



Українське товариство
неруйнівного контролю та технічної діагностики

при сприянні



Міжнародного комітету
з неруйнівного контролю



Міжнародного товариства
з моніторингу стану



Європейської федерації
з неруйнівного контролю

8-а Національна науково-технічна
конференція і виставка

**Неруйнівний контроль
та технічна діагностика**

Україна, Київ, 22-24 листопада 2016

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Організатори



Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона
Національної академії наук України



Українське товариство неруйнівного
контролю та технічної діагностики



Міжнародний виставковий центр

Генеральний спонсор

**Діагностичні
Прилади**
НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА

Спонсори



НВФ "ПРОМСЕРВІСДІАГНОСТИКА"

АЦНК ПРИ ІЕЗ ІМ. Є. О. ПАТОНА НАН УКРАЇНИ

Інформаційна підтримка



ТЕХНІЧЕСЬКА ДІАГНОСТИКА
І НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ



МЕТОДИ ТА ПРИЛАДИ
КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ

www.usndt.com.ua

УДК 620.179.1

Збірник доповідей 8-ї Національної науково-технічної конференції «Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2016» / Київ: УТ НКТД, 2016 – 380 с.

Оргкомітет конференції:

- **Голова –**
Троїцький В.О., професор, зав. відділом Інституту електрозварювання ім.Є.О.Патона НАН України, голова Українського товариства НКТД, член Міжнародної академії НК
- **Співголови –**
Лобанов Л.М., академік НАН України, заст. директора Інституту електрозварювання ім.Є.О.Патона НАН України;
Назарчук З.Т., академік НАН України, директор Фізико-механічного інституту ім. Г.В.Карпенка НАН України;
Карпаш О.М., професор, проректор з наукової роботи Івано-Франківського національного нафти і газу, заст. голови Українського товариства НКТД;
Мозговой О.В., Дніпропетровський національний університет, заст. голови УТ НКТД
- **Почесні члени Оргкомітету –**
Патон Б.Є., академік, президент Національної академії наук України, директор Інституту електрозварювання ім.Є.О.Патона НАН України;
M. Farley, почесний президент Міжнародного комітету з НК (ICNDT);
P. Trampus, президент Європейської федерації з НК (EFNDT);
G. Nardoni, президент Міжнародної академії НК (ANDTI);
L. Gelman, голова Міжнародного товариства з моніторингу стану (ISCM)
- **Наукова рада –**
Бабак В.П., член-кор. НАН України, заст. директора Ін-ту технічної теплофізики НАН України;
Білокур І.П., проф., Національний авіаційний університет;
Бондаренко Ю.К., к.т.н., зав. відділом ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАН України;
Казакевич М.Л., к.т.н., заст. голови УТ НКТД, член ANDTI;
Карпаш М.О., проф., директор НДІ нафтогазової енергетики і екології;
Куц Ю.В., проф., НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»;
Луценко Г.Г., к.т.н., директор ЗАТ «УкрНДІНК»;
Малайчук А.П., проф., зав. кафедрою Дніпропетровського національного університету;
Мямлін С.В., проф., проректор з наукової роботи Дніпропетровського НУЗТ;
Недосека А.Я., проф., зав. відділом ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАН України;
Павлій О.В., директор НВФ «Діагностичні прилади»;
Півторак В.А., к.т.н., с.н.с. ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАН України;
Протасов А.Г., д.п.н., проф., зав. кафедрою НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»;
Середюк О.Е., проф., зав. кафедрою Івано-Франківського НТУ нафти і газу;
Сучков Г.М., проф., зав. кафедрою НТУ «Харківський політехнічний інститут»;
Учанін В.Н., к.т.н., зав. відділом ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України;
Шаповалов Є.В., к.т.н., зав. відділом ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАН України

Редакційна колегія:

Троїцький В.О. (гол. редактор), Шекеро А.Л. (координатор), Мозговой О.В., Посипайко Ю.М., Циприанович І.В., Шевченко І.Я., Щупак С.О.

Виконавча група:

Бондаренко О.Г. (координатор), Барташевич Д.В., Бородай О.С., Головченко А.П., Литвиненко Л.В., Троїцька Н.В.

*При передрукуванні матеріалів посилання на цей збірник обов'язкове
© Українське товариство неруйнівного контролю та технічної діагностики, 2016*

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

<u>Б.Е.Патон, В.А.Троицкий. Основные направления работ ИЭС ИМ. Е.О.Патона в совершенствовании неразрушающего контроля сварных соединений</u>	8
<u>В.А.Троицкий. Промышленный радиационный контроль без промежуточных носителей информации</u>	29
<u>В.А.Троицкий. Новая высокоэффективная технология магнитопорошкового контроля на основе подвижных намагничивающих устройств</u>	40
<u>В.П.Бабак. Моніторинг об'єктів теплоенергетики з використанням безпілотних літальних апаратів</u>	48
<u>М.О.Карпаш, О.М.Карпаш. Развитие методов многопараметрового диагностирования металлоконструкций долготривалой эксплуатации</u>	54
<u>В.М.Учанін, О.П.Осташ, Ю.В.Головатюк, О.І.Семенець, Л.Б.Ковальчук, В.Я.Дереча. Моніторинг процесів експлуатаційної деградації алюмінієвих сплавів авіаційних конструкцій засобами вихрострумової структуроскопії</u>	58
<u>В.М.Учанін, С.М.Мінаков. Електромагнітні методи визначення напружено-деформованого стану конструкцій із феромагнітних матеріалів</u>	64
<u>В.Н.Воеводин, Л.С.Ожигов, А.С.Митрофанов, Н.Д.Рыбальченко, С.В.Шрамченко, Е.А.Крайнюк, Р.Л.Василенко. Метод магнитной памяти металла в неразрушающем контроле трубопроводов из низколегированных сталей на энергоблоках АЭС</u>	71
<u>И.П. Белокур, В.Г. Демидко. Диагностика – индикатор безопасности авиационной техники</u>	73
<u>С.М. Маєвський. Аналіз вірогідності контролю</u>	79
<u>В.Р.Харун, П.М.Райтер, І.М.Гладь. Моніторинг технічного стану СШНУ на основі дистанційного контролю зміни кутової швидкості кривошипа</u>	85
<u>Л.Й.Воробйов, Л.В.Декуша, О.О.Назаренко, Р.В.Сергієнко. Контроль палива за теплою згоряння з використанням бомбового квазідиференціального калориметру теплового потоку</u>	89
<u>В.П.Кравець. Аналіз кращої світової практики і положень стандартів провідних міжнародних організацій в галузі неруйнівного контролю для створення на їх основі нового стандарту з атестації і сертифікації персоналу з НК в атомній енергетиці</u>	95
<u>В.О.Троїцький, С.О. Щупак, Ю.М.Посипайко. Система міжнародної та національної стандартизації в сфері неруйнівного контролю</u>	99
<u>Ю.М. Посипайко. Дефектоскопія в антарктиці. Технічне діагностування резервуара РВС-200 на Українській антарктичній станції «Академік Вернадський»</u>	104

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

<u>В.С. Єременко. Застосування нейромережкових технологій в комп'ютеризованих системах діагностики виробів із композитів</u>	110
<u>В.Н.Воеводин, Л.С.Ожигов, А.С.Митрофанов, Р.Л.Василенко, Н.Д.Рыбальченко, С.В.Гоженко, Е.А.Крайнюк. использование методов неразрушающего контроля для продления назначенного срока эксплуатации главного циркуляционного трубопровода энергоблоков ВВЭР-1000</u>	115
<u>Л.С.Ожигов, А.С.Митрофанов, Г.Д.Толстолуцкая, Р.Л.Василенко, В.В.Ружицкий, Н.Д.Рыбальченко, С.В.Шрамченко, А.В.Мозговой Комплексный контроль металла барабанов котлов тепловых электростанций</u>	117
<u>Л.М.Лобанов, В.А.Пивторак, П.Д.Кротенко. Определение геометрических параметров коррозионных дефектов в элементах конструкций методами лазерной интерферометрии</u> ..	119
<u>А.И.Красильников. Перспективные направления шумовой диагностики теплоэнергетического оборудования</u>	125
<u>И.В.Богачев, Л.В.Мелещенко. Улучшение основных параметров магнитострикционных сенсоров</u>	131
<u>З.А.Бурова, О.Л.Декуша. Контроль якості теплоізоляційних матеріалів</u>	137
<u>О.Л.Декуша, Л.Й.Воробйов, Р.В.Сергієнко. Методи і засоби моніторингу огорожувальних конструкцій будівель</u>	141
<u>С.І.Ковтун. Метрологічне забезпечення засобів контролю теплового потоку</u>	147
<u>А.О.Запорожець, А.Д.Свердлова. Розроблення ієрархічної системи діагностування теплоенергетичного обладнання</u>	152
<u>С.О.Іванов, Л.Й.Воробйов, Л.В.Декуша. Прилад для вимірювання теплоти випаровування вологи та теплоємності неоднорідних вологих матеріалів методом синхронного теплового аналізу</u>	158
<u>В.А.Троицкий, С.Р.Михайлов, Р.О.Пастовенский. X-ray mini технология контроля на основе твердотельных плоскочелюстных детекторов</u>	162
<u>В.С.Берегун, О.І.Красильніков, Т.А.Полобюк. Статистичний аналіз акустичних сигналів витоків рідини в трубопроводах</u>	168
<u>Ю.В.Куц, Ю.Ю.Лисенко, О.Л.Дугін. Застосування імпульсної вихрострумової дефектоскопії для моніторингу технічного стану великогабаритних об'єктів</u>	174
<u>Э.С.Крылов, В.А.Кулиш. Неразрушающий контроль объектов технологических комплексов угольных предприятий, отработавших нормативный срок службы</u>	179
<u>А.О.Назаренко. Система моніторингу та контролю теплоспоживання з використанням альтернативних джерел енергії</u>	185

<u>Ю.Й.Стрілецький, О.Є.Середюк. Дослідження температурного імпедансу пластично деформованих ділянок металу при неруйнівному контролі</u>	190
<u>А.М.Карпаш, Н.Л.Тацакович, В.О.Шабалдас. Експериментальні дослідження та практика визначення залишкового ресурсу металоконструкцій довготривалої експлуатації з врахуванням напруженого стану</u>	193
<u>І.В.Рибіцький, А.В.Яворський, П.М.Райтер. Досвід виявлення та оцінки втрат природного газу на автомобільних газонаповнювальних компресорних станціях</u> ...	197
<u>А.В.Яворський, І.І.Височанський, М.О.Карпаш, П.М.Райтер, І.В.Рибіцький. Досвід розробки і впровадження пристрою для експрес-контролю теплоти згорання природного газу</u>	203
<u>В.С.Цих, А.В.Яворський. Електромагнітний контроль ізоляції підземних трубопроводів з поверхні землі</u>	206
<u>В.С.Цих, І.Р.Вашишак, С.П.Вашишак. Розроблення нормативного документу щодо методики безконтактного контролю ізоляційного покриття підземних трубопроводів</u>	208
<u>В.Д.Миндюк. Досвід неруйнівного контролю структурної деградації металу тривало експлуатованих конструкцій</u>	212
<u>М.М.Чуйко, Л.А.Витвицька. Контроль змочуваності рідинами поверхонь твердих тіл імпедансним методом</u>	216
<u>Р.Т.Боднар, О.Б.Барна, В.Б.Біліщук. Контроль міжфазних властивостей на межі розділу фаз «нафта – розчин поверхнево-активної речовини»</u>	219
<u>С.М.Глабець, А.І.Павлій. Фазовані антенні решітки - потужна технологія в ультразвуковому неруйнівному контролі</u>	222
<u>В.Г.Баженов, А.П.Красковский. Комп'ютеризована система на базі п'єзоелектричних фазованих антенних решіток контролю колісних пар залізничних вагонів в процесі експлуатації</u>	225
<u>A.R.Alexiev, O.P.Masiuchok, S.N.Buharov. Investigation on composite materials used for damaged highway pipelines bandaging by low frequency resonance vibrations method</u>	228
<u>І.Й.Мацько, Р.І.Романишин, О.М.Шебордаєв. Концепції створення інформаційної системи для діагностики та моніторингу стану вузлів авіаційної техніки</u>	232
<u>Р.М.Джала, Б.Я.Вербенєць, М.І.Мельник. Нові методи і засоби контролю ПКЗ підземних трубопроводів за вимірами струмів і потенціалів</u>	236
<u>Р.М.Джала, І.Б.Івасів, Л.Є.Червінка, О.О.Червінка, О.М.Семенюк. Оцінка розмірів корозійних точок на поверхні металу за критерієм гладкості сигналу сенсора дифузного відбивання світла</u>	240
<u>Alin Dinita, Olha Borodai. development of new methods for the materials selection and for the repairing pipelines with composite materials wraps</u>	243

РОЗРОБКА МЕТОДІВ І НОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТИКИ СТАНУ МАТЕРІАЛІВ І ВИРОБІВ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

<u>В.Р.Скальський, Є.П.Почапський, Б.П.Клим, Я.Д.Толопко, О.Г.Сімакович, Н.П.Мельник, М.О.Рудак, І.М.Коблан. Розроблення концепції побудови системи діагностування виробів та елементів конструкцій за параметрами магнетопружної акустичної емісії</u>	249
<u>Л.І.Муравський, Т.І.Вороняк, В.Р.Джала, Я.Л.Іваницький, О.Г.Куць, Г.І.Гаськевич, І.С.Голинський. Переносний апаратно-програмний комплекс для неруйнівного контролю композитних елементів конструкцій авіакосмічної техніки: принципи побудови</u>	255
<u>І.М.Яворський, Р.М.Юзефович, І.Й.Мацько, І.Г.Стецько, О.Ю.Дзерин. Засоби неруйнівного контролю та методи нестационарного аналізу вібраційних сигналів обертових вузлів складних машинних комплексів</u>	260
<u>В.В.Павлищук, И.В.Василенко, М.Л.Казакевич. Разработка магнитной жидкости на основе монодисперсных наночастиц $CoFe_2O_4$ для магнитопорошкового неразрушающего контроля</u>	266
<u>А.Я.Недосека, С.А.Недосека, М.А.Овсиенко, М.А.Яременко. Оценка методики принятия решения о состоянии материала конструкций на основе акустической эмиссии</u>	269
<u>В.А.Троицкий, М.Н.Карманов, С.Р.Михайлов, В.А.Шалаев, Р.О.Пастовенский. X-ray mini технология контроля на основе твердотельных детекторов</u>	275
<u>Г.Р.Трохим, І.М.Яворський, Р.М.Юзефович. Об'єкти, підходи та методи для мобільної вібродіагностики</u>	285
<u>В.М.Учанін, Я.П.Кулинич. Моделирование влияния мартенситных перетворень метастабильных аустенитных сталей на сигнал вихрострумового перетворювача</u> ...	288

ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА МЕТОДІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТА ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

<u>О.Г.Бондаренко. Вплив факторів контактуючих поверхонь на чутливість системи «перетворювач - виріб» у низькочастотній дефектоскопії</u>	292
<u>О.Г.Бондаренко, М.Є.Стахів. Експериментальні дослідження геометричних характеристик нерівностей поверхні труби</u>	299
<u>А.Я.Тетерко, Г.Г.Луценко, В.І.Гутник; Б.А.Бохонко. Метод вихрострумового контролю товщини стінки та питомої електропровідності матеріалу оболонок із виключенням похибки від впливу зазору</u>	302
<u>Г.М.Мартинюк, Л.М.Щербак. Метрологічний контроль генераторів псевдовипадкових чисел для моделювання шумових сигналів</u>	308

<u>Р.М.Галаган, А.С.Момот. Розробка алгоритмів класифікації технічного стану композиційних матеріалів за результатами акустичного контролю</u>	313
<u>О.Д.Близнюк, О.Ю.Гусєв, Н.О.Науменко, Ю.В.Ковбасюк. Методика опрацювання інформаційних сигналів вихрострумових перетворювачів при неруйнівному контролі деталей авіаційної техніки циліндричної форми</u>	317
<u>О.В.Дергунов, О.В.Монченко, Д.О.Трегуб, Д.В.Барташевич. Оцінювання показників точності результатів вимірювань фазових характеристик сигналів при проведенні неруйнівного контролю деталей авіаційної техніки</u>	320
<u>Д.В.Трушаков, А.Л.Шекеро, Ю.Н.Посыпайко. Моделирование физических процессов в вихретоковом преобразователе п-образной формы</u>	325
<u>Є.Ф.Суслов. Статистичний метод оцінки спектрів інформаційних сигналів імпульсних імпедансних дефектоскопів в процесі моніторингу конструкцій з композиційних матеріалів</u>	332
<u>В.Ю.Глуховський. Визначення геометричних параметрів дефектів тепловізійним методом контролю</u>	335
<u>В.Г.Баженов, Д.К.Івіцька. Електростатичний амплітудно-фазовий метод неруйнівного контролю з підвищеною завадостійкістю</u>	340
<u>В.Б.Бондаренко, С.В.Серебренніков, Д.В.Трушаков. Електромагнітний контроль параметрів структурно-анізотропних композитів давачами з орієнтованим полем</u> ...	342
 ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ І ПІДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛУ	
<u>А.Г.Потап'євський, Ю.К.Бондаренко, Ю.В.Логінова, К.О.Артюх. Технологічне управління якістю та експлуатаційними властивостями виробів в зварювальному виробництві</u>	345
<u>Ю.К.Бондаренко, Ю.В.Логінова, К.О.Артюх. Підготовка зварювального виробництва як основа для створення безпечних конкурентоздатних конструкцій машинобудування</u>	350
<u>Ю.К.Бондаренко, О.В.Ковальчук. Оцінка ризику експлуатації зварних конструкцій на підставі моніторингу процесів системи управління якістю і проведення комплексу випробувань</u>	355
<u>Н.Ф.Хорло, Н.А.Сергеева. Применение международного стандарта iso 9712 в промышленности Украины</u>	361
<u>М.Ф.Хорло. Сертифікація фахівців неруйнівного контролю: алгоритми спеціальної підготовки кандидата</u>	368
<u>А.В.Баглай. Практический опыт применения вибродиагностического метода неразрушающего контроля в металлургической отрасли</u>	372
<u>В.О.Троїцький, Ю.М.Посипайко, А.Л.Шекеро. Українському товариству неруйнівного контролю та технічної діагностики – 25 років</u>	378

МЕТОДИКА ОПРАЦЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ ВИХРОСТРУМОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ПРИ НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФОРМИ

О.Д.Близнюк, О.Ю.Гусєв, Н.О.Науменко, Ю.В.Ковбасюк
Національний авіаційний університет, Київ

Методика та програмні засоби її реалізації призначені для опрацювання інформативних сигналів вихрострумових перетворювачів під час контролю деталей авіаційної техніки циліндричної форми в режимі імпульсного збудження, що можуть мати різне призначення, та які виготовлені з провідних матеріалів.

Методика є типовою і може бути використана для аналізу інформаційних сигналів накладних та прохідних вихрострумових перетворювачів.

Призначення методики – виділення інформативних параметрів сигналів з подальшим використанням останніх для виявлення ознак дефектності та зміни геометричних параметрів авіаційних деталей.

Якісні характеристики розроблюваних і впроваджуваних методів та методик неруйнівного контролю, вірогідність отриманих результатів залежать від прецизійності вимірювання інформативних параметрів сигналів, що висуває підвищені вимоги до апаратних та програмних засобів систем неруйнівного контролю.

Методологічною основою Методики опрацювання є дискретне перетворення Гільберта, яке дозволяє однозначно визначити амплітудні, фазові та частотні характеристики циклічних інформативних сигналів.

В якості інтерактивного середовища реалізації програмних засобів Методики було використано Matlab, програмний продукт, що надає зручні засоби для розробки високорівневих алгоритмів з використанням концепцій об'єктно-орієнтованого програмування та включає різні інтерфейси для отримання доступу до зовнішніх підпрограм, що написані на різних мовах програмування.

Основні терміни та визначення:

Перетворення Гільберта дійсної функції $f(x) \in L_p(-\infty, \infty)$, $p = \overline{1,2}$ являє собою

невласний інтеграл виду $f_1(x) = \mathbf{H}[f(x)] = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{f(x+s) - f(x-s)}{s} ds$, де $\mathbf{H}(\cdot)$ – позначення оператора перетворення Гільберта.

Перетворення Гільберта може бути реалізоване за допомогою лінійного фільтра з передатною характеристикою $\dot{K}(f) = -i \text{sign}(f)$ та імпульсною характеристикою

$h(t) = \frac{1}{\pi t}$, $t \in (-\infty, 0) \cup (0, \infty)$.

Обернене перетворення Гільберта реалізує лінійний фільтр з передатною характеристикою $\dot{K}^{-1}(f) = \frac{1}{\dot{K}(f)} = -\dot{K}(f) = i \text{sign}(f)$, $f \neq 0$.

Аналітичний сигнал являє собою суму вихідного сигналу та його гільберт-образу $\dot{z}(t) = u(t) + iu_{\text{H}}(t)$, де $i = \sqrt{-1}$, $u(t) \in L_p(-\infty, \infty)$ математична модель сигналу, а її перетворенням Гільберта є дійсна функція $u_{\text{H}}(t) = \mathbf{H}[u(t)]$.

Дискретна амплітудна характеристики сигналу – це співвідношення виду

$$A[j] = \sqrt{u^2[j] + u_{\text{H}}^2[j]} \quad (1)$$

де $A[j]$, фактично, являє собою обвідну вихідного сигналу $u[j]$, $j = \overline{1, n}$.

Дискретна фазова характеристика сигналу - це вираз виду

$$\Phi[j] = \arg \dot{z}[j] = \arctg \frac{u_{\text{H}}[j]}{u[j]} + \frac{\pi}{2} \{2 - \text{sign } u_{\text{H}}[j](1 + \text{sign } u[j])\} + 2\pi \mathbf{L}[u[j], u_{\text{H}}[j]]; \quad (2)$$

де $\mathbf{L}[\cdot]$ - оператор, що усуває стрибки фази в точках $2\pi n$, $n \in \mathcal{N}$ (оператор розгортання фази).

Послідовність виконання методики представлена на рис. 1.

Імпорт даних. Для програмного забезпечення, що реалізує Методику обробки сигналу джерелами імпортованих даних можуть бути текстові файли вибірок сигналів вихрострумowego перетворювача, отримані за допомогою сумісних інтерфейсів осцилографів.



Рис. 1 Послідовність виконання Методики

Вибір ділянки аналізу. З огляду на затухаючий інформаційних сигнал перетворювача та незначну його тривалість в часі (4-5 періодів), для зменшення впливу завад при подальшому визначенні амплітудної та фазової характеристики необхідно провести

вибір ділянки аналізу сигналу. Також, встановлено, що для підвищення подальших результатів особливо важливо врахувати ділянку сигналу, яка відповідає першим періодам інформаційного сигналу вихрострумowego перетворювача, тобто періодам з найбільшими значеннями амплітудної характеристики.

Визначення дискретної амплітудної характеристики (1). Перетворення Гільберта дозволяє виділяти огинаючу імпульсного сигналу як безінерційний детектор – без спотворення форми, що дає можливість оцінювати не лише амплітуду, але і зміну форми інформаційних сигналів в дефектних зонах.

Застосування експоненційної апроксимації амплітудної характеристики сигналів вихрострумowego перетворювача $\hat{U}(t, D, \gamma)$ з метою підвищення точності при визначенні декременту інформаційного сигналу.

Знаходження декрементів сигналів вихрострумowego перетворювача за допомогою амплітудної характеристики:

$$\alpha(D, \gamma) = \frac{1}{\Delta T} \ln \frac{\hat{U}(t_1, D, \gamma)}{\hat{U}(t_2, D, \gamma)}$$

де $\hat{U}(t_1, D, \gamma)$, $\hat{U}(t_2, D, \gamma)$ – значення АХС відповідно в моменти часу t_1 та t_2 .

Визначення дискретної фазової характеристики (2). Зміна ступеню дефектності та зміна геометричних параметрів об'єкту контролю впливає на зміну фазової характеристики інформаційного сигналу вихрострумowego перетворювача, яка виділяється за допомогою перетворення Гільберта.

Застосування одного з методів визначення лінійної регресії для згладжування функції $\hat{\Phi}[j, D, \gamma]$. Для цього було обрано метод Бартлетта-Кенуя як один з найпоширеніших та такого, що може застосовуватись для аналізу невеликих за обсягом вибірок.

В основі обраного методу лежить упорядкування експериментальних даних за часом t , після чого розділення змістовної частини вибірки $\hat{\Phi}[j, D, \gamma]$, $j = 110 \dots 209$, на 3 рівні групи обсягом $M = 33$. Для кожної групи необхідно визначити суми виду $\sum \hat{\Phi}[j, D, \gamma]$ і $\sum t_j$. Якщо позначити суми відповідно Φ_1, Φ_2, Φ_3 і t_1, t_2, t_3 , то коефіцієнти регресії оцінюють співвідношеннями:

$$k = \frac{\Phi_3 - \Phi_1}{t_3 - t_1}, \quad b = \bar{\Phi} - k\bar{t} \quad \text{або} \quad b = \frac{\Phi_2}{M} - k \cdot \frac{t_2}{M},$$

$$\text{де } \bar{\Phi} = \frac{\sum \hat{\Phi}[j, D, \gamma]}{3M} \quad \text{та} \quad \bar{t} = \frac{\sum t_j}{3M}.$$

Знаходження середньої частоти інформаційних сигналів за фазовою характеристикою:

$$f_{\text{л}}(D, \gamma) = \frac{\Delta \hat{\Phi}_{\text{л}}[D, \gamma]}{2\pi \Delta T},$$

де $\Delta \hat{\Phi}_{\text{л}}[D, \gamma]$ – накопичена фаза внесеного сигналу за час $\Delta T = t_2 - t_1$, визначена за лінійною регресією: $\Delta \hat{\Phi}_{\text{л}}(D, \gamma) = \hat{\Phi}[j = 99, D, \gamma] - \hat{\Phi}[j = 1, D, \gamma]$. Визначення частоти $f_{\text{л}}(D, \gamma)$ проводилось для всіх зразків з обраної серії.

Перевірка правильності роботи програмного забезпечення. За необхідності для оцінки правильності визначення частоти та декременту можуть бути використані тестові сигнали виду $y = \sin \omega t \cdot e^{-\alpha t}$, згенеровані за допомогою засобів середовища Matlab.