

СЕКЦІЯ 7
НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ, ТЕХНІЧНА ТА МЕДИЧНА
ДІАГНОСТИКА

УДК 53.072; 53:681.3; 620.179.15.05

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
γ-ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ. РЕАЛИЗАЦІЯ В СРЕДЕ GEANT4.**

Войлов П.Ю., Калюжный А.В. Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт "Искра", г. Луганск, Украина.

Принцип работы детекторов скрытых пустот основан на эффекте обратного рассеяния гамма-излучения: излучение от ИИИ проникает внутрь исследуемого объекта (через обшивку, упаковку, перегородку и т.п.) и рассеивается, причем часть обратно рассеянного излучения регистрируется детектором. По изменению интенсивности и спектра зарегистрированного рассеянного излучения, можно судить об изменении плотности объекта и, следовательно, о наличии / отсутствии контрабандной закладки, а также об её составе. Известную трудность в формировании решающих правил представляет тот факт, что регистрируемый спектр зависит от геометрии эксперимента.

Задачей представленной работы является исследование при помощи имитационной модели детектора зависимости регистрируемого спектра от геометрии для ряда типовых случаев (обнаружение ценных металлов, органики и т.п.) Имитационная модель прибора разработана с использованием методов Монте-Карло, реализована программно на языке C++ с применением набора библиотек GEANT4 института CERN (Швейцария), и описывает моделирование распространения излучения в геометрии эксперимента, его взаимодействие с чувствительным объемом детектора, а также ряд оптических процессов до взаимодействия с фотокатодом ФЭУ. На входе модели изменялись материал, размеры, положение закладки, материал и толщина преград. На выходе снимался спектр излучения, поглощенного детектором.

Результаты моделирования проверялись на экспериментальном стенде, где в качестве источника использовался Ba133 активностью 1.0 MBq, коллиматор – цилиндр, радиус канала 3 мм, толщина стенок 25мм, заглубление 2 мм. Детектор – сборка ФЭУ 9112В (Electron Tubes) и сцинтиллятора CsI(Tl) Ø40x5 мм, защита кристалла – свинец 5мм. Применялся спектрометр «Фортуна», разработанный и созданный в НИПКИ "Искра".

Полученные в результате серии экспериментов спектры сравнивались со спектрами, полученными в модели. Согласие оценивалось по критериям Манна-Уитни и ван-дер-Вардена. Полученные результаты подтверждают возможность использования предложенной конструкции детектора для обнаружения контрабандных материалов в скрытых пустотах. Имитационная модель была

использована для формирования решающих правил в широком диапазоне геометрий. Результаты моделирования были использованы в НИПКИ «Искра» при разработке детектора скрытых пустот «Рось-4М».

Ключевые слова: имитационное моделирование, детектор скрытых пустот.

УДК 612

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ИССЛЕДОВАНИИ СОСТОЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Шарапов В.М., Роттэ С.В., Коваленко А.М., Черкасский государственный технологический университет, г. Черкассы, Украина.

Физическое состояние биологического объекта (БО), например, человека, весьма сложно оценить с помощью отдельно взятого метода диагностики. Поэтому в таких случаях для получения более точного результата применяют вспомогательные методы оценки, что связано с дополнительными затратами времени и средств.

Метод газоразрядной визуализации (ГРВ), разработанный профессором Г.К. Коротковым, позволяет оценить картину состояния БО в целом. В основе этого метода лежит визуализация и математическая обработка изображений газового разряда (ГРВ-грамма) объектов, помещенных в электрическое поле высоких напряженности и частоты.

Принцип ГРВ заключается в следующем: между прозрачным электродом и помещенным на него исследуемым объектом от генератора частоты подаются электрические импульсы, при высокой напряженности электрического поля в газовой среде пространства контакта объекта и прозрачного электрода развивается коронный газовый разряд, параметры которого определяются свойствами объекта. Первично осуществляется процесс взаимодействия электрического поля с объектом исследования, в результате которого возникает эмиссия с поверхности объекта заряженных частиц, что порождает начальную фазу газового разряда. Газовый разряд, в свою очередь, может влиять на состояние объекта, вызывая вторичные эмиссионные, деструктивные и тепловые процессы. Таким образом, в процессе ГРВ формируется некоторая последовательность информационных преобразований, при которых характер разряда будет зависеть от физиологического состояния БО, а также процессов газовой выделения, которые зависят от импеданса объекта. Изменения последних параметров активно проявляются на коже за счет рефлекторных зон и биологически активных точек. При этом основная информация извлекается из характеристик свечения, которое снимается с помощью видеокамеры и для последующей обработки передается на ЭВМ. Обработанная ГРВ-грамма позволяет судить о ряде параметров БО и на их основе делать определенные диагностические заключения.

Результатом исследования являются ГРВ-граммы мужчин и женщин в возрасте от 20 до 60 лет до и после воздействия на них стресса, болезни, физических нагрузок, а также приема витаминных препаратов.

Ключевые слова: газоразрядная визуализация, состояние биологических объектов, коронный разряд, высокая напряженность.

УДК 537.635; 535.373.2

ДІАГНОСТИКА СВІТЛОВИПРОМІНЮЮЧИХ ПОРУВАТИХ ПЛІВОК SiO_x ІЗ НАНОКРИСТАЛІТАМИ

*Братусь В.Я., Гуле Є.Г., Індутний І.З., Макеєва І.М., Рудько Г.Ю., Шепелявий П.Є.,
Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, м. Київ Україна*

Спостереження інтенсивної фотолюмінесценції у видимій області спектра на поруватому кремнії при кімнатній температурі обумовило появу великої кількості робіт, націлених як на з'ясування механізму випромінювання, так і на пошук нових способів отримання випромінювачів світла на основі найбільш розвинутої і дешевої кремнієвої технології. Для створення дисплеїв із великою площею світіння на основі Si досить перспективною є технологія вакуумного термічного розпилення SiO на різні підкладинки. Після термічного відпалу напилених плівок утворюється композит із нанокристалітів кремнію (nc-Si), занурених у матрицю SiO_x , який має значно вищу механічну та хімічну стійкість порівняно із поруватим Si, отриманим електрохімічним травленням. Природа виникнення випромінювання світла у видимій області спектра для структур nc-Si/ SiO_x остаточно не з'ясована і найчастіше пояснюється з використанням механізмів рекомбінації екситонів у nc-Si в умовах квантових обмежень або за участю дефектних станів на межі розділу nc-Si/ SiO_x .

Для відбору плівок із заданими властивостями бажано використовувати безконтактні методи неруйнівного контролю. В даній роботі обговорюються результати застосування методів електронного парамагнітного резонансу (ЕПР) та фотолюмінесценції (ФЛ). Досліджувалися плівки SiO_x завтовшки від 0.5 до 1.0 мкм, отримані осадженням SiO під кутом до нормалі підкладинки та витримані у парах аміаку або ацетону перед відпалом, що давало змогу впливати відповідно на спектр випромінювання та його інтенсивність. Вимірювання спектрів ЕПР виконувались при кімнатній температурі в X-діапазоні. Спектри ФЛ збуджувалися випромінюванням аргонного лазера і реєструвалися з використанням монохроматора ДФС-24.

Для невідпалених плівок SiO_x реєструється лише широка лінія ЕПР із g-фактором 2.0055, притаманна обірваним зв'язкам атомів Si в аморфному стані, а у спектрах ФЛ спостерігається лінія у ближньому інфрачервоному діапазоні з максимумом при $\lambda \approx 870$ нм. Послідовний високотемпературний відпал при 950°C у вакуумі впродовж 15 хв. до загальної тривалості 2 години приводить до

появи у спектрах ЕПР лінії з $g=2.0025$, ідентифікованої як ЕХ-центр, та видимої ФЛ з максимумом при $\lambda \approx 600$ нм. Обговорюються кореляції спектрів ЕПР і ФЛ.

Ключові слова: ЕПР, фотолюмінесценція, плівки SiOx, нанокристаліт, дефект.

УДК 620.179.16:620.179.17

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭМА МЕТОДА НЕРУЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

*Сучков Г.М., Донченко А.В., Десятниченко А.В., Келин А.А., Ноздрачева Е.Л.,
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков, Украина*

Анализ информационных источников позволил сделать вывод о том, что дальнейшее эффективное повышение чувствительности приборов на основе электромагнитно-акустического (ЭМА) способа возбуждения и приема ультразвуковых импульсов возможно за счет повышения мощности генераторов зондирующих импульсов (ГЗИ). Такая возможность появилась благодаря развитию элементной базы для выходных каскадов высокочастотных усилителей.

Результаты лабораторных исследований позволили создать новую структуру построения ГЗИ. Это позволило существенно увеличить выходную импульсную мощность и возбуждать в ЭМА преобразователях (ЭМАП) импульсные токи в виде цуга, достигающие 100 А и более.

Установлено, что для «ручных» и автоматизированных систем ГЗИ должны быть различными. Причем импульсная мощность генераторов для автоматизированных систем должна быть большей и наращиваться до минимально необходимой величины в зависимости от зазора между ЭМАП и изделием.

Исследования ГЗИ для «ручных» дефектоскопов и толщиномеров показали

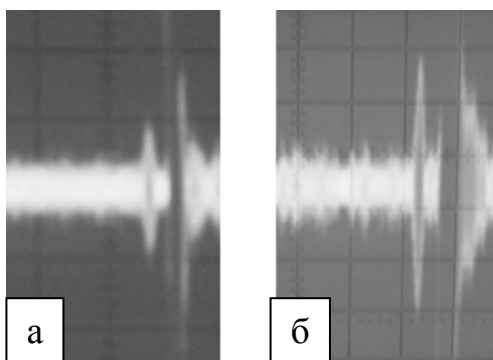


Рис. Реализации, полученные при обнаружении плоскодонного отражателя диаметром 1 мм

возможность обнаружения плоскодонных отражателей с минимальным диаметром 1 мм и более на расстоянии до 170 мм с отношением амплитуд эхо сигнала и шума 5 раз и более. При этом расстояние от высокочастотной катушки ЭМА преобразователя до контролируемого изделия составило 1 мм. Это позволило применить в качестве материала протектора ЭМАП износостойкой спеченной двуокиси алюминия.

Аналогичные исследования ГЗИ для механизированных и автоматизированных установок и систем показали возможность обнаружения плоскодонных отражателей диамет-

ром 2 мм и более на расстояниях до 170 мм при величине воздушного зазора между ЭМАП и изделием равным 5 мм

На рисунке приведены реализации, полученные при обнаружении плоскодонного отражателя прямым совмещенным ЭМАП (а – с применением "старого" генератора при зазоре 0,2 мм, б – с применением генератора нового типа при зазоре 1 мм).

Ключевые слова: ультразвуковой, электромагнитно-акустический, преобразователь, генератор зондирующих импульсов, чувствительность.

УДК 620.179.14

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧАСТОТЫ ТОКА, ПИТАЮЩЕГО ВИХРЕТОКОВЫЙ НАКЛАДНОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Сучков Г.М., Хомяк Ю.В., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

Изучение литературных источников, касающихся вихретоковой дефектоскопии накладными преобразователями, позволило сделать выводы о том, что одним из проблемных направлений использования вихретоковых преобразователей (ВТП) является контроль изделий с шероховатой поверхностью.

Важным параметром при оценке качества изделий – отношение амплитуд сигналов вихретокового преобразователя на дефектном и бездефектном участке контролируемой поверхности, которая может иметь сложный рельеф. Поэтому

необходим выбор и оптимизация режимов работы ВТП для повышения разрешающей способности.

В дефектоскопии известно, что определяемая глубина дефектов зависит от выбора частоты возбуждающего магнитного поля, то есть частоты питающего ВТП тока. Частота определяет скин-слоя и глубину проникновения вихревых токов сканирующих ОК.

Были проведены исследования накладного ВТП новой разновидности, разработанного авторами. На

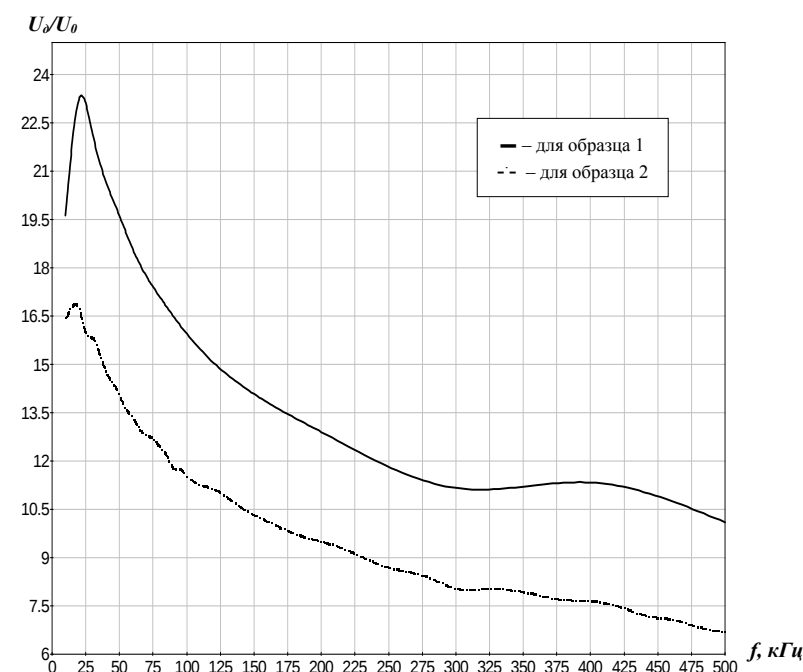


Рис. – Частотная зависимость чувствительности

рисунке приведены частотные зависимости отношения U_d/U_0 выходного сигнала на дефектном и бездефектных участках двух образцов из стали марки У7. Образ-

цы имеют искусственную трещину глубиной 1,05 мм и раскрытием 0,14 мм. Образец 1 имеет поверхность RZ 3,2, образец 2 с шероховатостью RZ 125.

Из приведенных данных следует, что оптимальная частота питающего ВТП тока лежит в диапазоне 10-50 кГц, при этом достигается максимум разрешающей способности. Проведенные исследования позволяют выбрать рабочую частоту преобразователя для эффективного контроля шероховатых образцов.

Ключевые слова: дефектоскопия, вихретоковый, преобразователь, контроль, шероховатость.

УДК 620.179.16:620.179.17

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЙОМУ АКУСТИЧНИХ ІМПУЛЬСІВ ЄМНІСНИМ СПОСОБОМ

Сучков Г.М., Донченко А.В., Глєбова Л.В., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

Вивчення літературних джерел дозволило зробити висновок про те, що ємнісний спосіб збудження і прийому акустичних імпульсів використовується виключно для вимірювань різного характеру. Проте цей спосіб має багато можливостей щодо використання його для неруйнівного контролю. В той же час, за відомостями інших авторів, він має дуже низьку чутливість в порівнянні з традиційним контактним способом. Таке протиріччя вимагає виконання додаткових досліджень ємнісного способу в першу чергу в напрямку підвищення його чутливості.

Для дослідження факторів, які впливають на імпульс прийомного перетворювача, був розроблений макет, блок-схема якого наведена на рисунку.

Ультразвуковий дефектоскоп 1 (УД2-12) з допомогою ПЕП 2 частотою 2,5 МГц збуджує акустичні імпульси, які розповсюджуються в зразку 3. На протилежній стороні зразка 3 імпульси приймалися ємнісним перетворювачем (ЄП) 4 з діелектричним прошарком 5. Далі через підсилювач 6 сигнали поступали на дефектоскоп 1. Поляризуюча напруга на ЄП 4 надходить з генератора 7, синхронізованого дефектоскопом 1. Положення прийнятих імпульсів, його форму і амплітуду оцінювали з допомогою атенюатора, цифрового індикатора і

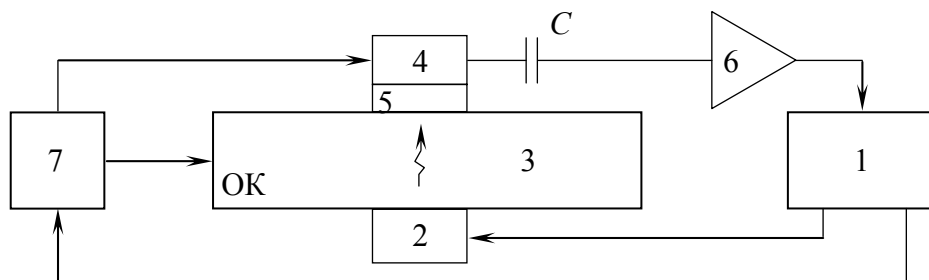


Рис. Стенд для досліджень ЄП в режимі прийому акустичних імпульсів

шкал електронно-променевої трубки дефектоскопа 1.

Досліджено вплив прошарку між робочою обкладинкою ЄП і виробом, поляризуючої напруги, відносної діелектричної проникності та інших. Доведено, що в межах своєї ніші ЄП може використовуватися при неруйнівному контролю металовиробів. Доцільно продовжити дослідження для випадку збудження ЄП акустичних імпульсів та роботи перетворювача в роздільно-поєднаному режимі.

Ключові слова: акустичний імпульс, ємнісний перетворювач, дефектоскоп, чутливість.

УДК 620.179.16:620.179.17

РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Горкунов Б.М., Тюпа И.В., Авраменко А.А., Скопенко В.В., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

Развитие современных средств вычислительной техники позволяет существенным образом автоматизировать и облегчить процесс расчета и проектирования электромагнитных систем. Для теоретического расчета и анализа выходных сигналов вихрековых преобразователей (ВТП) известны как классические аналитические методы, так и хорошо разработанные и проверенные на практике численные методы, основанные на решении дифференциальных или интегральных уравнений электромагнитного поля. Применение перечисленных методов при проектировании ВТП позволяет успешно находить распределение электромагнитного поля в объекте со сложной геометрией и нелинейными свойствами с достаточно высокой точностью, но при больших затратах машинного времени. На данный момент в современных исследованиях в области вихрекового контроля основной упор сделан на совершенствование алгоритмов расчетных операций, направленных на сокращение временных затрат.

В данной работе предложен метод расчета параметрического проходного ВТП с магнитным и немагнитным образцом, в основу которого положены аналитические выражения для определения активных сопротивлений, собственных индуктивностей и взаимоиндуктивностей обмотки ВТП, которая представлена в виде отдельных токовых проводников, а также цилиндрического объекта контроля (ОК), который можно рассматривать в виде близкорасположенных дисков. С учетом глубины проникновения электромагнитного поля в ОК, сплошной объект в электромагнитном отношении переходит в трубу, что эквивалентно замене дисков на кольцевые проводники с протекающими по ним короткозамкнутыми токами. Для решения поставленной задачи были получены выражения для взаимоиндуктивности двух произвольно расположенных токовых колец, одно из которых в общем случае выполнено из магнитного материала. Для немагнитных материалов данные выражения переходят в известные в литературе соотношения для взаимоиндуктивностей как колец, так и соленоидов.

Для подтверждения адекватности предложенной модели были проведены расчетные и экспериментальные исследования на конкретных параметрических ВТП с цилиндрическими образцами одинаковой геометрии, но с различными электромагнитными свойствами. Контролируемыми величинами являлись в общепринятой терминологии вносимое активное сопротивление $R_{вн}$ и вносимая индуктивность $L_{вн}$. Расхождение результатов расчета и эксперимента составило до 2% для немагнитных материалов и до 2% для ферромагнитных.

Ключевые слова: параметрический вихретоковый преобразователь, взаимная индуктивность, модель расчета, сопротивление, индуктивность.

УДК 620.19

ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ПІДЗЕМНИХ МАГНІСТРАЛЬНИХ НАФТОГАЗОПРОВОДІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ УМОВАХ

Стрілецький Ю.Й., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Тривала експлуатація підземних нафтогазопроводів вимагає постійного моніторингу їх технічного стану. Однією із проблем, які виникають при експлуатації цих трубопроводів є їх зміщення відносно початкового положення в результаті зсувів ґрунту. При цьому, внаслідок деформацій в металі трубопроводу можуть виникнути небезпечні механічні напруження. Вони можуть бути причиною руйнування трубопроводу і привести до аварії.

Важливим що-до попередження таких ситуацій є визначення відносних зміщень підземних трубопроводів по відношенню до проектного чи хоча б по відношенню до визначеного раніше положення.

Враховуючи значну довжину металевих підземних трубопроводів, необхідно використовувати оперативний метод вимірювання. Розроблена нами методика дозволяє відтворити вісь траси підземного трубопроводу як у горизонтальній так і у вертикальній площинах. Опис просторового положення трубопроводу проводиться за допомогою визначення взаємного розташування точок вздовж його траси. Для визначення положення точок на осі підземного трубопроводу використовують трасошукачі із скануючою паралаксною системою катушок.

Контрольована ділянка трубопроводу вибирається такою, щоб кожен раз можна було почати вимірювання від строго постійного за своїм положенням вузла на трубопроводі, наприклад, встановленого на трубопроводі контрольно-вимірального пункту (КВП), позначивши його точкою А.

Вибравши наступні дві точки В і С на осі трубопроводу визначають віддалі АВ і АС між цими точками. Далі вимірювання переносяться на точку В і проводять визначення наступних двох віддалей ВС, ВD. Використовуючи знайдені таким чином віддалі визначають координати точок В, С, D і т.д. підземного трубопроводу. Для знаходження положення лінії осі трубопроводу здійснюють інтерполяцію на основі визначених координат точок з початком в точці КВП.

При періодичному проведенні таких вимірювань і порівнюючи отримані таким чином зміщення осі траси трубопроводу можна прогнозувати виникнення надлишкових напружень у стінках трубопроводу і проведення додаткових досліджень що-до оцінки напружено-деформованого стану трубопроводів.

Ключові слова: вісь трубопроводу, напружено-деформований стан, відносні зміщення осі трубопроводу

УДК 622.24.05-519

МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ОБ'ЄМНОЇ ПОЗДОВЖНОЇ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ХВИЛІ В МЕТАЛЕВІЙ ПЛАСТИНІ МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Лютак І. З., Кісіль І. С., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Ультразвукові методи широко використовуються при неруйнівному контролі та дефектоскопії відповідальних металевих конструкцій. Вони інтенсивно розвиваються на протязі кількох десятиліть. Проте на даний час для розрахунку хвильових параметрів при ультразвуковому контролі та дефектоскопії використовують аналітично-емпіричні формули, що не враховують ряд важливих його характеристик. Такими характеристиками є розширення пучка променів, вплив ортотропії середовища поширення, його геометрія, наявність неоднорідностей різної форми тощо. Для врахування вказаних параметрів необхідно розробити математичну модель, що враховувала б властивості хвилі у конкретному пружному середовищі. В основу такої моделі ми поклали метод кінцевих елементів, за допомогою якого здійснили моделювання поширення поздовжньої ультразвукової хвилі з частотою 40 кГц. В якості середовища поширення поздовжньої хвилі було вибрано сталю пластину із модулем пружності $E=2.1 \cdot 10^{11}$ Па, коефіцієнтом Пуассона $\nu=0.28$ та густиною $\rho=7800$ кг/м³. Поширення поздовжньої хвилі в пружному середовищі описується так:

$$[M] \times \{\ddot{u}\} + [C] \times \{\dot{u}\} + [K] \times \{u\} = \{F(t)\},$$

де $\{\ddot{u}\}$, $\{\dot{u}\}$, $\{u\}$ – відповідно вектори прискорення, швидкості та переміщення вузлів скінченних елементів пластини; $[M]$ – матриця маси; $[C]$ – матриця демпфування; $[K]$ – матриця жорсткості; $F(t)$ – вектор навантаження.

Для побудови моделі кінцевих елементів, що описує поширення хвилі, важливим є вибір максимального розміру елемента. Значні геометричні розміри кінцевого елемента у порівнянні із розміром хвилі не можуть з достатньою точністю передавати зміщення та відповідні їм напруження в матеріалі. В такому випадку результати обчислень не сходяться. Експериментально встановлено, що оптимальний розмір кінцевого елемента має дорівнювати 1/7 довжини хвилі.

Як результат моделювання поширення ультразвукової поздовжньої хвилі нами отримано графіки залежності напруження та контактного тиску від параметрів поширення ультразвуку на границі розділу неоднорідностей – середовище

поширення. Отримані результати дають важливу інформацію про структуру луно-сигналу, що є неможливим для традиційних ультразвукових методів.

Ключові слова: ультразвук, метод кінцевих елементів, моделювання.

УДК 621.643:620.191.4

ПРОБЛЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПІДЗЕМНОГО ТРУБОПРОВОДУ В ПРОЦЕСІ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ЙОГО ІЗОЛЯЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ

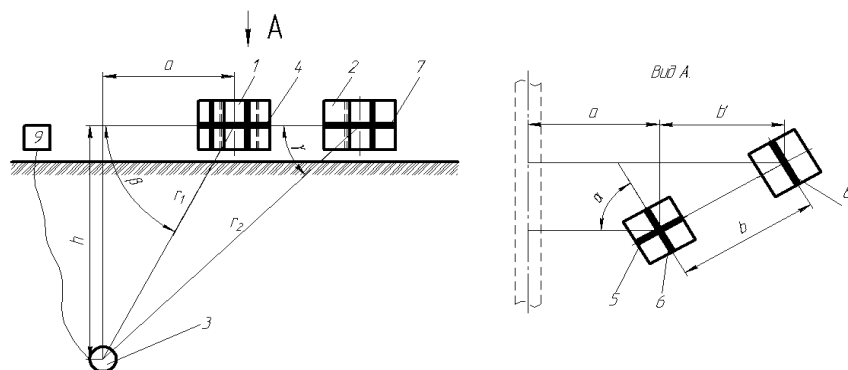
Костів Б.В., Кісіль І.С., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Контроль ізоляційного покриття підземних трубопроводів на даний час здійснюють контактними та безконтактними методами. З точки зору оперативності доцільнішими є безконтактні методи діагностики покриття. При цьому визначають напруженість магнітного поля над підземним трубопроводом і, провівши відповідні обчислення, одержують величину струму в стінках цього трубопроводу, який залежить від стану ізоляційного покриття. Струм в стінках трубопроводу може бути обумовлений або станціями катодного захисту, або спеціальним генератором, який буде під'єднаним до трубопроводу.

Для переважної більшості відомих систем з метою досягнення необхідної точності отриманих результатів потрібна орієнтація котушок цих систем перпендикулярно до осі трубопроводу. Крім цього в деяких випадках потрібне розміщення котушок систем точно над віссю трубопроводу.

Виключити необхідність точної орієнтації відносно трубопроводу дозволяє запропонована система, яка зображена на рис. 1. Вона складається із двох блоків котушок 1 і 2. Блок 1 включає три котушки – 4, 5, 6. Блок 2- включає дві котушки – 7, 8. Блоки розміщені на заданій відстані b один від одного.

Блоки котушок системи можна розміщувати довільним чином над трубопроводом, але більша точність отриманих результатів буде при більшому значенні відстані b' (рис. 1).



1, 2 - блоки котушок; 3 - трубопровід; 4, 5, 6, 7, 8 – котушки; 9-генератор

Рис. 1. Схематичне зображення вимірювальної системи для визначення положення підземного трубопроводу в процесі контролю його ізоляційного покриття

Запропонована вимірювальна система дозволяє визначати кут між віссю підземного трубопроводу та віссю вимірювальної системи, його глибину залягання та силу струму, що протікає в стінках трубопроводу.

Ключові слова: трубопровід, ізоляція, контроль, положення осі.

УДК 622.24.053

АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ РІЗЬБИ ТРУБ НАФТОВОГО СОРТАМЕНТУ

*Кононенко М.А., Габльовська Н.Я., Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

У виробничих програмах трубних заводів України завжди на першому місці були безшовні труби нафтового сортаменту. При сучасному рівні конкуренції виробники труб приймають енергійні заходи з удосконалення виробничих програм виготовлення труб з покращеними експлуатаційними характеристиками, які нерозривно пов'язані з вдосконаленням методів і засобів контролю основних показників якості трубної продукції.

В умовах сучасного нафтогазовидобування дуже гостро постає питання забезпечення надійності найбільш "аварійного" вузла свердловинного обладнання – насосно-компресорних труб (НКТ), аварійність яких складає 80% від загального числа аварій. Серед основних методів зниження аварійності НКТ є вдосконалення методів та засобів контролю найбільш вагомих показників якості безпосередньо після випуску труб з виробництва чи ремонту.

З метою перевірки відповідності відхилень розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь різьби і тіла труб вимогам нормативно-технічної документації здійснюється інструментальний контроль за допомогою калібрів, а також, іншого інструменту та засобів вимірювань і діагностики.

За результатами даних кваліметричного аналізу було виявлено, що основною причиною відмов НКТ є відмови їх різьбових з'єднань через зношування, корозію та порушення регламентованих правил експлуатації. Зношування різьбових з'єднань НКТ характеризується, в першу чергу, зміною початкових геометричних параметрів різьби.

Результати розрахункового методу дозволили встановити пріоритетність геометричних параметрів ніпельної та муфтової різьб НКТ, які обумовлюють якість різьбового з'єднання в цілому.

Визначення вагових коефіцієнтів окремих показників якості та відповідне застосування високоточних засобів вимірювань дозволяє оптимізувати процедуру контролю якості виробу (при багатопараметричному його контролі) у випадку, коли показники, що контролюються, не корельовані. Для визначення кореляційних зв'язків між геометричними параметрами різьби НКТ необхідно дослідити динаміку зміни пріоритетних параметрів різьби НКТ в залежності від

кількості циклів їх згвинчування – розгвинчування з подальшою розробкою рекомендацій щодо вдосконалення методів і засобів контролю НКТ.

Ключові слова: насосно – компресорні труби, різьбове з’єднання, інструментальний контроль, кваліметричний аналіз, показники якості, вагові коефіцієнти.

УДК 681.518.2

МЕТОД КОНТРОЛЮ ГРАНИЦІ ПОМПАЖУ ВІДЦЕНТРОВОГО НАГНІТАЧА ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЗА ВИТРАТНО-НАПІРНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Бляут Ю.Є., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Визначення моментів входу робочої точки відцентрового нагнітача (ВН) газоперекачувального агрегату (ГПА) в зону помпажу є актуальною науково-практичною задачею, оскільки одним з найбільш оптимальних режимів роботи ГПА є такий режим, при якому забезпечується максимальне завантаження ГПА. Це відбувається, коли робоча точка характеристики ВН знаходиться поблизу межі помпажної зони.

Проте, аналіз літературних джерел показує недостатній об’єм проведених досліджень у цьому напрямку, хоча автоматизоване визначення помпажних характеристик і визначення експлуатаційних характеристик відцентрового нагнітача і агрегату в цілому є головними функціями керування ГПА. Це викликано тим, що саме на базі цих характеристик виробляється рішення про необхідність оновлення помпажних характеристик або проведення профілактичних робіт на двигуні, або нагнітачі. Тому метою роботи є розробка методу контролю границі помпажу відцентрового нагнітача за його витратно-напірними характеристиками.

Використано компенсаційну систему ідентифікації з паралельною моделлю, яка оптимізує функціонал якості ідентифікації. Критерієм ідентифікації є функціонал якості $I\{y(t), um(t)\}$, мінімізація якого $I\{y(t), um(t)\} \rightarrow \min$ забезпечує необхідну точність визначення границі помпажу. Тут $y(t)$, $um(t)$ - вихідні змінні об’єкта і моделі. Для оперативної ідентифікації параметрів об’єкта застосовано однокроковий алгоритм, який відрізняється простотою реалізації, високою мобільністю і мінімальною потребою в оперативній пам’яті ЕОМ.

Розроблено метод визначення межі помпажу за витратно-напірними характеристиками ГПА на базі програмно-технічного комплексу оперативного контролю та передачі даних про стан технологічного обладнання і виробничих показників компресорних цехів.

Метод контролю передбачає декілька вимірювань при різних режимах роботи ВН і визначення границі помпажної зони.

Розроблений метод контролю впроваджений в системі автоматичного керування ГПА докачуючої компресорної станції підземного сховища газу “Більче-

Волиця». Досвід експлуатації підтвердив ефективність запропонованого методу контролю, що забезпечує підвищення точності і вірогідності контролю технічного стану відцентрового нагнітача газоперекачувальних агрегатів компресорних станцій.

Ключові слова: метод, контроль, помпаж, витратно-напірні характеристики.

УДК 624. 072. 002.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СТАЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОКАЛЬНОГО РАЗРУШЕНИЯ

¹⁾Иванов А.П., ¹⁾Пронько А.М., ²⁾Голоднов А.И., ¹⁾ДонГТУ, ²⁾ОАО «Укрниипроектсталь-конструкция им. В.Н. Шимановского», г. Алчевск, Украина,

Определение физико-механических характеристик металла эксплуатируемых конструкций представляет собой довольно трудоемкую задачу и является одним из основных вопросов, решение которого позволит оценить несущую способность конструкций.

Традиционные методы оценки прочности металла по ГОСТ 1497-84* сложны в исполнении, их применение может привести к нарушению целостности и других эксплуатационных свойств конструкций. Применение известных методов не дает возможности исследовать металл в зоне действия максимальных усилий в связи с ослаблением сечений при изъятии образцов. Как альтернатива предлагается метод «среза резьбы».

В отличие от известных методов «среза резьбы» является безобразцовым, т.е. для определения прочностных характеристик металла нет необходимости изымать материал из конструкции. Испытания проводятся на металле конструкции без нарушения целостности с локальным разрушением в небольшом объеме. Испытания проводятся испытательным винтом с высотой режущей части в два шага (1,6 мм) и внешним диаметром 4,85 мм.

С помощью метода среза резьбы можно оценить распределение свойств стали в листовом прокате в трех направлениях – по толщине листа, вдоль и поперек прокатки. Для сварных конструкций этим методом можно оценить распределение свойств стали в зоне сварного шва и в околошовной зоне.

Выводы

1. Метод «среза резьбы» позволяет определить прочность стали в локальных областях конструкции с возможностью неоднократного воспроизведения результатов. Применение других методов для решения таких задач невозможно.

2. Метод «среза резьбы» позволяет определить прочность стали практически в любых эксплуатируемых конструкциях (за исключением разве что сосудов, работающих под давлением, корпусов атомных реакторов и т.п.) без изъятия образцов для последующих испытаний.

3. Полный ответ о виде материала и его прочностных характеристиках можно получить при комплексном исследовании, совмещая результаты, полу-

ченные с помощью неразрушающих методов на физической основе и метода «среза резьбы», а также проведения химического анализа металла.

Ключевые слова: прочность, испытательный винт.

УДК 621.314:621.391

МЕТОДИКА МОДЕЛЮВАННЯ ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ У ДЕФЕКТНИХ ЗОНАХ ВИРОБІВ ІЗ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

¹⁾Вітрук Ю.В., ¹⁾Єременко В.С., ²⁾Протасов А.Г., ¹⁾Національний авіаційний університет,
²⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Як відомо, більшість методик контролю композитів методом вільних коливань базується на порівнянні спектру сигналу, отриманого з контрольованої зони, зі спектрами еталонних сигналів, які відповідають доброякісній зоні та зонам з різним еквівалентним розміром дефекту. Але контроль композитів в умовах експлуатації ускладнений тим, що внаслідок складної будови вони мають широку номенклатуру дефектів. Крім того неможливо фізично створити велику кількість еталонних зразків різного ступеню дефектності.

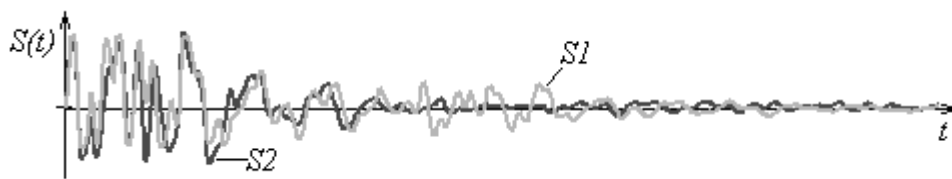


Рис.1. Реальний $S1$ та змодельований $S2$ сигнали вільних коливань

Тому в даній роботі пропонується метод моделювання сигналів вільних коливань, який дозволяє отримувати сигнали, що відповідають зонам проміжної дефектності. Цей метод ґрунтується на інтерполяції степеневими поліномами значень складових квадратурних спектрів інформаційних сигналів. Тобто для кожної спектральної складової відшукується функціональна залежність від еквівалентного розміру дефекту. Далі, обравши необхідну точку проміжної дефектності і знайшовши значення складових спектру за встановленими функціональними залежностями в цій точці, шляхом зворотного перетворення Фур'є можна відновити сигнал.

Експериментальні дослідження проводились на зразках однонапрявленого вуглепластика КМУ-11Э-0,08 з концентратором напруги. Дефектні зони наносились шляхом циклічного навантаження згинанням кожного зразка по 500 000, 750 000 та 1 000 000 циклів. Моделювання проводилось на основі сигналів, отриманих з доброякісного зразка та зразків з циклічним навантаженням 500 000 та 1 000 000 циклів. Сигнал, отриманий із зразка з навантаженням

750 000 (рис.1., крива $S1$) був контрольним і порівнювався із змодельованим сигналом, що відповідає цьому ж ступеню дефектності (рис.1., крива $S2$).

Також було розраховано середньоквадратичну похибку між цими сигналами для різних інтерполюючих поліномів (таблиця 1). Як видно з таблиці, поліноми

Таблиця 1

Значення середньоквадр. похибки

Чебишева	Лагранжа	Ньютона
$3.687 \cdot 10^{-3}$	$1.42 \cdot 10^{-3}$	$1.42 \cdot 10^{-3}$

Ньютона та Лагранжа забезпечують меншу похибку, ніж поліноми Чебишева.

Ключові слова: інтерполяція, квадратурний спектр, перетворення Фур'є.

УДК 621.317

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ФАЗОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛІВ

¹⁾ Куц Ю.В., ¹⁾ Лапіга І.М., ²⁾ Петрик В.Ф., ¹⁾ Національний Авіаційний Університет,
²⁾ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна

Дискретне перетворення Гільберта (ДПГ) відоме як ефективний метод цифрової обробки сигналів, що дозволяє однозначно визначити амплітудні, фазові та частотні характеристики сигналів (АХС, ФХС, ЧХС), проте питання точності отримуваних характеристик сигналів лишається ще не до кінця вивченим.

Методична похибка вимірювання ФХС та АХС, виникає внаслідок обмеженого часу аналізу сигналів. В загальному випадку методична похибка може бути зменшена за рахунок віконної обробки сигналів.

Для гармонічних сигналів, які виникають в задачах широкого класу фізичних явищ та процесів, існує можливість суттєвого зменшення методичної похибки за рахунок узгодження періодів сигналу (T), та дискретизації (T_d). В доповіді аналізується методична похибка визначення ФХС в залежності від співвідношення $k = T * T_d^{-1}$.

Дослідження виконувалось у вигляді модельного експерименту в системі Matlab. В якості досліджуваного обраний гармонічний сигнал виду $u(t) = U_0 \sin(2\pi f t + \varphi)$, $t \in (0, T_c)$, де U_0 , f , φ - відповідно амплітуда, частота і початкова фаза сигналу, $T_c \gg T$ - час спостереження, його ФХС - $\Phi_0(t) = 2\pi f t$.

Загальна методика дослідження передбачала виконання наступних дій.

1. Задання гармонічного сигналу $u(t)$ з відомою фазовою характеристикою $\Phi_0(t)$ і різними k , та застосування ДПГ з метою отримання гільберт-образу сигналу $\hat{u}(t) = \mathbf{H}[u(t)]$ для різних k .

2. Визначення ФХС: $\Phi(t) = \arctg \frac{\hat{u}(t)}{u(t)} + \frac{\pi}{2} \{2 - \text{sign}(\hat{u}(t)(1 + \text{sign}(t)))\} + 2\pi L(t)$, де $L(t)$ - ступінчаста функція.

3. Визначення та аналіз методичної похибки $\Delta\Phi(t) = \Phi(t) - \Phi_0(t)$ для різних k .

Вихідні данні модельного експерименту: $U_0 = 1$ В, $f = 1$ Гц, $\varphi = 0$, $T_C = 3$ с, $T_d = 10^{-2}$ с, при $k_1 = 301/3$, $k_2 = 299/3$, $k_3 = 100$. Графіки функції $\Delta\Phi(t) = f(k)$ наведені на рис.1.

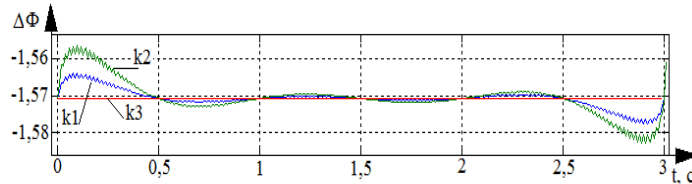


Рис. 1. Графік функції $\Delta\Phi(t) = f(k)$.

Аналіз графіків показав, що у випадку цілочисленого значення k методична похибка практично зникає, наприклад, для $k = 100$ ця похибка не перевищувала 10^{-15} .

Ключові слова: дискретне перетворення Гільберта, фазова характеристика сигналу, методична похибка.

УДК 621.314:621.391

ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ В БЕЗЭТАЛОННОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

¹)Гильова О.А., ¹)Еременко В.С., ²)Павленко Ж.О., ¹)Національний авіаційний університет,
²)Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна

Разработка и изготовление эталонов, используемых при контроле композиционных материалов низкочастотными акустическими методами в большинстве случаев не представляется возможным в силу следующих причин:

- обширной номенклатуры дефектов в композитах;
- существенных различий в размерах дефектов, их форме и расположении;
- характера возникновения дефекта – производственный или эксплуатационный.

Поэтому, в последнее время для контроля композиционных материалов применяются методики, основанные на безэталонных методах дефектоскопии. В этих методах диагностическим признаком является изменение статистических характеристик параметров информационных сигналов – математического ожидания, дисперсии, закона распределения и др. В качестве решающих правил в безэталонной дефектоскопии в основном используются критерии проверки статистической однородности значений информационного признака, полученные в различных зонах контроля.

Так как в большинстве случаев априорно не известны законы распределения информативных признаков, то в докладе проведен анализ наиболее распростра-

ненних непараметрических критериев проверки экспериментальных данных на однородность: Андерсена, Вилкоксона, Мана-Уитни, медианного.

В качестве информационных сигналов использовались импульсы силы ударного взаимодействия, полученные при контроле сотовых панелей с заполнителем типа ИСП-1 и обшивкой на основании стеклоткани Т42/1-76 методом низкоскоростного удара. Моделями дефектов являлись зоны с повреждениями, нанесенными точечными ударами с энергией от 2,0 до 5,1 кДж. Для исследуемых информационных сигналов, полученных в зонах с различной степенью повреждения, были рассчитаны спектральные разложения по дискретным функциям Хаара. По энергетическому критерию выделены первые 9 спектральных коэффициентов, так как они несут более 90% общей энергии импульсного сигнала. С помощью исследуемых критериев были проведены сравнения выборок, соответствующих бездефектной зоне и зонам с дефектами. Все критерии позволяют выявить неоднородности между выборками. Наиболее мощным оказался критерий Андерсена, так как рассчитанное значение статистики практически в 10 раз превышало пороговое для доверительной вероятности 0,95, а наименее мощным - критерий Уилкоксона, кроме того он является наиболее трудоемким.

Ключевые слова: безэталонная дефектоскопия, критерии однородности.

УДК 519.24

ПІДВИЩЕННЯ ПРОМЕНЕВОЇ РОЗДІЛЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ДЕФЕКТОСКОПІВ

¹⁾ Куц Ю.В., ¹⁾ Донченко О.В., ²⁾ Цапенко В.К., ¹⁾ Національний авіаційний університет,
²⁾ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна

Ультразвукова дефектоскопія матеріалів та виробів найчастіше ґрунтується на луна методі, який полягає у випромінюванні в об'єкт контролю (ОК) ультразвукових хвиль, прийомі відбитих від дефектів (неоднорідності) хвиль та аналізі часу проходження коливань до дефекту. В цьому випадку дефекти, що розташовані в границях акустичного тракту і на невеликій відстані один від одного можуть давати один відбитий сигнал і не розрізнятись [1]. Така ситуація наведена на рис.1, на якому зображено взаємне розташування ОК з дефектами та п'єзоелектричний перетворювач ПЕП.

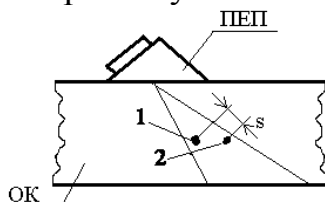


Рис.1. Взаємне розташування ПЕП та ОК з дефектами

У випадку, коли відстань між дефектами становить $s \leq 0.5v\tau_i$, де v - швидкість розповсюдження ультразвукової хвилі в матеріалі ОК, τ_i тривалість зонduючого імпульсу, відбиті від дефектів 1 і 2 імпульси співпадають у часі.

В доповіді розглянуто один з варіантів підвищення променевої розрізняючої здатності ультразвукових дефектоскопів, який ґрунтується на аналізі фазової характеристики сигналів ультразвукової дефектоскопії [2].

Суть запропонованого способу полягає в тому, що визначається фазова характеристика відбитого від дефектів сигналу, а наявність в ОК двох близько розташованих дефектів та затримка розповсюдження сигналу до них визначається по часовому положенню моменту спотворення фазової характеристики відбитого сигналу відносно зонduючого імпульсу. Спотворення фазової характеристики (для гармонічних сигналів заповнення – її відмінність від лінійної функції) відбувається в моменти накладання у часі декількох відбитих від дефектів імпульсів.

В доповіді наведені результати моделювання задачі ультразвукової дефектоскопії виробів для різних умов прозвучування ОК різного взаємного розташування дефектів та їх ефективних діаметрів, наведені рекомендації щодо підвищення надійності та вірогідності ультразвукового контролю.

Ключові слова: ультразвукова дефектоскопія, фазова характеристика сигналу.

Література

1. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник; Под ред. В.В. Клюева. -М.: Машиностроение, 1995. -488 с.
2. Патент України на корисну модель №18441. Спосіб ультразвукового вимірювання товщини багат шарових матеріалів та виробів. В.С. Єременко, Ю.В. Куц, О.В. Монченко – Опубл. 15.11.2006.- Бюл. №11, 2006.

УДК 534.86

АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЕФЕКТОСКОПУ АКУСТИЧНИМ МЕТОДОМ

Серій К.М., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Автоматичне дистанційне визначення координат просторового положення об’єктів дозволяє вирішити чимало проблем в техніці, але є край необхідним для сучасного неруйнівного контролю, в якому сьогодні широко використовується праця оператора (дефектоскопіста) для вручну виконання контролю матеріалів елементів конструкцій з допомогою традиційних (не автоматизованих) дефектоскопів. Автоматичний запис координат положення вимірювального перетворювача (ВП) дефектоскопу з відміткою координат виявленого дефекту дозволив би усунути суб’єктивність контролю і, що дуже важливо, надав би можливість об’єктивно виконувати моніторинг стану матеріалу елементів конструкцій.

В роботі показана можливість автоматичного визначення координат вимірювального перетворювача дефектоскопу шляхом вимірювання часових затримок ультразвукових коливань, що спеціально випромінюються з корпусу вимірювального перетворювача і сприймаються приймачами розташованими на певній базі вимірювання.

Метою даної роботи є аналіз точності визначення координат, що для спрощення виконується на прикладі роботи системи автоматичного визначення двохмірних координат. Збудник і приймачі ультразвукових коливань виконані на основі пластини з ЦТС-19 з діагональною поляризацією. При подачі на пластину збудника імпульсу напруги в цій пластині виникають хвилеподібні коливання. При закріпленні однієї грані пластини інша грань має порівняно велику амплітуду коливань. Для збудження коливань у повітрі до цієї грані приєднана тонка пластинка з алюмінію, що коливаючись з частотою 40 КГц діє на повітря, як поршень.

Визначене затухання ультразвукового сигналу робочої частоти 40 КГц при максимальному віддаленні збудника коливань від приймачів. Враховуючи, що можливі розміри зони сканування поверхні вимірювальним перетворювачем дефектоскопу може становити 4 м² максимальна відстань між збудником і приймачем становитиме до 2.5 м. Використовуючи дані про затухання ультразвукового сигналу частоти 40 КГц у повітрі на довжині шляху розповсюдження 2.5 м визначаємо затухання - 0.182 рази, коефіцієнт подвійного перетворення збудника і приймача коливань становить 0.5. Сумарне затухання становить 0.067. Тому при напрузі збудження коливань 3 В сигнал на виходах приймачів коливань матиме амплітуду 0.2 В.

Ключові слова: часові затримки, коливання, точність.

УДК 620.179

КОРЕЛЯЦІЙНИЙ ВИМІРЮВАЧ ШВИДКОСТІ НА ОСНОВІ ЕФЕКТУ ДОПЛЕРА

Баженів В.Г., Галаган Р.М., Друзенко Н.В., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

Ефект Доплера широко застосовується в технічній та медичній діагностиці для визначення швидкості потоку рідини за відомим зсувом доплерівської частоти. В процесі контролю корисний сигнал зашумлюється, що впливає на точність вимірювань.

В роботі розроблено кореляційний вимірник швидкості, що дозволяє визначати частоту доплерівського зсуву при малих співвідношеннях сигнал/завада. На рисунку наведена структурна схема системи, яка містить: генератор гармонійного сигналу (1), ключову схему (2), випромінюючий (3) та приймаючий (4) перетворювачі, блок керування (5), аналогова керована лінія затримки (6), підсилювач (7), синтезатор частоти (8), змішувач (9), набір аналогових ключів (10), модулятор (11), АЦП (12) та мікроконтролер (13).

Робота системи виконується в два етапи. На першому етапі за допомогою керованої лінії затримки 6, модулятора 11, АЦП 12 виконується побудова кореляційної функції (КФ), кожна точка якої визначається за рахунок посилення

нового радіоімпульсу. При цьому ключ 10.1 розімкнено, а 10.2 – замкнено. Визначивши максимум КФ, знаходиться час затримки. Цей час вноситься в лінію затримки і фіксується.

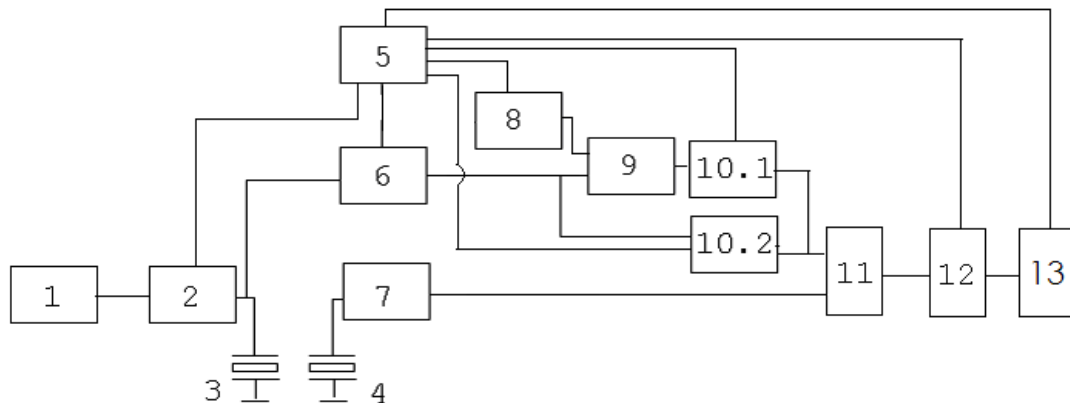


Рис. Структурна схема кореляційного вимірювача швидкості

На другому етапі ключ 10.1 замкнео, а 10.2 – розімкнено. Знову будується кореляційна функція; при цьому відбувається компенсація частоти Доплера в опорному сигналі за допомогою синтезатора частоти (СЧ) 8 та змішувача 9. Визначивши максимум нової КФ фіксують значення частоти СЧ, що буде відповідати частоті доплерівського зсуву. Метод дозволяє підвищити точність вимірювань при малих співвідношеннях сигнал/завада.

Ключові слова: кореляція, ефект Доплера, ультразвук.

УДК 621.179

ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ЗАЗОРУ МІЖ ЕЛЕКТРОМАГНІТНО-АКУСТИЧНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ТА ОБ'ЄКТОМ КОНТРОЛЮ НА ПОХИБКУ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСУ

Лігоміна С.М., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», г. Київ, Україна

Для вирішення завдань акустичної тензометрії для вимірювань часу розповсюдження ультразвукової хвилі традиційно застосовують п'єзоелектричні перетворювачі. Щоб компенсувати низку чутливості змін швидкості до напружень, потрібна ретельна підготовка поверхні з метою зменшення впливу на результати вимірювання контактного шару.

Безконтактні вимірювання з використання електромагнітно-акустичних перетворювачів значно спрощують процедуру вимірювань, зменшують час та витрати.

При збудженні акустичних коливань в об'єкті з допомогою електромагнітно-акустичних перетворювачів виникає фазовий зсув між струмом, створеним в котушці індуктивності перетворювача та струмом, який виникає у самому об'єкті контролю. Зміна зазору приводить до зміни індуктивності перетворювача, що в свою чергу приводить до змін фазового зсуву. Зміна фазового зсуву

змінює часову затримку, що приводить до похибок у вимірюванні часу розповсюдження ультразвуку між перетворювачами.

Існує декілька способів зменшити вплив даного фактору на результати вимірювання. Наприклад, вимірювати індуктивність перетворювача або зміну частоти сигналу для оцінки змін індуктивності, вираховуючи зміну індуктивності або використовувати декілька приймачів, з'єднаних послідовно, вимірюючи фазовий зсув між сигналами першого та другого приймачів.

Пропонується для зменшення даного ефекту використовувати опір з'єднувальних провідників випромінювача, як джерело сигналу, який подається на приймач.

В цьому випадку при зміні індуктивності випромінювача фазовий зсув між струмом в ланцюгу випромінювача та в ланцюгу приймача буде майже постійною величиною і буде визначатись величиною індуктивності приймача, яка є значно більшою індуктивності випромінювача. При вимірюванні різниці фази між імпульсом, що випромінюється та прийнятим імпульсом дана похибка усувається майже повністю.

Запропонована схема включення перетворювача дозволяє спростити конструкцію вимірювача швидкості ультразвуку. В електромагнітно-акустичних перетворювачах виникає фазовий зсув між струмом який створений в котушці індуктивності перетворювача та струмом, який виникає у самому об'єкті контролю.

Ключові слова: електромагнітно-акустичні перетворювач, зазор, похибка вимірювання часу, компенсація змін фазового зсуву.

УДК 658.518.54

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ МЕХАНИЗМОВ КАК ОСНОВНОЙ ЭТАП ТОиР ПО ФАКТИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

Петренко В.Е., Чердынцев О.А., Олейник П.Б., Лебига С.А., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

На сегодняшний день одним из злободневных вопросов является переход действующей системы регламентного технического обслуживания и ремонта вращающихся механизмов к техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР) по техническому состоянию. Одним из основных элементов ТОиР по техническому состоянию является внедрение системы мониторинга технического состояния.

Авторами была разработана и внедрена на АЭС Украины система мониторинга технического состояния вращающихся механизмов. Система состоит из анализатора спектра DC-2111 и программного пакета детального диагностического мониторинга.

Данная система позволяет: автоматизировать процесс контроля за вибрационным состоянием машин, своевременно выявить отклонение в состоянии ма-

шины; идентифицировать зарождающийся дефект на ранней стадии, прогнозировать развитие дефектов, контролировать качество ремонтных работ и др.

Ключевые слова: мониторинг технического состояния, вибродиагностика, ТОиР по фактическому состоянию.

УДК 621.317

АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НАДТРАСОВОЇ ДІАГНОСТИКИ ІЗОЛЯЦІЇ ТРУБОПРОВІДІВ

Мухлін С.М., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

На даний час біля 35% магістральних трубопроводів України експлуатується більше двадцяти років, що вимагає підвищеної уваги до їх надійності і технічної безпеки. Тому актуальність проблеми неруйнівного контролю і діагностики ізоляційного покриття нафтопроводів та газопроводів не викликає сумнівів.

Стандартизована методика визначення технічного стану ізоляційного покриття трубопроводів, що заснована на методі визначення потенціалів, непридатна для застосування у підводному середовищі та ґрунтах з великою вологістю. Тому визначення якості ізоляційного покриття у цих умовах можлива тільки із застосуванням індукційного методу.

Недолік індукційного методу полягає у використанні в якості опорного змінного струму ненульової частоти в трубопроводі, що викликає втрати струму за рахунок розподіленої ємності та індуктивності труби. Із збільшенням вологості ґрунту або різким погіршенням якості ізоляційного покриття вплив розподілених параметрів на форму сигналу та результати вимірів складає значну частину похибки вимірів. Для зменшення похибки необхідно використовувати додаткову обробку вимірюваного сигналу, а це неможливо без застосування обчислювальної техніки у складі апаратури.

Запропоновано у апаратний комплекс для надтрасової діагностики ізоляційного покриття включити кишеньковий комп'ютер (КПК) з відповідним програмним забезпеченням, яке дозволяє за прийнятний час безпосередньо на об'єкті обробляти вхідний сигнал та виділяти з нього необхідні корисні складові. Для визначення якості ізоляційного покриття рекомендовано використовувати сигнал змінного струму спеціальної форми, що містить одночасно дві змінні складові різних частот. Використовуючи даний сигнал на стороні приймача під час обробки можна визначити еквівалентний вплив розподілених параметрів трубопроводу на сигнал змінного струму, який може бути різним на всій довжині трубопроводу. Цей підхід дає змогу скоротити похибку вимірювання до мінімуму і підвищити точність вимірювання при збільшенні числа контрольних точок.

Висновки: 1. Застосування КПК у складі апаратури дозволяє використовувати систему GPS для визначення координат вимірювання та автоматичного

складання документації на персональному комп'ютері. 2. КПК враховує вплив розподілених параметрів трубопроводу. 3. Модифікованість програмного коду дозволяє гнучко керувати процесом вимірювання сигналу.

Ключові слова: ізоляційне покриття трубопроводу, неруйнівний контроль, кишеньковий комп'ютер (КПК).

УДК 622.24.05-159

ІМПУЛЬСНО-ФАЗОВІ УЛЬТРАЗВУКОВІ СИСТЕМИ ТЕНЗОМЕТРІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Лігоміна С.М., Баженов В.Г., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», г. Київ, Україна

Залишкові напруження (ЗН), які виникають при виготовленні деталей машин та їх експлуатації значно знижують ресурс, тому проблема визначення ЗН в об'єктах контролю (ОК) з метою їх оцінки є дуже актуальною.

Серед існуючих методів контролю ЗН одним з найбільш перспективних є ультразвуковий метод, в якому для оцінки залишкових напружень використовують зміну швидкості розповсюдження ультразвуку. Під дією напружень швидкість змінюється в дуже незначних межах, що значно збільшує вимоги до похибок вимірювань швидкості. При виконанні прецизійних вимірювань швидкості на реальному об'єкті виникає низка проблем. Однією з найбільш складних проблем є вплив на результати вимірювань контактного шару.

Використання для ультразвукової тензометрії безконтактних електромагнітно-акустичних перетворювачів (ЕМАП) вирішує дану проблему.

При застосуванні ЕМАП, за рахунок зменшення коефіцієнту перетворення, збільшення тривалості імпульсу, звуження частотного діапазону та низького відношення сигнал-завада, розповсюджені методи вимірювань не забезпечують потрібну точність вимірювань.

Застосування імпульсно-фазових методів, які визначають фазову швидкість розповсюдження ультразвуку усуває також вплив дисперсії на результати вимірювань. Використання даних методів створює проблеми, пов'язані з визначенням фазового зсуву радіоімпульсного сигналу, неоднозначністю фазових вимірювань.

Для вирішення даної проблеми пропонуються застосування інформаційно-вимірювальних систем, які реалізують цифрові способи визначення фазової швидкості ультразвуку на основі імпульсно-фазового методу з використанням багатошкільних методів усунення неоднозначності фазових вимірювань і методики їх застосування в ультразвуковій тензометрії для визначення залишкових напружень.

Ключові слова: ультразвукова тензометрія, електромагнітно-акустичний перетворювач, імпульсно-фазові методи, інформаційно-вимірювальні системи

УДК 622.24.05-159

ВПЛИВ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ УЛЬТРАЗВУКА НА ТОЧНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ НАПРУГ

Лігоміна С.М., Баженов В.Г., Петрик В.Ф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна

Задача визначення залишкових поверхневих напружень є дуже актуальною, оскільки від величини останніх значно залежить міцність та залишковий ресурс конструкцій та машин. Один з найбільш перспективних методів для визначення поверхневих напружень є ультразвуковий метод, в основі якого лежить зміна швидкостей розповсюдження хвиль Релея під впливом напружень.

Для оцінки двохосового стану поверхневих напружень Гузем О.М. та іншими и запропоновано вирази

$$\sigma_{11}^0 - \sigma_{33}^0 = A_R \left[\frac{C_{Rx_1} - C_{R0}}{C_{R0}} - \frac{C_{Rx_3} - C_{R0}}{C_{R0}} \right] (1), \quad \sigma_{11}^0 + \sigma_{33}^0 = B_R \left[\frac{C_{Rx_1} - C_{R0}}{C_{R0}} + \frac{C_{Rx_3} - C_{R0}}{C_{R0}} \right] (2)$$

$\sigma_{11}^0, \sigma_{33}^0$ - головні напруження, що діють вздовж осей x_1 та x_3 в поверхневому шарі, $C_{R0}, C_{Rx_1}, C_{Rx_3}$ - швидкості поверхневих хвиль Релея в тілі без напружень, в напруженому тілі в напрямках дії двох взаємно перпендикулярних напружень x_1 та x_3 відповідно, A_R, B_R - коефіцієнти акустопружного зв'язку, визначенні експериментально. В статті проведено аналіз виразів (1),(2) з урахуванням впливу на результати вимірювань похибок вимірювання швидкостей та похибок розрахунку експериментально визначених коефіцієнтів акустопружного зв'язку.

Отримано вирази та побудовано залежності похибки вимірювань поверхневих напружень від похибок вимірювань швидкостей, похибок розрахунку коефіцієнтів акустопружного зв'язку, сформульовано вимоги до вимірювального обладнання.

Ключові слова: ультразвукова тензометрія, похибка вимірювання швидкості

УДК 519.673

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В СХЕМОТЕХНІЦІ

¹⁾Павлов В.Г., ²⁾Юрченко О.В., ¹⁾Національний авіаційний університет,
²⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна

Вирішення прикладних завдань схемотехніки на сучасному рівні неможливе без застосування методів комп'ютерного моделювання. Програми САПР електроніки широко використовують в своїй роботі інженери-розробники, по ним відбувається навчання майбутніх фахівців у ВУЗах. Зокрема, можна виділити наступні категорії програмних продуктів такого напрямку:

- моделювання структурних схем;
- моделювання змішаних аналого-цифрових пристроїв;
- моделювання мікроконтролерів і мікропроцесорних пристроїв;
- синтез програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС);
- проектування печатних плат і підготовка їх до виробництва.

Добре відомі такі спеціалізовані програми як «Labview», «Simulink», «Electronics Workbench», які моделюють роботу електронних схем з відображенням вихідних сигналів в цифровому вигляді або осцилограмами. Окремий клас програм («MicroChip», «MAX+PLUS II» «Proteus Pro» «AVR Studio» і ін.) дозволяють проводити відладку програмного забезпечення мікропроцесорів, мікроконтролерів і ПЛІС в режимі віртуального програмування. Декілька меншу популярність мають програмні засоби для проектування електронних модулів і вузлів на топологічному рівні («PCAD», «ORCAD»). Для опису схем компоновки елементів використовують топологічні рівняння. Всі сучасні засоби САПР електроніки припускають графічне введення схеми проекту, після чого генеруються списки з'єднань, необхідних для програм моделювання і розробки печатних плат.

Відомо, що компоновка електронних елементів є багатовимірним оптимізаційним завданням, де як варіанти розглядається взаємне розташування елементів. Для розрахунку кількості можливих варіантів компоновки авторами пропонується використовувати відоме представлення еквівалентної електронної схеми у вигляді направленої графа, дуги якого відповідають гілкам схеми. Потім з графа формується фундаментальне покриваюче дерево, і на його основі будується М-матриця, стовпцями і рядками якої є гілки та хорди дерева. Проте, при синтезі схеми зворотне перетворення не завжди є однозначним. Для деяких М-матриць можна побудувати декілька графів, і, відповідно, синтезувати декілька електронних схем, еквівалентних по електричних характеристиках, але різних по компоновці елементів, з яких вибирається найбільш оптимальна.

Ключові слова: математичне моделювання, САПР, проектування схем, топологічні рівняння.

УДК 681.883.2 (045)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА БЕТОНА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Черняев А.А., Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина

Ультразвуковой метод нашел широкое применение в строительной отрасли при контроле качества строительных конструкций, при их изготовлении на предприятиях строительной индустрии.

Ультразвуковыми колебаниями называются такие механические колебания, частота которых лежит за верхним порогом слышимости человеческого уха. За

нижний предел ультразвука условно принята частота колебаний 15 кГц, а за верхній - 10 МГц. Распространение ультразвуковых колебаний в различных веществах зависит от их состава, структуры и свойств на кристаллическом и молекулярном уровне. Различают продольные и поперечные колебания ультразвуковой волны. В газах и жидкостях могут распространяться лишь продольные ультразвуковые волны, а в твердых телах - как продольные, так и поперечные волны. В твердых телах могут возникать также изгибные и поверхностные волны. В твердых телах помимо продольных и поперечных волн могут распространяться волны сжатия (растяжения), крутильные и поверхностные волны. Если контролируемая среда является бесконечно большой, то в ней возникают только два основных типа волн – продольные и поперечные.

В строительной практике среду условно считают «бесконечно протяженной», если она удовлетворяет двум требованиям:

- когда длина ультразвуковой волны на порядок меньше размеров контролируемой среды, в любом направлении;
- когда влияние повторно отраженных волн от границы среды пренебрежимо мало (например, вследствие затухания волны или при специальных режимах импульсного излучения).

Скорость распространения ультразвука в бетоне может быть найдена с помощью установки, в состав которой входят: генератор, вырабатывающий кратковременные импульсы; ультразвуковой излучатель; ультразвуковой приемник; регистратор времени прохождения ультразвука.

Скорость распространения ультразвука в бетоне может изменяться в пределах от 2000 до 5500 м/с. Такой разброс этого параметра обусловлен влиянием различных факторов. Наиболее существенными среди них являются: плотность и возраст бетона, условия твердения, объем и тип заполнителя, показатель водоцементного отношения, влажность бетона, температура наружного воздуха, процент армирования в железобетонных конструкциях, напряженное состояние в контролируемом изделии.

Ключевые слова: качество, строительные конструкции, бетон.

УДК 620.179

УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ШТАНГЕНЦИРКУЛЬ

*Галаган Р.М., Грузін С.В., Кащич М.В., Самозвон А.В., Цапек В.К.,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

Ультразвукові товщиноміри знаходять широке застосування в різних галузях промисловості. З їх допомогою вимірюють товщини виробів з металів та неметалів.

Звичайні ультразвукові товщиноміри мають суттєвий недолік: для точного визначення товщини контрольованого зразка необхідно знати швидкість роз-

повсюдження ультразвукових хвиль в матеріалі зразка. Якщо вона заздалегідь невідома, то необхідно попередньо визначити цю швидкість на стандартному зразку (з відомою товщиною), що має такі ж характеристики, як і контрольований зразок. Тобто як мінімум один раз необхідно проводити налаштування приладу для вимірювання товщини нових зразків з невідомою швидкістю розповсюдження ультразвукових коливань.

У роботі розглянуто спосіб визначення товщини зразків, що базується на використанні ультразвукового штангенциркуля. Ультразвуковий штангенциркуль складається з штанги, контактних губок (одна з яких рухома, а інша – ні), рухомої рамки, нахильного п'єзоперетворювача, блоку обробки сигналу та індикаторного блоку. У матеріалі штанги поблизу нерухомої губки робиться насічка невеликої глибини, що орієнтована перпендикулярно осі штанги. Зразок встановлюється між двома губками і зафіксовується. За допомогою нахильного п'єзоперетворювача створюється поверхнева ультразвукова хвиля, що розповсюджується вздовж ненавантаженої поверхні штанги. Хвиля відбивається від насічки і повертається до п'єзоперетворювача. Сигнал з виходу п'єзоперетворювача подається на вхід електронного блоку обробки інформації.

Геометричний розмір об'єкту, що вимірюється, визначається наступним чином:

$$h = \frac{C \cdot t}{2} + h_0$$

де C – відома швидкість ультразвуку в матеріалі штанги (м/с),

t – вимірний час затримки (с),

h_0 – систематична помилка (постійна відстань), що визначається при калібруванні ультразвукового штангенциркуля та вноситься програмно в формулу визначення розміру h . Перевага даного способу в тому, що необхідно знати швидкість ультразвуку лише у матеріалі штанги.

Ключові слова: ультразвук, товщинометрія.