

ВІДГУК

офіційного опонента Роп'яка Любомира Ярославовича
на дисертаційну роботу Івасенко Ірини Богданівни
«Оцінювання неоднорідності та пошкодженості конструкційних матеріалів
методами структурно-адаптивної обробки зображень»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.02.10 – діагностика матеріалів і конструкцій

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

1.1. Актуальність теми дослідження

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-технічної проблеми в області оцінювання стану матеріалів і конструкцій. Технічна діагностика матеріалів і конструкцій об'єктів тривалої експлуатації, безпосередній доступ до яких ускладнений або неможливий, методами оброблення та аналізу їх зображень є актуальнюю. Використання методів обробки сигналів та розпізнавання образів, систем та засобів штучного інтелекту, теорії іморівності, математичної статистики, комп’ютерного моделювання, електронно-мікроскопічної металографії та фрактографії та матеріалознавства створює нові можливості підвищення ефективності методів обробки зображень.

У сучасній літературі приділяється недостатньо уваги аналізу цифрових зображень кільцевих зварних швів та оцінці похибки визначення геометричних розмірів дефектів зварних швів. Небагато робіт з локалізації та сегментації пор на зображеннях поверхні оксидокерамічних покриттів та обчислення ступеня поруватості покриття. На результати сегментації корозійних ушкоджень на зображеннях фарбованих поверхонь суттєво впливає нерівномірне освітлення та колір фарби. Тому розвиток структурно-адаптивних методів локалізації, сегментації та аналізу інформативних об'єктів на радіографічних, оптических та отриманих сканувальним електронним мікроскопом зображеннях для моніторингу і діагностики стану контролюваних об'єктів є актуальнюю науковою проблемою.

1.2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, та їхня достовірність

Тема дисертаційної роботи відповідає науковим напрямам, які виконувалися в рамках низки держбюджетних науково-дослідних робіт Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України.

Метою роботи є розроблення та підвищення ефективності застосування методів і засобів структурно-адаптивної обробки зображень, отриманих різними фізичними методами, для діагностики технічного стану матеріалів і поверхонь.

Ступінь обґрунтованості отриманих в дисертаційній роботі наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечується системним підходом і

правильністю постановки наукових задач, коректним застосуванням положень математичного апарату, зіставленням результатів теоретичних та експериментальних досліджень, а також промисловим впровадженням результатів роботи.

Дисертаційна робота Іvasенко І. Б. присвячена розробці нових та вдосконаленню існуючих адаптивних методів технічної діагностики для різних типів контролю за аналізом оптичних, рентгенографічних та отриманих за допомогою електронного сканувального мікроскопа цифрових зображень на основі використання теорії структурних елементів.

Достовірність теоретичних положень роботи підтверджується узгодженістю отриманих результатів із раніше відомими з літературних джерел, а також апробацією основних положень і отриманих результатів на науково-технічних конференціях і промисловим впровадженням результатів досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів. Під час розв'язання науково-технічних задач, які були поставлені в дисертаційній роботі Іvasенко І. Б. «Оцінювання неоднорідності та пошкодженості конструкційних матеріалів методами структурно-адаптивної обробки зображень», авторкою будо отримано ряд нових наукових результатів, серед яких, на мій погляд, найважливішими є:

1. Розроблено структурно-адаптивний метод сегментації зон зварних швів різної форми на радіографічних зображеннях. Завдяки введенню нових інформативних ознак дефектів у зоні зварного шва труб нафтогазового сортаменту побудовано метод сегментації дефектів, що підвищило імовірність правильної класифікації сферичних пор та шлаків. Розроблено методику визначення глибини дефектів за їх радіографічними зображеннями та експериментально встановлено відносні похибки визначення ширини та глибини дефектів.

2. Розроблено методику структурно-адаптивної сегментації корозійних ушкоджень на зображеннях фарбованих поверхонь довільного кольору, отриманих при нерівномірному освітленні, на основі циліндричної колірної моделіта одномасштабного ретинексу, що підвищило достовірність кількісного оцінювання площи корозійно уражених ділянок виробу.

3. Вперше розроблено 3D модель поверхневого шару алюмінієвого сплаву зміщеного частинками карбіду кремнію. Проведено моделювання для різної об'ємної концентрації частинок у поверхневому шарі на основі рівномірного розподілу. Це забезпечило можливість порівняння експериментальних і змодельованих зображень поверхневих шарів для визначення об'ємної концентрації частинок карбіду кремнію та подальше прогнозування механічних властивостей таких поверхонь. Розроблено метод визначення концентрації частинок карбіду кремнію в поверхневому шарі алюмінієвого сплаву за зображенням його перерізу.

4. Розроблено метод структурно-адаптивної сегментації зон руйнування за фрактографічним зображенням сталі на основі матриці спільної появі, що дало змогу обчислити співвідношення площ зон крихкого та в'язкого руйнування для оцінки міри деградації або зношування матеріалу.

5. Розроблено метод структурно-адаптивної локалізації та сегментації пор на зображеннях поверхні оксидокерамічних покриттів, що використовує перевірку області фону пори, чим забезпечено можливість обчислення ступеня поруватості покриття.

Цінність результатів роботи для науки і практичного використання.

Наукова та практична цінність дисертації полягає в тому, що на основі розроблених моделей створені алгоритми та програмні засоби, які підвищують ефективність кількісного аналізу зображень структури і поверхонь виробів з металевих конструкційних матеріалів, у тому числі з покриттями, отриманих під час їх контролю різними фізичними методами: радіографічними, оптичними та сканувального електронного мікроскопа, а саме:

Розроблено методику діагностування сферичних пор та шлаків з на радіографічних зображеннях зварних швів та підвищено точність визначення геометричних розмірів дефектів.;

Розроблено методику локально-адаптивної сегментації пор на зображеннях поверхні оксидокерамічних покриттів;

Розвинуто можливості аналізу заповнення частинками карбіду кремнію в поверхневому шарі алюмінієвого сплаву при лазерному армуванні;

Набув подальшого розвитку метод сегментації корозійних ушкоджень на зображеннях фарбованих поверхонь довільного кольору, отриманих при нерівномірному освітленні.

Результати роботи впроваджено у виробництво. На практиці результати досліджень використано в Угерській діагностичній дільниці Івано-Франківського територіального центру Науково-виробничого центру технічної діагностики «Техдіагаз» під час аналізу дефектності зварних з'єднань за їх радіографічними зображеннями; у Державному підприємстві Інженерний центр "Львівантікор" при аналізі зображень кородованих поверхонь; у ТзОВ Фірмі «ДІАЛАБ» ЛТД при аналізі зображень кородованих поверхонь металоконструкцій порталних кранів; у ТзОВ «ПОРТТЕХЕКСПЕРТ» для аналізу технічного стану металевих конструкцій причальних контейнерних перевантажувачів; в Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України при розробці засобів відслідковування стику двох елементів виробу в системі автоматичного управління їх електронно-променевим зварюванням.

2. АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ТА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Дисертаційна робота складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних літературних джерел і додатків, серед яких є акти впровадження результатів роботи.

У вступі подано загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, окреслено мету та задачі дослідження, сформульовано новизну отриманих результатів та її практичне значення, наведено дані про апробацію результатів роботи та публікації її основного змісту та особистий внесок здобувачки в публікаціях, зроблено короткий опис структури дисертації.

У першому розділі проведено аналіз сучасних літературних джерел, які присвячені проблемі створення автоматизованих методів обробки та аналізу зображень у неруйнівному контролі та технічній діагностиці. Проведено аналіз методів покращання цифрових радіографічних зображень, методів локалізації та класифікації дефектів зварних швів, методів текстурної сегментації фрактографічних зображень, методів сегментації кольорових зображень в задачах діагностики. Аналіз публікацій засвідчує, що необхідні завадостійкі методи опрацювання зображень. Саме їх використання має показати зменшення впливу шумів, нерівномірності освітлення в оптичних зображеннях, забезпечити якісну рентгенографію матеріалів конструкційних елементів із суттєво відмінними за товщиною ділянками.

У другому розділі запропоновано ряд методів покращання цифрових радіографічних зображень. Встановлено умови оптимального розширення динамічного діапазону рівнів сірого кольору елементів зображення під час їх обробки з використанням узагальненої моделі логарифмічної обробки зображень. Завдяки цьому досягається поліпшення якості зображень. Описано розроблені структурно адаптивні методи покращання зображень, що базуються на логарифмічній моделі представлення зображень. Розроблено алгоритм відновлення вхідного зображення з підвищением роздільної здатності, який не потребує обернення надвеликих матриць.

У третьому розділі описано ряд розроблених методів сегментації дефектів на цифрових радіографічних зображеннях кільцевих зварних швів та обчислення їх діагностичних ознак. Запропоновано та обґрунтовано підхід до сегментації радіографічних знімків, що базується на обробці масками та морфологічними операторами. Простежено ефективність його застосування для сегментації зони зварного шва, утяжин та непроварів. Шляхом введення нових інформативних ознак дефектів у зоні зварного шва труб нафтогазового сортаменту підвищено імовірність правильної класифікації сферичних пор та шлаків. Запропоновано та обґрунтовано метод визначення геометричних розмірів непроварів за канавковим еталоном чутливості на радіографічних зображеннях зварних швів. Підтверджено ефективність його застосування та встановлено відносні похибки вимірювань.

У четвертому розділі запропоновано ряд методів сегментації характерних елементів зламів сталі та обчислення їх співвідношення. Проведені дослідження показали корисність текстурної ознаки однорідності на основі матриці спільнотої появи для сегментації фрактографічних зображень.

У п'ятому розділі запропоновано ряд методів сегментації характерних елементів оксидокерамічних покриттів та лазерно модифікованих алюмінієвих сплавів. Запропоновано і обґрунтовано метод визначення кількості та розмірів поверхневих дефектів в оксидокерамічних покриттях за зображеннями поверхні. Розроблено метод аналізу зображень поверхневого шару алюмінієвого сплаву зміщеного частинками карбіду кремнію. Проведено 3D моделювання частинок карбіду кремнію різних розмірів на основі відсікання вершин куба. Здійснено моделювання для різних відсотків заповнення частинками в поверхневому шарі алюмінієвого сплаву на основі рівномірного розподілу.

У шостому розділі запропоновано ряд методів сегментації ділянок іржавіння фарбованих покриттів конструкційних матеріалів. Розроблено метод завадостійкої сегментації корозійних ушкоджень на зображеннях фарбованих поверхонь довільного кольору на основі циліндричної колірної моделі та одномасштабного ретинексу для вирівнювання освітленості. Це підвищило достовірність кількісного оцінювання площин корозійно уражених ділянок.

У висновках сформульовано основні наукові результати дисертаційної роботи. Список використаних джерел досить повний і широко охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації. У додатках наведено акти впровадження результатів досліджень у виробництво, а також список публікацій автора. Зміст автореферату відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває внесок здобувача у наукові результати та практичну цінність роботи. У представлений докторській дисертації Івасенко І. Б. не використано результатів її кандидатської дисертації.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях
За темою дисертації опубліковано 44 наукові праці, серед них 31 стаття у наукових фахових виданнях України та наукових періодичних виданнях інших держав (із них 4 статті у наукових періодичних виданнях, що включені до баз даних Scopus та WEB of Science) та 13 у збірниках праць та тезах вітчизняних та міжнародних науково-технічних конференцій. Внесок дисертанта в праці зі співавторами є вирішальним. Результати дисертаційного дослідження повною мірою опубліковано у періодичних виданнях.

Апробація результатів досліджень. Основні результати теоретичних та експериментальних досліджень дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на 13 наукових конференціях, в т.ч. на міжнародних.

3. ЗАУВАЖЕННЯ ДО ЗМІСТУ ТА ОФОРМЛЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ

Зауваження до дисертації:

1. Огляд методів обробки та аналізу радіографічних зображень займає більшу частину першого розділу. Варто було б приділити більше уваги огляду методів аналізу фрактографічних зображень та зображень поверхні, зокрема оксидокерамічних покриттів.

2. Незрозумілим є критерій вибору розроблених методів сегментації дефектів зварних швів наведених у третьому розділі.

3. Варто було б збільшити базу фрактографічних зображень в експериментальних дослідженнях для перевірки стабільності результатів сегментації.

4. У роботі розроблено метод структурно-адаптивної сегментації зон руйнування за фрактографічним зображенням сталі на основі матриці спільної появи. Було б бажано уточнити обмеження методу: роздільну здатність електронного мікроскопа, тип сталі тощо.

5. Не розглянуто вплив форми фарбованої поверхні конструкційних матеріалів на результати сегментації ділянок іржавіння, наприклад, опукла форма поверхні спотворюватиме оцінку ступеня іржавіння. В дисертації не показано, чи можна в цьому випадку користуватись запропонованими підходами.

6. У дисертації є деякі орфографічні та стилістичні помилки. Наприклад, на стор. 132 на рис. 2.19: «...одновимірного сигналу...»; підписи осей х та у наведені на полі графіків (а) та (б). На ряду зображень не вказано величину збільшення.

7. Слід було оформити охоронні документи на низку об'єктів інтелектуальної власності, які описані в дисертації (авторські права на комп'ютерні програми і винаходи на способи оцінювання неоднорідності та пошкодженості матеріалів).

Зауваження до автореферату:

1. На стор. 18 не наведено розшифрування параметрів NM у формулі (17).
2. На стор. 23 не наведено розмірності для L та d .
3. На стор. 28 вказано: «За експериментальними даними встановлено оптимальні відсотки об'ємної концентрації частинок карбіду кремнію» але не зазначено, що саме служило параметром оптимізації.

Однак ці зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаного дисертаційного дослідження та не зменшують його наукову новизну та практичну значимість.

4. ВИСНОВОК ПРО ВІДПОВІДНІСТЬ ДИСЕРТАЦІЇ ВСТАНОВЛЕНИМ ВИМОГАМ

Дисертаційна робота Іvasенко Ірини Богданівни на тему «Оцінювання неоднорідності та пошкодженості конструкційних матеріалів методами структурно-адаптивної обробки зображень» за змістом є завершеною науковою працею, в якій отримані нові наукові та практичні результати, що в сукупності вирішують важливу науково-технічну проблему в області діагностики матеріалів і конструкцій засобами обробки зображень. Дисертаційна робота повністю відповідає паспорту спеціальності 05.02.10 – діагностика матеріалів і

конструкцій, написана державною мовою та оформлена згідно з вимогами, які пред'являються до докторських дисертаційних робіт. Об'єм викладених результатів дослідень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття. Автореферат у повній мірі відображає зміст дисертації.

5. ОЦІНКА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ЇЇ ЗАВЕРШЕНОСТІ

Дисертаційна робота Іvasенко Ірини Богданівни на тему «Оцінювання неоднорідності та пошкодженості конструкційних матеріалів методами структурно-адаптивної обробки зображень» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.02.10 – діагностика матеріалів і конструкцій. Дисертація є завершеною науково-дослідною працею, яка розв'язує важливу наукову-технічну проблему, суть якої полягає у розробленні методологічних зasad побудови методів структурно-адаптивної обробки, моделювання та аналізу зображень, отриманих різними фізичними методами та створення на їх основі комп'ютеризованих засобів оцінювання стану матеріалів та елементів конструкцій. Дисертаційна робота відповідає чинним вимогам п.п. 9, 10, 12, 13 та 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою КМУ № 567 від 24 липня 2013 р., щодо докторських дисертацій, а здобувачка Іvasенко Ірина Богданівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.10 – діагностика матеріалів і конструкцій.

Офіційний опонент,

професор кафедри комп'ютеризованого машинобудування
Івано-Франківського національного
технічного університету нафти і газу,
доктор технічних наук, с.н.с., доцент

Л. Я. Роп'як

