 11 табл., 21 рис., 5 дод., 30 джерел.

Об'єкт дослідження – є обґрунтований проєкт на підприємстві КП «Водоканал». Предметом дослідження є дефектоскопія зварних швів.

Метою магістерської роботи є підвищення точності визначення розташування дефектів при контролі зварних швів труб. Вдосконалення процесу ультразвукової дефектоскопії зварних з'єднань, швів при експлуатації та ремонті труб.

Методи дослідження – Ультразвуковий структурний аналіз. Він заснований на визначенні амплітуди ультразвукових сигналів, отриманих на різних частотах, залежно від величини зерна або глибини міжкристалічної корозії. В магістерському проєкті задача вирішується за допомогою розробки ультразвукової автоматизованої системи контролю зварних швів.

В результаті виконання проєкту досліджено методи оцінки послуг відповідно до системи ISO, забезпечення необхідного рівня якості.

Розроблено ультразвукову автоматизовану систему контролю зварних швів.

УЛЬТРАЗВУКОВА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ, СТАНДАРТ, ЯКІСТЬ, ПРОЄКТ, АНАЛІЗ, МЕТОДИКА, ДЕФЕКТІВ, МЕТОДИ.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1 АНАЛІЗ ДЕФЕКТІВ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ .....	9
2. ОСНОВНІ ЕТАПИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ . . .	10
2.1 Фактори .....	16
2.2 Основні етапи контролю .....	17
3 ОЦІНКА ДЕФЕКТІВ .....	19
3.1 Класифікація дефектів .....	20
3.2 Основні різновиди дефектів, причини їх утворення і характер розташування .....	22
3.2.1 Тріщини .....	23
3.2.2 Пори .....	25
3.2.3 Шлакові включення .....	26
3.2.4 Пропалини .....	26
3.2.5 Підрізи .....	27
3.2.6 Непровар .....	27
3.2.7 Несплавлення .....	28
3.2.8 Натік .....	28
3.2.9 Кратери .....	29
3.2.10 Дефекти структури .....	29
3.2.11 Деформація .....	29
3.3 Вплив дефектів на працездатність конструкцій .....	30
4 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ .....	31
4.1 Неруйнуючі методи контролю .....	31
4.1.1 Візуальний контроль .....	33
4.1.2 Капілярний контроль .....	34
4.1.3 Контроль герметичності (течошукання) .....	35
4.1.4 Магнітні методи контролю .....	38
4.1.5 Електроіндуктивний метод контролю .....	40

4.1.6 Ультразвуковий контроль . . . . .	41
4.1.7 Суть ультразвукового метода контролю . . . . .	47
4.1.8 Способи ультразвукового контролю . . . . .	48
4.1.9. Технологія УЗК . . . . .	51
4.2 Неруйнуючі методи контролю напруженого стану . . . . .	53
4.2.1 Радіаційний контроль . . . . .	54
4.2.2 Суть і різновиди способів радіаційного контролю . . . . .	56
4.3 Проведення радіографії зварних з'єднань . . . . .	58
4.4 Радіоскопія зварних з'єднань . . . . .	63
4.4.1 Радіометрія зварних з'єднань . . . . .	64
4.5 Руйнуючі методи контролю . . . . .	65
ВИСНОВКИ . . . . .	66
5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ РОЗРОБКА ПРОЕКТУ «АВТОМАТИЗОВАНОЇ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ» . . .	67
5.1 Розрахунки тривалості та витрат на дослідні роботи. . . . .	67
5.2 Визначення витрат на проведення дослідної роботи . . . . .	74
6 ОХОРОНА ПРАЦІ . . . . .	79
6.1 Аналіз потенційних небезпек . . . . .	79
6.2 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці . . . . .	82
6.3 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки . . . . .	87
6.4 Індивідуальні засоби захисту . . . . .	88
6.5 Заходи з цивільної оборони . . . . .	91
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ . . . . .	95
Додаток А . . . . .	98
Додаток Б . . . . .	99
Додаток В . . . . .	100
Додаток Г . . . . .	101
Додаток Д . . . . .	102

## ВСТУП

В процесі експлуатації, виготовлення зварних конструкцій можливі відхилення в якості зварних швів від встановлених вимог, це може призвести до зниження надійності конструкції. Існує необхідність систематично перевіряти конструкції відповідно вимогам. Такий огляд повинен проводитись систематично, щоб перевіряти зварні конструкції, вони повинні відповідати вимогам. Ці перевірки повинні проходити на всіх етапах процесу зварного виробу, що підлягає цій перевірці (спочатку створення технічної документації, потім готового виробу та стадія введення в експлуатацію). Аналізуючи дані світової практики виробництва відповідальних зварних конструкцій (обладнання, посудини тощо), вартість контролю якості становить  $20 \div 25\%$  від загальної вартості виробу, а складність контролю порівняно зі складністю зварювання, де рівень механізації та автоматизації високий, більшість операцій управління виконується вручну. Тому вдосконалення, розробка нових автоматизованих засобів та методів контролю якості продукції з використанням сучасних досягнень науки і техніки є дуже важливим. Вивчаючи існуючі методи контролю, ці знання сприятимуть їх розумному і широкому використанню, що поліпшить якість зварних конструкцій. Працездатність та якість зварних швів (конструкцій) багато в чому залежить від того, наскільки добре спроектований зварний шов. Вважається, що якщо зварна конструкція відповідає вимогам надійності, вона проектується раціонально та технологічно. А також економічність, транспортабельність, естетика і має мінімум кількість деталей, мінімальний обсяг зварювальних робіт в напружених стиках, оптимальна вага. На якість зварювання також впливає на ступінь відповідності встановленим вимогам: - основні матеріали (метал, заготовки);

- допоміжні матеріали (електроди, гази, флюси);

- кваліфікація збиральників, заготівельників, фахівців зі зварювання та інших;

- підготовка конструктивних елементів до складання та зварювання;
- якість, технічний стан зварювального обладнання, збірних пристроїв тощо;
- технологія складання, зварювання та догляд за її дотриманням у процесі виробництва;
- застосовувані методи та методи контролю;
- кваліфікація дефектоскопістів та обладнання для дефектоскопії;
- організація та культура виробництва.

При проєктуванні конструкцій, зварних швів, швів необхідно враховувати ймовірне виникнення та розташування дефектів, відповідно до цих марок матеріалів, та способів зварювання. Намагаючись щоб досягти абсолютної якості виготовленої конструкції, дефекти, як правило, погіршують її властивості під час роботи, оскільки через багаторазові виправлення дефектів збільшується внутрішня напруга, відбувається ріст зерна, зниження міцності властивостей та інше, що знижує працездатність конструкції, зварні шви. Тому для раціонально спроектованої конструкції слід враховувати ймовірність виникнення дефектів, до проєктування повинен бути залучений фахівець з контролю якості.

## 1 АНАЛІЗ ДЕФЕКТІВ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

У процесі зварювання металевих конструкцій в металі шва і зоні термічного впливу можуть виникати дефекти, що призводять до витоків швів, знижують міцність з'єднання, а також знижують якість при експлуатації та надійність виробу. Причини дефектів різні. Заходи щодо запобігання та усунення цих дефектів також різні.

За місцем розташування розрізняють внутрішні та зовнішні дефекти. Для виявлення внутрішніх дефектів застосовуються спеціальні методи деструктивного або неруйнівного контролю. Зовнішні дефекти зазвичай можна виявити під час перевірки.

Найбільш характерними дефектами є дефекти у формуванні шва (відсутні, протікання, напливи, подрізи). Походження дефектів пов'язане з порушенням режиму зварювання, вони можуть виникнути в результаті неправильної підготовки, тобто складання стику під час зварювання.

Для зменшення утворення дефектів необхідно стежити за правильністю підготовки стику, справністю зварювального обладнання, щоб зварник мав відповідну кваліфікацію для виконання робіт. Несправність - одна з найнебезпечніших вад.

При дуговому зварюванні поява цього дефекту пов'язана з недостатнім струмом для зварювання. Небезпека поломки - це навантаження на виріб під час роботи. Несправність створює в цьому місці концентрацію напруги, яка може бути в кілька разів перевищує середню напругу в продукті, і це призводить до руйнування продукту під навантаженням.

Порушення травлення необхідно усунути кип'ятінням ділянок з дефектами. Під час формування та кристалізації зварювальної ванни в металургійних і теплових явищах, що відбуваються в процесі, викликають тріщини в металі шва і поблизу зони шва, шлакові включення, пори, а також несприятливі зміни властивостей шва і зони теплового впливу. Такі дефекти цієї групи можуть виникати при використанні неякісної сировини, сировинних

електродів, які не відповідають зварюваному матеріалу. Велике значення має стан зварювального обладнання, обладнання. Щоб запобігти дефектам, перевіряйте якість сировини, підготовку до зварювання поверхні, стан поверхні, а також перевірку обладнання та обладнання.

При зварюванні контролюйте режим, стежте за зачисткою проміжних швів, правильністю зварювання кратерів, за своєчасною необхідною термічною обробкою зварних з'єднань, швів.

## **2 ОСНОВНІ ЕТАПИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ**

Життєвий цикл виробу під час його формування та якість зварювальних виробів поділяється на п'ять етапів:

1) Перший етап проектування. Включає дослідно-конструкторські роботи (НДДКР) щодо проектування зварних виробів та розробки директивних технологічних матеріалів (RTM, DTM.) На цьому етапі здійснюється контроль розробленої технічної документації, прогнозується технічний рівень продукції, що випускається, та визначається її відповідність сучасному рівню розвитку техніки та технології.

2) На другому етапі реалізації здійснюється технологічна підготовка. Проводиться робота з налагодження технології під час виготовлення дослідних зразків або інсталяційних серій. Основою підготовки технологічного виробництва є розробка технологічного обладнання, робочої технологічної документації та проектування. На цьому етапі контролюється розроблена технологічна документація та проектна документація на обладнання.

3) Третій етап серійного виробництва передбачає організацію системи управління виробництвом, що включає контроль матеріалів, що постачаються та напівфабрикатів, ступінь підготовки персоналу, технічний стан обладнання, контроль виготовлення та випробування зварних швів, шви. На цьому етапі вживаються заходи щодо управління процесом для усунення виникаючих відхилень. На стадії серійного виробництва контроль забезпечує запланований рівень якості продукції.

4) За адресою контролюються умови зберігання та транспортування продукції з метою збереження всіх показників якості, випущених у виробництво на попередніх етапах.

5) Етап експлуатації передбачає організацію певної системи технічного обслуговування, ремонту зварних виробів, стиків, швів з метою підтримання

високого рівня якості. Це вимагає контролю під час роботи. Після ремонту зварних з'єднань контроль і також проводиться. аналіз. Вищевказана система показує, що якість продукції складається і формується із суми якостей на кожному етапі її життєвого циклу. Ця система якості є частиною загальної системи якості, яка забезпечує контроль усіх елементів, що забезпечують її роботу та відповідають вимогам міжнародних стандартів серії ISO -9000.

Також на зварювальному виробництві здійснюється технічний контроль. Важливою функцією системи в організації виробництва підприємства є технічний контроль, це означає перевірку об'єкта контролю, чи відповідає він встановленим технічним вимогам. Система технічного контролю передбачає організацію служб технічного контролю на підприємстві, яке разом із технологічними службами повинно забезпечувати високу якість продукції.

Система технічного контролю включає такі основні елементи:

- об'єкти контролю;
- методи та засоби, за допомогою яких здійснюється контроль;
- контроль робітників, виконавців;
- контроль технічної документації.

Конструкція яка контролюється є продукція на тій чи іншій стадії технологічного процесу, засоби виробництва та технологічні процеси. Метод контролю - це сукупність певних принципів і правил контролю. До засобів контролю включають контрольні-вимірювальні прилади, прилади, матеріали, обладнання, що використовуються в контролі (наприклад, рентгенівська плівка).

Виконавці контролю розуміють фахівців відділу технічного контролю (ВТК) та співробітників заводської лабораторії (КЗЛ), що займаються оглядом та ремонтом засобів вимірювальної техніки. При технічному контролі виявляють відхилення об'єкта контролю від встановлених вимог НТД (нормативно-технічна документація).

Технічний контроль виконується за правилами і здійснюється відповідно до технічної документації, встановленої стандартом підприємства. Схему яку ми розглянули показує, що функції технічного контролю визначаються виконанням двох наступних:

- інформація про фактичний стан об'єкту контролю, контрольовані показники та параметри якості (інформація називається первинною);
- порівняння первинної інформації із встановленими вимогами, нормами та критеріями (інформація про відхилення фактичних параметрів та показників якості від встановлених називається вторинною).

Засоби контролю підготовка їх. Зміна контрольованих параметрів Порівнюємо результати контролю із встановленими вимогами. Ми приймаємо рішення та робимо висновки про результати контролю Супровідна документація на товар. Технічна документація для контролю Ми використовуємо вторинну інформацію для прийняття рішення, яке управляє та спрямовується до об'єкта контролю. Це вирішує головне завдання управління якістю - це мінімізувати або повністю усунути виявлені відхилення в процесі виробництва. На додаток до вищесказаного, інші поняття, що використовуються в контролі, включають:

- обсяг контролю - відношення загальної кількості виготовлених об'єктів до загальної кількості контрольованих;
- час, необхідний для повного контролю та підготовки, для його здійснення та аналізу результатів;
- кошти які потрібні для контролю - витрати на контроль;
- параметр який контролюється - якісні або кількісні характеристики об'єкта контролю;
- надійність контролю - ймовірність відповідності фактичних результатів фактичному значенню контрольованих ознак.

Технічний контроль його видів та засобів. Вимоги до зварних з'єднань, швів відповідно до стандартів та категорії їх відповідальності на підприємстві встановлюється певна система контролю продукції.

Ця система базується на класифікації видів технічного контролю за індивідуальними ознаками.

1) На стадіях технологічного процесу управління ділиться на: а) вхід (попередній); б) робочі (поточні); в) кінцевий (готовий продукт). Вхідний контроль включає основні та зварювальні матеріали (присадочний дріт, гази, флюси, електроди), компоненти та напівфабрикати. Попередній контроль - не тільки перевірка матеріалу, а й ефективність роботи зварювального обладнання та кваліфікація робітників, які виконують зварювальні роботи. Оперативний контроль - такий контроль піддається технологічним процесам від окремих операцій маршрутної техніки після її завершення або під час виконання.

2) За обсягом контрольованої продукції:

а) безперервний;

б) вибіркові. Безперервний контроль - використовується для відповідальних зварних конструкцій. Вибірковий - для контролю продукції великого та масового виробництва.

3) Місце контролю:

а) нерухомі;

б) рухомий.

Стаціонарний контроль проводиться в спеціальному приміщенні на спеціально обладнаному пункті пропуску (наприклад, рентгенівський контроль проводиться в ізольованих коробках).

Рухоме управління здійснюється на робочому місці (наприклад, ультразвуковий контроль)

4) За характером контролю:

а) перевірка;

б) летючі.

Інспекційний контроль - це вибірковий контроль продукції спеціальними особами (інспекторами) для додаткового контролю якості продукції, що перевіряється. Літаючий контроль здійснюється довільно часто, має інспекційний характер і здійснюється працівниками ВТК. Це контролює дотримання технологічних процесів (контроль технологічної дисципліни), наприклад, послідовність швів, зварних з'єднань, дотримання правил транспортування продукції, зберігання та умов дотримання вимог технічної документації.

При перевірці відповідності технологічного процесу особлива увага приділяється раціональній організації робочих місць, яка передбачає наявність обладнання та вимірювальних приладів та інструментів, їх стан, стан робочого місця та необхідної технологічної документації, дотримання правил техніки безпеки та норми, стан та відповідність. Перевірка, яку часто називають контролем виробничої дисципліни.

5) Мета контролю:

- а) прийом;
- б) статистичні.

Щоб відокремити якісну продукцію від дефектів, використовуйте контроль прийняття, який має характер відхилення. Статистичний контроль у системі управління якістю продукції застосовується у великому та масовому виробництві. При коригуванні та виключенні появи браку використовують статистичний контроль, який є профілактичним засобом дії на хід технологічного процесу.

б) За можливості використання контрольованих продуктів:

- а) деструктивний;
- б) неруйнівний.

Деструктивний контроль проводиться для отримання кількісних показників продукції, що потребує контролю. Іноді контроль проводять з частковим порушенням цілісності матеріалу виробу, тобто шляхом

випробувань без руйнування виробу. Неруйнівний контроль не впливає на цілісність продукту і характеризує його якість.

7) За допомогою контролю отримуємо інформацію:

а) візуальний;

б) інструментальний. 100% продукції піддається візуальному контролю.

Більш досконалим методом є інструментальний контроль, оскільки він здійснюється за допомогою різних технічних засобів контролю. Групи технічних засобів контролю можна розділити на такі групи.

1) За характером вимірювання контрольованого параметра:

а) контрольно-вимірювальні прилади та прилади;

б) контрольно-сортувальні пристрої.

Основними засобами є контрольно-вимірювальні прилади. Контрольно-сортувальні засоби призначені для сортування об'єктів контролю за двома групами: непридатними придатними або за кількома групами, виходячи, наприклад, з геометричних розмірів.

2) Дії та ступінь їх впливу на хід технологічного процесу:

а) засоби пасивного контролю;

б) засоби активного контролю.

Засоби пасивного управління це звичайний контрольно-вимірювальний прилад, який реєструє отриманий результат, або контрольно-сортувальних пристроїв. Активні елементи управління вбудовані технологічне обладнання і використовуються для безпосереднього управління технологічними процесами. Досягнувши меж контрольованих параметрів, ці пристрої автоматично контролюють режим роботи обладнання, забезпечують задану точність і мають набагато більшу ефективність запобігання відмов.

3) Ступінь автоматизації:

а) посібник;

б) механізований;

в) автоматичний.

Там, де використання механізованих пристроїв автоматичного управління важко або майже неможливо використовувати ручне управління. Ефективність використання пристроїв автоматичного управління обумовлена можливістю отримання документа або реєстрації результатів контролю. Запис результатів контролю при використанні механізованих засобів контролю здійснюється контролером.

## **2.1 Фактори**

Надійність та якість експлуатаційних показників зварних конструкцій забезпечуються технологічним процесом виготовлення. Основними етапами проектування технологічного процесу виготовлення виробу є: вибір конструкційного матеріалу виробу та зварювальних матеріалів, вибір технології зварювання зварних з'єднань, швів.

Поєднання вхідних параметрів виробничого процесу (раціональний вибір способу зварювання, вибір типів зварного шва та їх конструктивні розміри, визначення режимів зварювання, форм підготовки кромки, вибір послідовності зварювальних швів) впливає на залишковий напружено-деформований стан і визначає міцність зварного шва і зварної конструкції. загалом.

Циклічні та ударні навантаження підвищують чутливість матеріалу до концентрацій напружень, що виникає при нераціональній конструкції зварних з'єднань, швів, появи дефектів, що порушують технологічні процеси складання та зварювання.

Тріщини найчастіше з'являються на лінії розплавлення зварного шва з основним металом, що полягає в наявності різкого переходу від основного металу до зварного шва, а в кутових швах концентрація напружень вища, ніж у стику.

Концентрація його коефіцієнтів напруги в зварних швах набагато більша за одиницю, тому самі зварні шви є концентраторами напружень, що зменшує втомну міцність зварних швів, швів у кілька разів. У більшості випадків зменшення впливу залишкових напружень збільшує межа витривалості, тому для вибору найкращого варіанту (з точки зору міцності та мінімальних спотворень геометричної форми виробу) в процесі виготовлення зварного з'єднання необхідно проаналізувати вплив цих факторів.

## **2.2 Основні етапи контролю якості зварювальних робіт**

Перевірка якості зварювання проводиться в 3 етапи: попередній огляд, поточний і остаточний. На попередньому огляді ознайомтесь з технічною документацією на виріб (ТУ, звичайні креслення,), перевірте якість сировини, заготовок, стан заготівель, зварювальне обладнання, збирання врожаю, кваліфікацію зварників, заготівельників, колекторів, дефектоскопістів, інженерів.

Завдання поточного контролю - підтримувати стан монтажного та зварювального обладнання на рівні вимог, що забезпечують якісне будівництво. Своєчасне запобігання та виявлення дефектів при складанні та зварюванні залежать від ретельності поточного контролю. При виготовленні конструкції контроль у процесі здійснює робітник, майстер працівник ВТК (дефектоскопіст).

В ході поточного контролю проводяться технологічні, механічні та металографічні випробування контрольних зразків, вирізаних з контрольних пластин, або вихідних планок. На етапі завершення контролю встановлюють наявність і характер дефектів, виправляють неприпустимі дефекти, визначають відповідність зварюваного виробу встановленим вимогам. По завершенню результати остаточної перевірки дозволяють вжити необхідних заходів для підвищення якості виконуваних робіт та раціональності продукції в цілому.

### 3 ОЦІНКА ДЕФЕКТІВ

Дефектами зварних з'єднань, швів називають відхилення від норм, передбачених ГОСТом, технічних умов, креслень виробів. Норми передбачають: геометричні розміри зварних швів (висоту і ширину), суцільність, герметичність, пластичність, механічну міцність, хімічний склад та структурні компоненти металу шва.

Порушення форми шва згідно ДСТУ 3491-96 включають:

- суцільний підріз (5011, F) або переривчастий підріз (512, F) - поздовжня глибина на зовнішній поверхні зварювального валика, що утворюється під час зварювання;
- усадочна канавка (5013) - підріз від кореня одностороннього зварного шва, викликаний коагуляцією вздовж межі плавлення;
- перевищення опуклості стикового (502) та кутового (503) швів - перевищення металу зварного шва на лицьовій стороні шва (відповідно кутового та стикового) вище встановленого значення;
- перевищення проникнення (504) - перевищення наплавленого металу на зворотному боці стикового стику вище встановленого значення;
- неправильний профіль зварного шва (505) - кут між поверхнею основного металу і площиною, дотичною до поверхні зварного шва, менше встановленого значення;
- наплавлення (506) - надлишок наплавленого металу, який стік на поверхню основного металу, але не зрослися з ним;
- лінійне зміщення (507) - зміщення між двома зварними елементами, при якому їх поверхні паралельні, але не на бажаному рівні;
- кутове зміщення (508) - зміщення між двома зварними елементами, при якому їх поверхні розташовані під кутом, відмінним від бажаного;

- витік (509) - часто трапляється при зварюванні кутових або стикових з'єднань у горизонтальному положенні; метал зварного шва, який осідав під дією сили тяжіння і не злився з поверхнею, що з'єднується
- горіння (510) - витік металу зварювальної ванни, внаслідок чого у зварному шві утворюється наскрізний отвір;
- неповне заповнення кромки кромки (511) - поздовжній суцільний або переривчастий паз на поверхні зварного шва через відсутність присадного металу при зварюванні;
- надмірна асиметрія кутового шва (512) - надмірне перевищення розміру однієї ніжки над іншою;
- нерівномірна ширина шва (513) - відхилення ширини від заданого значення вздовж зварного шва;
- нерівна поверхня (514) - груба нерівність поверхні арматурного шва по довжині;
- увігнутість кореня шва (515) - неглибока канавка збоку кореня одностороннього зварного шва, яка утворилася внаслідок усадки;
- пористість кореня зварного шва (516) - наявність пор у корені зварного шва через появу бульбашок під час затвердіння металу;
- відновлення (517) - місцева шорсткість поверхні в місці відновлення зварювання.

### **3.1 Класифікація дефектів**

Класифікація дефектів, що виникають у зварних з'єднаннях, можлива за наступними ознаками, залежно від:

- Значення: малі (менше 5%  $\delta$ ), середні (5-15%  $\delta$ ), великі (більше 15%  $\delta$ ), де  $\delta$  - товщина металу;
- від частотного (масового) розташування - одиночне, групове та загальне;

- форми: плоскі або гострі та об'ємні або закруглені;
- розташування: зовнішнє, внутрішнє, наскрізне;
- тип і розмір дефектів та їх вплив на експлуатаційні характеристики конструкції - прийнятні та неприйнятні (зазначені в технічних характеристиках).



Рисунок 3.1 – Класифікація дефектів

Дефекти, що виникають при формуванні зварних з'єднань, діляться на шість груп:

- Тріщини (код дефекту згідно з ДСТУ 3491-96 - 100, код дефекту згідно з класифікацією Міжнародного інституту зварювання - E) порушення суцільності, спричинене локальним розривом шва, що може статися в результаті охолодження або впливу навантаження.

- Пори (200, A) - довільна форма порушення безперервності, утворена газами, що потрапили в розплавлений метал, у яких немає кутів.

- Тверді включення (300) - тверді сторонні металеві або неметалеві речовини в металі шва, що мають принаймні один гострий кут, називаються гострими включеннями.

- Неплавлення (401) та неплавлення (402) - відсутність зв'язку між металом зварювання та основним металом або між окремими зварювальними роликками.

- Руйнування форми зварного шва (500) - відхилення форми зовнішніх поверхонь зварного шва або геометрії стику від встановленої величини.
- Інші дефекти (600) - усі дефекти, які неможливо віднести до однієї з вищезазначених груп.

### **3.2 Основні різновиди дефектів, причини їх утворення і характер розташування**

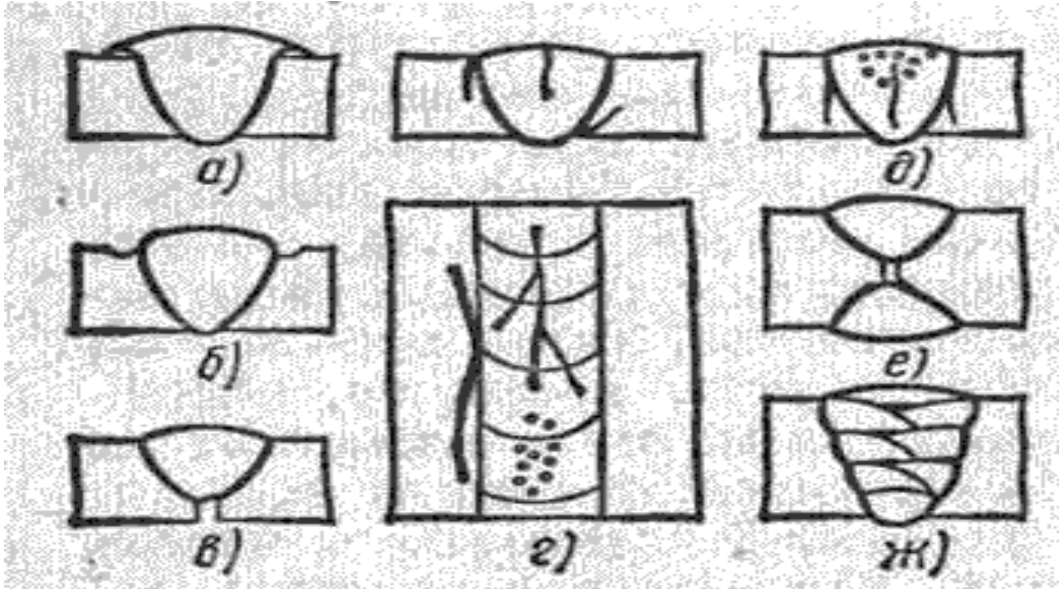
В процесі формування зварного з'єднання, зварювання в металі і зона термічного впливу можуть бути дефектами. Зниження міцності, експлуатаційної надійності, точності, а також погіршення зовнішнього вигляду виробу, тобто відхилення від встановлених норм та вимог, що призводять до дефектів зварних з'єднань, розрізняють за причинами та місцем розташування (внутрішні та зовнішні). Залежно від причин дефектів зварних з'єднань їх шви можна розділити на дві групи.

До першої групи належать дефекти, пов'язані з металургійними і тепловими явищами, що виникають у процесі формування, формування та кристалізації зварювальної ванни та охолодження зварного з'єднання, це - гарячі та холодні тріщини в металі шва та поблизу зони шва, шлак включення, пори, несприятливі зміни властивостей металу шва і зони термічного впливу.

Друга група дефектів, звана дефектами у формуванні швів, походження дефектів - це в основному порушення режиму зварювання, неправильна підготовка та складання зварювальних елементів, несправність обладнання, недбалість та низька кваліфікація зварника та інші порушення процесу. До дефектів цієї групи належать невідповідність швів розрахунковим розмірам, що не закипають, незварені кратери, підрізи, опіки, напливи тощо.

Дефекти бувають внутрішні та зовнішні. До зовнішніх дефектів належать дефекти, які можна виявити при зовнішньому огляді (дефекти у формуванні шва, пор, тріщин, що виходять на поверхню тощо).

Для виявлення внутрішніх дефектів потрібні спеціальні методи деструктивного та неруйнівного контролю.



а - наплив, - б - підріз, в - непропар, г - зовнішні тріщини і пори, д - внутрішні тріщини і пори, е - внутрішній непровар, ж - шлакові включення

Рисунок 3.2 – Види дефектів в зварних з'єднаннях

### 3.2.1 Тріщини

Тріщини - це щілиноподібні порушення суцільності металу, що виникають під дією напружень усадки (див. Рис. 3.3). Вони неприйнятні, оскільки створюють різку концентрацію напружень і можуть спричинити катастрофічні руйнування зварної конструкції. Ці дефекти поділяються на:

- за розмірами: макро- та мікроскопічні;
- за розташуванням: поздовжній, поперечний, розташований у шві, ВТЗ, основний метал;
- за походженням: гарячий, холодний, від втоми.

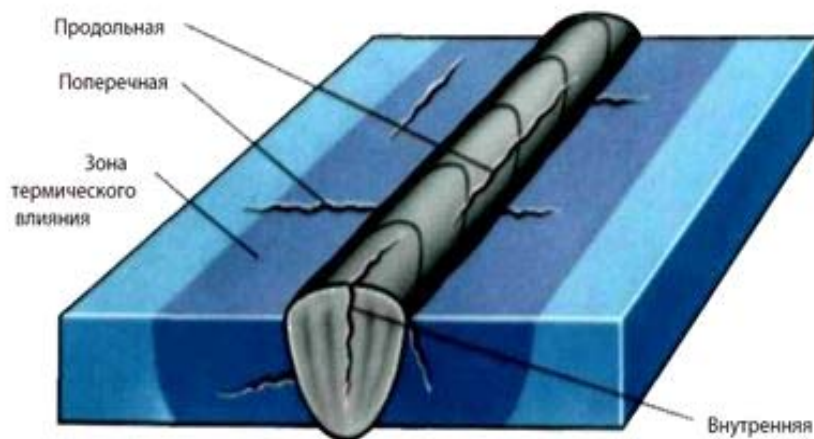


Рисунок 3.3 – Тріщини в зварному з'єднанні

Протягом періоду кристалізації утворюються гарячі тріщини (1009500), які розташовуються в середині шва вздовж своєї осі, або перпендикулярно фронту кристалізації і можуть досягати поверхні шва. Вони виникають у вушній зоні, особливо за наявності шкідливих домішок, незадовільної форми проникнення та значної ходової енергії.

Холодні тріщини в суглобах виникають при температурі 3000 0С і мають транскристалічний характер. Вони виходять на поверхню, розташовані поперек або вздовж шва (максимальний градієнт напруги). Вони можуть розташовуватися в зоні навколо швів. На відміну від гарячих тріщин, вони мають меншу ширину отвору, і тому їх важче виявити при зовнішньому огляді. Поява холодних тріщин може спричинити інші внутрішні дефекти (пори, шлакові включення, витоки, гарячі тріщини,), а також деякі види випробувань (вібраційні, гідравлічні тощо).

Основними заходами для зменшення ймовірності утворення кристалізаційних тріщин є:

- вибір хімічного складу основного та присадочного металу з урахуванням взаємної розчинності зварних металів;
- вибір технології зварювання, що забезпечує мінімальну усадку, термічну деформацію при кристалізації металу шва і зони шва;

- узгодження конструкції зварних з'єднань, що повинно забезпечувати сприйнятливність конструкції до деформацій, що розвиваються при зварюванні;
- аналіз силового навантаження вузла (визначення напруженого стану за допомогою циклічного навантаження або термоциклізації тощо);
- аналіз схемотехнологічного рішення зварюваного блоку.

### 3.2.2 Пори

Пори - це об'ємні порожнини, заповнені газовою фазою. Форма пір кругла, конічна або пляшкоподібна і має вигляд червоточини. Відповідно, як на (Рис. 3.4.) Пори в швах розташовані групами або ланцюжком уздовж осі шва там, де останнім часом твердне метал.

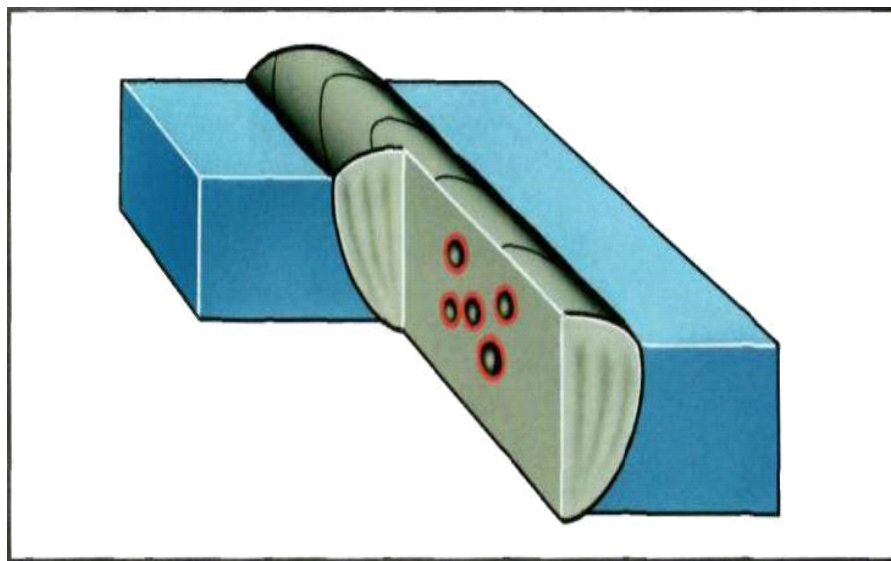


Рисунок 3.4 – Пори в зварному з'єднанні

При зварюванні конструкції в кілька шарів пори одного шару можуть переходити в інший, розподіляючись по всій товщині шва. Це пов'язано з тим, що утворення нових дефектів пор легше там, де вони вже існують. Найрадикальнішим способом боротьби з цією вадою є усунення причин, що їх викликають, полягає у дотриманні технологічної дисципліни.

### 3.2.3 Шлакові включення

Шлакові включення виникають через погане очищення країв від бруду, накипу, а також липкості та попередніх валиків від шлаку. Відповідно до рис. 3.5. Сильна насиченість металевої ванни O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Si також сприяє утворенню шлакових включень (мікроскопічних). Шлакові включення розташовані в основному при сплавленні зварного шва і основного металу, а також в середині швів

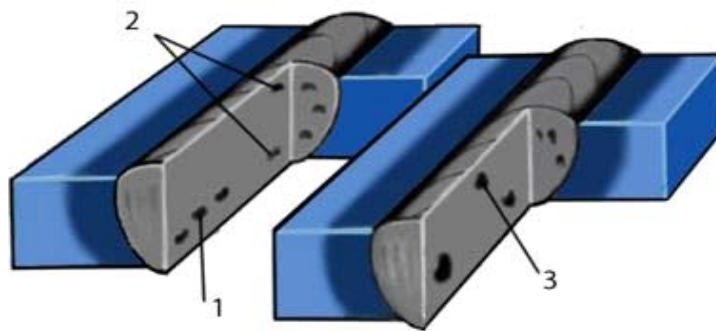


Рисунок 3.5 – Шлакові включення

Наявність гострих країв більш неправильної форми з шлаковими включеннями більшою мірою знижує механічні властивості швів.

### 3.2.4 Пропалини

Опіки утворюються в результаті витоків розплавленого металу під час проникнення та нещільного прилягання флюсової подушки або підкладки відповідно до рис. 3.6

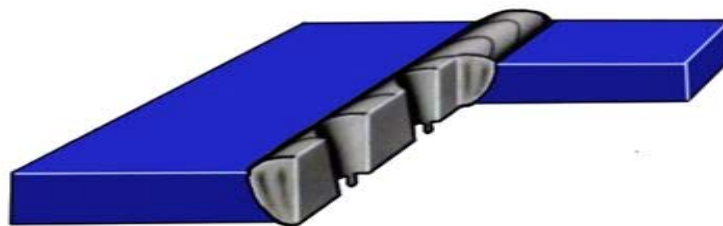


Рисунок 3.6 – Дефект зварного з'єднання пропал

### 3.2.5 Підрізи

Підрізи (рис. 3.7) - поглиблення по краях зварного шва, які виникають при зварюванні в "незручному" місці, зміщенні електрода від осі "шва", а також при використанні завищеного струму, напруги і відхід електрода.

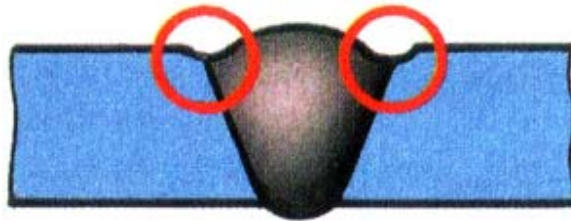


Рисунок 3.7 – Дефект зварного з'єднання підріз

### 3.2.6 Непровар

Непровар – неповне проплавлення основного металу на всю товщину, або відсутність сплавлення присадного металу з основним. Як видно на рис. 3.8.

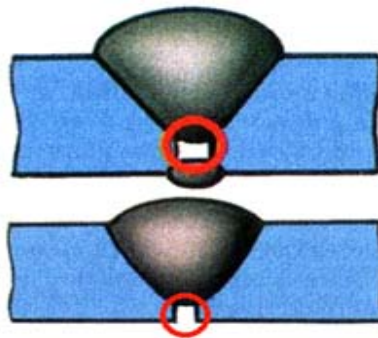


Рисунок 3.8 – Дефект зварного з'єднання непровар

Порушення травлення відбувається по краях і біля кореня шва. При багат шаровому зварюванні збій також виникає між окремими роликками. При переломі місце розладу травлення покривається оксидами та неметалевими включеннями. Це небезпечний дефект.

### 3.2.7 Несплавлення

Несплавлення (рис. 3.9) є невідповідністю металу зварного шва, а основним металом є відсутність плавлення між ними на більшій частині периметра.

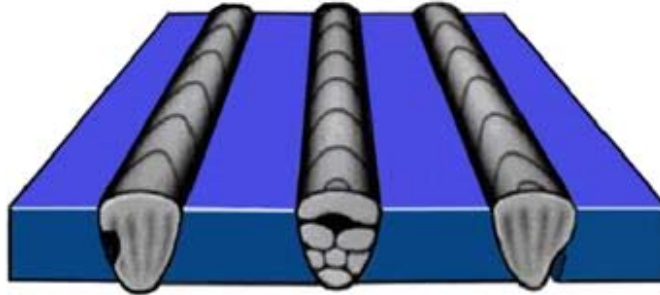


Рисунок 3.9 – Несплавлення металів

Виникає при зварюванні на високих швидкостях з великим струмом. Шви характеризуються високим армуванням і глибокими підрізами, заповненими шлаком. Щоб запобігти утворенню несплавлення, процес зварювання проводять під кутом вперед, вниз або розташовані послідовно електроди.

### 3.2.8 Натік

Приплив (приплив) утворюється, коли розплавлений метал витікає на поверхню магістралі під дією сили тяжіння та відсутності плавлення між ними, як на рис. 3.10.

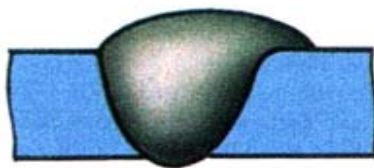


Рисунок 3.10 – Натік металу

Цей дефект утворюється при надмірній подачі електрода, завищенні напруги і струму, зміщенні електрода від осі шва, зварюванні у вертикальній площині. Припливи можуть приховувати витоки по краях, і тому їх потрібно усувати, а метал зварного шва в цьому місці ретельно контролюється.

### 3.2.9 Кратери

Кратери - це поглиблення в металі шва (як правило, в кінці), які утворюються, коли метал шва, незаповнений присадним металом, твердне. Створить концентрацію стресу. Тріщини утворюються в місці найбільшої глибини і ширини кратера (рис. 3.11)

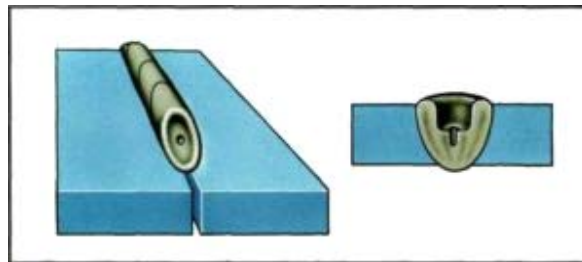


Рисунок 3.11 – Дефект зварного з'єднання кратери

### 3.2.10 Конструктивні дефекти

Грубозернисті, утворення оксиду, фосфіду та інших евтектичних речовин - це дефекти структури зміцнюючих конструкцій і т. Д. Зменшують властивості зварних з'єднань під час роботи. Відповідно до додатка А

### 3.2.11 Деформація

Деформація зварних конструкцій - це відхилення розмірів конструкцій від конструкції (під впливом напружень).

### 3.3 Вплив дефектів на працездатність конструкцій

Для оцінки розміру дефектів використовуються критерії, які називаються "коефіцієнтом пошкодження зварного шва", що є відношенням загальної площі дефектів у перерізі зварного шва, що враховується до поперечного перерізу площі зварного шва.

Ступінь дефекту зварних з'єднань  $\sigma_d$  визначається як відношення загальної довжини шва до довжини дефектів: Поряд з оцінкою кількості дефектів доцільно провести кількісний аналіз типів дефектів та їх причин, що дозволяє статистично оцінити вплив окремих факторів на причини дефектів та керувати якістю продукції.

Вплив дефектів на експлуатаційні характеристики зварних з'єднань, швів та конструкцій залежить від:

- властивості матеріалів;
- тип зварних з'єднань і спосіб зварювання;
- кількість, розмір та місце дефектів суглобів;
- умови експлуатації, характер експлуатаційних навантажень та інші умови.

Встановлено, що при статичних навантаженнях та пластичних матеріалах втрата міцності пропорційна загальній площі дефектів  $\Sigma S_d$ . Якщо загальна відносна площа дефекту  $<10\%$ , вони майже не впливають на статичну міцність з'єднання. Якщо навіть невелике динамічне навантаження, навіть кількість дефектів (1 ÷ 2%) зменшує міцність в 2 рази і більше. Якщо матеріал низькопластичний (або працює в діапазоні температур крихкості), міцність дефектів посилюється багаторазово. Якщо видимі дефекти у вигляді шва (зсув країв, різкий перехід від арматури до основного металу) це додатково знижує динамічну міцність стику, при цьому вплив внутрішніх дефектів стає менш значним.

## **4 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ**

Всі методи контролю якості зварних з'єднань, швів поділяються (умовно) на 2 групи: руйнівні та неруйнуючі. Деструктивні методи - це ті, що дозволяють оцінити якість зварних з'єднань після його руйнування. Деструктивні випробування проводяться на зразках - моделях, свідках або натуральних виробках.

Зразки свідків виготовляються з тих самих матеріалів і використовуються ті ж режими, що і сам виріб. Деструктивні випробування дозволяють отримати числові дані, які безпосередньо характеризують надійність, міцність і продуктивність з'єднань. Коли методи неруйнівного контролю визначають розмір наявності та кількість дефектів зварних швів, шви виробів та існуючі статистичні дані впорядковано визначають їх вплив на експлуатаційні якості конструкції Додаток В.

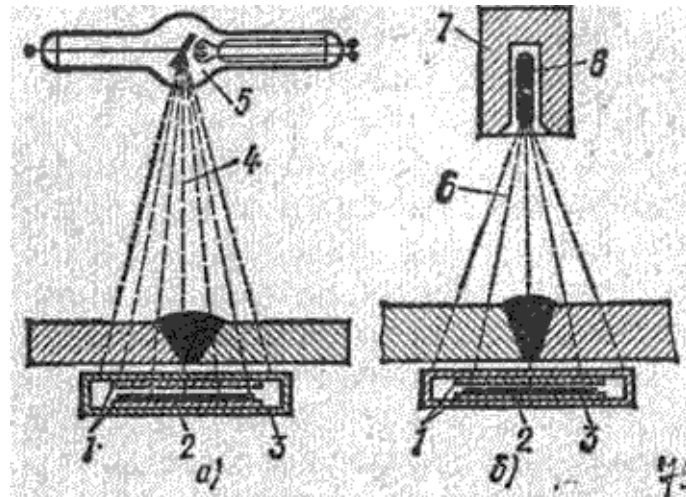
Залежно від виду фізичних явищ речовини, що використовуються для виявлення дефектів, неруйнуючі методи можна розділити на такі типи: магнітні, акустичні (ультразвукові), випромінювання, вихровий струм (індукція), проникаючі речовини (виявлення витоків), капілярні, електричні. Неруйнівні методи контролю включають (візуальний огляд) зовнішній огляд продукції. Розглянемо техніку та суть цих методів.

### **4.1 Неруйнуючі методи контролю**

Неруйнівний контроль - так звана оцінка надійності неруйнівними методами або перевірка без руйнування виробу НК особливо важлива при створенні та експлуатації важливих виробів та об'єктів, компонентів та конструкцій.

Методи неруйнівного контролю цих сполук викладені в Додатку D та Додатку В. Для виявлення різних дефектів, таких як рентгенівські промені, які

демонструють дефекти на зображеннях (витоки, тріщини, шлакові або газові включення, використовуються різні НС-методи). тріщини, пори, подрізи, раковини, бризки металу). Іншим типом неруйнівного контролю ЧК є ультразвукове виявлення дефектів, де різні дефекти проявляються як відбиті імпульси. Багато з цих методів можна успішно застосувати до живих істот, і особливо до людей. Широко відомі факти і зворотнє "проростання" медицини в галузі. Це, наприклад, метод ультразвукової фазованої решітки або комп'ютерна рентгенографія



- а - рентгенівським випромінюванням, б - гамма-випромінюванням;  
 1 - посилюючі екрани, 2 рентгенівська плівка, 3 - касета,  
 4 - рентгенівське випромінювання, 5 - рентгенівська трубка,  
 6 - гамма-випромінювання, 7 - свинцевий кожух, 8 - ампула радіоактивної речовини

Рисунок 4.1 – Схема просвічування зварних швів

Негативні сторони використання гамма-випромінювання в порівнянні з рентгенівськими променями обумовлені: наявністю меншої чутливості (при опроміненні товщиною до 50 мм виявляються відносно великі дефекти, що перевищують 2-4% товщини металу); неможливо регулювати інтенсивність випромінювання, яке в рентгенівських апаратах регулюється прикладеною

напругою, що тягне за собою велику небезпеку при використанні гамма-випромінювання

#### **4.1.1 Візуальний контроль**

Візуальний огляд (зовнішній огляд)

- найпоширеніший метод огляду на всіх етапах роботи. Цей спосіб його застосування є обов'язковим перед будь-яким методом контролю якості зварних швів, швів. Візуальний огляд використовується трьома способами:

- зовнішній огляд з'єднань та їх вимірювання;
- дистанційне управління за допомогою оптичних приладів (ендоскопів);
- активне дистанційне візуальне управління в процесі зварювання з оперативним зворотним зв'язком з метою регулювання режимів.

Зовнішній огляд виявляє дефекти підготовки швів до зварювання, правильність складання елементів конструкції, а також більшість дефектів поверхні зварних швів, їх розмір. Для цього використовуйте різноманітні шаблони або вимірювальні інструменти.

З метою більш надійного виявлення дефектів при зовнішньому огляді використовують телескопічні та оглядові лупи з кратністю збільшення  $\times 2 \div 10$  разів. Для дистанційного зовнішнього огляду використовуються технічні та медичні ендоскопи.

Дистанційне управління здійснюється в процесі зварювання за допомогою спеціальних оптичних систем, які швидко обробляють інформацію з ПК відповідно до розміру зони плавлення і видають необхідні команди системам управління процесом зварювання для регулювання режимів зварювання. Ці системи дозволяють вимірювати геометрію швів, фотографуючи ділянки їх дефектів, і роблять позначки в місцях, де виявляються дефекти.

#### 4.1.2 Капілярний контроль

Капілярний контроль використовується для виявлення поверхневих та наскрізних дефектів за допомогою індикаторних проникаючих рідин (пенетрантів). Процес контролю капілярів включає 3 етапи:

- заповнення витоків кольороконтрастним або світлоконтрастним проникаючим засобом за рахунок капілярних сил;
- прояв дефектів шляхом витягування пенетранта на поверхню сорбентами;
- індикація витоків на виході пенетранта на поверхню кольоровими плямами або світлінням ультрафіолетових променів.

Залежно від способу індикації розрізняють люмінесцентно-кольоровий, люмінесцентний, кольоровий (змішаний) метод контролю. Пенетрант переважно являє собою гас з домішками барвників або люмінофорів.

Проникаючі засоби на основі гасу добре проникають у будь-які витoki, не викликають корозії металу, не замерзають і не вибухонебезпечні. При люмінесцентному способі контролю до гасу додається будь-який фосфор, переважно трансформаторне масло (до 15%), яке світиться під дією ультрафіолетових променів.

Для методу контролю кольору використовується пенетрант, що складається з 80% гасу, 15% трансформаторного масла і 5% скипидару, до якого додається 10 г / л фарби Судан III або IV. Перед капілярним контролем видаляються всі видимі дефекти поверхні, виявлені під час зовнішнього огляду, і поверхня контрольованого виробу очищається від бруду, накипу, іржі та шлаку.

Забруднення зварювальних поверхонь видаляють миючими засобами, що розчиняються у воді, органічними - розчинниками, бензином або ацетоном. Очищену поверхню сушать при  $t = 100 \div 1200^{\circ}\text{C}$ . Пенетрант наносять на поверхню продукту пульверизатором, щіткою або зануренням і дають

експозицію 5 ÷ 20 хв для надійного проникнення у будь-які витоки. Надлишковий тиск, ультразвук, вібрація або їх комбінація використовуються для прискорення проникнення пенетранта і підвищення чутливості контролю. 17 Очищення проводять за допомогою емульгаторів (5% розчин кальцинованої соди) або розчинників.

Після висихання поверхні адсорбент (оксиди MgO, TiO<sub>2</sub>, порошок тальку, карбонат магнію) наносять на контрольовану ділянку. Надлишок порошку продувається, а поверхня продукту опромінюється ультрафіолетовими променями ртутно-кварцової лампи.

При цьому місця дефектів люмінесцирують жовто-зеленим світлом. При кольоровій дефектоскопії адсорбент у вигляді суспензії каоліну (300 ÷ 500 г / л каоліну) на водній або спиртовій основі з добавками емульгаторів (концентрат ОР-7) в основному використовується для виявлення дефектів для кращого змочування, що підвищує чутливість методу.

Для більш тривалого зберігання абсорбенту зі слідами дефектів на поверхні виробу, а також для швидшого висихання емульсійного шару його іноді роблять на основі різних смол у вигляді пігментованих лаків. Після висихання емульсії проникаюча фарба забарвлює дефекти в яскраво-червоний колір. Дефекти добре видно неозброєним оком або через збільшувальне скло.

Метод люмінесцентного кольору - це поєднання обох методів. В якому використовують набори спеціальних матеріалів - слабо концентрований розчин червоного фторного барвника в суміші зі спиртом і ПАР, а проявником є білий пігментований лак.

### **4.1.3 Контроль герметичності (течошукання)**

Для перевірки герметичності зварних з'єднань випробувальними газами (аміаком, повітрям, аргоном, гелієм, фреоном, вуглекислим газом тощо) або рідинами (гас, вода, кольорові та флуоресцентні рідини, продукти переробки).

Індикація випробуваних газів і рідин, що пройшли через дефекти, проводиться за допомогою спеціальних речовин або приладів шукачів. Гідравлічні випробування проводяться поливанням зварного з'єднання водою, рідким продуктом 18 або шляхом створення надлишкового гідравлічного тиску до 1,5 пп. Відкриті посудини та резервуари випробовуються навалом (витримка до 24 годин). Закриті резервуари та трубопроводи випробовуються з надлишковим тиском.

Під час люмогідравлічних випробувань застосовують розчини на основі гасу або води з додаванням люмінофора (домішки TMS-6, GS-6). Виворітна сторона швів перевіряється під ультрафіолетовим світлом. Для збільшення розміру виділених плям контрольовану поверхню посипають тальком або іншим адсорбентом.

При випробуванні герметичності гасу контрольовану ділянку очищають від шлаків і бруду, поверхню стиків простукують, а прилеглі ділянки покривають крейдяною суспензією (450 г крейди на 1 літр води). Після висихання суспензії виворітну сторону шва змащують гасом (можливо, суданською фарбою). Через 5 ÷ 10 хвилин на фоні крейди з'являються плями. Вібрація, вакуум, надлишковий тиск можна використовувати для прискорення проникнення гасу.

При пневматичному методі дефекти виявляються за допомогою бульбашок газу в піноутворюючому розчині або воді, які з'являються в місцях проходження газу через дефекти. Для цього створіть пневматичний тиск у контрольованому виробі (або продуйте тильну сторону швів повітрям), а лицьову сторону швів змочіть піноутворюючим мильним розчином. Одночасно стежте за можливим утворенням бульбашок над дефектами.

Виявляються дефекти  $\varnothing > 0,05$  мм, але видно великі дефекти. Дрібні вироби занурюють у воду. У цьому випадку чутливість методу залежить від величини внутрішнього тиску і зі збільшенням тиску в 10 разів збільшується на кілька порядків. Випробувальний тиск, як правило, не перевищує значення

робочого тиску. Метод вакуумних бульбашок використовується для одностороннього доступу до контрольованих з'єднань.

Використовуються всмоктувальні камери з вакуумними насосами та ресиверами. Перед цим на шов наносять піноутворюючий розчин. Потрібно поставити камеру і створити вакуум 0,02-0,1 МПа. Світлові бульбашки над дефектами спостерігаються через вікно з оргскла.

Для управління вакуумно-бульбашковими випускаються установки з набором камер (для виробів різного діаметру), вакуумним насосом та 19 приймачами. Швидкість такого управління становить до 70 м / год. За допомогою манометричного методу виділяють 2 різновиди: компресійний та вакуумний. В обох випадках реєструється зміна тиску, коли випробовувана речовина витікає (стиснення) або коли газ виділяється (вакуум). Індукція витоків контролюється протягом декількох годин. Проводячи вакуумний метод, необхідно реєструвати швидкість "витоку" вакууму у виробі, який контролюється без подачі та при нанесенні на зовнішню поверхню продукту досліджуваної речовини (крім повітря).

Проведення хімічного методу, який заснований на фарбуванні показників пенетрантом у місцях проходу через дефекти. Для цього у виробі створюють надлишковий тиск повітря з домішками CO<sub>2</sub> або NH<sub>3</sub>.

Індикатор являє собою 5% розчин Hg (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> або фенолфталеїну, в якому серветки або стрічки змочують і наносять на контрольовані шви. Місця над дефектами пофарбовані в чорний або фіолетовий колір. Радіаційний метод заснований на індикації невеликої кількості радіоактивних рідин та газів, що проходять через дефекти випромінюваного ними іонізуючого випромінювання.

Випробувальними газами можуть бути CO<sub>2</sub> з домішками сполук на основі радіоактивного C<sup>14</sup>, аерозолі Cs<sup>137</sup>, Kr<sup>85</sup> у суміші з аргоном. Використовуються також розчини Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> з ізотопом Na<sup>24</sup>, йоду з ізотопом I<sup>131</sup> та ін.

Випромінювання реєструється за допомогою лічильників. Метод точний, але вимагає тривалого періоду часу для реєстрації концентрацій. При методі виявлення витоків галогенів продукт наповнюється хлорвмісним газом (чистим або змішаним з повітрям). Це фреон (хлорон) або  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CF}_4$ . Вихід суміші через витоки фіксується детектором витоків. Його дія заснована на явищі різкого збільшення викиду позитивних іонів з платинового анода, нагрітого до 800 - 9000 С, у присутності галогенів.

Ефект спостерігається як при атмосферному тиску, так і у вакуумі. Після закінчення контролю випробовувана речовина закачується в резервуар. Потрібна сильна вентиляція. При катарометричному методі досліджуваним газом є переважно  $\text{He}$ , рідше  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$ . Індикатор являє собою пристрій з двома платиновими нитками, які входять в два плечі мостової схеми.

Міст збалансований, пропускаючи повітря вздовж обох ниток. Трубки з дротами розведені один від одного і 20 під час випробування одна з них переміщується уздовж шва, і в неї може потрапляти пробний газ, а в другу - лише повітря. Тому внаслідок різної теплопровідності випробовуваного газу та повітря змінюється опір та умови їх охолодження.

З'являється напруга дисбалансу, яку фіксує пристрій. У мас-спектрометричних шукачів досліджуваним газом є гелій. Після проходження дефектів продукту гелій подається в мас-спектрометричну камеру індикаторного пристрою, що знаходиться в магнітному полі. Камера має іонізатор, який іонізує гази в камері, і ці іони під дією магнітного поля рухаються круговими траєкторіями.

Детектор в мас-спектрометричній камері розташований в зоні траєкторії, по якій рухаються іони, і в їх присутності реагує на них. Вибір методу, який підходить для конкретного пошуку випробувальних дефектів, залежить від класу герметичності конструкції, розміру виробів, встановлених нормами проектування, наявності справного контрольного обладнання, можливості та зручності проведення випробувань.

#### 4.1.4 Магнітні методи контролю

Метод магнітного управління заснований на фіксації зміни взаємодії магнітного поля з об'єктом, що контролюється. В процесі управління структура намагнічується. В області витоків є розсіювання, магнітні поля, які несуть інформацію про дефекти.

Реєстрація розсіяного поля може відбуватися різними способами. При реєстрації залежно від методу розрізняють наступні методи магнітного контролю: Магнітний порошок

- проводиться реєстрація потоків розсіювання магнітним порошком що називається магнітографічним

- реєстрація здійснюється за допомогою магнітної стрічки; інший метод називається dferosonde

- поля розсіювання реєструються за допомогою феррозондових датчиків.

При виявленні дефектів магнітне поле (рис. 4.2) має створювати 0,8-1,0 Т (Вт / м<sup>2</sup>) у виробі, який контролює магнітну індукцію.

Величина магнітного потоку, що розсіюється, глибина та орієнтація дефекту залежать від форми. Швидше за все, виявляються плоскі дефекти, які розташовані перпендикулярно напрямку магнітного поля. Круглі дефекти, що створюють невеликі потоки розсіювання, виявляються погано.

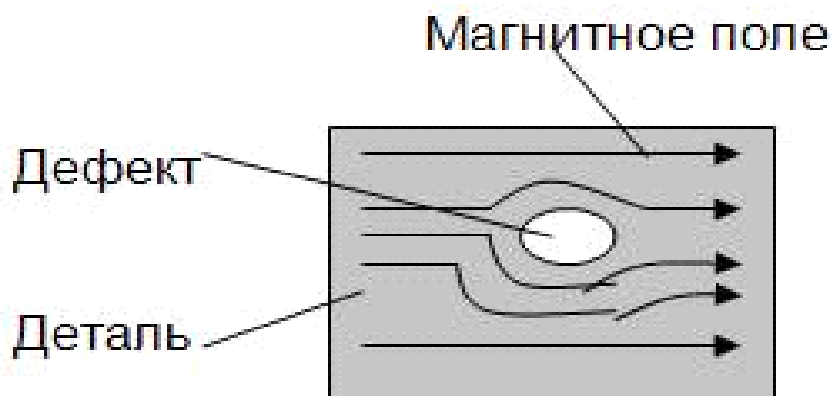
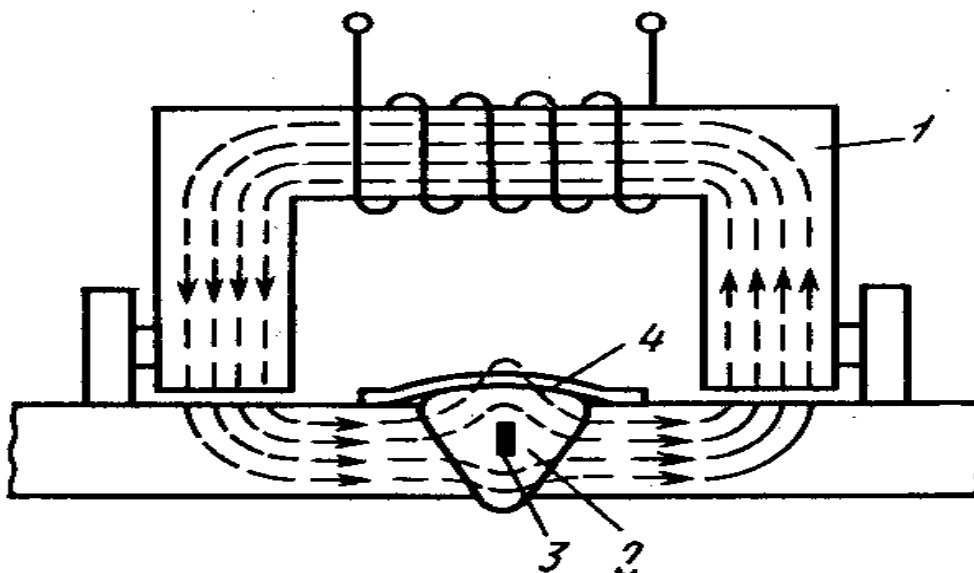


Рисунок 4.2 – Виявлення днфектів

Метод управління магнітним порошком заснований на здатності феромагнітних частинок в магнітному полі орієнтуватись у напрямку поля і рухатися до місця найбільшої щільності магнітного поля.



1 - магнит; 2 - сварной шов; 3 - дефект; 4 - магнитная пленка

Рисунок 4.3 – Метод магнитного контролю

У вигляді суспензії є феромагнітні порошки, їх використовують переважно з гасом, олією або мильним розчином. Це забезпечує більшу рухливість частинок і забезпечує більш точний контроль завдяки чутливості частинок. Залізний нагар зазвичай приймають у вигляді магнітного порошку, подрібненого прокатним або кованим виробництвом ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) з грануляцією від 5 до 10 мкм. Ви можете використовувати чистий магнетит або «шліфувальну» стружку. Склад суспензії: а) 50% гасу + 50% трансформаторного масла + 50 - 60 г / л магнітного порошку; б) 5 г мила, 1 г силікату натрію, 50 - 100 г магнітного порошку на 1 л води. А можна використовувати флуоресцентні або пофарбовані порошки.

Керована частина намагнічується змінним або постійним струмом. Краще виявляти глибокі дефекти дозволяє постійний струм, змінні виявляють поверхневі дефекти. Вибір напрямку та способу намагнічування залежить від місця очікуваних дефектів. Напрямок магнітного потоку повинен бути

перпендикулярним поверхні плоских дефектів. В іншому випадку, якщо напрямок невідомий, він намагнічується у двох перпендикулярних напрямках. Управління магнітним порошком виконується в полі (м'які магнітні матеріали з  $H_c \approx 300$ ), в якому цей матеріал поширюється лише поперечною хвилею, поздовжньою або відбитою, або поширюється вздовж усієї поверхні. Для виявлення дефектів використовують похилі шукачі з  $\alpha = 30, 40, 50, 55^\circ$ , які докладно поширюють поперечні хвилі акустичної осі з кутом нахилу  $\beta = 40, 51, 62, 67^\circ$  (для сталі).

#### **4.1.5 Ультразвуковий контроль**

Ультразвуковий контроль Додаток D базується на здатності ультразвукових хвиль відбиватися від інтерфейсу між двома середовищами. Дефектоскопія використовує п'єзоелектричний метод отримання ультразвукових хвиль, заснований на збудженні механічних коливань (вібрацій) у п'єзоелектричних матеріалах (кварц, сульфат літію, титанат барію тощо) при застосуванні змінного електричного поля.

Пружні коливання досягають максимального значення, коли частота електричних коливань збігається з коливаннями п'єзоелектричної пластини датчика. Частоти ультразвукових коливань зазвичай перевищують 20000 Гц. За допомогою п'єзометричного зонда ультразвукового дефектоскопа, розміщеного на поверхні зварного з'єднання, спрямовані ультразвукові коливання направляються на метал.

Ультразвук вводиться у виріб окремими імпульсами під кутом до поверхні металу. При зустрічі з дефектом виникає відбита ультразвукова хвиля, яка сприймається або іншим зондом (отримуючим у випадку схеми з двома зондами), або тим самим (дає на схемі з одним зондом) під час паузи між імпульсами. Відбитий ультразвуковий сигнал перетворюється в електричний, підсилюється і подається в трубку осцилографа, який виявляє наявність

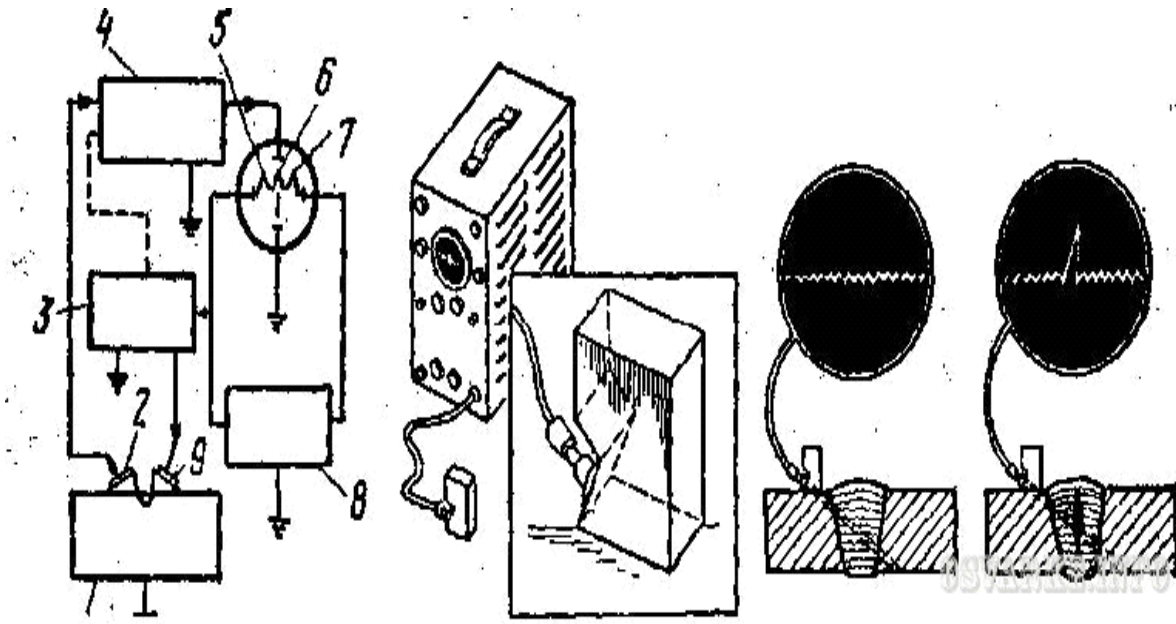
дефекту в з'єднанні у вигляді піку на екрані осцилографа. Ультразвуковий контроль має такі основні переваги:

- висока чутливість (1-2%), що дозволяє виявляти, вимірювати та локалізувати дефекти площею 1-2 мм<sup>2</sup>;
- висока проникаюча сила ультразвукових хвиль, що дозволяє контролювати матеріали великої товщини (сталь до 25 м);
- Можливість контролювати весь зварний з'єднання тільки з одного боку;
- Висока продуктивність;
- Відсутність громіздкого обладнання (ультразвукові апарати -7. УДМ - 1М, ДУК - 13ІМ тощо).

#### **4.1.6 Способи ультразвукового контролю**

Наступні 5 методів виявлення дефектів можуть бути використані для дефектоскопії зварних з'єднань: - метод імпульсного ехо (просто ехо-метод); - тінь; - дзеркало-тінь; - ехо-дзеркало; - ехо-тінь.

Метод імпульсного відлуння вловлює ехосигнали, відбиті від витоків. Цей метод широко застосовується для контролю всіх типів зварних швів з > 4 мм. Він має високу чутливість, виявляючи дефекти > 0,5 мм<sup>2</sup> на глибині 100 мм.



а - схема, б - общий вид дефектоскопа, в - сигналы на экране осциллографа (слева - шов без дефекта, справа - с трещиной и непроваром);

1 - испытуемый образец, 2 - приемник, 3 - генератор, 4 - усилитель, 5 - начальный импульс, 6 - сигнал от дефекта, 7 - ложный сигнал, 8 - генератор развертки, 9 – излучатель

Рисунок 4.4 – Ультразвуковой метод контролю зварних з'єднань

Його перевага - можливість контролювати з одного боку шва. Однак він характеризується низькою завадостійкістю. Крім того, амплітуда відбитого сигналу залежить від орієнтації дефекту (кута падіння ультразвукового пучка на поверхню дефекту). При тінювих і дзеркально-тінювих методах фіксують зменшення амплітуди УЗК за наявності витоків на їх шляху.

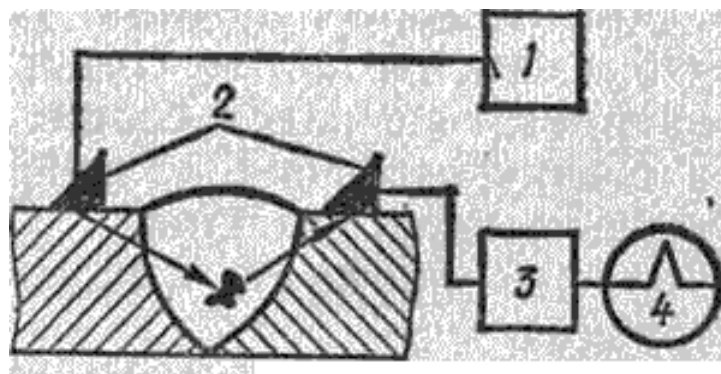
При тінювому методі ультразвукового контролю промінь йде від генератора до приймача, розташованого на зворотному боці аркуша. Цей метод характеризується високою завадостійкістю. Зміна величини сигналу мало залежить від орієнтації дефекту. Однак цей метод чітко не визначає координати дефекту і вимагає двостороннього доступу до контрольованої зони. Застосовуйте цей метод для контролю виробів невеликої товщини з шорсткою поверхнею.

Метод дзеркальної тіні не вимагає доступу до тильної сторони аркуша. Цей метод дозволяє більш надійно визначити відмову в корені шва порівняно з тіньовим методом. Використовується в тих же випадках. При ехо-дзеркальному методі дефекти виявляються шляхом порівняння амплітуд зворотного та дзеркально відбитого сигналів від дефекту. Головною перевагою цього методу є висока виявленість плоских дефектів і можливість визначати їх форму.

Використовується лише для великих товщин ( $> 400$  мм). Порівняно великий пороговий розмір дефекту ( $> 3$  мм). Ехо-тіньовий метод застосовується рідко. Бажано з механізованим контролем якості зварних труб. За цим методом контролю за наявністю дефектів судять за результатами порівняння (вимірювання) ехо-імпульсу від дефекту та загасання відбитого сигналу.

Метод характеризується високою ймовірністю виявлення та визначення характеру дефекту. Недоліком є необхідність у складному багатоканальному обладнанні. Існують також різні варіанти цих методів управління, в яких використовується багаторазово відбитий промінь. УЗД зварних з'єднань різних виробів проводиться в основному за допомогою ультразвукових імпульсних дефектоскопів з призматичними (похилими) або прямими шукачами.

Дефектоскопи комплектуються комбінованими, роздільними або комбінованими - окремими шукачами прямих і призматичних. Для регулювання та калібрування дефектоскопи комплектуються стандартними зразками № 1-4. Промисловість випускає ряд переносних дефектоскопів лабораторного типу УД-13, УД-2-12, УД-2-17 та ін., А також спеціалізовані установки для контролю поздовжніх, кільцевих і спіральних швів труб. Ми розглянемо схему конструкцій ультрасонографії (рис. 16).



1 - генератор ультразвукових коливань, 2 - п'єзоелектричеській щуп,  
3 і підсилювач, 4 - екран дефектоскопа

Рисунок 4.5 – Схема ультразвукового контролю

Покращення точності визначення місця дефектів при огляді зварних з'єднань труб: Процес ультразвукового виявлення дефектів зварних з'єднань при роботі труб. Ультразвуковий структурний аналіз. Він заснований на визначенні амплітуди ультразвукових сигналів, отриманих на різних частотах, залежно від розміру зерен або глибини міжкристалічної корозії.



Рисунок 4.6 – Іноваційна ультразвукова установка

Метою дослідження є підвищення точності неруйнівного контролю зварних швів за рахунок вдосконалення методу та схеми дефектоскопії об'єкта. В ході дослідження були поставлені наступні завдання:

1. Проаналізувати та обґрунтувати шляхи існуючих методів дефектоскопії зварних з'єднань у трубах.

2. Розробити структурно-функціональну схему ультразвукової автоматизованої системи виявлення дефектів.

3. Створіть модель конструкції сканера.

Методи дослідження засновані на використанні теоретичних основ ультразвукового неруйнівного контролю; методи цифрової обробки сигналів; моделювання конструкції кріплення перетворювачів. Наукова новизна отриманих результатів:

1. Удосконалено метод ультразвукового виявлення дефектів зварних з'єднань труб на основі комплексного застосування автоматизації процесів.

2. Вимірювальна інформація та набір конструктивних рішень, що підвищило швидкість та точність дефектоскопії зварних з'єднань.

Ідея проекту базується на системі ультразвукового неруйнівного контролю, яка відрізняється закріпленням перетворювачів на об'єкті управління, що збільшує ймовірність контролю та збільшує можливість виявлення дефектів різного типу або розташованих на різних кутах.

Ця система може використовуватися для управління широким асортиментом продукції, хоча основний об'єкт управління, на який орієнтована - труби (зварні з'єднання). Вимоги до стандартизації та сертифікації - це певні вимоги, яким необхідно дотримуватися під час запуску продукту (особливо для таких продуктів, як наша автоматизована система, завдяки його особливостям та унікальності).

Існує кілька загроз при використанні таких технологій, як цей проект. Щоб уникнути можливих проблем, необхідно користуватися якісним обладнанням, виконувати технічне обслуговування і працювати з пристроєм заздалегідь, тільки висококваліфікованими працівниками.

Корпус нашого перетворювача виготовлений з металу. В середині корпусу знаходиться призма, на якій закріплений п'єзоелемент. Проводи, через які подається напруга на елемент збудження, припаяні до роз'єму Lemo. Вибирається Г-подібна схема контролю зварних з'єднань труб.

Моделювання датчика та конструкція проводилася в середовищі SolidWorks (рис. 4.7).

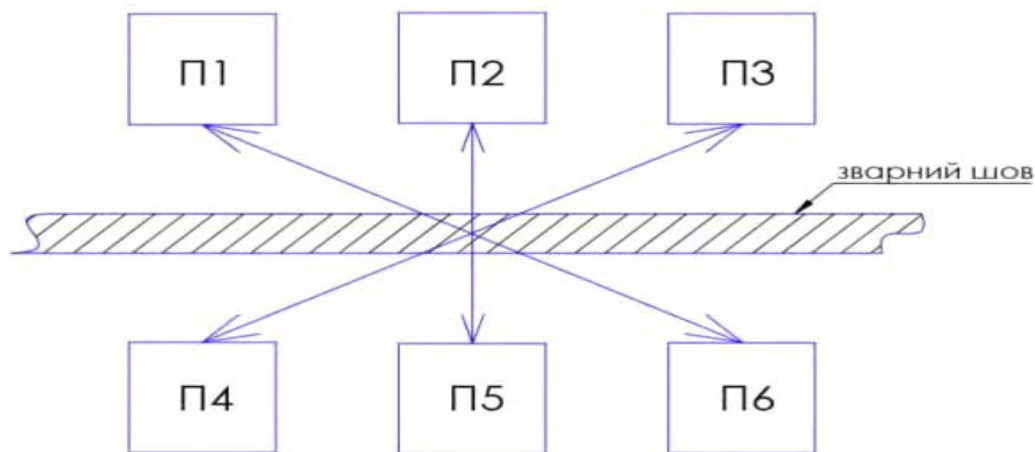


Рисунок 4.7 – Ж-образна схема контролю зварних з'єднань труб

Вибрана гвинтова передача, яка забезпечить рух нашої системи в порядку. Конструкція складається з двох валів, на яких закріплені перетворювачі, за допомогою спеціальних тримачів, обладнаних пружинами для більш щільного контакту ПЕП з поверхнею об'єкта управління.

Вали з'єднані між собою рамами, що забезпечить надійність даної конструкції. До кожного з валів прикріплена інша конструкція, яка кріпиться до коліс, за допомогою якої вся система буде їздити в порядку.

Рух автоматизованої системи управління зварними з'єднаннями забезпечуватиме двигун з гвинтовою коробкою передач і закріплюватиметься в одному положенні за допомогою напрямної.

#### ВИСНОВКИ:

Дипломний проект показує теоретичну інформацію про основні типи зварних швів, проаналізовано типи дефектів, які можуть виникати в місцях з'єднань, та методи, за допомогою яких вони контролюються. Під час проекту була розроблена автоматизована ультразвукова система для контролю зварних з'єднань труб, що може значно полегшити процес управління та підвищити

його надійність. На основі вже існуючих перетворювачів був розроблений PER, який кріпиться до спеціальної конструкції, що є частиною автоматизованої системи. Середовище SolidWorks модулює дизайн кріплення датчика і сам датчик. Також була розроблена структурно-функціональна схема, на основі якої потім був розроблений електричний принцип. Розроблена ультразвукова система контролю зварних з'єднань труб.

#### **4.1.7 Суть ультразвукового метода контролю**

Суть ультразвукового методу полягає у випромінюванні у виріб та подальшому прийнятті відбитих ультразвукових коливань за допомогою спеціального обладнання - ультразвукового дефектоскопа та п'єзоелектричного перетворювача (-ів) та подальшого аналізу даних для визначення наявності дефектів та їх еквівалентного розміру, форма (обсяг). ємнісний / площинний), тип (точковий / розширений), глибина залягання тощо.

Параметри виявлених дефектів визначаються за допомогою ультразвукових дефектоскопів. Наприклад, час поширення ультразвуку у виробі (якщо ви знаєте швидкість ультразвуку, швидкість поширення ультразвукових хвиль у різних матеріалах) у цьому металі) визначають відстань до дефекту та амплітуду відбитого імпульсу - його відносний розмір. Для проведення ультразвукового контролю, залежно від конкретних умов (марка матеріалу, його товщина, геометричні особливості оглядових поверхонь, мінімальний розмір дефектів тощо), існує досить широкий асортимент контрольних інструментів.

#### **4.1.8 Способи ультразвукового контролю**

Ехо-метод або ехо-імпульсний метод - найпоширеніший: перетворювач генерує коливання (тобто діє як генератор), а також він отримує відбиті від

дефектів ехо-сигнали (приймач). Цей метод широко використовується завдяки своїй простоті, оскільки для управління потрібен лише один перетворювач, тому при ручному керуванні немає необхідності в спеціальних пристроях для його фіксації (як, наприклад, у методі дифракції часу) та поєднанні акустичної осі при використанні двох перетворювачів. Крім того, це один з небагатьох методів ультразвукового виявлення дефектів, який дозволяє точно визначити координати дефекту, такі як глибина і положення в об'єкті (щодо датчика).

Дзеркальний або ехо-дзеркальний метод - з одного боку деталі використовуються два перетворювачі: генеровані коливання відображаються від дефекту в напрямку приймача. На практиці його використовують для пошуку дефектів, розташованих перпендикулярно контрольній поверхні, таких як тріщини.

Метод дифракційного часу - використовує два перетворювачі з одного боку деталі, розташованих навпроти один одного. Якщо дефект має гострі краї (наприклад, тріщини), коливання дифрактуються на кінцях дефекту і відображаються у всіх напрямках, в тому числі в напрямку приймача. Дефектоскоп реєструє час надходження обох імпульсів при їх достатній амплітуді. На екрані дефектоскопа одночасно відображаються обидва сигнали з верхньої та нижньої меж дефекту, тому ви можете досить точно визначити умовну висоту дефекту. Спосіб досить універсальний, дозволяє проводити ультразвуковий контроль швів будь-якої складності, але вимагає спеціального обладнання для фіксації перетворювачів, а також дефектоскопа, здатного працювати в цьому режимі. Крім того, дифракційні сигнали досить слабкі.

Дельта-метод - різновид дзеркального методу - відрізняється механізмом відбиття хвилі від дефекту та способом прийому. Не застосовується на практиці. Метод ревербації - заснований на поступовому загасанні сигналу в об'єкті управління. При управлінні двошаровою структурою, у разі якісного з'єднання шарів, частина енергії від першого шару буде надходити до другого,

тому реверберація буде меншою. В іншому випадку будуть повторюватися відблиски від першого шару, так званого лісу.

Метод застосовується для контролю адгезії різних типів наплавлення, таких як наплавлення бабіту на основі чавуну. Основним недоліком цього методу є реєстрація відлуння дефектоскопів від стику двох шарів. Причиною цих відгомонів є різниця в швидкостях пружних коливань у сполучних матеріалах та їх різний питомий акустичний опір. Наприклад, на кордоні бабіт-сталь існує постійний ехо-сигнал навіть у місцях якісного зчеплення. Через конструктивні особливості деяких виробів контроль якості з'єднання матеріалів методом реверберації може бути неможливим саме через наявність на екрані дефектоскопів ехосигналів від межі з'єднання

Акустична мікроскопія завдяки збільшеній частоті введення ультразвукового променя і використанню його фокусування дозволяє виявити дефекти, розмір яких не перевищує десятих долей міліметра. Когерентний метод - на додаток до двох основних параметрів ехо-сигналу, таких як амплітуда та час надходження, використовується додаткова фаза ехо-сигналу. Використання когерентного методу, а точніше декількох однакових перетворювачів, що працюють у фазі, дозволяє отримати зображення дефекту, близьке до реального.

Застосовуючи спеціальні перетворювачі, такі як перетворювач біжучої хвилі або його сучасний аналог - перетворювач з поетапною решіткою, метод може значно скоротити час, витрачений на контроль продукції. Методи проходження передбачають спостереження за змінами параметрів ультразвукових коливань, що пройшли через об'єкт управління, так званих наскрізних коливань. Спочатку для управління використовували безперервне випромінювання, і зміна його амплітуди наскрізних коливань розглядалося як наявність дефекту в керованому об'єкті, так званої звукової тіні. Звідси і назва методу тіні.

З часом безперервне випромінювання замінювалось імпульсним, а до параметрів фіксації, крім амплітуди, додавались також фаза, спектр і час надходження імпульсу та інші методи передачі. Термін втратив своє початкове значення і став означати один із способів проходження. В англійській літературі називається спосіб проходження, який повністю відповідає його російській назві. Цей термін не використовується в англійській літературі. Тінь - використовуються два перетворювачі, які розташовані з двох сторін досліджуваної частини на одній акустичній осі. При цьому один з перетворювачів генерує коливання (генератор), а інший їх приймає (приймач).

Ознакою дефекту буде значне зменшення амплітуди прийнятого сигналу, або його зникнення (дефект створює акустичну тінь). Дзеркало-тінь - використовується для управління частинами з двома паралельними сторонами, розвиток методу тіні: аналізуються відбиття від протилежної межі деталі. Ознакою дефекту, як і при тіньовому методі, буде зникнення відбитих коливань. Головною перевагою цього методу, на відміну від тіні, є доступ до деталі з одного боку. Тимчасова тінь заснована на затримці імпульсу в часі, витраченому на оболонку дефекту. Використовується для контролю бетонної або вогнетривкої цегли.

Метод множинної тіні схожий на тінь, за винятком того, що ультразвукова хвиля кілька разів проходить через паралельні поверхні виробу. У методі ехопроникності використовуються два перетворювачі, розташовані по різні боки об'єкта управління - навпроти один одного. За відсутності дефекту на екрані дефектоскопа спостерігаються наскрізний сигнал і сигнал, відбитий двічі від стінок об'єкта контролю. За наявності напівпрозорого дефекту також спостерігаються відбиті через сигнали від дефекту.

Ехо-метод контролю. За відсутності дефекту на екрані дефектоскопа є лише 1 і 2 імпульси. За наявності напівпрозорого дефекту, додатково 3-го та 4-го. На рисунку для наочності відбиття ультразвукових хвиль напрямки їх

поширення неправильно показані. Ультразвукові хвилі поширюються вздовж акустичної осі передавача (верхнього перетворювача).

Метод реверберації включає елементи методу реверберації та методу множинних тіней. На невеликій відстані один від одного, як правило, на одній стороні виробу, встановлюють два перетворювачі - передавач і приймач. Ультразвукові хвилі, що надсилаються на об'єкт управління після повторних відбиттів, з часом потрапляють до приймача. Відсутність дефекту дозволяє спостерігати стабільно відбиті сигнали. За наявності дефекту змінюється поширення ультразвукових хвиль - змінюється амплітуда і спектр прийнятих імпульсів.

Метод застосовується для управління багат шаровими структурами та полімерними композитними матеріалами. Метод циклічності заснований на реєстрації змін швидкості пружних хвиль в зоні дефекту. Застосовується для контролю багат шарових конструкцій та для виробів з полімерних композиційних матеріалів.

#### **4.1.9 Технологія УЗК**

Перед оглядом ознайомтесь з технічною документацією на виріб, визначте товщину та марку зварних матеріалів, види та розміри швів, виберіть спосіб зондування, кут введення балки та межі руху шукача залежно від типу та конфігурації шва. Продукт повинен бути підготовлений до перевірки. Для цього ділянки контрольованого шва та прилеглої поверхні, по якій буде пересуватися шукач, очищаються від бризок, накипу та бруду. Якщо зовнішні дефекти поверхні виявляються зовнішнім оглядом, вони попередньо усуваються відповідно до вимог Технічних специфікацій.

Після підготовки деталі дефектоскоп налаштовують відповідно до стандартних зразків, які перевіряють показання на зразках, виготовлених з того ж матеріалу, що і контрольована деталь. Метод пошуку дефектів вибирається з

урахуванням необхідності виявлення дефектів з мінімальним розміром з найменшою витратою часу. Ви можете використовувати 2 схеми сканування: назад-поступальний щодо шва або поперечно-поздовжній рух видошукача вздовж шва.

При зворотно-поступальному русі крок шукача ( $t$ ) залежить від кута призми і становить 1 - 4 мм (при  $\alpha = 450$ ) і тим більший, чим далі від шва. При поперечно-поздовжньому русі шукача  $t$  приймається рівним 2 мм. Мінімальна відстань від шва до шукача  $h_{\min}$  визначається конструкцією шукача (розміщується встик до шва), а максимальна відстань від шва до шукача  $h_{\max}$  дорівнює: з одним відбитим промінням  $h_{\max} = t \cdot \operatorname{tg} \alpha$  при багаторазовому відбиванні променя  $h_{\max} = (n + 1) t \cdot \operatorname{tg} \alpha$  - кут поширення УЗК у виробі;  $n$  - кількість відбитків ультразвукового променя в металі. Площа руху шукача в кожному випадку визначається за графіками, таблицями, номограмами або обчислюється експериментально.

Для різних товщин матеріалу параметри контролю суттєво відрізняються. Шви невеликої товщини (3 - 8 мм) зазвичай звучать як прямий промінь. При цьому, чим менша товщина, тим більший кут введення балки ( $\alpha = 50 - 550$ ). Як правило, чим менша товщина, тим важче відрізнити помилкові сигнали від дефектів через вплив валків на результатів контролю.

При низьких роликах і повільному переході зміцнення до основного металу використовують багаторазово відбиту балку. Стикові шви з  $z = 10 - 30$  мм контролюються один і два рази відбитими променями шукачів з  $z = 40 - 500$ . А при  $z > 30$  мм - прямим і один раз відбитим пучком при  $z = 30, 40, 500$ . При значній товщині проводять контроль "шарами" можливо. Т-образні з'єднання можуть управлятися прямими шукачами з основного елемента та похилими шукачами як з основних, так і зварних елементів.

У всіх випадках контролю для забезпечення надійного акустичного контакту між шукачем і поверхнею продукту на контрольовану поверхню наносять рідкі масла (мінеральні масла, гліцерин або навіть воду). На рельєфну

поверхню наносять густі олії (солідол, жир). Коли виявляється дефект, оцінюється його розмір та координати місцезнаходження.

Для визначення площі дефекту вимірюють амплітуду ехо-сигналу і порівнюють його з амплітудою сигналу від дискового відбивача еталонного зразка, розташованого на одній і тій же глибині (того самого матеріалу). Приблизний розмір дефекту можна оцінити, визначивши його умовну довжину і ширину при переміщенні шукача на виріб.

## **4.2 Неруйнуючі методи контролю напруженого стану**

Методи неруйнівного контролю, засновані на реєстрації змін напружено-деформованого стану зварного з'єднання, включають акустичну емісію та голографічні методи (перешкоди світла або звукових хвиль). Вони використовуються для діагностики відповідальних компонентів ядерних реакторів та літальних апаратів.

Ці методи дають змогу контролювати виникнення та розвиток дефектів та оцінювати ступінь небезпеки ситуації, що склалася. Акустична емісія (АЕ) є більш поширеною для зварних конструкцій. Він заснований на розповсюдженні пружних хвиль у твердому тілі, коли змінюється його напружено-деформований стан.

Хвильові процеси в твердому тілі відбуваються під час затвердіння розплаву, фазових перетворень, пластичної деформації, виникнення та утворення тріщин. Сигнали акустичного випромінювання несуть інформацію про ці процеси. Енергія та амплітуда сигналів вказують на енергетичний масштаб явища залежно від видів дефектів та умов їх виникнення.

Частота імпульсів АЕ певним чином пов'язана зі швидкістю (швидкістю) процесів. Для реєстрації АЕ використовується високочутливе обладнання, що працює в широкому діапазоні. Перевагами методу АЕ є: - висока чутливість; - можливість контролювати виникнення та розвиток дефектів; - управління

об'єктами за допомогою нерухомих датчиків без сканування; - простота використання методу в процесі технологічних операцій і можливість його використання для управління процесом.

#### 4.2.1 Радіаційний контроль

Усі методи контролю випромінювання засновані на законі загасання інтенсивності випромінювання, яке проходить через об'єкт, що контролюється. За результатами вимірювання інтенсивності випромінювання визначається наявність у ньому дефектів - оболонок, включень тощо.

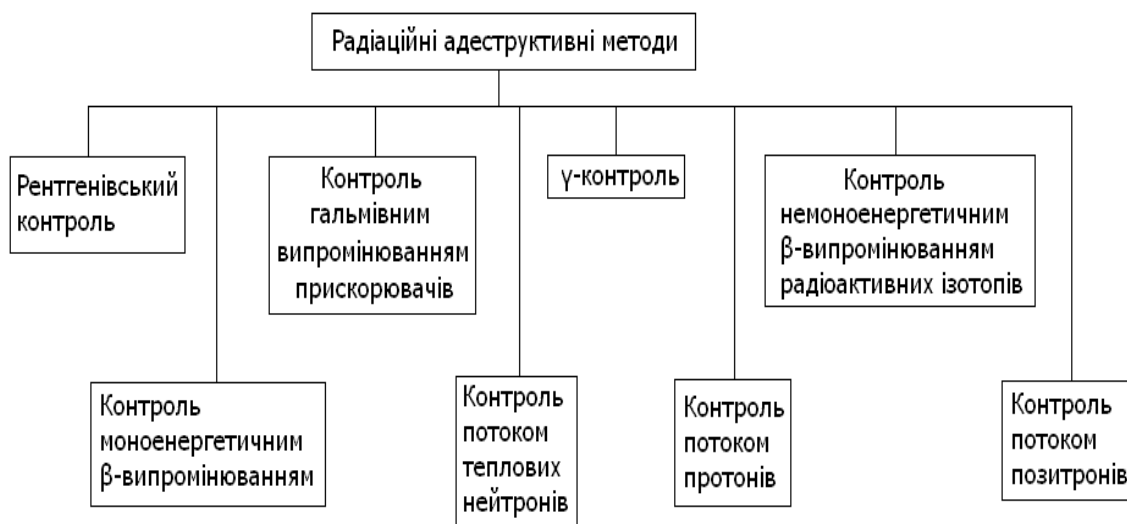


Рисунок 4.8 – Схема радіаційного контролю

Рентген,  $\gamma$ -випромінювання та гальмівне випромінювання - це високочастотні електромагнітні хвилі, які поширюються зі швидкістю світла у вакуумі;  $\alpha$ -випромінювання - потоки ядер гелію;  $\beta$ -випромінювання - потоки електронів або позитронів; нейтронне (протонне) випромінювання - потоки нейтронів (протонів), що виникають під час ядерних реакцій.

Таким чином, рентгенівські прилади (рентгенівські трубки), прискорювачі заряджених частинок (електрони) та радіоактивні ізотопи під час радіаційного контролю вибираються джерелами іонізуючого випромінювання.

Рентгенівські апарати є джерелами характеристик і гальмівного випромінювання в широкому діапазоні енергій (0,5-100 кэВ).

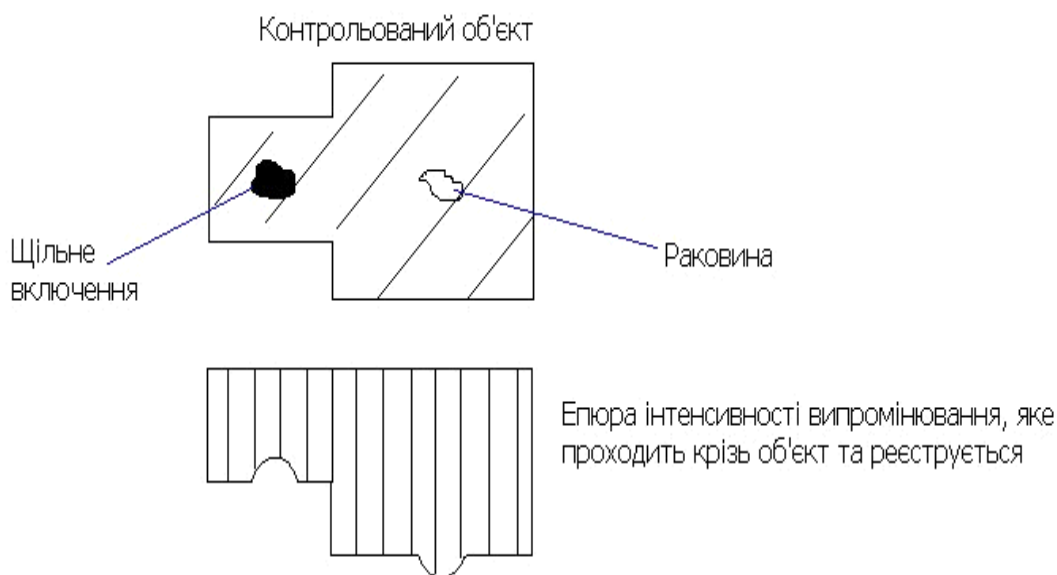
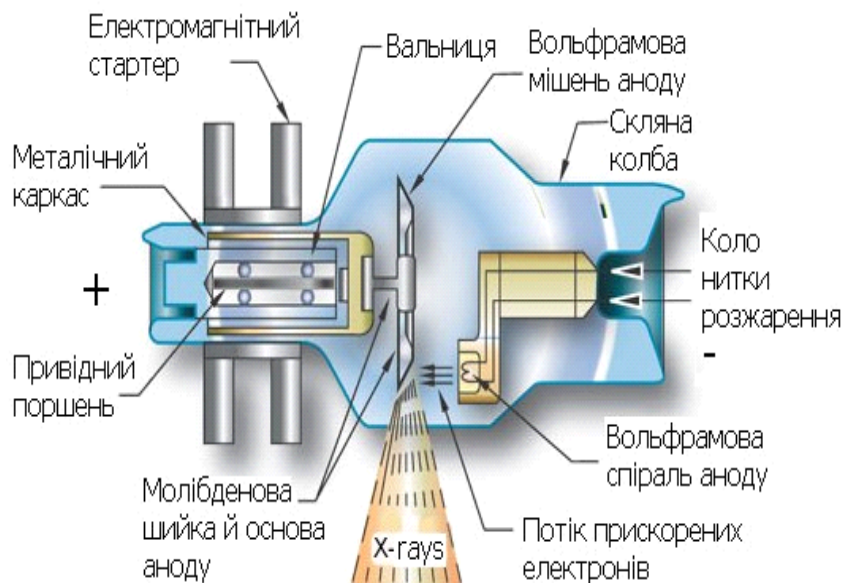
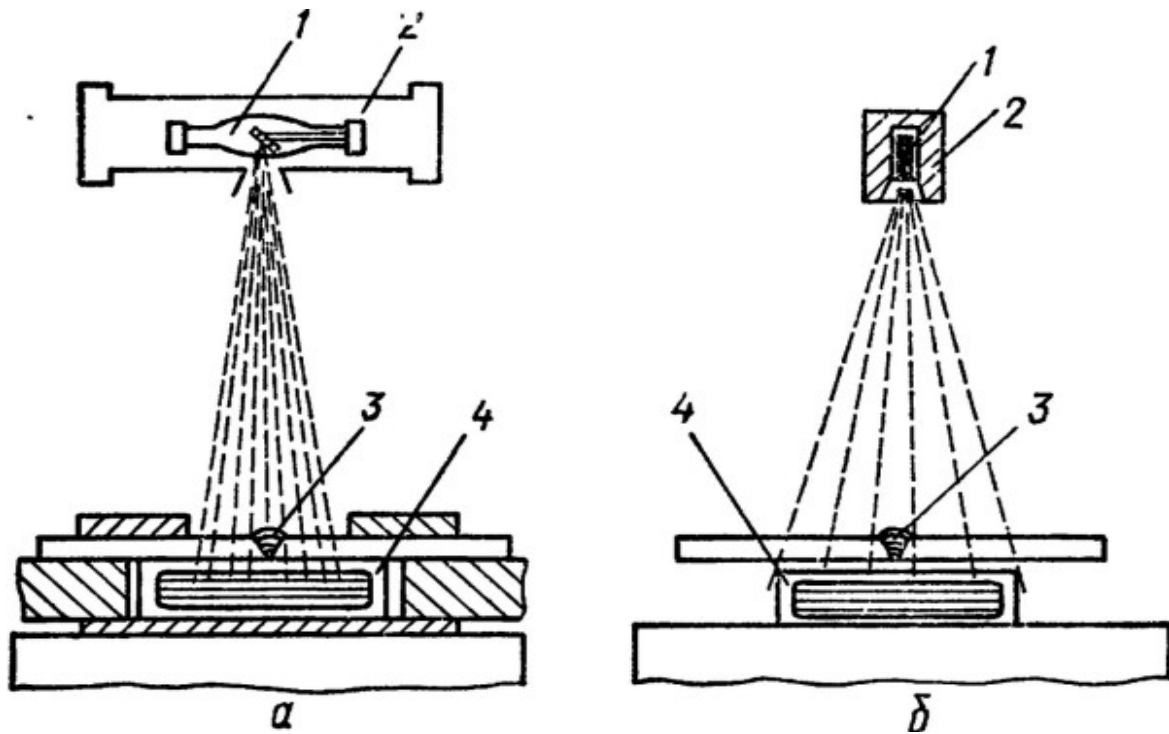


Рисунок 4.9 – Рентгенівський апарат

#### 4.2.2 Суть і різновиди способів радіаційного контролю

Радіаційні методи контролю якості зварних з'єднань засновані на реєстрації змін інтенсивності іонізуючого випромінювання після його проходження через контрольований виріб. Відомо, що багато видів іонізуючих випромінювань (R-промені та потоки нейтронів) мають високу проникаючу

здатність і можуть проникати в металеві вироби значної товщини. Проходячи через зварений шов, ці промені по-різному ослаблюються в твердому металі та в дефектних зонах. Виявляючи зміну інтенсивності випромінювання за допомогою будь-якого детектора, виявляють наявність дефектів.



1 — лампы; 2 — контейнери; 3 — сварной шов; 4 — пленка

Рисунок 4.10 – Радіаційний контроль

Для дефектоскопії найчастіше використовують рентген (R-промені). Рідше - потоки нейтронів, які використовуються в основному для дефектоскопії радіоактивних матеріалів, а також надвеликих товщин. Рентгенівське випромінювання (гальмівне випромінювання) отримують за допомогою рентгенівських труб, які є вакуумною колбою з двома електродами, між якими подається висока напруга  $U_a = 30-500$  кВ.

Електрони, випромінювані катодом, прискорюються анодною напругою, отримуючи енергію  $e \cdot U_a$ , а потім гальмуються на аноді, генеруючи R-промені. Рентгенівські промені, що виникають при низьких напругах  $U_a = 20-30$  кВ, мають довгу довжину хвилі  $0,15-0,10$  мм і вважаються м'якими. R-пучки, що генеруються при високому  $U_a = 30-1500$  кВ, мають коротку довжину хвилі

0,1–0,001 мм і вважаються жорсткими. За допомогою рентгенівських трубок метали товщиною до 100 мм опромінюються за допомогою променів з енергією до 1 МеВ.

Випромінювання з енергією 10 - 30 МеВ генерується за допомогою бетатронів, мікротронів та лінійних прискорювачів, що дозволяє передавати товщину до 1000 мм. Гама-промені випромінюються ядрами природних або штучних радіоактивних ізотопів під час їх розпаду. При промисловій дефектоскопії використовуються радіоактивні ізотопи, які отримують опроміненням неактивних заготовок в нейтронних потоках ядерних реакторів (Co-60, Ir-192) або природних ізотопів, які отримують шляхом виділення із залишкових продуктів ядерного реактора ( Cs-137, Sr-90).

Нейтронне випромінювання виникає в процесі ядерних реакцій під час бомбардування атомних ядер частинками або квантами та під час поділу атомних ядер. Вони мають високу проникність. Залежно від методу індикації дефектоскопічної інформації в методах радіаційного моніторингу їх поділяють на рентгенографічні, рентгеноскопічні та радіометричні.

Рентгенографія - це метод контролю, при якому тіньове зображення внутрішньої будови об'єкта відображається на фотоплівці, фотопапері або ксерограмі. Рентгенівська плівка (папір) покрита шаром бромованого 32 (йодистого) срібла, в кристалах якого під дією променів відбуваються зміни, завдяки яким розвиток плівки відновлює металеве срібло.

Рентгенівська плівка не чутлива до нейтронного випромінювання. Тому при його використанні використовується фольга з міді або срібла. Він стає радіоактивним під дією нейтронів. Випромінювана радіоактивною фольгою і - промені висвітлюють притиснуту до неї рентгенівську плівку, відтворюючи зображення опроміненого об'єкта. Чутливість рентгенологічного методу контролю становить 1 - 2%. Рентгеноскопія - це метод управління, при якому отримується видиме динамічне зображення внутрішньої структури напівпрозорого об'єкта. Джерелом випромінювання є рентгенівські апарати.

Детектори - це флюороскопічні екрани, електронно-оптичні перетворювачі, рентгенівські відеоіконки. Чутливість методу становить 3-8%. У радіометрії інформація про якість опроміненого продукту отримується у вигляді електричних сигналів. Джерелом випромінювання є радіоізотопи. Детектори - сцинтиляційні кристали та лічильники газорозряду. Чутливість 0,3–10%.

### **4.3 Проведення радіографії зварних з'єднань**

Процес рентгенографії складається з наступних етапів: вибір джерела випромінювання; підбір фільмів та екранів, визначення режимів освітлення; вибір схеми опромінення; приготування продукту та його опромінення; обробка фотографій та декодування зображень. У стаціонарних умовах для контролю виробів товщиною до 80 мм найпоширенішими є рентгенівські апарати, а в польових умовах - дефектоскопи.

Рентгенівські апарати бувають кабельні та моноблочні, безперервні та імпульсні. Пристрої безперервної дії: RUP - 60 - 20 - 1М (моноблок). 33 Кабелі: RAP 150 - 3DF, RUP - 200 - 5 - 2, RUP - 400 - 5 - 1 тощо. Імпульс: СВІТ - 2D, RAPS - 1М.

Кабелі мають окремо встановлену трубку на штативі, блок живлення, пульт управління, які з'єднані кабелями. У моноблоках R - трубка і трансформатор змонтовані в одному блоці і заповнені трансформаторним маслом, або наповнені спеціальною сумішшю газів, наприклад, сірчанім фтористим газом.

Для опромінення використовуйте шлангові дефектоскопи серії Gammarid: Gammarid 192/120, Gammarid 170/400, Gammarid 90/192. Перший малюнок показує масову кількість радіонуклідів, другий - активність в Кюрі (1 Ки -  $37 \cdot 10^9$  розпаду / с). З точки зору рентгенівської чутливості найкращим є

м'яке випромінювання, яке отримується при низьких напругах ( $U_a$ ). Зі збільшенням  $U_a$  чутливість зменшується.

Для променів чутливість також зменшується зі збільшенням жорсткості. При використанні Tm-170 для невеликих товщин контрольна чутливість становить 1-2% Ir- 2-3%, Co - 4-8%. При великій товщині (30 - 50 мм) кобальт (2-3%) та інші ізотопи ( $> 3-5\%$ ) є більш чутливими. У рентгенографії використовують безекранні та екранні рентгенівські плівки. Безекранні RT-1, RT-3, RT-4, RT-5 (із збільшенням їх контрастності). Екранні плівки використовуються з посилюючими флуоресцентними екранами. Це плівки RT-2 та медичні плівки RM-1, RM-2, RM-3, чутливі як до рентгенівських променів, так і до видимих УФ-променів. Зі збільшенням кількості плівок їх контрастність збільшується, а чутливість зменшується. Плівки RT-1, RT-2 мають низьку контрастність і використовуються для освітлення великої та середньої товщини. RT-4, RT-5 - висококонтрастні для освітлення легких металів малої товщини, а також тонколистових сталей, наприклад, контактного зварювання.

Схема опромінення вибирається таким чином, щоб досягти найкращого виявлення дефектів. Майте на увазі, що тріщини і зазори виявляються, коли кут між напрямком променів і площиною дефекту не перевищує 10-150. Тріщини, розташовані в площині 34 перпендикулярно напрямку променів, практично не виявляються. Краще виявити дефекти стикових з'єднань.

У колінних суглобах і Т-подібні дефекти гірші, оскільки промені спрямовані під кутом. Вибираючи режими, майте на увазі - чим більша жорсткість випромінювання, тим менша експозиція і гірше виявлення дефектів. При контролі легких сплавів  $U_a = 20$  кВ, сталі малої товщини  $U_a = 100 - 150$  кВ, середньої товщини - 200 - 400 кВ. Час опромінення вибирається експериментально на прототипах і еталонах, або за допомогою номограм. Номограми складаються з урахуванням марок і товщини матеріалу, фокусної відстані, поєднання плівок і екранів.

Якщо фокусна відстань змінюється, час експозиції також змінюється пропорційно квадрату відношення фокусної відстані. Вплив виявлення гамма-дефектів також визначається номограмами. Слід пам'ятати, що активність радіонуклідів з часом експоненційно зменшується. Тому для елементів з коротким періодом напіввиведення необхідно внести корективи, щоб зменшити їх активність. Не рекомендується застосовувати ампули довше періоду напіввиведення. Активність радіонукліду через час  $t$  становитиме:  $Q_t = Q_0 \exp(-0,7t / t_{1/2})$ , де  $t_{1/2}$  - період напіввиведення. Перед підсвічуванням слід забезпечити надійне кріплення плівки і штабелів, а також виключити можливість вібрації і рухів.

Стандарти розміщують на поверхні виробу поруч із швом. Стандарти - рифлені та дротяні. На канавці стандартно 6 канавок. Три стандартні розміри охоплюють розміри пазів від 0,1 до 4 мм. Стандарти дроту мають 4 типорозміри проводів по 7 штук. у кожному стандарті. Діаметри від 0,05 до 4 мм. За найменшим видимим слідом роблять висновок про розміри дефектів. Після фотографування плівки розробляються відповідно до рекомендацій на упаковці.

Після висихання зображень 35 з них розшифровуються. Враховуючи наявність значної кількості внутрішніх дефектів на плівці, інтерпретацію повинен проводити досвідчений дефектоскопіст. У критичних випадках касета заряджається відразу двома плівками. Зображення можна розглянути та проаналізувати, якщо:

- воно показує всю площу шва з прилеглою площею;
- всі марки та стандарти добре видно;
- дефекти плівки (плями, подряпини) не повинні перевищувати розміри, дозволені нормативно-технічною документацією;
- оптична щільність зображення повинна становити 1,5-2 одиниці.

Щільність - це співвідношення  $I_g$  світлових потоків, які потрапляють на плівку, до тих, що пройшли через неї. 2 - 100-кратне ослаблення, оскільки  $I_g$

100 = 2. 7.8.3 Рентгеноскопія зварних з'єднань Радіоскопія заснована на перетворенні прихованого зображення випромінювання в детекторі в світлотіньове або електронне, з наступним посиленням і передачею цього зображення на Екран телевізора. Існує 3 типи передачі інформації під час рентгеноскопії:

- а) пряме перетворення на екран і пряма передача зображення;
- б) каскадне перетворення та пряма передача зображення;
- в) каскадне перетворення та віддалена передача зображення.

Як правило, для рентгеноскопії використовують рентген. Пряме перетворення рентгенівських променів у видиме здійснюється за допомогою флюороскопічних екранів та сцинтиляційних кристалів. Флюороскопічні екрани покриті солями (Zn, Cd) S, CaWO<sub>3</sub>, які світяться під дією R - променів за принципом люмінесценції.

Здатність монокристалів CsI, NaI, KI світитися під дією іонізуючого випромінювання використовується в сцинтиляційних кристалах. Ці кристали більш чутливі та яскраві в порівнянні з флюороскопічними екранами. Електронно-оптичні перетворювачі та електролюмінесцентні екрани використовуються для каскадного перетворення та передачі зображення.

Найчутливіші детектори - це іконки рентгенівського відео, в яких спеціальний рентгенівський фотокатод безпосередньо перетворює R-випромінювання у відеосигнал. На тонкому металі (<10 мм) піктограми рентгенівського відео забезпечують чутливість 1 - 2%. На товстій 4 - 8%. Інші детектори мають чутливість 4 - 20%. Тому для відповідальних продуктів доцільно використовувати рентгеноскопію як метод пошуку перед рентгенографією.

З усіх можливих різновидів рентгенологічне обстеження зварних з'єднань є одним з найбільш точних. Він користується великим попитом у професійній сфері, де виробляється високоякісна продукція, призначена для великих навантажень. Зазвичай їм забороняється мати неперетравлені місця,

мікротріщини, мушлі, пори та інші типи шлюбу. Не всі з них можна виявити візуально, тому застосовується такий метод контролю якості. Він відноситься до неруйнівного типу, тому вироби після перевірки впливу можуть бути введені в експлуатацію.

Рентгенографічний контроль зварних з'єднань заснований на принципі гамма-променів, а також рентгенівських променів через тверді поверхні. Під час проходження промені стикаються з матеріалом і проходить лише їх частина. Якщо у зварного шва є пори, оболонки та інші дефекти, що створюють неоднорідну структуру, вони пропускатимуть більше променів, ніж в інших областях. Це допомагає точно визначити не тільки наявність шлюбу, але і його розмір, тип та місцезнаходження.

Результати записуються на спеціальну плівку, що є ще однією перевагою цього методу. Ця процедура проводиться згідно з ГОСТ 7512-86. Пристрій і принцип роботи рентгенологічної установки: Рентгенографічний контроль зварних з'єднань здійснюється за допомогою спеціального пристрою, який є рентгенографічною установкою. Випромінювальне зображення, яке потрапляє в нього, перетворюється в цифрове зображення. Потім це зображення обробляється та відображається на пристрої відображення.

Цей метод можливий завдяки тому, що детектор для управління процедурою є фотодіодом, на якому встановлений сцинтилятор. Промені впливають на сцинтилятор, потім випромінюють видиме світло. Вихід цього світла пропорційний отриманій квантовій енергії. Таким чином, утворюється в результаті випромінювання світла викликає струм у фотодіоді. Пристрій і принцип дії рентгенологічної установки

Рентгенографічний контроль зварних з'єднань здійснюється за допомогою спеціального пристрою, який є рентгенографічною установкою. Випромінювальне зображення, яке потрапляє в нього, перетворюється в цифрове зображення. Потім це зображення обробляється та відображається на дисплеї.

Цей метод можливий завдяки тому, що детектор для управління процедурою є фотодіодом, на якому встановлений сцинтилятор. Промені впливають на сцинтилятор, потім випромінюють видиме світло. Вихід цього світла пропорційний отриманій квантовій енергії. Таким чином, утворюється випромінювання світла викликає струм у фотодіоді.

Методи контролю. Рентгенологічний контроль зварних з'єднань за допомогою обладнаного обладнання досить простий:

- На першому етапі продукт готується до відсіву, що вимагає очищення поверхні від шлаків та інших непотрібних предметів;
- Потім виріб укладають так, щоб шов знаходився між випромінювачем і приймачем машини;
- Потім відбувається включення променів пристрою, які проходять через наплавлений метал і падають на датчик з іншого боку;
- Датчик потім зчитує отриману інформацію та відображає дані на екрані або на спеціальній плівці, де її можна зберегти для подальшого використання.

#### **4.4 Радіометрія зварних з'єднань**

Радіометрія заснована на перетворенні потоку проникаючого випромінювання в пропорційний електричний сигнал. Це робиться за допомогою сцинтиляційних та газорозрядних лічильників, а також газорозрядних камер. Дія сцинтиляційних лічильників заснована на вимірюванні інтенсивності спалахів світла, які виникають у сцинтиляторах люмінокофори під дією випромінювання. Світловий потік фотокатодом перетворюється в електричний сигнал. Такі лічильники характеризуються низьким часом витримки та високою чутливістю порівняно з газорозрядними камерами та лічильниками.

У радіометрії використовуються різні типи та джерела випромінювання, що дозволяє контролювати товщину до 500 мм з чутливістю 0,15 - 1%. Продуктивність управління до 200 м / год. Основні недоліки рентгенографії пов'язані з інтегруючими властивостями її сигналів, що призводить до одночасної реєстрації як дефектів, так і перешкод, пов'язаних з коливаннями товщини та нерівностями шва. Тому для контролю переважно застосовувати двоканальну схему радіометрії, порівнюючи еталонний бездефектний ділянку шва з дефектами.

#### **4.4.1 Радіометрія зварних з'єднань**

Методи радіаційного контролю відрізняються методами виявлення дефектоскопічної інформації і поділяються на

- рентгенографічний
- радіоскопічний
- радіометричний.

Рентгенологічні методи радіаційного неруйнівного контролю засновані на перетворенні радіаційного зображення контрольованого об'єкта в рентгенологічне зображення або запису цього зображення з наступним перетворенням у світлове зображення. Залежно від використовуваних детекторів розрізняють:

- рентгенографія плівки (світлочутлива плівка служить прихованим детектором зображення та статичним реєстратором видимих зображень)
- ксерорадіографія (електрорадіографія), напівпровідникова пластина, звичайний папір використовується як самопис.

Радіометричне виявлення дефектів. Спосіб отримання інформації про внутрішній стан виробу, який контролюється та опромінюється іонізуючим випромінюванням, у вигляді електричних сигналів (різного розміру, тривалості чи кількості).

Цей метод забезпечує найбільші можливості для автоматизації процесу управління та здійснення автоматичного управління зворотним зв'язком та технологічного процесу виготовлення виробів. Перевагою методу є можливість постійного високопродуктивного контролю якості продукції завдяки високій швидкості використання обладнання. За чутливістю цей метод не поступається рентгенографії.

#### **4.5 Руйнуючі методи контролю**

Методи деструктивного контролю включають механічні випробування, визначення корозійної стійкості та зносостійкості при різних видах зносу, металографічні дослідження, оцінку стійкості зварних з'єднань проти утворення гарячих, холодних тріщин і втоми, випробування матеріалів на зварюваність за допомогою технологічних випробувань, та ін. Міцність зварних з'єднань визначається на плоских зразках, вирізаних з технологічних зразків, або зразків-свідків, зварених тими ж матеріалами і в тих же умовах, що і виріб, шляхом випробування їх на розрив. Пластичність зварних з'єднань визначається на подібних плоских зразках шляхом їх згинання до появи першої тріщини.

#### **ВИСНОВКИ**

Цей магістерський проект обговорює найпоширеніші методи контролю. Вибір конкретного методу контролю якості конкретного товару буде залежати від технічних вимог до його виготовлення, наявності відповідного контрольного обладнання або вартості його придбання, технічних можливостей застосовуваних методів контролю, наявності виконавців необхідну кваліфікацію. Правильний та обґрунтований вибір методів та засобів контролю забезпечить виготовлення продукції необхідної якості при мінімальних економічних витратах.

## 5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Головна умова раціонального планування науково-дослідних робіт - скорочення часу їх виконання при мінімальних витратах робочої сили, матеріальних і фінансових ресурсів. Вивчення управління якістю на прикладі КП «Водоканал» слід оцінювати за тривалістю та вартістю. Ці проблеми потребують вирішення за допомогою наступних питань планування: потрібно враховувати складність та тривалість проекту; необхідно скласти календарний план виконання робіт; визначити вартість робіт.

### 5.1 Розрахунки тривалості та витрат на дослідні роботи

Всі роботи можна розділити на етапи. Для кожного етапу вказуються підрядники та складність або тривалість робіт. Складність науково-дослідної роботи з оцінки рівня управління якістю продукції на КП «Водоканал» обчислюється в людино-днях робочого часу основних виконавців і залежить від складності розробки та ступеня її новизни, кваліфікації виконавців, наявності навички дослідження, використанні матеріали, вимоги до надійності, технічні умови схем компонентів тощо.

Розрахунок тривалості дослідницької роботи та кожного з її етапів проводиться за кількістю виконавців на кожному етапі за формулою:

$$T_y = \frac{Q}{R \cdot K_{в.н.}}, \quad (5.1)$$

Результати розрахунку зводяться в табл. 5.1

Таблиця 5.1 - Тривалість етапів дослідної роботи

Етап роботи	Трудомісткість		Виконавці		Тривалість, днів
	людино-днів	% до підсумку	Спеціальність	Кількість, людей	
1	2	3	4	5	6
• Завдання на проведення дослідження	2	0,8	Керівник роботи	1	2
1.2 Підбір літературних джерел	20	8,3	Керівник проекту, майстер	2	10
1.3 Вивчення поняття управління якістю продукції на виробництві	10	4,2	Інженер	1	10
1.4 Вивчення теоретичних засад управління процесом підготовки виробництва нової продукції	15	6,3	Інженер	1	15
1.5 Вивчення процесу управління технічним рівнем і якістю нової продукції	12	5	Майстер	1	12
2.1 Характеристика і структура КП «Водоканал»	8	3,3	Інженер, керівник роботи	2	4
2.2 Умови формування якості продукції на КП «Водоканал»	14	5,8	Менеджер	2	7
2.3 Система управління якістю продукції	18	7,5	Менеджер	2	9
2.4 Вимірювання, аналізування та поліпшення якості продукції	22	9,2	Інженер	2	11
2.5 Моделювання інноваційної системи якості продукції на КП «Водоканал»	16	6,7	Інженер	2	8
3.1 Розробка комплекс заходів спрямованих на поліпшення якості продукції в системі виробництва	14	5,8	Майстер	2	7
Визначення напрямків поліпшення показників відповідності якості продукції КП «Водоканал»	8	3,3	Інженер, керівник роботи	2	4
3.3. Аналіз системи меседжменту якості та оцінка її ефективності	16	6,7	Інженер	2	8
4.1 Визначення термінів виконання дослідження	3	1,3	Керівник роботи	1	3

## Продовження таблиці 5.1

Етап роботи	Трудомісткість		Виконавці		Тривалість, днів
	людино-днів	% до підсумку	Спеціальність	Кількість, людей	
4.2 Визначення вартості робіт з розробки заходів поліпшення якості продукції	16	6,7	Економіст, Інженер	2	8
4.3 Оцінка економічної ефективності дослідження	10	4,2	Економіст, менеджер	2	5
5. Висновки та пропозиції	16	6,7	Керівник менеджер	2	8
6. Оформлення документації	20	8,3	Інженер	2	10
Разом	240	100	-		141

## Складання календарного графіка

Використовуючи дані табл.5.1, складаємо календарний графік виконання дослідної роботи в формі сітьової моделі. Для цього необхідно скласти перелік робіт і подій за таблицею 5.2.

Таблиця 5.2 - Перелік робіт і подій для сітьового графіка

№ події	Подія	Код роботи	Зміст роботи	Тривалість роботи
1	2	3	4	5
1	Завдання на проведення дослідження	0-1	Формування мети та завдання дослідження	2
2	Перелік літератури	1-2	Підбір літературних джерел	10
3	Поняття управління якістю продукції на виробництві	2-3	Вивчення поняття управління якістю продукції на виробництві	10
4	Характеристика і структура КП «Водоканал»	2-4	Вивчення структури і діяльності КП «Водоканал»	4
5	Теоретичні засади управління процесом підготовки виробництва нової продукції	3-5	Вивчення теоретичних засад управління процесом підготовки виробництва нової продукції	15
6	Процес управління технічним рівнем і якістю нової продукції	5-6	Вивчення процесу управління технічним рівнем і якістю нової продукції	12
	Якість продукції КП	4-6	Умови формування якості	7

	«Водоканал»		продукції на КП «Водоканал»	
--	-------------	--	-----------------------------	--

Продовження табл. 5.2

№ події	Подія	Код роботи	Зміст роботи	Тривалість роботи
7	Результати вимірювання, аналізування та поліпшення якості продукції	4-7	Вимірювання, аналізування та поліпшення якості продукції	11
8	Система управління якістю продукції	6-8	Вивчення системи управління якістю продукції	9
	Висновок за даними аналізу якості продукції	7-8	Формування висновків за результатами аналізу	0
9	Модель інноваційної системи якості продукції на КП «Водоканал»	8-9	Моделювання інноваційної системи якості продукції на КП «Водоканал»	7
10	Комплекс заходів спрямованих на поліпшення якості продукції в системі виробництва	9-10	Розробка комплекс заходів спрямованих на поліпшення якості продукції в системі виробництва	7
11	Напрямки поліпшення показників відповідності якості продукції КП «Водоканал»	9-11	Визначення напрямків поліпшення показників відповідності якості продукції КП «Водоканал»	4
12	Результати аналізу системи менеджменту якості та оцінки її ефективності	10-12	Аналіз системи менеджменту якості та оцінка її ефективності	5
		11-12		3
13	Термін виконання дослідження	12-13	Визначення термінів виконання дослідження	3
14	Вартість робіт з розробки заходів поліпшення якості продукції	13-14	Визначення вартості робіт з розробки заходів поліпшення якості продукції	8
15	Результати оцінки економічної ефективності дослідження	14-15	Оцінка економічної ефективності дослідження	5
16	Висновки та пропозиції	15-16	Формування висновків та пропозицій за результатами дослідження	8
17	Пояснювальна записка та презентація проекту	16-17	Оформлення документації	10

Після складання сіткового графіка визначаємо його параметри:

$t$  – тривалість шляхів;

$t_{L_{кр}}$  – тривалість критичного шляху;

$R_{Lp}$  – резерв часу шляхів;  
 $t_i^p$  – ранній термін здійснення події;  
 $t_i^n$  – пізній термін здійснення події;  
 $R_i$  – резерв часу здійснення події;  
 $t_{ij}^m$  – ранній термін початку роботи;  
 $t_{ij}^n$  – ранній термін закінчення роботи;  
 $t_{ij}^{mn}$  – пізній термін початку роботи;  
 $t_{ij}^{nz}$  – пізній термін закінчення роботи;  
 $R_{ij}^n$  – повний резерв часу роботи;  
 $R_{ij}^e$  – вільний резерв часу роботи;  
 $K_{n_i}$  – коефіцієнт напруженості шляху.

Ці параметри розраховують різними способами: аналітичним (по формулах), табличним. Результати розрахунків зводяться в таблиці 5.4 – 5.6.

До параметрів шляхів відносяться довжина шляху, резерв шляху та коефіцієнт напруженості шляху.

Повний резерв часу шляху дорівнює різниці між довжиною критичного шляху  $T_{L_{кр}}$  і довжиною будь-якого іншого повного шляху  $T_{Li}$ :

$$R_{Li} = T_{L_{кр}} - T_{Li} \quad (5.2)$$

Коефіцієнт напруженості шляху визначається за формулою:

$$K_n = \frac{T_{Li} - T'_{L_{кр}}}{T_{L_{кр}} - T'_{L_{кр}}} \quad (5.3) \quad K_n = \frac{T_{Li} - T'_{L_{кк}}}{T_{L_{кк}} - T'_{L_{кк}}}$$

де  $T'_{L_{кр}}$ ,  $T'_{L_{кк}}$  - тривалість робіт, що збігаються з критичним шляхом.

Таблиця 5.3 - Параметри шляхів

Номер шляху	Номера подій, через які проходить шлях	Тривалість робіт, через які проходить шлях	Довжина шляху	Резерв шляху	Коефіцієнт напруженості шляхів
1	2	3	4	5	6
1	0-1-2-3-5-6-8-9-10-12-13-14-15-16-17	2;10;10;15;12;9;8;7;5;3;8;5;8;10	112	0	-
2	0-1-2-3-5-6-8-9-11-12-13-14-15-16-17	2;10;10;15;12;9;8;4;3;3;8;5;8;10	107	5	0,58
3	0-1-2-4-6-8-9-10-12-13-14-15-16-17	2;10;4;7;9;8;7;5;3;8;5;8;10	86	26	0,3
4	0-1-2-4-6-8-9-11-12-13-14-15-16-17	2;10;4;7;9;8;4;3;3;8;5;8;10	81	31	0,37
5	0-1-2-4-7-8-9-10-12-13-14-15-16-17	2;10;4;11;0;8;7;5;3;8;5;8;10	101	11	0,76
6	0-1-2-4-7-8-9-11-12-13-14-15-16-17	2;10;4;11;0;8;4;3;3;8;5;8;10	76	36	0,38

Серед 6 шляхів один критичний, а саме перший, який має найбільший термін виконання робіт та не має резервів.

Таблиця 5.4 - Параметри подій

Кількість робіт, що передують події	Номер події	$t_i^p$	$t_i^n$	$R_i$
1	2	3	4	5
0	0	0	0	0
1	1	2	2	0
2	2	12	12	0
3	3	22	22	0
4	4	16	42	26
5	5	37	37	0
6	6	49	49	0
7	7	27	58	31
8	8	58	58	0
9	9	66	66	0
10	10	73	73	0
11	11	70	75	5

12	12	78	78	0
13	13	81	81	0
14	14	89	89	0
15	15	94	94	0
16	16	102	102	0
17	17	112	112	0

Параметри робіт визначаються аналітичним методом в Табл. 5.5

Ранній термін початку іj роботи:

$$t_{ij}^m = t_i^p \quad (5.4)$$

Ранній термін закінчення роботи іj:

$$t_{ij}^n = t_i^p + t_{ij} \quad (5.5)$$

Пізній термін початку роботи іj:

$$t_{ij}^{nn} = t_j^n - t_{ij} \quad (5.6)$$

Пізній термін закінчення роботи іj:

$$t_{ij}^{ns} = t_j^n \quad (5.7)$$

Повний резерв часу роботи іj:

$$R_{ij}^n = t_j^n - t_i^p - t_{ij} \quad (5.8)$$

Вільний резерв часу роботи:

$$R_{ij}^e = t_j^p - t_i^p - t_{ij} \quad (5.9)$$

Таблица 5.5 - Параметри робіт

Код роботи	$t_{ij}$	$t_{ij}^m$	$t_{ij}^n$	$t_{ij}^{nn}$	$t_{ij}^{ns}$	$R_{ij}^n$	$R_{ij}^e$
1	2	3	4	5	6	7	8
0-1	2	0	2	0	2	0	0
1-2	10	2	12	2	12	0	0
2-3	10	12	22	12	22	0	0
2-4	4	12	16	38	42	26	0
3-5	15	22	37	22	37	0	0
4-6	7	16	23	42	49	26	26
4-7	11	16	27	47	58	31	0
5-6	12	37	49	37	49	0	0
6-8	9	49	58	49	58	0	0
7-8	0	27	27	58	58	31	31
8-9	8	58	66	58	66	0	0

9-10	7	66	73	66	73	0	0
9-11	4	66	70	71	75	5	0
10-12	5	73	78	73	78	0	0
11-12	3	70	73	75	78	5	5
12-13	3	78	81	78	81	0	0
13-14	8	81	89	81	89	0	0
14-15	5	89	94	89	94	0	0
15-16	8	94	102	94	102	0	0
16-17	10	102	112	102	112	0	0

Як би всі роботи виконувалися послідовно, то тривалість дослідної роботи склала 141 день. Але за рахунок паралельності виконання деяких етапів робіт термін скорочується на 29 днів, що актуально в ринкових умовах господарювання. Тобто впровадження результатів дослідження здійсниться на місяць раніше.

## 5.2 Визначення витрат на проведення дослідної роботи

Для визначення грошових витрат на науково-дослідні роботи складіть кошторис витрат за статтями:

- матеріали, крім поворотних відходів,
- придбані комплектуючі та вироби;
- паливо та енергія ззовні;
- спеціальне обладнання та технологічне обладнання;
- амортизація універсального обладнання;
- основна та додаткова зарплата;
- внески на соціальне страхування;
- витрати на відрядження;
- підрядники робіт;
- накладні витрати.

Визначення вартості матеріалів Вартість матеріалів включає вартість матеріалів для дослідження (папір, калька тощо), а також для виготовлення дослідних зразків. Витрати у фізичних одиницях слід визначати виходячи з навчальної програми, норм витрат, кількості іспитових годин та інших даних.

Ціна кожного матеріалу визначається прейскурантами або іншими довідковими даними. Витрати на основні матеріали  $M_0$  можуть бути розраховані по формулі:

$$M_0 = (1 + K_{m.z.}) \cdot \sum_{i=1}^n (C_i \cdot N_i - C_{i0} \cdot N_{i0}) \quad (5.10)$$

де  $K_{m.z.}$  – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати ( $K_{m.z.} = 0,15 \dots 0,20$ );

$C_i$  – ціна  $i$ -го найменування матеріалу, грн.;

$N_i$  – необхідна потреба в матеріалі  $i$ -го найменування;

$C_{i0}$  – ціна зворотних відходів  $i$ -го найменування матеріалу;

$n$  – кількість найменувань матеріалів.

Вихідні дані і розрахунки вартості матеріалів заносяться в табл. 5.6

Таблиця 5.6 - Розрахунок витрат на матеріали

Матеріал	Витрати матеріалу на тему	Витрати на 1-цю виміру	Сума витрат, грн.
• Папір	5 пач.	90	450
• Картридж принтера черный	2 од.	300	600
• USB-флеш-накопитель 8Gb	1 од.	100	100
• Інші канцтовари	200 грн.	200	200
Вартість матеріалів з урахуванням зворотних витрат			1350
Підсумок за винятком зворотних витрат			1350
Транспортно-заготівельні витрати			85
Разом із транспортно-заготівельн. витратами			1435

Витрати на покупні деталі і комплектуючі вироби.

Витрати на покупні деталі і комплектуючі вироби визначають відповідно до їх номенклатури і кількості використання для даної НДР та ціною. Такі витрати для дослідної роботи не плануються.

Розрахунок вартості палива й енергії.

Витрати на силову енергію  $E_c$  визначають по формулі:

$$E_c = \frac{P_y \cdot \Phi_{\text{эф}} \cdot K_e \cdot C_e}{\text{ККД}}, \quad (5.11)$$

де  $P_y$  – установлена потужність енергетичних струмоприймачів устаткування, кВт;

$\Phi_{\text{эф}}$  – ефективний фонд часу роботи даного виду устаткування, годин;

$K_e$  – коефіцієнт використання енергетичних установок по потужності і часу ( $K_e \approx 0,8 \dots 0,9$ );

$C_e$  – ціна 1 кВт·година електроенергії, грн./кВт·година;

$\text{ККД} = 0,8 \dots 0,9$

Виконанні розрахунки заносять у таблицю 5.7.

Таблиця 5.7 - Розрахунок вартості енергоресурсів

Устаткування	Вид енергоресурсів	Норма витрати, кВт·год.	Феф, ч.	Вартість, грн.	Вартість енергоресурсів, грн.
1	2	3	4	5	6
1. Комп'ютери	Електроенергія	0,2	900	0,97	1466,6
2. Принтер		2,1	100	0,97	203,70
3. Сканер		0,2	100	0,97	19,4
4. Модем		0,9	900	0,97	785,7
Разом					2475,4

Визначення вартості спеціального обладнання та спеціального технологічного обладнання для експериментальних робіт. До спеціального обладнання та технологічного обладнання відноситься таке обладнання, яке використовується лише для окремих дослідницьких робіт.

Витрати, пов'язані з проектуванням, виготовленням та утилізацією такого обладнання, повністю враховуються в кошторисі витрат на науково-дослідні роботи. до 20% від їх вартості).

Такі витрати на науково-дослідні роботи не плануються. Розрахунок амортизації універсального обладнання.

Сума амортизаційних відрахувань від балансової вартості універсального обладнання, приладів та приладів, що відносяться до основних

фондів, розраховується відповідно до їх зайнятості на цій роботі. Результати розрахунку зведені в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 - Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Устаткування, прилади	Балансова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Зайнятість устаткування, годин	Річний ефективний фонд часу, годин	Сума амортизації, грн.
1	2	3	4	5	6
1. Комп'ютери	15000	50	900	1860	3629
2. Принтер	1200	100	100	1860	64,50
3. Сканер	1200	100	100	1860	64,50
4. Модеми	800	100	900	1860	387
5. Меблі	5000	12	900	1860	290
Разом					4435

Розрахунок зарплати Ця стаття включає заробітну плату всіх категорій працівників, безпосередньо зайнятих у процесі проведення всіх етапів дослідження. Розмір заробітної плати розраховується виходячи із зайнятості виконавців на окремих етапах роботи та середньоденного заробітку для кожної категорії персоналу.

Розрахунок основної заробітної плати зроблено в табл. 5.9.

Таблиця 5.9 - Розрахунок основної і заробітної плати

Посада виконавця	Кількість, людей.	Місячний оклад, грн.	Середньоденна зарплата, грн.	Зайнятість, днів	Підсумкова сума основної зарплати, грн.
1	2	3	4	5	6
1. Керівник проекту	1	12360	588	31	18228
2. Мастер	2	7730	368	196	75128
3. Бугалтер	1	7940	378	13	103220
Підсумок	4	-	-	240	196576

До підсумкової суми основної зарплати робітників необхідно додати премію по положенню і всі доплати до річного фонду в розмірах, установлених на місці проведення роботи.

$$B_{\text{зп}} = 3П_{\text{о}} \cdot (1 + K_{\text{д}} / 100\%) = 196576 \cdot (1 + 30/100) = 60939 \text{ грн.}$$

## **6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **6.1 Аналіз потенційних небезпек**

Для виключення можливості ураження електричним струмом передбачені організаційні заходи та технічні заходи. а) Забезпечити ергономічність робочого місця відповідно до вимог НПАОП 0,00-1,28-10 "Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин", де зазначено заборону захаращення робочого місця, дотримання стандартів на площину робоче місце на одного працівника. Також вимоги до організації робочого місця зазначені в ГОСТ 12.2.032-78 "ССБТ.

Робоче місце при виконанні роботи сидячи. Загальні ергономічні вимоги". Дизайн робочого місця, його розміри та взаємне розташування його елементів повинні відповідати антропометричним, фізіологічним та психофізіологічним особливостям людини, а також характеру праці. Робоче місце, обладнане відповідно до вимог стандартів, забезпечує зручне положення людини.

Це досягається регулюванням положення стільця, висоти та кута підставки для ніг при її використанні або висоти та розміру робочої поверхні. Трудові операції повинні забезпечуватися в зонах рухового поля (оптимальна охоплення, легкий доступ та охоплення) залежно від необхідної точності та частоти дій. Організація робочих місць повинна забезпечувати стабільне положення і свободу пересування працівника, безпеку трудових операцій виключати або дозволяти лише в деяких випадках працювати в незручних положеннях, що викликають підвищену стомлюваність.

На робочому місці не повинно бути нічого зайвого; всі предмети, необхідні для роботи, повинні знаходитися біля працівника, але не заважати йому. Організація робочого місця повинна забезпечувати необхідну видимість.

б) Звести до мінімуму негативний вплив інтенсивності та напруженості роботи при виконанні робіт:

- оптимальний режим трудового процесу;
- запровадити сучасні методи психологічної допомоги, які включають:

1) використовувати деякі перерви для виконання комплексу вправ: для зменшення нервових та емоційних навантажень, зорової втоми, поліпшення роботи мозку, уникнення гіподинамії, зменшення втоми;

2) проводячи сеанс психологічного та фізіологічного тренінгу рекомендується використовувати елементи на основі свідомого досвіду;

3) рекомендується робити перерви в приміщенні психофізіологічного розвантаження з відповідним інтер'єром, кольоровим дизайном та приємним звуком.

в) Для підвищення ефективності праці застосовуються заходи щодо оптимізації управління організацією праці, що передбачає: - система тренінгів, тренінг керівництва організації, методи ефективний менеджмент, поліпшення організаційної культури - цілісна система, розроблена в організації та властиві їй моделі поведінки, звичаїв, традицій та очікувань), що забезпечує стабільність колективу, обізнаність працівників та державну політику організації.

д) Щоб виключити можливість ураження електричним струмом за умови: - організаційні заходи - вивчення та забезпечення знання правил електробезпеки - технічні заходи - встановлення системи заземлення енергоємного обладнання відповідно до «Правил електроустановок» («ПУЕ»); забезпечення недоступності струмоведучих частин для випадкового дотику; використання утеплювача; використання методів колективного захисту від ураження електричним струмом: захисне заземлення, знешкодження та автоматичне відключення; періодична перевірка опору заземлення; контроль та запобігання пошкодженню ізоляції.

д) Для усунення електромагнітного випромінювання та ЕРС при роботі із застарілими моделями комп'ютерних моніторів, використання сучасних

комп'ютерних технологій, включаючи заміну моніторів на електронно-променеув трубку для РК-моніторів або моніторів TFT.

ж) Основним принципом психологічної допомоги повинна бути діяльність з психопрофілактики, яка полягає у формуванні психологічної стійкості особистості, що запобігає виникненню кризових станів особистості, нервово-психічних розладів та розладів, тобто профілактиці не лише тоді, коли людина консультиється психолог, але також активний у формі спеціальної або психологічної підготовки, психодіагностичних обстежень, спостереження та профілактичного застосування різних психологічних засобів і методів корекції, одним з яких є дихальна психотехнологія.

Для практичної реалізації заходів психологічної допомоги слід розробити програми та оптимальні методи (засоби) реабілітації, які включають організаційно-методичні питання, штатний розклад (персонал) та ресурси (матеріал). Мінімальна структура надання кризових послуг - "гаряча лінія", відділення соціально-психологічної допомоги - кризові відділи. Це стосується всіх форм кризових психологічних станів особистості.

## **6.2 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці**

Для забезпечення оптимальних параметрів повітряного середовища передбачено виконання вимог ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» та ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Таблиця 6.1 - Оптимізація значення температурної вологості та швидкості переміщення повітряних мас

Параметри	Оптимальні	Допустимі
Температура °С	20-22	26
Вологість %	40-60	75
Швидкість перен. Повітр. Мас м/с	0,1-0,3	0,5

Для забезпечення оптимальних умов встановлено пристрій водяної або парової системи опалення згідно з ДБН В.2.5-67: 2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря» та встановлення побутового кондиціонера моделі Samsung AQ24UGF.

Забезпечити оптимальне освітлення в робочих приміщеннях, яке нормується згідно з ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будівель та будівель. Природне та штучне освітлення », оскільки 200 люкс забезпечується пристроєм бічного природного освітлення та системою штучного рівномірного загального освітлення.

В системі використовуються люмінесцентні лампи типу LB, LD потужністю від 40 до 80 Вт, які встановлюються в такі лампи, як ПВЛ. Для усунення електромагнітного випромінювання та ЕРС при роботі із застарілими моделями комп'ютерних моніторів передбачається використання сучасних комп'ютерних технологій, зокрема, заміна моніторів на електронно-променеви трубку для РК-моніторів або моніторів TFT. Забезпечити ергономічність робочого місця відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час роботи електронно-обчислювальних машин», де зазначено заборону захаращення робочого місця, дотримання норм на площині робочого місця на одного працівника.

Щоб мінімізувати негативний вплив інтенсивності та напруженості роботи в роботі передбачено: - оптимальний режим трудового процесу; - запровадити сучасні методи психологічної допомоги, які забезпечують.

Для підвищення ефективності праці застосовуються заходи щодо оптимізації управління організацією праці, що включає систему навчання, навчання керівництву, ефективні методи управління, вдосконалення організаційної культури - цілісну систему, розроблену в організації та властиві їй моделі поведінки, звичаї , традиції та очікування), стабільність персоналу, обізнаність працівників та публічність політики організації.

Основним принципом психологічної допомоги повинна бути діяльність з психопрофілактики, яка полягає у формуванні психологічної стійкості особистості, що забезпечує запобігання кризі розлади особистості, нервово-психічні розлади та розлади, тобто профілактика не тільки при зверненні людини до психолога, а й активна перманентна психопрофілактика у вигляді спеціального або психологічного тренінгу, психодіагностичних обстежень, спостереження та профілактичного використання різних психологічних засобів та методів корекції, з яких - респіраторна психотехнологія.

Це повною мірою стосується всіх форм кризових психологічних станів особистості. Щоб запобігти подальшому розвитку захворювань через неправильну ергономічну організацію робочого простору в офісі, вживаються такі заходи: Щоб запобігти захворюванню спини, крісла, встановлені в офісі, забезпечують фізіологічно раціональну робочу позу, яка не порушує кровообіг та ніяких інших шкідливих наслідків. Стілець повинен мати підлокітники та мати можливість обертатися, змінювати висоту та кут сидіння та спинки.

Метеорологічні умови у виробничих приміщеннях - температура повітря, відносна вологість та швидкість його руху відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99 "Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень" та ГОСТ 12.1.005-88 (1991) "ССБТ. Загальні положення. санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони ". Робота в офісі відноситься до категорії Ів - легка робота, тому забезпечуються такі оптимальні значення параметрів мікроклімату: - в холодний період року: температура 21-23С; відносна вологість: 40-60%; швидкість руху повітря: 0,1 м / с; - у теплий період року: температура 22-24С; відносна вологість: 40-60%; швидкість руху повітря: 0,2 м / с. Щоб уникнути перенапруження зору, середня площа покриття рук людини становить 35-40 см. На зорову втому також сильно впливає рівень освітленості робочого місця.

Це особливо помітно, коли потрібно працювати одночасно з електронними та паперовими документами. За даними SanPiN, рівень

освітленості робочого місця при роботі за комп'ютером повинен становити 300-500 люкс. Монітор та джерела світла слід розташовувати так, щоб не створювати відблисків на поверхні екрану. Норми освітленості робочих місць згідно ДБН В.2.5-28-2006. «Природне і штучне освітлення» представлені в таблиці. 6.2

Таблиця 6.2 - Норми освітленості робочих місць

Характеристика роботи	Розміри об'єкту, мм	Разряд зорових работ	Підрозряд зорових робіт	Освітлення, лк		
				Комбіноване		Загальне
				Всього	В т.ч. від заг	
Средньої точності (контроль якості)	0,5–1,0	IV	а	750	200	300
			б	500	200	200
			в	400	200	200
Малой точності	1,0–5	V	а	400	200	300

У процесі праці на людину короткочасно або довгостроково впливають різноманітні несприятливі фактори (пил, гази, пари, шум та ін.), які можуть призвести до захворювання та втрати працездатності. Гігієна праці вивчає вплив виробничого середовища на здоров'я працюючих.

Визначимо необхідний повітрообмін і його кратність для вентиляційної системи приміщення, довжиною 12м, шириною 6м, висотою 4,5м. В повітряне середовище приміщення виділяється пил в кількості  $W=3,5$  г/год ( для даного виду пилу ПДК= $4\text{мг}/\text{м}^3$ ), концентрація пилу в робочій зоні  $C_{р.з.}=2,8\text{мг}/\text{м}^3$ , у припливному повітрі  $C_{п} = 0,3 \text{ мг}/\text{м}^3$ , концентрація пилу у видаленому з приміщення повітрі дорівнює концентрації її в робочій зоні ( $C_{ух} = C_{р.з.}$ ), тобто пил рівномірно розподілено в повітрі. Кількість повітря, що забирається з робочої зони місцевими відсмоктувачами і дорівнює  $G_{м} = 80 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Об'єм приміщення  $V=12*6*4,5= 324 \text{ м}^3$ .

Потрібний повітрообмін:

(6.1)

Тобто:

$$G_{\text{пр}} = 1500 + \frac{3500 - 80(2,8 - 0,3)}{2,8 - 0,3} = 2820 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Кратність повітрообміну в приміщенні, 1/ч. Тобто за 1 годину повітря в приміщенні повинно обмінюватися 0,32 разів.

Для забезпечення вентиляції встановлюється установка двох систем: набірної припливної та набірної витяжної систем. Приливне повітря нагрівається електричним нагрівачем потужністю 12 кВт. Для управління системами використовується панель управління, яка включає: управління системою опалення та управління вентиляторами. Є датчики перепаду тиску (на фільтрі сигналізують про його зміну або очищення).

На форсунки ОС впливає рівень шуму. Шум - це неприємний або небажаний звук для людини, незалежно від його природи та походження .. Рівні звукового тиску в октавних діапазонах, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих станціях, обладнаних комп'ютерами, відповідають вимогам SN 3223-85, ГОСТ 12.1. 003-83, GR 2411-81.

Обладнання, яке є джерелом шуму (АЦП, принтери тощо), розташоване поза приміщенням для роботи з комп'ютером. Для забезпечення прийнятних рівнів шуму на робочому місці використовуються прилади звукопоглинання, вибір яких базується на інженерних та акустичних розрахунках. При виконанні робіт на комп'ютері у виробничих приміщеннях значення вібраційних характеристик на робочих місцях не перевищують допустимих (СН 3044-84, ГОСТ 12.1. 012-90).

Допустимий рівень шуму в дизайнерській кімнаті 50-75 дБ. Під впливом шуму у людини гострота зору, слух знижується, артеріальний тиск підвищується, ослаблення уваги, пам'яті. Зменшення шуму здійснюється такими методами: зменшення шуму у джерела; раціональне планування

приміщення; акустична обробка приміщення. (СНиП 11 - 12 - 77 "Захист від шуму."). У Центрі шумозаглушення, раціонального планування приміщень та розміщення обладнання (GST 12.1.003 - 83 - ССБТ "Шум. Загальні вимоги безпеки.").

### **6.3 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки**

Комплекс протипожежних заходів для приміщень (офісу), обладнаних персональними комп'ютерами з ВДТ, розроблений відповідно до вимог НАЗБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». На основі аналізу речовин та матеріалів, що використовуються в приміщенні, відповідно до вимог НАЗБ В.03.002-2007 "Норми визначення категорій приміщень, будівель та зовнішніх установок на вибухо- та пожежну безпеку", приміщення (кабінет) обладнаний VDT відноситься до категорії "В" за пожежонебезпекою - простір у приміщенні, де знаходяться тверді горючі речовини та матеріали. Оскільки приміщення (кабінет), обладнані ВДТ, належать до виробництв категорії "В" з пожежної небезпеки, тому відповідно до вимог ДБН В.1.1.7-2002 "Пожежна безпека будівельних об'єктів" воно має II ступінь пожежі опір. Серед технічних та організаційних заходів щодо запобігання пожежам у приміщенні (кабінеті), обладнаному персональними комп'ютерами з VDT, передбачені такі заходи пожежогасіння. На енергетичному обладнанні, силових та освітлювальних ланцюгах, відповідно до вимог пункту 3.1 "ПУЕ", встановлюються захисні пристрої, які відключають подачу електроенергії від зони електричного кола, в якому сталося коротке замикання. Відповідно до вимог НАЗБ А.01.003-2009 «Правила облаштування та експлуатації систем пожежної сигналізації та управління евакуацією людей у будинках та спорудах» та ДБН В.2.5-56: 2014 «Системи протипожежного захисту», у приміщенні ( офіс), обладнаний персональними комп'ютерами. Сигнально-охоронну сигналізацію "Signal-VK6" встановлюють користувачі з VDT.

Що забезпечує виявлення теплових та димових ознак пожежі та місця пожежі з точністю до місця розташування датчика. Відповідно до вимог НАПБ В.03.002-2004 «Типові норми належності вогнегасників» для гасіння електрообладнання в приміщенні (кабінеті), обладнаному персональними комп'ютерами з ВДТ під напругою, вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-5 у кількості з 2 штук. Відстань між вогнегасниками та місцями можливих пожеж не перевищує 10 м. Заходи безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці та пожежної безпеки, передбачені для особистих приміщень, обладнаних персональними комп'ютерами з візуальними дисплейними терміналами, забезпечують безпечні та комфортні умови праці персоналу.

#### **6.4 Індивідуальні засоби захисту**

Перш за все, засоби індивідуального захисту органів дихання, шкіри. Цей метод широко застосовується в мирний час в умовах радіоактивного забруднення, токсичних і сильнодіючих забруднень, а також бактеріальних в районах стихійних лих, забруднених промислових районах. За принципом захисту вони фільтрують та ізолюють.

Фільтрація полягає в тому, що повітря, яке проходить в засобах захисту органів дихання через фільтруючі елементи, шар активованого вугілля, звільняється від шкідливих домішок і потрапляє в організм людини чистим. Засоби індивідуального захисту ізоляційного типу, використовуючи матеріали, непроникні для забрудненого повітря, повністю ізолюють організм людини від навколишнього повітря. За способом виготовлення окремі засоби захисту поділяються на:

- виробляється по галузях;
- найпростіші, або підручні, які виготовляються з підручних матеріалів.

Засобами індивідуальних засобів захисту є табелі, надання яких забезпечується звітами (нормами) обладнання в залежності від організаційної структури. Для захисту дихальної системи існують протигази, які захищають

обличчя, очі від радіоактивних та хімічних речовин. Вимоги до таких засобів захисту:

- забезпечити подачу чистого повітря без його забруднення через всмоктування;

- забезпечити приплив сухого повітря до окулярів, щоб не запотівати;

- мати невеликий мертвий об'єм, щоб запобігти повторному вдиханню видихуваного повітря;

- не перешкоджати роботі в місцях з обмеженим доступом повітря;

- бути легким, міцним, зручним для стимулювання використання, зменшення втоми, мають низький рівень шуму.

Фільтруючі протигази не захищають від окису вуглецю (окису вуглецю), тому для захисту від нього використовують гопкаліговий картридж, який підключений до газової коробки.

Ізолюючі протигази спеціальними засобами захисту від усіх шкідливих речовин, що містяться в повітрі. Вони використовуються, якщо фільтруючі протигази не забезпечують захист, а також коли в повітрі недостатньо кисню.

Промислові протигази застосовуються у сільському господарстві та деяких галузях промисловості проти шкідливих газів та пилу. У комплекті з додатковим картриджем DPG1, протигаз DPG3 захищає від аміаку, хлору, диметиліну, сірководню, соляної кислоти, діоксиду азоту тощо.

Респіратори застосовуються для захисту дихальної системи від радіоактивних речовин, ґрунтового пилу, бактеріальних агентів та різних шкідливих аерозолів. Заборонено використовувати респіратори для захисту від сильноокислих речовин, таких як синільна кислота, миш'як, фосфор, ціаністий водень тощо.

Засоби захисту шкіри діляться на спеціальні (звичайні) та імпровізовані. Спеціальними засобами є ізоляція та фільтрування. Ізолюючі захисні засоби виготовляються з прогумованої тканини і використовуються для тривалого перебування людей в заражених або забруднених районах, для захисту від

радіоактивних речовин, впливу альфа-променів, отруєння їстівними та сильнодіючими речовинами. Вони призначені лише для формування цивільної оборони. До ізоляційних шкіряних засобів належать: легкий захисний костюм L1, захисний комбінезон та загальновійськовий захисний комплект. Фільтруючі засоби захисту шкіри - набір захисного фільтруючого одягу ZFO, який захищає шкіру людини від токсичних та сильнодіючих їстівних речовин у паровому стані, а також від радіоактивних речовин та бактеріальних агентів у вигляді аерозолів. Для тимчасового захисту від їдких речовин можна використовувати звичайний прогумований, шкіряний, хлоровініловий, поліетиленовий або щільний вовняний одяг та взуття.

Це захистить протягом 5-10 хвилин; і мокрий одяг протягом 40-50 хвилин. Цього часу достатньо, щоб вибратися із зараженої зони. Медичні засоби захисту призначені для профілактики та надання допомоги для зменшення ураження, зниження ступеня його підвищення стійкості організму. До медичних виробів належать радіозахисні препарати, засоби вплив токсичних речовин (антидотів), антибактеріальних засобів - сульфаніламідів, антибіотиків, вакцин, сироватки тощо.

Для надання першої допомоги є гігієнічні пакети, індивідуальна аптечка АІ-2, обладнана самодопомогою, індивідуальний антихімічний пакет - РРІ - 8, РРІ - 51 призначений для дезінфекції крапельно-рідких токсичних речовин. Засоби захисту повинні бути розкладені за призначенням та видані відповідно до ЗІЗ з планом цивільного захисту об'єкта, села за розпорядженням органів влади на випадок загрози чи надзвичайної ситуації.

## **6.5 Заходи з цивільної оборони**

Перш за все, засоби індивідуального захисту органів дихання, шкіри. Цей метод широко застосовується в мирний час в умовах радіоактивного забруднення, токсичних і сильнодіючих забруднень, а також бактеріальних в

районах стихійних лих, забруднених промислових районах. За принципом захисту вони фільтрують та ізолюють.

Фільтрація полягає в тому, що повітря, яке проходить в засобах захисту органів дихання через фільтруючі елементи, шар активованого вугілля, звільняється від шкідливих домішок і потрапляє в організм людини чистим. Індивідуальні засоби захисту ізоляційного типу за допомогою матеріали, непроникні для забрудненого повітря, повністю ізолюють організм людини від навколишнього повітря.

За способом виготовлення окремі засоби захисту поділяються на:

-виробляється по галузях;

-найпростіші, або підручні, які виготовляються з підручних матеріалів.

Засобами індивідуальних засобів захисту є табелі, надання яких забезпечується звітами (нормами) обладнання в залежності від організаційної структури. Для захисту дихальної системи існують протигази, які захищають обличчя, очі від радіоактивних та хімічних речовин. Вимоги до таких засобів захисту:

-забезпечити подачу чистого повітря без його забруднення через всмоктування;

-забезпечити приплив сухого повітря до окулярів, щоб не запотівати; -мати невеликий мертвий об'єм, щоб запобігти повторному вдиханню видихуваного повітря;

-не перешкоджати роботі в місцях з обмеженим доступом повітря;

-бути легким, міцним, зручним для стимулювання використання, зменшення втоми, мають низький рівень шуму.

Фільтруючі протигази не захищають від окису вуглецю (окису вуглецю), тому для захисту від нього використовують гопкаліговий картридж, який підключений до газової коробки. Ізолюючі протигази спеціальними засобами захисту від усіх шкідливих речовин, що містяться в повітрі. Вони

використовуються, якщо фільтруючі протигази не забезпечують захист, а також коли в повітрі недостатньо кисню.

Промислові протигази застосовуються у сільському господарстві та деяких галузях промисловості проти шкідливих газів та пилу. У комплекті з додатковим картриджем DPG1, протигаз DPG3 захищає від аміаку, хлору, диметиліну, сірководню, соляної кислоти, діоксиду азоту тощо. Респіратори застосовуються для захисту дихальної системи від радіоактивних речовин, ґрунтового пилу, бактеріальних агентів та різних шкідливих аерозолів. Заборонено використовувати респіратори для захисту від сильноокислих речовин, таких як синильна кислота, миш'як, фосфор, ціаністий водень тощо. Засоби захисту шкіри діляться на спеціальні (звичайні) та імпровізовані.

Спеціальними засобами є ізоляція та фільтрування. Ізолюючі захисні засоби виготовляються з прогумованої тканини і використовуються для тривалого перебування людей в заражених або забруднених районах, для захисту від радіоактивних речовин, впливу альфа-променів, отруєння їстівними та сильнодіючими речовинами.

Вони призначені лише для формування цивільної оборони. До ізоляційних шкіряних засобів належать: легкий захисний костюм L1, захисний комбінезон та загальновійськовий захисний комплект. Фільтруючі засоби захисту шкіри - набір захисного фільтруючого одягу ZFO, який захищає шкіру людини від токсичних та сильнодіючих їстівних речовин у паровому стані, а також від радіоактивних речовин та бактеріальних агентів у вигляді аерозолів.

Для тимчасового захисту від їдких речовин можна використовувати звичайний прогумований, шкіряний, хлоровініловий, поліетиленовий або щільний вовняний одяг та взуття. Це захистить протягом 5-10 хвилин; і мокрий одяг протягом 40-50 хвилин. Цього часу достатньо, щоб вибратися із зараженої зони. Медичні засоби захисту призначені для профілактики та надання допомоги для зменшення ураження, зниження ступеня його підвищення стійкості організму.

До медичних виробів належать радіозахисні препарати, засоби вплив токсичних речовин (антидотів), антибактеріальних засобів - сульфаніламідів, антибіотиків, вакцин, сироватки тощо. Для надання першої допомоги є гігієнічні пакети, індивідуальна аптечка АІ-2, обладнана самодопомогою, індивідуальний антихімічний пакет - РРІ - 8, РРІ - 51 призначений для дезінфекції крапельно-рідких токсичних речовин. Засоби захисту повинні бути розкладені за призначенням та видані відповідно до ЗІЗ з планом цивільного захисту об'єкта, села за розпорядженням органів влади на випадок загрози чи надзвичайної ситуації.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. **Лашенко Г.И.** «Современные технологии сварочного производства», К.: Екотехнологія, 2012.- 720 с.
2. **Квасницький В.В.** «Спеціальні способи зварювання»: Навч. посібник.- Миколаїв: УДМТУ, 2003.- 437 с.
3. **Кучук-Яценко С.І., Лобанов Л.М.** «Інноваційні технології зварювання та діагностики транспортних енергетичних систем» / Вісн. НАН України, 2006. – №2. – С.41-51.
4. **Лебедев Б.Д., Перемитько В.В.** «Расчетные методы в сварке плавлением»: Учеб.пособие.- Днепродзержинск: Изд-во ДДТУ, 1998.- 285 с.
5. **Волченко В.Н.** «Контроль качества сварных конструкций». – М.:Машиностроение, 1986.
6. **Алешин Н.П., Щербинский В.Г.** «Контроль качества сварочных работ». – М.:Высшая школа, 1986.
7. **Дорофеев А.Л., Казаманов Ю.Г.** «Электромагнитная дефектоскопия». – М.: Машиностроение, 1980.- 203 с.
8. **Адаменко В.К.** «Радиационный неразрушающий контроль сварных соединений» К.: Техника, 1961.- 164 с.
9. **Троицкий В.А., Радько В.П., Демидко В.Г.** «Неразрушающий контроль качества сварных соединений». – К.: Техніка, 1986. – 158 с.
10. ГОСТ 31385-2008. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия. – М: Стандартиформ, 2010. – 56 с.
11. **Андреев Я. М.** «Обеспечение эксплуатационной надежности резервуаров севера путем повышения выявляемости плоскостных дефектов» : дис. канд. техн. наук : 01.02.06. / Андреев Яков Михайлович – Якутск, 2017. – 119 с.

12. **Галаган Р.М.** «Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю»: підручник / Р. М. Галаган. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с.
13. **Алешин Н.П.** «Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений» / Н.П. Алешин // Учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 2006. – 368 с.
14. **Лисенко Ю. Ю.** «Экспериментальное исследование вихретоковой системы контроля крупногабаритных изделий» / Ю. Ю. Лысенко, Ю. В. Куц, В. Ф. Петрик, А. Л. Дугин // Ж-л «Научные известия на НТСМ». - Созополь, Болгария, 2013. – №139. – С. 72–74.
15. **Овчинников В.В.** «Контроль качества сварных соединений» : Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — 5-е изд., стер. — М.: Академия, 2016. — 208 с.
16. ДСТУ EN ISO 17635:2015 Неруйнівний контроль зварних з'єднань.
17. **Цапенко В. К.** «Основи ультразвукового неруйнівного контролю»: Підручник/ Цапенко В. К., Куц Ю. В. – К.:НТУУ «КПІ», 2010. – 448с.
18. **Цапенко В.К.** «Акустичні перетворювачі»: Методичні вказівки / Уклад.: Цапенко В.К. – Київ, 2004.- 86с. 99
19. **Ермолов И.Н.** «Акустические методы контроля» : учеб. пособие кн.. 2 / И. Н. Ермолов, Н. П. Алешин, А. И. Потапов. – М. : Высш. шк., 1991. – 283
20. **Крауткремер Й., Крауткремер Г.** «Ультразвуковой контроль материалов». Справочник. - М.: Металлургия, 1991. - 752 с.
21. **Зацепин А.Ф.** «Введение в физику акустического контроля» / А.Ф. Зацепин. – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2005. – 88 с.
22. **Каневский И.Н., Сальникова Е.Н.** «Неразрушающие методы контроля»: Учебное пособие. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. - 243 с

23. «Неразрушающий контроль». В 5 кн. Кн. 2. Акустические Н44 методы контроля: Практ. Пособие / И.Н. Ермолов, Н.П. Алешин, А.И. Потапов; Под ред. В.В. Сухорукова.-- М.: Высш. шк, 1991.--'283 с

24. **Сергеев С. С.** «Методы и средства акустического контроля»: Учебное пособие. – Мн.: БПИ, 1989. – 64 с

25. «Ультразвуковые пьезопреобразователи для неразрушающего контроля»/ Под ред. И.Н.Ермолова.- М.: Машиностроение, 1986. – 280 с.: ил.

26. **Гавриш П. А.** «Повышение механических свойств сварного соединения меди со сталью» / П. А. Гавриш // Захист металургійних машин від поломок : Зб.наук. пр. – Вип. 9. – Маріуполь, 2006. – С. 91–94.

27. **Гавриш П. А.** «Уточнения метастабильных фазовых состояний и термодинамических свойств, взаимодействующих компонентов при сварке меди и стали» / П. А. Гавриш // Научные исследования и их практическое применения. Современное состояние и пути развития 2007 : сб. научн. трудов по материалам научнопрактической конференции Одеса, 2007. – Т. 2. – С. 46–49.













28. **Дорофеев А.Л., Казаманов Ю.Г.** «Электромагнитная дефектоскопия». – М.: Машиностроение, 1980.- 203 с.

29. «Радиационный неразрушающий контроль сварных соединений»./ Под ред. Адаменко В.К. – К.: Техника, 1961.- 164 с. 7. Троицкий В.А., Радько В.П., Демидко В.Г. Неразрушающий контроль качества сварных соединений. – К.: Техніка, 1986. – 158 с.

30. **Троицкий В.А., Радько В.П.** «Дефекты сварных соединений и средства их обнаружения». – К.: Вища школа, 1983.- 242 с.

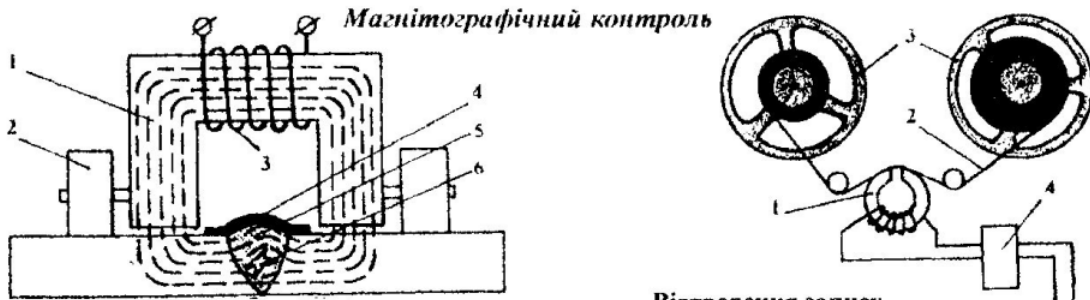
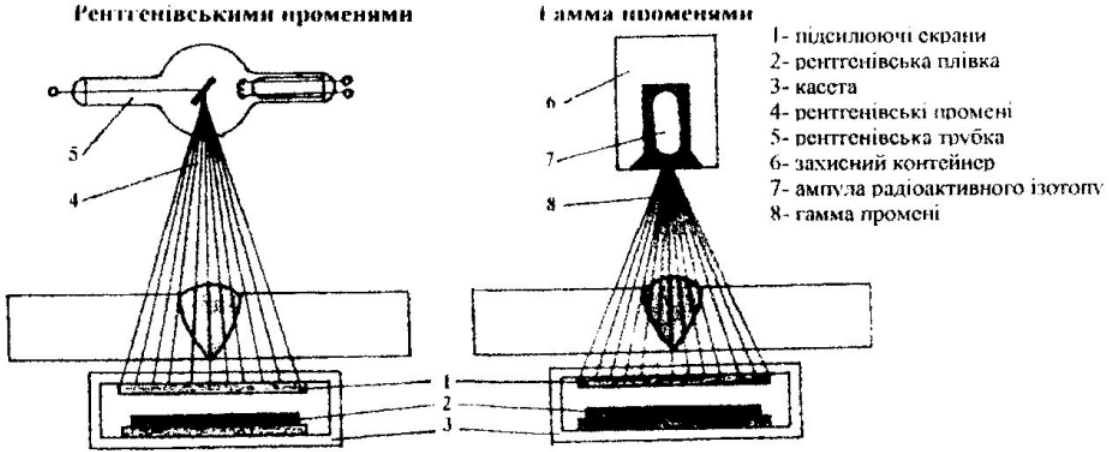
## Додаток А

### ДЕФЕКТЫ СВАРНЫХ ШВОВ

НАИМЕНОВАНИЕ	ПРИЧИНА	НАИМЕНОВАНИЕ	ПРИЧИНА
<p><b>КРАТЕРЫ</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Обрыв дуги</li> <li>- Неправильное выполнение конечного участка шва</li> </ul>	<p><b>ПОДРЕЗЫ</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Большой сварочный ток</li> <li>- Длинная дуга</li> <li>- При сварке угловых швов - сведение электрода в сторону вертикальной стенки</li> </ul>
<p><b>ПОРЫ</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Быстрое охлаждение шва</li> <li>- Загрязнение кромок маслом, ржавчиной и т.п.</li> <li>- Неправильные электроды</li> <li>- Высокая скорость сварки</li> </ul>	<p><b>НЕПРОВАР</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Малый угол наклона вертикальных кромок</li> <li>- Малый зазор между ними</li> <li>- Загрязнение кромок</li> <li>- Недостаточный сварочный ток</li> <li>- Повышенная скорость сварки</li> </ul>
<p><b>ВКЛЮЧЕНИЯ ШЛАКА</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Грязь на кромок</li> <li>- Малый сварочный ток</li> <li>- Большая скорость сварки</li> </ul>	<p><b>ПРОЖОГ</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Большой ток при малой скорости сварки</li> <li>- Большой зазор между кромок</li> <li>- Под свариваемый шов легирующие элементы подложки или медная подкладка</li> </ul>
<p><b>НЕСПЛАВЛЕНИЯ</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Плохая чистота кромок</li> <li>- Большая длина дуги</li> <li>- Недостаточный сварочный ток</li> <li>- Большая скорость сварки</li> </ul>	<p><b>НЕРАВНОМЕРНАЯ ФОРМА ШВА</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Неустойчивый режим сварки</li> <li>- Неточное направление электрода</li> </ul>
<p><b>НАГЫБ</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Большой сварочный ток</li> <li>- Неправильный наклон электрода</li> <li>- Малая длина дуги</li> </ul>	<p><b>ТРЕЩИНЫ</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Резкое охлаждение конструкции</li> <li>- Высокая концентрация в жестко заделанных конструкциях</li> <li>- Повышенное содержание серы или фосфора</li> </ul>
<p><b>СВИЩИ</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Низкая пластичность металла шва</li> <li>- Образование закалочной структуры</li> <li>- Напряжения от неравномерного нагрева</li> </ul>	<p><b>ПЕРЕГРЕВ (ПЕРЕЖОГ) МЕТАЛЛА</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Чрезмерный нагрев основной зоны</li> <li>- Неправильный выбор тепловой мощности</li> <li>- Завышенное значение мощности плавления или сварочного тока</li> </ul>

## Додаток Б

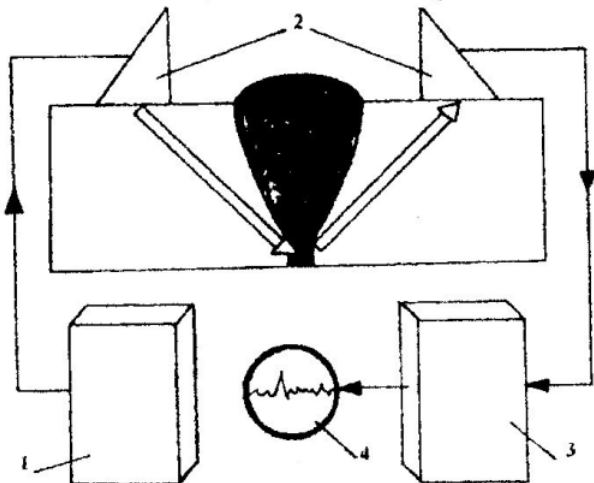
### Радіаційний контроль



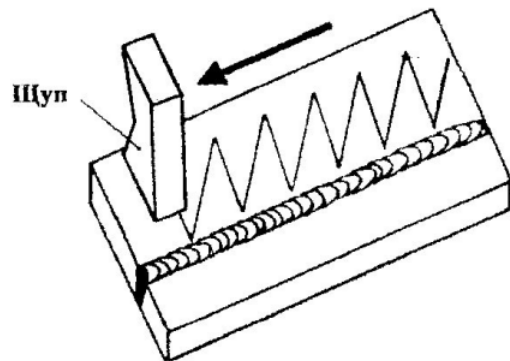
- Запис дефектів на магнітну плівку**
- 1- рухомий намагнічувальний пристрій
  - 2- опорні немагнітні ролики
  - 3- обмотка електромагніта
  - 4- магнітна плівка
  - 5- зварний шов
  - 6- дефект

- Відтворення запису дефектів на екран**
- 1- магнітна головка
  - 2- магнітна плівка
  - 3- касети
  - 4- підсилювач
  - 5- екран магнітографічного дефектоскопа

### Ультразвуковий контроль



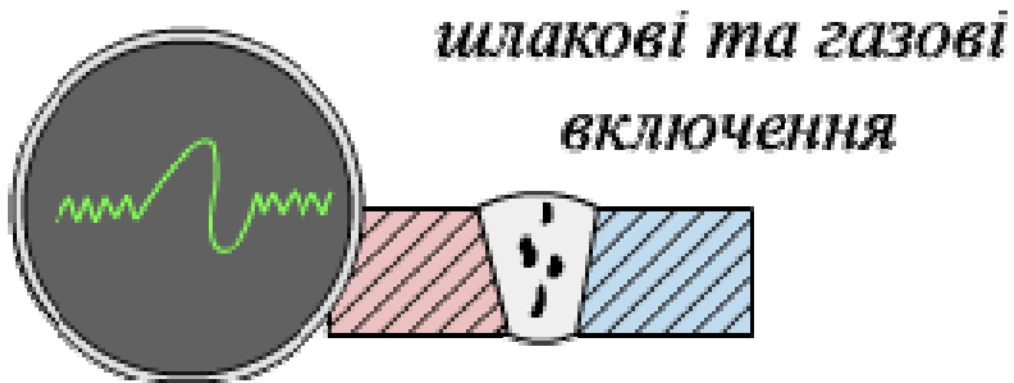
- 1- генератор ультразвукових коливань
- 2- п'єзоелектричний щуп
- 3- підсилювач сигналів
- 4- екран ультразвукового дефектоскопа



Рух щупа по поверхні зварного з'єднання

Рис. 1 Контроль якості зварного шву

Додаток В



## Додаток Г

### Існуючі неруйнівні методи контролю званих з'єднань

Капілярний

Вихростумовий

Ультразвуковий

Радіаційний

<p>Переваги: чітко видима зона знаходження дефекту, покращення візуального методу контролю. Недоліки: можливість знаходження тільки поверхневих дефектів, неможливість автоматизувати контроль</p>	<p>Переваги: значна швидкість аналізу; висока продуктивність методу; контроль успішно проводиться на поверхнях зі значною шорсткістю; Недоліки: необхідність застосування спеціалізованої техніки; необхідність контролерів зі спеціальною підготовкою.</p>	<p>Переваги: безпека (в порівнянні з радіографічним методом) контроль різних матеріалів висока чутливість до дефектів типу тріщин, непроварів; висока проникаюча здатність, яка дозволяє виявити внутрішні дефекти в великогабаритних виробках; Недоліки: необхідність обробки поверхні перед контролем, затухання хвилі у великозерністих породах</p>	<p>Переваги: отримання об'єктивних характеристик ОК. Немає необхідності високотехнологічного устаткування, спеціальної підготовки персоналу та негативного екологічного впливу</p>
--	---	--	--

## Додаток Д

### Ультразвуковий метод контролю

Методи ультразвукової дефектоскопії засновані на реєстрації віддзеркалених від дефектів акустичних коливань і подальшого аналізу їх амплітуди, часу приходу, форми та інших характеристик за допомогою спеціалізованого обладнання. В роботі було використано дзеркально-тіньовий метод із застосуванням шести перетворювачів. Він заснований на вимірюванні амплітуди донного сигналу. По техніці виконання його відносять до методів віддзеркалення, по фізичній суті контролю він близький до тіньового методу

#### МЕТОДЫ И СХЕМЫ КОНТРОЛЯ

