



**ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА**

НАЗВА ПРОЕКТУ

**ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ  
ТА МОНІТОРИНГУ ВІДПОВІДАЛЬНИХ  
ОБ'ЄКТІВ МАШИНОБУДУВАННЯ,  
ЕНЕРГЕТИКИ ТА ТРАНСПОРТУ**

## МЕТА ТА ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ

**Мета НДР** – розробка інформаційних технологій контролю та моніторингу в задачах проектування автоматизованих систем підтримки прийняття рішень про стан відповідальних технічних об'єктів. Для того щоб досягнути цієї мети необхідно мати:

- 1) математичні моделі, які поєднують технічні параметри об'єктів з вимірюваннями фізичних параметрів;
- 2) надійні технології отримання фізичних параметрів, які характеризують стан об'єкта;
- 3) математичні моделі вимірів як багатовимірних нестационарних процесів;
- 4) алгоритми і програми обробки багатовимірних нестационарних процесів і формування даних для підтримки прийняття рішень про стан об'єктів моніторингу.

**Завдання** – розробка математичних моделей, алгоритмів і обчислювальних програм обробки вимірів неруйнівного контролю, в тому числі отриманих голографічним способом, підготовки та візуалізації даних для оцінки стану технологічних об'єктів.

## ІДЕЇ, ГІПОТЕЗИ ТА ЗАДАЧІ

Стан об'єктів характеризується вектором технічних параметрів, які змінюються у часі. Прямі або побічні виміри технічних параметрів являються багатовимірними випадковими процесами у часі і просторі. Моніторинг і діагностичне супроводження має своєю метою виявлення, оцінку і прогноз змін технічних параметрів шляхом обробки вимірювань фізичних параметрів, отриманих засобами і методами неруйнівного контролю. В сучасних умовах подальше підвищення ефективності контролю і прогнозування стану можливо на основі досягнень високих інформаційно-вимірювальних технологій, пристосування яких в задачах комп'ютерного моніторингу і діагностичного супроводження потребує свого наукового забезпечення. Проблемним запитанням цієї задачі являється її математичне забезпечення. Труднощі контролю технічних об'єктів, які знаходяться в експлуатації, складаються з того, що це – динамічні системи, вимірювальні параметри яких по своїй фізичній природі являються нестационарними випадковими функціями часу і простору, які залежать не лише від технічного стану безлічі блоків, вузлів, ланок, механізмів, матеріалів, але і від зовнішніх факторів (часу доби, дня тижня, пори року, погодних умов, тривалості і інтенсивності експлуатації та інше).

Математичне забезпечення в НДР було направлено на вирішення наступних задач:

- 1) створення математичних моделей об'єктів моніторингу – залежностей між вимірюваннями і технічними параметрами, які характеризують стан об'єктів;
- 2) аналіз вимірів і формування їх моделей як нестационарних випадкових сигналів;
- 3) формування функцій нестационарностей як поточних статистичних портретів об'єктів контролю;
- 4) виявлення і оцінка змін (аномалій) функцій нестационарностей;
- 5) формування і візуалізація даних для систем підтримки прийняття рішень.

## ІДЕЇ ТА ГІПОТЕЗИ

Відповідно до технічного завдання метою науково-дослідної роботи є підготовка даних для автоматизованих систем підтримки прийняття рішень при стан технічних об'єктів підвищеної небезпеки. До них належать:

- бурильні труби нафтогазового сортаменту при проходці глибоких свердловин (3-5 км) під час підйомно-спускових робіт;
- суцільнокатані залізничні колеса швидкісних потягів при їх виробництві й експлуатації;
- оператори автоматизованих систем контролю й керування технічними об'єктами підвищеної небезпеки.

Розробка інформаційних технологій здійснювалась на основі експериментальних досліджень параметрів, що характеризують якість контрольованих об'єктів, їх аналізу, статистичної обробки, побудови математичних моделей і формування правил прийняття рішень про їх стан або зміну стану.

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

### **Нова інформаційно вимірювальна технологія контролю й моніторингу бурильних труб**

Запропонована, досліджена й реалізована нова двохетапна інформаційна технологія ультразвукового контролю й моніторингу бурильних труб: на першому етапі шляхом сканування труби двоканальним дефектоскопом вирішується завдання виміру сигналів донного і дефектного каналів і їх запам'ятовування, а на другому етапі здійснюється безеталонна обробка вибірок вимірів і формування даних для підтримки рішень про стан труби.

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

Виходячи з аналізу результатів вимірювань обгрунтовані математичні описи їхніх статистичних закономірностей моделями гама-розподілу, розподіл багатовимірною вектора і модулюючих перешкод - бета-розподілом імовірності. Запропоновані алгоритми формування вирішальних правил виявлення і оцінки дефектних ділянок труб.

Для виявлення і оцінки зміни внутрішніх залишкових напружень і структури металу труб, що знаходяться в експлуатації, запропоновані і досліджені алгоритми порівняння вибірок вимірювань шляхом їх сумарно-різницевого вейвлет-перетворення і формування вирішальних правил на основі непараметричних критеріїв зсуву і масштабу Буша-Вінда і Клотца, критерію виявлення трендів Фостера-Стюарда і критерію Холіна. Досліджена чутливість цих критеріїв до змін статистичних закономірностей, параметрів законів розподілу ймовірності і вплив на можливості виявлення змін обсягу вибірок вимірювань.

На рис. 1 показані фрагменти вибірок вихідних вимірів труби з дефектом і їх нормовані сумарно-різницеві вейвлет-перетворення. Сумарне (низькочастотне) перетворення містить виміри від дефектних ділянок труби, різницеве (високочастотне) - це структурні шуми, що містять інформацію про розвиток мікротріщин і структурі металу. Новизна даної технології підтверджена патентом України. Результати досліджень використані в Полтавському відділенні Українського геологорозвідувального інституту для розробки методик ультразвукового контролю й моніторингу бурильних труб бурових колон під час підйомно-спускових робіт.

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

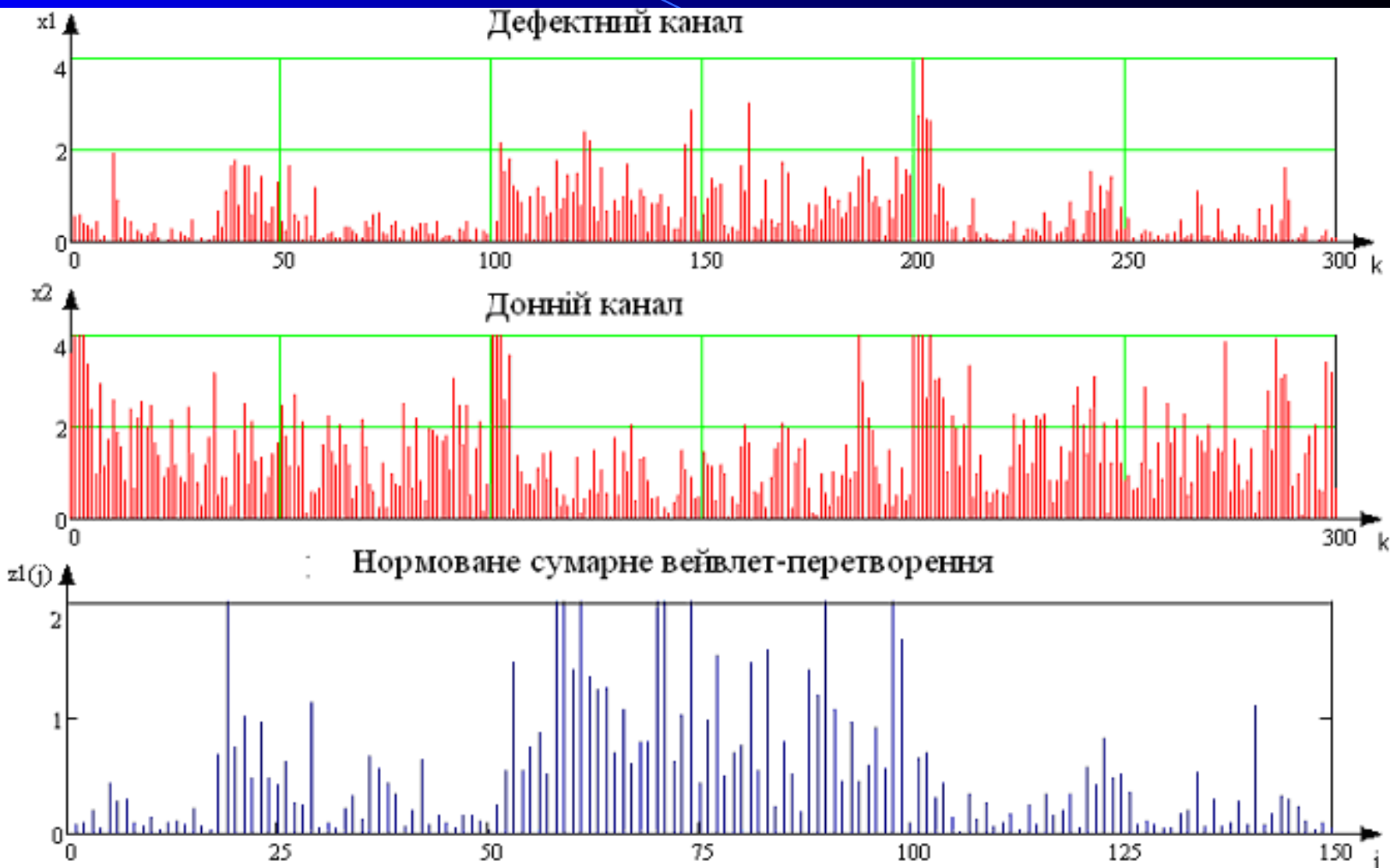


Рис.1. Фрагменти вибірок вихідних вимірів труби з дефектом і їх нормовані сумарно-розносні вейвлет-перетворення

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ



Рис.1. (продовження) Фрагменти вибірок вихідних вимірів труби з дефектом і їх нормовані сумарно-розносні вейвлет-перетворення

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

### Нова інформаційно - вимірювальна технологія дослідження внутрішніх залишкових напружень суцільнокатаних залізничних коліс

Основні технологічні операції, що впливають на залишкові напруження в суцільнокатаних залізничних колесах, - це операції формотворення (штампівка та прокатка) а також термічна обробка, саме тому задача контролю та моніторингу залишкових напружень в залізничних колесах є важливою для удосконалення технології виробництва, що є необхідною умовою для забезпечення високої якості, тобто конкурентоспроможності, продукції вітчизняних виробників залізничних коліс.

З використанням ультразвукового методу контролю на ВАТ „Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод” (м. Дніпропетровськ) були отримані та проаналізовані внутрішні залишкові напруження більше 100 коліс декількох типів (по 5 вимірювань у 25 точках на колі обода). На основі аналізу вимірів досліджені їхні статистичні закономірності, обґрунтовані моделі законів розподілу вірогідності помилок вимірювань, середніх значень вимірів в одній точці, їх розподіл на колі колеса і оцінки середніх значень вимірів множини однотипних коліс. Установлено, що розкид оцінок середніх значень вимірів для однотипних коліс як інтегральних показників їх залишкових напружень більший у декілька разів ніж оцінки розкиду середніх значень кожного окремого колеса. Це означає, що кожне колесо унікальне, оскільки має свій розподіл напружень на колі, своє середнє значення і свій розкид вимірів. Запропоноване двохпорогове вирішальне правило контролю залишкових напружень коліс за критерієм мінімуму вартості ухвалення помилкових рішень. Одержані розрахункові формули для порогів порівняння, значення яких залежать від помилок вимірювань і розкиду залишкових напружень в однотипних колесах.

На рис. 2 показані гістограми інтегральних оцінок напружень 100 однотипних коліс, та гістограми розкиду вимірювань в одній точці, середніх значень в одній точці та похибок вимірювань в одній точці.

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

Гістограма розкиду середніх значень напружень 100 однотипних коліс

Гістограма розкиду вимірювань залишкових напружень у кожній точці

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

Гістограма розкиду середніх значень напружень у кожній точці

Гістограма похибок вимірювань у кожній точці

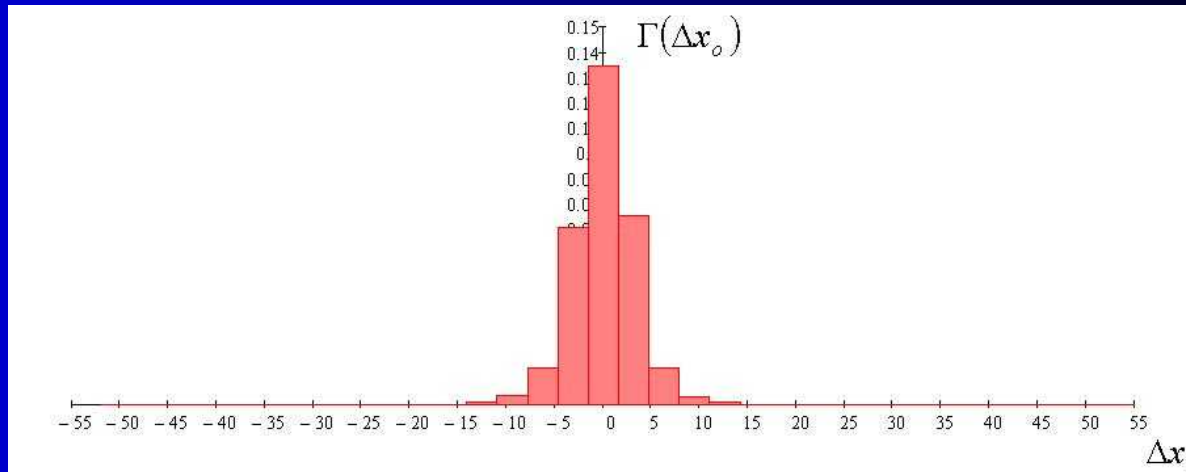


Рис. 2. Гістограми інтегральних оцінок напружень 100 однотипних коліс, та гістограми розкиду вимірювань в одній точці, середніх значень в одній точці та похибок вимірювань в одній точці.

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

Розроблена голографічна технологія визначення залишкових напружень в масивних тілах, складовою частиною якої є обчислювальна скінченоелементна програма визначення компонентів залишкових напружень в масивних тілах за інтерференційними портретами місця деструкції. Від існуючої нова технологія відрізняється тим, що базується на алгоритмі розв'язання зворотної задачі теорії пружності. З практичної точки зору це дає можливість використовувати інформацію з всього інтерференційного портрету, а не з двох або чотирьох його точок, як було раніше. Крім того, нова технологія не прив'язана до певної голографічної схеми. Відпрацювання розробленої технології на прикладі залізничного колеса довело її працездатність.

### **Нова інформаційно-вимірювальна технологія комп'ютерного психометричного тестування операторів автоматизованих систем контролю і управління.**

Психометричне тестування операторів автоматизованих об'єктів і систем контролю та управління, які працюють із приладами або комп'ютерами і мають сприймати і перетворювати подумки цифрову інформацію, дозволяє значно зменшити вірогідність виникнення суб'єктивних помилок, що зустрічаються на практиці і мають негативні наслідки.

У ході виконання даної НДР були розроблені математичні методи опису відомих психометричних знакових тестів шляхом введення стимульних функцій, ключів тестів і результатів тестування у виді функцій прийняття рушень і функцій часу реакцій випробуваних на кожний стимульний вплив. За допомогою математичних методів опису тестів побудований програмний комплекс психометричного тестування операторів автоматизованих систем управління. Розроблені алгоритми обробки результатів комп'ютерного варіанту тестування за знаковими тестами, що дозволяє оцінити увагу і працездатність операторів автоматизованих систем управління і контролю, тобто знизити вірогідність прийняття помилкових рішень. Результати роботи використані Академією митної служби України для професійного тестування співробітників та курсантів.

## ОТРИМАНІ ПАТЕНТИ

1. Патент України на корисну модель №32575 МПК 6 G01B 9/021 Спосіб неруйнівного голографічного контролю багат шарових конструкцій / Ю. В. Сохач, В.Ф. Рожковський, О.Т. Кудреватих, Н.О. Куїнн. – Дніпропетровський національний університет. – Опубл. 26.05.2008.

2. Рішення від 24.03.09 про видачу патенту України на винахід по заявці №a200612820 МПК 6 G01B 9/021 Спосіб визначення переміщень поверхні об'єкта / Ю. В. Сохач, В.Ф. Рожковський, Н.О. Бузька. – Дніпропетровський національний університет.

3. Патент України на корисну модель №41632 МПК 2009 G01L 7/00 Мембранний манометр вимірювання малого тиску / . В. Сохач, В.Ф. Рожковський, О.Т. Кудреватих, В.Г. Тихий, О.Л. Аліньков.- №u200901241 Заяв. 16.02.2009; Опубл. 25.05.2009 // Бюл.№10.

4. Пат.85809 Укр. МПК 2009 G01N 29/04 Спосіб безеталонного виявлення місць розташування дефектів в металевих деталях, що містять дефекти / С.М. Клименко, О.В. Мозговой, В.П. Малайчук. - №a200807837 Заяв. 09.06.2008; Опубл. 25.02.2009 // Бюл.№4.

## ПОТЕНЦІЙНІ СПОЖИВАЧІ СТВОРЕНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

- ДП ВО „Південний машинобудівний завод ім. О.М. Макарова” при створенні двигунів ракетноносіїв та елементів шасі літаків;
- ВАТ „Мотор-Січ” при створенні автоматизованих технологій неруйнівного голографічного контролю елементів авіаційних двигунів;
- НДІ Гірничої механіки ім. М.М. Федорова, при розробці заходів забезпечення безаварійної роботи шахтного обладнання.