

## Висновки

Отримані результати дають можливість виконувати дослідницький прогноз поведінки ІРС та визначити початкові умови, які забезпечують вихід таких систем з режиму інформаційного перевантаження. Результати доповнюють існуючі методи прогнозування інформаційного обміну та переводять їх на новий якісний рівень.

## Література

1. Shapiro G., Rogers M. Prospects for Simulation and Simulators of Dynamic Systems. – New York: Spartan, 1967.
2. Кузнецов Ю.М., Скляров Р.А. Прогнозування розвитку технічних систем. – К.: ТОВ «ЗМОК» - ПП «ГНОЗИС», 2004.
3. Бичковський В.О. Нормативний прогноз поведінки системи в оточуючому середовищі/Вісник НГУУ «КПБ» Радіотехніка. Радіоапаратобудування. Вип. 35. 2007. с.30-34.
4. Пак В.В., Носенко Ю.Л. Высшая математика. – Донецк: Сталкер, 1997.

<b>Ключові слова:</b> інформація, радіосистема, перевантаження інформаційних радіосистем	
Бичковский В.А.	Bychkovsky V.A.
Прогноз поведения перегруженных информационных радиосистем	The behavior of overload information radio-systems prognosis.
Рассмотрена и проанализирована работа перегруженных информационных радиосистем. Выполнен исследовательский прогноз их поведения и определены условия выхода из режима перегрузки.	The function of overload information radiosystems is scrutinized and analyzed. Investigative prognosis it behavior is fulfill and conditions for going out from overload regime is be formed.

УДК 620.179.14

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТІ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ

*Агалиди Ю.С., Кожухарь П.В., Лебеда Д.В.*

*С целью оптимизации комплекта диагностического оборудования, выполнен эксперимент, по результатам которого получены численные оценки достоверности порогового контроля (толщины покрытия, шероховатости, структуры, состава и толщины металла тонколистовых изделий) для ряда сравниваемых вихретоковых устройств.*

## Вступлення

Достовірність контролю, визначена стандартом [1], є одним із найважливіших метрологічних показателів невідшкодування контролю. В той же час, наявні дані [2-5] не дозволяють коректно прогнозувати достовірність невідшкодування контролю, навіть у межах конкретної категорії дефектів, ввиду багатовпливовості контролю, різноманітності об'єктів і завдань контролю, різниці методик обробки даних і алгоритмів прийняття рішень. Тому оцінка достовірності контролю, для порівнюваних пристроїв і систем невідшкодування контролю, можлива тільки по відношенню до конкретних об'єктів і завдань контролю, і може бути виконана на основі аналізу результатів експериментальних досліджень. Багато завдань контролю мають комплексний характер, тобто вимагають інформації про декілька показателів якості об'єкта контролю. Так, в криміналістичній техніці, однією з характерних завдань

считается исследование происхождения (аутентичности) автомобилей, при котором, по данным контроля носителей данных (маркируемых агрегатов и узлов), принимается экспертное решение о подлинности маркировки. Известно, что вихретоковые приборы [6,7] обладают некоторой чувствительностью к комплексу исследуемых показателей качества. Этот класс приборов широко представлен на рынке средств неразрушающего контроля в разных ценовых категориях, однако, недостаточная полнота и частичная несопоставимость данных о конкретных приборах не позволяют судить о предпочтительности их применения. Все это приводит к необходимости выполнения экспериментов, результаты которых были бы достаточны для формирования практических рекомендаций по оптимальному выбору средств вихретокового контроля.

#### **Постановка задачи**

С целью оптимизации комплекта диагностического оборудования необходимо выполнение эксперимента, по результатам которого должны быть получены численные оценки достоверности вихретокового контроля качества тонколистовых изделий для ряда сравниваемых устройств. Для этого не обходимо: а) формализовать комплекс контролируемых параметров, сформировать требования к тест-объектам; б) предложить схему эксперимента и методику обработки данных; в) выполнить экспериментальные исследования, произвести обработку данных и анализ результатов.

#### **Контролируемые параметры и требования к тест-объектам**

На основании обобщения данных работ [6-8], контролируемыми параметрами объекта (пороговый контроль) при вихретоковом контроле аутентичности автомобилей являются: 1) отклонение толщины лакокрасочного покрытия от номинального (или калибровочного, которое используется в случае неизвестного номинала) значения; при этом калибровка прибора выполняется на априорно аутентичной площадке; 2) отклонение шероховатости поверхности металла от номинального (калибровочного) значения; 3) отклонение структуры и состава металла от номинального (калибровочного) значения; 4) отклонение толщины металла носителя данных автомобиля от номинального (калибровочного) значения.

В основу эксперимента по оценке эффективности сравниваемых приборов заложены тесты, позволяющие установить достоверность оценки вышперечисленных параметров контроля для сравниваемых приборов. С этой целью предложен набор исследуемых тест-объектов, воспроизводящих номинальные и пороговые значения контролируемых параметров:

1. Отклонение толщины лакокрасочного покрытия: бездефектные (Rz 12,5) пластины (1 мм) кипящей стали марки 08кп и алюминиевого сплава марки АМг с покрытием переменной толщины: номинальное значение толщины покрытия 40 мкм и пороговое значение 50 мкм.

2. Отклонение шероховатости поверхности металла носителя данных

автомобіля: бездефектні пластини (1 мм) киплячої сталі марки 08кп і алюмінієвого сплаву марки АМг з різницею шорсткості поверхню металу: номінальне значення шорсткості Rz 12,5 і порогове значення Rz 80.

3. Відхилення структури і складу металу: а) бездефектні пластини (1 мм) киплячої сталі марки 08кп з покриттям 40 мкм; призначення – опорний (для калібрування) тест-об'єкт; б) бездефектні (Rz 12,5) пластини (1 мм) з покриттям 40 мкм з різних матеріалів: сталей марки Ст3, Ст45, 65Г; алюмінієвого сплаву марки Д16Т, АМг; в) відхилення товщини металу: бездефектні (Rz 12,5) пластини киплячої сталі марки 08кп і алюмінієвого сплаву марки АМг з різницею товщиною металу: номінальне значення товщини 1 мм і порогове значення 0,5 мм (вибірка з тильної сторони).

### **Схема експерименту і методика обробки даних**

Для оцінки достовірності контролю був запропонований наступний склад порівнюваних вихретокових пристроїв: *QuaNix 8500 (Automation*, Німеччина), *μECSCAN 4097 (Metalelektro*, Угорщина), Детектор НМ 1.3 (НПФ «Спецприбор», Україна), *DEC detector SP* (НПФ «Спецприбор» Україна), Макет EC1 (розроблений на радіотехнічному факультеті НТУУ «КПІ», Україна). Процедура експерименту складалася з послідовного вимірювання контролюваних параметрів набору тест-об'єктів перерахованими пристроями. Оцінки достовірності контролю для кожного з комбінацій пристрій/об'єкт були отримані з розподілів номінального і порогового значень вимірюваних параметрів. Було перевірено гіпотезу, що ці розподіли майже не відрізняються від нормального – перевірка квантилей рівней  $\delta$  і  $2\delta$  показала, що відповідні ймовірності відрізняються не більше ніж на 0,02 від ймовірностей, отриманих для відповідних квантилей нормального розподілу. Як поріг прийняття рішення було прийнято значення, при якому помилка хибного виявлення дорівнює помилці пропуску сигналу  $P_{false} = P_{loss}$ . Значення квантиля відповідного табличним значенням квантиля [9] для нормального розподілу з параметрами (0,1) розраховувалося як:  $u_p = \frac{M_{norm} - M_{tresh}}{\delta_{norm} + \delta_{tresh}}$ , де

$M_{norm}, \delta_{norm}; M_{tresh}, \delta_{tresh}$  – математичні очікування і середньоквадратичні відхилення номінального і порогового значень вимірюваних параметрів.

### **Результати обробки експериментальних даних**

1. Оцінка достовірності контролю для відхилень товщини лакофарбового покриття (табл. 1 і 2, рис. 1).

Таблиця 1

Параметри розподілений номінального і порогового значень вимірених величин для плоскої бездефектної (Rz12,5) пластини (1 мм) кипишеї сталі марки 08кп с покриттям перемінної товщини: 40 мкм; 50 мкм.

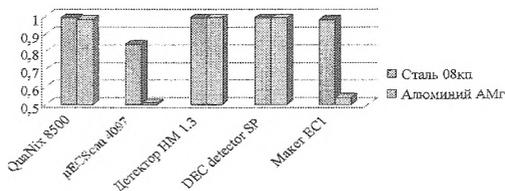
Характеристики розподілений	Обозн.	Сталь 08кп	QuaNix 8500	μECScan 4097	Детектор НМ 1.3	DEC detector SP	Макет EC1
Середнє значення	$\langle X_{norm} \rangle$	h=40 мкм Rz12,5	40,05	-0,38	531,9	0,05	0,29
СКО	$SX_{norm}$		1,04	0,48	1,73	0,22	0,1
Коефіцієнт варіації	$Cr_{norm}$	h=50 мкм Rz12,5	2,61	-129,22	0,33	435,89	33,48
Середнє значення	$\langle X_{tresh} \rangle$		49,64	-1,33	550,89	23,99	1,27
СКО	$SX_{tresh}$	Rz12,5	0,93	0,48	5,05	0,9	0,36
Коефіцієнт варіації	$Cr_{tresh}$		1,88	-36,58	0,92	3,75	28,03
Значення квантіля	$u$	-	4,85	0,98	2,8	21,42	2,17
Вероятність обнаружен.	$P$	-	0,99	0,84	0,99	0,99	0,98

Таблиця 2

Параметри розподілений номінального і порогового значень вимірених величин для плоскої бездефектної (Rz12,5) пластини (1 мм) алюмінієво-го сплаву марки АМг с покриттям перемінної товщини: 40 мкм; 50 мкм.

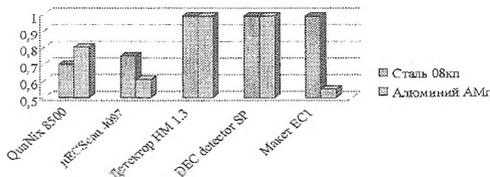
Параметр	Обозн.	Алюм. АМг	QuaNix 8500	μECScan 4097	Детектор НМ 1.3	DEC detector SP	Макет EC1
Середнє значення	$\langle X_{norm} \rangle$	h=40 мкм Rz12,5	39,39	0,32	409,37	0,05	0,42
СКО	$SX_{norm}$		1,49	0,47	6,77	0,22	0,04
Коефіцієнт варіації	$Cr_{norm}$	h=50 мкм Rz12,5	3,79	146,76	1,65	435,89	10,35
Середнє значення	$\langle X_{tresh} \rangle$		50,92	0,29	450,39	31,3	0,43
СКО	$SX_{tresh}$	Rz12,5	4,17	0,62	3,32	0,78	0,06
Коефіцієнт варіації	$Cr_{tresh}$		8,18	210,36	0,74	2,5	13,25
Значення квантіля	$u$	-	2,04	0,02	4,07	31,28	0,11
Вероятність обнаружен.	$P$	-	0,98	0,51	0,99	0,99	0,54

Рис. 1. Диаграмма вероятностей обнаружения изменения толщины слоя покрытия



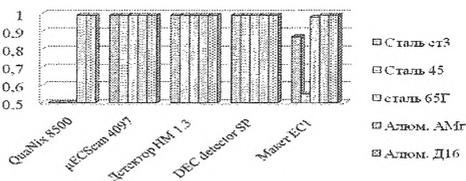
2. Оценка достоверности контроля для шероховатости поверхности металла (рис. 2).

Рис. 2. Диаграмма вероятностей обнаружения изменения шероховатости поверхности металла



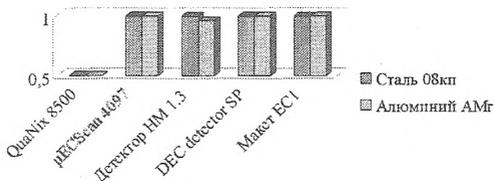
3. Оценка достоверности контроля для неоднородностей структуры и состава металла (рис. 3).

Рис. 3. Диаграмма вероятностей обнаружения изменения структуры и состава металла



4. Оценка достоверности контроля для неоднородностей толщины металла (рис. 4).

Рис. 4. Диаграмма вероятностей обнаружения изменения толщины металла



### Анализ полученных результатов

На основании анализа полученных экспериментальных данных выполнена сравнительная экспертная оценка эффективности применения приборов. Оцениваемые показатели (общий вес каждого – 15 баллов) распределялись между испытуемыми приборами пропорционально экспериментальным характеристикам (табл.3, рис.5).

Таблица 3

Сравнительная оценка эффективности приборов

№	Показатель	QuaNix 8500	μECScan 4097	Детектор НМ 1.3	DEC detector SP	Макет ЕС1
1	Достоверность контроля отклонения толщины ЛКП	5	3	1	4	2
2	Достоверность контроля отклонения шероховатости металла	0	2	5	5	3
3	Достоверность контроля отклонения структуры и состава металла	1	4	4	4	2
4	Достоверность контроля отклонения толщины металла	0	4	3	4	4
5	Дополнительные и сервисные возможности	10	2	1	1	1
6	Условный показатель качества контроля (средний балл №№1-5)	3,2	3	2,8	3,6	2,4
7	Цена, тыс. €	1,3	0,6	0,2	0,2	0,5
8	Отношение качество/цена	0,25	0,5	1,4	1,8	0,48

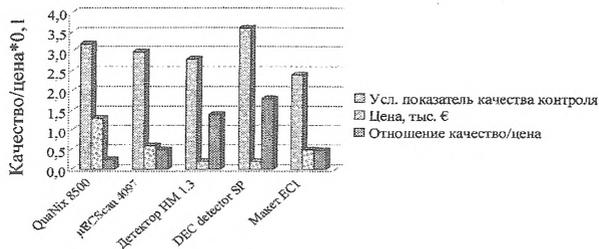


Рис.5. Сравнительная оценка эффективности применения приборов

### Выводы

Экспериментально установлено, что ни один из испытуемых приборов не обладает достаточной достоверностью контроля для комплекса контролируемых параметров. По критерию максимума достоверности контроля оптимальным является сочетание приборов *QuaNix 8500* и *DEC detector SP*. По критерию максимума отношения качество/цена, оптимально применение прибора *DEC detector SP*. Представляется перспективным техническая реализация специализированного устройства вихретокового контроля для криминалистических исследований.

### Литература

1. ДСТУ 2865-94. Контроль неруйнівний. Терміни та визначення. К.: Держстандарт України. 1995. 51с.
2. ГОСТ 21105-87. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. М.: Изд.стандартов. 1992. 17с.
3. ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.- М.: Изд-во стандартов. 1990 - 24с.
4. ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод. М.: Изд.стандартов. 1990 - 22с.
5. Роуландс Р. Остаточные напряжения.// Экспериментальная механика. Под. Ред. А. Кобояси. Кн.2. – М.: «МИР», 1990г.- С.285-335.
6. Прохоров-Лукин Г.В. Установление фактических данных об автомобилях методами криминалистических экспертиз. – К.: «Охрана труда», 2000. – 414с.
7. Нагайцев А.А. Исследование маркировочных обозначений легковых автомобилей зарубежного производства. М.: ЭКЦ МВД России, «Изд. БИНОМ», 1999г. 264с.
8. Агалиди Ю.С., Левый С.В., Прохоров-Лукин Г.В. Реализация комплексной методики криминалистических исследований идентификационных номеров автотранспортных средств на программно-аппаратном уровне // «Криминалистика и судебная экспертиза» Министерство юстиции Украины. Выпуск 51, Киев 2003.
9. Ивченко Г.И., Медведев Ю.В. Математическая статистика. М. Высш.школа. 1984г.

<b>Ключові слова:</b> вихрострумвий контроль, достовірність, розподіл значень	
Агаліді Ю. С., Кожухар П. В., Лебеда Д. В.	Аgalidi Yu., Kozhukhar P., Lebeda D.
<b>Експериментальна оцінка достовірності вихрострумвого контролю</b>	<b>Experimental assessment of validity of eddy current inspection</b>
Виконано експеримент, за результатами якого отримано чисельні оцінки достовірності порогового контролю (товщини покриття, жорсткості, структури, складу і товщини металу тонколистових виробів) для ряду вихрострумвих виробів, що порівнюються.	Experiment has been executed for the purpose of optimization of diagnostic equipment kit. Numerical values of validity of threshold inspection (of coating thickness, roughness, structure, composition and thickness of metal of light-gage goods) have been got for set of comparing eddy current devices.