

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ



МАТЕРІАЛИ
VII ФОРУМУ
**«Автоматизація, електроніка та
робототехніка. Стратегії розвитку та
інноваційні технології»**
AERT-2025

11 - 12 грудня 2025 р.

Харків 2025



Збірник матеріалів VII форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» АЕРТ-2025. – Харків, ХНУРЕ, 2025. – 105 стр.

В збірник включені матеріали VII форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» АЕРТ-2025.



VII форум «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» АЕРТ-2025 проведено кафедрами:



- мікропроцесорних технологій і систем (МТС),



- комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР).

Видання підготоване
кафедрою мікропроцесорних технологій і систем (МТС)
Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ)

61166 Україна, Харків, просп. Науки, 14

Тел. +38 (057) 755 0220

Е-mail:

oleh.zubkov@nure.ua

© Харківський
національний університет
радіоелектроніки (ХНУРЕ), 2025

РОЗРОБКА МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ

професор, д.т.н. Стрількова Т.О., Пятайкина М.І.

аспірант Патров Д.О., студент Селіванов С.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв
e-mail: tetiana.strilkova@nure.ua, mariia.piataikina@nure.ua, denys.patrov@nure.ua,
serhii.selivanov@nure.ua

Abstract. The paper addresses the relevant problem of quality control of metallic surfaces in the context of Industry 5.0. An information processing method for machine vision systems is proposed, combining spatio-temporal and entropy-based approaches. Modeling and experimental studies were conducted to detect low-contrast defects. The results confirm improved accuracy and reliability of diagnostics, contributing to the development of intelligent quality control systems in industry.

Ключові слова: технічний зір, контроль якості, металеві поверхні.

Вступ. Технології виготовлення металевих деталей вимагають високого рівня точності та надійності контролю якості. Навіть незначні поверхневі дефекти, такі як подряпини, тріщини, корозійні включення чи неоднорідності структури, можуть призвести до зниження експлуатаційних характеристик виробів, скорочення їхнього ресурсу та виникнення аварійних ситуацій у критично важливих галузях, таких як машинобудівна, авіаційна та автомобільна. Традиційні методи візуального контролю не завжди забезпечують необхідну об'єктивність та швидкість, особливо у випадках аналізу малоконтрастних дефектів, які важко виявити.

Industry 5.0 орієнтується на синергію людини та технологій, де інтелектуальні системи допомагають підвищити якість виробництва. Сучасні системи технічного зору, поєднані з алгоритмами обробки даних забезпечують автоматизований контроль якості та дозволяють виявляти дефекти (подряпини, тріщини, корозія). Застосування методів машинного навчання для класифікації типів дефектів та прогнозування їхнього впливу на експлуатаційні характеристики дозволяють підвищити точність контролю якості та здійснювати аналіз поверхонь у реальному часі, використовуючи алгоритми цифрової обробки сигналів та зображень. Водночас існуючі підходи та методи мають обмеження при виявленні малорозмірних та малоконтрастних дефектів поверхні металів. Також на точність алгоритмів можуть впливати зовнішні фактори, такі як неоднорідність освітлення та властивості матеріалу [1].

Для технічної діагностики металевих поверхонь застосовуються оптичні, радіографічні, ультразвукові, магнітні методи, а також системи технічного зору, які дають можливість за рахунок застосування просторово-часової обробки сигналів суттєво підвищити точність

виявлення дефектів [1-3]. У сучасних виробничих лініях системи технічного зору дозволяють автоматизувати перевірку продукції зі швидкістю до сотень метрів стрічки за хвилину або тисяч деталей за годину. Просторово-часова обробка забезпечує можливість виявлення малококонтрастних дефектів, відокремлення відблисків від реальних пошкоджень і стабільність роботи при змінних умовах освітлення. В роботі [4] досліджується застосування просторово-часової обробки сигналів, зокрема методу міжкадрової обробки для покращення співвідношення сигнал/шум (SNR) в системах технічного зору. Методи просторово-часової обробки враховують кореляцію сигналів у просторі та часі, що підвищує чутливість до мало контрастних дефектів і знижує кількість хибних спрацьовувань систем контролю якості [5, 6]. Апробація таких методів активно ведеться на прокатних лініях, у контролі зварних швів, виготовленні прецизійних металевих компонентів. Також важливим є використання методів статистичної обробки (Big Data) та стохастичних моделей сигналу й шуму для проектування складних систем технічного зору, особливо при виявленні дефектів, де шум, флуктуації, кореляції в часі й просторі можуть істотно впливати на результат [7, 8].

Таким чином розробка та удосконалення методів контролю якості металевих поверхонь із використанням систем технічного зору є актуальним завданням сучасної науки й промисловості, що відповідає стратегічним цілям Industry 5.0 – створення безпечного, ефективного та гуманно-центричного виробництва.

Метою роботи є розробка та дослідження методу обробки інформації для системи технічного зору, спрямованого на підвищення точності та надійності виявлення поверхневих дефектів металевих деталей шляхом поєднання методів просторово-часової та ентропійної обробки сигналів.

Об'єкт дослідження – процес контролю якості металевих деталей.

Предмет дослідження – методи та алгоритми обробки інформації в системах технічного зору для автоматизованого контролю якості виготовлення металевих деталей.

Основні завдання дослідження. Розробити метод обробки інформації, що поєднує підходи просторово-часової фільтрації та аналізу ентропії для покращення виявлення малококонтрастних дефектів.

В доповіді представлено метод обробки інформації, який поєднує просторово-часові та ентропійні підходи що дозволяє комплексно оцінювати стан поверхні та підвищити точність та надійність виявлення поверхневих дефектів металевих деталей. Такий підхід може бути використано для розвитку інтелектуальних систем технічного зору та застосовано у промислових системах контролю якості.

Опис дослідження. Моделювання методу контролю якості виготовлення металевих поверхонь проводилось в декілька етапів. *Перший етап:* енергетичний та просторовий аналіз зображень дефектів на

металевих поверхнях. Розглянуто особливості розподілу інтенсивності сигналів та просторову локалізацію дефектів. Це дозволило визначити ключові ознаки, які можуть бути використані для автоматизованого виявлення пошкоджень. *Другий етап:* моделювання зображень дефектів на металевих поверхнях. Для перевірки ефективності методів обробки було здійснено моделювання зображень дефектів різної природи (подряпини, тріщини, корозійні плями). Моделі враховували варіації освітлення, шумові впливи та геометричні особливості поверхні. *Третій етап:* розробка програмного забезпечення. Застосовано спеціалізоване програмне забезпечення, яке забезпечує генерацію модельних зображень дефектів, визначення їх параметрів та подальший аналіз. Програма дозволяє змінювати умови спостереження та застосовувати різні алгоритми обробки для оцінки їх ефективності. *Четвертий етап:* проведення експериментальних досліджень. Застосовано методи збільшення контрастності та ентропійного аналізу на модельних та реальних зображеннях.

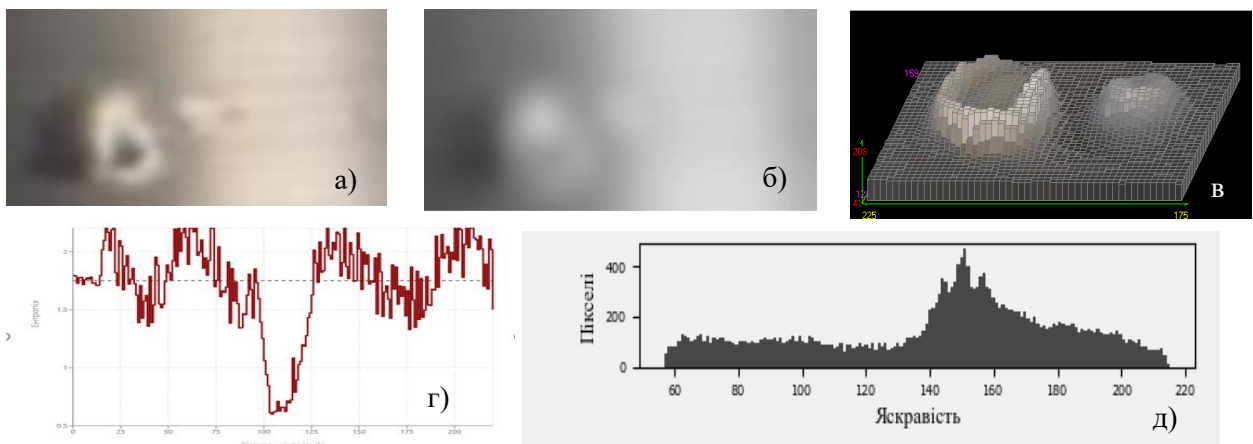


Рисунок 1. Результати візуалізації а) реальне зображення; б) модельне зображення; в) просторова гістограма дефекту прим'ятини на металевій деталі; г) ентропійний аналіз зображення; д) гістограмний аналіз зображення

Висновки. Експериментальні результати на модельних зображеннях показали, що застосування адаптивних методів дозволяє значно покращити видимість дрібних дефектів. Ефективність запропонованих методів також підтверджено на реальних зображеннях металевих поверхонь. Дослідження показали, що алгоритми локального контрасту забезпечують найкраще співвідношення між фрагментами на зображенні. Окремо досліджено застосування ентропійних методів для виявлення дефектів. Використання ентропійних показників дозволило оцінити ступінь структурної неоднорідності поверхні та виділити ділянки з потенційними

пошкодженнями. Експерименти підтвердили, що поєднання методів просторово-часової та ентропійної обробки сигналів є ефективним інструментом для автоматизованої діагностики, особливо у випадках, коли дефекти мають слабо виражені контрастні ознаки.

Список використаних джерел

1. Steger C., Ulrich M., Wiedemann C. Machine Vision Algorithms and Applications. 2nd ed. Weinheim : Wiley-VCH, 2018. 516 p.
2. Коваленко І. В., Петров С. М. Системи технічного зору в промисловості: навч. посібник. Харків : НТУ "ХПІ", 2022. 324 с.
3. Селіванов С. І., Стрількова Т. О. Візуальні методи контролю якості виготовлення металевих деталей за допомогою технічного зору // *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : матеріали 29-го міжнародного молодіжного форуму, 16–19 квітня 2025 р.* Харків : ХНУРЕ, 2025. Т. 1. С. 61–63.
4. Патров, Д. О., Стрількова, Т. О. «Оцінка ефективності оптико-електронних систем формування та обробки сигналів та зображень» // *Матеріали 29-го Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті», ХНУРЕ, 16–19 квітня 2025 р.* – С. 27–29.
5. Strelkova T.A., Lytyuga A.P., Kalmykov A.S. Statistical Characteristics of Optical Signals and Images in Machine Vision Systems Examining Optoelectronics in Machine Vision and Applications in Industry 4.0. 2021, Pages: 134-162. DOI: 10.4018/978-1-7998-6522-3.ch005.
6. Strelkova T.A., Strelkov A.I., Lytyuga A.P., Kalmykov A.S. Methods of Reception and Signal Processing in Machine Vision Systems in Examining Optoelectronics in Machine Vision and Applications in Industry 4.0., 2021, Pages: 71-102. DOI: 10.4018/978-1-7998-6522-3.ch003.
7. Патров, Д. О., Стрількова, Т. О. «Технології обробки Big Data в оптико-електронних системах з урахуванням статистичних властивостей вихідних сигналів» // *Матеріали XXIV Міжнародної науково-технічної конференції «Приладобудування: стан і перспективи», КПІ ім. І. Сікорського, Київ, 13–14 травня 2025 р.*
Пятайкина М.І., Стрількова Т.О. Інформаційні технології в діагностиці процесів дефектоутворення мікро- та наноелектронних структур / М. І. Пятайкина, Т. О. Стрількова // *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : Матеріали 29-го Міжнародного молодіжного форуму, 16–19 квітня 2025 р.* – Харків : ХНУРЕ, 2025. – Т. 1. – С. 50–52.