

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАТРОНІКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ВИМІРЮВАЛЬНОЇ  
ТЕХНІКИ**

**ДИПЛОМНА МАГІСТЕРСЬКА  
РОБОТА**  
на тему «дослідження ультразвукового методу  
контролю дефектів»

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМВТ-17

Осьмірко Максим Петрович

Науковий керівник д.т.н., проф. Кисельов В.  
Б.

Рецензент д.т.н., проф. Щербань В.Ю.

Київ 2018

# Актуальність

В теперішній **ТЕМИ** найбільш розповсюдженим методом виявлення внутрішніх дефектів металевих виробів є ультразвуковий контроль, результати якого є складними для розшифрування та вимагають великого практичного досвіду оператора для подальшого визначення типу та розмірів дефектів, оскільки цей метод дає лише інформацію про місце і глибину залягання дефекту та його еквівалентну площу, чого часто недостатньо для точного визначення можливості подальшої експлуатації металевих виробів, особливо тих, які застосовуються у відповідальних вузлах та конструкціях. Внаслідок цього нерідко оператор робить невірний висновок про технічний стан металевих виробів, що може призвести до виникнення аварійних ситуацій.

Тому розробка нових методів та засобів неруйнівного контролю для виявлення дефектів, перш за все, типу «порушення суцільності» та отримання достовірної та повної інформації про них є в теперішній час актуальною задачею.

# Мета і задачі дослідження

Мета дипломної магістерської роботи – дослідження методів підвищення чутливості та інформативності ультразвукового контролю для визначення типу та розмірів виявлених дефектів металевих виробів.

Для досягнення поставленої мети в магістерській дипломній роботі поставлені наступні задачі:

- проаналізувати сучасний стан і тенденції розвитку методів та засобів ультразвукового контролю металевих виробів для визначення їх реального технічного стану;
- провести дослідження з метою вибору параметрів п'єзоелектричних перетворювачів та удосконалення методів опрацювання дефектоскопічної інформації для ідентифікації типу та розмірів дефектів металевих виробів;
- виконати експериментальні дослідження удосконаленого методу визначення типу та розмірів дефектів металевих виробів.

# Об'єкт

Процес контролю та дослідження металевих виробів.

# Предмет

Удосконалені методи та засоби ультразвукового контролю металевих виробів.

# Наукова новизна отриманих

## результатів

- удосконалено ультразвуковий безконтактний метод, застосування якого дозволяє розширити діапазон вимірювання та підвищити точність вимірювання рівня за рахунок зменшення додаткових похибок, поява яких обумовлена зумовлені зміною параметрів середовища розповсюдження ультразвукового сигналу;
- запропоновано алгоритм процесу вимірювання рівня речовин, в якому застосовано удосконалений принцип налаштування по швидкості розповсюдження ультразвукових коливань в середовищі розповсюдження;
- удосконалено математичну модель процесу розповсюдження ультразвукового сигналу, в якій враховано зміну форми переднього фронту ультразвукового імпульсу при його розповсюдженні в середовищі з частотно-залежним згасанням, що дозволило виключити додаткову похибку вимірювання рівня речовин.

## Практичне значення отриманих

## результатів

Впровадження запропонованого методу та відповідного засобу вимірювання рівня речовин дозволить підвищити точність вимірювання, вірогідність контролю, а також розширити діапазон вимірювання.

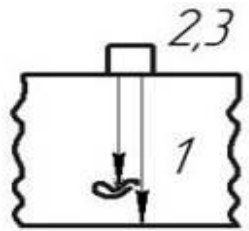
# РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ДЕФЕКТІВ

Схема визначення технічного стану металевих виробів та конструкцій

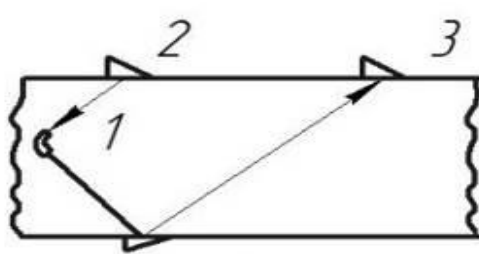


# Причини відмов трубопроводів

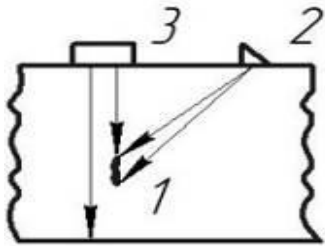




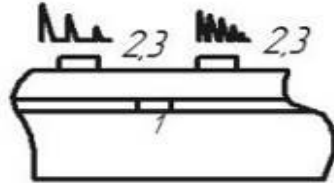
а)



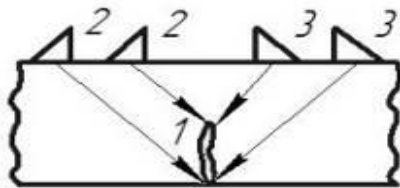
б)



в)



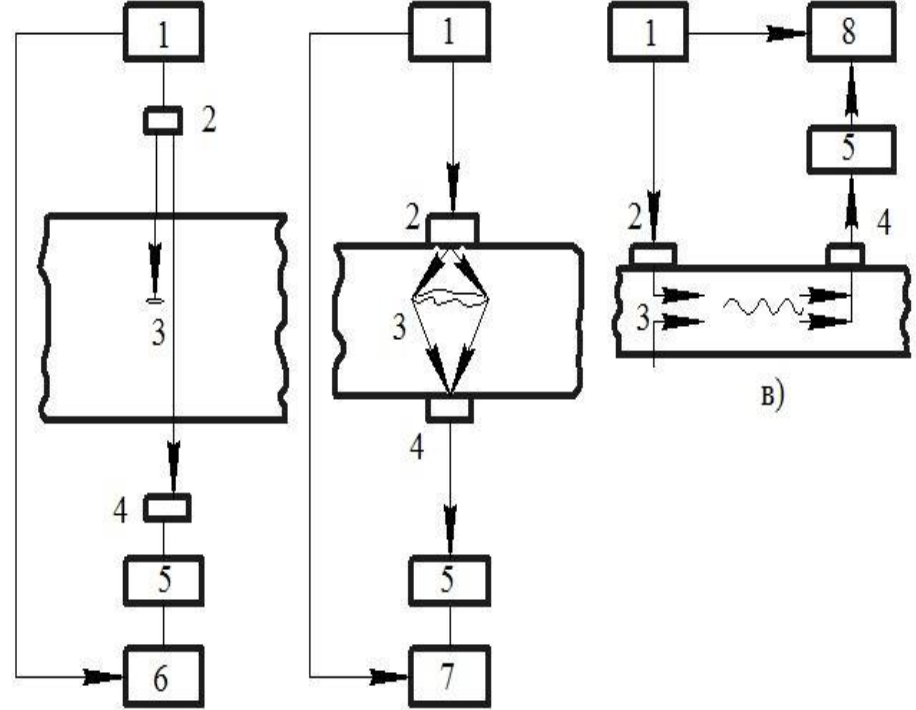
г)



д)

Методи відбиття: а - луна-метод;  
 б - луна-дзеркальний; в - дельта  
 метод; г - ревербераційний  
 метод; д - дифракційно-часовий  
 метод

1 - об'єкт контролю; 2 –  
 ультразвуковий випромінювач; 3  
 - ультразвуковий приймач



а)

б)

Методи проходження: а -  
 амплітудно-тіньовий; б - часовий  
 тіньовий; в - велосиметричний:  
 1 - генератор, 2 - ультразвуковий  
 випромінювач; 3 - об'єкт  
 контролю; 4 - ультразвуковий  
 приймач; 5 - підсилювач; 6 -  
 вимірювач амплітуди; 7 -  
 вимірювач часу приходу імпульсу;  
 8 - вимірювач фазового зсуву



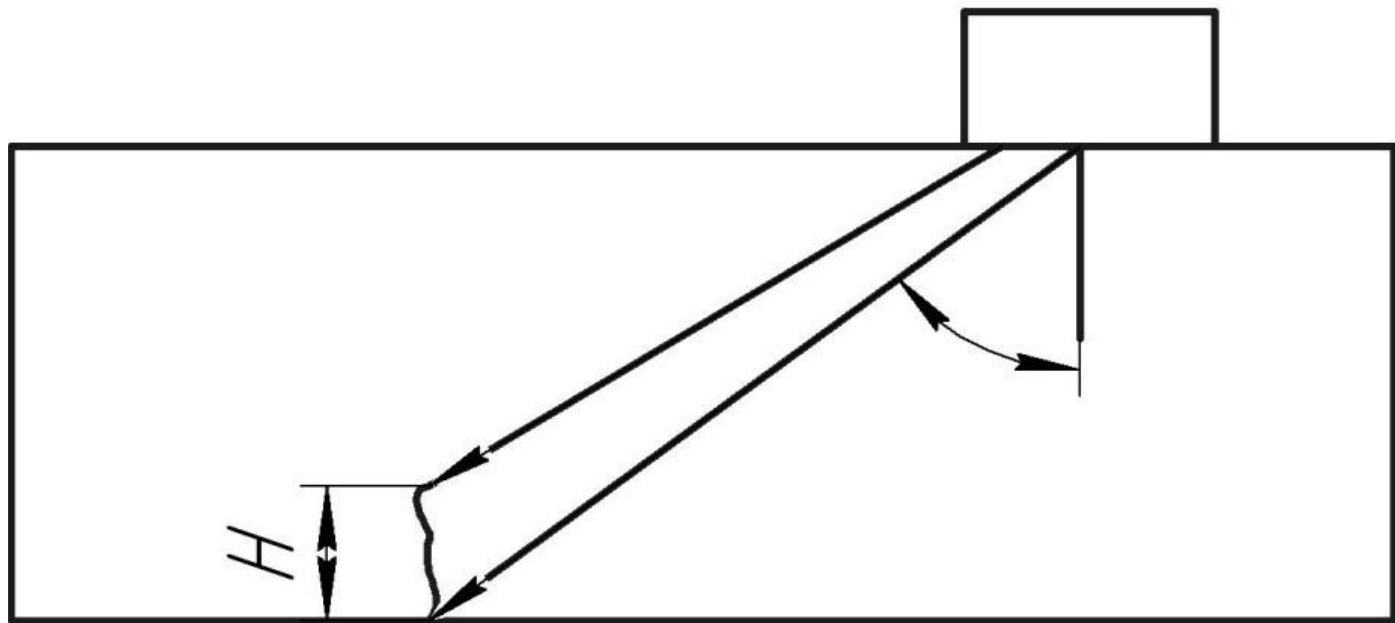
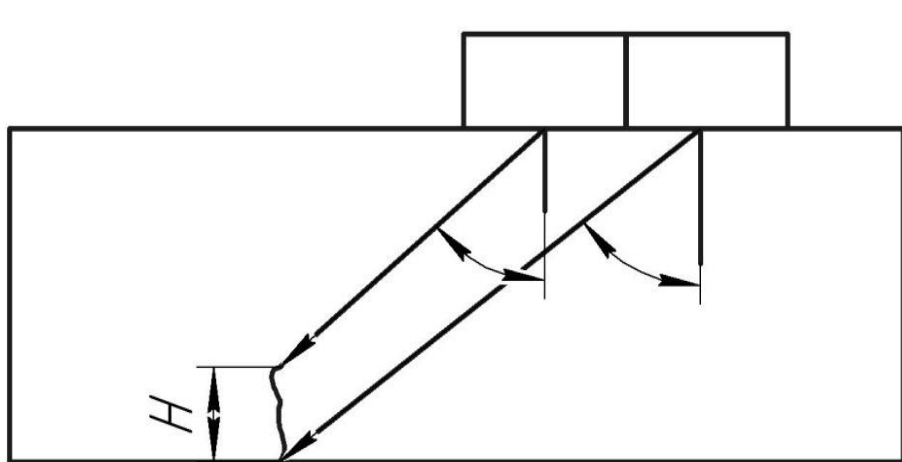
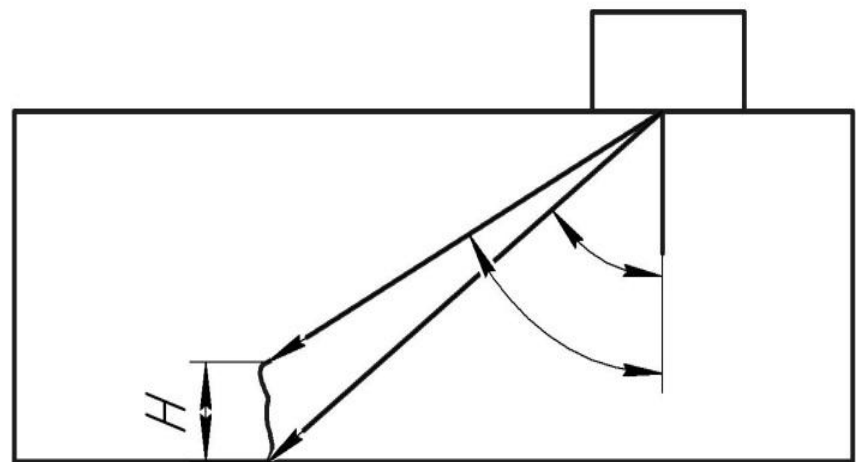


Схема ультразвукового контролю RATT

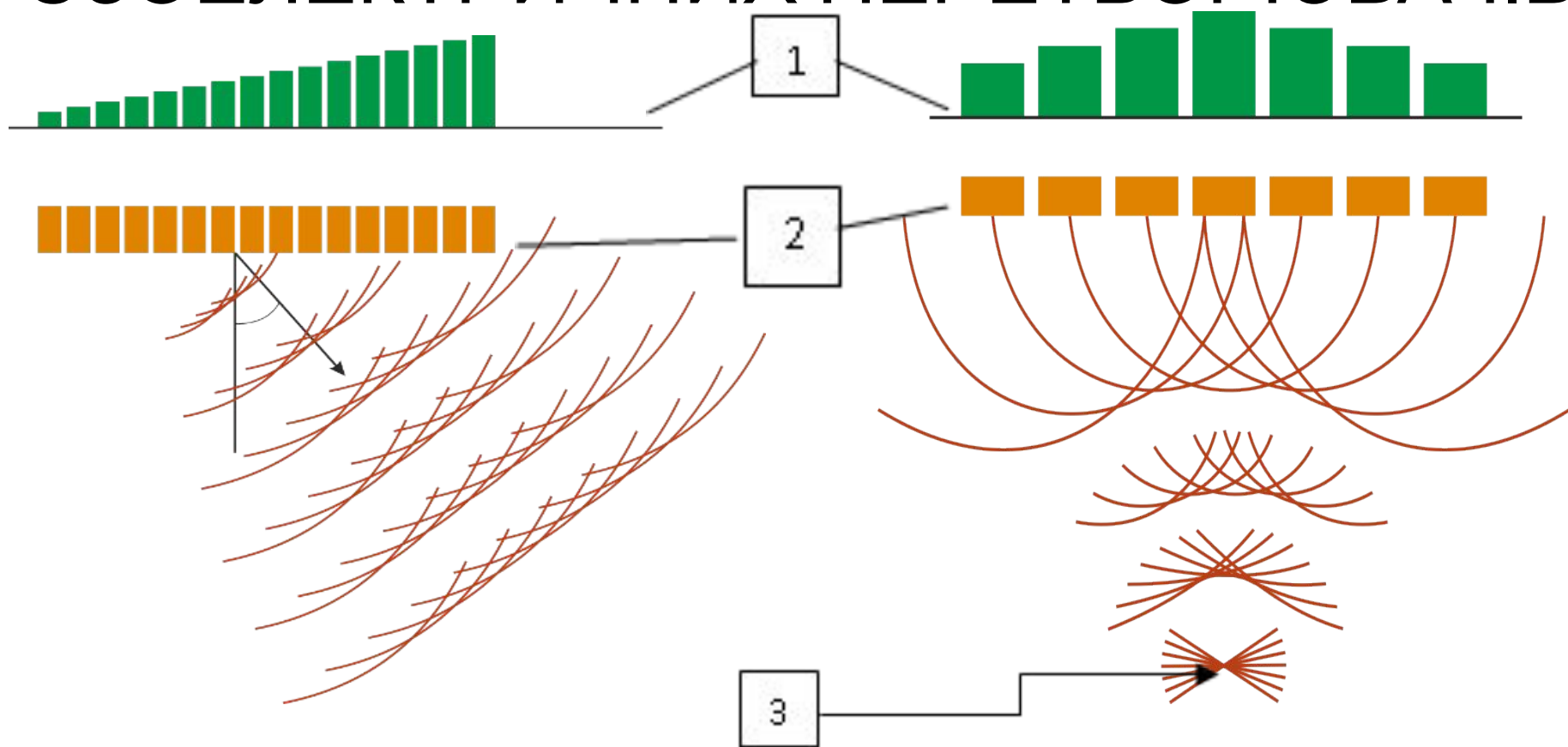


Контроль за методом ААТТ з одним кутом вводу



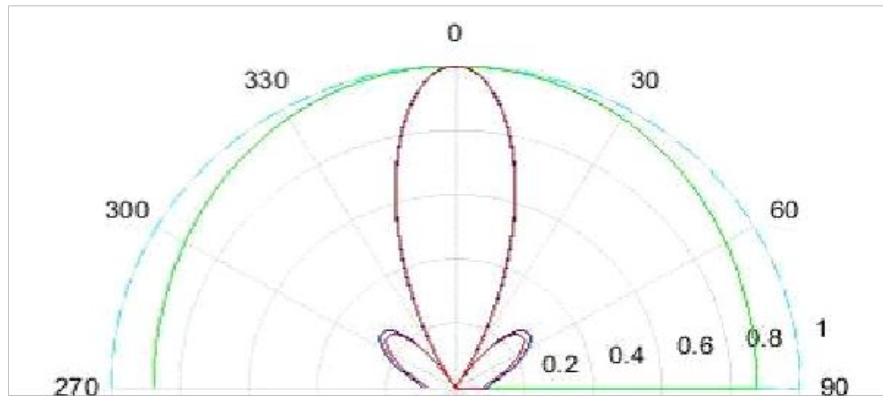
Контроль методом ААТТ з двома кутами вводу

# РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ СКЛАДЕНИХ П' ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

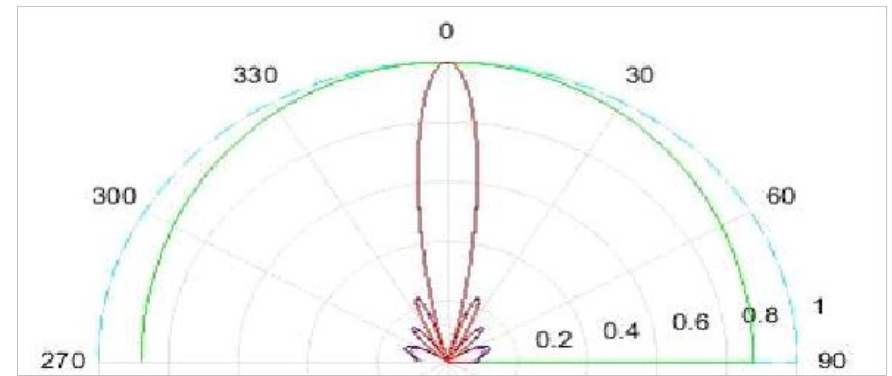


Формування ультразвукового поля за допомогою часових затримок: 1 - значення часових затримок, 2 - СПЕП, 3 - точка фокусування

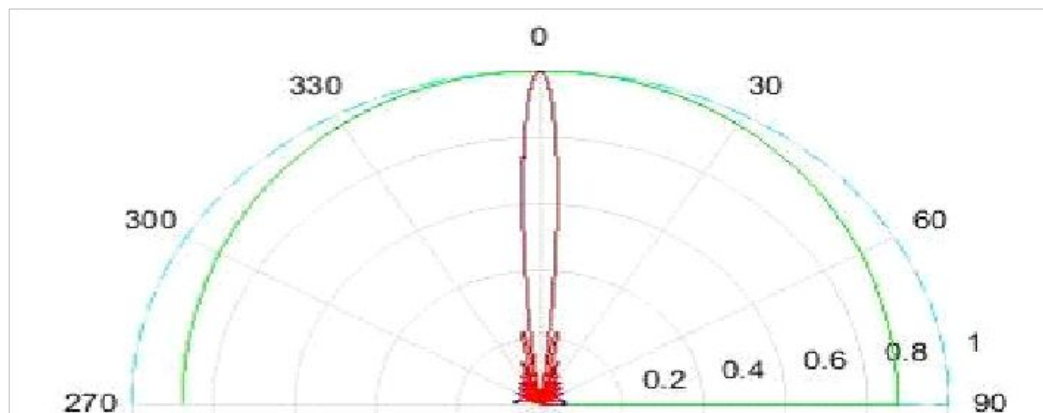
# Спрямованості ультразвукового поля при зміні кількості $p'$ езоелементів: а) $N=4$ , б) $N=8$ , в) $N=16$



а)

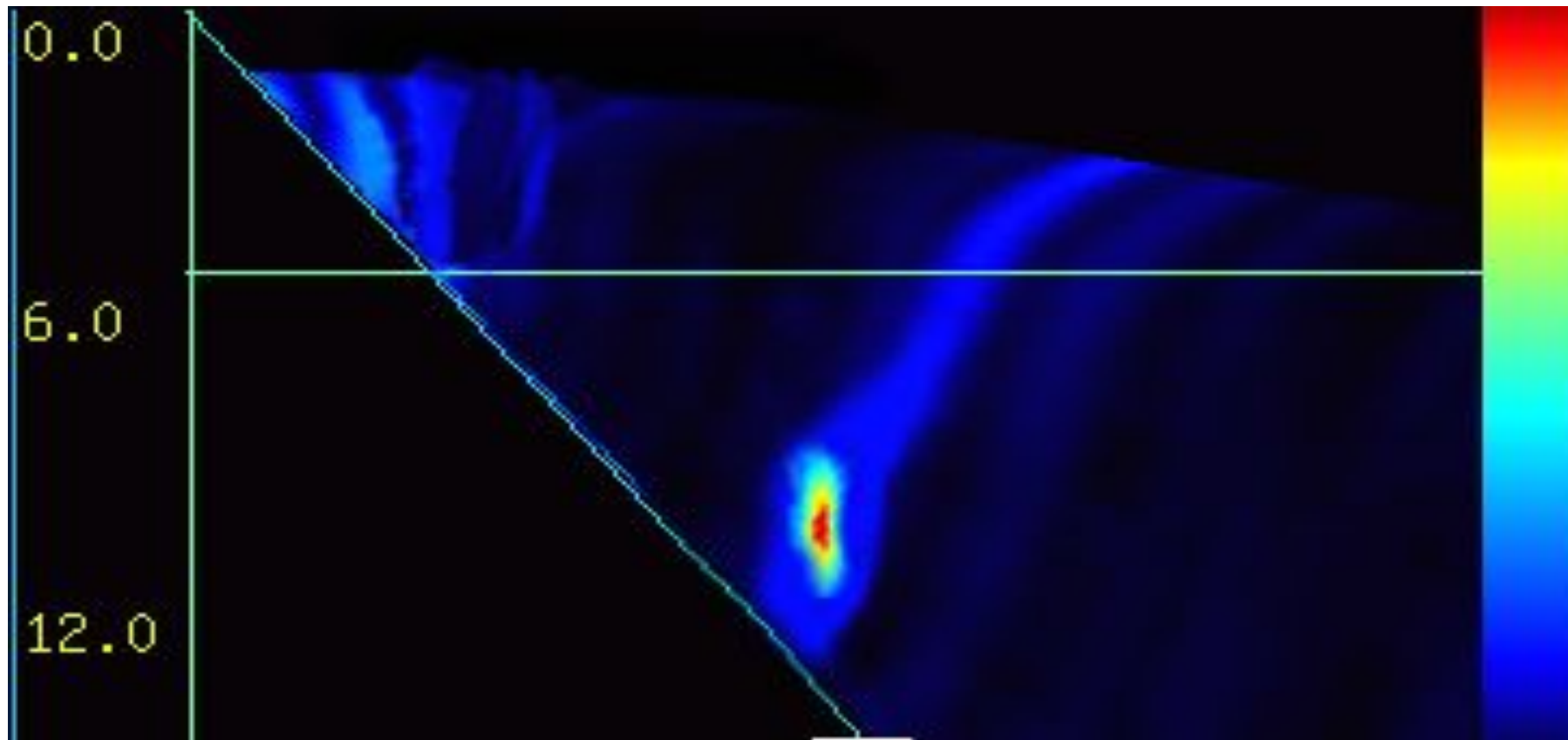


б)



в)

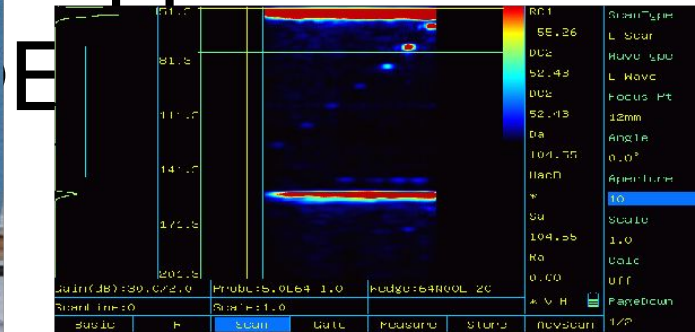
Акустичне зображення, отримане на екрані дефектоскопа за допомогою СПЕП



# РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ СКЛАДЕНИХ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ



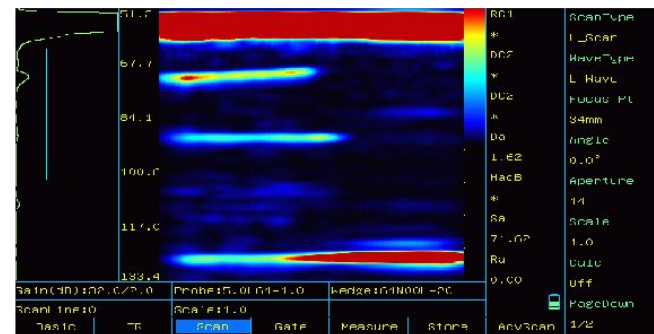
а)



в)



б)



г)

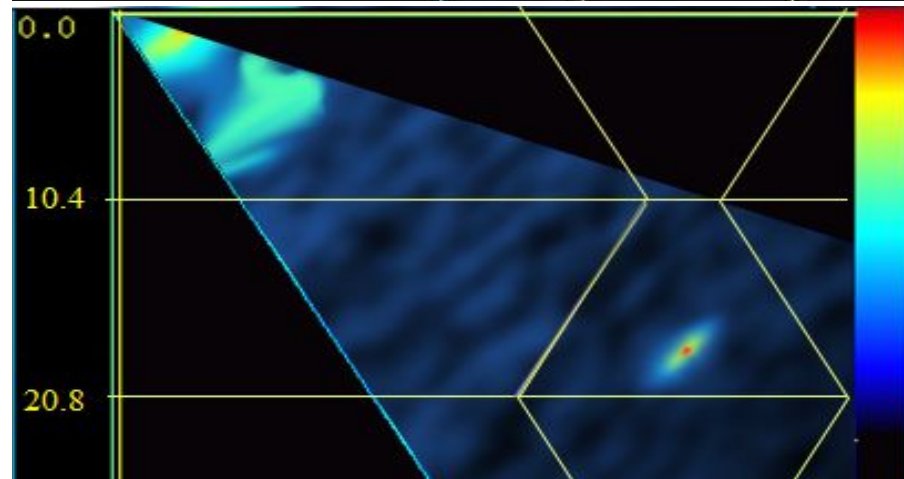
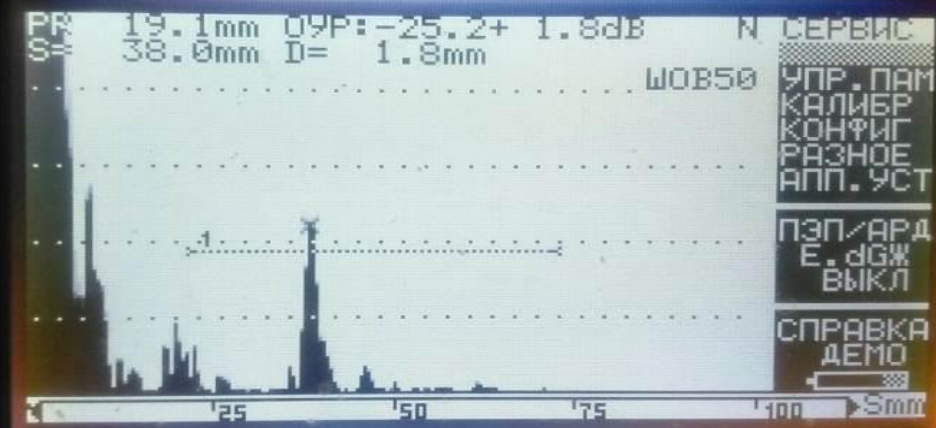
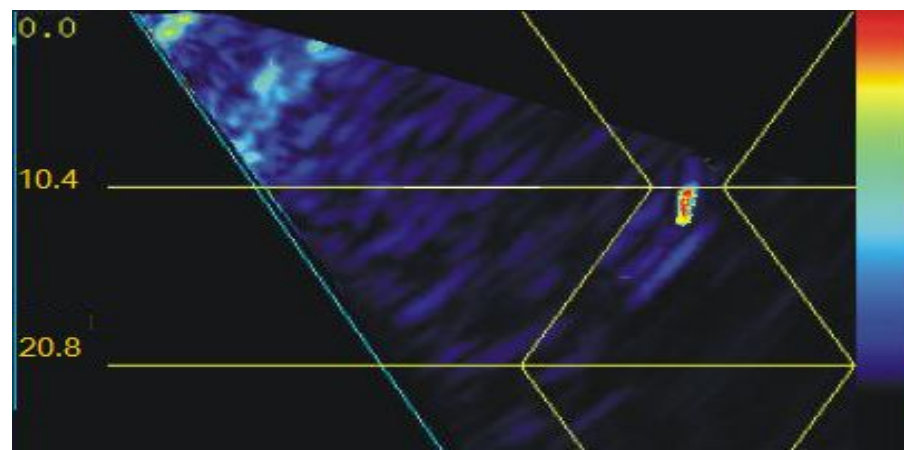
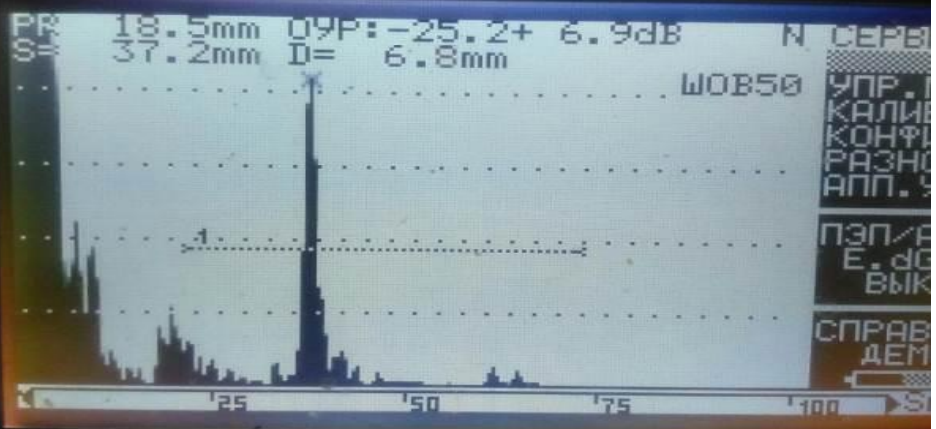
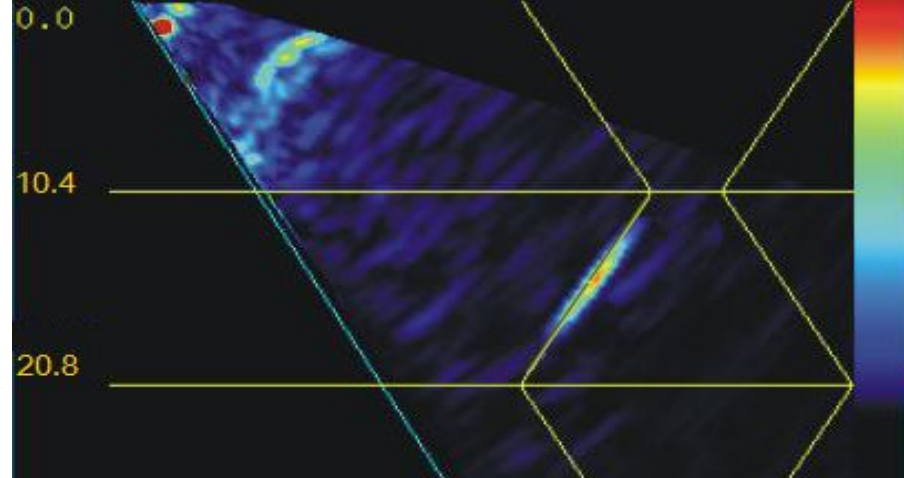
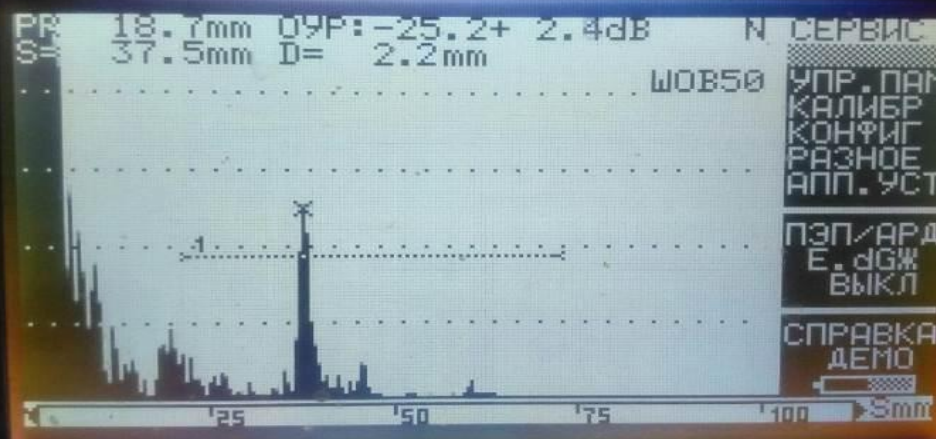
Дослідні зразки для визначення чутливості та роздільної здатності та відповідні їм зображення ультразвукового контролю

Представлення усереднених результатів опрацювання знімка  
ультразвукового контролю в межах виділеної області програмним  
продуктом Image J

| Slice                     | Area  | Perim.   | Feret |
|---------------------------|-------|----------|-------|
| screen-20160530_114807_1  | 3.19  | 6,329803 | 2.236 |
| screen-20160530_114841_2  | 3.110 | 6,249928 | 1.975 |
| screen-20160530_114934_3  | 3.135 | 6,274998 | 2.002 |
| screen-20160530_114934_4  | 3.126 | 6,265984 | 1,863 |
| screen-20160530_114934_5  | 3.089 | 6,228791 | 2,051 |
| screen-20160530_114934_6  | 3.113 | 6,252942 | 1,880 |
| screen-20160530_114934_7  | 3.142 | 6,282    | 2,062 |
| screen-20160530_114934_8  | 3.148 | 6,287995 | 1,864 |
| screen-20160530_114934_9  | 3.090 | 6,229799 | 1,927 |
| screen-20160530_114934_10 | 3.290 | 6,42825  | 2,107 |

# Проведення експериментальних досліджень контролю дефектів зварного з'єднання







# РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДУ

## КОНТРОЛЮ ДЕФЕКТІВ

Результати експериментальних досліджень

| № п/п | Зразок 1 |     |     | Зразок 2 |      |      |
|-------|----------|-----|-----|----------|------|------|
|       | X        | H   | L   | X        | H    | L    |
| 1     | 5,1      | 1,3 | 7,1 | 35,2     | 15,0 | 25,1 |
| 2     | 5,2      | 1,4 | 7,1 | 35,4     | 15,0 | 25,2 |
| 3     | 5,1      | 1,4 | 7,0 | 35,4     | 15,1 | 25,0 |
| 4     | 4,8      | 1,4 | 6,9 | 34,8     | 15,2 | 25,1 |
| 5     | 4,9      | 1,5 | 6,9 | 35,0     | 15,1 | 25,2 |
| 6     | 4,9      | 1,5 | 6,8 | 35,1     | 15,2 | 25,3 |
| 7     | 5,1      | 1,4 | 6,9 | 35,2     | 15,0 | 24,9 |
| 8     | 5,0      | 1,3 | 7,0 | 35,2     | 15,1 | 24,8 |
| 9     | 5,1      | 1,5 | 7,1 | 35,0     | 15,2 | 25,2 |
| 10    | 5,0      | 1,4 | 7,1 | 35,0     | 15,0 | 25,4 |

## Результати для визначення критерію

| $i$ | $x_i$ | $W_j$ | $a_{n-j+1}$ | $\Delta x = x'_{n-j+1} - x'_j$ | $a_{n-j+1} \Delta x$ |
|-----|-------|-------|-------------|--------------------------------|----------------------|
| 1   | 2     | 3     | 4           | 5                              | 6                    |
| 1   | 4,8   |       |             |                                |                      |
| 2   | 4,9   |       |             |                                |                      |
| 3   | 4,9   |       |             |                                |                      |
| 4   | 5,0   |       |             |                                |                      |
| 5   | 5,0   |       |             |                                |                      |
| 6   | 5,0   | 5     | 0,0399      | 0.2                            | 0.0079               |
| 7   | 5,0   | 4     | 0,1224      | 0.3                            | 0.0367               |
| 8   | 5,1   | 3     | 0,2141      | 0.3                            | 0.0642               |
| 9   | 5,1   | 2     | 0,3291      | 0.3                            | 0.0987               |
| 10  | 5,2   | 1     | 0,5739      | 0.4                            | 0.2296               |

Значення критерію  $W$  розраховуємо за наступним виразом

$$W = \frac{b^2}{\varphi^2} = 1,59$$

Значення абсолютної та відносної випадкової похибки вимірювань геометричних розмірів дефектів металевих виробів та конструкцій

| Номер зразка                                    | Зразок 1 |       |       | Зразок 2 |       |       |
|---|----------|-------|-------|----------|-------|-------|
|   | X        | L     | H     | X        | L     | H     |
| Виміряне середнє значення параметру дефекту, мм | 5,02     | 6,99  | 1,41  | 35,2     | 25,2  | 15,1  |
| Абсолютна похибка вимірювань, мм                | 0,035    | 0,035 | 0,024 | 0,098    | 0,082 | 0,073 |
| Відносна похибка вимірювань, %                  | 0,7      | 0,5   | 1,7   | 0,3      | 0,3   | 0,5   |

# ЗАГАЛЬНІ

## ВИСНОВКИ

- Проведений порівняльний аналіз сучасних методів та засобів контролю металевих виробів та конструкцій показав, що найбільш розповсюдженим є застосування ультразвукового контролю, основними недоліками якого є складність інтерпретації результатів контролю та недостатня кількість інформації про виявлений дефект.
- Обґрунтована необхідність підвищення інформативності ультразвукового неруйнівного контролю та розроблення удосконаленого методу для підвищення інформативності ультразвукового контролю з можливістю достовірного визначення типу і розмірів дефектів шляхом застосування сучасних засобів ультразвукового неруйнівного контролю.
- Запропонований метод опрацювання дефектоскопічної інформації для визначення типів та розмірів дефектів, який заснований на обробці зображень ультразвукового контролю за допомогою програмного пакету Image J.
- Визначено, що відносна похибка вимірювань геометричних розмірів дефектів металевих виробів та конструкцій не перевищує  $\pm 2,0$  %. Абсолютна похибка вимірювань геометричних розмірів