

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий інститут матеріалознавства
та зварювання ім. Є. О. Патона
Кафедра зварювального виробництва

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ Віктор КВАСНИЦЬКИЙ
«__» _____ 2023 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Технології та інжиніринг у
зварюванні»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

**на тему: Комплексний контроль якості зварних конструкцій з
використанням нейронних мереж**

Виконав: студент IV курсу, групи ЗС-91
Волошко Олег Вячеславович

(підпис)

Керівник: професор, д.т.н., професор,
Фомічов Сергій Костянтинович

(підпис)

Консультант з економічної частини:
доцент, к.е.н., Глущенко Ярослава Іванівна

(підпис)

Консультант з охорони праці та безпеки
в надзвичайних ситуаціях
Зав. каф., д.т.н., професор
Левченко Олег Григорович

(підпис)

Рецензент: професор, д.т.н., професор,
Головко Леонід Федорович

(підпис)

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут матеріалознавства
та зварювання ім. Є. О. Патона
Кафедра зварювального виробництва

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма – «Технологічні системи інженерії з'єднань і поверхонь»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Віктор КВАСНИЦЬКИЙ

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту
Волошко Олегу В'ячеславовичу

1. Тема проєкту «Комплексний контроль якості зварних конструкцій з використання нейронних мереж»,
керівник проєкту Фомічов Сергій Костянтинович, д.т.н., професор, затверджені наказом по університету від «01» червня 2023 р. № 2122-с
2. Термін подання студентом проєкту 5 червня 2023 р.
3. Вихідні дані до проєкту Ескіз хімічного реактору (додається).
Матеріал виробу – сталь 08X18H10T. Забезпечення рівномірності зварних з'єднань та відсутності недопустимих дефектів. Річна програма виготовлення виробу – 1 00 шт. Умови виготовлення – цехові, температура експлуатації – -40...+60 °С.
4. Зміст пояснювальної записки:
 - Проаналізувати методи неруйнівного контролю зварних ємностей з нержавіючих сталей
 - Обґрунтувати вибір методів моніторингу технічного стану зварних ємностей з нержавіючих сталей.
 - Розробити методику контролю методом акустичної емісії
 - Розробити методику радіаційного контролю
 - Спроекувати нейронну мережу для автоматизації оцінки якості зварних з'єднань
 - Зробити загальні висновки до технологічного розділу дипломного проєкту.
 - Розрахувати економічний ефект від впровадження розробленої технології у виробництво.
 - Розробити заходи з охорони праці безпеки та безпеки у надзвичайних ситуаціях.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

Плакат: Проектування нейронної мережі для автоматизації оцінки якості зварних з'єднань

Презентація етапів розробки комплексної методики контролю якості:

Методи неруйнівного контролю зварних ємностей з нержавіючих сталей

Обґрунтування вибір методів моніторингу технічного стану зварних ємностей з нержавіючих сталей.

Методика контролю методом акустичної емісії

Методика радіаційного контролю

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	Глущенко Я. І., доц.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Левченко О. Г., зав. каф.		

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Прим.
1	Аналіз літератури за темою проєкту	до 30 квітня	
2	Детальна розробка і обґрунтування проєктних рішень технологічної частини проєкту	до 15 травня	
3	Розробка економічної частини проєкту	до 20 травня	
4	Розробка інженерних рішень з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	до 20 травня	
5	Оформлення графічного матеріалу	до 25 травня	
6	Оформлення пояснювальної записки і підготовка доповіді на захист	до 5 червня	

Студент _____ Олег ВОЛОШКО
(підпис)

Керівник  Сергій ФОМІЧОВ
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Актуальність роботи. Зварювання дуже поширений метод отримання нероз'ємних з'єднань. Зварювання, в залежності від типу, використовується в машинобудуванні, приладобудуванні, авіабудуванні, кораблебудуванні тощо. Дуже часто виникає питання наскільки якісно було виконано зварне з'єднання. Для визначення якості зварного шва існує багато методів контролю. Дуже поширеним методом контролю є радіографічний метод. Радіографічні методи радіаційного неруйнівного контролю ґрунтуються на перетворенні радіаційного зображення контрольованого об'єкту в радіографічне зображення або запис цього зображення з наступним перетворенням в світлове зображення. Основними проблемами такого контролю є відносно велика вартість і необхідність висококваліфікованих кадрів, як для проведення дослідження, так і для обробки результатів. Застосування сучасних програмних методів обробки даних дозволить спростити отримання результатів рентгенографічного дослідження.

Мета роботи - автоматизація обробки результатів експериментальних досліджень якості зварних швів деталей із листової сталі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати основні методи контролю зварних швів;
- вибрати метод контролю зварних швів, що дозволить автоматизувати процес аналізу результатів досліджень;
- розробити методику експериментальних досліджень;
- розробити та виготовити дослідні зразки та провести експериментальні дослідження якості зварних швів;

Об'єкт дослідження: процес контролю якості зварних швів деталей приладів із листової сталі.

Предмет дослідження: вплив дефектів зварних швів деталей на формування радіаційного зображення просвічуваного об'єкта при радіографічному методі радіаційного неруйнівного контролю.

Практична цінність одержаних результатів:

- розроблено алгоритм автоматизованої системи обробки даних радіографічного дослідження;
- розроблено програмне забезпечення для обробки даних радіографічного дослідження.

Дипломна проект написаний на 103 сторінках, містить 19 рисунків, 16 таблиць, 15 формул та 19 посилань.

Ключові слова: Нейронна мережа, зварне з'єднання, неруйнівний контроль, система оцінки якості

Abstract

Relevance of work. Welding is a very common method of making one-piece joints. Welding, depending on the type, is used in mechanical engineering, instrument making, aircraft building, shipbuilding, etc. The question often arises as to how well the welded joint was made. There are many control methods for determining the quality of a weld. A very common method of control is the radiographic method. Radiographic methods of non-destructive radiation control are based on the conversion of a radiation image of a controlled object into a radiographic image or recording of this image, followed by conversion into a light image. The main problems of such control are the relatively high cost and the need for highly qualified personnel, both for research and for processing the results. The use of modern software methods of data processing will simplify the results of radiographic examination.

- the purpose of the work is to automate the processing of the results of experimental studies of the quality of welds of sheet steel parts.
- to achieve this goal it is necessary to solve the following tasks:
- to analyze the main methods of control of welds;
- choose the method of control of welds, which will automate the process of analysis of research results;
- to develop a methodology for experimental research;
- develop and manufacture prototypes and conduct experimental studies of the quality of welds;
- to develop software for data processing of experimental researches;
- perform approbation of the obtained results;
- develop a startup project.

Object of research: the process of quality control of welds of sheet steel parts.

Subject of research: influence of defects of welds of details on formation of the radiation image of the irradiated object at a radiographic method of radiation non-destructive testing.

Practical value of the obtained results:

- the algorithm of the automated system of data processing of radiographic research is developed;
- software for radiographic data processing was developed.

The thesis is written on 103 pages, contains 19 figures, 16 tables, 15 formulas and 19 references.

Keywords: Neural network, welded joint, non-destructive testing, quality assessment system

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 Стан питання та постановка задачі роботи	11
1.1 Основи контролю зварних з'єднань.....	11
1.2 Основні методи неруйнівного контролю зварних з'єднань	14
2 Методологія проведення контролю методом акустичної емісії	28
2.1 Методика акустичного контролю	28
2.2 Об'єкт дослідження	29
2.3 Устаткування для проведення експерименту	30
2.4 Формування завдання експерименту	34
2.5 Планування експерименту	38
2.6 Проведення експерименту	39
3 Проведення експериментального дослідження	42
3.1 Підготовка до експерименту.....	42
3.2 Підготовка об'єкта контролю	47
3.3 Оцінка результатів дослідження	59
4 Автоматизована система оцінки якості зварних швів.....	60
4.1 Методи проектування нейронних мереж	61
4.2 Проектування нейронної мережі.....	64
4.3. Програмне забезпечення автоматизованої системи оцінки якості зварних швів радіографічним методом	68
4.4. Апробація результатів дослідження	69
5 Економічний розділ	88
6 Охорона праці	92
Висновки	98
Список використаної літератури	99

					ЗС-9106.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Волошко О.			Комплексний контроль якості зварних конструкцій з використання нейронних мереж	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Фомічов С.К.					7	103
						КПІ ім. І. Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О.Патона		
Н. контр.		Лисак В.В.						
Затверд.		Квасницький						

ВСТУП

Сучасна стратегія економічної реформи та переходу до ринкових відносин ставить перед машинобудуванням завдання ефективного використання основних фондів, виготовлення обладнання з найменшими витратами. З'являється конкуренція на ринку збуту, що змушує підприємства шукати нові сфери виробництва, визначає новий етап у розвитку машинобудування, пов'язаний із нагальною необхідністю швидкого вдосконалення технічних характеристик виробів, підвищення їхньої якості. Одним з найважливіших типів обладнання, широко розповсюдженим у хімічній, нафтохімічній, харчовій та ряді інших галузей промисловості є ємнісна апаратура горизонтального типу резервуари збірники, хімічні реактори, газгольдери тощо. Таке обладнання призначене для зберігання, переробки та транспортування хімічних,

Задоволення потреб народного господарства в ємнісній апаратурі при безперервному підвищенні якості виробів може бути забезпечене на основі виконання ряду заходів щодо дослідження, розробки та освоєння нових конструкцій. Одним із факторів, що визначають реалізацію умов успішного вирішення цих завдань при забезпеченні працездатності та надійності обладнання, є розробка та впровадження нових прогресивних методів та алгоритмів розрахунку на міцність та оптимальне проектування. Складність конструктивних форм, специфічні умови експлуатації висувають до розрахунків апаратури своєрідні та підвищені вимоги. Необхідність забезпечення працездатності та надійності виробів визначає актуальність проблеми розрахункової оцінки несучої здатності елементів обладнання, що працює у складних умовах експлуатації [2].

При проектуванні апаратури основним завданням є вибір конструктивних параметрів виробів, що забезпечують їхню високу ефективність (мінімальну матеріаломісткість, достатній запас міцності та жорсткості, низьку собівартість тощо). Розробка будь-якого виробу є циклічним ітераційним процесом, при

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якому конструктор розглядає ряд варіантів виробу, порівнює їх за обраними критеріями ефективності, виконує оцінні розрахунки. При розробці досить складних виробів практично зазвичай розглядають трохи більше 2-3 варіантів конструкції через обмежень у часі під час виконання трудомістких розрахунків. Найбільш трудомісткими є розрахунки, пов'язані з оцінкою працездатності конструкцій. Виконуючи розрахунки на міцність, найчастіше використовуються спрощені розрахункові схеми. Так при розрахунку на міцність горизонтальних циліндричних судин та апаратів у практиці проектування часто використовують балочну математичну модель, в якій не враховують реальну геометрію конструкції, не осесиметричний характер її навантаження та ряд інших факторів. Великий практичний досвід розробки виробів цього типу дозволяє створювати працездатні конструкції, проте питання щодо можливості підвищення їх ефективності залишається відкритим. Зважаючи на відсутність точних і доступних широкому колу користувачів методів розрахунку на міцність горизонтальних резервуарів конструктор змушений призначати завищені коефіцієнти запасу міцності, що призводить до збільшення металоємності конструкції, перевитрати дефіцитних матеріалів, підвищених енергетичних витрат.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ РОБОТИ

1.1 Основи контролю зварних з'єднань

Під контролем якості продукції розуміють відповідність показників якості продукції встановленим вимогам, які можуть бути зафіксовані в стандартах, кресленнях, технічних умовах, паспорті виробу та іншій нормативно-технічній документації[1].

Показники якості зварних з'єднань визначаються тією або іншою сукупністю наступних властивостей[1]:

- міцністю;
- надійністю;
- відсутністю дефектів;
- структурою металу шва та біляшовної зони;
- корозійною стійкістю;
- кількістю та характером виправлень тощо.

При контролі зварних деталей необхідно враховувати, що зварний шовв середині може мати різні дефекти: тріщини, пори, непровари, шлакові включення. Дефекти в зварному шві можуть виникати внаслідок неправильного складу газової суміші, неякісної зварної проволоки, несправності обладнання, неправильного складання, низької кваліфікації зварника тощо [2]. На рисунку 1.1 схематично показано основні види внутрішніх дефектів.

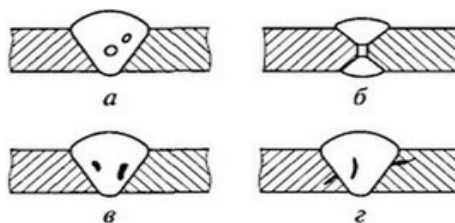


Рисунок 1.1. Внутрішні дефекти зварного шва: а пори; б непровари; в шлакові включення; г тріщини

Надійність — це властивість виробу виконувати задані функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники в заданих межах протягом необхідного проміжку часу або необхідного напрацювання[3].

На якість зварних з'єднань впливають багато факторів. Основні з них можна розділити на дві групи: технологічні і конструктивно-експлуатаційні.

До технологічних факторів можна віднести зварні матеріали, устаткування, підготовку та складання, процес зварювання, оператора (зварника).

До конструктивно-експлуатаційних факторів відносять основний метал, конструкцію виробу, умови експлуатації, методи та систему контролю, норми з якості[4].

Для того щоб керувати якістю зварювання, необхідно передбачити контроль всіх факторів, від яких залежить якість продукції.

Залежно від місця виконання контролю на тому або іншому етапі виробництва (на стадії технологічного процесу) розрізняють:

- вхідний (попередній контроль);
- операційний (поточний контроль);
- приймальний (остаточний контроль готової продукції).

Вхідний контроль містить у собі контроль основних і зварних матеріалів, що комплектують вироби і готові зварні вузли та деталі, які надходять від інших підприємств або дільниць[4].

На етапі попереднього контролю проводиться також перевірка працездатності зварного устаткування і кваліфікації виконавців робіт.

Операційний контроль — це контроль технологічного процесу зварювання, який виконується після завершення певної операції (контроль підготовки під зварювання, контроль складання під зварювання шва тощо), контроль безпосередньо процесу зварювання[4].

Приймальний контроль — це контроль готового зварного з'єднання після завершення всіх технологічних операцій з його виготовлення[4].

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймальний контроль включає зовнішній огляд виробу, визначення його розмірів, а також випробування. При приймальному контролі перевіряється відповідність виготовленої продукції вимогам нормативно-технічної документації.

За результатами такого контролю ухвалюють рішення щодо придатності конструкції до експлуатації. Приймальний контроль є найбільш відповідальною заключною операцією всього процесу виготовлення зварного з'єднання.

Крім цього залежно від обсягу перевірки зварних швів контроль може бути[4]:

- суцільний;
- вибірковий.

Суцільний контроль виконують для відповідальних зварних конструкцій.

Вибірковий — для контролю виробів крупносерійного та масового виробництва[4].

За місцем проведення контроль може бути[4]:

- стаціонарним;
- пересувним.

Стаціонарний контроль виконується на спеціально обладнаному контрольному пункті або у спеціальному приміщенні (наприклад, рентгеноконтроль виконують в ізольованих боксах). Пересувний контроль здійснюється безпосередньо на робочому місці (наприклад, ультразвуковий контроль) За призначенням контроль поділяється на[4]:

- приймальний;
- статистичний.

Приймальний контроль має бракувальний характер і проводиться з метою відокремлення готової продукції від браку.

Статистичний контроль використовується в крупносерійному і масовому виробництві у системі керування якістю продукції. Статистичний контроль є

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

засобом профілактичного впливу на хід технологічного процесу з метою його коректування і виключення появи браку.

За можливістю використання проконтрольованої продукції контроль може бути[4]:

- руйнівним;
- неруйнівним.

Руйнівний контроль застосовують для отримання контрольованих кількісних показників продукції. У деяких випадках контроль проводять з частковим порушенням цілісності матеріалу виробу, тобто шляхом випробувань без руйнування виробу[4].

Неруйнівний контроль не здійснює вплив на цілісність продукції та побічно характеризує її якість[4].

За засобами контролю та одержання інформації контроль поділяється на [4]:

- візуальний;
- інструментальний.

Візуальному контролю піддають 100 % виробів.

Інструментальний контроль є більш досконалий, оскільки здійснюється за допомогою різноманітних технічних засобів контролю.

Для визначення якості зварних швів існує багато методів. Необхідно більш детально розглянути основні види контролю для того щоб можна було обрати оптимальне рішення.

1.2 Основні методи неруйнівного контролю зварних з'єднань

Фізичну основу методів неруйнівного контролю складає дослідження змін характеристик металів і виявлення дефектів, що є причиною цих змін.

Методи неруйнівного контролю відповідно до ГОСТ 18353-79 класифікують на наступні види: візуально-вимірний, акустичний,

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

магнітний, оптичний, капілярний, течієшуканням, радіаційний, радіохвильовий, тепловий,

електричний, електромагнітний вихрових струмів [5].

Види неруйнівного контролю — це умовне угруповання методів, об'єднане спільністю фізичних характеристик.

Акустичні методи. Засновані на реєстрації пружних коливань, порушуваних у контрольованому об'єкті [5].

Застосовують для виявлення поверхневих і внутрішніх дефектів. Акустичні методи дозволяють вимірювати геометричні параметри при однобічному доступі до виробу [5].

Магнітні методи. Засновані на реєстрації магнітних полів розсіювання над дефектами або магнітними властивостями контрольованого об'єкта [5].

Застосовують для виявлення поверхневих і підповерхневих дефектів у виробках, виготовлених з феромагнітних матеріалів (магнітопорошковий, магнітографічний, магнітоіндукційний, феррозондовий та інші методи).

Оптичні методи. Засновані на взаємодії світлового випромінювання з контрольованим об'єктом [5].

За характером взаємодії розрізняють методи наскрізного, відбитого, розсіяного та індукційного випромінювання (останнім терміном визначають оптичне випромінювання об'єкта під дією зовнішнього впливу, наприклад, люмінесценцію).

Оптичні методи широко застосовують у зв'язку з великою розмаїтістю способів одержання первинної інформації (амплітуда, фаза, ступінь поляризації, частота або частотний спектр, час проходження світла через об'єкт, геометрія переломлення та відбиття випромінювання).

Капілярні методи. Засновані на капілярному проникненні індикаторних рідин у порожнину поверхневих дефектів.

При цьому методі контролю на очищену поверхню деталі наносять проникаючу рідину, що заповнює порожнини поверхневих дефектів. Потім рідину видаляють, а частину, що залишилася у порожнинах дефектів, виявляють

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нанесенням проявника, який утворює індикаторний рисунок (колірний, люмінесцентний, люмінесцентно-світловий, фільтруючих часток, радіоактивних рідин тощо).

Методи течієшукуванням. Засновані на реєстрації індикаторних рідин і газів, що проникають у наскрізні дефекти контрольованого об'єкта[4].

Застосовують для визначення герметичності працюючих під тиском зварних посудин, балонів, трубопроводів тощо (гідравлічне обпресування, контроль за допомогою гелієвого і галоїдного течієшукачів).

Радіаційні методи. Засновані на реєстрації і аналізі проникаючого іонізуючого випромінювання[4].

Проникаюче випромінювання (рентгенівське, гама, потоки нейтронів), проходячи крізь товщу виробу, по різному послабляється в дефектній і бездефектній області і несе інформацію про внутрішню будову речовини та наявність дефектів всередині контрольованих об'єктів[4].

Радіохвильові методи. Засновані на реєстрації зміни параметрів електромагнітних хвиль радіодіапазону, взаємодіючих з контрольованим об'єктом[4].

Як правило, застосовують хвилі надвисокочастотного (НВЧ) діапазону довжиною 1—100 мм для контролю діелектриків, магнітодіелектриків, напівпровідників і тонкостінних металевих об'єктів (де радіохвилі не дуже сильно згасають).

Теплові методи. Засновані на реєстрації змін теплових або температурних полів контрольованого об'єкта.

За характером взаємодії з об'єктом контролю розрізняють пасивний (на об'єкт не впливає зовнішнє джерело) і активний методи (об'єкт нагрівають або охолоджують від зовнішнього джерела).

Вимірюваним інформаційним параметром є температура або тепловий потік.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електричні методи. Засновані на реєстрації параметрів електричного поля, взаємодіючого з контрольованим об'єктом, або поля, що виникає в контрольованому об'єкті в результаті зовнішнього впливу.

Первинними інформаційними параметрами є електричні ємність або потенціал.

Електромагнітний метод вихрових струмів. Заснований на реєстрації змін взаємодії електромагнітного поля котушки з електромагнітним полем вихрових струмів, що наводяться цією котушкою в контрольованому об'єкті.

Особливості виявлення дефектів різними методами контролю зварних швів наступні [4]:

Радіаційна дефектоскопія — об'ємні внутрішні і поверхневі несутцільності в будь-яких матеріалах, у стикових швах [4].

Ультразвукова дефектоскопія — внутрішні і поверхневі несутцільності будь-яких матеріалах, окрім грубозернистих стикових і нахлестних швів [4].

Магнітна дефектоскопія — поверхневі і підповерхневі несутцільності у ферромагнітних матеріалах і стикових швах [4].

Капілярна дефектоскопія — поверхневі несутцільності в будь-яких матеріалах і з'єднаннях [4].

Геометричний контроль — наскрізні несутцільності в будь-яких матеріалах і з'єднаннях [4].

Далі розглянемо більш детально три найрозповсюдженіших методів неруйнівного контролю, а саме радіаційний метод контролю, ультразвукова дефектоскопія та магнітна дефектоскопія, що використовуються для контролю зварних швів [4].

1.2.1 Радіаційний метод контролю

Область застосування радіаційного методу останнім часом трохи знижується, однак, він незамінний при контролі великих литих деталей, товстостінних заготовок і зварних з'єднань. Одною з головних переваг методу є наявність реального документа контролю — рентгенівського знімка, де чітко

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

показана наявність дефекту або його відсутність[6]. На рисунку 1.2 схематично показано схему радіаційного контролю.

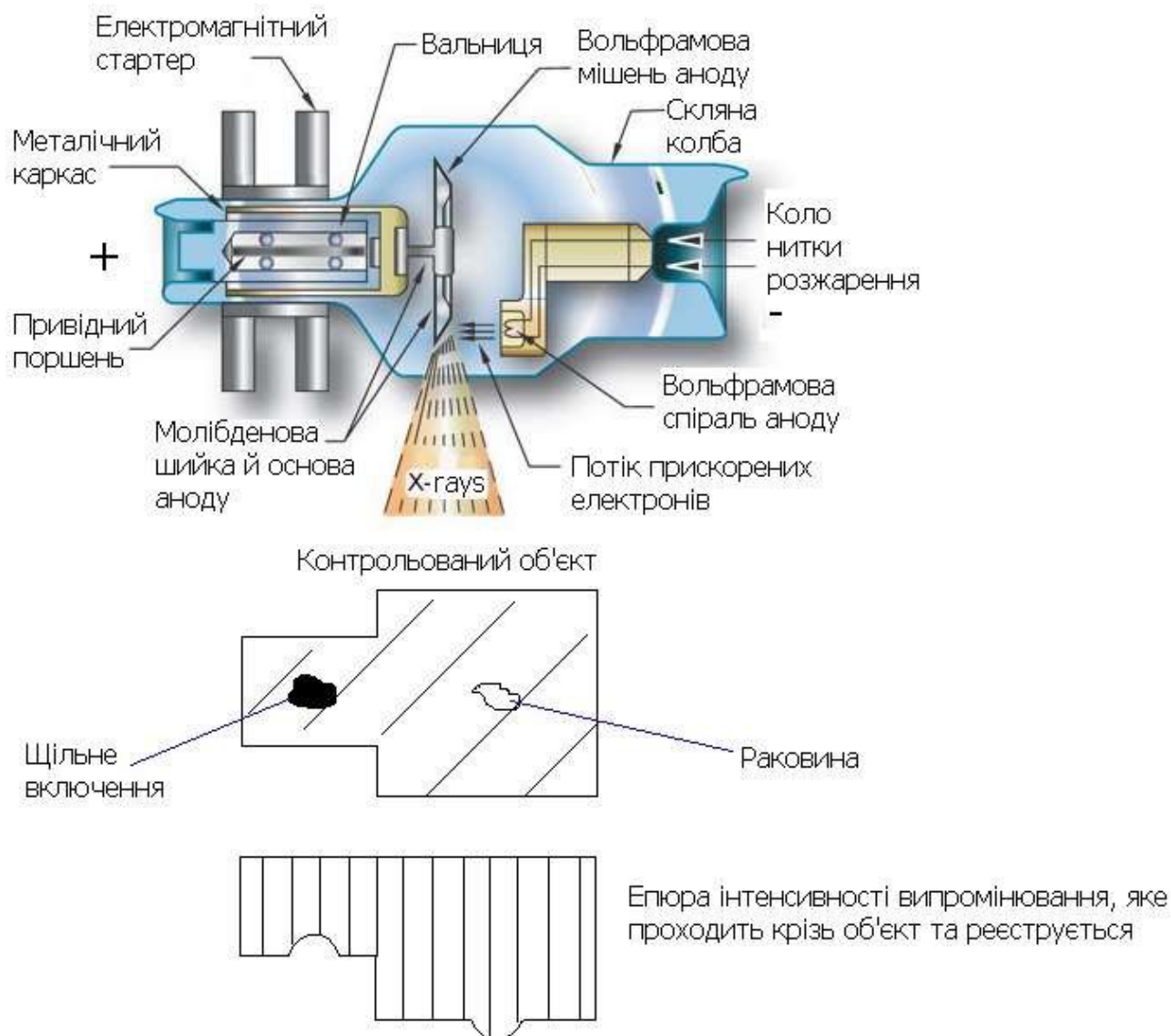


Рисунок 1.2. Просвічування контрольованого об'єкту [3]

Залежно від виду прийнятого детектора розрізняють три основних методи радіаційного контролю:

- радіографічний — інтенсивність випромінювання, що пройшло через об'єкт (радіаційне зображення просвіченого об'єкта), реєструється на радіографічну плівку, ксерорадіографічну плівку або фотопapіp.[6]

Радіографічний знімок об'єкта називають радіограмою.

Радіографічний спосіб контролю є найпоширенішим методом радіографічної дефектоскопії через його більш високу чутливість у порівнянні

з іншими методами, характеризується простотою та наявністю документальності контролю;

- радіоскопічний — радіаційне зображення просвіченого об'єкта перетворюється у світлотіннове, яке передається на екранвідеоконтрольного пристрою.[6]

У якості детектору використовується флуоресцентний монокристалічний екран або радіаційно-оптичні перетворювачі, зображення з яких через оптичну систему передаються на телевізійну трубку. Продуктивність радіоскопічного методу в 3-10 разів вища радіографічного, однак чутливість приблизно в 2 рази нижча;

- радіометричний — проводять виміри інтенсивності іонізуючого випромінювання, що пройшло через контрольований об'єкт.[6]

У якості детектору випромінювання найчастіше використовують сцинтиляційні лічильники і іонізаційні камери. Інтенсивність випромінювання вимірюють послідовно у різних точках за об'єктом, просвічуючи його вузьким пучком випромінювання. Вихідний сигнал детектора після перетворення реєструється на діаграмній стрічці[6].

Радіометричний метод контролю у порівнянні з радіографічним більш економічний, продуктивний і не менш чутливий до дефектів. Однак область його застосування обмежена, оскільки ним можна просвічувати вироби лише однієї товщини[6].

У основу застосування радіаційних методів контролю покладена властивість проникаючих випромінювань (рентгенівського і гаммавипромінювань) проходити крізь непрозорі для видимого світла тіла. Сутність радіаційної дефектоскопії полягає у вимірі інтенсивності випромінювання після проходження його через виріб [6].

Гамма-випромінювання випускається при мимовільному розпаді нестійких ядер радіонуклідів. У результаті ядерних перетворень радіоактивні ядра стають стабільними, їх загальна кількість у джерелі убуває. Кількість таких

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перетворень за одиницю часу називають активністю радіоізотопного джерела. Активність джерела зменшується з часом за експонентним законом[6].

Гамма-випромінювання характерне для деяких важких елементів, ядра атомів яких мають надлишок нейтронів, що приводить атоми у нестійкий стан (уран, радій і ряд інших елементів). Перехід їх у стійкий стан супроводжується випромінюванням нейтронів, альфа- та бета-частинок, а також і гамма-випромінюванням. У ядрах більш легких елементів (кобальт, цезій, іридій та ін.) нестійкий стан створюють штучно шляхом опромінення їх у ядерних реакторах.

Рентгенівське випромінювання виникає при проходженні потоку електронів крізь речовину і гальмуванні цього потоку на вольфрамовому або молібденовому аноді[6]. Місце гальмування електронів на аноді, що є джерелом випромінювання, називають фокусом випромінювання.

Діаметр активної частини джерела при просвічуванні аналогічний фокусу рентгенівської трубки. З фокуса рентгенівської трубки і з активної частини джерела рентгенівські та гамма-промені поширюються в усі сторони прямолінійно. Основними радіаційними характеристиками джерел є спектральний склад (енергія квантів, випромінюваних джерелом, та їхній процентний вміст у загальному потоці випромінювання) і активність джерела. Проникаюча здатність променів зі збільшенням частоти електромагнітного коливання зростає, вона характеризується твердістю випромінювання[6].

Залежно від енергії гамма-квантів джерела випромінювання поділяються на три групи: джерела з твердим випромінюванням і енергією близько 1 МеВ, джерела з випромінюванням середньої твердості і енергією 0,3—0,7 МеВ (цезій—137, іридій—192) та джерела з м'яким випромінюванням і енергією нижче 0,3 МеВ (тулій—170)[4].

Гамма-випромінювання. Для просвічування за допомогою проникаючих речовин служать гамма-дефектоскопи. Вони є автономними і не вимагають електроживлення від зовнішніх джерел, що забезпечує можливість їхнього

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосування як у монтажних умовах, так і при ремонтах під час контролю елементів конструкцій у важкодоступних місцях. Вони

мають захисні радіаційні головки з джерелом випромінювання, органи керування, систему сигналізації про положення джерела і транспортного пристрою. Органи керування здійснюють переміщення ампули з радіоактивним ізотопом у положення просвічування і повернення її в положення зберігання.[4]

При просвічуванні за допомогою дистанційного керування відкривають затвор радіаційної головки і застосовують утворений при цьому спрямований пучок випромінювання або виводять джерело за межі головки, що забезпечує просвічування панорамним методом.

Рентгенівське випромінювання. Джерелом його служить вакуумна камера бетатрона або трубка рентгенівського апарата. Зі збільшенням анодної напруги випромінювання стає більш жорстким. Збільшення або зменшення анодного струму призводить до збільшення або зменшення інтенсивності випромінювання відповідно. Максимальна енергія рентгенівського випромінювання чисельно дорівнює напрузі на рентгенівській трубці[4].

Для просвічування рентгенівськими променями застосовують апарати, які за режимом роботи поділяються на дві групи: апарати, що працюють у режимі імпульсного випромінювання, і апарати, що працюють у режимі безперервного випромінювання.

Джерела гамма- або рентгенівського випромінювання обирають залежно від товщини контрольованого матеріалу з урахуванням умов і доступу до зони контролю.

Радіографія. Спосіб контролю полягає у фіксації на рентгенівській плівці зображення контрольованої зони з темними плямами у місцях розташування дефектів. У радіографії використовують властивість рентгенівських плівок чорніти під впливом випромінювання після відповідної фотообробки. Частини знімків з більшим потемнінням характеризують більшу інтенсивність випромінювання за об'єктом і свідчать про порушення суцільності контрольованої зони, тобто про наявність певного дефекту[6].

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Здатність плівки темніти після опромінення при проявленні характеризує її фоточутливість. Зернистість плівки залежить від нерівномірності розподілу в емульсії атомів срібла, що формують рентгенівське зображення.

Якщо потрібне виявлення дуже дрібних дефектів, то застосовують плівку менш чутливу, але більш дрібнозернисту, а якщо вирішальним фактором є величина експозиції, то застосовують більш чутливу плівку. Для одержання щільних знімків без збільшення часу експозиції застосовують посилюючі екрани.

Область застосування будь-якого джерела обмежена величиною мінімального дефекту, що виявляється.

В основному гамма-апарати застосовують при контролі масивних виливків, зварних швів трубопроводів, посудин, барабанів котлів для виявлення великих дефектів.

Бетатрони застосовують в основному для просвічування товстостінних виробів. Особливістю знімків є досить чітке зображення.

Радіографічний метод контролю, відповідно до ГОСТ 7512-82, передбачає застосування гамма- і гальмівного випромінювання з реєстрацією на рентгенівській плівці. Цим методом виявляють у зварних з'єднаннях внутрішні дефекти: тріщини, пори, непровари, неметалеві включення тощо, а також недоступні для зовнішнього огляду зовнішні дефекти, такі як утяжини, перевищення проплаву та ін.

Радіографічний контроль не забезпечує виявлення дефектів, якщо їхня довжина у напрямку випромінювання менша подвоєної чутливості контролюю метрах або якщо зображення дефектів збігаються на знімку з іншими зображеннями, а також: непроварів і тріщин з розкриттям менше 0,1 мм для зварних з'єднань з товщиною до 40 мм, непроварів і тріщин з розкриттям менше 0,25 % для зварних з'єднань з товщиною більше 40 мм, непроварів і тріщин, площа розкриття яких не збігається з напрямком випромінювання, та ін [4].

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для надійного виявлення тріщин з шириною розкриття до 0,1 мм необхідно, щоб промені збігалися з площиною порушення суцільності або становили з нею кут не більше 12° .

Характер і розмір дефектів, як правило, визначають по еталонних знімках, які отримані експериментальним шляхом при контролі деталей з аналогічними характерними дефектами.

Глибину залягання дефектів визначають по спеціальних еталонах, шляхом порівняння потемніння на знімку з потемнінням зображення відповідної канавки пластинчастого еталона.

1.2.2 Ультразвукова дефектоскопія

Ультразвукова дефектоскопія дозволяє виявити волосовину, внутрішні тріщини, раковини, шлакові включення і непроварювання у зварному шві [7].

Суть ультразвукової дефектоскопії полягає у тому, що при поширенні ультразвукових коливань у деталях відбувається відбивання коливальної енергії від меж двох середовищ (повітря – метал, стороннє включення – метал), яке реєструється відповідними приймачами [8], як це показано на рис. 1.3.

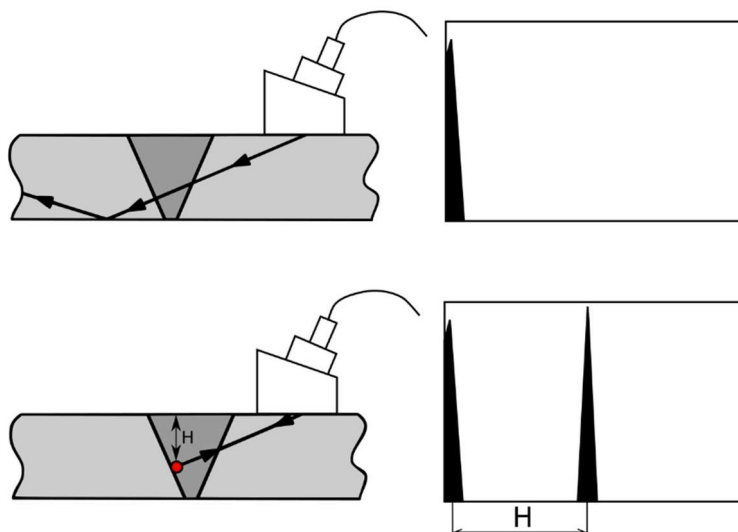


Рисунок 1.3. Ультразвукова дефектоскопія зварного шва без дефекту(зверху) і здефектом (знизу).

1.2.3 Магнітна дефектоскопія

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Магнітна дефектоскопія застосовується для виявлення зовнішніх прихованих дефектів (тріщин) у деталях із феромагнітних матеріалів (сталі, чавуну). Вона полягає в тому, що при дії магнітного поля у місцях тріщин створюються магнітні силові лінії і концентруються на кінцях тріщин. Феромагнітні частинки (дрібнозернистий порошок прогартованого окису заліза) намагнічуються у магнітному полі і притягуються до місця дефекту, утворюючи на поверхні деталі у зоні тріщини характерний рисунок. Способом магнітної дефектоскопії можна виявити тріщини шириною до 1 мкм. Перед намагнічуванням на поверхню деталі наносять суспензію із трансформаторної оливи (40 %), гасу (60 %) і магнітного порошку (50 г/л). Для контролю деталей з малою магнітною проникністю (малою твердістю) суспензією покривають деталь під час намагнічування, а для контролю деталей з високою магнітною проникністю (деталі із легованих сталей і термічно оброблені) використовують остаточну намагніченість і покривають деталь суспензією після зняття магнітного поля[9].

Для виявлення тріщин необхідно, щоб магнітні силові лінії розміщувались по можливості перпендикулярно (не менше 20°) до тріщини, бо інакше розсіювання магнітних силових ліній може бути незначним і дефект важко виявити. Тому для виявлення тріщин різного напрямку (поперечних, поздовжніх або розміщених під кутом до осі симетрії) застосовують різні способи намагнічування. Для виявлення поперечних тріщин виконують поздовжнє намагнічування, а для виявлення поздовжніх і розміщених під кутом — циркуляційне. Останнє досконаліше і зручніше для виявлення тріщин у деталях складної конфігурації, наприклад у колінчатих валах[9].

Намагнічування деталі здійснюють на магнітних дефектоскопах, які різняться за способом намагнічування, видом струму і призначенням. У ремонтному виробництві застосовують універсальний магнітний дефектоскоп М-217, який має змогу виконувати циркуляційне поздовжнє і місцеве намагнічування, а також дефектоскопи ПМД-70, ПМД-68 та інші. Після

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

магнітної дефектоскопії деталі розмагнічують, переміщуючи їх через відкритий соленоїд, який живиться змінним струмом, або пропускають струм через деталь, поступово зменшуючи його до нуля.[10]

1.2.3 Метод акустичної емісії

Метод акустичної емісії - це метод неруйнівного контролю, який використовується для виявлення дефектів та пошкоджень в матеріалах і конструкціях шляхом реєстрації акустичних сигналів, які виникають при руйнуванні матеріалу або зміні його структури. Зміна параметрів АЕ-сигналів на етапах механічного руйнування при статичному навантаженні показана на рис. 1.4.

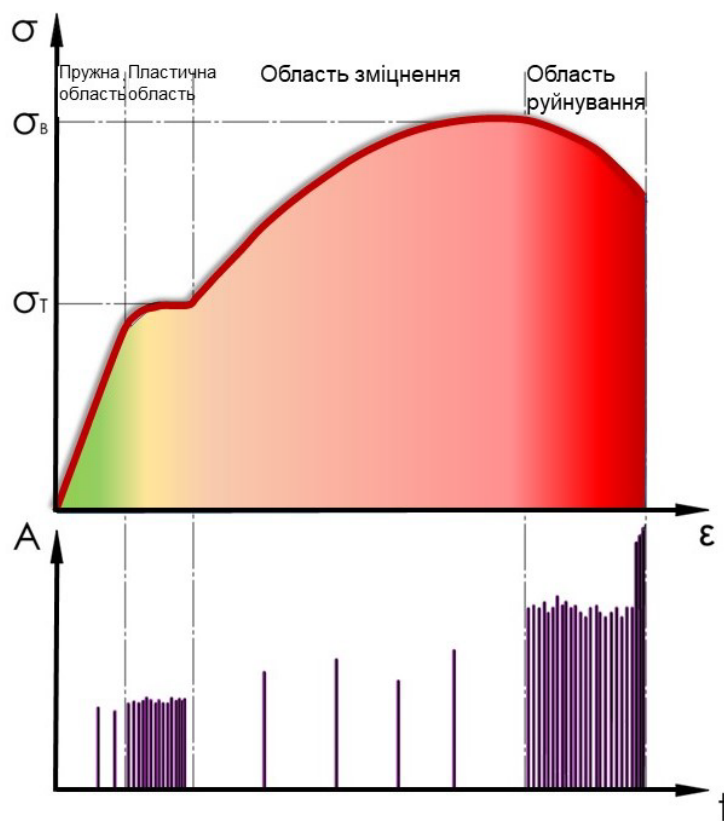


Рисунок 1.4. Зміна параметрів АЕ-сигналів на етапах механічного руйнування при статичному навантаженні.

У зварюванні метод акустичної емісії використовується для контролю якості зварних з'єднань. Під час зварювання в матеріалі виникають внутрішні напруження, які можуть призвести до появи мікротріщин або інших дефектів.

Застосування методу АЕ дозволяє виявити ці дефекти на ранніх стадіях їх розвитку та уникнути небезпечних ситуацій.

Для застосування методу АЕ у зварюванні використовуються спеціальні датчики, які накладаються на поверхню зварного з'єднання. Під час зварювання датчики реєструють акустичні сигнали, які виникають при руйнуванні матеріалу або зміні його структури. Джерела акустичної емісії матеріалу показані на рис. 1.5. Отримані дані обробляються за допомогою спеціального програмного забезпечення, яке дозволяє визначити наявність дефектів та їх розміри.

Застосування даного методу у зварюванні дозволяє забезпечити високу якість зварних з'єднань та підвищити надійність конструкцій. Крім того, цей метод є ефективним засобом контролю якості зварних робіт та дозволяє вчасно виявляти та усувати дефекти.

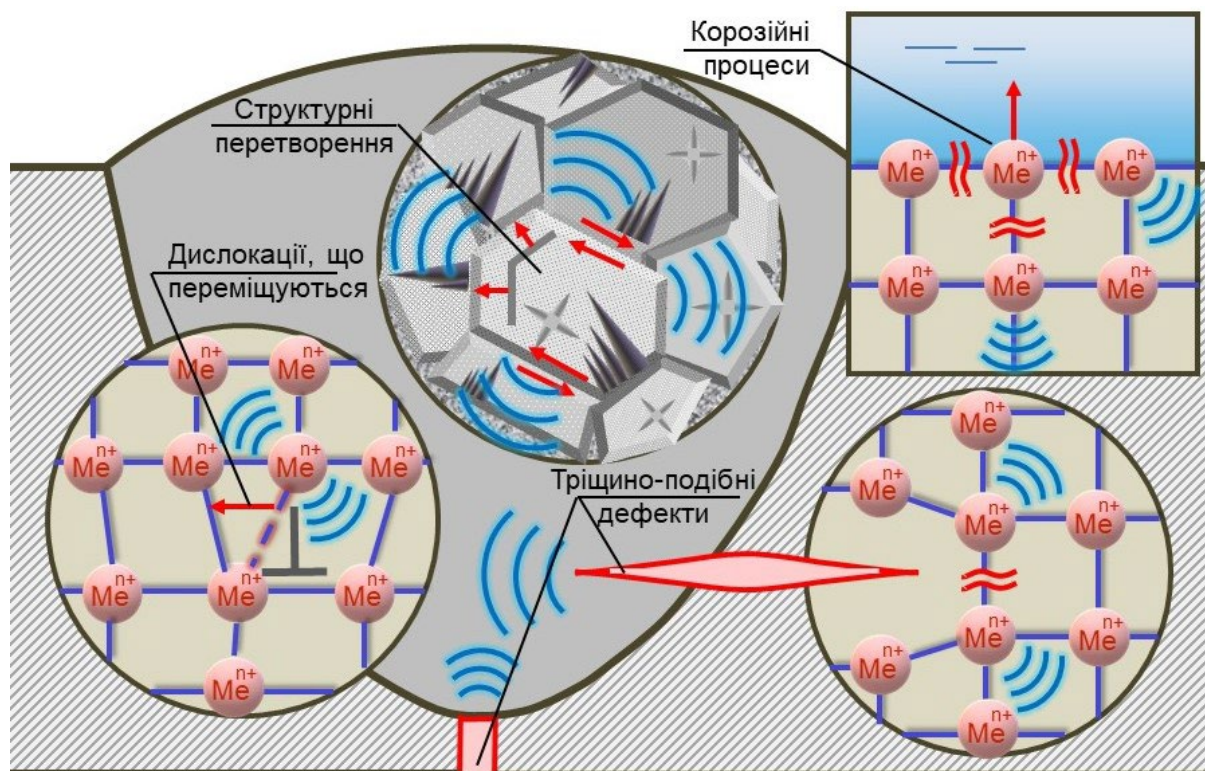


Рисунок 1.5. Джерела акустичної емісії матеріалу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЗС-91.06.00.000 ПЗ

Арк.

26

Одиничне переміщення джерела акустичної емісії (подія акустичної емісії) генерує АЕ - сигнал - акустичну хвилю певної амплітуди, довжини і тривалості.

Висновки: Найбільш перспективними методами неруйнівного контролю зварних ємностей з нержавіючих сталей, які повністю характеризують технічний стан є радіаційний метод і метод акустичної емісії

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 МЕТОДОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЮ МЕТОДОМ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

2.1 Методика акустичного контролю

Метод акустичного контролю -це комплекс методів та приладів, які використовуються для виявлення дефектів в матеріалах та конструкціях шляхом аналізу акустичних сигналів. Методика базується на фізичних принципах, що полягають у тому, що при руйнуванні матеріалу виникають акустичні хвилі, які можуть бути зареєстровані спеціальними датчиками.

МАК використовуються в різних галузях, таких як металургія, авіаційна та космічна промисловість, будівництво, медицина та інші. В залежності від завдання, що стоїть перед МАК, використовуються різні методики та прилади.

У зварюванні МАК застосовуються для контролю якості зварних з'єднань. Для цього використовуються спеціальні датчики, які накладаються на поверхню зварного з'єднання. Під час зварювання датчики реєструють акустичні сигнали, які виникають при руйнуванні матеріалу або зміні його структури.

МАК дозволяє виявляти різноманітні дефекти, такі як тріщини, пустоти, включення та інші. Отримані дані обробляються за допомогою спеціального програмного забезпечення, яке дозволяє визначити наявність дефектів та їх розміри.

Застосування МАК у зварюванні дозволяє забезпечити високу якість зварних з'єднань та підвищити надійність конструкцій. Крім того, цей метод є ефективним засобом контролю якості зварних робіт та дозволяє вчасно виявляти та усувати дефекти.

Методологія проведення контролю методом акустичної емісії (АЕ) складається з наступних етапів:

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Визначення цілей контролю. Необхідно визначити, що саме потрібно перевірити за допомогою методу АЕ, наприклад, виявлення дефектів, визначення рівня напруженості матеріалу тощо

2. Вибір об'єкта контролю. Об'єкт повинен бути зручним для проведення контролю методом АЕ та мати достатню жорсткість для передачі акустичних хвиль.

3. Підготовка об'єкта до контролю. Перед проведенням контролю необхідно підготувати об'єкт, зокрема, очистити його від бруду та інших забруднень

4. Розміщення датчиків. Для проведення контролю необхідно розмістити датчики на поверхні об'єкта таким чином, щоб вони забезпечували максимальну чутливість до акустичних хвиль.

5. Запуск контролю. Після підготовки об'єкта та розміщення датчиків можна запустити контроль. Під час контролю необхідно збирати дані про акустичну емісію та аналізувати їх.

6. Аналіз результатів. Після проведення контролю необхідно проаналізувати отримані результати та визначити наявність дефектів чи інших проблем з об'єктом.

2.2 Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є зварна деталь із 2-х міліметрової листової гарячекатаної сталі Ст3, ескіз якої показано на рис. 2.1. Дана деталь виготовлена зварюванням за допомогою напівавтоматичного зварного апарата SSVA-180-Р. Дана деталь спроектована як дослідний зразок для проведення експериментальних досліджень.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

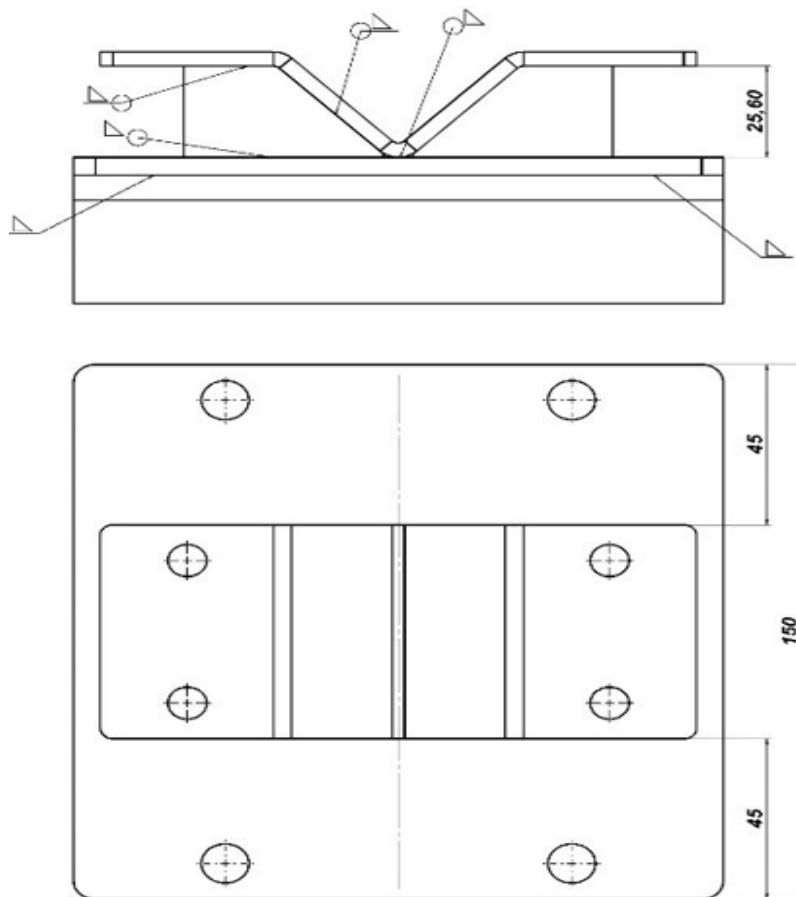


Рисунок 2.1. Конструкція зварної деталі.

2.3 Устаткування для проведення експерименту

Резервуар (лат. *resvo* - бережу) - ємність для прийому, зберігання, обліку, обробки та відпуску різноманітних рідин - води, нафти, нафтопродуктів, лугів, кислот, зріджених газів і т.д. Різні умови експлуатації резервуарів, що залежать від району розміщення, а також індивідуальні вимоги до обсягу продукту, що обробляється і зберігаються, призводять до необхідності проектування та виготовлення резервуарів з різних матеріалів і з різними геометричними та конструктивними параметрами [4].

Резервуари класифікуються за:

- призначенням;
- основного матеріалу;
- генерального конструктивного рішення;
- розташування;

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- груп;
- типів;
- видів;
- режим експлуатації;
- ступеня небезпеки тощо.

Класифікація «за призначенням» будується на підставі виду продукту, що зберігається.

Відповідно до даної класифікації виділяють такі групи резервуарів:

- водяні;
- нафтові;
- для зріджених газів;
- для хімічних продуктів та ін.

Усередині цих груп також існує розподіл на підгрупи.

У групі нафтових резервуарів виділяють такі підгрупи:

- для нафти та світлих нафтопродуктів (лвж);
- для темних нафтопродуктів (мазут, бітум, олії);
- для нафтовмісних рідин (відходи нафтопереробки, нафтошлами, підтоварна вода та ін.).

Класифікація по основному, що використовується для виготовлення матеріалу включає наступні резервуари:

- металеві;
- неметалеві (резиноканінні, склопластикові, залізобетонні та ін.);
- підземні ємності глибокого закладання.

Резервуари останньої групи створюються за спеціальною технологією та розташовуються в сольових відкладах, пластах великообмотувальних порід та в тугопластичних пластах [5].

За генеральним конструктивним рішенням виділяють такі типи резервуарів:

- циліндричні;

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- прямокутні та багатокутні;
- кульові;
- складних конструктивних форм – краплеподібні, тароподібні тощо.

Резервуари останньої групи виготовлялися в дуже малих кількостях.

За розташуванням щодо планувальної висотної позначки резервуарного парку розрізняють:

- надземні резервуари, днище яких розташоване вище планувальної висотної позначки;
- наземні резервуари, днище яких знаходиться на поверхні природної основи;
- підземні резервуари-ємності, що задовольняють наступній умові: різниця між максимальним рівнем продукту, що зберігається, і планувальною висотною відміткою не перевищує 0,2 м;
- існують навіть підводні резервуари.

Виготовляються вони зі сталі або залізобетону і можуть бути рухливими і стаціонарними. Слід виділити ще одну групу - напівпідземні (напівзаглиблені) резервуари. Днище ємностей цієї групи розташовується нижче за висотну позначку, при цьому відстань між максимальним рівнем рідини і рівнем висотної позначки знаходиться на відстані меншій 0,2 м. Виготовляються у вигляді циліндричних горизонтальних резервуарів зі сталі або залізобетону [6].

Характеристика резервуарів за технологічним режимом експлуатації будується на аналізі таких параметрів, як робочий тиск (надлишковий та вакуум), робочий температурний режим, та оперативне використання.

Виділяють такі групи резервуарів з оперативного використання:

- резервуари тривалого зберігання;
- ємності для змішування;
- ємності для безперервного виконання технологічних операцій та ін.

За величиною робочого надлишкового тиску виділяють такі типи резервуарів:

- атмосферні, де надлишковий тиск дорівнює нулю;

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- низького тиску, де робочий тиск не перевищує 2КПа;
- -Підвищеного надлишкового тиску, де робочий тиск лежить в межах від 2 до 7 КПа;
- високого надлишкового тиску, де робочий надлишковий тиск більший за 7 КПа;

Значення робочого вакуумметричного тиску лежить в межах від 0,2 до 2,5 КПа і залежить від виду продукту, що зберігається, і конструкції резервуара.

За температурним режимом зберігання та експлуатації резервуари поділяють на:

використовувані при температурі навколишнього повітря;

експлуатовані з додатковим підігрівом продукту, що зберігається. Цей вид резервуарів використовується в основному для високов'язких нафтопродуктів;

ізотермічні резервуари, які використовуються для зберігання продукту при негативних температурах. Насамперед це різні зріджені гази (метан, пропан, етан та ін.)

Залежно від обсягу продукту, що зберігається, резервуари діляться на 4 класи небезпеки:

- 1 клас небезпеки – резервуари об'ємом понад 50 000м³;
- 2 клас небезпеки - це ємності об'ємом від 20000 м³ до 50 000м³, а також об'ємом 10000 м³ до 50 000м³, якщо вони розташовані на берегах великих водойм і річок, або в межах міста;
- 3 клас небезпеки – резервуари об'ємом від 1000 м³ до 20 000м³;
- 4 клас небезпеки – резервуари менше 1000 м³.

Клас небезпеки значно впливає на проектування, виготовлення та монтаж резервуарів. Розрахунок міцності стінки резервуара при виборі коефіцієнтів надійності, вимоги до методів виготовлення та монтажу, методи та обсяг контролю якості матеріалів, зварних з'єднань та монтажу повністю залежать від класу небезпеки даного резервуара [7].

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Резервуари для зберігання та обробки нафти та нафтопродуктів, крім іншого, відносять до 1 підвищеного рівня відповідальності споруд.

2.4 Формування завдання експерименту

Резервуар горизонтальний сталевий призначений для прийому, зберігання та видачі продукту.

За видом продукту, що зберігається, виробляються:

- РГС для світлих та темних нафтопродуктів;
- РГС для води (питної, пожежної, технічної);
- РГС для мастил та мастильних матеріалів;
- РГС для спиртів;
- РГС для рідких мінеральних добрив;
- РГС для харчової сировини (харчових рідких продуктів).

Горизонтальні резервуари знаходять широке застосування на нафто-

зах, автозаправних станціях (АЗС), складах ПММ, у системах ТЕС та котелень, як найбільш економічно та технологічно ефективний вид паливного сховища. Ефективність цього виду резервуарів забезпечена,

насамперед, різноманітністю їх обсягів та змін, адаптованих під специфіку підприємства [8].

Класифікація резервуарів

Горизонтальні резервуари класифікуються за кількома основними параметрами:

- За кількістю стінок:
- одностінні РГС;
- двостінні РГС.

Двостінне виконання дозволяє зберегти продукт у разі протікання однієї зі стінок. Іноді між стінками заливають тосол контролю зміни міжстінного тиску.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За розміщенням щодо поверхні території горизонтальні сталеві резервуари бувають двох типів:

РГСн - наземного виконання;

Також в окремих випадках резервуари вкопують у ґрунт частково або розміщують його над рівнем поверхні території, але створюють над ним штучний пагорб [9]. За потреби захисту від замерзання середовища в резервуарі встановлюється нагрівальне обладнання: пароводяний або електричний підігрів кабелем. Для збереження температурного режиму встановлюється термоізолююча сорочка (теплоізоляція).

Елементи конструкції

Основними елементами горизонтальних резервуарів є:

- опорна частина;
- стінка корпусу та вузли жорсткості;
- торцеві частини корпусу (днища);

Опорна частина виконується в декількох варіантах:

- сталеві опори (опорні стійки);
- опори сідлоподібні із залізобетону;
- основи із ущільненого піску з гідрофобним шаром.

Корпус РГС складається з циліндричної та торцевих частин. Циліндричну частину корпусу також називають стінкою, а торцеві частини - днищами.

Циліндрична частина корпусу або стінка РГС складається з певної проектом кількості обичайок, які виконуються з металопрокату та в діаметрі досягають 3,25 м. Товщини металопрокату визначають розрахунками на стійкість та міцність. Обичайки зварюються встик (монтажний шов може бути виконаний внахлест). Корпус РГС часто комплектується кільцями жорсткості [10].

Днища РГС бувають трьох видів:

- плоскі днища (безреберні або ребристі) - застосовуються в резервуарах з надлишковим тиском до 40 кПа;
- конічні днища - застосовуються в резервуарах з надлишковим

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тиском від 40 кПа до 70 кПа;

- еліптичні – застосовуються в резервуарах з високим надлишковим тиском (понад 70 кПа). Резервуари зазвичай забезпечують заземленням, сходами, люками-лазами, обладнанням прийому-роздачі, вентиляції та КВП. За необхідністю резервуар РГС обладнується пристроями підігріву. Також горизонтальні резервуари піддаються антикорозійному захисту та теплоізоляції. Резервуари горизонтальні сталеві РГС виконуються зі сталі Ст3, легованої сталі 09Г2С або нержавіючої сталі, наприклад для зберігання харчових продуктів або хімічних середовищ.

Варіанти виконання резервуарів згідно з ДСТУ-3Т Б В.2.6-103:2010 наведені в табл. 2.1 та 2.2

Таблиця 2.1. Варіант 1 виконання РМР

Найменування	Довжина (мм)	Внутрішній діаметр (мм)
РГС - 3 м3	2150	1400
РГС - 5 м3	2150	2000
РГС – 10 м3	2600	2000
РГС – 15 м3	4600	2190
РГС - 20 м3	6010	2190
РГС - 25 м3	4300	2800
РГС – 50 м3	8800	2800
РГС - 60 м3	11000	2780
РГС – 75 м3	9300	3200
РГС – 100 м3	12350	3200

Таблиця 2.2. Варіант 2 виконання РМР

Об'єм (літри)	Параметри резервуару (можуть змінюватися в залежності від замовлення)		
	Діаметр зовнішній (мм)	Довжина (мм)	Товщина сте- нок (мм)
5 000	1500	3000	4
6000	1900	2720	4
10 000	1900	4000	5
15 000	1900	5775	5
20 000	2500	4700	5
25 000	2500	5668	5
30 000	2500	6700	5
35 000	2500	7750	6
40 000	2500	8755	6
50 000	2500	10880	6
60 000	2500	12885	6
75 000	2500	15950	6
85 000	3000	12200	6
100 000	3000	14500	6

Резервуари горизонтальні сталеві двостінні підземного виконання для зберігання нафтопродуктів застосовуються при будівництві блокових та традиційних АЗС.

Резервуари горизонтальні сталеві одностінні підземного виконання для збирання аварійної протоки нафтопродуктів, дренажних стоків, а також для експлуатації на хімічному виробництві.

Резервуари горизонтальні сталеві двостінні надземного виконання для зберігання нафтопродуктів застосовуються при будівництві контейнерних,

модульних автозаправних станцій, складах ПММ на території населених пунктів.

Резервуари горизонтальні сталеві одностінні надземного виконання для зберігання нафтопродуктів застосовуються при будівництві модульних АЗС, нафтобазах та складах нафтопродуктів, експлуатація яких здійснюється за межами населених пунктів. Також цей вид резервуарів можна використовувати в інших різних галузях народного господарства [11].

2.5 Планування експерименту

Корпус резервуара встановлений на двох сідлових опорах (ложементах) (рис. 2.2). Рідина, що транспортується, знаходиться під надлишковим тиском, величина якого може становити 0,2 МПа і більше. Транспортування продукту, як правило, проводиться по пересіченій місцевості, внаслідок чого інтенсивність динамічної складової механічного навантаження може бути достатньо високою. До параметрів міцності конструкції пред'являються підвищені вимоги.

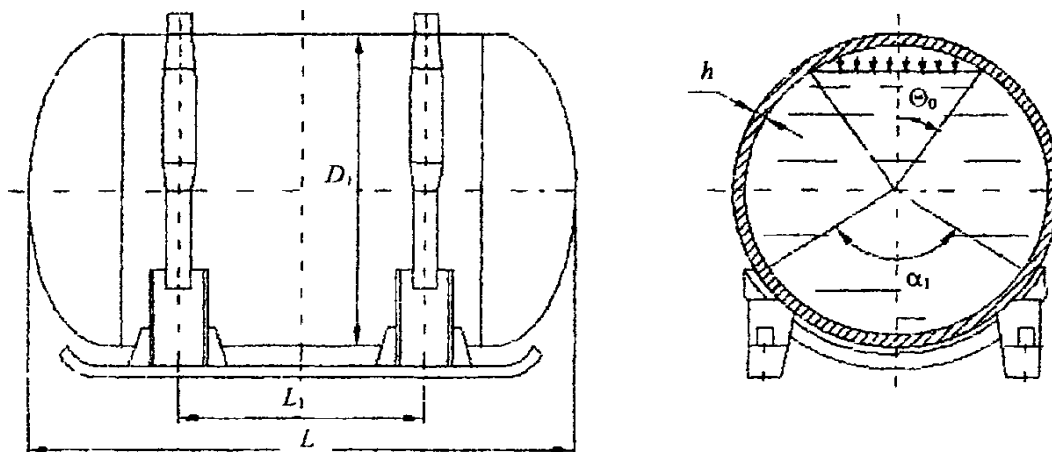


Рисунок 2.2. Резервуар для зберігання та транспортування пально-мастильних матеріалів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЗС-91.06.00.000 ПЗ

Арк.

38

2.6 Проведення експерименту

Стінка корпусу резервуара повинна виготовлятися із заготовки, що звальцьована по заданому радіусу, звареної в нижньому положенні з кількох листів. Відстань між поздовжніми зварними швами має бути не менше 100 мм.

При рулонному виготовленні стінки з попередньо зварених заготовок замикаючий поздовжній шов повинен бути двостороннім стиковим і розташовуватися у верхній частині резервуара.

Після складання та зварювання обічанок стінка резервуара (без днища) повинна відповідати наступним вимогам:

а) відхилення за довжиною – не більше $\pm 0,3$ % номінальної довжини, але не більше ± 75 мм;

б) відхилення від прямолінійності - трохи більше 2 мм на довжині 1 м, але з більше 30 мм на довжині стінки понад 15 м.

Відхилення внутрішнього (зовнішнього) діаметра стінки резервуару допускається не більше ± 1 % номінального діаметра, якщо в технічній документації на резервуар не вказано більш жорстких вимог.

Двостінні корпуси

Для підземного розташування резервуарів використовуються резервуари із двостінними корпусами. Відстань між стінками повинна бути не менше 4 мм і забезпечуватись використанням вальцованого прямокутного профілю, привареного до внутрішньої стінки резервуара.

Зовнішня стінка двостінного резервуара повинна виконуватись полістичним методом або методом рулонування. Замикаючі поздовжні та поперечні шви обичайки повинні бути виконані встик на підкладках. Замикаючий шов при рулонному методі виконується встик на підкладці.[12].

Усі конструктивні елементи резервуарів за вимогами до матеріалів поділяють на основні та допоміжні.

До основних конструкцій відносять: стінки, днища, перегородки, опорні діафрагми та кільця жорсткості, люки, патрубки, підсилювальні накладки, опори.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До допоміжних конструкцій відносять: сходи, майданчики, переходи та огороження.

Матеріали за хімічним складом, механічними властивостями та холодостійкістю повинні відповідати вимогам цього стандарту.

ектно́ї документації та ТУ на виготовлення резервуарів [16].

Якість та характеристики матеріалів повинні підтверджуватись відповідними сертифікатами.

Для основних конструкцій резервуарів повинна застосовуватися лише вуглецева (повністю розкислена) сталь звичайної якості або низьколегована.

Для допоміжних конструкцій з урахуванням температурних умов експлуатації допускається застосування вуглецевої напівспокійної та киплячої сталей [17].

Листовий прокат вуглецевих сталей звичайної якості та вуглецевих низьколегованих сталей слід застосовувати із вмістом сірки не більше 0,04 % та масовою часткою фосфору не більше 0,035 % .

Вибір марки сталі для конкретної споруди визначається розрахунковою температурою металу. За розрахункову температуру металу слід приймати найнижче з двох наступних значень:

- мінімальна температура продукту, що складеться;
- температура найхолоднішої п'ятиденки для району будівництва.

Холодостійкість сталі визначають при випробуваннях на ударний вигин по ДСТУ EN ISO 9016.

Для району будівництва з розрахунковою температурою мінус 40 °С і вище для основних конструкцій допускається використовувати маловуглецеву сталь С245 по ДСТУ 8539:2015.

Вимоги до ударної в'язкості сталей:

- KCU+20 $\geq$ 78 Дж/см²;
- KCU-20 $\geq$ 39 Дж/см²;
- KCV+10 $\geq$ 34 Дж/см².

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для району будівництва з розрахунковою температурою нижче мінус 40 °С для основних конструкцій повинна використовуватися низьколегована сталь С345 ДСТУ 8539:2015.

Вимоги до ударної в'язкості сталей:

а) при розрахунковій температурі від мінус 40 °С до мінус 49 °С включно:

- KCU-50 ≥ 39 Дж/см²;

- KCV-20 ≥ 39 Дж/см²;

б) при розрахунковій температурі від мінус 50 °С до мінус 65 °С:

- KCU-70 ≥ 29 Дж/см²;

- KCV-25 ≥ 29 Дж/см².

Вуглецевий еквівалент сталі Се для основних конструкцій не повинен перевищувати 0,43%.

Клас суцільності листового прокату корпусів резервуарів повинен відповідати класу 1 по ДСТУ.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Підготовка до експерименту

Заводське зварювання конструкцій резервуарів слід виконувати відповідно до затвердженого технологічного процесу, в якому мають бути передбачені:

- вимоги до форми та підготовки кромek деталей, що зварюються;
- способи та режими зварювання, якість зварних матеріалів, послідовність виконання технологічних операцій [19].

Використовуваний вид зварювання конструктивних елементів зварних з'єднань та швів повинен відповідати вимогам:

- для ручного дугового зварювання - зварні з'єднання по ГОСТ 5264, зварні з'єднання під гострими та тупими кутами по ГОСТ 11534;
- для автоматичного та механізованого зварювання під флюсом - зварні з'єднання по ГОСТ 8713;
- для дугового зварювання в середовищі захисних газів ГОСТ 14771, зварні з'єднання під гострими та тупими кутами по ГОСТ 23518.

Атестацію зварних матеріалів та технології зварювання конструктивних елементів резервуара проводять з використанням відповідних процедур.

Способи та режими зварювання елементів конструкцій резервуара повинні забезпечувати рівень механічних властивостей та холодостійкості зварних з'єднань, передбачених вимогами проектної документації та цього стандарту. Зварні шви повинні бути міцнощільними. Переривчасті зварні шви при зварюванні корпусів резервуарів не допускаються.

Зварювання резервуарів при негативних температурах (нижче за мінус 20 ° С) повинна виконуватися з підігрівом до 120 ° С – 160 °.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварні з'єднання та шви

Терміни та визначення зварних з'єднань приймати відповідно до нормативних документів на зварювання.

Стикове з'єднання - зварне з'єднання двох елементів, що примикають один до одного торцевими поверхнями.

Кутове з'єднання - зварне з'єднання двох елементів, розташованих під кутом і зварених у місці їхнього примикання. Нахлісткове з'єднання - зварне з'єднання двох елементів, розташованих паралельно і частково перекривають один одного.

Таврове з'єднання - зварне з'єднання, в якому торець одного елемента приварений під прямим кутом до бічної поверхні іншого елемента.

Терміни та визначення зварних швів.

Стиковий шов - зварний шов стикового з'єднання з різною обробкою кромки: прямокутної, Х-подібної, К-подібної, V-подібної.

Кутовий шов - зварний шов кутового, нахлесточного або таврового з'єднання.

Типи зварних швів:

безперервний шов – зварний шов без проміжків по довжині;

переривчастий шов - зварний шов із проміжками по довжині, ділянки шва повинні бути не менше 50 мм;

прихватки, які виконуються для фіксації взаємного розташування зварюваних елементів.

Конструктивні елементи зварних з'єднань та швів, як правило, повинні відповідати вимогам стандартів на застосовуваний вид зварювання:

для ручного дугового зварювання;

для автоматичного та напівавтоматичного зварювання під флюсом; для дугового зварювання серед захисних газів.

Загальні вимоги до зварних з'єднань

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварні шви з'єднань повинні бути щільними і відповідати основному металу за показниками стандартних механічних властивостей металу шва: межі плинності, тимчасового опору, відносного подовження, ударної в'язкості, кута загину.

Для покращення корозійної стійкості метал шва та основний метал за хімічним складом повинні бути близькими один до одного.

Технологію зварювання слід вибрати таким чином, щоб уникнути значних зварних деформацій і переміщень елементів конструкцій.

Обмеження на зварні з'єднання та шви.

Прихватки не розраховуються на силові дії.

Стикові з'єднання деталей неоднакової товщини при різниці, що не перевищує значень, зазначених у таблиці, можуть виконуватися так само, як і деталей однакової товщини; конструктивні елементи оброблення кромки та розміри зварного шва слід вибрати з більшої товщини.

Таблиця 3.1. Товщина деталей

Товщина тонкої деталі, мм	Різниця товщини, мм, що допускається
до 4	1
понад 4 до 20	2
понад 20 до 30	3
понад 30	4

При різниці в товщині деталей, що зварюються, вище значень, зазначених у табл. 3.1 на деталі, що має велику товщину, повинен бути зроблений скіс під кутом 15° з однієї або з двох сторін до товщини тонкої деталі. При цьому конструкцію оброблення кромки та розміри зварного шва слід вибрати за меншою товщиною.

Не допускається зміщення кромки, що зварюються більше:

а) 1,0 мм – для деталей товщиною $t = 4 \div 10$ мм;

б) 0,1 t – для деталей товщиною $t = 10 - 40$ мм, але не більше 3 мм. Максимальні катети зварних кутових швів не повинні перевищувати 1,2 товщини більш тонкої деталі в з'єднанні. Для деталей товщиною 4 - 5 мм катет кутового зварного шва повинен дорівнювати 4 мм. Для деталей більшої товщини катет кутового шва визначається розрахунком чи конструктивно, але має бути не менше 5 мм.

Заводські зварні з'єднання рулонних заготовок виконуються встик. Нахлесточное з'єднання зі зварюванням з одного боку допускається при складанні днища та даху з рулонних заготовок з величиною нахлістування не менше 30 мм. При складання днищ і дахів допускаються зварні з'єднання листів встик на підкладці і нахлесточные з'єднання з величиною нахлестки 5 t , але не менше 30 мм.

Вертикальні з'єднання стінки.

Вертикальні з'єднання стінки повинні бути стиковими з повним проплавленням по товщині листів.

Вертикальні з'єднання листів у прилеглих поясах стінки повинні бути зміщені щодо один одного на відстань не менше $8t$, де t - найбільша з товщин листів прилеглих поясів (рис. 3.1).

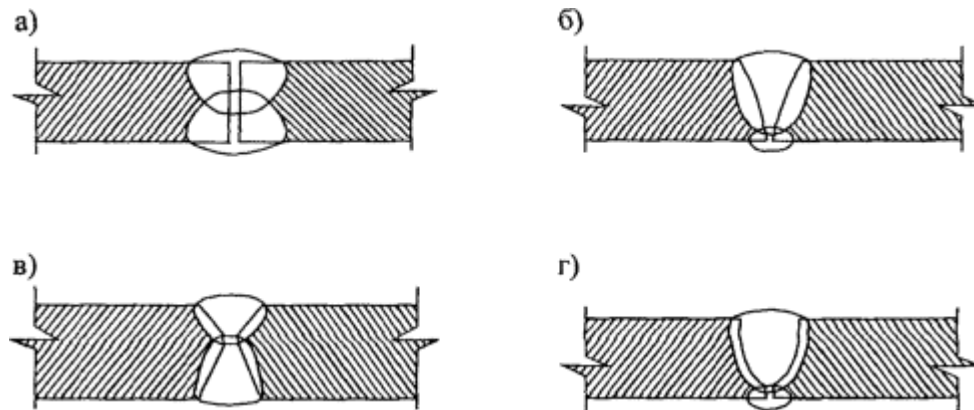


Рисунок 3.1. Вертикальні стикові з'єднання стінки а - без оброблення кромки ; б - зі скосом двох країв ; в - з двома скосами кромки; г - з криволінійним скосом країв.

Для резервуарів II та III класу при виготовленні стінки з рулонних полотнищ допускаються вертикальні заводські та монтажні стикові з'єднання без зміщення.

Відстань між швами патрубків, що підсилюють листів і швами стінки повинні бути не меншими: до вертикальних швів - 250 мм, до горизонтальних швів - 100 мм.

Вертикальні з'єднання першого пояса стінки повинні розташовуватись на відстані не менше 100 мм від стиків околиць днища [20].

Горизонтальні з'єднання стіни.

Горизонтальні з'єднання листів повинні виконуватись двосторонніми стиковими швами з повним проплавленням (рис. 3.2).

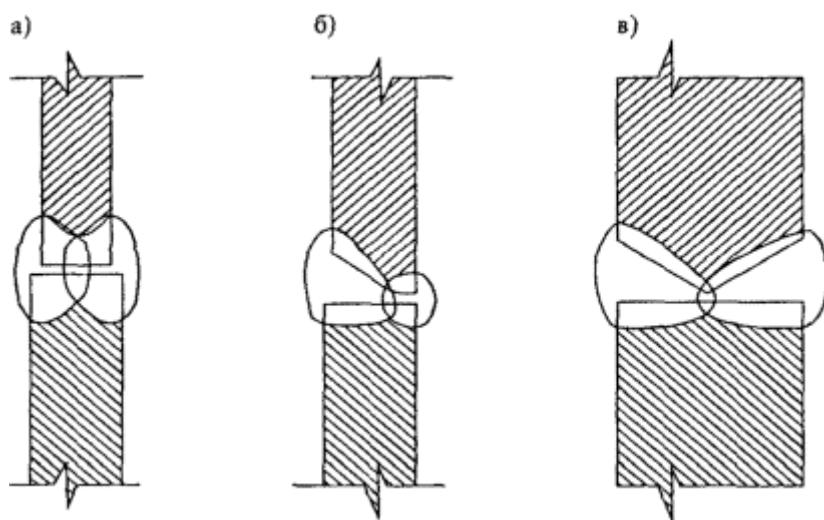


Рисунок 3.2. Горизонтальні стикові з'єднання стінки: а) без оброблення кромки; б) з криволінійним скосом однієї кромки верхнього листа; в) із двома скосами однієї кромки верхнього листа.

Листи вицележачого пояса повинні розташовуватися в межах товщини листа пояса нижче. Взаємне розташування листів сусідніх поясів встановлюється проектом.

З'єднання днища

Стикові з'єднання застосовуються при заводському виготовленні рулонованих полотнищ днищ. Стикові з'єднання на підкладці, що залишається,

застосовуються для зварювання кільцевих забарвлень, а також при полистової складання центральної частини днищ.

Нахлесточные з'єднання днища застосовуються для з'єднання між собою рулонованих полотнищ днищ, листів центральної частини днищ при їх складання листів, а також для з'єднання центральної частини днищ з кільцевими краями [21].

3.2 Підготовка об'єкта контролю

Для з'єднання листів даху застосовуються стикові та нахлесткові з'єднання.

З'єднання стаціонарного даху зі стінкою резервуару.

Вимоги до зварних з'єднань

Механічні властивості зварних з'єднань повинні бути не меншими:

тимчасовий опір розриву при температурі 20 °С - не менше значення тимчасового опору основного металу за стандартом або технічними умовами на конкретну марку сталі;

ударна в'язкість – не менше: KCU+20 $\geq$ 78 Дж/см², KCU-20 $\geq$ 39 Дж/см².

У зварних з'єднаннях не допускаються такі дефекти:

тріщини всіх видів;

нориці та пористість зовнішньої поверхні шва;

підрізи глибиною понад 0,25 мм, довжина понад 10 % довжини шва;

напливи, пропали та незаплавлені кратери;

зміщення кромок елементів, що зварюються, більше 10 % номінальної товщини елементів, що зварюються;

незграбність f у стикових зварних з'єднаннях більше $f = (0,1t + 3)$ мм місцевий внутрішній непровар, розташований у зоні змикання кореневих швів, глибиною понад 10 % товщини стінки та сумарною довжиною понад 5 % довжини шва.

Контроль якості зварних з'єднань Загальні вимоги

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль якості поверхонь резервуара на наявність тріщин, заходів, розшарування, що знижують якість продукції, слід проводити візуальним оглядом [23].

Контроль якості зварних з'єднань слід проводити:

- а) візуальним оглядом та вимірюванням;
- б) механічними випробуваннями; в) фізичними методами;
- г) методом кольорової чи магнітопорошкової дефектоскопії.

Візуальний контроль, включаючи вимірювання, необхідно проводити після очищення швів та прилеглих поверхонь від шлаку, бризок та інших забруднень. Контролю та виміру підлягають усі зварні шви для виявлення зовнішніх неприпустимих дефектів [24].

Механічні випробування

Механічні випробування слід проводити на контрольних стикових з'єднаннях:

розтяг при температурі 20 °С - на двох зразках;

вигин при температурі 20 °С – на двох зразках;

ударна в'язкість КСУ-20 - на двох зразках (навколошовна зона). Контроль за фізичними методами

Метод контролю якості зварних з'єднань елементів резервуару визначається відповідно до вимог нормативних документів щодо промислової безпеки. Обов'язковому радіографічному або ультразвуковому контролю підлягають:

а) стикові, кутові, таврові зварні з'єднання, доступні для цього контролю обсягом не менше 25 %;

б) місця перетинів зварних з'єднань.

Місця контролю зварних з'єднань фізичними методами мають бути зазначені у робочій документації на резервуар.

Кольорова та магнітопорошкова дефектоскопія

Кольоровою та магнітопорошковою дефектоскопією контролюють зварні шви конструктивних елементів, недоступні для здійснення контролю за

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фізичними методами. Обсяг контролю визначається відповідно до вимог нормативних документів з промислової безпеки та проектної документації на конкретний резервуар [25].

Контрольні зварні з'єднання для атестації технології зварювання

Дані зварні сполуки контролюють фізичними методами по всій їхній довжині.

Для оцінки якості технологічного процесу зварювання виконують механічні випробування зразків, вирізаних із контрольних зварних з'єднань.

Випробування резервуарів

Гідравлічне випробування піддають резервуари після їх виготовлення до нанесення антикорозійного захисту [4].

Гідравлічне випробування резервуарів, що транспортуються частинами та монтуються на виробничих майданчиках, допускається проводити після їх монтажу.

Випробувальний тиск резервуарів має становити 1,25 робітника. Граничне відхилення значення випробувального тиску не повинно перевищувати $\pm 5\%$.

Час витримки під гідравлічним випробувальним тиском має бути не менше ніж 10 хв. Після витримки тиск знижують до робочого, при якому проводять візуальний огляд зовнішньої поверхні та перевірку герметичності зварних та роз'ємних з'єднань [7].

Допускається гідравлічні випробування замінювати пневматичним тиском 0,07 МПа для резервуарів з конічними днищами та 0,04 МПа - з плоскими днищами.

Контроль герметичності резервуарів при пневмовипробуваннях проводиться методом обмилювання 100 % зварних швів та роз'ємних з'єднань.

Під час проведення пневматичних випробувань необхідно забезпечити спеціальні заходи щодо безпеки.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль герметичності зовнішньої (захисної) стінки двостінного резервуара повинен проводитися з використанням пневмовипробувань під тиском до 0,001 МПа методом обмилювання 100% зварних швів [13].

Контроль зварних швів на герметичність допускається проводити капілярним методом (змочуванням гасом) обсягом 100 % швів. Час витримки при випробуванні змочуванням гасом має бути:

- у нижньому положенні зварного шва – не менше 25 хв;
- у стельовому вертикальному положенні зварного шва – не менше 35 хв.

Перед випробуванням контрольовані зварні шви та прилеглі ділянки основного металу мають бути очищені від шлаку та забруднень.

Результати випробувань вважають задовільними, якщо в процесі їхнього проведення відсутні:

падіння тиску за показаннями манометра;
отпотини, течі, бульбашки повітря;
ознаки розриву.

Вимоги до захисту резервуарів від корозії

Антикорозійний захист зовнішньої та внутрішньої поверхонь повинен проводитись відповідно до вимог робочої документації на резервуар.

Термін служби та забезпечення безпечної експлуатації резервуарів

Загальний термін служби резервуарів повинен забезпечуватися вибором матеріалу, врахуванням температурних та корозійних впливів, нормуванням дефектів зварних з'єднань, допусками на виготовлення та монтаж металоконструкцій, способів захисту від корозії та призначенням регламенту обслуговування [26].

Розрахунковий термін служби резервуарів регламентується корозійним зносом конструкцій.

За наявності антикорозійного захисту конструкцій розрахунковий термін служби резервуара повинен забезпечуватись встановленою у проектній документації системою захисту від корозії, яка має гарантований термін служби не менше восьми років [5].

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальний термін служби резервуара призначається замовником або визначається під час проектування за техніко-економічними показниками, погодженими із замовником. Загальний термін служби резервуара включає регламентні роботи з обслуговування і ремонту резервуарів.

Регламентні роботи повинні включати діагностування: метало-конструкцій; основи; фундаменту (для наземних) резервуарів; всіх видів обладнання, які забезпечують безпечну експлуатацію резервуара загалом [27].

Забезпечення безпечної експлуатації резервуарів

Експлуатація резервуарів повинна здійснюватися відповідно до інструкції з нагляду та обслуговування, затвердженої керівником експлуатуючого підприємства.

Безпека експлуатації резервуара повинна забезпечуватись проведенням регулярного діагностування з оцінкою технічного стану, випробувань та проведенням (за потреби) ремонтів [1].

Періодичність часткового діагностування, що включає зовнішній і внутрішній огляд резервуара, - не рідше одного разу на чотири роки.

Повне діагностування, що включає перевірку фізичними методами зварних швів робочого корпусу резервуара і проведення випробувань резервуара на герметичність, повинно проводитися не рідше одного разу на вісім років.

Діагностування резервуарів повинно проводитися атестованими фахівцями експертної організації, яка має ліцензію наглядового органу з промислової безпеки [17].

Конкретні терміни діагностування призначаються експертною організацією. Правила приймання

Кожен резервуар приймають за такими параметрами:
відповідність габаритних та приєднувальних розмірів;
якість матеріалів, зварених швів;
результати випробувань;
якість антикорозійного покриття;

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комплектність резервуару, його маркування, консервація.

комплектність постачання

У комплект постачання резервуара повинні входити:

резервуар (у зборі чи відправними марками);

паспорт, оформлений відповідно до ГОСТ 2.601;

комплектуючі резервуари згідно з робочою документацією; -
Документація;

відомість комплектації.

Транспортне маркування

На резервуар має бути нанесене транспортне маркування, що включає маніпуляційні знаки, основні, додаткові та інформаційні написи.

Розміри знаків, обсяг основних, додаткових та інформаційних написів, а також місце та способи нанесення транспортного маркування – за ГОСТ 14192.

Транспортування та зберігання

Резервуари перевозять будь-яким видом транспорту відповідно до правил, що діють на транспорті конкретного виду.

Усі отвори, патрубки, штуцери та приєднувальні фланці обладнання, а також постановочні блоки та вузли резервуарів закривають пробками або заглушками для захисту від пошкоджень та забруднень ущільнювальних поверхонь.

При відвантаженні судин без тари технічна документація кріпиться безпосередньо до резервуара [8].

Умови транспортування та зберігання резервуарів та їх елементів повинні забезпечувати збереження якості резервуарів, оберігати їх від забруднення, механічних пошкоджень та деформацій.

Вказівки щодо монтажу

Монтаж резервуарів повинен проводитись відповідно до вимог проекту виконання робіт.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надземне встановлення резервуарів проводиться на двох сідлових опорах, що мають ложементи, звальцьовані з кутом охоплення від 60° до 120°, або на стійкових опорах.

Підземне встановлення резервуарів виконують на піщаній подушці товщиною не менше 200 мм від нижньої утворює з кутом охоплення не менше 90°.

У водонасичених ґрунтах має бути встановлене анкерування резервуару до залізобетонної плити з використанням хомутів.

Термін служби та забезпечення безпечної експлуатації резервуарів
Загальний термін служби резервуарів повинен забезпечуватись вибором матеріалу, врахуванням температурних та корозійних впливів, нормуванням дефектів зварних з'єднань, допусками на виготовлення та монтаж металоконструкцій, способів захисту від корозії та призначенням регламенту обслуговування.

Розрахунковий термін служби резервуарів регламентується корозійним зношуванням конструкцій. За наявності антикорозійного захисту конструкцій розрахунковий термін служби резервуара повинен забезпечуватись встановленою у проектній документації системою захисту від корозії, яка має гарантований термін служби не менше восьми років.

Загальний термін служби резервуару призначається замовником або визначається при проектуванні за техніко-економічними показниками, згідно з ванняю із замовником. Загальний термін служби резервуара включає в себе регламентні роботи з обслуговування та ремонту резервуарів [9].

Регламентні роботи повинні включати діагностування металоконструкцій; основи; фундаменту (для наземних) резервуарів; всіх видів устаткування, які забезпечують безпечну експлуатацію резервуару загалом.

Забезпечення безпечної експлуатації резервуарів

Експлуатація резервуарів повинна здійснюватися відповідно до інструкції з нагляду та обслуговування, затвердженої керівником підприємства, що експлуатує.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Безпека експлуатації резервуара повинна забезпечуватись проведенням регулярного діагностування з оцінкою технічного стану, випробувань та проведенням (за потреби) ремонтів.

Періодичність часткового діагностування, що включає зовнішній і внутрішній огляд резервуара, – не рідше одного разу на чотири роки.

Повне діагностування, що включає перевірку фізичними методами зварних швів робочого корпусу резервуара і проведення випробувань резервуара на герметичність, повинно проводитися не рідше одного разу на вісім років.

Діагностування резервуарів має проводитися атестованими фахівцями експертної організації, яка має ліцензію наглядового органу з промислової безпеки.

Конкретні терміни діагностування призначаються експертною організацією.

Вказівки щодо монтажу

Монтаж резервуарів повинен проводитись відповідно до вимог проекту виконання робіт. Надземне встановлення резервуарів проводиться на двох сідлових опорах, що мають ложементи, звальцьовані з кутом охоплення від 60° до 120° або на стійкових опорах.

Підземне встановлення резервуарів виконують на піщаній подушці товщиною не менше 200 мм від нижньої утворює з кутом охоплення не менше 90°.

У водонасичених ґрунтах має бути встановлене анкерування резервуара до залізобетонної плити з використанням хомутів.

В даний час на складах ПММ перебуває в експлуатації значна кількість горизонтальних резервуарів, виготовлених за ГОСТ 17032-71. Дані резервуари забезпечують зберігання темних та світлих нафтопродуктів та спеціальних рідин. Конструктивно вони складаються з наступних основних елементів: корпусу, днища та горловини. Розташування поясів може бути ступінчасте (зварювання внахлестку) або гладке (зварювання встик). Днище (рисунок 3)

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

може бути цілісним або складатися з окремих частин, з'єднаних зварюванням встик або внахлестку. У резервуарах місткістю $> 50 \text{ м}^3$ для збільшення жорсткості приварюють кільця жорсткості з кутової сталі перетином $50 \times 50 \text{ мм}$. Зовні до корпусу приварюють опори із сталі з центральним кутом охоплення 90° .

Резервуари виготовлені, як правило, із листової сталі. Для виготовлення застосовують мартенівську, безсемерівську або спокійну томасівську сталь. Резервуари здатні працювати при надлишкових тисках до $2,5 \text{ МПа}$ та вакуумі $0,9 \text{ МПа}$. З 1956 р. було розроблено типові проекти № 6-02-60, № 7-02-65, які передбачають виготовлення резервуарів місткістю $3\text{--}75 \text{ м}^3$. У 1969 р. ЦНДІ Проектстальконструкція створив на горизонтальний зварний резервуар для нафтопродуктів типовий проект 704-1-42.

Розрахунок резервуарів за умов експлуатації обов'язковий за низького стояння ґрунтових вод. Він зводиться до визначення маси якорів, що запобігають спливанню резервуара.

Резервуар не спливає, якщо:

$(M_p + M_{gr}) g > n_3 \gamma_w V_w$, де M_p - маса резервуара;

M_{gr} - маса призми ґрунту, розташованої над резервуаром; g – прискорення вільного падіння;

$n_3 \gamma_w$ – коефіцієнт запасу стійкості; γ_w – щільність ґрунтової води;

V_w – обсяг частини резервуара, зануреної у воду.

Якщо у цій формулі права частина більша за ліву, резервуар постачають якорями, маса яких $M_y = n_3 \gamma_w V_w - M_p$.

Якоря прикріплюють до хомутів стягуючої смуги, що обтискає корпус. Кожну групу наземних резервуарів огорожують земляним валом заввишки $1,5 \text{ м}$ і шириною поверху $0,5 \text{ м}$ або стінкою з негорючих матеріалів висотою $1,5 \text{ м}$, здатних витримати гідростатичний тиск рідини, що розлилася. Обсяг обвалування повинен дорівнювати місткості окремо обвалованого резервуару або місткості великого резервуара для групи резервуарів. У зоні обвалування встановлюють не менше двох сходів (переходів) для резервуарів, що окремо

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стоять, не менше чотирьох – для групи резервуарів. З внутрішньої та зовнішньої сторони обвалування створюють кювети для відведення стічних вод у каналізацію. Внутрішню кювету обладнають засувкою, що запобігає мимовільному стіку в каналізацію палива, що розлилося, і з'єднують трубопроводом з підземною ємністю, в яку збирають розлитий нафтопродукт. Управління засувками розташовують із зовнішнього боку обвалування. Між окремими групами резервуарів та за межами зон зберігання обладнують пожежні проїзди шириною не менше 3,5 м. Усередині обвалування групи усувають внутрішній земляний вал або стінку, яка ділить резервуарну групу на частини місткістю не більше 20000 м³ [6].

Таблиця 3.2. Основні технічні характеристики горизонтальних циліндричних резервуарів

Показник	Умовний обсяг резервуару, м ³				
	10	25	50	75	100
Ємність резервуару, м ³	10,5 - 11,5 (–)	25,4-28,5 (26,5-28,5)	50,2-54,4 (51,7-54,6)	73,4-83,4 (74,6-84,8)	97,5-100,6 (98,9-101,4)
Зовнішній діаметр, Мм	220 (–)	2862-2870 (2862-2870)	2862-2870 (2862-2870)	3238-3250 (3238-3250)	3238-3250 (3238-3250)
Зовнішня довжина, мм	2823 - 3073 (–)	4035-4274 (4645-4924)	7885-8383 (8545-9130)	8958-10126 (9590-10758)	11888-12132 (12520-12764)
Загальна маса металу, Кг	1013 - 1049 (–)	1772-1898 (1831-1894)	3148-3339 (3200-3343)	4181-4499 (4250-4583)	5305-5375 (5311-5405)

Примітка: у дужках вказані розміри резервуарів з конічними днищами.

Для видаткових резервуарів систем ЦЗС цього обладнання недостатньо, тому що до них пред'являються більш жорсткі вимоги до забезпечення видачі

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

палива з верхніх шарів, що найбільш відстоялися; надійний захист палива від потрапляння в нього пилу та вологи з атмосфери, а також продуктів корозії, які можуть утворюватися на внутрішніх стінках резервуарів. Для виконання цих вимог на видаткових резервуарах необхідно встановлювати додаткове спеціальне обладнання, а внутрішні поверхні покривати антикорозійними матеріалами.

Як додаткове обладнання використовуються плаваючі теплі-возабірні пристрої для верхнього паркану палива, повітряні фільтри, пристрої для видалення відстою, а також плаваючі дахи та понтони.

Авіапаливо повинно зберігатися у горизонтальних та вертикальних резервуарах з нерухомим дахом. Нові резервуари повинні бути сконструйовані таким чином, щоб не допустити потрапляння в них води та бруду, забезпечити легке зливання відстою з резервуарів. Для горизонтальних резервуарів передбачається мінімальний кут нахилу щодо 1:50 у бік пристрою зливу відстою, а вертикальні резервуари повинні мати конусоподібне днище з нахилом 1:30 до центру відстійника.

Для внутрішніх поверхонь резервуарів як антикорозійні покриття застосовуються: металізація, емалювання, лакофарбові матеріали, склопласт на основі поліефірних і епоксидних смол [3].

Таблиця 3.3. Основні характеристики обладнання резервуарів

Устаткування	Марка		Розміри, мм		Пропускна здатність, м³/год
Умовний діаметр			Діаметр фланця		
Прийом- роздаткові Патрубки	ППР-80	80	220	До 50	
ППР-100	100	240	50 - 100		
ППР-150	150	300	100 – 200		

Продовження табл. 3.3

ППР-200	200		350		200 – 300	
ППР-300	300		520		600 – 1200	
Плаваючі	ПУВ-100	100		210		70 - 120
Паливозабірні пристрої	ПУВ-150	150		265		150 – 200
ПУВ-250	250		371		300 – 500	
Хлопавки	Х-80	80		190		-
Х-100	100		210		-	
Х-150	150		265		-	
Х-200	200		320		-	
Х-250	250		371		-	
Х-300	300		440		-	
Механічні	КД-50	50		450		До 25
Клапани	КД-100	100		500		60 – 72
КД-150		150		550		118 – 142
КД-200		200		600		206 – 240
КД-250		250		650		244 – 304
Гідравлічні	КПСА-100	100		205		50
запобіжні	КПСА-150	150		260		100
КПСА-200		200		315		200
КПСА-250		250		370		300
КПСА-350		350		485		600
Вогневі запобіжники	ОПЛ-50	50		140		-
ОПЛ-80		80		190		-
ОПЛ-100		100		210		-
ОПЛ-150		150		265		-
ОПЛ-200		200		320		-
ОПЛ-250		250		375		-

3.3 Оцінка результатів дослідження

Для вирішення задачі оптимального проектування використовуємо метод математичного моделювання. Дослідження об'єктів за допомогою цього методу дозволяє проникнути в сутність об'єктів, що вивчаються, і дає можливість вирішення багатокритеріальних завдань.

Одним із методів математичного моделювання є запропонований Уайлдом метод послідовної приватної оптимізації [7], який використовується під час вирішення інженерних задач, у разі, коли в задачі є кілька змінних. Суть методу у тому, що декількома змінними оперують по черзі, а чи не одночасно тобто. на кожному етапі оптимізація проводиться лише для однієї зі змінних [9], при цьому використовується властивість монотонності функцій, яка переважає в інженерних задачах з оптимізації конструкцій.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЗВАРНИХ ШВІВ

Створення системи для автоматичного визначення якості зварного шва після радіографічного контролю, вимагає залучення нових технологій. Основною проблемою є те, що для визначення якості необхідний висококваліфікований інженер і час для отримання результатів. Таким чином, поставлена задача створення програмного забезпечення, яке зможе в короткий відрізок часу провести аналіз значної кількості інформації. Для вирішення даної задачі використано сучасні нейромережеві технології.

Програма розроблена в середовищі Google Colab, яка використовує мову програмування Python. Дане середовище підходить для виконання поставленої задачі і відповідає всім сучасним вимогам. Також важливо зазначити, що Google Colab розповсюджується безкоштовно і має велику аудиторію користувачів. Для проектування нейронної мережі використовується бібліотека Tensor Flow. Tensor Flow – це наскрізна платформа машинного навчання з відкритим вихідним кодом. Система спрощує використання та вивчення нейронних мереж. Основною перевагою системи є те, що вона вже містить в собі всі необхідні компоненти для створення якісного програмного забезпечення. Tensor Flow створена компанією Google і повністю сумісна з Colab. Для програмування такої системи і задання необхідного формату залучена платформа Keras. Keras зводить програмування нейронної мережі до простих команд.

Система оцінки якості зварних швів потребує розробки моделі нейронної мережі та її подальшого навчання. Навчання нейронної мережі потребує бази даних проведених результатів у великій кількості (приблизно десять тисяч результатів контролю). Розробка такої бази даних тому в даному розділі розроблено лише модель нейронної мережі та описано принцип роботи моделі.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1 Методи проектування нейронних мереж

Існує багато типів проектування нейронних мереж. Штучні нейронні системи засновані на принципі роботи нейронних систем у тварин. Такі системи можуть працювати без проектування системи під конкретну задачу, а видають рішення на основі попереднього навчання. На рис. 4.1 зображено узагальнена система, за якою працюють більшість нейронних мереж. Тут кожним круговим вузлом представлено штучний нейрон, а стрілкою — з'єднання виходу одного штучного нейрону зі входом іншого. [15]

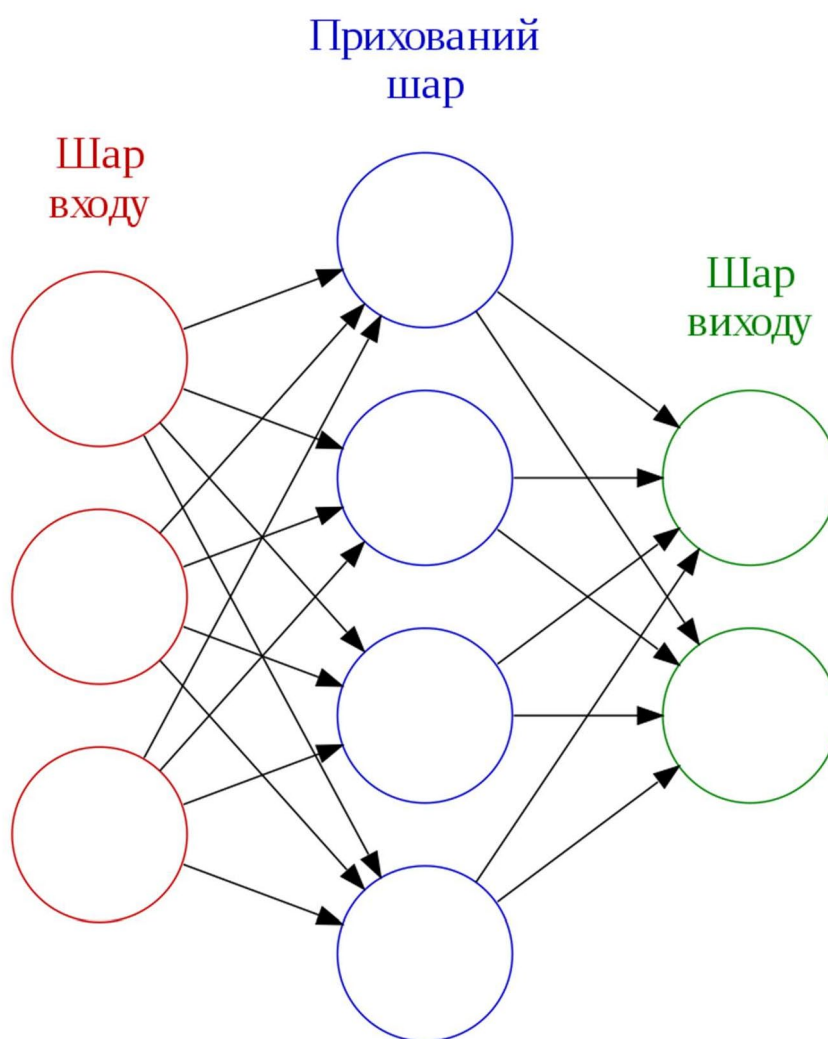


Рисунок 4.1. Загальна схема роботи штучної нейронної мережі

Для даної роботи використано згорткову нейронну мережу. Згорткові нейронні мережі – це клас нейронних глибоких мереж, які в основному використовуються для аналізу та обробки даних у вигляді зображень. Згорткова нейронна мережа спроектована так, щоб можна було зменшити кількість інформації, що необхідна для визначення об'єкту. Це дозволяє такій системі справлятися з зображеннями набагато швидше. На перших етапах аналізу така система визначає контури, форму та обриси об'єктів. На наступних етапах система вже починає обробляти вже більш детальні компоненти об'єкту. За рахунок цього мережа дозволяє обробляти лише задані в програмі об'єкти та ігнорувати інші, непотрібні для аналізу компоненти зображень. [16]

Згорткова нейронна мережа зазвичай містить шари входу, виходу та приховані шари (рис 4.2). Приховані шари можна умовно поділити на згорткові, шар підвибірки, повнозв'язний шар та нормалізаційні шари. Згорткові шари включає в себе фільтр для кожного окремого каналу та ядро згортки, яке обробляє попередній шар додає результати для кожного фрагмента (рис 4.3). Шар підвибірки отримує результат з кожного попереднього шару згортки і пропускає його через функцію активації. Така функція може мати різну форму, але найбільш сучасною і ефективною вважається функція ReLu, яка дозволяє значно зменшити час навчання системи, що визначається за формулою:

$$f(x) = \max(0, x) \quad (4.1)$$

Після шарів згортки та підвибірки в системі залишається велика кількість каналів, які містять невелику кількість даних. Для обробки цих даних використовують повнозв'язний шар, який по суті своїй використовується для з'єднання інформації всіх нейронів[15].

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

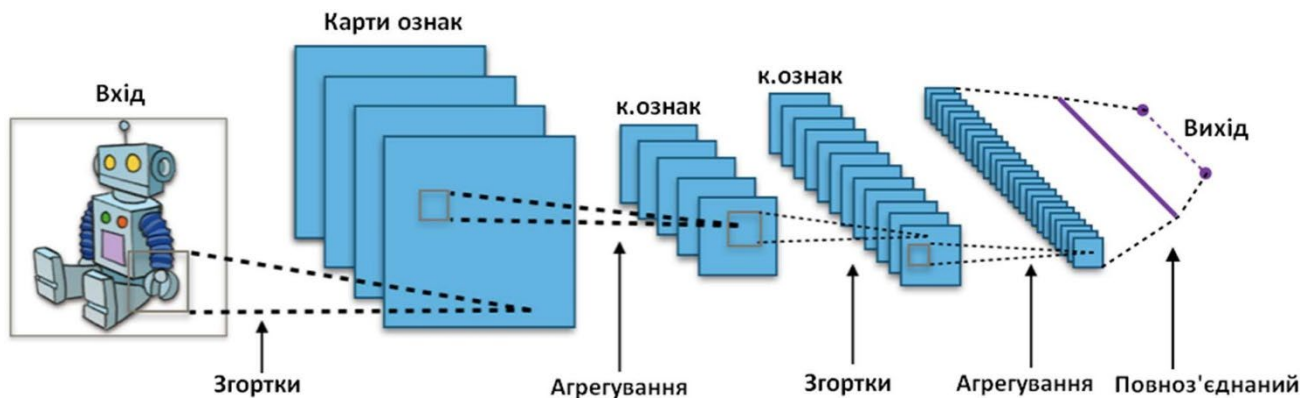


Рисунок 4.2. Типова структура згорткової нейронної мережі.[16]

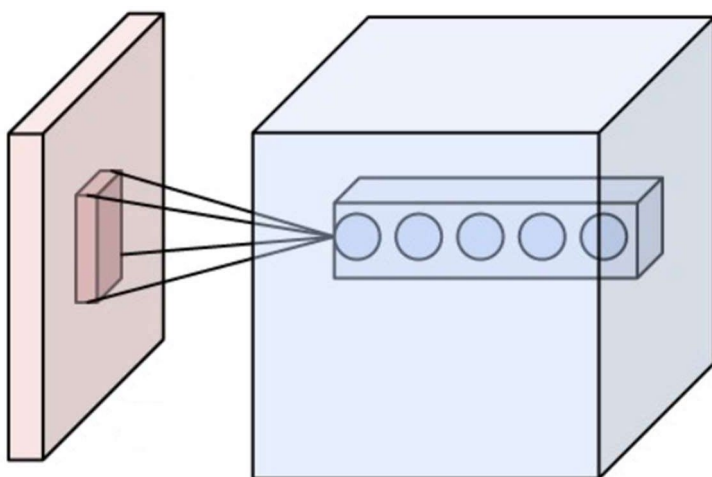


Рисунок 4.3. Нейрони шару згортки, що перетворюються за кількома вихідними каналами [16].

Існує багато різновидів навчання нейронних мереж. Найбільш розповсюджений метод зворотного розповсюдження помилки або навчання з

«викладачем». Для такого навчання в систему заводяться дані з мітками правильних відповідей, що дозволяє мережі розуміти чи правильно проведений аналіз

Система згорткових нейронних мереж дозволяє швидко та якісно проводити аналіз зварних швів, тому вона підходить для даної роботи.

4.2 Проектування нейронної мережі

Розроблена нейронна мережа (рис. 4.3) складається з двох однакових частин і класифікатора.

- Перші дві частини складаються з двох шарів згортки і одного шару підвибірки. Вони використовуються для виділення ознак зображення.
- Класифікатор складається з повно зв'язного шару із 512 нейронів вихідного шару із 10 нейронів, який містить в собі вірогідності різних варіантів для зображень. На вхід мережі подаються зображення 32x32 в трьох каналах (синій, червоний, зелений).
- На першому шарі згортки використовуються 32 карти ознак розміром 3x3, наступний шар згортки має таку ж архітектуру.
- Далі йде шар підвибірки, в якому виконується зменшення розміру. Зменшення розмірності виконується для кожної карти окремо, тому тут також використовується 32 карти і розмір поля підвибірки 2x2.
- Далі йдуть два шари згортки, в яких використовуються 64 карти ознак 3x3.
- Наступний шар підвибірки має також 64 карти ознак розмірністю 2x2.
- Далі дані перетворюються з двомірного формату в одновірний і передаються на повно зв'язний шар, на якому і виконується класифікація.

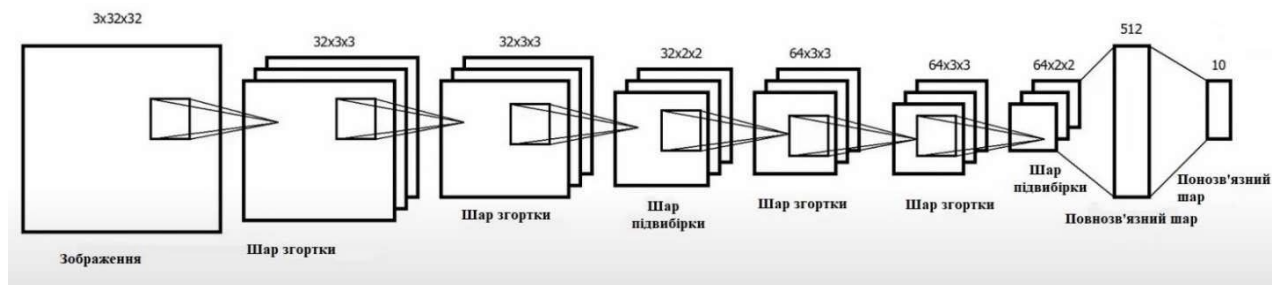


Рисунок 4.4. Схематичне зображення структури нейронної мережі.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після встановлення необхідних бібліотек проводиться саме програмування нейронної мережі.

Спочатку відбувається імпорт необхідних елементів із бібліотеки Keras[17]:

```
import numpy
from keras.datasets
import rengen from
keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense,
Flatten, Activationfrom keras.layers import
Dropout
from keras.layers.convolutional import Conv2D, MaxPooling2D
from keras.utils
import np_utils from
keras.optimizers import
SGD
```

Далі задано повторюваність результатів навчання: `numpy.random.seed(42)`

Виконано завантаження даних та розподіл їх на данні для навчання та данні для тестування. Данні складаються із зображень та міток класів, які були попередньо завантажені в систему. Мітки класів містять в собі правильні описи результатів досліджень, що представлені на відповідних зображеннях.

`(X_train, y_train), (X_test, y_test) = rengen.load_data()` Встановлюються параметри системи:

```
batch_size = 32
nb_classes = 10
nb_epoch = 25
img_rows, img_cols = 32, 32
img_channels = 3
```

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після встановлення параметрів, які були описані раніше виконується попередня обробка даних:

```
X_train = X_train.astype('float32') X_test = X_test.astype('float32') X_train /= 255
```

```
X_test /= 255
```

```
Y_train = np_utils.to_categorical(y_train, nb_classes) Y_test = np_utils.to_categorical(y_test, nb_classes)
```

Тепер можна почати створювати модель: `model = Sequential()`

Далі створюється перший каскад із шарів згортки та підвибірки:

```
model.add(Conv2D(32, (3, 3), padding='same',  
input_shape=(32, 32, 3), activation='relu'))  
model.add(Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', padding='same'))  
model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))
```

Для запобігання перенавчання мережі використовується модуль Dropout. Він вимикає нейрони у випадковому порядку, для того щоб система не пристосовувалась до конкретного набору даних, а могла оброблювати будь які дані згружені в неї:

```
model.add(Dropout(0.25))
```

Наступний каскад виконується за такою ж системою, але з іншими параметрами:

```
model.add(Conv2D(64, (3, 3), padding='same',  
model.add(Conv2D(64, (3, 3), activation='relu', padding='same'))
```

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))model.add(Dropout(0.25))
```

Наступний етап це створення повно зв'язного модуля.

```
model.add(Flatten())
```

```
model.add(Dense(512, activation='relu')) model.add(Dropout(0.5))  
model.add(Dense(nb_classes, activation='softmax'))
```

Після того як задано структуру мережі, можна почати її навчання:

```
sgd = SGD(lr=0.01, decay=1e-6, momentum=0.9, nesterov=True)  
model.compile(loss='categorical_crossentropy',  
              optimizer=sgd, metrics=['accuracy']) model.fit(X_train, Y_train,  
batch_size=batch_size, epochs=nb_epoch, validation_split=0.1, shuffle=True,  
              verbose=2)
```

Далі проводиться перевірка на тестових даних, які система до цього не бачила:

```
scores = model.evaluate(X_test, Y_test, verbose=0)  
print("Точність роботи на тестових даних: %.2f%%" % (scores[1]*100))
```

На основі описаного вище програмного коду тепер необхідно створити прототип програмного забезпечення та розробити інтерфейс програми.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3. Програмне забезпечення автоматизованої системи оцінки якості зварних швів радіографічним методом

Для зручного використання програми створено користувацький інтерфейс. Для цього використано програмний продукт Qt Deisinger. Програма проста та

інтуїтивно зрозуміла при використанні. Основною задачею інтерфейсу програми є проста та зрозуміла.

В першому вікні програми (рис.4.5) присутній опис самої програми, а також описано дії, які необхідні для продовження роботи. Щоб почати роботу з програмою необхідно завантажити рентгенівський знімок в програму. Після цього необхідно натиснути кнопку «Next».

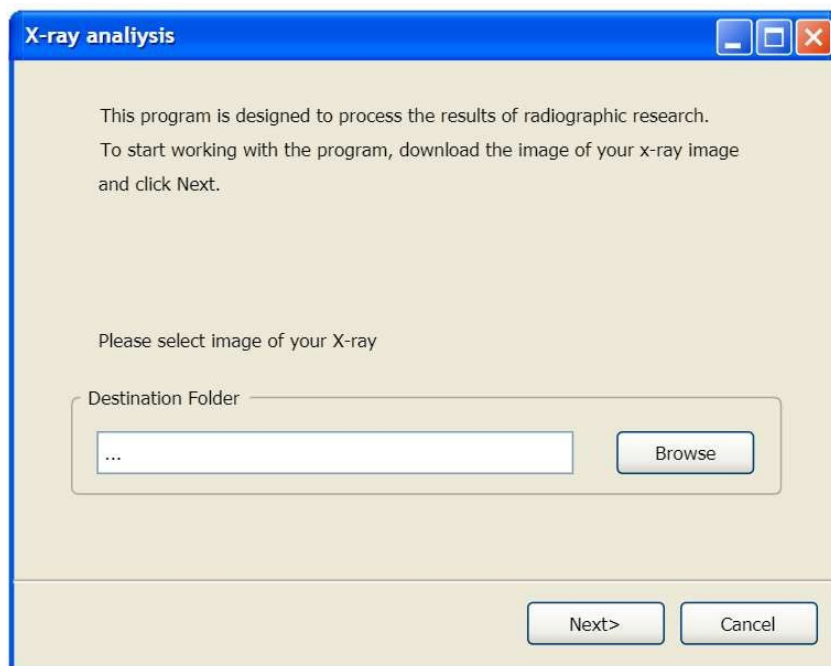


Рисунок 4.5. Початкове вікно програми

Після того почнеться процес обробки зображення. Цей процес має зайняти декілька секунд. При бажанні є можливість перервати роботу програми кнопкою «Cancel» (рис 4.6).

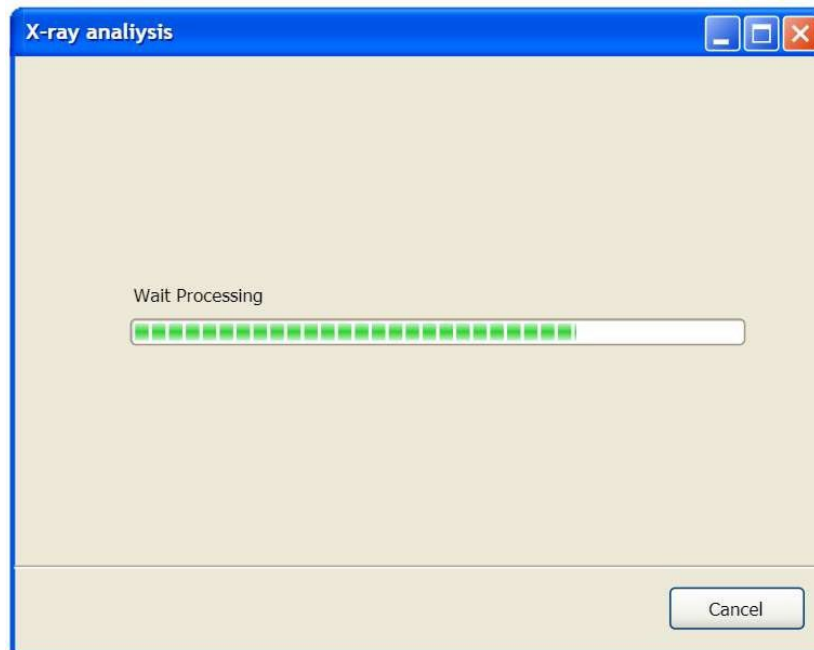


Рисунок 4.6. Процес обробки зображення.

В наступному вікні програма в текстовому режимі покаже висновок про якість зварного шва (рис 4.7). Для продовження роботи з програмою необхідно натиснути кнопку «Star again», а для завершення «Quit».

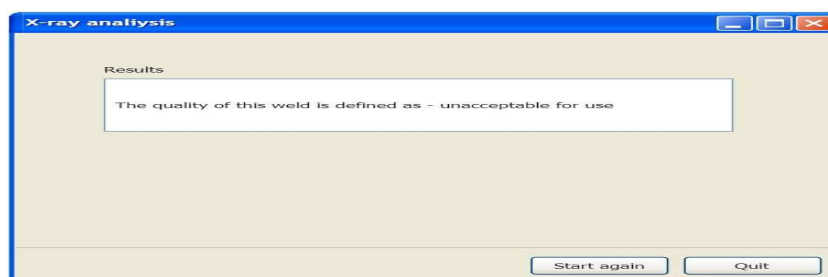


Рисунок 4.7. Вивід результату програми.

4.4. Апробація результатів дослідження

Маючи результати експериментального дослідження проведено порівняльний аналіз результатів. Переведення результатів контролю в цифровий варіант відбувалося за допомогою сканера. Після проведеного аналізу програмою рентгенівських знімків точність результату склала 63.86%. Такий результат є досить високим, але для впровадження такої системи у виробництво необхідно підняти точність. Для цього необхідно розробити базу даних з

великою кількістю експериментів, яка дозволить провести краще навчання нейронної мережі і підняти точність кінцевого результату.

Для вибору матеріалів для зварних конструкцій розглядають такі питання:

- забезпечення надійності експлуатації конструкції при заданих навантаженнях, агресивних середовищах та змінних температурах;
- сфера застосування обраної марки сталі;
- обґрунтувавши вибір марки сталі, необхідно вказати хімічний склад та механічні, технологічні та фізичні властивості сталі.

Балка двотаврова виготовлена із сталі марі 10ХСНД. Розшифровка сталі 10ХСНД: 0,10% вуглецю, до 1% хрому, до 1% кремнію, до 1% нікелю, до 1% міді. Сталь конструкційна низьколегована для зварних конструкцій. Елементи зварних металоконструкцій та різні деталі, до яких пред'являються вимоги підвищеної міцності та корозійної стійкості з обмеженням маси та працюючі при температурі від -70 до 450 °С.

Балка двотаврова креслення № КР 00.00.00СБ виготовлена з урахуванням наступних деталей: 2 полиці (позиція 1), 1 стінка (позиція 2), 4 ребра жорсткості (позиція 3).

Розміри балки двотаврової: довжина 4000 мм, ширина 600 мм, висота 600 мм. Товщина деталей 8 мм.

Сталь марки 10ХСНД конструкційна низьколегована для зварних конструкцій. Застосовується в елементах зварних металоконструкцій та різних деталях, до яких висуваються вимоги підвищеної міцності та корозійної стійкості з обмеженням маси та працюючі при температурі від -70 до 450 °С.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1. Хімічний склад стали марки 10ХСНД

Хімічний елемент	%
Кремній (Si)	0.8-1.1
Мідь (Cu)	0.4-0.6
Миш'як (As), не більше	0.08
Марганець (Mn)	0.5-0.8
Нікель (Ni)	0.5-0.8
Фосфор (P), не більше	0.035
Хром (Cr)	0.6-0.9
Азот (N), не більше	0.008
Сірка (S), не більше	0.040

Механічні властивості описують та пояснюють здатність того чи іншого металу здійснювати опір на силові фактори із зовнішнього середовища. І відповідно є числові показники, що вказують на ступінь опору того чи іншого металу. До основних механічних властивостей металів і сплавів на сьогоднішній день відносять твердість, міцність і ударну в'язкість. Величини цих властивостей визначають під час дослідів, що передбачають силове навантаження на метал чи сплав.

Твердість - здатність стали чинити опір проникненню до неї інших твердих тіл.

Міцність – здатність матеріалу витримувати зовнішнє навантаження без руйнування.

Ударна в'язкість – здатність стали протистояти динамічним навантаженням.

Таблиця 4.2. Механічні властивості сталі марки 10ХСНД

ГОСТ	Стан постачання, режим термообробки	Переріз, мм	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_B (МПа)	$\delta_5(\%)$
19281-73	Сортовий та фасонний прокат	До 15 вкл.	390	530	19
18282-73	Листи та смуги у стані поставки (зразки поперечні)	Св. 15 до 32 вкл. 32 до 40 увімк.	390390	530530	1919
17066-80	Листи гарячекатні	Від 2 до 3,9 вкл.	-	530	15

$\sigma_{0,2}$ - межа текучості умовна, МПа

σ_B - межа міцності при розтягуванні, МПа

δ_5 - Відносне подовження після розриву, %

Зварюваність - це властивість металів утворювати нероз'ємні з'єднання.

Вуглець (C) – одна з найважливіших домішок, що визначає міцність, пластичність, гартування та ін характеристики сталі. Вміст вуглецю в сталях до 0,25% не знижує зварюваності. Більш високий вміст "C" призводить до утворення гартових структур у металі зони термічного впливу та появи тріщин.

Сірка (S) та фосфор (P) – шкідливі домішки. Підвищений вміст "S" призводить до утворення гарячих тріщин.

<http://www.weldzone.info/technology/control/764-goryachie-treshhiny->

червоноламкість, а "P" викликає холодноламкість. Тому вміст "S" та "P" в низьковуглецевих сталях обмежують до 0,4-0,5%.

Сталі зварюваності поділяються на 4 групи: добре зварюються; що задовільно зварюються; що обмежено зварюються; погано зварюються.

Зварні напівавтомат спільно з джерелом живлення повинні забезпечувати стійкий перебіг та підтримання заданих режимів у процесі зварювання.

Напівавтомат складається з механізму, що подає, джерела живлення, шафи управління, універсального уніфікованого тримача, зварного шланга, газового редуктора з расходомером і підігрівачем газу.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напівавтомат служить для подачі електродного дроту, захисного газу через уніфікований тримач у зону зварювання.

Касета служить як ємність для електродного дроту.

Подача здійснюється подаючими та притискними роликами. Зусилля притискання дроту забезпечується за допомогою притиску, розташованого у верхній частині механізму корпусу подачі. Зміна швидкості подачі електродного дроту відбувається поворотом маховиків, розташованих на передній стінці механізму подачі.

Утримувач уніфікований призначений для підведення в зону зварювання захисного газу, зварної напруги та електродного дроту.

Технічна характеристика "Урал-3":

- Напруга живлення, 50 В;
- номінальний зварний струм, 500 А;
- діаметр сталевого порошкового електродного дроту, 1,6-3,2 мм;
- діаметр суцільного електродного дроту, 0,8-2,0 мм;
- Споживана потужність електродвигуна, 120 Вт;
- Швидкість подачі дроту, 1,8-16 м/хв;
- Тривалість продування газу після зварювання, 1-11 сек;
- тип роз'єму пальника – KZ-2;
- Діаметр касети дроту, 300 мм;
- Маса дроту в касеті, 15 кг;
- Габаритні розміри, 580x200x450;
- Маса без касети, 9 кг.

Зварні матеріали при зварюванні двотаврової балки приймаються виходячи зі способу зварювання, відповідно до ГОСТ 14771-76 (Дугове зварювання в захисному газі. З'єднання зварені. Основні типи, конструктивні елементи та розміри). При зварюванні даного типу застосовується електродний дріт марки Св-08ГА. Вона добре підходить за хімічним складом до марки сталі 10ХСНД.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дріт зварний діаметром 2,0 мм, марки Св-08ГА, ГОСТ 14771-76ий дріт СВ-08ГА застосовується у зварних роботах для зварювання сталей з низьким вмістом вуглецю, а також низьколегованих. Літера «А» у маркуванні СВ-08ГА означає, що у цьому зварноому дроті значно знижено вміст шкідливих домішок.

Таблиця 4.3. Хімічний склад зварного дроту, %

C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
0,10	0,35-0,60	0,03	0,1	0,25	0,25	0,020

Дріт повинен бути прийнятий технічним контролем підприємства-виробника. Виробник повинен гарантувати відповідність дроту, що поставляється.

Як захисний газ використовуватиметься вуглекислий газ (CO₂). Вуглекислий газ перешкоджає негативному впливу атмосфери на процес зварювання.

Переваги вуглекислого газу:

- видимість процесу зварювання тагоріння дуги для зварника
- гарна якість швів
- Збільшена продуктивність зварювання
- низька вартість вуглекислого газу
- доступність зварних робіт

У режими напівавтоматичного зварювання серед вуглекислого газу входять: рід електричного струму і полярність, сила зварного струму, напруга дуги, швидкість зварювання, витрата захисного газу, діаметр електродного дроту, швидкість подачі дроту.

При напівавтоматичному зварюванні у вуглекислому газі зазвичай застосовують постійний струм зворотної полярності, оскільки зварювання струмом прямої полярності призводить до нестійкого горіння дуги.

Зі збільшенням сили зварювального струму збільшується глибина провару та підвищується продуктивність процесу зварювання. Чим довша дуга, тим більша напруга. Чим коротше дуга, тим стабільніший процес зварювання,

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

менше розбризкування і вища якість шва. Зі збільшенням напруги дуги збільшується ширина шва та зменшується глибина його проварювання. Швидкість подачі електродного дроту підбирають так, щоб забезпечувалося стійке горіння дуги при вибраній напрузі. Зі збільшенням вильоту електрода з струмопідвідного мундштука погіршується стійкість горіння дуги та формування шва, а також збільшується розбризкування.

Таблиця 4.4. Режими напівавтоматичного зварювання

Товщина металу Мм	Діаметр зварювальної дроту, мм	Сила св.струму, А	Напруга дуги, В	Швидкість подачі дроту, м/год	Виліт ел- да, мм
6-8 і більше	1,2-2,0	200-300	25-30	-	10-20

При зварюванні з малим вильотом із сопла пальника важко спостереження за процесом зварювання і підгоряє контактний наконечник. При надмірному збільшенні цієї відстані можливе забруднення металу шва киснем і азотом повітря, і освіту в ньому часу. Для отримання хорошої якості зварних швів необхідною умовою є підтримка постійної довжини дуги.

Щільність струму зазвичай становить 30-100 А/мм², причому глибина проплавлення металу дорівнює 7-20 мм.

Швидкість подачі електродного дроту підбирають з таким розрахунком, щоб забезпечувалося стійке горіння дуги при вибраній напрузі на ній.

Витрата вуглекислого газу визначають залежно від сили струму, швидкості зварювання, типу з'єднання та вильоту електрода. У середньому газу витрачається від 5 до 20 л/хв. Нахил електрода щодо шва дуже впливає на глибину провару і якість шва. Залежно від кута нахилу зварювання можна робити кутом назад та кутом вперед.

При зварюванні кутом у межах 5 – 10 град. покращується видимість зони зварювання, підвищується глибина провару і наплавлений метал виходить щільнішим.

Швидкість зварювання встановлюється самим зварником залежно від товщини металу та необхідної площі поперечного перерізу шва.

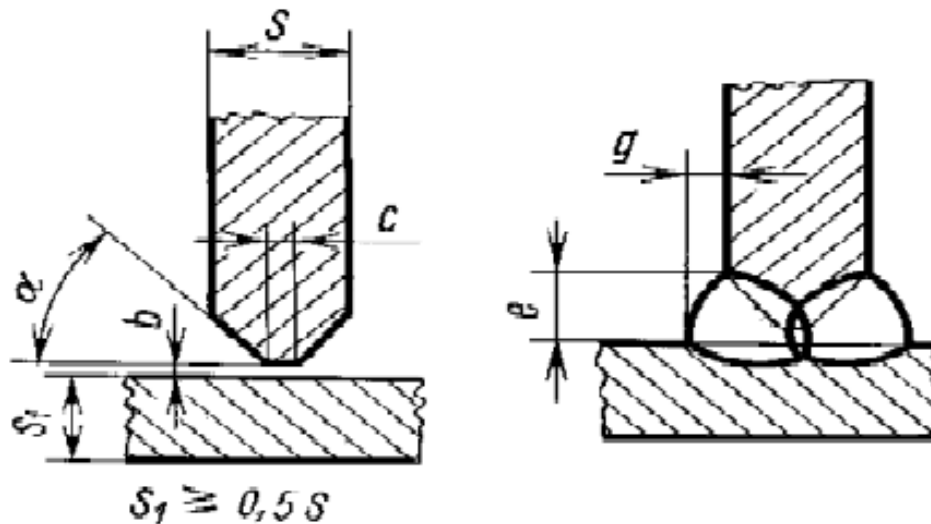


Рисунок 4.5. Геометричні параметри зварних швів таврової сполуки Т8

Визначаємо розрахункову довжину проплавлення за формулою:

$$H_p = (0.4 \div 1.1) * K \quad (1)$$

де, K – катет шва, мм.

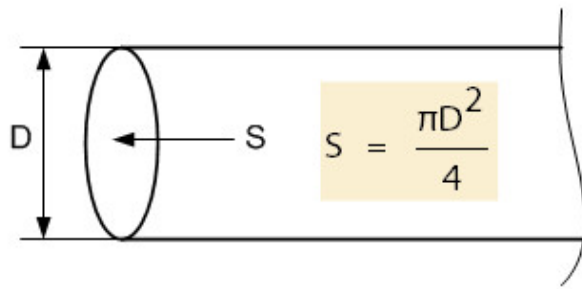
Прийняті числові значення символів:

$$K = 8 \text{ мм}$$

Рішення:

$$H_p = 1,0 * 8 \text{ мм} = 8 \text{ мм}$$

Визначаємо площу поперечного перерізу



$$F = \pi * d^2/4 \quad (2)$$

$$F = 3,14 * 22/4 = 3,14 * 4/4 = 12,56/4 = 3,14 \text{ (см}^2\text{)}$$

Визначаємо діаметр електронного дроту за формулою:

$$D_{\text{дел}} = 4\sqrt{H_p} \pm 0,05H_p \quad (3)$$

$$D_{\text{дел}} = 4\sqrt{8\text{мм}} \pm 0,05 * 8 = 2,0\text{мм} \pm 0,4 \text{ мм} = 2,0 \text{ мм}$$

$$D_{\text{дел}} = 2,0 \text{ мм}$$

Визначаємо силу зварювального струму за формулою:

$$I_{\text{св}} = I * F_e, \quad (4)$$

$$I_{\text{св}} = 100 * 3,14 = 314 \text{ А}$$

З метою зменшення розбризкування та стабілізації дуги приймаємо зварювальний струм 260 А.

Визначаємо напругу зварювальної дуги за формулою:

$$U_{\text{св}} = 14 + 0,05 * I_{\text{св}} \quad (5)$$

Рішення:

$$U_{\text{св}} = 14 + 0,05 * 260\text{А} = 27\text{В}$$

Приймаємо $U_{\text{св}} = 27\text{В}$.

Визначаємо виліт електродного дроту за формулою:

$$\ell_{\text{ел}} = 10 * \text{дел} \pm 2 * \text{дел} \quad (6)$$

Рішення:

$$\ell_{\text{ел}} = 10 * 2,0 \text{ мм} + 2 * 2,0 \text{ мм} = 20 \text{ мм} + 4,0 \text{ мм} = 24,0 \text{ мм}$$

$$\ell_{\text{ел}} = 10 * 2,0 \text{ мм} - 2 * 2,0 \text{ мм} = 20 \text{ мм} - 4,0 \text{ мм} = 16,0 \text{ мм}$$

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту за формулою:

$$v_{\text{ел}} = 0,53 * I_{\text{св}} / \text{дел} + 6,94 * 10^{-4} (I_{\text{св}} / \text{дел}^3) \quad (7)$$

$$v_{\text{ел}} = 0,53 * 260\text{А} / 2,0 \text{ мм} + 6,94 * 10^{-4} (260\text{А} / 2,03 \text{ мм}) = 69 \text{ м / год}$$

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $v_{ел} = 69 \text{ м/год}$

Визначаємо оптимальну витрату захисного газу за формулою:

$$g_3 = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot I_{св} \quad (8)$$

$$g_3 = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 260 = 3,3 \cdot 0,001 \cdot 260 = 0,8 \text{ л / хв}$$

Напівавтоматичне зварювання - це вид дугового зварювання, при якому зварювання відбувається завдяки автоматичному зварюванню електродного дроту, що автоматично подається в зону, з одночасною подачею в ту ж зону захисного газу. До складу зварного напівавтомата входить джерело зварювального струму та зварювальний апарат. Складові частини зварювального напівавтомата та їх функції визначаються рівнем механізації та автоматизації процесу, параметрами режиму зварювання, необхідністю їх встановлення та регулювання у режимі налагодження та зварювання (рис. 4.7).

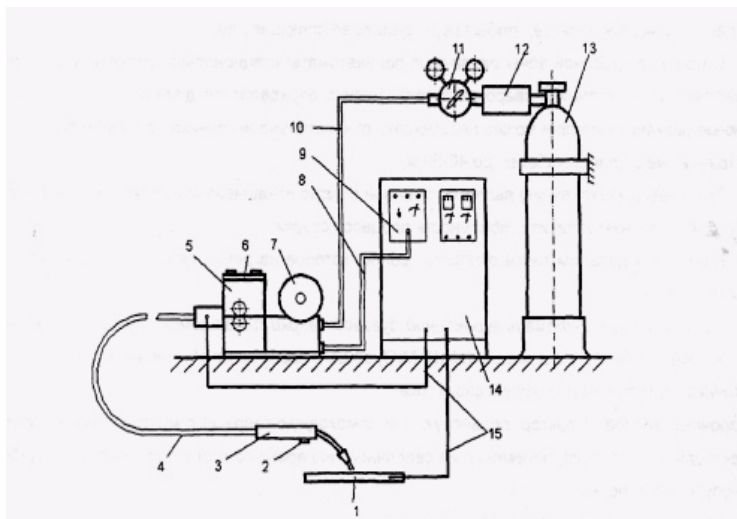


Рисунок 4.7 Установка для дугового механізованого зварювання в CO_2 : 1 – виріб; 2 - кнопка "Пуск"- "Стоп"; 3 - пальник; 4 - гнучкий шланг; 5 - механізм подачі електродного дроту; 6 – пульт управління; 7 – котушка; 8 – кабель ланцюгів управління; 9 - блок керування напівавтоматом; 10 – шланг для подачі захисного газу; 11 – газовий редуктор; 12 - підігрівач CO_2 ; 13 - балон із CO_2 ; 14 - зварювальний випрямляч.

На підставі обраного зварного обладнання, розрахованих режимів зварювання, розробляємо технологічний процес збирання.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Складання підкранової балки виконується за технологічним процесом у наступній послідовності: подача деталей; їх орієнтація щодо один одного або будь-якої однієї деталі; з'єднання; закріплення; зняття зібраного вузла та контроль. Неабияку роль при складанні підкранової балки грає точність складання. До основних показників точності збирання відносять: точність відносного руху виконавчих поверхонь; точності їх геометричних форм та відстаней між цими поверхнями; точність їх відносних поворотів.

Технологічний процес складання виробу розробляється з урахуванням типу виробництва, заданої програми, обладнання та матеріалів, необхідної кількості робочих і робочих місць. З розробленого технологічного процесу виробляється розрахунок норм часу виготовлення вузлів, визначається кількість устаткування, пристосувань, робочих.

Зварювання – це процес отримання нероз'ємного з'єднання. Зварювання є одним із провідних технологічних процесів отримання металевих конструкцій. Технологічний процес зварювання включає послідовність технологічних операцій; (а саме підготовку металу, збирання заготовок на прихватках, зварювання, зачистку, контроль); розбивку конструкції на окремі технологічні вузли чи елементи.

Технологічні процеси заводського та монтажного зварювання підкранової балки повинні забезпечувати одержання зварних з'єднань, що повністю задовольняють вимогам проекту.

У заготівельні операції входять: виправлення металу, різання, очищення, обробка кромки.

Технологічний процес заготівлі деталей виробів із прокату починається з підбору металу за розмірами та марками сталі. Метал, що надходить з металургійних заводів, заготовки після різання та інших заготівельних операцій, потребує виправлення. Внаслідок нерівномірного остигання, після прокатки метал деформується, отримує додаткову деформацію при вирізанні деталей.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Редагування деформованого металу здійснюється шляхом створення місцевої пластичної деформації і може проводитися в холодному стоянні або при попередньому підігріві.

Розмітка – це процес нанесення на метал у натуральну величину контуру деталі. У процесі розмітки необхідні вказівки по обробці наносять на метал з використанням міряльного та спеціального інструменту: металевих рулеток, лінійок, чортилок, косинців, молотків та ін. Якість розмітки багато в чому залежить від точності вимірювального інструменту.

Різання металу може бути заготівельною і як операція виготовлення деталей без подальшої механічної обробки. Листовий метал ріжуть на прес-ножицях, гільйотинних, дискових та вібронажках.

Очищення листової сталі, поверхонь кольорових металів, деталей забруднень є трудомісткою операцією. Існують такі способи очищення металу: ручним інструментом, механічними щітками, піскоструминний спосіб.

Правка листового прокату здійснюватиметься на листопрямильній машині компанії ARKU. Листопрямильна машина - випускається під діапазон товщин листових деталей товщиною від 0,15 мм до 60 мм, перекриваючи весь діапазон товщин металу, що необхідні в промисловості.

Різання здійснюватиметься на комбінованих Прес-ножицях HB5222. Товщина листів, що розрізаються 2—10 мм, діаметр кола, що відрізається 36 — 75 мм, сторона квадрата 32 — 65 мм, число ходів за хвилину 66 — 28. Різання на ножицях є найбільш економічним способом оброблення прокату на заготовки.

Очищення пропонується застосувати піскоструминний апарат Contracor DBS 25 RC.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.5. Технічні характеристики Contracor DBS 25 RC

Об'єм бункера для абразиву, л	25
Споживання повітря, л/хв	2300 – 9600
Продуктивність, м2/год	4 - 37
Витрата абразиву (Морський пісок)	160 – 1000
Тиск, бар	5-12

При обробці кромки застосовуватиметься кромкорізна машина для зняття фаски до 10 мм. Кромкоріз електричний для зняття фаски до 10 мм на металевих листах, трубах, профілі, отворах, вікнах, на прямих та викривлених ділянках металу. Кут зняття фаски 30 градусів. Інструментом є фреза з трьома твердосплавними пластинами. Вага кромкорізу 4,5 кг.

Для контролю вже готової продукції застосовуватиметься металева рулетка та косинець.

Складання балки має бути досить точною; особлива увага приділяється симетрії розташування та взаємної перпендикулярності полиці та стінки. Складання на стелажі за допомогою найпростіших пристроїв є трудомістким і може застосовуватися тільки в одиничному виробництві. Використання пристроїв дозволяє підвищити продуктивність складальних операцій на 30-35%.

Складання виробу виконується за технологічним процесом у наступній послідовності: подача деталей; їх орієнтація щодо один одного або будь-якої однієї деталі; з'єднання; закріплення; зняття зібраного вузла та контроль.

Точність складання - ступінь збігу матеріальних осей, контактуючих поверхонь або інших елементів деталей, що сполучаються з положенням їх умовних прототипів, що визначаються відповідними розмірами на кресленні або технічними вимогами. До основних показників точності збирання відносять: точність відносного руху виконавчих поверхонь; точності їх геометричних форм та відстаней між цими поверхнями; точність їх відносних поворотів.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основою для проектування техпроцесу збирання котла опалення є: складальний та деталювальні креслення; специфікація складальних одиниць та деталей.

Складання балки двотаврової істотно залежить від швидкої дії та надійності механізму затискання елементів. Закріплення та звільнення елементів балки по всій довжині за допомогою гвинтів займає багато часу. Значно продуктивніше та зручніше в роботі пристосування, оснащені пневматичними затискачами з живленням від заводської мережі стисненого повітря. В цьому випадку затискання та звільнення балки здійснюється перемиканням крана подачі повітря.

Забезпечення взаємної перпендикулярності полиці і стінки при складанні вимагає поступального переміщення елемента, що затискає. Це можна здійснити шляхом жорсткого кріплення притисків на штоках циліндрів, або прямолінійними направляючими притисків з шарнірним кріпленням останніх до штоків циліндрів.

Для зборки двотаврової балки буде використовуватися складальний кондуктор з пневматичними притисками.

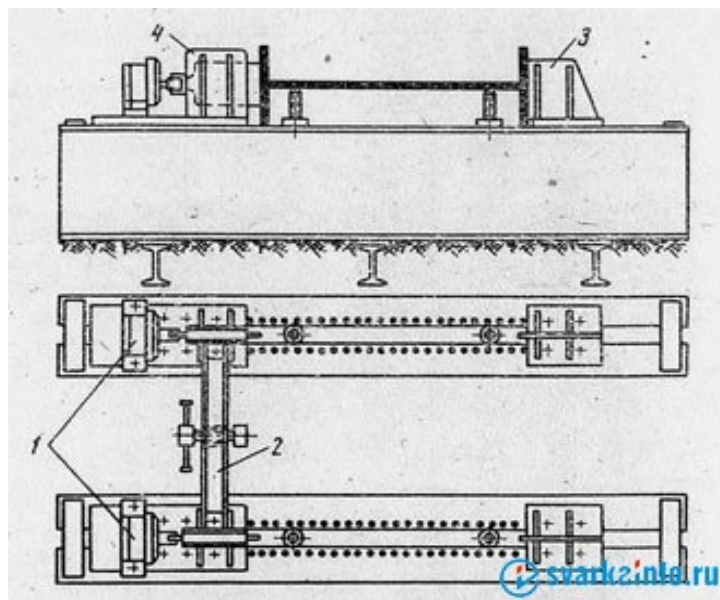


Рисунок 4.7. Пристрій кондуктора з пневматичними притисками: 1 – пневматичні циліндри; 2 - переносна траверса; 3 - нерухомий упор; 4 - напрямні рухомого упору.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварювання- виробнича операція отримання нероз'ємного з'єднання за допомогою встановлення міжатомних зв'язків між частинами, що з'єднуються при їх нагріванні або пластичному деформуванні.

Технологічний процес зварювання включає послідовність технологічних операцій; розбивку конструкції на окремі технологічні вузли чи елементи; ескізне опрацювання спеціальних пристроїв та оснащення; розрахунки режимів основних зварних процесів, розрахунки очікуваних зварних напружень та деформацій; порівняльну оцінку розроблених варіантів технології.

Після остаточного затвердження технічного проекту та прийнятого варіанта технології виконують робоче проектування конструкції (складання конструкторської документації) та розробку робочої технології (складання технологічної документації).

Технологічні процеси заводського та монтажного зварювання балки двотаврової повинні забезпечувати отримання зварних з'єднань, що повністю задовольняють вимогам проекту по всьому комплексу фізико-механічних характеристик, а також відповідних норм за гранично допустимими розмірами та видами дефектів з урахуванням коефіцієнтів концентрації напруг.

Заводське зварювання балок двотаврових слід виконувати відповідно до затвердженого технологічного процесу, в якому передбачені:

- вимоги до форми та підготовки кромek деталей, що підлягають зварюванню, відповідно до ГОСТ 14771-76;
- способи та режими зварювання, зварні матеріали, а також послідовність виконання технологічних операцій;
- конкретні вказівки щодо закріплення деталей перед зварюванням;
- заходи, що виключають утворення пропалів, усунення шва від його осі та утворення інших видів дефектів;
- заходи, створені задля зниження зварних деформацій

При зварюванні у вуглекислому газі дротом діаметром 0,8-2,0 мм виробів із сталі, товщиною до 40 мм у всіх положеннях вироблення на середніх режимах на автоматах в 2-5 разів вище, але в напівавтоматах - в 1,8-3 разу вище, ніж за

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ручної дугового зварювання. Найбільш доцільним є використання механізованих способів зварювання.

Одним з таких способів є напіваавтоматичне зварювання у вуглекислому газі, яке в даний час займає значне місце в народному господарстві завдяки своїм технологічним та економічним перевагам.

Технологічними перевагами є відносна простота процесу зварювання, можливість напіваавтоматичного та автоматичного зварювання швів, що знаходяться у різних просторових положеннях, що дозволяє механізувати зварювання у різних просторових положеннях, у тому числі зварювання неповоротних стиків труб.

Невеликий обсяг шлаків, що беруть участь у процесі зварювання в CO_2 , дозволяє в ряді випадків отримати шви високої якості.

Економічний ефект від застосування зварювання у вуглекислому газі істотно залежить від товщини металу, що зварюється, типу з'єднання, розташування шва в просторі, діаметра електродного дроту і режимів зварювання.

При зварюванні у вуглекислому газі дротом діаметром 0,8-2,0 мм вертикальних і стельових швів зі сталі завтовшки 8 мм і більше і в нижньому положенні товщиною більше 10 мм дротом діаметром 1,4-2,5 мм продуктивність у 1,5-2,5 рази вище, ніж при ручному електродуговому зварюванні.

Продуктивність зварювання у вуглекислому газі дротом діаметром 1,4-2,5 мм зі сталі товщиною 5-10 мм у нижньому положенні залежить від характеру виробу, типу та розміру з'єднання, якості складання та ін. При цьому продуктивність тільки в 1,1-1,8 рази вище, ніж вручну.

Перераховані технологічні та економічні переваги зварювання у вуглекислому газі дозволяють широко використовувати цей метод у серійному та масовому виробництвах.

На підставі розрахункових даних для зварювання двотаврової балки вибираємо напіваавтомат «Урал-3».

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напівавтомат складається з механізму, що подає, джерела живлення, шафи управління, універсального уніфікованого тримача, зварного шланга, газового редуктора з расходомером і підігрівачем газу.

Так як товщини підкранової балки перевищують 4 мм, а саме ребра жорсткості 8 мм, а широкополочний двутавр 8 мм, буде застосовуватися обробка кромки з двома симетричними скосами однієї кромки, двосторонній зварний шов.

Механічна обробка зварних швів після зварювання дозволяє видалити шлак, що залишився, і переконатися в якості з'єднання. Усім доводилося бачити, як виконавець обстукує шов молотком чи виконує його зачистку. Шлак, що залишився, може стати причиною виникнення корозійних процесів. Для очищення металу від шлаку застосовуватиметься кутова шліфувальна машинка Rupes BA 225N.

Кутова зачистна мінімашинка Rupes BA 225N для зачищення та обдирки, захисний кожух та стопор диска, Ø диска 125 мм, потужність 950 Вт, частота обертання 8500 об/хв, вага 1,8 кг.

Rupes BA 225N - Ротаційна відрізна машина кутового типу оснащена багатофункціональною електронікою, що забезпечує регулювання обертів, та контроль моменту, що крутить.

Таблиця 4.6. Технічні характеристики Rupes BA 225N

Діаметр диска	125 мм
Частота обертів	8500 об/хв
Потужність	950 Вт
Вага	1,8 кг
Кнопка блокування валу	Є
Бічна рукоятка	Є
Захисний кожух	Є

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

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішнім оглядом перевіряють відсутність підрізів, напливів, непроварів, великих пір і відповідно до технічних вимог креслення дефекти можуть бути усунені шляхом вирубкування та заварювання.

За відсутності зовнішніх дефектів зварювання роблять (контроль розмірів виробу відповідно до вимог креслення, а потім контроль якості зварних швів).

Основною метою технічного контролю є отримання інформації про перебіг (стан) відповідного процесу або його результати для подальшого вироблення рішень про керуючі впливи, тобто вироблення заходів запобігання або боротьби з можливим шлюбом.

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

При вхідному контролі перевіряється якість вихідних матеріалів, які застосовуються для виготовлення виробу, який повинен відповідати вимогам, встановленим у стандартах, технічних умовах, договорах та поставках.

При операційному контролі перевіряється відповідність заготівлі, збирання, дотримання технологічних режимів, виконання технологічного процесу, стан зварного обладнання та оснащення.

При приймальному контролі перевіряється відповідність якості зварних вузлів вимогам, встановленим у нормативно-технічній документації.

При зварюванні підкранової балки застосовується зварювання в захисному газі за ГОСТ 14771-76, тому у всіх зварних швах можуть виникати такі дефекти: пори, непровари, пропали, підрізи, шлакові включення, а також різні деформації, що спотворюють форму виробу. Для контролю швів на наявність непроварів, пропалів, підрізів, тріщин, задирок застосовується візуальний метод контролю.

Якість підготовки та збирання заготовок під зварювання, якість виконаних швів у процесі зварювання та якість готових зварних швів перевіряють зовнішнім оглядом. Зовнішній контроль у часто досить інформативний, це найдешевший і оперативний метод контролю. Для візуального методу контролю використовують шаблони УШС.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тривалість часу складання вузлів під зварювання залежить від характеру та конструктивної складності вузла, його ваги та розмірів, кількості деталей, що збираються, а також застосовуваних при складанні пристосувань та інструменту. Норма часу на складання металоконструкцій під зварювання складається з підготовчо-заключного, основного та допоміжного часу на організаційно-технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби.

Основний час— це час складання металоконструкції під зварювання, протягом якого відбувається координація, з'єднання та кріплення деталей і вузлів, що входять у виріб.

Розрахунок штучного часу напівавтоматичного та автоматичного зварювання проводиться за формулами, хв: для одиничного та дрібносерійного виробництва:

$$T_{ш} = [(T_o + T_{вш}) l_{ш} + T_{ві}] K_1 \quad (11)$$

Основний час зварювання одного погонного метра однопрохідного шва визначається за формулами, хв: для ручного та напівавтоматичного зварювання:

$$T_o = 60 * M_n / a_n * I_{св} \quad (12)$$

$$T_o = 60 * 3,8 / 8,0 * 260 = 228 / 2210 = 0,11 \text{ хв}$$

$$T_o = 0,11 \text{ хв}$$

Отримані дані щодо нормування зварних робіт зведено до таблиці 8

Таблиця 4.7. Норми часу на зварні роботи

Номер операції	Спосіб зварювання	Тип з'єднання	Т _е , мін	l _ш , м
1	ГОСТ 14771-76	T8	0,11	60

5 ЕКОНОМІНЧИЙ РОЗДІЛ

В даному розділі розглядаються витрати на розроблення програмного забезпечення для неруйнівного контролю зварних ємностей з нержавіючих сталей методом акустичної емісії. Для цього розраховується вартість розроблення відповідного програмного забезпечення, що складається з витрат на оплату праці для програміста та тестувальника, витрати на електроенергію, витрати на амортизацію.

Витрати на оплату праці

Робота по розробленню даного програмного забезпечення відбувається за допомогою роботи програміста, і після чого відповідну роботу перевіряє тестувальник програмного забезпечення. Отже, приводяться відповідні вхідні дані для розрахунку:

- Середня тарифна ставка програміста – 260 грн/год;
- Трудомісткість розроблення програми – 40 норм/год;
- Середня тарифна ставка тестувальника – 200 грн/год;
- Трудомісткість тестування – 4 норм/год;
- Додаткова заробітна плата – 30% від основної заробітної плати;
- ЄСВ – 22% від основної та додаткової заробітної плати робітника.

Витрати на оплату праці програміста:

Основна заробітна плата:

$$C_{o.z.} = 40 * 260 = 10400 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата:

$$C_{з.д.} = \left(\frac{30}{100}\right) * 10400 = 3120 \text{ грн}$$

					ЗС-9106.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Волошко О.			Економічний розділ	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Глущенко Я.					88	103
						КПІ ім. І. Сікорського НН ІМЗ ім.. Є.О.Патона		
Н. контр.		Лисак В.В.						
Затверд.		Квасницький						

Відрахування на ЄСВ:

$$C_{\text{ЄСВ}} = \left(\frac{22}{100} \right) * (10400 + 3120) = 2974,4 \text{ грн}$$

Витрати на оплату праці тестувальника:

Основна заробітна плата:

$$C_{\text{о.з.}} = 4 * 200 = 800 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата:

$$C_{\text{з.д.}} = \left(\frac{30}{100} \right) * 800 = 240 \text{ грн}$$

Відрахування на ЄСВ:

$$C_{\text{ЄСВ}} = \left(\frac{22}{100} \right) * (800 + 240) = 228,8 \text{ грн}$$

Витрати на електроенергію

Так як для розроблення відповідного програмного забезпечення потрібно використання лише ноутбуків (програміста й тестувальника) то й їхня витрата електроенергії враховується. Середні показники споживання електроенергії ноутбуками від 15 до 60 Вт. В даному розрахунку використовується значення 60 Вт (для програміста й тестувальника).

Ціна, котра оплачується за кВт/год електроенергії зараз складає 2,64 грн/кВт*год (відповідно до постанови Кабміну з 01.06.2023 р. встановлено єдину ціну на електроенергію для всіх жителів України – 2,64 грн/кВт*год на весь обсяг споживання).

Отже, при потужності ноутбуків 60 Вт/год. Й трудомісткості 40 норм/год. І 4 норм/год. Й відповідно до ціни електроенергії отримуємо, що витрати на електроенергію складають:

$$C_{\text{елек}} = 60 * 10^{-3} * 44 * 2,64 = 6,9696 \text{ грн}$$

Витрати на амортизацію

Амортизаційні відрахування в даному випадку стосуються лише ноутбуків й визначаються за формулою:

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{амор}} = (B_6 * H_a * T_k) / (\Phi_d * K_v * 100) \quad (5.1)$$

де B_6 – балансова вартість устаткування, грн. (потужні ноутбуки коштують близько 30 тис. грн. і плюс враховується коефіцієнт транспортно-монтажних робіт, але так як в нас цих монтажних робіт немає то коефіцієнт дорівнює 1); H_a – норма річних амортизаційних відрахувань (для даного випадку 10 %); T_k – норм часу на програмування (40 норм/год); Φ_d – дійсний річний фонд часу роботи устаткування:

$$\Phi_d = 257 * 1 * 8 * 0,93 = 1912,08 \text{ год}$$

де 257 – кількість робочих днів на рік; 1 – кількість робочих змін на день; 8 – тривалість зміни; 0,93 – коефіцієнт, що враховує планові простої устаткування; K_v – коефіцієнт використання устаткування (для даного випадку 0,7).

Витрати, пов'язані з утриманням та амортизацією площі будівлі, котру займає устаткування розраховується за формулою:

$$C_{\text{буд}} = (F_i * K_f * Y_f * T_k) / (K_v * \Phi_d) \quad (5.2)$$

F_i – площа яку займає обладнання 1 м²); K_f – коефіцієнт, що враховує додаткову площу (в даній роботі 2); Y_f – річні витрати на утримання 1 м² площі будівлі, грн. (в даній роботі 32 грн.). Для обох виконавців замовлення.

$$C_{\text{буд}} = \frac{(1 * 2 * 32 * 44)}{0,7 * 1912,08} = 2,1 \text{ грн}$$

Висновок до економічного розділу

Відповідно до розрахунку собівартості розроблення програмного забезпечення для неруйнівного контролю зварних ємностей з нержавіючих сталей методом акустичної емісії виходить, що:

$$C = 10400 + 3120 + 2974,4 + 800 + 240 + 228,8 + 6,9696 + 89,65 + 8,96 + 44,82 + 4,48 + 2,1 = 17920,1796 \text{ грн}$$

Сума одержана враховуючи витрати на оплату праці програміста та тестувальника, витрати на електроенергію, витрати на амортизацію устаткування та споруди.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наприклад, програмне забезпечення для забезпечення контролю якості зварювальних з'єднань Xnet 2.0 Basis Set коштує 3,255 €. В покупку входить: базовий пакет Xnet, котрий включає в себе USB-ключ з серійним номером, файлом установки і ліцензоване програмне забезпечення.

Xnet 2.0 Basis Set і розроблене програмне забезпечення мають велику різницю в ціні, але все ж якість на використання даного ПО може відрізнятись, тому це потребує додаткових досліджень та розрахунків.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Широке розповсюдження персональних комп'ютерів у промисловості та побуті актуалізувало питання охорони праці та безпеки їх користувачів. Найбільш повним нормативним документом з охорони праці для користувачів персональних комп'ютерів є Державні санітарні норми і правила роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин (ДСанПіН 3.3.2.007-98).

Дотримання вимог цих нормативно-правових актів може суттєво зменшити несприятливий вплив на працівників шкідливих і небезпечних факторів, пов'язаних з роботою з візуальними дисплейними матеріалами, таких як зорові, неврологічні та психічні розлади, а також можливість виникнення серцево-судинних захворювань. Виходячи з цього, роботодавці повинні забезпечити гігієнічні та ергономічні вимоги, викладені в цьому Регламенті, щодо конфігурації робочого простору для роботи з ВДТ, виробничого середовища, робочого місця, де використовуються ВДТ, а також режиму праці та відпочинку при використанні ВДТ.

Відповідно до встановлених гігієнічних вимог (СН 4088-86) роботодавець зобов'язаний забезпечити в приміщеннях, де встановлено ВДТ, оптимальні параметри виробничого середовища (табл. 6.1).

					ЗС-9106.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Охорна праці	Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Волошко О.						
Перевір.		Левченко О.Г.					92	103
						КПІ ім. І. Сікорського НН ІМЗ ім.. Є.О.Патона		
Н. контр.		Лисак В.В.						
Затверд.		Квасницький						

Таблиця 6.1. Норми мікроклімату для приміщень з ВДТ

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, С, не більше	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	Легка - 1 а	22...24	4...6	0,1
	Легка - 1 б	21...23	4...6	0,1
Тепла	Легка - 1 а	23...25	4...6	0,1
	Легка - 1 б	22...24	4...6	0,2

Природне світло в приміщення з ВДТ повинно надходити переважно через вікна, що виходять на північ або північний схід, з коефіцієнтом природної освітленості не менше 1,5 %; для захисту від прямих сонячних променів і відбитих відблисків від екранів ПК і поверхонь клавіатури повинні бути передбачені сонцезахисні пристрої, а на вікнах повинні бути жалюзі або штори [19].

Основні вимоги до виробничих приміщень для роботи ВДТ:

- ВДТ не можна встановлювати в підвалах або на перших поверхах;
- Площа одного робочого місця в таких приміщеннях повинна бути не менше 6,0 м², а об'єм - не менше 20,0 м³;
- Повинні бути обладнані природним і штучним освітленням відповідно до ДБН В.2.5-28:2018;
- Мають бути передбачені шафи для зберігання документів, магнітних дисків, полиці, стелажі, тумби тощо, з урахуванням вимог до площі приміщення;
- Вологе прибирання повинно проводитися щодня;
- Поруч з кімнатою має бути передбачена кімната для роботи з ВДТ:
- Вітальня для відпочинку під час роботи
- Кімната для психологічного розслаблення.

Таблиця 6.2. Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ВДТ

Рівні	Число іонів в 1 см ³ повітря	
	<i>n</i> ⁺	<i>n</i> ⁻
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-30000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями, обладнаними ВДТ, повинно забезпечуватися загальною системою рівномірного освітлення. В якості джерела штучного освітлення повинні використовуватися люмінесцентні ЛБ.

Вимоги до освітлення приміщень і робочих місць при використанні ВДТ:

- Освітлення робочого місця повинно відповідати характеру зорової роботи, який визначається трьома параметрами: об'єктом розрізнення (мінімальним розміром об'єкта, видимим на моніторі ПК), фоном, що характеризується його відбивною здатністю, і контрастом між об'єктом і фоном;
- Необхідно забезпечити достатньо рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні монітора і в навколишньому просторі;
- На робочій поверхні не повинно бути різких тіней;
- У полі зору не повинно бути відблисків (підвищеної яскравості поверхонь, що світяться і викликають відблиски);
- Освітленість під час роботи повинна бути постійною;
- Слід вибрати оптимальний напрямок світлового потоку і необхідну світлову композицію.

Увага! Використання світильників без розсіювачів або захисних решіток заборонено.

Допустимі рівні звуку, електромагнітних випромінювань та електричних полів у приміщеннях під час роботи з ВДТ наведено в таблиці 6.3.

Гігієнічні вимоги до організації та обладнання робочих місць, де

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовуються ВДТ. При розташуванні елементів, що складають робоче місце користувача ВДТ, слід враховувати наступне:

- Робоча поза користувача
- простір для розміщення роботодавця.
- Видимість кожного елемента робочого місця;
- Здатність підтримувати захист.
- Розташування документів і матеріалів, що використовуються роботодавцем.

Таблиця 6.3. Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньогометричними частотами, Гц									Рівні звуку, еквівалентні рівні звуку, дБА/дБАекв.
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Програмісти ЕОМ	86	7	61	54	49	45	42	40	38	50
Оператори в залах обробки інформації на ЕОМ та оператори комп'ютерного набору	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
В приміщеннях для розташування шумних агрегатів ЕОМ	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Конструкція робочих місць повинна дозволяти користувачам підтримувати оптимальну робочу позу; робочі місця з ВДТ слід розташовувати близько до вікон, щоб природне світло падало збоку, бажано зліва.

Робочі місця з ВДТ повинні розташовуватися на відстані не менше 1,5 м від стіни з вікном, 1 м від іншої стіни і не менше 1,5 м один від одного.

Допустимі параметри електромагнітних випромінювань наведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4. Допустимі параметри електромагнітних випромінювань і електричного поля [19]

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м ²
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/М	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 нм)			0,001
УФ-В (280...320 нм)			0,01
УФ-А (320...400 нм)			10,0
в інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0... 70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 ВВ/м

Максимальна відстань від користувача до клавіш керування принтером не повинна перевищувати довжини витягнутої руки користувача, а також повинна бути зручно розташована для користувача.

Конструкція робочого столу повинна забезпечувати можливість оптимального розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання

з урахуванням характеру завдання, а також його кількості та конструктивних особливостей (розмір монітора, клавіатури, принтера, ПК тощо), документації тощо.

Вимоги до режимів праці і відпочинку при роботі з ВДТ. Під час роботи з ВДТ для збереження здоров'я працівників, запобігання профзахворюванням і підтримки працездатності встановлюються внутрішньо змінні регламентовані перерви для відпочинку.

Тривалість регламентованих перерв під час роботи з ЕОМ за 8-годинної денної робочої зміни залежно від характеру праці: 15 хвилин через кожну годину роботи - для розробників програм зі застосуванням ЕОМ; 15 хвилин через кожні дві години - операторів із застосуванням ЕОМ; 10 хвилин після кожної години роботи за ВДТ для операторів комп'ютерного набору.

УВАГА! У випадках, коли виробничі обставини не дозволяють стосовувати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з ВДТ не повинна перевищувати 4 годин.

Для зниження нервово-емоційного напруження, втомленості зорового аналізатора, для поліпшення мозкового кровообігу і запобігання втомі доцільно деякі перерви використовувати для виконання комплексу вправ, які передбачені ДСанПіН 3.3.2.007-98, в тому числі і для сеансів психологічного розвантаження у кімнаті з відповідним інтер'єром та кольоровим оформленням.

Ігнорування санітарних правил і норм роботи з ВДТ може викликати у осіб, які з ними професійно працюють, загальну втому, зорову втому, болі та відчуття піску в очах, відчуття засміченості та свербіння очей, болі в хребті, закам'янілість та оніміння м'язів ший та плечового поясу, пошкодження дисків хребта, порушення постави, судоми м'язів ніг, синдром RSI хронічний розтяг зв'язок, синдром тунелю Карпаля, головні болі, поганий сон, депресивні стани тощо.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В ході роботи розглянуто сучасні методи контролю зварних швів та розроблено методи обробки результатів контролю.

Розглянуто основні методи контролю зварних швів та проведено їх аналіз, що дозволило обрати оптимальний метод контролю .

Розроблено методику проведення дослідження, що дозволило розробити методику для конкретної деталі. Наведено перелік устаткування для проведення такого дослідження. Розроблено план проведення експерименту.

Використовуючи розроблену методику проведено радіографічний контроль деталі згідно з планом контролю, що дозволило отримати результати дослідження та виконати їх обробку.

На основі отриманих результатів, обрано програмне середовище для розробки автоматизованої системи. Розроблено програму для аналізу даних радіографічного контролю та методику її використання, що дозволило забезпечити автоматизацію процесу обробки результатів контролю. А також виконано впровадження результатів досліджень, було розроблено алгоритми для системи автоматичної обробки даних рентгенівського контролю;

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.Когут М. С. Основи взаємозамінності, стандартизації, сертифікації, акредитації та технічні вимірювання. Підручник / М. С. Когут, Н. М. Лебідь, О. В. Білоус, І. Є. Кравець.- Львів: Світ, 2010. — 528 с. — ISBN 978-966-603-556-4.

2.Роянов В. О. Дефекти та якість при зварюванні і споріднених процесах: підруч. для студ. зварюв. та машинобуд. напрямків вищ. навч. закл. /В. О. Роянов, В. Я. Зусін, С. С. Самотугін ; Приазов. держ. техн. ун-т. —Маріуполь: Рената, 2010. — 226 с. — 300 прим. — ISBN 978-966-7329-91-4

3.Васілевський О. М. Нормування показників надійності технічних засобів: навчальний посібник / О. М. Васілевський, В. О. Поджаренко. — Вінниця: ВНТУ, 2010. — 129 с.

4.Г. І. Камель Контроль якості зварювання. Т. 1. Неруйнівні методи контролю: навчальний посібник / Г. І. Камель, Ю. А. Гасило, П. С. Івченко, Р. Я. Романюк. — Кам'янське : ДДТУ, 2018. — 241 с.

5.Білокур І. П. Основи дефектоскопії: Підручник. — К.: «Азимут-Україна», 2004. — 496 с.

6. Білокур І. П. Елементи дефектоскопії при вивченні неруйнівного контролю. — К.: НМК ВО, 1990. — 252 с.

7.Гасило Ю. А. Г22 Контроль якості зварювання. Т. 2. Руйнівні методи контролю: навчальний посібник / Ю. А. Гасило. — Кам'янське : ДДТУ, 2018. — 154 с.

8.Хільчевський В. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. К.: Либідь, 2002. — 328с. ISBN 966- 06-0247-2

9.Біометрія: методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Біометрія» для студентів галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» всіх форм навчання / КПП ім. Ігоря Сікорського ; уклад.:

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

С. П. Вислоух, К. С. Барандич, О. В. Волошко – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 62 с.

10. Біометрія: методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму з дисципліни «Біометрія» для студентів спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» усіх форм навчання / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. П. Вислоух, К. С. Барандич, О. В. Волошко. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 106 с.

11. Simard, Patrice, David Steinkraus, and John C. Platt. «Best Practices for Convolutional Neural Networks Applied to Visual Document Analysis.» In ICDAR, vol. 3, 2003.

12. Krizhevsky, A. (2009) Learning Multiple Layers of Features from Tiny Images. Technical Report TR-2009, University of Toronto, Toronto.

13. Hinton, Geoffrey E.; Srivastava, Nitish; Krizhevsky, Alex; Sutskever, Ilya; Salakhutdinov, Ruslan R. (2012). «Improving neural networks by preventing co-adaptation of feature detectors»

14. Collobert, Ronan, and Jason Weston. "A unified architecture for natural language processing: Deep neural networks with multitask learning." Proceedings of the 25th international conference on Machine learning. ACM, 2008.

15. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій студентів інженерних спеціальностей / За заг. Ред. О. А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016 – 28 с.

16. Антонюк В.С. Методологія наукових досліджень: [Текст] : навч. посіб. / В.С. Антонюк, Л.Г. Полонський, В.І. Аверченков, Ю.А. Малахов. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 276 с.

17. Бабич В.О. Використання нейромережевих систем для контролю якості зварних швів VIII Міжнародна науково-практична інтернет-конференція молодих учених та студентів «Актуальні проблеми автоматизації та управління».

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18.Бабич В.О., // Контроль якості зварних швів при радіографічному дослідженні // XV Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні»

19. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. К.: Основа, 2010. 240 с.

					ЗС-91.06.00.000 ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК

```
import numpy
from keras.datasets import
rengen from keras.models import
Sequential
from keras.layers import Dense, Flatten,
Activationfrom keras.layers import Dropout
from keras.layers.convolutional import Conv2D,
MaxPooling2Dfrom keras.utils import np_utils
from keras.optimizers
import SGD
numpy.random.seed(42)
(X_train, y_train), (X_test, y_test) =
rengen.load_data()batch_size = 32
nb_classes = 10
nb_epoch = 25
img_rows, img_cols = 32, 32
img_channels = 3
X_train =
X_train.astype('float32')
X_test =
X_test.astype('float32')
X_train /= 255
X_test /= 255
Y_train = np_utils.to_categorical(y_train,
nb_classes)Y_test =
np_utils.to_categorical(y_test, nb_classes)
model = Sequential()
model.add(Conv2D(32, (3, 3), padding='same',
input_shape=(32, 32, 3), activation='relu'))
model.add(Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', padding='same'))
```

```

        model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))
        model.add(Dropout(0.25))
        model.add(Conv2D(64, (3, 3),
            padding='same',
            model.add(Conv2D(64, (3, 3), activation='relu', padding='same'))

        model.add(Dropout(0.25))
        model.add(Flatten())
        model.add(Dense(512,
            activation='relu'))
        model.add(Dropout(0.5))
        model.add(Dense(nb_classes, activation='softmax'))
        sgd = SGD(lr=0.01, decay=1e-6, momentum=0.9,
            nesterov=True)
        model.compile(loss='categorical_crossentropy',
            optimizer=sgd,
            metrics=['accuracy'])
        model.fit(X_train,
            Y_train,
            batch_size=batch_size,
            epochs=nb_epoch,
            validation_split=0.1,
            shuffle=True,
            verbose=2)
        scores = model.evaluate(X_test, Y_test, verbose=0)
        print("Точність роботи на тестових даних: %.2f%%" % (scores[1]*100))

```