

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

Коляса Василь Богданович,  
Ліщишин Сергій Андрійович

УДК 608

**РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО МЕТОДУ АНАЛІЗУ ПОВЕРХНІ  
ПОШКОДЖЕНОЇ РОЗОРІЄНТОВАНИМИ МНОЖИННИМИ ДЕФЕКТАМИ**

Спеціальність 8.05020201 – Автоматизоване управління технологічними процесами

**АВТОРЕФЕРАТ**

дипломної роботи (комплексної) на здобуття освітньо-кваліфікаційного  
рівня «магістр»

Тернопіль – 2017

Робота виконана на кафедрі автоматизації технологічних процесів і виробництв факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник:**

доцент кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв, кандидат технічних наук, доцент

**Коноваленко Ігор Володимирович**

Тернопільський національний  
технічний університет імені Івана Пулюя

**Рецензент:**

кандидат технічних наук, доцент

**Тотосько Олег Васильович**, Тернопільський  
національний технічний університет імені  
Івана Пулюя

Захист відбудеться «20» лютого 2017 р. о 9.00 год. на засіданні екзаменаційної комісії у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя

Завідувач кафедри автоматизації технологічних процесів  
і виробництв, д.т.н., проф.

**П.О. Марущак**

**Актуальність теми.** Необхідність контролювати параметри пошкодженості конструктивних елементів тривалої експлуатації, стану їх поверхні, яснує як на стадії проектування так і протягом експлуатації.

Візуальний контроль поверхні не відповідає новим вимогам до точності, об'єктивності та достовірності, що зумовлює необхідність застосування автоматизованого оптико-цифрового контролю. Сучасні методи не завжди задовольняють високі вимоги до швидкості і точності аналізу пошкоджень. На сьогодні практично немає промислових експрес-методів для об'єктивного швидкого і автоматизованого визначення параметрів множинних розорієнтованих дефектів за одержаними зображеннями дефектів.

Відомі праці вчених Паніна С.В., Любутіна П.С. у яких виявлено основні закономірності накопичення внутрішніх та поверхневих пошкоджень за сумісного використання методу тензометрії та комп'ютерного аналізу зображень деформованої поверхні.

Однак, запропоновані підходи не завжди можуть бути використані для множинних дефектів складної форми. Крім проблем накопичення методичної похибки, внаслідок непрямого визначення параметрів, застосуванням вказаних підходів обмежене внаслідок відсутності чіткого критерію настання граничного стану.

Перспективним для вирішення завдань контролю є методи аналізу цифрових зображень з множинними дефектами типу тріщини, множинних корозійних пітингу тощо. Дослідження, висвітлені у працях таких вчених, як Б.П. Русин, І.В. Коноваленко, П.О. Марущак за останнє десятиліття створені теоретичні основи побудови методів аналізу зображень та розроблено відповідне методичне забезпечення таких систем, що дозволило за результатами серії знімків оцифровувати (перетворювати геометричні розміри в цифрові дані - координати точок поверхні) скановану ділянку поверхні і забезпечило швидке, паралельне і безконтактне вимірювання геометричних параметрів множинних дефектів.

Активно розробляються оптичні системи аналізу поверхонь на базі нових сенсорів з чутливими поверхневими шарами, аналізуючи які, визначають відхилення деформаційного рельєфу від «норми» і виявляють порушення цілісності матеріалу.

Зокрема, такі системи створені в національному авіаційному університеті проф. М.В. Карускевичем. Велику увагу приділено отриманню 3D-координат точок поверхні, зі створенням просторових профілографів. Відома ряд праць І.М. Закієва і В.І. Закієва в яких даним методом аналізували різні дефекти різної природи.

Незаповненою нішею в можливостях цих систем залишається визначення пошкодженості на реальних технологічних об'єктах. Це завдання є актуальною безпосередньо в процесі виробництва, а також при експлуатації, де використання інформації про деградацію поверхні матеріалу, що входить параметра програмних пакетів моделювання процесів деградації, дозволить точніше оцінити стан конструкції.

Системи автоматизованого аналізу зображень дозволяють не лише визначати дефекти поверхні і порушення цілісності матеріалу, а являє собою засіб оцінювання стану конструкції в локальних зонах, наприклад в околі концентраторів напружень. Зокрема, відсутня процедура вимірювання, який би забезпечувала відображення

стану об'єкта за кількома параметрами, а також відповідні методи обробки вимірювальної інформації для визначення пошкодження.

**Метою роботи** є розроблення науково-методичних основ і створення вимірювальної інформаційної системи на основі методу автоматизованого аналізу зображень для реалізації швидкого, неруйнівного оптико-цифрового контролювання стану матеріалів і конструкцій.

Для досягнення мети в роботі розв'язуються такі завдання:

- аналіз сучасного стану методів і засобів, що застосовуються для автоматизованого оптико-цифрового контролю;
- розроблення алгоритму вимірювання і побудови цифрового відображення сканованої ділянки зразка дискретними наборами її точок за результатами автоматизованого розпізнавання пошкоджень поверхні;
- розроблення методу опрацювання наборів даних для визначення розподілу дефектності на основі її обчислення в кожній точці аналізованої поверхні.

**Об'єкт дослідження** - вимірювальна оптико-цифрова система сканування пошкоженості поверхні деталей на основі методу аналізу зображень.

**Предмет дослідження** - процедура вимірювання і методи опрацювання даних для отримання параметрів пошкоженості контрольованого зразка, створення цифрового відображення аналізованої поверхні об'єкта.

**Методи дослідження.** Методологічною основою формування процедури вимірювання методи цифрового опрацювання зображень, а також моделювання, зокрема застосовано математичні моделі на основі апарату лінійної алгебри та аналітичної геометрії.

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми магістерської роботи, визначено мету роботи та основні завдання, що їх потрібно розв'язати для досягнення мети, сформульовано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, подано дані про апробацію роботи.

**У першому розділі** встановлено, що для гарантування якості оптико-цифрового контролю множинних дефектів слід оцінювати їх геометричну форму, наявність критичних дефектів. Відомі методи контролю є трудомісткими і суб'єктивними. Проблема відсутності засобів для швидкого оптико-цифрового контролю таких дефектів залишається невирішеною. Покращити ситуацію можливо, застосовуючи нові технічні засоби аналізу поверхні та нові алгоритми обробки одержаних зображень.

**У другому розділі**, проаналізовано процедуру вимірювання пошкоженості і запропоновано ідеї щодо вдосконалення системи та визначено очерговість операцій, які лягли в основу процедури вимірювання параметрів множинних дефектів для визначення їх просторового розташування.

Процедура, є визначальною для побудови очерговості опрацювання даних, тобто означає необхідні модулі опрацювання і визначає зв'язки між ними. Слід зазначити, що підпроцедура калібрування алгоритму виконується одноразово перед аналізом серії зразків. Запропоновані ідеї, щодо апаратного і програмного вдосконалення системи розкриваються у наступних розділах роботи.

**У третьому розділі** розглянуто створений алгоритм вимірювальної частини системи аналізу стану пошкодженої поверхні. Модель є основою для аналізу інструментальної похибки визначення параметрів дефектів, яка, в свою чергу, була взята за критерій розрахунку та вибору параметрів компонентів системи. Крім цього, проаналізовано інші складові похибки алгоритму. В розділі також використано стандартні та оригінальні методи і методики експериментальних досліджень: механічних випробувань; оптичної мікроскопії; сканувальної та трансмісійної електронної мікроскопії; теорії ймовірності; математичної статистики; безконтактної інтерференційної профілометрії.

**В четвертому розділі** розроблено систему для оцінювання параметрів оптичних зображень, яка дозволяє проводити оцінювання форми та множинних розпорошених дефектів та здійснювати їх кількісний порівняльний аналіз. Розроблено функціональну структуру системи для реалізації запропонованої процедури та побудовано її дослідний зразок. Опрацьовано адаптивне фільтрування, що покращує якість наборів даних (зниження рівня шумів і відкидання грубих промахів) і забезпечує можливість їх автоматизованого опрацювання.

**В п'ятому розділі** оцінено економічну ефективність проекту, для цього обчислено:

- 1) економічні параметри (показники прибутковості, рентабельності, окупності тощо);
- 2) науково – технічні параметри (новизна, корисність, технічний рівень, радикальність, можлива широта застосування тощо);
- 3) соціальні параметри (значимість для якості життя населення).

**В шостому та сьомому розділах** описано заходи з охорони праці, безпеки життєдіяльності та екології.

## **Висновки**

У магістерській роботі виконані дослідження, що спрямовані на підвищення достовірності оброблення оптико-цифрової інформації шляхом застосування сучасних методів та розробленої системи оцінювання параметрів множинних дефектів.

Основні теоретичні та практичні результати магістерської роботи:

- на основі аналізу стану і основних тенденцій розвитку засобів контролювання параметрів множинної пошкоженості з погляду придатності до використання в автоматизованому виробництві показано перспективність оптико-цифрового контролю на основі розроблення нової процедури вимірювання.

- розроблено нову процедуру вимірювання для визначення пошкоженості поверхні матеріалів і конструкцій, що полягає у аналізі цифрових зображень поверхні контрольованого об'єкта, збиранні отриманих наборів даних для обчислення її пошкоженості, на основі якої запропонованим методом визначається технічний стан конструкції в кожній з аналізованих точок поверхні.

## Анотація

**Коляса В.Б., Ліщишин С.А.** Розроблення автоматизованого методу аналізу поверхні пошкодженої розорієнтованими множинними дефектами. Магістерська робота (комплексна): 173 с. пояснювальної записки, 11 аркушів графічного матеріалу, 200 літературних джерел.

**Об'єкт** дослідження: оптичні зображення поверхні зразків пошкоджені втомними та корозійними пошкодженнями.

**Метод дослідження:** оптико-цифровий аналіз.

У магістерській роботі розв'язано задачу розроблення автоматизованого методу обробки сигналів та аналізу зображень за оптико-цифрового контролю стану поверхонь вкритих одиночними, або множинними дефектами, що забезпечує, підвищення достовірності оброблення діагностичної інформації шляхом застосування сучасних методів та розробленої системи оцінювання динамічних змін аналізу зображень, що дозволило автоматизувати етапи прогнозування пошкодженості і здійснювати кількісний моніторинг деградації досліджуваної поверхні.

Удосконалено алгоритм формування діагностичних ознак для оцінювання пошкоджень у вигляді множинних корозійних дефектів, в частині використання еталонів для отримання та оброблення діагностичних зображень з подальшою їх сегментацією, що дозволяє виділити ділянки зображень, які алгоритм класифікує як однорідні.

Удосконалено метод автоматичного вибору порогу фільтрування, що базується на використанні даних, які одержуються градієнтними методами і забезпечують визначення оптимального порогу, що підвищує достовірність прогнозування швидкості динамічних змін діагностичних зображень корозійних дефектів поверхні і визначає оптимальний рівень порогу за умов впливу низки збурюючих факторів.

Оцінено економічну ефективність проекту та запропоновано заходи з охорони праці, безпеки життєдіяльності та охорони довкілля.

## Summary

**Kolyasa V.B. Lischyshyn S.A.** Development of automated method of analyzing multiple non-oriented damaged surface defects. Master's thesis (complex): 173 s. explanatory note 11 pages of graphic material, 200 references.

**The object of study:** optical image sample surface damaged by corrosion and fatigue damage.

**Methods:** opto-digital analysis.

In the master's work solved the problem of development of automated methods of signal processing and image analysis by optical-digital control of surfaces covered with single or multiple defects, providing, improve the reliability of processing diagnostic information through the use of modern methods and assessment system developed dynamic changes of image analysis, allowing to automate the steps forecasting its damage and carry out quantitative monitoring of the degradation of the studied surface.

Improved algorithm of formation of diagnostic features for evaluating damage in the form of multiple corrosion defects, the use of standards for processing diagnostic images and with further segmentation that allows you to select areas of images that algorithm classifies as homogeneous.

The method automatically select the threshold filter based on the use of data derived gradient method and provide a determination of the optimal threshold, which increases the reliability of forecasting dynamic change of speed diagnostic imaging surface corrosion defects and determine the optimal threshold level for exposure conditions of a number of disturbing factors.

Reviewed the economic efficiency of the project and proposed measures for safety, life safety and environmental protection.