

## **ВІДГУК**

*офіційного опонента на дисертацію*

**Кропачек Ольги Юрїївни**

**«Теоретичні основи аналізу і синтезу комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем діагностування динамічних нестационарних об'єктів»,  
що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
за спеціальністю 05.13.05 — комп'ютерні системи та компоненти**

### ***Актуальність теми дисертаційної роботи.***

В комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних системах (КІВС) діагностування значна частина об'єктів мають динамічні нестационарні властивості. Такі об'єкти зустрічаються у різних прикладних застосуваннях, наприклад, в системах медичного та технічного діагностування, при аналізі термодинамічних процесів в технологічних агрегатах та енергетичних установках та інш. Слід відмітити, що застосування КІВС діагностування об'єктів з динамічними нестационарними властивостями обмежується недостатньою вірогідністю діагностичних рішень. Тому поставлена у роботі науково-практична проблема підвищення вірогідності діагностичних рішень шляхом усунення недосконалості та обмеженості теоретичного обґрунтування при створенні комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем діагностування таких об'єктів є актуальною. У дисертаційній роботі для її вирішення створені теоретичні основи аналізу і синтезу КІВС на базі інформаційних технологій первинних і вторинних системних перетворень сигналів, що дозволило вдосконалити контрольно-діагностичне забезпечення комп'ютеризованих систем, знизити економічні витрати на розробку структур інформаційно-вимірювальних систем та програмного забезпечення відповідних обчислювальних процедур.

### ***Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій.***

Новизна дисертації полягає в постановці і вирішенні проблеми підвищення вірогідності діагностичних рішень в умовах нестационарних динамічних сигналів для ІВСД.

Автором уперше запропоновано:

- метод оцінки змін швидкості математичного очікування потужності вібросигналів на основі застосування диференційних перетворень для одномодельних статистик накопичених сум, що дозволило підвищити якість оцінки;

- метод виявлення параметричних змін в моделях періодичної нестационарності вібросигналів на основі застосування частотно-часових моментів взаємносектральної кореляції між одномодельною та продиференційованою статистиками накопичених сум;

- математичні моделі коваріаційного розкладання двомірних частотно-часових моментів взаємносектральної кореляції вібросигналів, що дозволило збільшити число первинних статистично незалежних кореляційно-сектральних параметрів, які несуть додаткову вторинну контрольну-діагностичну інформацію щодо сектральної нестационарності вібросигналів;

- математичні моделі частотно-часових складових первинного інформативного параметру автокогерентності, які на відміну від відомих, реалізують кореляцію за зсувом квадратично перетворених вейвлет-сектрів, що дозволило підвищити чутливість до порушень сектральної нестационарності термодинамічних процесів.

- метод кореляційно-сектральної оптимізації кількості складових вектору вимірювальних динамічно-нестационарних сигналів з використанням в якості цільової функції середнього ризику прийняття статистичних рішень, що дозволило усувати зсув глобального екстремуму функції.

У роботі удосконалено:

- методи ймовірнісного аналізу математичних моделей автокогерентності для інфранизькочастотних термодинамічних процесів, що дозволило підвищити вірогідність контролю параметричної стабільності станів багатомірних термодинамічних систем;

- математична модель кумулянтного аналізу вторинного системного інформаційного перетворення на базі квадратичної дискримінантної функції при

обмеженнях обсягів первинної вимірювальної інформації, яка дозволила виключити експериментальні методи оцінювання ризиків комп'ютерної діагностики при виборі простору інформативних кореляційно-спектральних параметрів;

– метод багатомірного передбачення для статистичного планування обчислювальних процедур при багатомірній екстраполяції параметрів термодинамічних процесів.

### ***Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.***

Достовірність сформульованих наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації підтверджується строгістю доведення теоретичних посилок, коректним використанням теорії ймовірності, теорії випадкових процесів, багатомірного статистичного аналізу (регресійного, дисперсійного, коваріаційного, спектрального) та досить широкою науковою апробацією і результатами математичного, фізичного та комп'ютерного моделювання при створенні комп'ютеризованих систем контролю та діагностування і їх компонентів.

### ***Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.***

Здобувачка досить коректно використовує відомі наукові методи обґрунтування отриманих результатів, висновків та рекомендацій. Теоретична розробка проблеми, що досліджується дисертанткою, базується на критичному узагальненні наукових праць і спеціальної наукової літератури вітчизняних і зарубіжних вчених. Це дозволило виявити основні недоліки і проблеми при створенні комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем діагностування об'єктів з динамічними нестационарними властивостями, виявити шляхи досягнення мети дослідження.

Система доказів певних положень дисертації свідчить про вмотивованість роботи здобувачки, яка добре обізнана в предметному середовищі, володіє сучасними методами дослідження, детально опрацювала сучасні літературні наукові джерела по темі (266 найменувань).

Дисертація відзначається послідовністю тез і аспектів, взаємозумовленістю

концепції і результатів, чіткою постановкою задач, доказовою базою та аргументованістю. Характерною ознакою дисертації Кропачек Ольги Юріївни є комплексний підхід до вирішення проблеми дослідження. Структура дисертації розкриває головні ідеї змісту проблеми дослідження. Розділи пов'язані внутрішньою логікою і послідовністю розгляду задач. Здобувачка використовує сучасний математичний апарат для реалізації мети дослідження. Коректно поставлені та вирішені всі завдання дослідження.

Робота виконувалась на кафедрі теоретичних основ електротехніки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт, відповідно до наказів Міністерства освіти і науки України за результатами конкурсного відбору науково-дослідних робіт.

#### **Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

За темою дисертації опубліковано 44 наукових праці (2 монографії, 22 статті в фахових виданнях України та 4 в закордонних журналах; 3 патенти України; 12 матеріалів міжнародних конференцій), які цілком відображають зміст дисертаційної роботи. У цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

**Оцінка змісту дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота Кропачек О.Ю. є завершеною науково-дослідною роботою, у якій отримане нове рішення важливої науково-практичної проблеми підвищення вірогідності діагностичних рішень шляхом усунення недосконалості та обмеженості теоретичного обґрунтування при створенні комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем діагностування об'єктів з динамічними нестационарними властивостями.

За своєю структурою, обсягом і оформленням дисертація цілком відповідає вимогам до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Дисертація включає вступ, шість розділів, висновки по роботі, а також список використаних джерел та 7 додатків. Основний текст роботи викладений на 279 сторінках; містить 117 рисунків, 34 таблиці.

Дисертаційна робота та автореферат написані на високому науково-технічному рівні. Результати досліджень у достатній мірі проілюстровані графічним матеріалом, мають практичне значення, що підтверджується використанням результатів роботи на реальних даних.

Результати, що захищені в кандидатській дисертації, не виносяться на захист.

Автореферат цілком відповідає змісту дисертації та в стислій формі містить всі основні результати роботи. Дисертація та автореферат за структурою, змістом і оформленням цілком відповідають вимогам «Порядку присудження наукових ступенів».

У вступі обґрунтовано актуальність проблеми дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, наведено характеристики наукової новизни та практичного значення отриманих результатів і їхнього впровадження.

В першому розділі проведено аналіз досягнень в області ідентифікації, контролю, діагностування складних промислових об'єктів з використанням сучасних КІВС. Показано доцільність врахування динаміки змін властивостей контрольованих складних об'єктів для первинних і вторинних системних перетворень інформації в КІВС контролю та діагностування в умовах апріорної невизначеності функціональних станів. Обрані напрями досліджень, поставлені основні задачі дисертаційної роботи.

У другому розділі показана ефективність первинних вимірювальних перетворень для контролю вібросигналів. При дослідженнях використано кумулянтний аналіз ймовірнісної моделі нестационарного вібросигналу, кореляційний аналіз вейвлет-спектрів двомірної системи випадкових  $V$  - і  $W$  - статистик, міжспектральну кореляцію.

В третьому розділі досліджено особливості управління багатозонними технологічними агрегатами. Розглянуті процедури обчислення коефіцієнтів автокогерентності термодинамічних процесів і показана можливість їх використання для передбачення функціональних термодинамічних станів. Доведено можливість підвищення точності статистичного контролю теплових

процесів.

У четвертому розділі розроблено метод багатомірного статистичного аналізу квадратичної дискримінантної функції, коефіцієнти якої є випадковими оцінками первинних інформативних параметрів.

В п'ятому розділі наведені результати експериментальних досліджень процедур оптимізації за мінімумом незміщених оцінок середнього ризику, структур інформаційно-вимірювальних систем контролю та діагностування об'єктів з неусувною динамікою нестационарності вимірювальних сигналів.

В шостому розділі представлені інженерні додатки для комп'ютеризованих систем ідентифікації, контролю і діагностування складних промислових агрегатів.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані достатньо чітко і виразно та відповідають змісту дисертаційної роботи.

### ***Практичне значення отриманих результатів.***

Розроблені теоретичні основи аналізу і синтезу КІВС на базі інформаційних технологій первинних і вторинних системних перетворень сигналів створюють передумови для підвищення ефективності комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем контролю і діагностування об'єктів з апріорно невизначеними динамічними нестационарними властивостями при обмеженні на обсяги вимірювальної інформації, для зниження ризиків прийняття рішень при контролі і діагностуванні функціональних станів об'єктів та зменшення економічних витрат на розробку структур інформаційно-вимірювальних систем та програмного забезпечення відповідних обчислювальних процедур.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень впроваджено на Державній установі «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування», Державному підприємстві «Завод ім. Малишева», Харківському конструкторському бюро з машинобудування ім. О.О. Морозова, Науково-прикладному об'єднанні «Політехнік», Державному підприємстві «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації», Державній установі «Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В.Т. Зайцева», Харківському національному технічному університеті сільського

господарства ім. П. Василенка, Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут».

### ***Загальна оцінка роботи та недоліки.***

Матеріал дисертації викладений літературним стилем і відрізняється чіткістю формулювань; композиція дисертації та автореферату характеризується логічністю і послідовністю. Поставлену автором мету досягнуто, сформульовані задачі вирішено, а висновки повністю віддзеркалюють основний зміст роботи.

Разом з тим в дисертаційній роботі мають місце недоліки:

1. Перший розділ роботи є перевантаженим. Так, наведені на рис. 1.12 –1.15 дисертації зразки діагностичних систем доцільно було б винести у додатки.
2. Формулювання пунктів наукової новизни не в повній мірі відповідає існуючим вимогам.
3. У дисертаційній роботі недостатньо уваги приділено порівнянню розроблених моделей та методів з існуючими.
4. В тексті дисертації не обгрунтовано, чому саме обрано гаусівські вейвлети для отримання вейвлет-спектру (у авторефераті – тип базисних функцій не оговорено зовсім).
5. У 4 розділі дисертації недостатньо обгрунтовано вигляд дискремінантних функцій та не досліджено ефективність ризиків прийняття рішень.
6. Для негаусівської моделі сигналу запропоновано дві тестові статистики, що побудовані на основі  $\tau$ -статистики:  $V$ -статистика та  $W$ -статистика. Але у роботі не пояснено, чим саме вони відрізняються в інформаційному плані, яку з них потрібно застосовувати і в яких випадках. Чи потрібно їх, як це завжди робиться при оцінці стану об'єкту порівнювати з якимись пороговими значеннями, як власне виноситься рішення про працездатний або непрацездатний стан об'єкту?
7. Не зрозуміло, яким чином доведений чи показаний факт підвищення статистичної потужності правила прийняття рішень? (Статистична потужність правила прийняття рішень є одиниця мінус ймовірність хибної тривоги).

8. Якщо середній ризик має чітко виражений мінімум при числі показників 3-4, а збільшення їх кількості призводить до зростання середнього ризику, це може говорити про те, що діагностичні показники обрані невірні (автореферат, стор. 24 - графічні залежності). Це потребує пояснень.

9. Не зрозумілим є використання мікроконтролера MCS51, який є морально застарілим компонентом, що випускається тільки для обслуговування обладнання, де він застосований, і коштує в декілька разів вище сучасних більш досконалих мікроконтролерів.

10. Слід відзначити при оформленні дисертаційної роботи не зовсім коректне використання науково-технічної термінології, наприклад, “інформаційний базис”, “оптимізація простору інформаційних параметрів”. Також можна навести приклад некоректного речення на стор. 8 автореферату «Критеріями діагностування стану об'єкту ... служать тестові статистики». Статистики не можуть бути критерієм діагностування стану об'єкту, критерієм є знаходження статистик в певних межах, що відповідають працездатному або непрацездатному стану об'єкту, що діагностується.

11. Наявні незначні стилістичні та орфографічні огріхи при оформленні дисертації (наприклад, стор. 32) та автореферату (наприклад, стор. 30).

Наведені зауваження в цілому не змінюють загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи, яка виконана на актуальну тему, має наукову новизну, практичну цінність, є самостійною і завершеною науково-дослідною роботою і відповідає вимогам п. 9, 10, 12-14 «Порядку присудження наукових ступенів».

### ***Висновки по дисертації.***

Детальний розгляд і аналіз результатів дисертаційної роботи Кропачек Ольги Юріївни «Теоретичні основи аналізу і синтезу комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем діагностування динамічних нестационарних об'єктів», дозволяють зробити висновок, що дисертація є завершеною, цільною науковою працею, в якій отримані нові обґрунтовані теоретичні і експериментальні результати, що у сукупності вирішують важливу науково-



практичну проблему підвищення вірогідності діагностичних рішень в умовах нестационарних динамічних сигналів для КІВС. Дисертація характеризується актуальністю, необхідним рівнем наукової новизни і апробації основних положень, має значення в теоретичному і практичному відношеннях, перспективна в плані подальшого використання результатів, відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 – Комп'ютерні системи та компоненти, і, тим самим, відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Враховуючи вище наведене, автор дисертаційної роботи Кропачек Ольга Юріївна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – Комп'ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент:

директор інституту комп'ютерних систем

Одеського національного політехнічного університету

Міністерства освіти і науки України

доктор технічних наук, професор

С.Г. Антощук

Підпис д.т.н., проф. Антощук С.Г. засвідчую:

*Вчений секретар*



*В. І. Шевчук*