

**Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет робототехніки та штучного інтелекту
Кафедра автоматизації та безпілотних систем**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

ДЕФЕКТОСКОП УЛЬТРАЗВУКОВИЙ УДС2-РДМ-22

ULTRASONIC FLAW DETECTOR UDS2-RDM-22

спеціальність 153 Мікро- та наносистемна техніка
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Мікро- та наносистемна техніка»
(назва освітньої програми)

Виконала: здобувач вищої освіти
групи МНТ-41
ХОМИЧ Даниїл Михайлович

(підпис)

Керівник:
К.т.н., доцент
ЛАПЧЕНКО Юрій Сергійович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2026 р.
К.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
ПТАШЕНЧУК Віталій Віталійович

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Хомич Д. М. Дефектоскоп ультразвуковий УДС2-РДМ-22. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Мікро- та наносистемна техніка» спеціальності 153 Мікро- та наносистемна техніка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків.

У загальнотехнічній частині описано технічну характеристику та службове призначення дефектоскопу ультразвукового УДС2-РДМ-22. Проведено аналіз існуючих аналогів, описано принцип роботи та фізичні перетворення, які покладено в основу роботи дефектоскопу ультразвукового УДС2-РДМ-22.

В розрахунково-конструкторській частині описано електричну схему дефектоскопу ультразвукового УДС2-РДМ-22, його будову та принцип роботи, призначення окремих елементів та їх взаємодію. Проведено розрахунок п'єзопакету датчика ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22. Наведено види виявляємих дефектів за допомогою ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22.

У спеціальній частині описано операції та умови повірки ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22 та визначено основні похибки вимірювання коефіцієнта виявлення дефекту луною-методом.

Ключові слова: дефектоскоп, ультразвук, резонатор, п'єзопакет, конденсатор, резистор, повірка, атеньюатор.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ			
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Хомич				Дефектоскоп ультразвуковий УДС2- РДМ-22	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Лапченко						4	78
Н. Контр.	Лапченко					ЛНТУ, кафедра АКІТ, гр. МНТ – 41		
Затвердив	Гуменюк							

ABSTRACT

Khomych D. Ultrasonic flaw detector UDS2-RDM-22. Manuscript.

Bachelor's qualification work OP "Micro- and nanosystem technology" specialty 153 Micro- and nanosystem technology. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, three sections, conclusions, a list of sources used, and appendices.

The general technical part describes the technical characteristics and service purpose of the ultrasonic flaw detector UDS2-RDM-22. An analysis of existing analogues is carried out, the principle of operation and physical transformations that form the basis of the operation of the ultrasonic flaw detector UDS2-RDM-22 are described.

The calculation and design part describes the electrical circuit of the ultrasonic flaw detector UDS2-RDM-22, its structure and principle of operation, the purpose of individual elements and their interaction. The calculation of the piezo package of the ultrasonic flaw detector UDS2-RDM-22 sensor is carried out. The types of defects detected using the ultrasonic flaw detector UDS2-RDM-22 are given.

The special part describes the operations and conditions for the verification of the ultrasonic flaw detector UDS2-RDM-22 and determines the main errors in measuring the defect detection coefficient by the echo method.

Keywords: flaw detector, ultrasound, resonator, piezopacket, capacitor, resistor, verification, attenuator.

					BP 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	10
1.1 Технічна характеристика та службове призначення ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22.....	10
1.2 Аналіз існуючих аналогів дефектоскопа ультразвукового УДС2- РДМ-22.....	15
1.3 Функціональні особливості та фізичні перетворення, які покладено в основу роботи ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22.....	21
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	28
2.1 Конструкція ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22.....	28
2.2 Будова та принцип роботи ультразвукового дефектоскопу УДС2- РДМ-22.....	42
2.3 Розрахунок п'єзопакету датчика ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22.....	54
2.4 Види виявляємих дефектів за допомогою ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22.....	59
РОЗДІЛ 3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	65
3.1 Операції та умови повірки ультразвукового дефектоскопу УДС2- РДМ-22.....	65
3.2 Визначення основної похибки вимірювання коефіцієнта виявлення дефекту луною-методом.....	68
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76
ДОДАТКИ.....	78

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Надійність та довговічність машин значною мірою визначаються якістю поверхонь деталей машин. Під якістю поверхні деталей машин розуміється стан поверхневого шару, як наслідок на нього однієї чи кількох послідовно застосовуваних технологічних методів. Якість поверхні характеризується шорсткістю, хвилястістю та фізико-механічними характеристиками.

Теоретичними та практичними роботами доведено, що довговічність деталей машин може бути підвищена на 15-20% лише за рахунок правильного вибору методів та режимів обробки.

Ультразвукова дефектоскопія (УД) ґрунтується на властивостях ультразвукових хвиль спрямовано поширюватися в середовищах та відбиватися від їх меж або порушень цілісності (дефектів), які мають інший акустичне опір. «Прозвучання» об'єкта дозволяє виявляти так звані «непровари», «несплавлення», тріщини, пори, шлакові включення, розшарування та інші підповерхневі дефекти, як поодинокі, так і їх скупчення.

Через пошкодження, спричинені прихованими дефектами, трапляються аварії, зупинки виробництва, серйозні збитки. Ультразвуковий контроль дозволяє заздалегідь виявити загрози та уникнути ризиків.

Цей метод широко застосовується для контролю зварних швів, перевірки цілісності конструкцій, виявлення підповерхневих дефектів у деталях із металів, сплавів, пластмас.

Актуальність теми. Дефектоскоп (лат. defectus «недолік» + др.-грец. σκοπέω «спостерігаю») – пристрій для виявлення дефектів у виробках з різних металевих і неметалічних матеріалів методами неруйнівного контролю. До дефектів відносяться порушення суцільності чи однорідності структури, зони корозійного ураження, відхилення хімічного складу та розмірів та ін. Область техніки та технології, що займається розробкою та використанням

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дефектоскопів називається дефектоскопія.

Дефектоскопи використовуються у транспорті, різних галузях машинобудування, хімічної промисловості, нафтогазової промисловості, енергетиці, будівництві, науково-дослідних лабораторіях для визначення властивостей твердого тіла та молекулярних властивостей та в інших галузях; застосовуються для контролю деталей та заготовок, зварних, паяних та клейових сполук, спостереження за деталями агрегатів. Деякі дефектоскопи дозволяють перевіряти вироби, що рухаються зі значною швидкістю (наприклад, труби в процесі прокатки), або можуть пересуватися з великою швидкістю щодо виробу (наприклад, рейкові дефектоскопи, візки і вагони-дефектоскопи). Існують дефектоскоп для контролю виробів, нагрітих до високої температури.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи виступає ультразвуковий дефектоскоп УДС2-РДМ-22.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є визначення параметрів дефектів в обох нитках залізничної колії по всій довжині та перерізу рейки.

Мета та задачі дослідження. Метою даної кваліфікаційної роботи є розроблення методики повірки ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22. Для досягнення мети необхідно виконати наступні завдання:

- описати призначення та технічні характеристики ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22;
- провести огляд аналогів ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22;
- описати фізичні перетворення, які відбуваються при роботі з ультразвуковим дефектоскопом УДС2-РДМ-22;
- описати конструкцію ультразвукового дефектоскопа УДС2-РДМ-22;
- описати будову та принцип роботи ультразвукового дефектоскопа УДС2-РДМ-22;
- виконати розрахунок п'єзопакету датчика ультразвукового

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дефектоскопу УДС2-РДМ-22;

– описати види виявляємих дефектів за допомогою ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22;

– розробити методику повірки ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Технічна характеристика та службове призначення ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22

Дефектоскоп ультразвуковий УДС2-РДМ-22 (рис. 1.1) призначений для виявлення дефектів в обох нитках залізничної колії по всій довжині та перерізу рейки, за винятком пир'я підосви, при суцільному контролі зі швидкістю руху до 4 км/год, а також для ручного вибіркового контролю зварних стиків, окремих перерізів та ділянок рейки, визначення координат виявлених дефектів та їх умовної протяжності.



Рисунок 1.1 – Дефектоскоп ультразвуковий УДС2-РДМ-22 [1]

Дефектоскоп є переносною механізованою системою ультразвукового контролю з використанням луна-методу (ЕМ) та дзеркально-тіньового

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

методу (ЗТМ) при контактний спосіб введення ультразвукових коливань (УЗК). Кількість каналів збудження та прийому УЗК, передбачених для роботи з блоками п'єзоелектричних резонаторів (БП) у режимі суцільного контролю, кожної з ниток шляху – 8, їх 3 для реалізації у каналі або роздільної або поєднаної, а 5 – тільки поєднаної схеми прозвучування.

Кількість каналів збудження та прийому УЗК, передбачених для роботи з ручними п'єзоелектричними перетворювачами (ПЕП), – 3.

Сигналізація про наявність дефектів – звукова та кольорова по екрану матричного індикатора, індикація встановлених значень умовної чутливості контролю каналів (дБ), коефіцієнта виявлення дефекту (дБ), координат дефектів (мм), поточної шляхової координати контрольованої ділянки колії (км та м) – цифрова на екрані матричного індикатора.

Передбачено безперервне документування (реєстрація) результатів контролю у вигляді дефектограм проконтрольованих ділянок у форматі розгортки типу Б, реєструється через 1 мм шляху, з супровідною інформацією про амплітудно-тимчасові характеристики зареєстрованих ехо-сигналів, встановленої в кожному з каналів контролю умовної чутливості контролю та поточних значень шляхової координати. Передбачено можливість оперативного перегляду зареєстрованих дефектограм на матричному індикаторі дефектоскопа відповідно до «Інструкції з перегляду та розшифровки дефектограм суцільного контролю з використанням екрану матричного індикатора дефектоскопа РДМ-22», а також виведення дефектограм з супровідною інформацією на персональний комп'ютер (ПК) для подальшої розшифровки відповідно до «Інструкції зчитування та розшифровки на ПК результатів ультразвукового контролю рейок по дорозі дефектоскопом УДС2-РДМ-22».

1.1. Порогова умовна чутливість по каналах луна-методу для роботи з ПЕП, встановленими у БП, відповідає значенням, наведеним у таблиці 1.1.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Порогова умовна чутливість по каналах луна-методу для роботи з ПЕП

Позначення ПЕП та резонаторів	Кут введення, градус	Порогова умовна чутливість, дБ, не більше
Резонатор РП РС 2	0	18
Резонатор РП 42-42	42	18
Резонатор РП 70	70	27
Резонатор РП 55	55	28
ПЕП П112-2,5	0	18
ПЕП П121-2,5-42	42	15
ПЕП П121-2,5-50	50	24
ПЕП П121-2,5-55	55	26
ПЕП П121-2,5-65	65	32
ПЕП П121-2,5-70	70	35

1.2. Відхилення порогової умовної чутливості каналами ехо-методу з однотипними за конструктивним виконанням та кутом введення ПЕП та резонаторами не більше ± 4 дБ.

1.3. Запас чутливості каналами ехо-методу з ПЕП П121-2,5-42, П121-2,5-50, П121-2,5-55 не менше 25 дБ; з ПЕП П121-2,5-65, П121-2,5-70, П112-2,5 щонайменше 16 дБ.

1.4. Мертва зона дефектоскопа, за стандартним зразком СО-3Р, з ПЕП П121-2,5-65, П121-2,5-70, П112-2,5 трохи більше 3 мм; з ПЕП П121-2,5-42, П121-2,5-50, П121-2,5-55 понад 6 мм.

1.5. Умовна чутливість по каналах ЗТМ з ПЕП П112-2,5 та резонатором РП РС2 для донного сигналу, отриманого стандартному зразку СО-3Р на відстані 66 мкс від точки введення УЗК встановлюється в межах від 20 до 4 дБ з дискретністю 1 дБ.

1.6. Діапазон зони контролю з ПЕП П121-2,5-42 по прямому променю

від точки введення УЗК:

- нижня межа – трохи більше 5 мкс;
- верхня межа – щонайменше 230 мкс.

1.7. Діапазон каліброваного регулювання посилення ехо-сигналів від 0 до 70 дБ.

1.8. Дискретність регулювання посилення – 1 дБ.

1.9. Основна абсолютна похибка вимірювання координат відбивача не більше $\pm (0,02 N(L) + 1)$ мм.

1.10. Основна абсолютна похибка вимірювання відстані S за сигнальними мітками датчика шляху – не більше $\pm (0,01S + 1)$ мм.

1.11. Робоча частота каналів суцільного контролю – $(2,5 \pm 0,25)$ МГц.

1.12. Споживаний струм – не більше 1,5 А.

2 Додаткові параметри та характеристики дефектоскопу.

2.1. Електричне харчування дефектоскопа здійснюється від джерела постійного струму з напругою від 13,8 до 10,4 В. При напрузі 10,2 відбувається автоматичне вимкнення дефектоскопа.

2.2. Діапазон вимірювання коефіцієнта виявлення дефекту луною-методом для луна-сигналів, що перевищують граничний рівень індикації, від мінус K_u до $(70 - (K_p + K_u))$ дБ, де K_u – встановлена умовна чутливість контролю в каналі, K_p – порогова умовна чутливість.

2.3. Основна похибка вимірювання коефіцієнта виявлення дефекту ехо-методом трохи більше $(1 + 0,05K_d)$, дБ, де K_d – виміряне значення коефіцієнта виявлення дефекту.

2.4. Діапазон вимірювання відносної амплітуди ΔN ехо-сигналу від нуля до $(70 - K_p)$, дБ, де K_p – порогова умовна чутливість.

2.5. Основна похибка вимірювання відносної амплітуди ехо-сигналу не більше $\pm(1 + 0,03 N)$, дБ, де N – виміряне значення амплітуди ехо-сигналу на виході приймача щодо порогового рівня індикації.

2.6. Нестабільність рівня спрацьовування порогового індикатора під час зміни амплітуди вхідного сигналу – трохи більше $\pm 0,5$ дБ.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2.7. Середня витрата технологічної рідини для забезпечення акустичного контакту (води, спирту етилового технічного ГОСТ 17299) трохи більше 5 літрів на 1 км проконтрольованого шляху.

2.8. Маса дефектоскопа у робочому стані без запасу технологічної рідини не більше 50 кг, маса ручного ПЕП із робочою частотою 2,5 МГц – не більше 0,1 кг.

2.9 Габаритні розміри дефектоскопа в робочому стані не більше 1820 мм x 1000 мм x 800 мм, у складеному вигляді – 1320 мм x 760 мм x 480 мм.

2.10. Час встановлення робочого режиму – не більше 5 хв.

2.11. Час безперервної роботи дефектоскопа від свіжозрядженого акумулятора при температурі $(25 \pm 15)^\circ\text{C}$ щонайменше 10 год.

2.12. Стійкість до кліматичних впливів.

2.12.1. Дефектоскоп стійкий до впливу температури навколишнього повітря мінус 40 до 50 °С.

2.12.2. Дефектоскоп стійкий до впливу відносної вологості навколишнього повітря до 98% при температурі 35°С та нижчих температурах без конденсації вологи.

2.12.3. Відхилення порогової умовної чутливості каналами луна-методу при крайніх значеннях температур навколишнього повітря трохи більше ± 4 дБ.

2.13. Дефектоскоп (без візка) стійкий та міцний до дії синусоїдальних вібрацій в діапазоні частот від 10 до 55 Гц з амплітудою зміщення 0,15 мм і міцний одиночним механічним ударам зі значенням пікового прискорення 50 м/с² та тривалістю ударного імпульсу не більше від 0,5 до 30 мс.

2.14. За захищеністю від проникнення твердих тіл (пилу) та води електронний блок дефектоскопа відповідає ступеню захисту IP54 згідно з ГОСТ 14254.

2.15. У ПЕП із частотою 2,5 МГц та резонаторах п'єзоелектричних (РП), встановлюються в БП, використовується п'єзокерамічний елемент ЕП-1-04-ДК-021-19. Форма випромінюючої поверхні – пласка. Фактичні основні

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технічні дані та характеристики ПЕП та резонаторів, що входять до БП, наведені в табл. 2, 3 ПАСПОРТИ та табл. 7 цього КЕРІВНИЦТВА.

2.16. Дефектоскоп комплектується герметичним свинцево-кислотним акумулятором S312/18Ah.

2.17. Середній термін служби дефектоскопа, з урахуванням ЗІП та технічного обслуговування відповідно до нормативної документації не менше 10 років.

2.18. Середнє напрацювання повністю ПЕП і резонатора, встановленого в БП, при параметрі шорсткості поверхні контрольованої рейки $Rz \leq 20$ мкм не менше 1000 годинника при швидкості сканування 0,5 м/с.

1.2 Аналіз існуючих аналогів дефектоскопа ультразвукового УДС2-РДМ-22

Ультразвуковий рейковий дефектоскоп УДС2-73 (рис. 1.2) призначений для виявлення дефектів в обох нитках залізничної колії по всій довжині та перерізу рейки [2].

Переваги дефектоскопу:

- повне прозвучування рейки (крім пір'я підшви) за рахунок багатоканальності дефектоскопа;
- вбудовані типові налаштування каналів;
- визначення пройденого шляху та швидкості руху при суцільному контролі;
- відображення результатів контролю в режимі Б-скан (4 каналами) в реальному масштабі часу;
- у дефектоскопі передбачено прозвучування та збереження інформації через кожен міліметр пройденого шляху по всіх каналах;
- реєстрація результатів контролю у режимі записи різних рівнях чутливості;

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– документування всіх результатів контролю та розширені можливості аналізу даних;

– дефектоскоп із застосуванням базової схеми прозвучування дозволяє виявляти всі типи небезпечних дефектів, що виникають під час експлуатації залізничної колії.



Рисунок 1.2 – Ультразвуковий рейковий дефектоскоп УДС2-73 [2]

Основні технічні характеристики дефектоскопу:

- кількість ультразвукових каналів: 28 каналів;
- кількість УЗ блоків: 4 блоки;
- робочі частоти (одноканальний режим): 250 Гц;
- діапазон регулювання посилення: від 0 до 100 дБ (з кроком 0,1, 1 або 10 дБ);
- формати подання даних: А-скан, Б-скан (дефектограма з можливістю швидкого переходу до координат);
- дисплей: кольоровий TFT високої контрастності (роздільна здатність

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

800×480 пікселів);

– Типи роз'ємів: BNC, RS-19.

Живлення та продуктивність:

– тип акумулятора: нікель-металгідридний (NiMH), 12 В;

– ємність батареї: 17 А·год;

– час безперервної роботи: до 8 годин;

– споживана потужність: не більше 30 В·А;

– час виходу на робочий режим: не більше 15 секунд.

Габарити та маса:

– маса (повністю спорядженого): 75 кг;

– габаритні розміри (без ручки з одним блоком): 1040×1640×1130 мм;

– розміри (у транспортному положенні): 900×2060×600 мм.

Ультразвуковий дефектоскоп УДЗ-71 для контролю рейок та зварних з'єднань (рис. 1.3) призначений для контролю зварних рейкових з'єднань за допомогою комплекту ручних перетворювачів та сканера УСР-01 (тандем сканер) [3]. Використовується при проведенні повторного контролю укладених у шлях рейок різних типів, а також передзварювального контролю кінцевих ділянок нових та б/в рейок та зварних з'єднань.

Переваги дефектоскопу УДЗ-71:

– висококонтрастний кольоровий дисплей TFT;

– внутрішня оперативна пам'ять (карта пам'яті micro-SD 8 Гб) для зберігання налаштувань та результатів контролю;

– спеціальний пристрій для контролю методом «тандем»;

– безпосереднє цифрове відображення глибини та координат залягання дефектів;

– компактність та мала вага (0,9 кг).

Ультразвуковий дефектоскоп УДЗ-71 (рис. 1.3) – це портативний прилад неруйнівного контролю, призначений для виявлення дефектів (тріщин, пустот, розшарувань) у металах, зварних швах та інших матеріалах.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

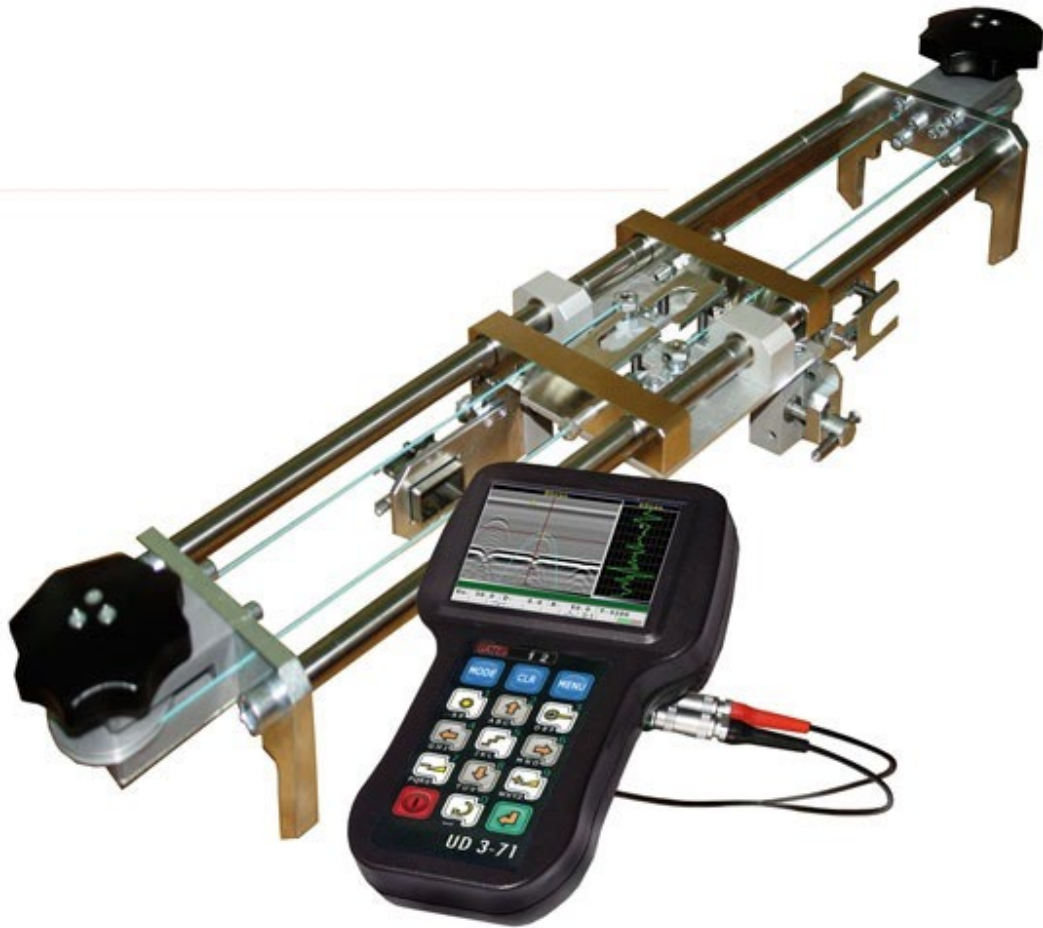


Рисунок 1.3 – Ультразвуковий дефектоскоп УДЗ-71 [3]

Основні технічні характеристики пристрою:

- діапазон контролю (по сталі): від 1 до 6000 мм;
- робочі частоти: від 0,4 до 15 МГц (ширина смуги приймача до 20 МГц);
- Діапазон регулювання підсилення: до 100 дБ (з кроком 0,1, 0,5, 1 та 10 дБ);
- кут введення ПЕП: від 0 до 90°;
- режими детектування: повна хвиля, позитивна/негативна напівхвиля, РЧ (радіочастотний сигнал);
- дисплей: кольоровий РК-екран для відображення А-сканів;
- похибка вимірювання глибини: $\pm 0,1 + 0,05 \cdot H$ мм, де H – глибина;
- живлення: вбудований акумулятор;
- габарити: близько 188x107x78 мм (компактний ергономічний

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

корпус).

Завдяки широкому діапазону частот, прилад є універсальним та може використовуватися як для контролю тонкостінних виробів, так і для пошуку дефектів на великих глибинах.

Ультразвуковий однопітквий рейковий дефектоскоп УДС2-77 (рис. 1.4) це портативний багатоканальний прилад для неруйнівного контролю однієї нитки залізничної колії. Він дозволяє виявляти внутрішні та поверхневі дефекти (тріщини, розшарування, порожнечі) у головці, шийці та підшві рейки [4].



Рисунок 1.4 – Ультразвуковий однопітквий рейковий дефектоскоп УДС2-77 [4]

Переваги дефектоскопу:

– повне прозвучування рейки (крім пір'я підшви) за рахунок

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

багатоканальності дефектоскопа;

- вбудовані типові налаштування каналів;
- визначення пройденого шляху та швидкості руху при суцільному контролі;
- відображення результатів контролю в режимі Б-скан (4 каналами) в реальному масштабі часу;
- у дефектоскопі передбачено прозвучування та збереження інформації через кожен міліметр пройденого шляху по всіх каналах;
- реєстрація результатів контролю у режимі записи різних рівнях чутливості;
- документування всіх результатів контролю та розширені можливості аналізу даних;
- дефектоскоп із застосуванням базової схеми прозвучування дозволяє виявляти всі типи небезпечних дефектів, що виникають під час експлуатації залізничної колії.

Основні технічні характеристики:

- кількість УЗ-блоків – 4 блоки;
- кількість каналів – до 14 ультразвукових каналів;
- робочі частоти – 1,8 МГц, 2,5 МГц, 5,0 МГц;
- відображення даних – А-Scan, В-Scan (відображення в реальному часі по 4 каналах);
- амплітуда імпульсу – 180 В;
- діапазон регулювання ВРЧ – до 80 дБ;
- живлення – Ni-MH акумулятор (12 В, 17 А·год);
- час автономної роботи – не менше 8 годин;
- вага (споряджена) – не більше 21 кг.

Переваги конструкції:

- повний контроль профілю: забезпечує повне озвучування рейки за винятком пір'я підшви;
- В-Scan (реєстрація даних): здійснює прозвучування та безперервне

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збереження інформації через кожен 1 мм пройденого шляху за всіма каналами;

– мобільність: одноколісна конструкція дозволяє одному оператору швидко зняти дефектоскоп з колії при наближенні потяга.

1.3 Функціональні особливості та фізичні перетворення, які покладено в основу роботи ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22

Ультразвукова дефектоскопія [5] основана на здатності ультразвукових коливань розповсюджуватися у металі на великі відстані у вигляді спрямованих пучків і відбиватися від поверхні різних дефектів, що являють собою порушення суцільності металу. Це дає можливість впевнено виявляти подібні дефекти навіть при глибокому їх заляганні, тобто коли застосування інших способів не дає бажаного результату.

При ультразвуковій дефектоскопії застосовують ехо-імпульсний метод. Цим методом контролюють осі колісних пар, поковки, штампування, прокат, зварні шви, деталі з пластмаси, а також вимірюють товщину виробу та оцінюють структуру матеріалу.

Ехо-імпульсний метод заснований на явищі віддзеркалення ультразвукових хвиль від поверхні дефекту і реєстрації відображених сигналів (рис. 1.5).

Для цієї мети в контрольований виріб випромінюється послідовність коротких ультразвукових імпульсів.

Випромінювані ультразвукові імпульси називають «зондуючі».

Ознакою дефекту є наявність ехо-сигналу, відображеного від несуцільності. Відображені ультразвукові імпульси несуть інформацію про наявність якогось відбивача, його віддаленість від випромінювача і про його розміри. Розміри і місце розміщення дефекту оцінюють за амплітудою і часом затримки (положенням на екрані) відображеного ехо-сигналу.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

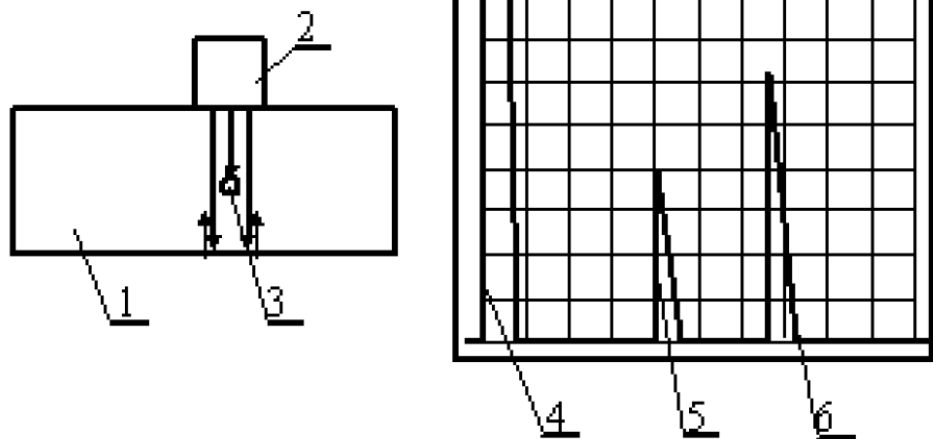


Рисунок 1.5 – Схема контролю ехо-імпульсним методом: 1 – контрольована деталь; 2 – ПЕП; 3 – дефект; 4 – зондуєчий імпульс; 5 – ехо-сигнал від дефекту; 6 – донний сигнал

Широке розповсюдження методу обумовлене простотою його реалізації, високою чутливістю до виявлення багатьох типів дефектів і можливістю одностороннього доступу до виробу. До недоліку даного методу можна віднести наявність неконтрольованої мертвої зони, розташованої під п'єзоелектричним перетворювачем (ПЕП).

Відстань до відбивача при контролі ехо-методом може бути визначена з високим ступенем точності. Оскільки заздалегідь відомі тип ультразвукової хвилі і швидкість C її розповсюдження в матеріалі контрольованої деталі, то шлях, пройдений ультразвуковим імпульсом від випромінювача до відбивача і назад, складає (1.1):

$$2r = Ct, \tag{1.1}$$

де t – час «затримки» прийнятого відображеного імпульсу відносно зондуєчого;

r – відстань від випромінювача до відбивача.

Повний час затримки t складається з декількох складових. Такими

складовими, окрім часу пробігу ультразвуку у виробі, є час пробігу ультразвуку через протектор (або призму) перетворювача, через шар контактної рідини, а також час затримки в електронному блоці дефектоскопа. Проте практично величинами цих затримок можна нехтувати в порівнянні з часом пробігу ультразвукового імпульсу в контрольованому виробі.

Ультразвук передається у виріб у формі короткочасних віброуючих ударів, які створюються п'єзоелементами під дією електричних імпульсів. Ці удари, які являють собою імпульси пружних високочастотних коливань, хвилеподібно розповсюджуються по виробу від випромінювача. Кут розбіжності коливань α залежить від довжини хвилі λ та діаметра випромінювача і визначається за формулою (1.2):

$$\sin \alpha = 1,2A / d . \quad (1.2)$$

Центральна частина пучка випромінюваних коливань має найбільшу енергію. При контролюванні виробів ультразвук спрямовують таким чином, щоб відбувалося найбільш повне відбивання його назад від можливого дефекту, який є перешкодою для пружних хвиль.

Таким чином, розповсюдження ультразвуку по твердому тілу відбувається подібно до того, як і розповсюдження світла у прозорому середовищі.

Приймання і відбивання хвиль відбувається в паузах між передачею зондууючих імпульсів. Величина відбивання хвиль залежить від розміру відбиваючої поверхні, а також відстані до неї і кута падіння ультразвукових коливань.

Для перетворення електричних імпульсів в ультразвукові використовуються спеціальні п'єзоелементи, які знаходяться у щупах. Як п'єзоелементи використовуються пластинки з монокристалів кварцу, сегнетової солі, титанату барію, що пройшли спеціальну електричну обробку (поляризацію) високою постійною напругою.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При наявності акустичного контакту плоского щупа з виробом механічні коливання пластинки передаються вглиб виробу у вигляді періодичних хвилеподібних стисків і розрідження середовища із швидкістю для сталі 5900 м/с. Кут відбиття коливань від неоднорідного середовища дорівнює куту їх падіння.

Через деякий час (що вимірюється мікросекундами) після посилення у виріб основного зондуючого імпульсу щуп починає сприймати відбиті сигнали або відлуння, які повертаються від усіх відбиваючих поверхонь (наприклад, жолобки, дно виробу, дефект тощо).

Відбиваючись від нерівностей поверхні, дефектів металу навіть при косо направлених тріщинах частина відбитої енергії повертається до місця її випромінення. Це дає можливість у більшості випадків здійснювати контроль виробів, користуючись одним і тим самим щупом як для передачі, так і для прийому.

Найпростіший приклад розповсюдження ультразвуку зображений на рисунку 1.6.

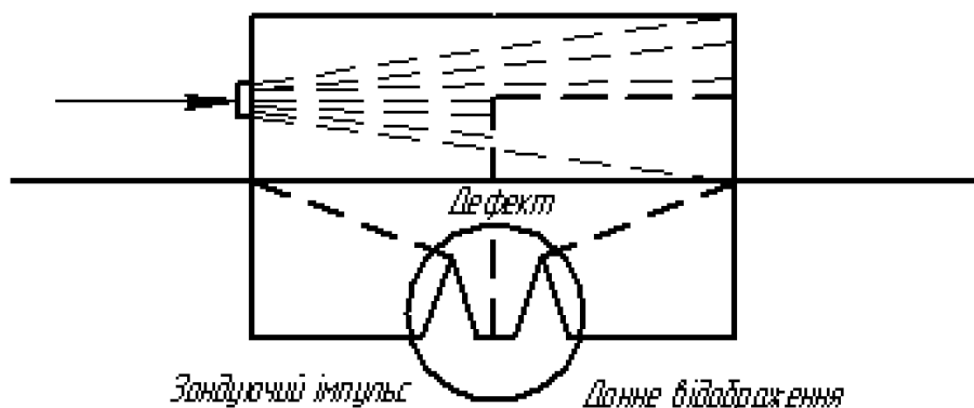


Рисунок 1.6 – Розповсюдження ультразвуку в зразку з дефектом і відповідна картина на екрані дефектоскопа (осцилограма)

Така картина спостерігатиметься, якщо тривалість розгортки дорівнює часу розповсюдження звуку за зразком від випромінювача до дна і назад. Зондуєчий імпульс, який випромінюється щупом, видно у лівій частині

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

екрана. Його відлуння (відбиття) від дефекту створює імпульс в середній частині екрана, а відлуння видно справа. Інтервали між імпульсами пропорційні відстані до відбиваючих поверхонь.

Висота імпульсів визначається інтенсивністю відбитих сигналів, яка залежить від спрямованості відбитого звуку, відстані до відбиваючої поверхні та її площі. Крім того, вона залежить від чутливості приймача і положення його регуляторів, які встановлюються у відповідності до спеціального еталона.

При прозвучуванні коротких виробів можна спостерігати у період розгортки низку багаторазових відбивань. Проте для дефектоскопії важливо визначити походження лише тих імпульсів, які займають по лінії розгортки ділянку від зондуючого імпульсу до першого донного відображення.

Трансформація (перетворення) хвиль одного типу в інший, яка відбувається при падінні УЗК на бокові грані виробу під гострим кутом. У загальному випадку у виробі виникає три типи хвиль:

- поздовжні, при розповсюдженні яких коливання частинок відбувається у напрямку розповсюдження хвиль;
- поперечні (хвилі зсуву), при яких коливання відбуваються поперек напрямку випромінювання;
- поверхневі хвилі, які, не проникаючи всередину виробу, розповсюджуються по його поверхні.

Розрізняються ці коливання між собою не лише зазначеною ознакою, але й швидкістю розповсюдження. Наприклад, у сталі швидкість поздовжніх хвиль – 5900 м/с, поперечних – 3230 м/с, поверхневих – 2600 м/с.

Плоский щуп дефектоскопа випромінює в основному поздовжні коливання. Проте при введенні звуку у виріб з погано обробленою поверхнею утворюються також і поверхневі хвилі, які, відбиваючись від країв виробу, можуть бути сприйняті щупом і викликати, таким чином, «несправжній» сигнал (останній неважко заглушити, поклавши руку на поверхню).

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При падінні поздовжніх хвиль на сторону виробу під великими кутами (тобто при розповсюдженні хвиль вздовж поверхні виробу) значна частина їх енергії трансформується у коливання поперечного типу, розповсюдження яких для сталі відбувається під кутом 33° до нормалі.

Якщо останні потрапляють у кут, утворений гранями виробу або гранню і дефектом, то вони, відбиваючись по певних шляхах у зворотному напрямку, будуть помічені на екрані. Місце відбиття такого імпульсу можна визначити лише після аналізу шляху звуку в залежності від форми виробу.

Для надійного проходження ультразвуку від п'єзоелемента у виріб між ними не повинно бути повітряних проміжків, які навіть при малих товщинах зазорів відбивають назад всю енергію, яка падає на них.

Електронно-променева трубка має пристрій для випромінювання вузького пучка електронів на скляний екран, який покритий спеціальною речовиною. Кожна точка екрана, на яку падає промінь, світиться під ударами електронного потоку.

Оскільки приймач з'єднаний пластинами вертикального відхилення, то будь-які відхилення, що виникають на п'єзоелементі як при передачі зондуючого імпульсу, так і при прийманні відбивань, можуть викликати лише вертикальні переміщення світлової плями, які при відсутності допоміжної вертикальної розгортки зображені на екрані у вигляді вертикальної лінії.

В результаті дії розгортки кожний отриманий сигнал, в залежності від часу його повернення від випромінювача, займе певне положення (місце) на горизонтальній лінії, яка утворюється.

Чим довший шлях проходить промінь по виробу, тим пізніше він повертається до випромінювача і тому тим більше праворуч буде видно його зображення на екрані.

Таким чином, лінія розгортки є масштабом, який дозволяє визначити глибину залягання дефекту шляхом порівняння з відстанню до відомих сигналів.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Зміна глибини частини виробу, яка проглядається, здійснюється шляхом регулювання часу проходження електронного променя по екрану тобто шляхом вимірювання швидкості розгортки. Напругою блока 5 можна регулювати освітленість екрана електронно-променевої трубки.

Апарат має два ступеня розгортки: швидку – для контролю виробів на глибину до 400 мм і повільну – на глибину 2500 мм.

Індикатор глибини є допоміжним пристроєм, який полегшує орієнтування при наявності на екрані електронно-променевої трубки декількох імпульсів. З його допомогою створюється службовий імпульс, місце розташування якого на лінії розгортки можна визначити дефектоскопом шляхом повороту спеціальної рукоятки.

Видалення повітря досягається шляхом змащування мастилом поверхні, через яку здійснюється введення ультразвуку.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Конструкція ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22

Для переміщення дефектоскопа рейками використовується візок [6] (рис. 2.1-2.3).

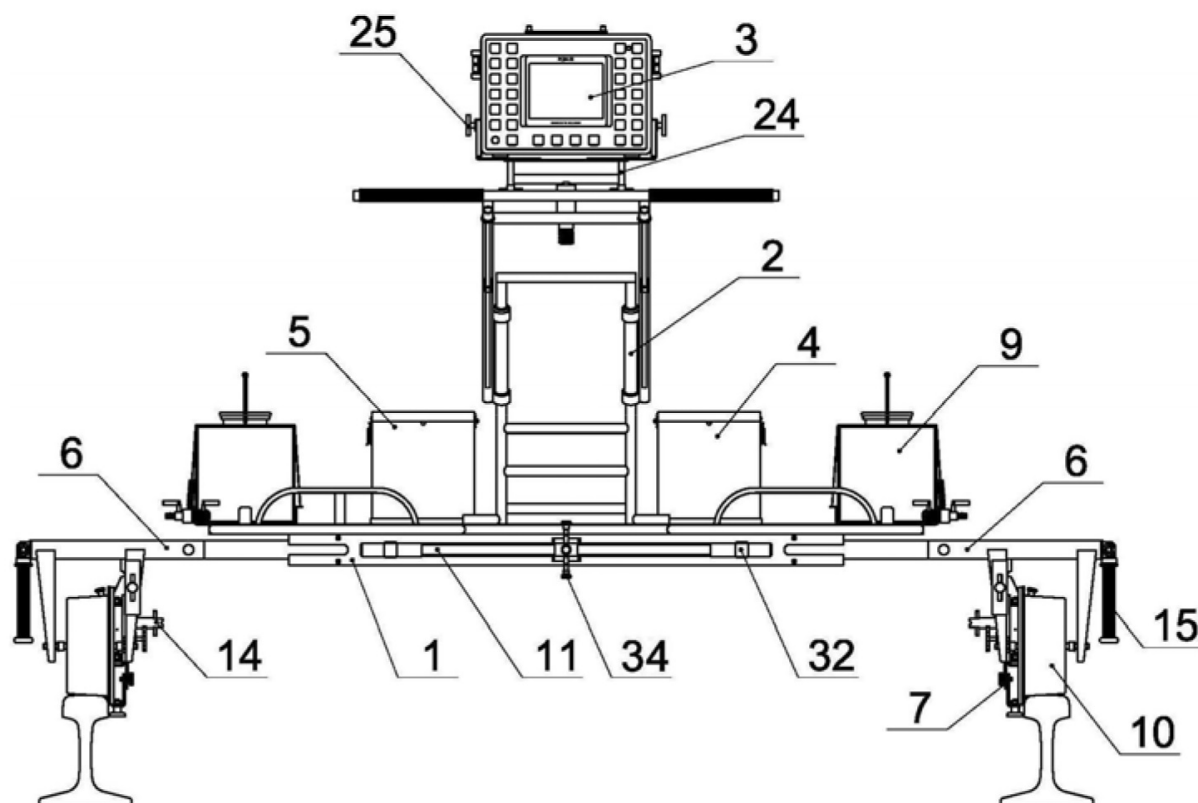


Рисунок 2.1 – Конструкція дефектоскопу

На центральній рамі 1 встановлюється підйомний пристрій 2 з електронним блоком 3, валіза з акумулятором живлення 4, валіза з приладдям 5 і баки з рідиною, що контактує 9.

На бічних рамах 6 кріпляться механізми центруючі 7 з БП 8 і колеса 10.

Центруючі механізми закріплені між колесами і в неробочому положенні піднімаються вгору. Датчик шляху 19 (виконання 1) кріпиться за правим заднім колесом на кронштейні 18 або монтується в лівому задньому колесі (виконання 2).

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

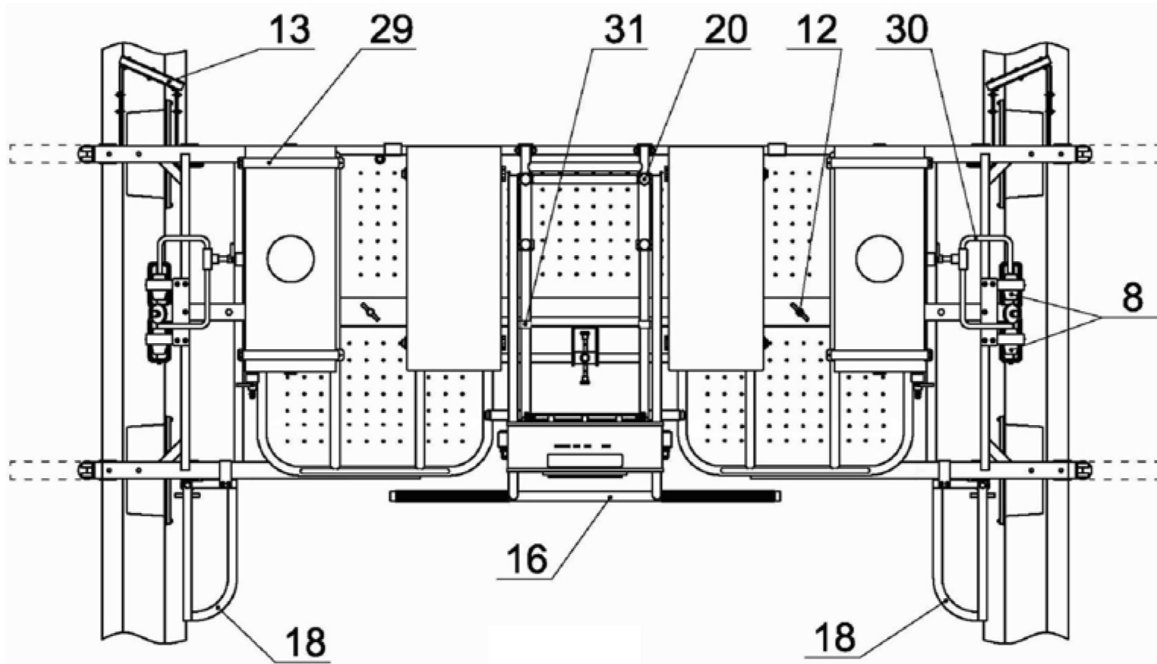


Рисунок 2.2 – Конструкція дефектоскопу

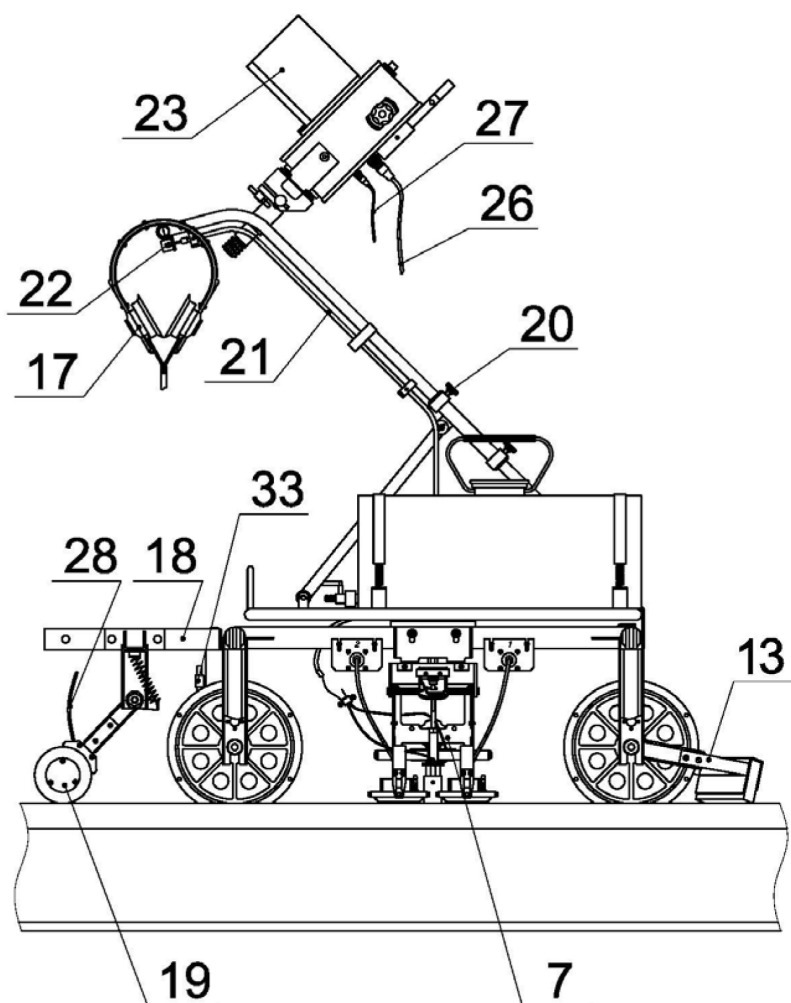


Рисунок 2.3 – Конструкція дефектоскопу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВР 486.00.00.000 ПЗ

Арк.

29

Центруючі механізми можуть закріплюватися на спеціальних кронштейнах 18 за задніми колесами. У цьому випадку датчик колійної координати (виконання 1) закріплюється між колесами.

Бічні рами 6 за допомогою ходового гвинта 11, що приводиться в дію рукояткою 34, можуть переміщатися напрямними центральної рами візка, дозволяючи відстежувати, таким чином, зміна ширини колії.

Для надійної фіксації бічних рам служать гвинти 12. На осях передніх коліс кріпляться очисні пристрої 13. Задні колеса стопоряться гальмівними пристроями 14. Для перенесення візка використовуються відкидні ручки 15.

Для переміщення дефектоскопа по рейках призначена рукоятка 16, розташована на підйомнику і має можливість змінювати своє положення і фіксуватися гвинтами 20. У транспортному положенні підйомник фіксується засувками 31. На рукоятці 16 кріпляться сталеві тросики 21, які за допомогою ручки 21 хрестовин стрілочних перекладів.

Головні телефони 17 підключаються до гнізда ТЛФ, розташованому на передній панелі електронного блоку 3. Під час роботи в сонячну погоду до обрамлення на передній панелі електронного блоку кріпиться сонцезахисний тубус 23. Електронний блок 3 закріплюється на кронштейні 24 за допомогою гвинтів 25 і може змінювати своє положення в 2-х площинах. БП 8 підключаються до роз'ємів Л і П на задній стінці електронного блоку за допомогою кабелів 26. Акумулятор живлення підключається до електронного блоку кабелем живлення 27, а датчик шляху кабелем 28. Датчик шляху виконання 19 1 при проходженні стрілочних перекладів і зніманні візка з рейок вручну відкидається вгору. Баки з рідиною, що контактує, кріпляться до рами візка ремнями 29. Контактуюча рідина подається до штуцерів БП від краників баків за допомогою гумових шлангів 30.

Центруючі механізми (по одному для кожної рейки) підвішуються на каркасі візка (рис. 2.4).

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

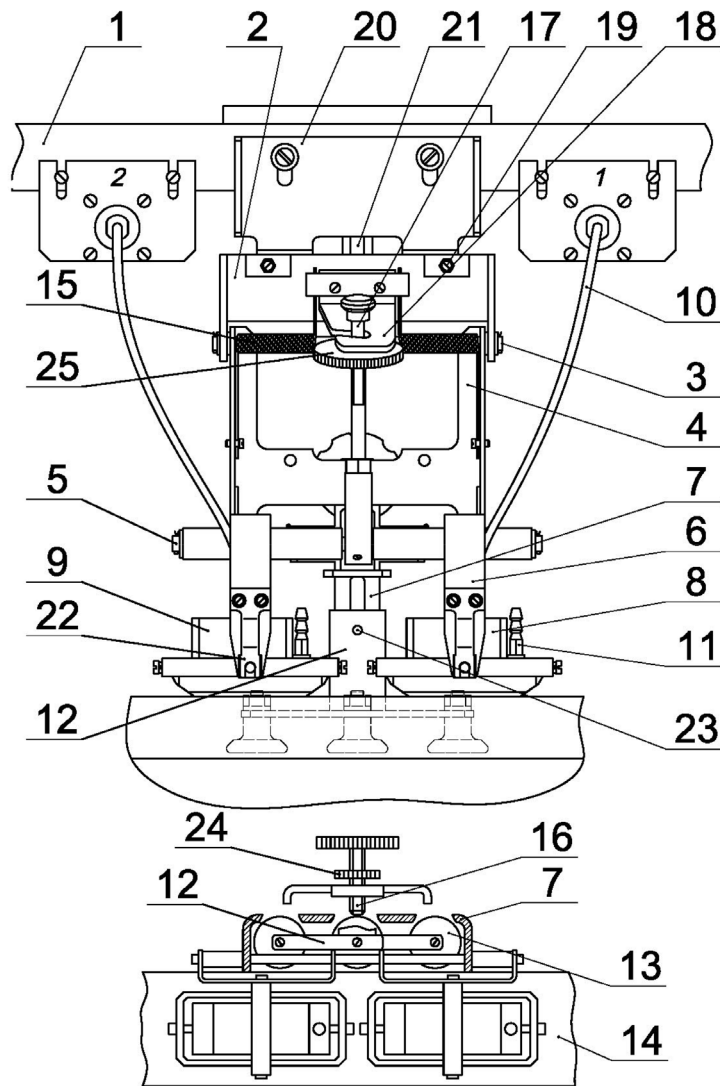


Рисунок 2.4 – Конструкція каркасу візка

На каркасі через ізоляційні втулки закріплюється скоба 20, до якої через вісь 21 кріпиться скоба 2, а до неї на осі 3 кріпиться кронштейн 4.

Кронштейн 4 закінчується віссю 5, на якій закріплені скоби 6 і тримач 7. На скобах 6 за допомогою клямок 22 встановлюються БП 8 і 9, що мають можливість повертатися в 2-х площинах. БП через кабелі 10 підключаються до роз'ємів з'єднувальних кабелів підключення БП до електронного блоку. Штуцери 11 служать для підведення рідини, що контактує.

У тримачі 7 встановлена вилка 12 зі знімними стежать роликами 13, що контактують з бічною поверхнею головки рейки 14.

Під час руху візка по рейках стежать ролики притискаються до бічної поверхні головки рейки під дією пружин 15. Пружини 15 служать також для

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

автоматичного підйому центруючого механізму в транспортне положення. Необхідне положення роликів встановлюється висуванням вилки 12 і фіксацією її в тримачі 7 за допомогою гвинта 23. Гвинт дозволяє 16 центрувати БП, тобто. встановлювати їх у потрібне положення по осі головки рейки. Гайка 24 служить для стопоріння положення гвинта 16.

При роботі з стежать роликами 13 важіль 17 необхідно вивести із закріплення зі скобою 18. При цьому гвинти 19 необхідно відпустити, створивши механізму, що центрує, необхідний ступінь свободи.

При контролі зношених рейок, що мають заходи сонця, за наявності на рейках льоду і т.п. використання стежать роликів утруднено, т.к. БП за таких умов значно зміщуються з осі рейки. У цих випадках стежать ролики разом з вилкою 12 знімаються, а орієнтування БП по осі рейки здійснюється шайбою 25, розташованої на важелі 17, який необхідно ввести в зачеплення зі скобою 18. При цьому треба проводити більш точне налаштування міжколісної відстані візка на ширину колії і відстеж.

БП (рис. 2.5) складається з основи-корпуса 1, планки 2 з гвинтами 3 для кріплення резонаторів 4, 5, 6.

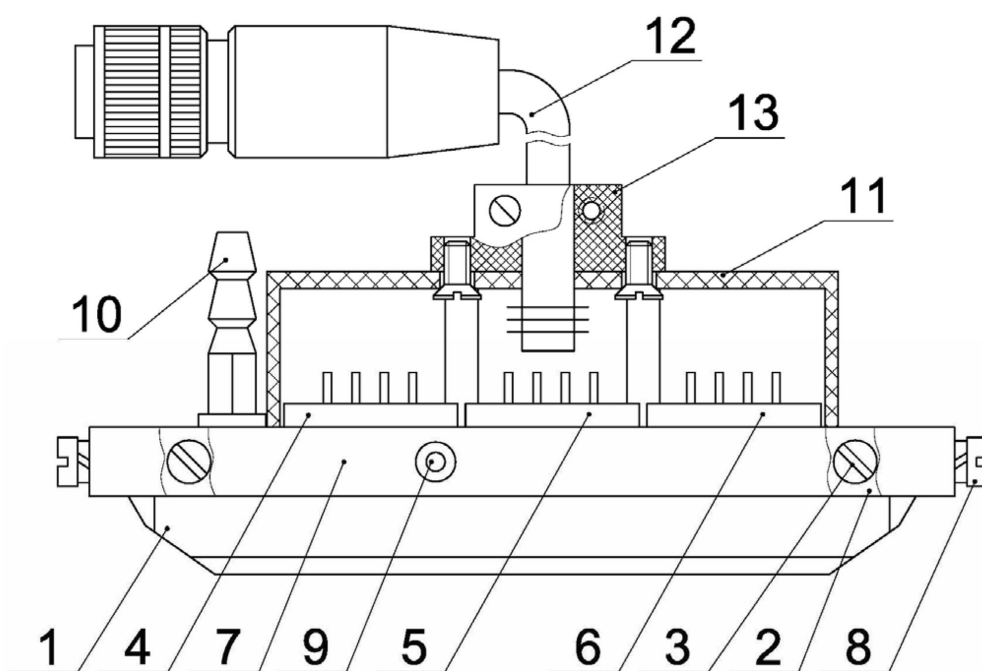


Рисунок 2.5 – Конструкція блоку переворювача

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

На корпус 1 кріпиться рамка 7 з осями 8, 9 і штуцер 10 для подачі рідини, що контактує. Обертанням корпусу навколо осей 9 забезпечується щільне прилягання основи до поверхні катання головки рейки. Резонатори 4, 5, 6 з підпаяними кабелями встановлюються в отвори корпусу БП, орієнтуються по суміщенню вертикальних рисок на корпусі резонатора з точками, нанесеними на поверхні корпусу БП, закріплюються планкою 2 за допомогою гвинтів 3 і закриваються кришкою 11.

Органи керування, індикації, зовнішні роз'ємні з'єднувачі електронного блоку дефектоскопа та їх призначення показані на рисунку 2.6.

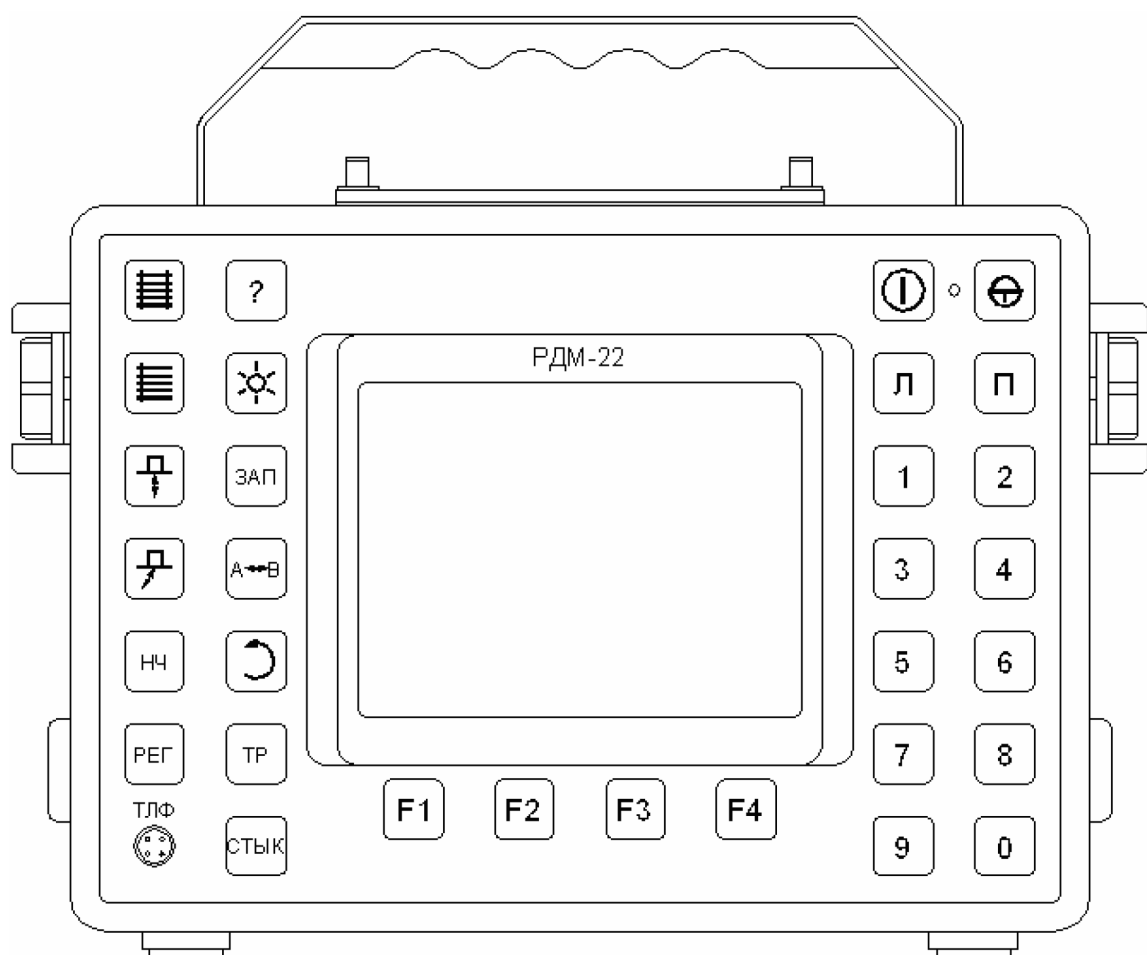


Рисунок 2.6 – Електронний блок (вигляд спереду)

1. Тумблер ВІДКЛ на задній стінці забезпечує підключення або вимкнення ланцюга живлення електронного блоку від акумулятора дефектоскопа або зовнішнього джерела живлення.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2. Клавiша \odot (рис. 2.6) служить для включення та вимкнення електронного блоку дефектоскопа. Світлодіодний iндикатор праворуч від клавiші безперервним свiченням сигналізує про увiмкнений стан електронного блоку.

3. Матричний iндикатор електронного блоку використовується як основний настроювально-iнформацiйний елемент дефектоскопа.

4. Багатофункцiональний енкодер на правiй сторонi електронного блоку використовується для наступних цiлей:

а) у багатоканальному режимi контролю перемикає виведення екранних форм або мнемосхеми, або мнемосхеми з осцилограмою одного каналу в розгортцi типу А. Перемикання здiйснюється по колу при короткочасному торцевому натисканнi на ручку енкодера;

б) у багатоканальному режимi контролю з мнемосхемою без осцилограми сигналiв одного з каналiв використовується для пересування курсора кольору вибору номера каналу, осцилограма якого може бути виведена на екран разом з мнемосхемою. Вибiр каналу здiйснюється обертанням ручки енкодера;

в) при коригуваннi помилково введеної цифрової iнформацiї в активiзованих вiкнах сторiнок меню використовується для перемiщення у вiкнi (обертанням ручки енкодера) лiнii миготливого курсору з встановленням її праворуч від коригування цифри;

г) у багатоканальному режимi з осцилограмою каналу 1 на екранi матричного iндикатора та активiзованому клавiшею F4 iнформацiйному вiкнi екрану, розташованому над клавiшею F4, здiйснює перебудову положення строба ЗТМ (обертанням ручки енкодера);

д) в одноканальних режимах здiйснює перебудову тимчасового становища вимiрювального маркера. Перебудова здiйснюється обертанням ручки енкодера або прискорено (при одночасному торцевому натисканнi на ручку) або уповiльнено (без торцевого натискання на ручку);

е) в одноканальних режимах із виведеними на екран інформаційними вікнами меню налаштувань здійснює: переміщення світлового курсору по виведених на екран вікнах меню налаштувань (при обертанні ручки енкодера); активізацію встановленого курсором вікна програмованого параметра (торцевим натисканням на ручку енкодера); перебудову параметра в активізованому вікні фрагмента меню (обертанням ручки енкодера); скасування активізації вікна в меню налаштувань (торцевим натисканням на ручку енкодера);

є) у режимі маркерних вимірів з дефектограмою, зареєстрованою в одноканальному режимі з розгорткою типу Б на екрані, використовується для переміщення (обертанням ручки енкодера) горизонтальної лінії маркера по висоті екрана при визначенні умовної висоти дефекту;

ж) у режимі перегляду зареєстрованих у багатоканальному режимі дефектограм на екрані дефектоскопа здійснює: переміщення світлового курсору по списку файлів протоколів контролю, що виводиться на екран (при обертанні ручки енкодера); виведення на екран розгортки типу Б вибраного файлу (торцевим натисканням на ручку енкодера); переміщення ділянки по шляховій координаті (при обертанні ручки енкодера).

5. Енкодер на лівому боці електронного блоку використовується для наступних цілей:

а) у багатоканальному режимі з осцилограмою одного з каналів здійснює перебудову в цьому каналі значень умовної чутливості контролю каналу ехо-метода або ЗТМ. Перебудова здійснюється обертанням ручки енкодера;

б) в одноканальному режимі здійснює перебудову значення посилення приймача для виведеного на екран каналу та перебудову значення умовної чутливості контролю (якщо меню налаштувань запрограмовано значення опорного рівня чутливості на опорному відбивачі). Перебудова здійснюється обертанням ручки енкодера;

в) у режимі перегляду зареєстрованих у багатоканальному режимі

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дефектограм на екрані дефектоскопа здійснює: зміна масштабу дефектограм по осі X (при обертанні ручки енодера); зміна порогового рівня відображення дефектограм (при обертанні ручки енодера з утриманням її у стані торцевого натискання);

г) у режимі маркерних вимірювань з дефектограмою, зареєстрованою в одноканальному режимі з розгорткою типу Б на екрані, використовується для переміщення (обертанням ручки енодера) вертикальної лінії маркера при визначенні умовної протяжності дефекту.

6. Клавiші 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, Л, П в режимі роботи з виведеною на екран мнемосхема багатоканального режиму служать для оперативної активiзацiї номера каналу прозвучування, для подальшого виведення осцилограми цього каналу на екран матричного iндикатора. В одноканальних режимах роботи з блоками ПЕП служать для оперативного перемикання номера каналу прозвучування, що виводиться. При виведених на екран сторiнках меню «Пiдготовка до контролю», «Коригування пiкету», «Створення службової позначки», «Протокол ручного контролю», «Налаштування», «Тести», «Налаштування датчика шляху» використовуються або для введення цифрової iнформацiї в активiзованi вiкна меню, або для виведення на екран потрiбної сторiнки пiдменю. Перемикання здiйснюються при короткочасному натисканнi клавiшi.

7. Клавiша 0 у режимі роботи з виведеною на екран мнемосхемою керує вiдключенням/вмиканням звукової iндикацiї вiд каналiв сторони дефектоскопа, протилежної тiй, де знаходиться активiзований канал.


8. Клавiша служить для оперативного виходу багатоканальний режим контролю з мнемосхемой на екрані з iншого режиму.

9. Клавiша при короткочасному натисканнi служить для оперативного виходу в одноканальнi режими роботи каналiв з резонаторами БП. При утриманнi у натиснутому стані бiльше 3 секунд виводить на екран iнформацiйну сторiнку меню «Установки».

10. Клавiша T включає режим роботи дефектоскопа з ручними ПЕП на

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Пiдпис	Дата		

частоту 2,5 МГц за роздільно-сумісною чи роздільною схемою прозвучування.

11. Клавiша  включає режим роботи дефектоскопа з похилими ручними ПЕП на частоту 2,5 МГц.

12. Клавiша НЧ включає режим роботи дефектоскопа із ручним РС ПЕП на частоту 100 кГц.

13. Клавiша РЕГ використовується для керування виведенням на екран з реєстратора дефектограм у розгортці типу Б.


14. Клавiша ТР (Тип Рейка) служить для введення оператором інформації про тип контрольованої рейки з автоматичною корекцією при цьому параметрів стробів зон контролю каналів, Р2 з 42-42.

15. Клавiша СТИК служить для перемикання режиму роботи дефектоскопа при контролі ділянок шляху поза та в зонах стиків з болтовими отворами.

16. Клавiша ЗАП під час роботи в одноканальних режимах служить для керування записом в енергонезалежну пам'ять протоколів вибіркового контролю окремих ділянок рейок з дефектограмами цих ділянок у розгортці типу А або Б, а також для керування процесом реєстрації дефектограм у багатоканальному режимі.

17. Клавiша А↔В перемикає тип розгортки, що використовується в одноканальних режимах роботи з ПЕП для спостереження ехо-сигналів на екрані дефектоскопа (А розгортка або Б розгортка).

18. Клавiша \supset здійснює повернення до рекомендованих виробником дефектоскопа значень параметра K_u , перебудованих оператором у процесі контролю.

19. Клавiша  використовується для ступінчастого регулювання яскравості свічення екрана.

20. Клавiша ? служить керувати записом екранних форматів на SD-карту, що постачається з дефектоскопом.

21. Клавiша Θ при роботі в одноканальних режимах з виведеної на

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

екран сторінкою меню налаштування перемикає функціональне призначення ручки енкодера на лівій стороні, а також при виведеній на екран мнемосхеми керує режимами роботи системи контролю за станом акустичного контакту у всіх каналах контролю багатоканального режиму.

22. Клавіша F1 використовується для таких цілей:

а) у багатоканальному режимі використовується для введення службової позначки та коригування показань колійної координати при проходженні транспортного візка навпроти кілометрового стовпа;

б) у багатоканальному режимі здійснює вихід дефектоскопа з режимів встановлення початкових параметрів протоколу контролю та коригування номера пікету у робочий режим проведення контролю з реєстрацією результатів контролю;

в) в одноканальному режимі роботи з ручними ПЕП здійснює вихід дефектоскопа з режиму вибору номера параметрів контролю в робочий режим проведення контролю;

г) в одноканальних режимах використовується управління режимами роботи системи контролю над станом акустичного контакту;

д) при проведенні уточнюючого контролю в одноканальному режимі використовується для запису в незалежну пам'ять сформованого протоколу контролю;

е) в одноканальному режимі з розгорткою А та фрагментом меню з активізованим інформаційним вікном параметра Кп на екрані використовується для автоматичного введення у вікно значення Кп, визначеного на зразку СО-3Р або СО-2 у режимі автокалібрування;

є) керує виходом зі сторінки меню Налаштування до сторінки меню Тести;

ж) у тестовому меню Налаштування датчика шляху використовується для запису отриманого юстирувального значення показань датчика шляху до енергонезалежної пам'яті;

з) при виведеній на екран сторінці архіву протоколів контролю включає

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

режим виведення на екран дефектоскоп дефектограм у вибраному курсором протоколі;

і) у режимі маркерних вимірювань з дефектограмою, зареєстрованою в одноканальному режимі з розгорткою типу Б на екрані, використовується для виведення на екран дефектоскопа другої горизонтальної та другої вертикальної маркерних ліній;

ї) в одноканальних режимах уточнюючого контролю з розгорненням типу Б використовується для перемикання з Б на Ц і назад типу розгортки, що застосовується для аналізу дефектограми, що виводиться на екран дефектоскопа.

23. Клавіша F2 використовується для наступних цілей:

а) у багатоканальному режимі використовується для введення в реєстратор службової позначки з одночасним коригуванням показань колійної координати при проходженні дефектоскопного візка навпроти пікетного стовпчика, а також (при тривалому натисканні) виводить на номер;

б) у багатоканальному режимі використовується для зупинення реєстрації дефектограм із закриттям протоколу контролю;

в) при виведеній на екран сторінці архіву протоколів контролю керує перезаписом на SD-карту архіву протоколів контролю для наступного перезапису його на комп'ютер;

г) у тестовому меню Налаштування датчика шляху використовується для обнулення показань некоригованої та скоригованої координати у виведеній на екран сторінці меню;

д) в одноканальних режимах уточнюючого контролю з розгорткою типу Б використовується для завдання режиму синхронізації, що застосовується для оновлення дефектограми, що виводиться на екран дефектоскопа розгортки типу Б або Ц.

У цих режимах при переході до маркерних вимірювань управляє установкою на екрані вимірювальних маркерів.

24. Клавіша F3 використовується для таких цілей:

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) у багатоканальному режимі з реєстрацією результатів контролю використовується для виведення на екран інформаційних вікон для введення в них у процесі контролю інформації про номер стрілочного перекладу, зміну оператора, код виявленого дефекту;

б) в одноканальних режимах з розгорткою типу А керує включенням та вимкненням режиму Стоп-Кадр, а при виведеному на екран форматі Протокол ручного контролю використовується для очищення інформаційних вікон;

в) при виведеній на екран сторінці архіву протоколів контролю використовують для очищення пам'яті реєстратора з видаленням записаних у пам'ять протоколів;

г) у тестовому меню Налаштування датчика шляху використовується для очищення інформаційного вікна Дискретність датчика колії, відліки на метр;

д) в активізованих вікнах інформаційних сторінок меню служить для видалення помилково введеної інформації;

е) в одноканальних режимах уточнюючого контролю з розгорткою типу Б використовується для включення та вимкнення процесу оновлення екрана з розгорткою типу Б або Ц.

25. Клавіша F4 використовується для таких цілей:

а) у багатоканальному режимі з розгорткою типу А каналу 1, що працює з РС ПЕП, включає та вимикає режим ручного регулювання положення строба каналу ЗТМ обертанням ручки енкодера на правій стороні електронного блоку;

б) в одноканальному режимі роботи здійснює послідовне виведення на екран сторінок з фрагментами інформаційних вікон меню параметрів налаштування каналу контролю;

в) у багатоканальному режимі використовується для повернення з виведеної на екран сторінки меню Підготовка до контролю у багатоканальний режим без включення запису дефектограм до реєстратора;

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

г) здійснює вихід зі сторінки меню Коригування пікету, Створення службової позначки, Протокол ручного контролю, Налаштування датчика шляху без запису інформації у реєстратор;

д) при виведеній на екран сторінці меню Налаштування включає режим оновлення керуючої програми дефектоскопа з карти SD.

26. Роз'єм ТЛФ на лицьовій панелі електронного блоку (рис. 2.7) служить для підключення головних телефонів.

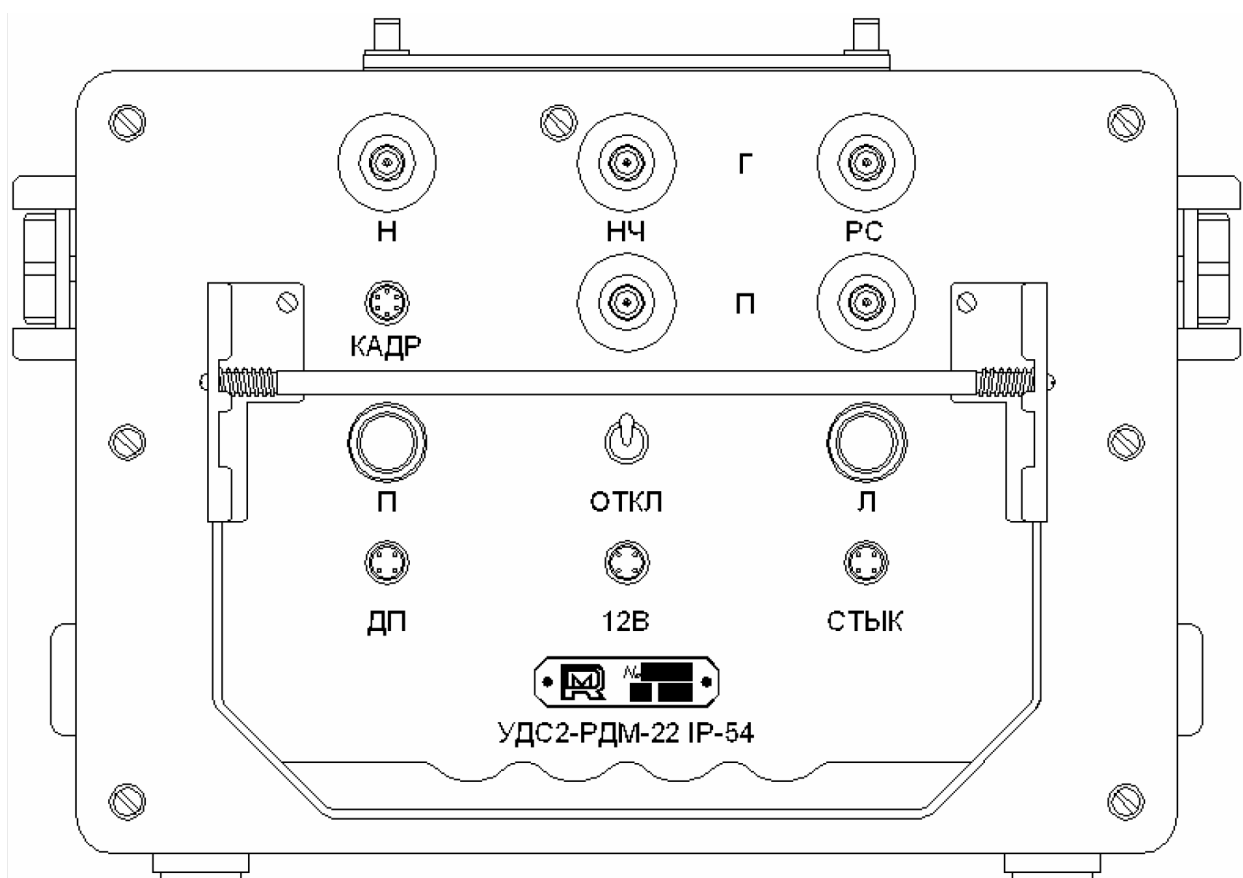


Рисунок 2.7 – Електронний блок (вигляд ззаду)

27. Роз'єм 12 В на задній стінці електронного блоку служить для підключення кабелю живлення від акумулятора дефектоскопа.

28. Роз'єм ДП на задній стінці електронного блоку використовується для підключення датчика колії дефектоскопа.

29. Роз'єми П і Л на задній стінці електронного блоку служать для підключення з'єднувальних кабелів до БП контролю рейок з правого та

лівого боку дефектоскопа.

30. Роз'єм Н на задній стінці електронного блоку служить для підключення кабелю зв'язку із похилими ручними ПЕП на частоту 2,5 МГц.

31. Роз'єми РС – Г та РС – П служать для підключення до них з'єднувальних кабелів від випромінюючого та приймального резонаторів ручних РС ПЕП на частоту 2,5 МГц.

32. Роз'єми НЧ – Г та НЧ – П служать для підключення до них з'єднувальних кабелів до випромінюючого та приймального резонаторів ручного похилого РС ПЕП на частоту 100 кГц.

33. Роз'єм СТИК служить для підключення роз'єму у відповідь з пульта виносного № 1, що закріплюється на ручці транспортного візка, з кнопкою СТИК, що функціонально дублює роботу клавіші СТИК.

34. Роз'єм КАДР служить для підключення роз'єму відповіді з пульта виносного № 2, що розміщується на ручних ПЕП, при проведенні уточнюючого контролю в одноканальних режимах з розгорткою типу Б на екрані.

35. Тумблер ВІДКЛ замикає або розмикає ланцюг живлення електронного блоку від джерела живлення, що підключається до гнізда 12 В.

2.2 Будова та принцип роботи ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22

1. Основна схема прозвучування для суцільного контролю обох ниток шляху передбачає вісім каналів прозвучування кожної нитки і реалізацію з їхньої основи дев'яти інформаційних каналів. При цьому вісім інформаційних каналів використовують луна-метод та один інформаційний канал – дзеркально-тіньовий метод (ЗТМ). Кожному каналу прозвучування надано умовний номер каналу (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) відповідно до рисунку 2.8. Інформаційним каналам каналу прозвучування 1, що працюють за луною та ЗТМ, присвоєні на мнемосхемі умовні номери 1 і 9 відповідно.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

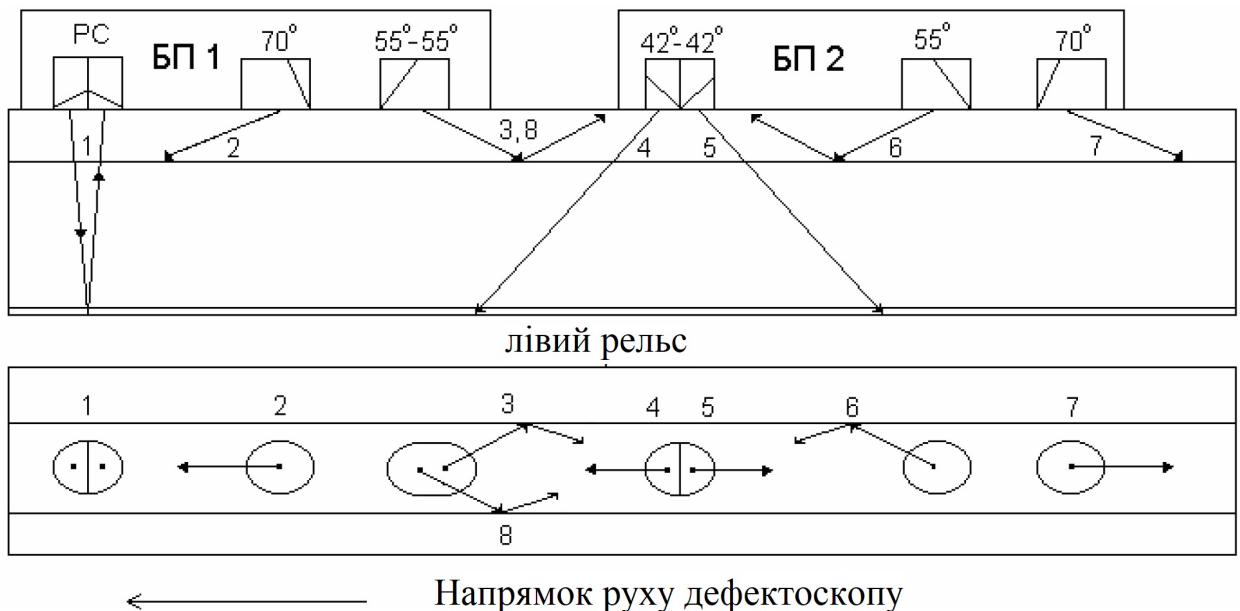


Рисунок 2.8 – Схема прозвучування

Один цикл прозвучування всіма каналами контролю здійснюється за чотири такти. На кожен такт приділяється близько 200 мкс.

Канали 1 і 6 прозвучування як правої, і лівої нитки шляху працюють одночасно у першому такті циклу прозвучування. Канали 2 та 5 прозвучування як правої, так і лівої нитки шляху працюють одночасно у другому такті циклу прозвучування. Канали 7 та 4 прозвучування як правої, так і лівої нитки шляху працюють одночасно у третьому такті циклу прозвучування. Канали 3 і 8 контролю лівої та правої нитки шляху працюють одночасно у четвертому такті циклу прозвучування.

При синхронізації дефектоскопа від датчика шляху цикли прозвучування здійснюються через 1 мм пройденого шляху. У режимі внутрішньої синхронізації цикли прозвучування повторюються частотою ~ 900 Гц.

На основі даної схеми прозвучування реалізуються два основних режими суцільного контролю рейок оператором дефектоскопа при використанні звукової і світлової системи сигналізації дефекту (АСД) (табл. 2.1 і 2.2). Перший режим використовується для контролю рейок на ділянках шляху поза зонами стиків з болтовими отворами, другий – на ділянках шляху

в зоні стиків з болтовими отворами.

Таблиця 2.1 – Параметри звукової системи сигналізації

Канал прозвучивання	Задержка зоны контроля, мкс (мм)		Длительность зоны контроля, мкс (мм)		Тип рельса
	Зона 1	Зона 2	Зона 1	Зона 2	
Канал 1	0	58 (172)	58 (172)	10 (30)	P75
	0	54 (160)	54 (160)	10 (30)	P65
	0	45 (133)	45(133)	10 (30)	P50
	0	41 (122)	41 (122)	10 (30)	P43
Каналы 2 и 7	5 (3)	-	75 (42)	-	P75
	5 (3)	-	75 (42)	-	P65
	5 (3)	-	75 (42)	-	P50
	5 (3)	-	75 (42)	-	P43
Каналы 3, 6 и 8	15 (14)	-	155 (144)	-	P75
	15 (14)	-	140 (130)	-	P65
	15 (14)	-	140 (130)	-	P50
	15 (14)	-	140 (130)	-	P43
Каналы 4 и 5	18 (22)	-	152 (183)	-	P75
	18 (22)	-	142 (171)	-	P65
	18 (22)	-	117 (141)	-	P50
	18 (22)	-	107 (129)	-	P43

При суцільному контролі безперервно в кожному циклі прозвучування проводиться реєстрація в енергонезалежній пам'яті дефектоскопа амплітудно-часових параметрів ехо-сигналів по всіх каналах прозвучування від моменту початку Зони 1 (табл. 2.1 і 2.2) до моменту закінчення Зони 1, при відсутності 2 З її наявності у каналі.

Звукова та світлова сигналізація в першому режимі працює за сигналами у всіх каналах прозвучування, що приймаються в Зонах 1 та Зонах

2 згідно з табл. 2. У другому режимі звукова та світлова сигналізація працює тільки за сигналами у Зоні 1 каналу 1, Зоні 1 каналів 4 та 5 та Зоні 2 каналів 4 та 5 згідно з табл. 3; при цьому для отримання додаткової інформації про ехо-сигнали, зареєстрованих іншими каналами в зоні стиків з болтовими отворами, використовується фрагмент дефектограми, що виводиться на екран у розгортці Б.

Таблиця 2.2 – Параметри світлової системи сигналізації

Канал прозвучивання	Задержка зоны контроля, мкс (мм)		Длительность зоны контроля, мкс (мм)		Тип рельса
	Зона 1	Зона 2	Зона 1	Зона 2	
Канал 1	0	58 (172)	24 (71)	10 (30)	P75
	0	54 (160)	18 (53)	10 (30)	P65
	0	45 (133)	18 (53)	10 (30)	P50
	0	41 (122)	15 (44)	10 (30)	P43
Канали 2 и 7	5 (3)	-	75 (42)	-	P75
	5 (3)	-	75 (42)	-	P65
	5 (3)	-	75 (42)	-	P50
	5 (3)	-	75 (42)	-	P43
Канали 3, 6 и 8	15 (14)	-	155 (144)	-	P75
	15 (14)	-	140 (130)	-	P65
	15 (14)	-	140 (130)	-	P50
	15 (14)	-	140 (130)	-	P43
Канали 4 и 5	18 (22)	62 (75)	32 (38)	55 (66)	P75
	18 (22)	50 (60)	22 (27)	58 (70)	P65
	18 (22)	42 (51)	18 (22)	48 (58)	P50
	18 (22)	40 (48)	18 (22)	43 (52)	P43

Примітка. Значення параметрів в таблицях 2.1 та 2.2 зон контролю вказані в мікросекундах прямого променя і в міліметрах по глибині

прозвучування (координаті Н). Значення затримки зони контролю вказані від точки введення УЗК.

2. Прозвучування рейки за основною схемою в кожній із контрольованих ниток шляху здійснюється за допомогою двох БП, що утворюють шукальну систему, що закріплюється в системі дефектоскопа, що стежить. У передньому, по ходу руху дефектоскопа, блоці резонаторів БП-1 розташовані:

- прямий роздільно-сумісний (РП РС) резонатор;
- один або два резонатори з кутом введення 70° з напрямком прозвучування вздовж поздовжньої осі рейки у бік руху дефектоскопа;
- два резонатори з кутами введення 55° з акустичними осями пелюсток діаграм спрямованості, розгорнутими в робочу (канал 3) і неробочу (канал 8) грані на кут 34° щодо поздовжньої осі рейки в протилежному напрямку руху дефектоскопа.

У задньому, по ходу руху дефектоскопа, блоці резонаторів БП-2 розташовані:

- два розміщені в одному корпусі резонатора з кутами введення 42° (РП 42-42) з напрямком прозвучування вздовж поздовжньої осі рейки і проти руху дефектоскопа;
- резонатор з кутом введення 55° з акустичною віссю діаграми спрямованості, розгорнутої на кут 34° (в робочу грань) щодо поздовжньої осі рейки у бік руху дефектоскопа;
- один або два резонатори з кутом введення 70° з напрямком прозвучування вздовж поздовжньої осі рейки в протилежний рух дефектоскопа сторону.

Резонатор РП РС (кут введення 0°) забезпечує прозвучування середньої частини головки рейки, шийки рейки та середньої частини підшви рейки. РП РС випромінює поздовжні ультразвукові коливання частотою 2,5 МГц в напрямку, перпендикулярному поверхні катання головки рейки, і використовується для виявлення горизонтально і вертикально орієнтованих

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поздовжніх тріщин і розшарування в голівці, шийці та підшві рейок, а також розвинених тріщин у болтових. 30В.1-2, 38.1, 50.1-2, 52.1-2, 53.1-2, 55.1-2, 56.3, 60.1-2).

На базі резонатора РП РС у каналі прозвучування 1 реалізовані два інформаційні канали контролю:

а) ехо-канал із запрограмованими параметрами Зони 1, зазначеними в таблицях 2.1 та 2.2;

б) канал ЗТМ із запрограмованими параметрами Зони 2, зазначеними в таблицях 2.1 та 2.2.

Відлуння і ЗТМ канали, реалізовані з урахуванням резонатора РП РС, мають роздільне регулювання посилення діапазоні 0-70 дБ, з дискретністю 1 дБ.

У першому режимі суцільного контролю рейок при появі в зоні контролю ехо-каналу з резонатором РП РС сигналу, що перевищує пороговий рівень, звуковий сигналізатор дефектоскопа виробляє уривчасті звукові сигнали частотою 500 Гц.

Якщо ехо-сигнал зони контролю каналу ЗТМ зменшується нижче порогового рівня, звуковий сигналізатор дефектоскопа виробляє безперервні звукові сигнали частотою 500 Гц. У ситуації для одночасної роботи звукової сигналізації відлуння та ЗТМ каналів пріоритет має звукова сигналізація відлуння-каналу.

Конструктивно резонатор РП РС виконаний на основі двох електрично та акустично ізольованих резонаторів, розміщених у круглому металевому корпусі діаметром 20 мм. Для придушення перешкоди, що наводиться в приймальному тракті дефектоскопа ехо-сигналом, викликаним відображенням зондувального імпульсу від контактуючої з рейкою поверхні передавального резонатора, призми передавального та приймального резонаторів виконані різновисотними, причому висота призми у передавального резонатора. Таким чином, що виникає перешкода в часі діє раніше початку строба зони контролю ехо-каналу з резонатором РП РС і не

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впливає на результати контролю.

Резонатори з кутом введення УЗК 70° каналів прозвучування 2 та 7 забезпечують прозвучування центральної частини головки рейки. Дані резонатори збуджують в рейці зсувні акустичні коливання частотою 2,5 МГц і призначені для виявлення дефектів типу вертикальних поперечних тріщин в середній частині головки рейки, у тому числі і під горизонтальними розшаруваннями, що розвиваються, на відстані не більше 50 мм від початку розшарування в напрямку прозвучування резонатор. Затримка та тривалість зони контролю в каналах прозвучування 2 та 7 програмується відповідно до табл. 2 і 3 і зберігаються незмінними для всіх типів контрольованих рейок і режимів контролю рейок як на ділянках шляху без стиків з отворами болтовими, так і в зонах стиків з болтовими отворами.

Кожен із чотирьох каналів 2 та 7 контролю правої та лівої нитки шляху має незалежне регулювання посилення в діапазоні 0-70 дБ з дискретністю 1 дБ. Для придушення перешкод, зумовлених власними акустичними шумами резонаторів, у кожному з чотирьох каналів передбачено програмне включення індивідуально запрограмованої під встановлені в каналах резонатори тимчасового чутливості регулювання (ВРЧ).

У першому режимі суцільного контролю рейок при появі в зоні контролю хоча б одного з каналів ехо-сигналу, що перевищує пороговий рівень, звуковий дефектоскопний сигналізатор виробляє безперервний звуковий сигнал частотою 2000 Гц.

Два резонатори з кутом введення 42° каналів прозвучування 4 і 5 конструктивно розташовані в одному круглому металевому корпусі діаметром 20 мм. Обидва резонатори збуджують у рейці зсувні акустичні коливання частотою 2,5 МГц. Реалізовані на їх базі канали 4 та 5 контролю правої та лівої нитки шляху призначені для виявлення дефектів коду 56.3; дефектів коду 52.1, що виходять у торець рейок; тріщин у болтових отворах (код 53.1 – 2); дефектів корозійного походження та поперечних тріщин у підшві рейок, розташованих у зоні проекції шийки рейки, а також зламів

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рейок (дефекти кодів 66.3, 69.2, 70.2, 74.2, 79.2).

Затримка та тривалість зон контролю в каналах прозвучування 4 та 5 програмується відповідно до табл. 2 і 3. Кожен із чотирьох каналів 4 і 5 контролю правої та лівої нитки шляху має незалежне регулювання посилення в діапазоні 0 – 70 дБ з дискретністю 1 дБ окремо для режимів контролю ділянок шляху поза та в зоні стиків з болтовими отворами.

У каналах з резонаторами на кут введення 42° в першому режимі суцільного контролю рейок вжито програмні заходи щодо поліпшення стійкості до перешкод каналів. З цією метою на початку зони контролю діє невелика ВРЧ, що дозволяє придушити ехо-сигнали, що заважають, від нижніх полиць головки рейок. Зона дії ВРЧ під час контролю рейок Р65 від 18 до 40 мкс від точки введення УЗК. Рекомендована глибина ВРЧ знаходиться в діапазоні від мінус 4 дБ до мінус 6 дБ.

При контролі ділянок шляху в зоні стиків з болтовими отворами (табл. 3) посилення ехо-сигналів у Зоні 1 встановлюється на 5 дБ менше посилення ехо-сигналів у Зоні 2, при цьому Зона 1 використовується для виявлення ехо-сигналів від дефектів коду 52.1, що виходять в коду 53.1 у зоні болтових отворів.

У першому режимі суцільного контролю рейок при появі зазначених у табл. 2 зони контролю каналів 4 або 5 будь-яких ехо-сигналів, що перевищують пороговий рівень, дефектоскоп виробляє переривчасті звукові сигнали частотою 2000 Гц. Такі ж сигнали в другому режимі суцільного контролю виробляються при появі в Зоні 1 (табл. 3) каналів 4 або 5 будь-яких ехо-сигналів, що перевищують пороговий рівень, а в Зоні 2 тільки за наявності в ній двох наступних один за одним ехо-сигналів, що перевищують пороговий рівень при до 16 мкс, тобто. ситуації, характерною за наявності дефекту коду 53.1. 5.1.2.4 Резонатори з кутом введення 55° каналів 3, 6 і 8 збуджують в рейці зсувні акустичні коливання з частотою 2,5 МГц і призначені для виявлення вертикальних поперечних тріщин у головці рейки (дефекти коду 20.1-2, 22.2. 25.1-2, 26.3, 70.1-2, 74.1-2, 79.1-2). Затримка та

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тривалість зон контролю в каналах 3, 8 та 6 програмується відповідно до табл. 2 та 3, забезпечуючи контроль як робочої, так і неробочої граней головки рейки. Кожен із шести каналів 3, 8 та 6 контролю правої та лівої нитки шляху має незалежне регулювання посилення в діапазоні 0-70 дБ з дискретністю 1 дБ. Для придушення ревербераційно-шумових сигналів резонаторів у зоні до 20 мкс від точки введення УЗК у кожному з каналів контролю 3, 8 та 6 правої та лівої нитки шляху встановлюється характеристика ВРЧ, що програмується під встановлений у каналі резонатор.

Чутливість контролю в дальній ділянці зони контролю (від 80 до 155 мкс) збільшена на 6 дБ.

У першому режимі суцільного контролю рейок при появі в зоні контролю хоча б одного з каналів ехо-сигналу, що перевищує пороговий рівень, звуковий дефектоскопний сигналізатор виробляє безперервний звуковий сигнал частотою 2000 Гц.

Резонатори РП, що використовуються для реалізації схем прозвучування, скомплектовані в чотирьох блоках перетворювачів (БП): БП1-Л, БП2-Л, БП1-П, БП2-П; два з яких (з індексом Л) призначені для встановлення з лівої, а два (з індексом П) для встановлення з правого за напрямом руху боку візка. Через роз'ємні з'єднувачі БП підключаються до кабелю з'єднання, який, у свою чергу, підключається до електронного блоку дефектоскопа. У дефектоскопах, випущених у 2005 та 2006 роках з електронними блоками 22.04.00.00 (децимальний номер блоку вказується при поставці в розділі «Комплектність» паспорта на дефектоскоп), основна схема прозвучування (рис. 2.8). БП1-П 22.03.01.00, БП2-П 22.03.01.00-01, БП1-Л 22.03.01.00-02, БП2-Л 22.03.01.00-03. При цьому в каналах 2 і 7, що працюють з резонаторами на кут введення 70°, використовується суміщена схема прозвучування, що реалізується за допомогою одного резонатора РП 70 в кожному з каналів 2 і 7. У дефектоскопах, випущених починаючи з 2006 з електронними блоками 22.04. 56) реалізується блоками перетворювачів БП1-Л 22.03.01.00-04, БП2-Л 22.03.01.00-05, БП1-П 22.03.01.00-06, БП2-П

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22.03.01.00-07 Відмінність цього виконання дефектоскопів полягає в тому, що для зменшення рівня шумів у ближній зоні каналів 2 і 7, суміщена схема прозвучування, що реалізується за допомогою одного резонатора РП 70 в кожному з каналів 2 і 7, замінена на роздільну, реалізовану за допомогою двох резонаторів У7 7 У зон 2 У зон 2 У зон 2 У 7 зон 2 У зон 2 У зон 2 У 7 зон 2 У зон 7 У резонаторів РП . резонатори конструктивно розташовані в двох корпусах резонаторів РП 55-70, що встановлюються в блоки перетворювачів БП 1 і БП 2. У зв'язку з цим в електронному блоці 22.04.00.00-01 введена можливість використання каналу 2 для роботи як у суміщеному, так і в роздільному режимі 22.04.00.00, що була в електронних блоках, можливості використання його як у поєднаному, так і в роздільному режимах. При використанні в основній схемі прозвучування блоків БП1-Л 22.03.01.00-04, БП1-П 22.03.01.00-06 точки введення УЗК для каналів 3 і 8 з резонаторами на кут введення 55° в них розведені вздовж осі рейки на відстань ~ 12 мм, при цьому точка вводу для каналу 8 зсунута вперед, а для каналу 3 назад щодо напрямку руху візка.

Електронний блок (рис. 2.9) складається з наступних 4 основних функціональних вузлів, електрично пов'язаних між собою за допомогою роз'ємних з'єднань, встановлених на друкованих платах вузлів.

1. Плата генераторів, на якій розміщено 16 генераторів імпульсів збудження передавальних резонаторів БП каналів суцільного контролю зі схемами запуску генераторів.

2. Плата контролера, яка є центральним вузлом дефектоскопа, що забезпечує керування роботою дефектоскопа, у тому числі здійснює:

а) керування запусками генераторів імпульсів збудження резонаторів БП та ручних ПЕП;

б) прийом, посилення та програмну обробку вхідних сигналів, що надходять з резонаторів БП та ПЕП по всіх каналах контролю;

в) вимірювання амплітудно-часових параметрів виявлених ехо-сигналів по всіх каналах контролю;

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

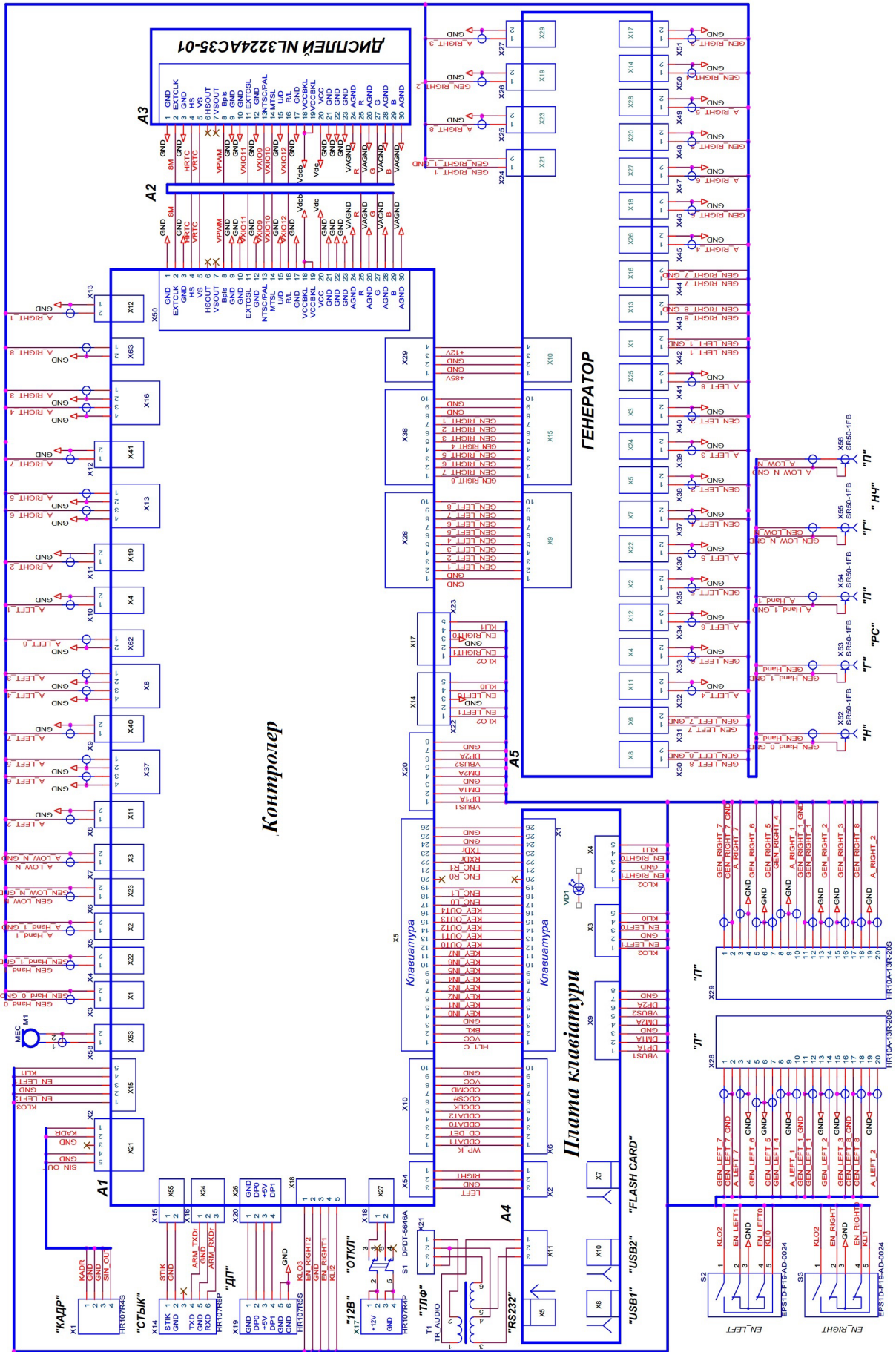


Рисунок 2.9 – Схема електрична принципова блоку електронного

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

ВР 486.00.00.000 ПЗ

Арк.

52

г) вимірювання значення колійної координати розташування транспортного візка на контрольованій ділянці колії;

д) керування матричним кольоровим індикатором дефектоскопа з виведенням на екран осцилограм ехо-сигналів, параметрів налаштувань, амплітудно-часових характеристик виявлених відбивачів та іншої супровідної інформації;

е) прийом та розміщення в енергонезалежній пам'яті параметрів, що вводяться з клавіатури дефектоскопа параметрів;

є) реєстрацію через кожний міліметр шляху дефектограм проконтрольованої ділянки шляху енергонезалежної пам'яті дефектоскопа;

ж) виведення на екран матричного індикатора дефектоскопа записаних в незалежну пам'ять дефектограм проконтрольованих ділянок шляху;

з) керування виведенням на зовнішній носій інформації (SD-карту або флеш-диск) дефектограм проконтрольованих ділянок шляху для подальшого зчитування інформації в ПК;

і) керування прямим виведенням дефектограм проконтрольованих ділянок шляху та супровідної інформації до дефектограм з електронного блоку в ПК.

На платі контролера розміщено також два генератори імпульсів збудження ручних ПЕП на частоту 2,5 МГц і один генератор для збудження ручного ПЕП на частоту 100 кГц зі схемами управління.

3. Плата клавіатури керування містить встановлені на ній контактні замикачі, що приводяться в дію при натисканні на їх ходовий шток через плівкову декоративну панель на лицьовій стороні електронного блоку.

4. Кольоровий матричний індикатор з екраном, що виходить на лицьову панель електронного блоку, служить для візуального представлення інформації про: встановлені режими роботи дефектоскопа; параметри налаштування каналів контролю; спрацьовування системи АСД каналів контролю; спрацьовування системи контролю наявності акустичного контакту в каналах суцільного контролю; осцилограми ехо-сигналів у

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

каналах контролю; дефектограм проконтрольованих ділянок; амплітудно-часових характеристиках виявлених ехо-сигналів від відбивачів та їх координатах.

2.3 Розрахунок п'єзопакету датчика ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22

Чутливий елемент п'єзоелектричного датчика складається з 3 основних частин: п'єзоелемента, діючої на нього інерційної маси, і основи, на яке встановлюються обидва ці елементи (рис. 2.10) [7].

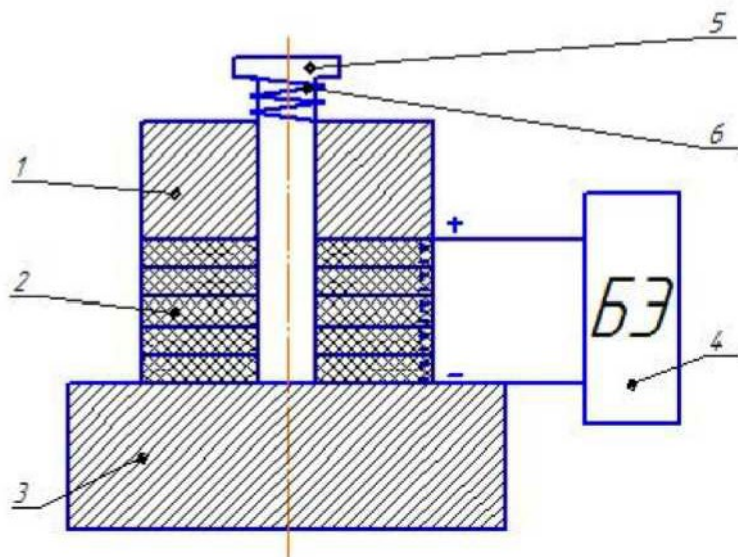


Рисунок 2.10 – Схема п'єзоелектричного акселерометра:

1 – інерційна маса; 2 – батарея п'єзоелектричних елементів; 3 – підстава; 4 – блок електроніки; 5 – гвинт; 6 – пружина

Ці елементи з'єднуються за допомогою гвинта і гайки. Для того, щоб зменшити знос деталей і забезпечити можливість регулювання стиснення, між головкою гвинта і інерційною масою помістимо пружину. Основа повинна бути виконана з міцного, але при цьому досить легкого матеріалу. У нашому датчику воно буде виконано з алюмінієвого сплаву. Основним елементом п'єзоелектричного акселерометра є диск з п'єзоелектричного

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

матеріалу. Що піддається дії сили п'єзоелектричний матеріал генерує на своїх поверхнях, до яких прикріплені електроди, електричний заряд, пропорційний силі дії. Електричний заряд і напруга, що виникають на електродах одношарового п'єзоелектричного елемента в результаті прямого п'єзо ефекту, відповідно, рівні (2.1-2.2):

$$Q = d_{33}F, \quad (2.1)$$

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{d_{33}F}{C}, \quad (2.2)$$

де d_{33} – п'єзомодуль п'єзоматеріалу;

$F = ma$ – інерційна сила;

m – маса інерційного елемента;

a – прискорення;

C – ємність.

Отже, коефіцієнт перетворення акселерометра по напрузі K_u має значення (2.3):

$$K_u = \frac{d_{33}m}{C}, \quad (2.3)$$

Таким чином, з (2.3) випливає, що підвищення коефіцієнта перетворення по напрузі може досягатися використанням п'єзоматеріалу з більш високим п'єзомодулем і підвищеним відношенням п'єзомодуля до діелектричної проникності. З формули видно, що збільшення маси інерційного елемента також призведе до збільшення K_u , проте варто враховувати, що це може значно збільшити розміри конструкції і негативно позначитися на його застосовності. Одним із шляхів підвищення стабільності датчика – є використання багатошарового п'єзоелемента, де механічно пластини з'єднані послідовно, а електрично – паралельно. Ємність в даному

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випадку збільшується в n^2 раз, де n – кількість шарів.

Розрахуємо чутливий елемент. Наведемо початкову формулу (2.2):

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{d_{33}F}{C}.$$

Розпишемо значення сили F , з якою інерційна маса діє на п'єзоелемент (2.4):

$$F = m_u a, \quad (2.4)$$

де m_u – маса інерційного елемента;

a – прискорення.

Електричну ємність п'єзоелемента виразимо через його параметри (2.5):

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_{33} \frac{Sn^2}{h}, \quad (2.5)$$

де $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{12} \text{ ф/м}$ – електрична постійна;

ε_{33} – електрична проникність п'єзоматеріалу;

S – площа однієї пластини;

n – кількість пластин;

h – висота пластини.

Прискорення коливання це друга похідна за часом від зсуву (2.6):

$$a = \frac{d^2 l(t)}{dt^2} = \omega^2 l, \quad (2.6)$$

де $\omega = \pi f$ – кругова частота;

f – частота поступальних коливань;

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

l – максимальне відхилення.

Враховуючи всі вищенаведені формули і вирази, отримаємо остаточну формулу залежності електричної напруги на виході від частоти механічних вібрацій на вході (2.7):

$$U = \frac{d_{33} m_u 4\pi^2 h l}{\varepsilon_0 \varepsilon_{33} S n^2} \cdot f^2. \quad (2.7)$$

Задамо бажаний діапазон вимірюваних величин: $a_{\min}=0\text{г}$; $a_{\max}=10\text{г}$; де $g=9,8 \text{ м/с}^2$; $f_{\min}=0 \text{ Гц}$; $f_{\max}=5000 \text{ Гц}$.

Тепер виберемо матеріали основних частин чутливого елемента і визначимо їх характеристики і розміри.

П'єзоелементом в нашому датчику будуть служити 5 склеєних разом струмопровідним клеєм пластин п'єзокераміки таких розмірів: $S = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ – площа однієї пластини; $h=1 \text{ мм}$ – висота однієї пластини; $n=5$ – кількість пластин.

Як матеріал для п'єзоелемента виберемо вітчизняний матеріал ЦТС-26. Він має наступні значення п'єзомодуля d_{33} і діелектричної проникності: $d_{33} = 320 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/н}$; $\varepsilon_{33} = 1650$.

В якості інерційного елемента будемо використовувати свинцеве кільце масою $m_u = 11 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$.

Підставами обрані значення у формулу (2.7) і отримаємо наступний вираз залежності $U(f)$:

$$U(f) = 2,8 \cdot 10^{-7} f^2.$$

Побудуємо графік залежності $U(f)$ (рис. 2.11).

Якщо підставити у формулу амплітудне значення частоти вібрації, рівне 5000 Гц, то величина напруги на виході буде дорівнює 7 В. Чутливість S датчика визначається як співвідношення приросту сигналу на виході перетворювача до викликаного збільшення зміни вимірюваної величини.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для даного п'єзоелектричного акселерометра величина чутливості буде визначатися відношенням зміни електричної напруги до зміни частоти вібрації (2.8):

$$S = \frac{\Delta U}{\Delta f} = \frac{7}{5000} = 0,0014 \text{ В/Гц}. \quad (2.8)$$

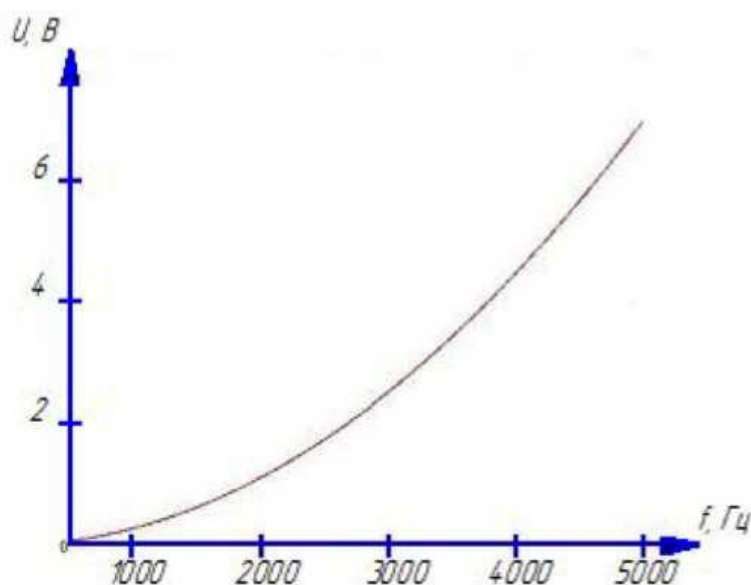


Рисунок 2.11 – Графік залежності електричної напруги від частоти вібрацій

Розроблений п'єзоелектричний датчик вібрацій володіє рядом позитивних характеристик. По-перше – це мініатюрність. Габаритні розміри датчика не перевищують 40 мм у висоту, 40 мм в довжину і 40мм в ширину. Невелика величина датчика робить його дуже універсальним. Вона дозволяє використовувати датчик для вимірювання вібрації як на великих об'єктах (піддаються механічним коливанням частини літальних апаратів), так і на набагато більш менших. Друга позитивна характеристика – вартість. Матеріали, сплави та інші складові, що використовуються для створення деталей даного п'єзоелектричного датчика, можуть бути куплені в Україні і не є дорогими. У той же час потрібно відзначити, що діапазон вимірюваної

величини досить великий: від 0 до 5000 Гц. Чутливість датчика також дуже велика. Таким чином, незважаючи на невелику вартість датчика і його універсальність, він дозволяє проводити вимірювання вібрації з високою точністю.

2.4 Види виявляємих дефектів за допомогою ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22

А. Механізований контроль.

1. Дефекти в зоні болтового стику:

1.1. Поперечні тріщини у вигляді темної та світлої плям (дефекти коду 20.1, 21.1), розташовані в робочій і в неробочій гранях і в середній частині головки рейки, висотою та шириною; аналогічні дефекти, що розвиваються під горизонтальними розшарування головки, виявляються на відстанях не більше 50 мм від початку розшарування, вимірюного по осі рейки.

1.2. Поперечні тріщини в середній частині головки від дефектів коду 24.1, 25.1, 27.1, глибиною понад 8 мм.

1.3. Вертикальні поздовжні тріщини в голівці (дефект коду 30В.1), висотою більше 20 мм, довжиною не менше 20 мм, розташовані над шийкою з відхиленням поздовжньої осі не більше 5 мм, проекція яких виходить за проекцію болтового отвору на горизонтальну.

1.4. Горизонтальні поздовжні тріщини в голівці (дефекти коду 11.1, 17.1, 30Г.1, 38.1), що заходять в неї більше половини ширини, довжиною більше 10 мм для вимірюваних глибин тріщини 4-8 мм і більше 5 мм для виміру глибини тріщини 4-8 мм і більше 5 мм.

1.5. Розшарування шийки (дефект коду 50.1), висотою більше 20 мм, довжиною не менше 10 мм, відхиленням від поздовжньої осі не більше 5 мм, проекція яких виходить за проекцію болтового отвору більше, ніж на 10 мм.

1.6. Тріщини в місцях сполучення головки рейки з шийкою (дефект коду 52.1), що входять до неї більше половини ширини, довжиною понад 10

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мм.

1.7. Тріщини, що розвиваються від болтових отворів (дефект коду 53.1), що заходять у шийку не менше 10 мм від бічної поверхні, висотою або довжиною не менше 5 мм (для дефектів, що розвиваються у верхній половині отвору) або проекція яких на горизонтальну вісь дефектів, що розвиваються у нижній половині отвору).

1.8. Горизонтальні тріщини в шийці (дефект коду 55.1), що заходять у шийку більше 10 мм від бічної поверхні, довжиною не менше 10 мм, проекція яких на горизонтальну вісь виходить за проекцію болтового отвору більш ніж на 10 мм.

1.9. Поздовжні тріщини в підшві рейки під шийкою через волосин (дефект коду 60.1) висотою більше 10 мм, довжиною не менше 50 мм, відхиленням від поздовжньої осі не більше 5 мм; дефекти, що розвиваються під болтовим отвором, повинні виходити за проекцію отвору більш ніж на 10 мм.

1.10. Злами рейок (дефекти коду 70.1, 74.1, 79.1).

2. Дефекти поза болтовим стиком:

2.1. Поперечні тріщини у вигляді темної і світлої плям (дефекти коду 20.2, 21.2, коду 26.3 у зварному стику), розташовані в робочій і в неробочій гранях і в середній частині головки; аналогічні дефекти, що розвиваються під горизонтальними розшарування головки, виявляються на відстанях не більше 50 мм по осі рейки від початку розшарування.

2.2. Поперечні тріщини в середній частині головки від дефектів коду 24.2, 25.2, 27.2, глибиною понад 8 мм.

2.3. Вертикальні поздовжні тріщини в голівці (дефект коду 30В.2), висотою понад 20 мм, довжиною не менше 20 мм, розташовані над шийкою, відхиленням від поздовжньої осі не більше 5 мм.

2.4. Горизонтальні поздовжні тріщини в голівці (дефекти коду 11.2, 30Г.2), що входять до неї більше половини ширини, довжиною більше 10 мм для глибин тріщини, що вимірюються 4-8 мм і більше 5 мм для вимірюваних

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

глибин 8-40 мм.

2.5. Розшарування шийки (дефект коду 50.2), висотою понад 20 мм, довжиною не менше 10 мм, відхиленням від поздовжньої осі не більше 5 мм.

2.6. Тріщини в місцях сполучення головки рейки з шийкою (дефект коду 52.2), що входять до неї більше половини ширини, довжиною понад 10 мм.

2.7. Тріщини, що розвиваються від болтових та інших отворів (дефект коду 53.2), що заходять у шийку не менше 10 мм від бічної поверхні, висотою або довжиною не менше 5 мм (для дефектів, що розвиваються у верхній половині отвору) або проекція яких на горизонтальну вісь дефектів, що розвиваються у нижній половині отвору).

2.8. Горизонтальні тріщини в шийці (дефект коду 55.2), що заходять у шийку більше 10 мм від бічної поверхні, довжиною не менше 10 мм; дефекти, що розвиваються під отвором болтовим, повинні виходити за проекцію болтового отвору більш, ніж на 10 мм.

2.9. Тресіни в шийці в місці зварного шва (дефект коду 56.3), що заходять у шийку понад 10 мм від бічної поверхні, висотою або довжиною понад 10 мм.

2.10. Поздовжні тріщини в підшві рейки під шийкою через волосин (дефект коду 60.2) висотою більше 10 мм, довжиною не менше 50 мм, відхиленням від поздовжньої осі не більше 5 мм; дефекти, що розвиваються під отвором болтовим, повинні виходити за проекцію отвору більш, ніж на 10 мм.

2.11. Тріщини в підшві в зварювальному стику (дефект коду 66.3), розташовані в зоні проекції шийки, висотою або довжиною понад 10 мм.

2.12. Корозійні тріщини в підшві рейки (дефект коду 69.2) висотою понад 10 мм, розташовані в зоні проекції шийки.

2.13. Злами рейок (дефекти коду 70.2, 74.2, 79.2).

3. Дефекти в елементах стрілочних переказів:

3.1. Дефекти в рейках сполучних шляхів, рейках хрестовин та рамних

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рейках кодів та типорозмірів, аналогічних зазначеним у розділах 10.1 та 10.2.

3.2. Поперечні тріщини в головці рамної рейки, що розвиваються в зоні перекочування коліс з дотепника на рамну рейку (дефекти коду ДР.21.2), розташовані в робочій та неробочій гранях і в середній частині головки, висотою та шириною не менше 12 мм.

3.3. Поперечні тріщини в головці дотепників і рухливих сердечників з безперервною поверхнею катання в зоні випресовування кореня (дефекти кодів ДО.20.2 і ДСН.20.2), розташовані в робочій та неробочій гранях і в середній частині голівки, висотою та шириною 2.

3.4. Дефекти прилеглої до кореня половини довжини дотепника кодів і типорозмірів, аналогічних зазначеним у розділах 10.1 та 10.2.

3.5. Поперечні тріщини в підшві дотепника та підшві рухомих сердечників з безперервною поверхнею катання в зоні випресовування кореня (дефекти кодів ДО.60.2 та ДСН.60.2) висотою понад 10 мм, розташовані в зоні проекції шийки.

3.6. Поперечні тріщини в головці усовиків, що розвиваються в зоні перекочування коліс із сердечника на усовик (дефекти коду ДУН.21.2), висотою та шириною не менше 12 мм.

3.7. Поперечні тріщини в зоні головки переднього кінця врізання рейкової частини усовиків (дефекти коду ДУ.22.2), висотою та шириною не менше 12 мм.

Б. Ручний контроль ПЕП із робочою частотою 2,5 МГц.

4.1. Поперечні тріщини у вигляді темної та світлої плям (дефекти коду 20.1-2, 21.1-2, коду 26.3 у зварному стику), розташовані в будь-якому місці головки рейки, висотою та шириною не менше 6 мм; аналогічні дефекти, що розвиваються під горизонтальними розшаруваннями, виявляються при контролі з бокових граней голівки.

4.2. Поперечні тріщини від дефектів коду 24.1-2, 25.1-2, 27.1-2, глибиною більше 8 мм у будь-якому місці по ширині головки рейки.

4.3. Вертикальні поздовжні тріщини в головці (дефект коду 30В.1-2),

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

висотою більше 20 мм, довжиною не менше 20 мм, розташовані над шийкою, відхиленням від поздовжньої осі не більше 5 мм при контролі з поверхні катання дзеркально-тіньовим методом; при контролі луною-методом з бічної грані - в будь-якому місці головки.

4.4. Горизонтальні поздовжні тріщини в головці (дефекти коду 11.1-2, 17.1-2, 30Г.1-2, 38.1), глибиною понад 4 мм.

4.5. Розшарування шийки (дефект коду 50.1-2), висотою більше 20 мм, довжиною не менше 10 мм, відхиленням поздовжньої осі не більше 5 мм при контролі з поверхні катання дзеркально-тіньовим методом; при контролі луною-методом з бічної поверхні – в будь-якому місці шийки.

4.6. Тріщини в місцях сполучення головки рейки з шийкою (дефект коду 52.1-2), шириною більше 10 мм.

4.7. Тріщини, що розвиваються від болтових отворів (дефект коду 53.1-2), що заходять у шийку не менше 5 мм від бічної поверхні, висотою або довжиною не менше 5 мм (для дефектів, що розвиваються у верхній половині отвору) або проекція яких на край від дефектів, що розвиваються у нижній половині отвору).

4.8. Горизонтальні тріщини в шийці (дефект коду 55.1-2), що заходять у шийку більше 10 мм від бічної поверхні, довжиною не менше 10 мм; дефекти, що розвиваються під отвором болтовим, повинні виходити за проекцію болтового отвору більш, ніж на 10 мм.

4.9. Тріщини в шийці в місці зварного шва (дефект коду 56.3), що заходять у шийку понад 5 мм від бічної поверхні, висотою або довжиною понад 10 мм.

4.10. Поздовжні тріщини в підшві рейки під шийкою через волосини (дефект коду 60.1-2) висотою понад 10 мм, довжиною не менше 50 мм, відхиленням від поздовжньої осі не більше 5 мм; дефекти, що розвиваються під отвором болтовим, повинні виходити за проекцію отвору більш, ніж на 10 мм.

4.11. Тріщини у підшві у зварному стику (дефект коду 66.3) висотою

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або довжиною понад 5 мм. 10.4.12 Корозійні тріщини в підшві рейки (дефект коду 69.1-2) заввишки більше 8 мм.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

РОЗДІЛ 3

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Операції та умови повірки ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22

Операції повірки при випуску з виробництва, виробляються органами державної метрологічної служби. При ремонті та експлуатації дефектоскопи піддаються періодичній повірці (калібровці) в акредитованих лабораторіях [8]. Періодичність перевірки – 12 місяців.

У разі отримання негативного результату при проведенні однієї з операцій перевірка або калібрування дефектоскопа припиняється та результат повірки або калібрування вважається негативним.

У разі отримання негативного результату при проведенні повірки або калібрування ПЕП по 12.5.10 – 12.5.13 несправний ПЕП бракується і повинен бути замінений аналогічним з комплекту дефектоскопа.

За відсутності в комплекті відповідного ПЕП результат перевірки чи калібрування дефектоскопа вважається негативним.

Засоби перевірки чи калібрування. При проведенні перевірки чи калібрування повинні застосовуватися засоби повірки, зазначені в таблиці 3.1.

Засоби повірки повинні бути повірені та атестовані в метрологічних службах національного органу з метрології або акредитованих лабораторіях.

Умови перевірки або калібрування. При проведенні перевірки повинні дотримуватися нормальних умов згідно з ГОСТ 8.395:

- 1) температура навколишнього повітря від 15 до 25° С;
- 2) відносна вологість від 45 до 80%;
- 3) атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа;
- 4) відхилення напруги живлення від номінального значення $\pm 2\%$;
- 5) зовнішні електричні та магнітні поля не повинні впливати на роботу дефектоскопа.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Засоби та процедури повірки

Назва КВА, обладнання, матеріалів	Тип	Використовувані параметри	Похибка	Пункти методів випробувань
1	2	3	4	5
Осцилограф універсальний	С1-65	Вимірювання амплітуд імпульсних сигналів від 15 мВ до 60 на розподіл. Вимір тимчасових інтервалів від 0,02 до 50000 мкс на поділ	$\pm 5\%$ $\pm 5\%$	12.5.9-12.5.11
Стандартний зразок РД-3239-94	СО-3Р			12.5.3-12.5.7, 12.5.9-12.5.13
Комплект контрольних зразків та допоміжних пристроїв	КОУ-2	Контрольний зразок №2 та №3		12.5.3, 12.5.5, 12.5.13
Тестер ультразвуковий АВ.2.001.001	УЗТ-1	Діапазон регулювання ослаблення сигналу атенюатора тестера - 0-110 дБ з дискретністю 0,1 дБ		12.5.6-12.5.7
Трійник СР50-95ФВ 0.364.013ТУ (2 шт.)				12.5.6-12.5.7, 12.5.9-12.5.11
Діод КД522Б 3.362.029ТУ (4 шт.)				12.5.9-12.5.11

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВР 486.00.00.000 ПЗ

Арк.

66

Продовження таблиці 3.1

Резистор МЛТ-0,25-300 Ом ± 5%-А-Д1-В				12.5.9-12.5.11
Резистор МЛТ-0,25-910 Ом ± 5%-А-Д1-В				12.5.10-12.5.11
Роз'єм СР50-74ФВ 0.364.013 ТУ (3 шт.)				12.5.6-12.5.7, 12.5.9-12.5.11
Роз'єм СР50-73ФВ 0.364.013 ТУ				12.5.9-12.5.11
Рулетка мірна ГОСТ 2802		Ціна поділки 1 мм		12.5.8
ПРИМІТКА – Наведені КВА та обладнання можуть бути замінені на аналогічні, з характеристиками не гіршими за вищенаведені.				

Перевірка або калібрування ПЕП повинна проводитись у нормальних умовах згідно з ГОСТ 23702.

Підготовка до перевірки чи калібрування. Перед проведенням перевірки чи калібрування дефектоскоп та засоби перевірки чи калібрування підготувати до роботи відповідно до їх посібників з експлуатації. Проведення перевірки або калібрування. Зовнішній огляд. Під час проведення зовнішнього огляду має бути встановлена відповідність дефектоскопа таким вимогам: відповідність комплектності дефектоскопа документації, що додається; відсутність механічних пошкоджень дефектоскопа та його складових частин; наявність маркування електронного блоку, ПЕП та БП; наявність всіх органів регулювання та комутації, а також їх чітка фіксація; наявність місця для пломби.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

3.2. Визначення основної похибки вимірювання коефіцієнта виявлення дефекту луною-методом

Зібрати схему за рисунком 3.1. Встановити ослаблення атенюатора ультразвукового тестера 40 дБ [9].

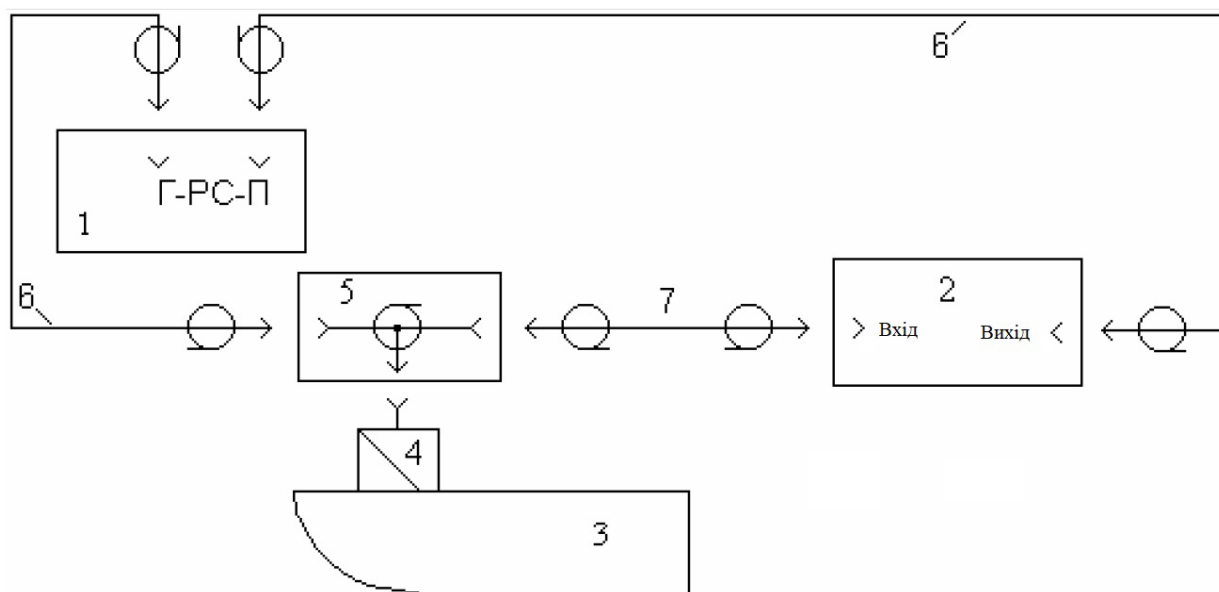


Рисунок 3.1 – Стенд для перевірки діапазону визначення коефіцієнта виявлення дефекту луною-методом:

1 – електронний блок дефектоскопа; 2 – атенюатор ультразвукового тестера;
 3 – стандартний зразок СО-3Р; 4 – ПЕП П121-2,5; 5 – трійник СР-50-95; 6 – кабель сполучний до ПЕП на 2,5 МГц; 7 – Кабель РК-50-2-16 довжиною 1м із з'єднувачами СР-50-74

Встановити ПЕП на попередньо змащену рідким антикорозійним мастилом поверхню зразка СО-3Р для випромінювання у напрямку циліндричної поверхні.

Переміщаючи ПЕП за зразком встановити його в оптимальне положення, при якому ехо-сигнал від циліндричної поверхні має максимальну амплітуду. Зафіксувати ПЕП у цьому положенні за допомогою струбцини.

Поєднати маркер з луною та встановити значення умовної чутливості контролю в каналі $K_u=0$ дБ (за індикацією на екрані матричного індикатора дефектоскопа). Атенюатором тестера встановити амплітуду ехо-сигналу на пороговий рівень, переконатися, що значення коефіцієнта дефекту, що індикується на екрані, дорівнює нулю ($K_d=0$ дБ). Зафіксувати встановлене ослаблення атенюатора.

Встановити, обертаючи ручку енкодера регулювання посилення приймача каналу, показання $K_u=20$ дБ, зафіксувати значення коефіцієнта виявлення дефекту, що індикується на матричному індикаторі дефектоскопа, яке повинно знаходитися в межах (0 ± 1) дБ.

Зменшити ослаблення атенюатора тестера, щодо значення, встановленого в 12.5.6.4, на 10 дБ, зафіксувати значення коефіцієнта виявлення дефекту, що індикується. Визначити відхилення виміряного значення від номінального, що дорівнює плюс 10 дБ.

Зменшити ослаблення атенюатора тестера, щодо значення, встановленого в 12.5.6.4, на 20 дБ, зафіксувати значення коефіцієнта виявлення дефекту, що індикується. Визначити відхилення виміряного значення від номінального, що дорівнює плюс 20 дБ.

Збільшити ослаблення атенюатора тестера, щодо значення, встановленого в 12.5.6.4, на 10 дБ, зафіксувати значення коефіцієнта виявлення дефекту, що індикується. Визначити відхилення виміряного значення від номінального, що дорівнює мінус 10 дБ.

Збільшити ослаблення атенюатора тестера, щодо значення, встановленого в 12.5.6.4, на 20 дБ, зафіксувати значення коефіцієнта виявлення дефекту, що індикується. Визначити відхилення виміряного значення від номінального, що дорівнює мінус 20 дБ.

Дефектоскоп задовольняє вимогам, якщо обчислені в 12.5.6.5-12.5.6.9 відхилення виміряного значення коефіцієнта виявлення дефекту від номінального, K_d , не перевищують межі основної похибки, обчисленої за формулою (3.1):

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta K_{\text{д}} = \pm(1 + 0,05K_{\text{д}}). \quad (3.1)$$

Визначення основної похибки вимірювання відносної амплітуди ехо-сигналу 12.5.7.1 Виконати 12.5.6.1-12.5.6.3.

Поєднати маркер з луною. Атенюатор тестера встановити амплітуду ехо-сигналу на пороговий рівень. Зафіксувати встановлене на атенюаторі значення ослаблення ехо-сигналу, відрахувати значення ΔN , що індикується на екрані дефектоскопа, і визначити його відхилення від номінального значення, що дорівнює 0 дБ.

Зменшити ослаблення атенюатора тестера, щодо встановленого в 12.5.7.2, на M_i дБ (де $M_i=5, 10, 15$ і т. д.). Зафіксувати значення ΔN , що індикується, і визначити його відхилення від номінального значення, рівного M_i дБ. Вимірювання виконати не менше ніж 5-ти рівномірно розподілених по діапазону від 0 до U значень M_i (U – значення посилення, встановлене при проведенні вимірювань).

Дефектоскоп задовольняє вимогам, якщо обчислені в 12.5.7.2 та 12.5.7.3 та відхилення вимірних значень ΔN , не перевищують межі основної похибки, обчисленої за формулою (3.2):

$$\Delta[\Delta N] = \pm(1 + 0,03\Delta N), \text{ дБ}. \quad (3.2)$$

Визначення основної похибки вимірювання відстані датчиком шляху проводиться при переміщенні дефектоскопа прямолінійною ділянкою шляху довжиною від п'яти до десяти метрів з нанесеними на рейці за допомогою мірної десятиметрової рулетки відмітками початку і кінця мірної ділянки. Дефектоскоп включити в багатоканальний режим суцільного контролю із синхронізацією від датчика колії та встановленим у протоколі контролю значенням колійної координати 0000 км, 0000 м.

При знаходженні центру осі колеса датчика шляху біля позначки

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

початку мірної ділянки натиснути на клавішу коригування пікетів, потім відрахувати значення дороги, що індикуюється на екрані дефектоскопа, при знаходженні центру осі колеса датчика шляху біля позначки кінця мірної ділянки, яке відповідає вимірній датчиком шляху довжині мір. Визначити похибку вимірювання відстані S датчиком шляху по різниці між вимірною дефектоскопом та рулеткою довжиною мірної ділянки колії. Дефектоскоп відповідає вимогам, якщо виміряна похибка не перевищує $\pm(0,01S+1)$ мм.

Визначення частоти дефектоскопа та ефективної частоти луна-імпульсу. Зібрати стенд (рис. 3.2).

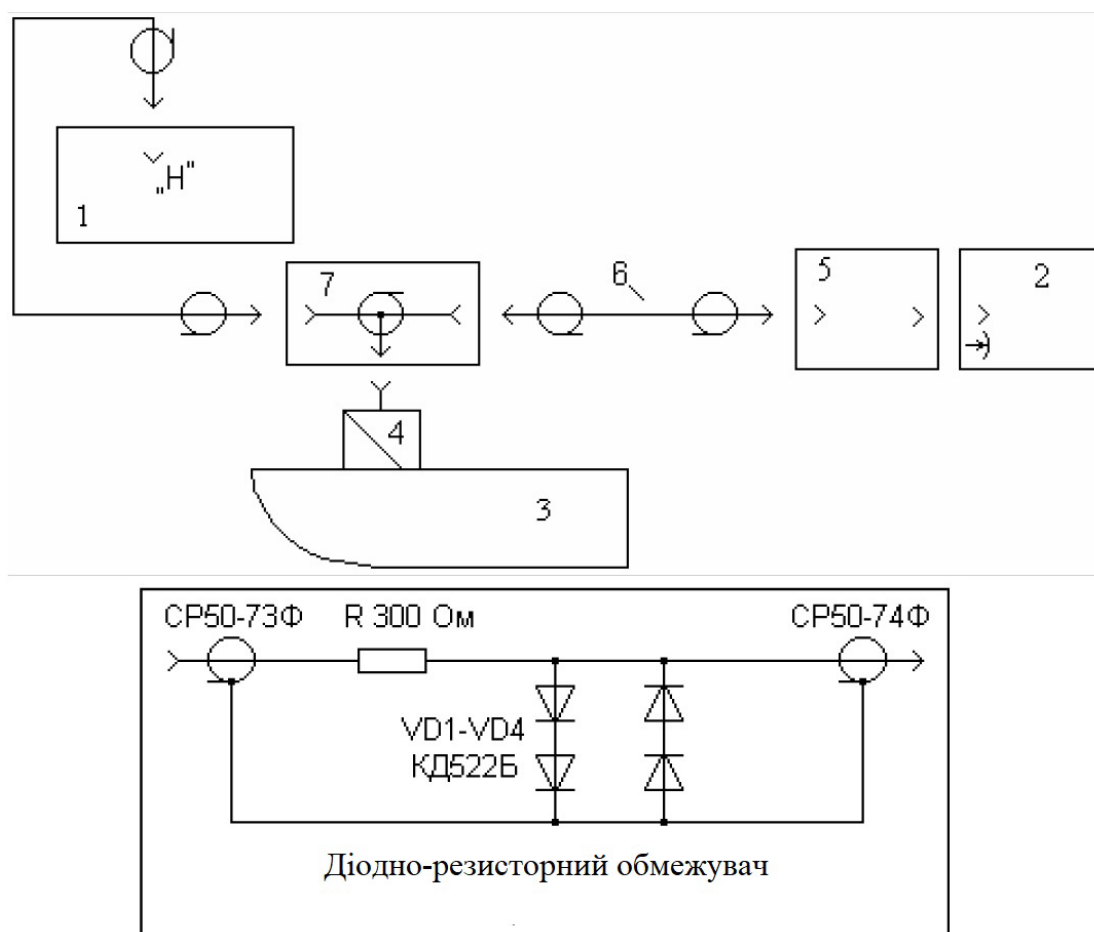


Рисунок 3.2 – Стенд для вимірювання частоти дефектоскопа та параметрів похилих ПЕП:

1 – електронний блок дефектоскопа; 2 – осцилограф С1-65; 3 – стандартний зразок СО-3Р; 4 – похилий ПЕП П121; 5 – діодно-резисторний обмежувач; 6 – кабель РК-50-2-16 довжиною 300 мм з двома роз'ємами СР-50-74

Включити осцилограф та електронний блок дефектоскопа. Натисніть клавішу \Downarrow , щоб вивести на екран сторінки меню вибору режиму роботи каналу роботи з ручними похилими ПЕП. Повертаючи ручку енкодера на правій стороні електронного блоку, встановити налаштування Перевірка по ТУ і натиснути на клавішу F1 для виведення на екран індикації розгортки типу А. максимальну амплітуду ехо-імпульсу від отвору діаметром 6 мм на глибині 15 мм.

Встановити масштаб тривалості розгортки осцилографа 0,1 мкс на поділ, режим синхронізації осцилографа – «ВНУТР». Регулюванням зміщення променя по горизонталі перемістити ехо-імпульс в центральну частину екрану осцилографа та виміряти тривалість періоду високочастотних коливань ехо-імпульсу з максимальною амплітудою (за нульовими переходами).

Обчислити частоту дефектоскопа або ефективну частоту ехо-імпульсу, (f_e) у мегагерцах (МГц), за формулою (3.3):

$$f_e = 1/T, \quad (3.3)$$

де T – період високочастотних коливань луна-імпульсу, в мікросекундах (мкс).

Виконати 12.5.9.2-12.5.9.4 для всіх похилих ПЕП на частоту 2,5 МГц, що входять до комплекту дефектоскопа, що повіряється.

Зібрати стенд (рис. 3.3) для РС ПЕП. Підключити з'єднувальний кабель ПЕП з маркуванням «Г» до роз'єму «Г» каналу 2,5 МГц на задній стінці електронного блоку. Натисніть клавішу для виведення на екран сторінки меню вибору режиму роботи каналу роботи з ручними РС ПЕП. Повертаючи ручку енкодера на правій стороні електронного блоку, встановити налаштування Перевірка по ТУ і натиснути на клавішу F1 для виведення на екран індикації розгортки типу А.

Встановити РС ПЕП на змочену водою поверхню стандартного зразка

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СО-3Р для виявлення отвору 5 мм. Лінію акустичного екрану на контактній поверхні ПЕП розташувати перпендикулярно до поздовжньої осі симетрії поверхні, що контактує з ПЕП, зразка СО-3Р. Виконати 12.5.9.3 та 12.5.9.4.

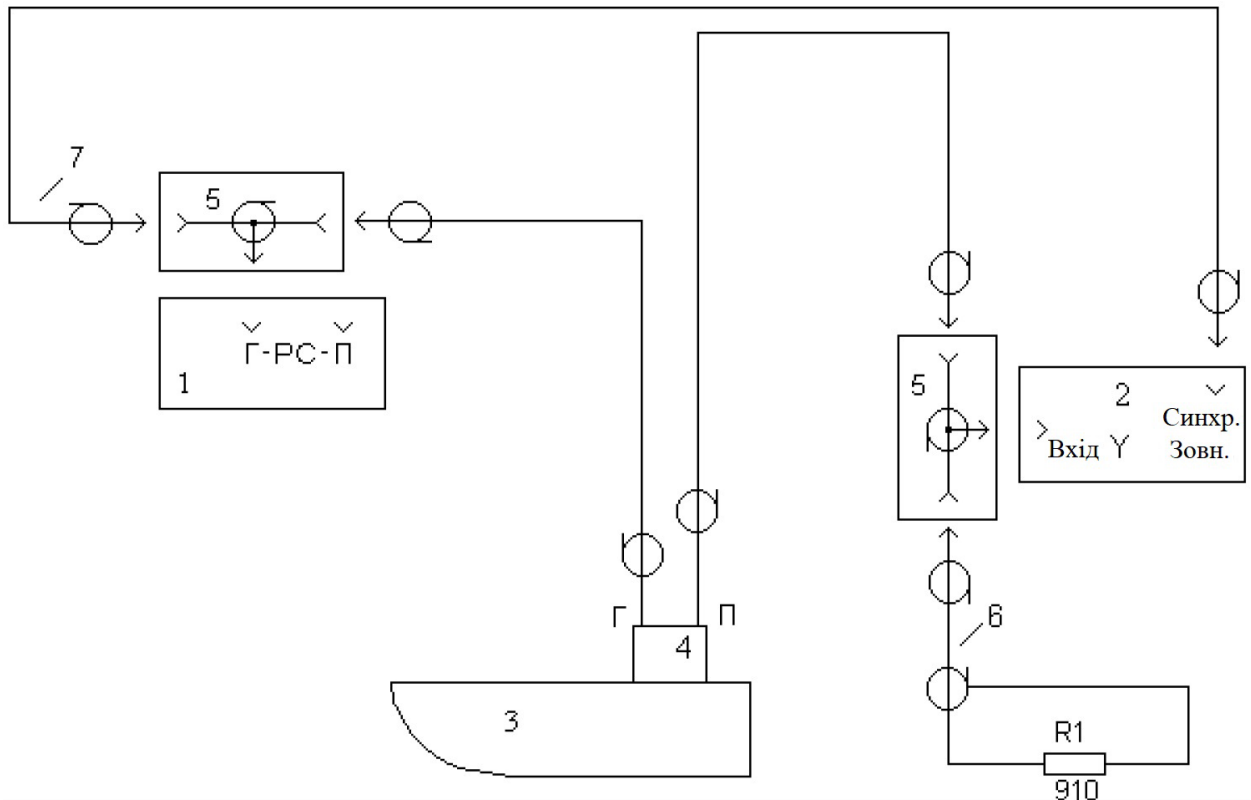


Рисунок 3.3 – Стенд для вимірювання частоти дефектоскопа та параметрів РС ПЕП:

1 – електронний блок дефектоскопа; 2 – осцилограф С1-65; 3 – стандартний зразок СО-3Р; 4 – РС ПЕП; 5 – трійник СР-50-95; 6 – кабель РК-50-2-16 довжиною 300 мм з роз’ємом СР-50-74 на одному кінці та резистором 910 Ом на іншому; 7 – Кабель РК-50-2-16 довжиною 1 м з роз’ємами СР-50-74 на кінці

Дефектоскоп і ПЕП задовольняють вимогам, якщо частота дефектоскопа та ефективна частота ПЕП, визначена в 12.5.9.4, 12.5.9.5 та 12.5.9.8, знаходиться в межах $(2,5 \pm 0,25)$ МГц.

Визначення імпульсного коефіцієнта подвійного перетворення ПЕП $K_{иш}$. Визначення $K_{иш}$ проводять згідно з ГОСТ 23702 розділ 2, а також

керуючись методикою 12.5.9. Зібрати стенд (рис. 3.2) (для похилих ПЕП) чи (рис. 3.3) (для РС ПЕП).

Виміряти осцилографом розмах імпульсу збудження U_1 на підключеному ПЕП.

Отримати ехо-сигнал максимальної амплітуди від плоскої (для РС ПЕП) або циліндричної поверхні (для похилого ПЕП) стандартного зразка СО-ЗР, виміряти осцилографом його розмах, підключивши діляник осцилографа через діодно-резисторний обмежувач (3).

Розрахувати імпульсний коефіцієнт перетворення (K_{imp}), в децибелах (дБ), за формулою (3.4):

$$K_{imp} = 20 \lg U_2 / U_1, \quad (3.4)$$

де U_1 – розкид імпульсу збудження, у вольтах (В);

U_2 – розкид луна-імпульсу, у вольтах (В).

ПЕП задовольняють вимогам, якщо імпульсні коефіцієнти перетворення для ПЕП П121-2,5-42 не менше мінус 45 дБ, для ПЕП П121-2,5-50 і ПЕП П121-2,5-55 не менше мінус 48 дБ, для ПЕП дБ, для ПЕП П121-2,5-70 щонайменше 54 дБ, для ПЕП П112-2,5 щонайменше мінус 68 дБ.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі вирішено важливе практичне завдання, а саме розроблено методику повірки ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22.

У роботі отримано наступні результати:

1. Описано технічні характеристики та службове призначення ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22. Це дало змогу встановити найбільш визначальні параметри, які суттєво впливатимуть на якість вимірювання даним приладом та розробити його методику повірки.

2. Проведено аналіз існуючих аналогів ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22, що дозволило застосувати методику повірки для більш ширшої групи подібних за принципом роботи та характеристиками приладів.

3. Описано функціональні особливості та фізичні перетворення, які покладено в основу роботи ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22. Це дало змогу підібрати засоби повірки для розроблення методики повірки ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22 та решти подібних за принципом роботи групи приладів.

4. В другому розділі описано конструкцію, принцип роботи ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22 на основі складального креслення та схеми вимірювання.

5. Виконано розрахунок п'єзопакету датчика ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22.

6. Описано види виявляємих дефектів за допомогою ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22.

7. Розроблено методику повірки ультразвукового дефектоскопу УДС2-РДМ-22.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛА

1. Дефектоскоп ультразвуковий УДС2-РДМ-22. URL: https://www.ndt.com.ua/ru/products/ut/flaw-detectors?gad_source=1&gad_campaignid=21127178295&gclid=Cj0KCQjw_vnQBhCxARIsADcZyxLeIX9x0plpEQ2xw9p9EnmqE5njWOKYD0R2udC-9ER-jSndqBWNXZ4aAsrpEALw_wcB (дата звернення: 23.04.26).
2. Ультразвуковий рейковий дефектоскоп УДС2-73. URL: <https://www.ultracon-service.com.ua/index.php/ru/flaw-detectors/item/5-uds2-73-rail-flaw-detector> (дата звернення: 23.04.26).
3. Ультразвуковий дефектоскоп УДЗ-71. URL: <https://www.ultracon-service.com.ua/index.php/ru/flaw-detectors/item/99-ultrazvukovoj-defektoskop-ud3-71-dlya-kontrolya-relsov-i-svarnykh-soedinenij> (дата звернення: 23.04.26).
4. Ультразвуковий однопітквий рейковий дефектоскоп УДС2-77. URL: <https://www.ultracon-service.com.ua/index.php/ru/flaw-detectors/item/98-ultrazvukovoj-odnonitochnyj-relsovyj-defektoskop-uds2-77> (дата звернення: 23.04.26).
5. Kriukova, O., Pavliy, O., Hlabets, S., & Kukhta, I.. Application of ultrasound and radiographic methods of non-destructive control for quality assessment of metal products of additive production. *Technologies and Engineering*, 25(1) 2025. pp 60-66. <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2024.1.6>.
6. Паспорт на ультразвуковий дефектоскоп УДС2-РДМ-22.
7. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: навч. посіб. / Р. М. Галаган; Г. А. Богдан. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 145 с.
8. Наказ Верховної Ради України «Про затвердження Порядку проведення перевірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, та оформлення її результатів». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0278-16%23Text> (дата звернення 1.06.24).

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

9. Похибки та невизначеності вимірювань: навч. посіб. /
Р. В. Трембовецька, В. Я. Гальченко, В. В. Тичков, Д. Г. Матвієнко. Черкаси:
ЧДТУ, 2024. 254 с.

					ВР 486.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77