

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи (проекту)

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Автоматизоване діагностування та опис ознак експлуатаційних дефектів газомазутного парового котла КВ-ГМ-209-150

Виконали: студенти

6 курсу групи КАмз-61

спеціальності

151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

**Федько Роман Михайлович,
Наконечний Павло Михайлович**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

проф. Марущак П.О.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

ст. викл. Козбур І.Р.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

**доц. каф. КТ
проф. Стухляк П.Д.**

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2019

РЕФЕРАТ

Федько Роман Михайлович, Наконечний Павло Михайлович

Автоматизоване діагностування та опис ознак експлуатаційних дефектів газомазутного парового котла КВ-ГМ-209-150, кваліфікаційна робота магістра, Тернопіль, ТНТУ, 2019.

Спроековано систему контролю основних параметрів при підігріві мережевої води на ТЕЦ, основний параметр до якого в проекті приділяється найбільша увага є температура пари на виході з парового котла – він є показником ефективності процесу, але також враховані і інші параметри такі як рівень води в котлі, витрата пари на виході парового котла і тиск пари в котлі. Досліджено такі дефекти парового котла, як пітінгова корозія, яка утворюється за рахунок високої температури, розраховано, за допомогою сталльної трубки, де вже утворились пітінги, вид і площу пітінга, їхню кількість і глибину.

Розроблено методи та алгоритмічні засоби обробки зображень поверхні трубок газомазутного парового котла КВ-ГМ-209-150, розпізнавання дефектів зовнішнього вигляду деградованих поверхонь, на основі оцінок їх параметрів, інваріантних до положення діагностованого об'єкту.

Експериментально обґрунтовано найбільш інформативні параметри колірного тону, текстури й контурів експлуатаційних дефектів. Проаналізовано вплив стану поверхні на розпізнавання дефектів газомазутного парового котла КВ-ГМ-209-150, які використано при оцінюванні достовірності розпізнавання дефектів.

Розглянуто підхід, який дозволяє створювати проблемно-орієнтовані та спеціалізовані експертні системи, налаштовані на певну аналізовану ділянку контрольованого об'єкту. Оцінено економічну ефективність проекту та запропоновано заходи з охорони праці, безпеки життєдіяльності та охорони довкілля.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Обґрунтування економічної ефективності	доц. Дмитрів О.Р.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	доц. Тотосько О.В. ст. викл. Клепчик В.М.		
Екологія	доц. Лясота О.М.		
Нормоконтроль	ст. викл. Козбур І.Р.		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Наконечний Павло Михайлович

(прізвище та ініціали)

проф. Марущак П.О.

Керівник проекту (роботи)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництва
Освітній рівень магістр
(шифр і назва)
Спеціальність 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АВ
проф. П.О. Марущак
« ____ » _____ 2019р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Федьку Роману Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Автоматизоване діагностування та опис ознак експлуатаційних дефектів газомазутного парового котла КВ-ГМ-209-150

Керівник проекту (роботи) проф. Марущак Павло Орестович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «10» жовтня 2019 року № 4/7-898

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 24.12.2019р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Фотозображення дефектів, характеристики газомазутного парового котла КВ-ГМ-209-150

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина; 2. Технологічна частина; 3. Конструкторська частина; науково-дослідна частина; 5. Спеціальна частина; 6. Техніко-економічне обґрунтування; 7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; 8. Екологія; Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Види корозії та методи її автоматизованого діагностування; 2. Застосування цифрових технологій до діагностування корозійних дефектів; 3. Цифрові методи діагностування корозійних пошкоджень; 4. Об'єкт діагностування корозійних пошкоджень; 5. Оптико-цифрові зображення та цифровий опис дефектів; 6. Вплив фільтрування зображень на визначену форму та глибину дефектів; 6. Оптико-цифрові зображення та цифровий опис дефектів; 7. Цифровий профіль перерізу пітингів; 8. Топологія поверхні пітингів; 9. Відношення діаметрів до глибини пітингів; 10. Застосування Origin Pro 9.1

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічна частина	доц. Дмитрів О.Р.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	доц. Тотосько О.В. ст. викл. Клепчик В.М.		
Екологія	доц. Лясота О.М.		
Нормоконтроль	ст. викл. Козбур І.Р.		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Федько Роман Михайлович

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

проф. **Марущак П.О.**

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Корозія. Види корозії	9
1.2. Рентгенографія	12
1.3. 3D-оптичний мікроскоп	14
1.4. Аналіз дефектів методами оптичної мікроскопії	15
1.5. Аналіз фотографій для виявлення тріщин і корозії для автоматизованої перевірки морських кораблів	17
1.5.1. Виявлення корозії базоване на її кольорі (Colour-based Corrosion Detector)	17
1.5.2. Виявлення корозії розбиттям на зони з підвищеною шорсткістю	18
1.5.3. Об'єднання методів фільтрування кольорів та розбиття на зони	19
1.6. Фототермальний метод виявлення пітингів	20
1.7. Патенти на винаходи, що стосуються деградації деталей і вузлів	24
1.8. Порівняння ефективності оптичної мікроскопії, 3D мікроскопії, рентгенографії та фототермічної камери	29

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Пікова водогрійна котельня та мережеві насоси	33
2.2. Хімводоочистка	33
2.3. Деаератори	34
2.4. Управління і автоматика	37
2.5. Технологія вироблення енергії на ТЕЦ	38
2.6. Опис технологічного процесу	42
2.7. Котел KB-ГМ-209-150	45
2.8. Датчик для вимірювання тиску	46
2.9. Датчик для вимірювання температури термopара TXA-9505	47
2.10. Датчик для вимірювання витрати TIDALFLUX IFM	48
2.11. Датчик для вимірювання рівня BM4012	51
2.12. Трубка металева. Сталь 20 (легована)	52

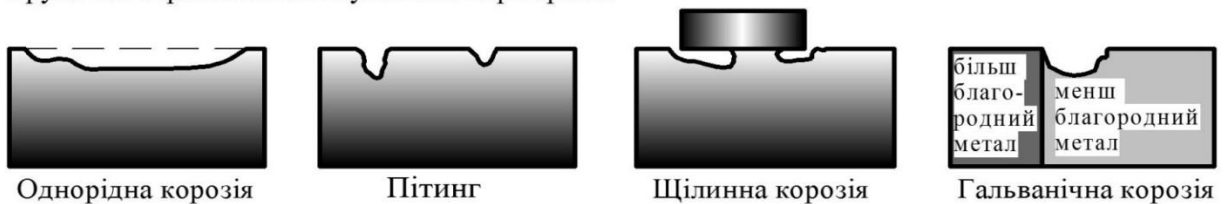
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	
3.1 Дослідження фільтрів каналів кольорів для зображень	54
3.2. Дослідження впливу фільтра Гауса на якість вихідних даних	58
3.3. Дослідження перерізу пітингів	63
4. НАУКОВА ЧАСТИНА	67
5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	
5.1 Програмний пакет OriginPro 9.1	70
5.1.1. Інструмент Image Profiles	71
5.1.2. Інструмент Contour Profiles	73
5.2. Порівняння каналів RGB та 8-бітної градації сірого	74
5.3. Визначення площі ураженої пітинговою корозією	75
5.4. Перетворення розмірності зображень з пікселів у мм	81
6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	
6.1. Оцінка техніко-економічної ефективності	86
6.2. Абсолютна величина економічного ефекту	87
7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	90
8. ЕКОЛОГІЯ	95
ВИСНОВОК	100
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	102

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

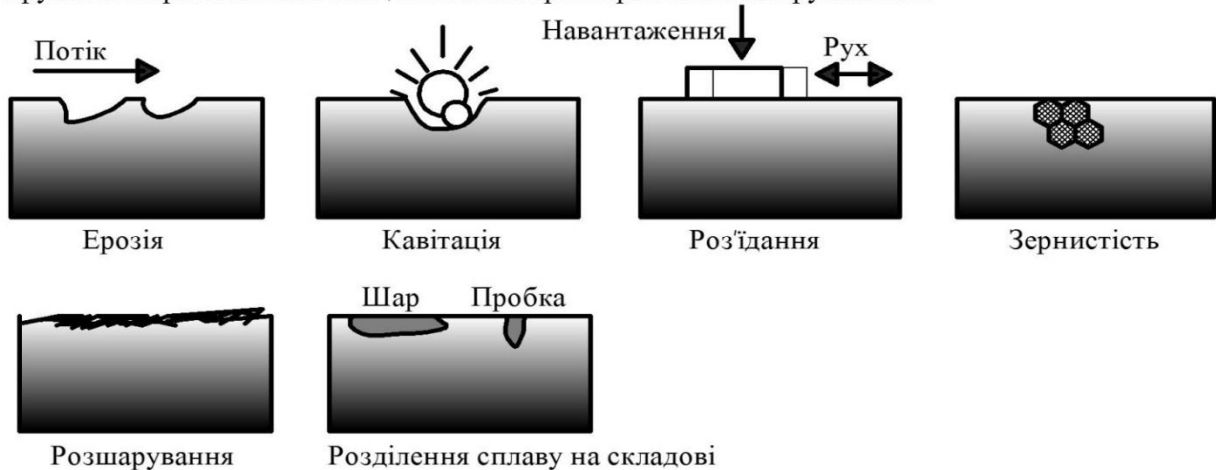
1.1. Корозія. Види Корозії

Корозія металів - процес хімічного руйнування металів і сплавів при їх взаємодії з зовнішнім середовищем: повітрям, водою, розчинами електролітів тощо. Розрізняють два види корозії: хімічну і електрохімічну. На рис. 1.1 показані характерні прояви різних видів корозії.

Група 1: Розрізняються візуальною перевіркою



Група 2: Розрізняються з спеціальними перевіряючими інструментами



Група 3: Розрізняються при перевірці мікроскопом

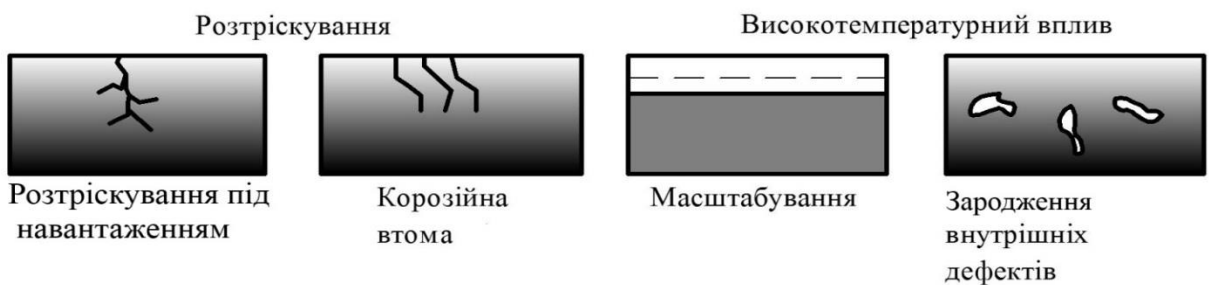


Рис. 1.1. Види корозії

Зображений на рис. 1.2 зразок труби знаходився під впливом хлороводню (HCl) та є наочним відображенням шкоди, яку може завдати пітингова корозія.



Рис. 1.2. Зразок труби покритий пітинговою корозією

Труднощі виявлення пітингової корозії:

- Різні форми пітинга (отворів);
- Невелика втрата ваги;
- Не можна використовувати вимірювання товщини;
- Невеликі ямки важко візуально спостерігати;
- Продукти корозії можуть маскувати пітинги.

На рис. 1.3 зображені можливі форми пітингів. Форма пітингів залежить від матеріалу деталі та середовища в якому вона експлуатується.

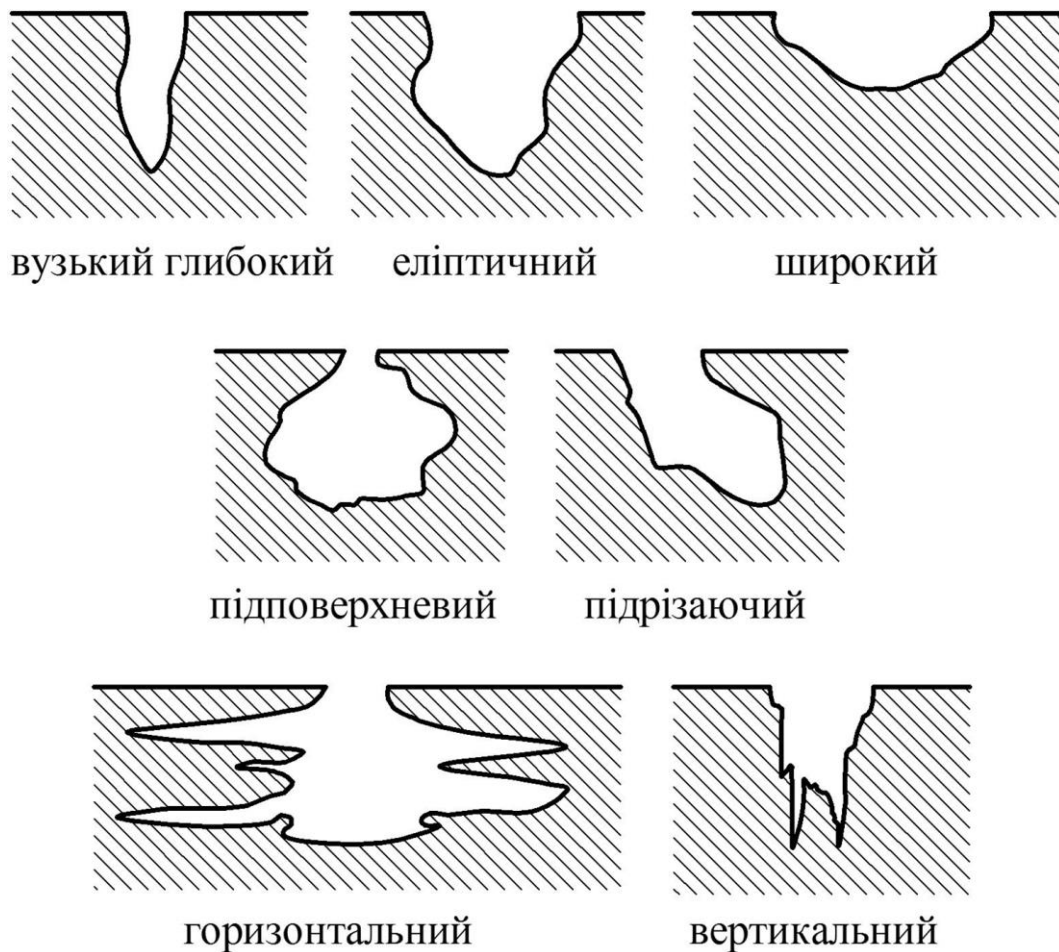


Рис. 1.3. Можливі форми пітингів

Проблеми кількісної оцінки точкової корозії.

Точковою корозією є локалізований тип корозії у вигляді ямок, які можуть зароджуватись і поширюватись надзвичайно швидко. Найчастіше корозійні дефекти нержавіючої сталі зумовлені впливом хлоридів. Визначення точкової корозії є важливою науковою проблемою. Точкова корозія визначається різними способами, наприклад: вимірювання середньої глибини ямок, максимальне вимірювання глибини ямок, товщини стінки що залишилися і ураженої точковою корозією ділянки [1].

Вимірювання середньої глибини ямки ускладнене тим, що існує статистична варіація в глибині ямки. Є великий розкид розмірів пітингів в межах аналізованої площі, що з точки зору середньої глибини ямки має вирішальне значення. Вимірювання максимальної глибини ямки має певні обмеження.

Порівнявши три найбільш поширені методи виявлення корозії: оптичної мікроскопії, 3D оптичної мікроскопії та рентгенографії показало, що з-поміж інших методів рентгенографія має високу роздільну здатність та є потужним і простим засобом для виявлення точкової корозії як з точки зору глибини ями так і відсотку ураженої області. Цей метод дозволяє подолати загальні проблеми такі як великий розкид результатів виявлення дефектів та високих особистих зусиль і економічних витрат з низькою відтворюваністю у інших методів.

1.2. Рентгенографія

Цифрова рентгенографія є одним з найстаріших методів неруйнівного контролю, що використовувався з самого початку як метод моніторингу для виявлення дефектів та корозії в багатьох промислових системах. Рентгенівські промені генеруються за допомогою спеціальних високовакуумних трубок (рентгенівських труб). Під дією електричного струму трубка випромінює проникаючі пучки випромінювання, відомі як рентгенівські промені.

Промінь з рентгенівського пристрою проникає в матеріал і, залежно від типу та товщини матеріалу інтенсивність променя на виході змінюється. Для калібрування та стандартизації рентгенівської машини використовується клин зображений на рис. 1.4 б). Крім того, коли об'єкт має різну товщину та оцінюється рентгенографією, то для калібрування також використовують клин. За допомогою рентгенографії також можна визначити розміри деталі.

На рентгенівському знімку найтонша частина зразка викличе темне зображення у той час як найтовстіша частина, де інтенсивність променя на виході була низькою викличе яскраве зображення. Принцип цифрової рентгенографії показаний на рис. 1.4.

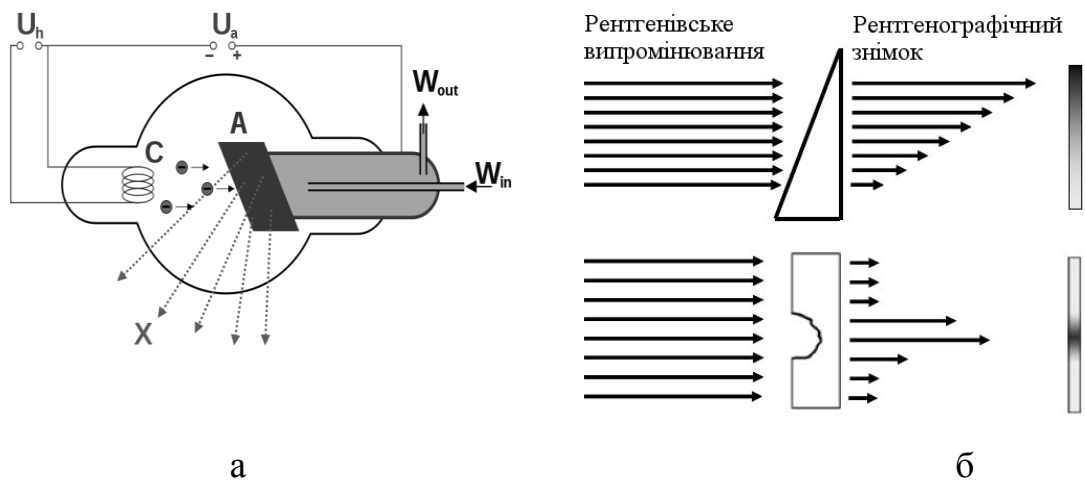


Рис. 1.4. Радіографічний образ калібрувального зразка та зразка з дефектом, де С-катод; А-анод; W-подача та вивід води для охолодження пристрою

Рис. 1.5 показує зразок і його рентгенівські зображення з двома різними фільтрами.

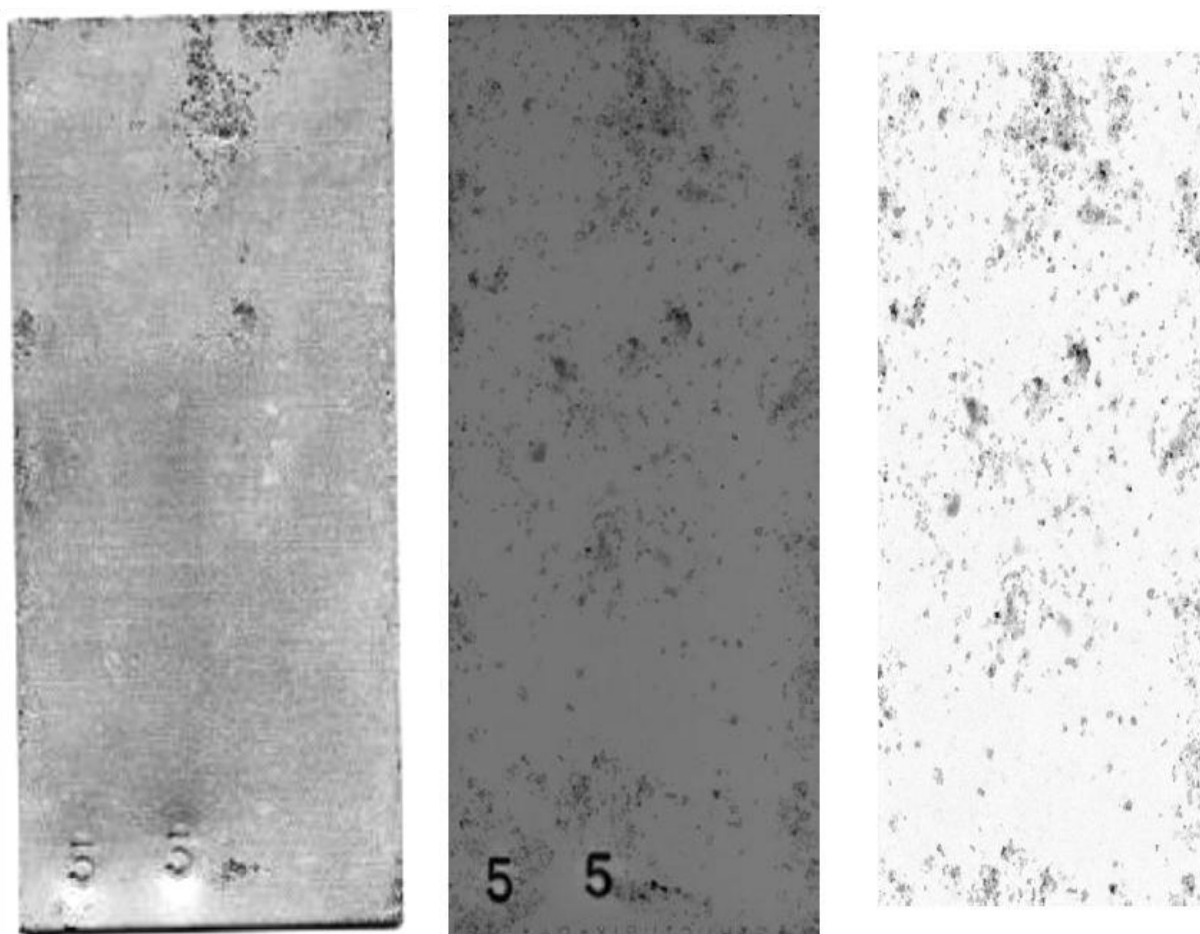


Рис.1.5. Зразок з корозією та його рентгенографічні зображення

Ймовірність ямок, які утворюються на поверхні зразка також можливо розрахувати за статистичним методом крайнього розподілу значення. Розвиток

теорії екстремальних значень для програм машинобудування надав можливість математично передбачити найглибший корозійний вплив у великій структурі з обмеженого числа вимірювань.

1.3. 3D-оптичний мікроскоп

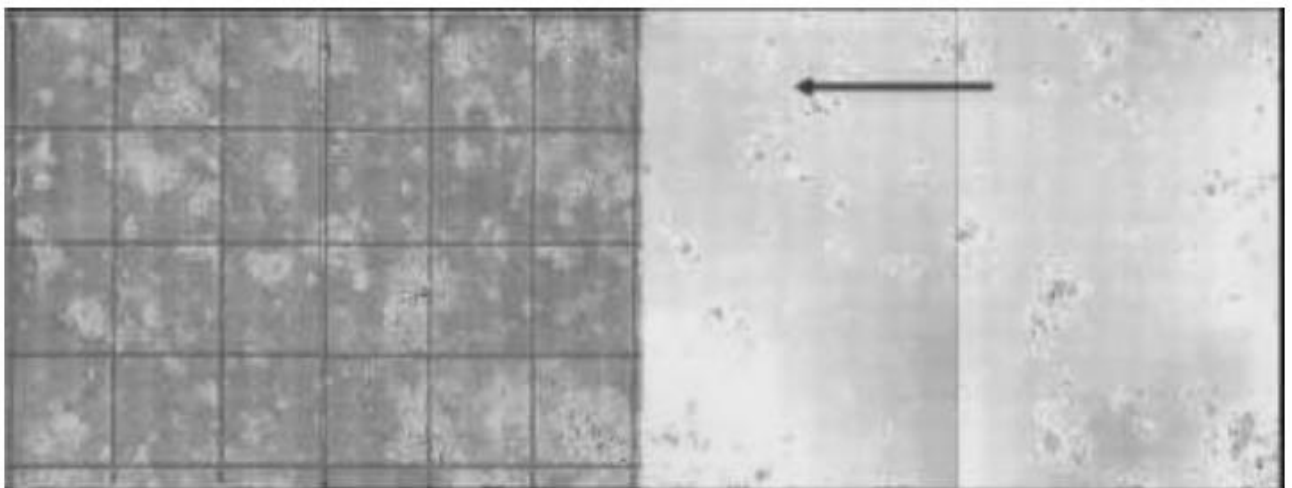
Використання 3D-оптичного мікроскопа для вимірювання точкової корозії є поширеним методом. Використання цього методу дозволяє оцінити пошкодження від корозії з високою роздільною здатністю. У дослідженні Infinite Focus Measurement Machine (IFM) метод був використаний для вимірювання глибини ямки і отримання з поверхні зразка набору 3D-даних.

Принцип роботи 3D-оптичного мікроскопа полягає в тому, що об'єктив встановлюють вертикально над поверхнею, а потім за допомогою SmartFlash освітлення створюється 3D-повноколірна модель поверхні, що підлягає розгляду.

Це забезпечує 3D топографію аналізованої поверхні, що дозволяє розрізняти чи є корозія на поверхні чи ні. IFM метод дозволяє захоплювати зображення з горизонтальним розширенням до 400 нм і вертикальним розширенням до 10 нм.

Характерні параметри, що вимірюються даним методом - це максимальна глибина ямки.

Приклад вимірювання глибини пітингів цим методом показано на рис. 1.6



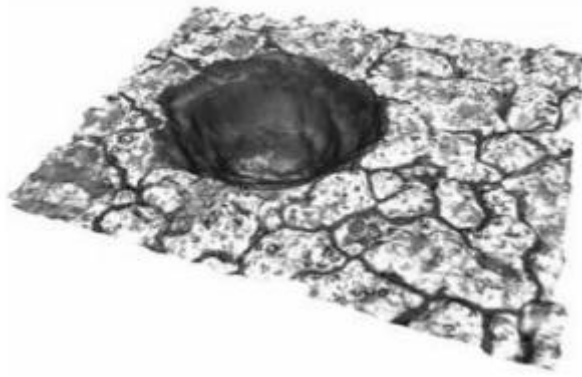


Рис. 1.6. Вимірювання глибини пітинга 3D-оптичним мікроскопом

1.4. Аналіз дефектів методами оптичної мікроскопії

Використання звичайного оптичного мікроскопа для вимірювання глибини ямок є одним з добре відомих старих методів. Оптичним мікроскопом глибина ямки вимірюється за допомогою каліброваного окуляра. Зразок ділиться на рівні частини і глибини ямок вимірюються на кожному відрізку. Глибина ямки визначається як різниця у висоті поверхні зразка і дна ямки, яка вимірюється фокусуванням ручки мікроскопа, як показано на рис. 1.7.

Глибину ямок, що вимірюється цим методом інтерпретують в термінах максимальної глибини пітинга або в середньому з десяти глибоких ям. Цей метод потребує значних затрат часу та зусиль.

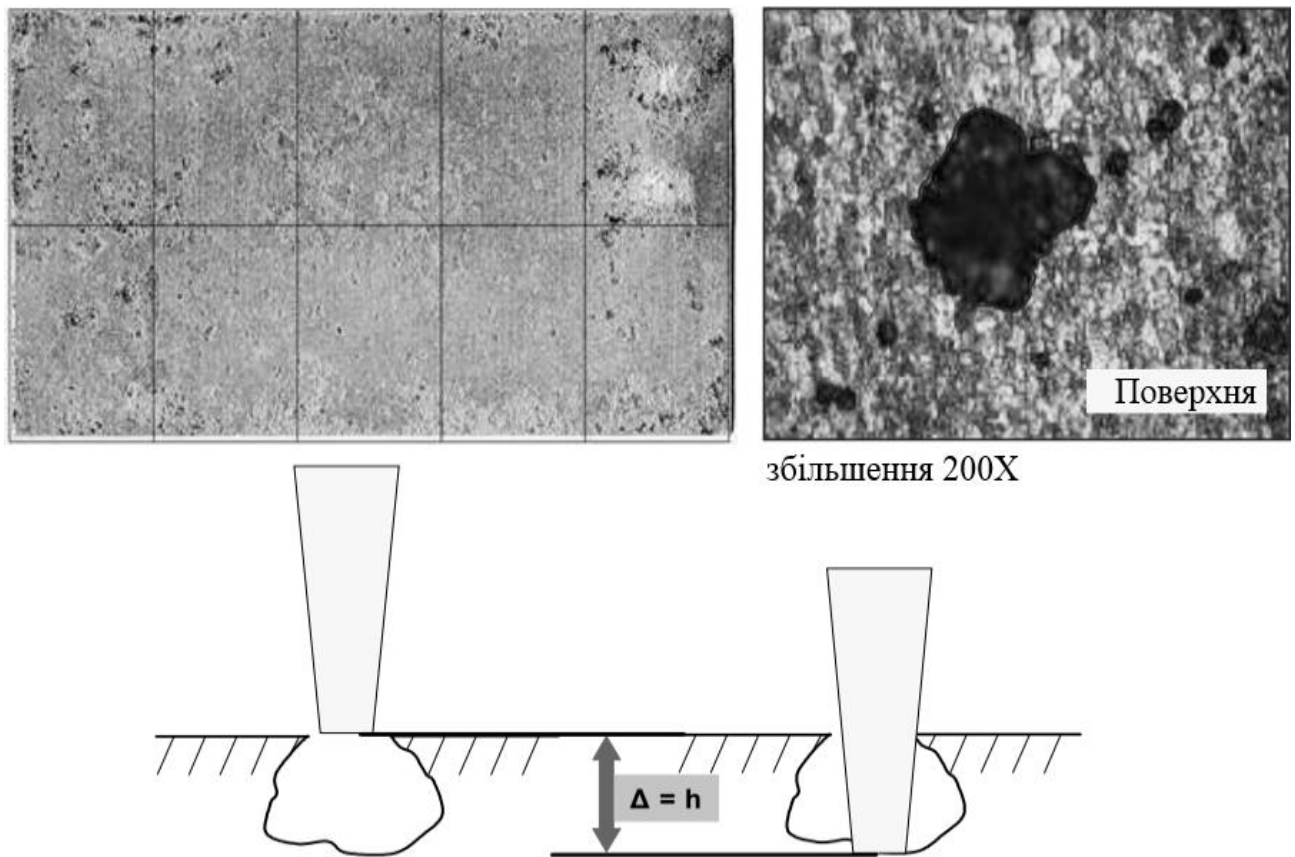


Рис. 1.7. Схема вимірювання глибини пітингів оптичним мікроскопом

Точність у вимірах також не надто висока через невелике розширення та особисті помилки. На рис. 1.7 зображено принцип вимірювання глибини пітингів оптичним мікроскопом (Olympus BX51M) сталевих зразків після корозійних випробувань.

Кожен з методів має свої особливості, переваги та ступінь інформативності. Порівняння показало, що жоден з методів не виконує всі потрібні вимоги при 200-кратному збільшенні поверхні, проте рентгенографія на даний час потребує найменше зусиль та затрат часу.

Низька вартість і час очевидні переваги цього методу, однак він має деякі обмеження. Іноді, точно оцінити глибину пітинга також важко через вирівнювання ямки щодо пучка освітлення. Найбільш істотним недоліком цього методу є недоступність аналізу обидвох сторін зразка як наприклад в рентгенографії. Рентгенографія є дуже перспективним способом для хорошого кількісного визначення точкової корозії як з точки зору максимальної глибини ямок так і відсотку ушкодженої корозією поверхні.

Результати, отримані цим методом, є задовільними і на їх основі можна вирахувати вразливість до точкової корозії для кожного матеріалу. Кількісна оцінка корозії дозволяє порівнювати різні марки сталі, що призводить до поліпшення вибору правильного матеріалу [2].

1.5. Аналіз фотографій для виявлення тріщин і корозії для автоматизованої перевірки морських кораблів

Як відомо корозія та тріщини корпусів кораблів є основною причиною корабельних аварій.

В даний час, щоб виконати повний огляд корпусу корабля необхідно звільнити судно від усіх вантажів та перемістити в судноремонтний завод, де є необхідні тимчасові кріплення, підйомники, пересувні платформи, щоб дозволити робочим перевірити (і відремонтувати у разі необхідності) всі металеві поверхні та структури.

Враховуючи величезні розміри деяких суден, цей процес може потребувати візуальної оцінки більш ніж 600 000 м² поверхні сталі.

Крім того, дослідження в багатьох випадках може проводитись в небезпечному для людини середовищі. Для великотоннажних суден, таких як Ultra Large Crude Carrier (ULCC), загальні витрати на огляд та ремонт можуть становити більше одного мільйона євро, тому ЄС фінансує проект FP7 Minoas, що дозволить в майбутньому використовувати флот роботів для виявлення пошкоджень суден.

На даний час вже розроблені алгоритми виявлення корозії через аналіз фотографій металевих поверхонь.

1.5.1. Виявлення корозії базоване на її кольорі (Colour-based Corrosion Detector)

Даний метод полягає в тому, що зображення піддають аналізу поділяючи його на три основні канали кольорів: червоний, зелений та синій, і за допомогою

спеціального алгоритму виявляють ділянки з тим набором цих кольорів, які відповідають тріщинам (Рис. 1.8).

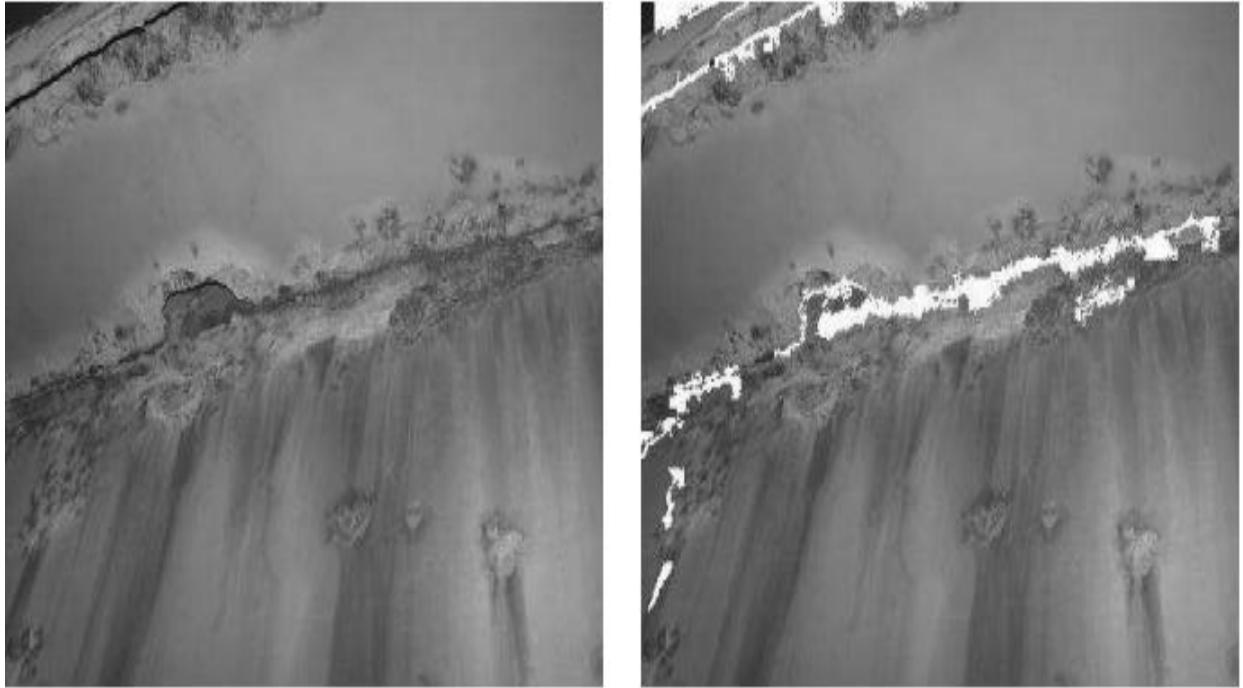


Рис. 1.8. Зліва зображено тестове зображення, справа виявлені тріщини

1.5.2. Виявлення корозії розбиттям на зони з підвищеною шорсткістю

Відмінність даного методу від попереднього полягає в тому, що дане зображення крім аналізу на колір тріщин, проходить ще аналіз ділянок котрі найбільше вражені корозією, а решта зображення, процент корозії на якому менше певного порогу відкидається. За допомогою даних фільтрів збільшується продуктивність та точність оцінювання пошкодженої зони (Рис. 1.10). Даний принцип можна побачити на діаграмі Венна Рис. 1.9



Рис. 1.9. Взаємозв'язок площі текстури та кольорових пікселів корозії на ній

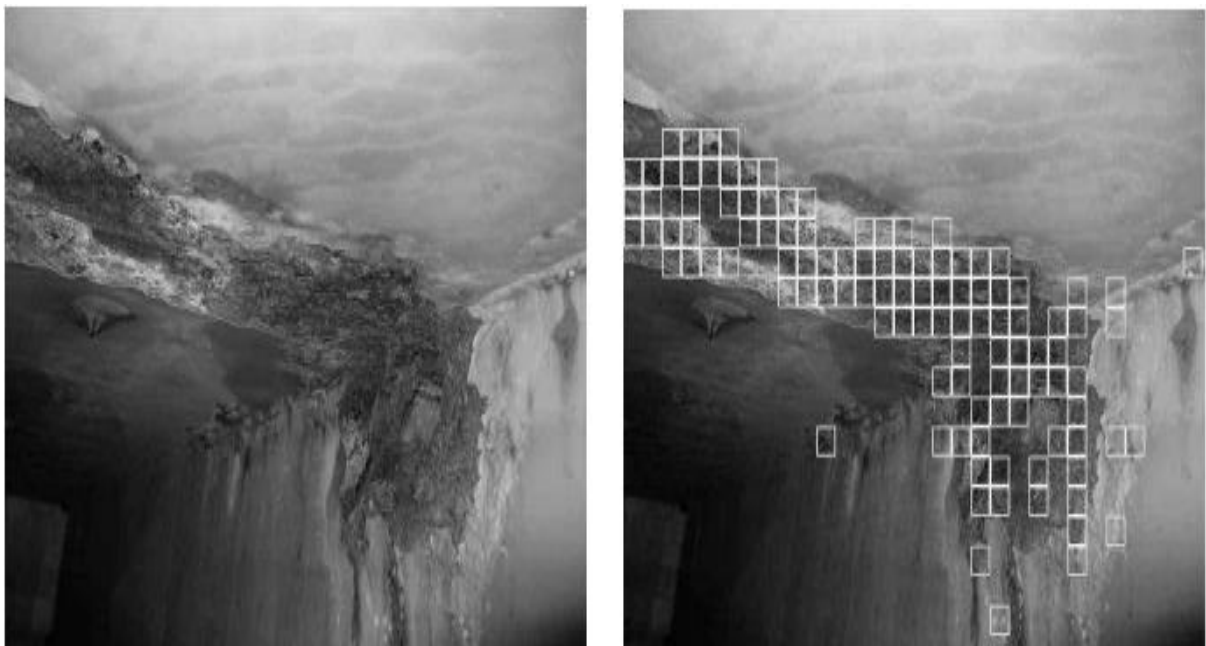


Рис. 1.10. Зліва зображено тестове зображення, справа виявлена зона вражена корозією.\

1.5.3. Об'єднання методів фільтрування кольорів та розбиття на зони

Найкращі результати були отримані дослідниками, які об'єднали два попередні методи, що дозволило підвищити продуктивність більш ніж у три рази, а також зменшити хибні спрацювання попередніх алгоритмів, що могли залежати від освітлення (Рис. 1.11) [3].

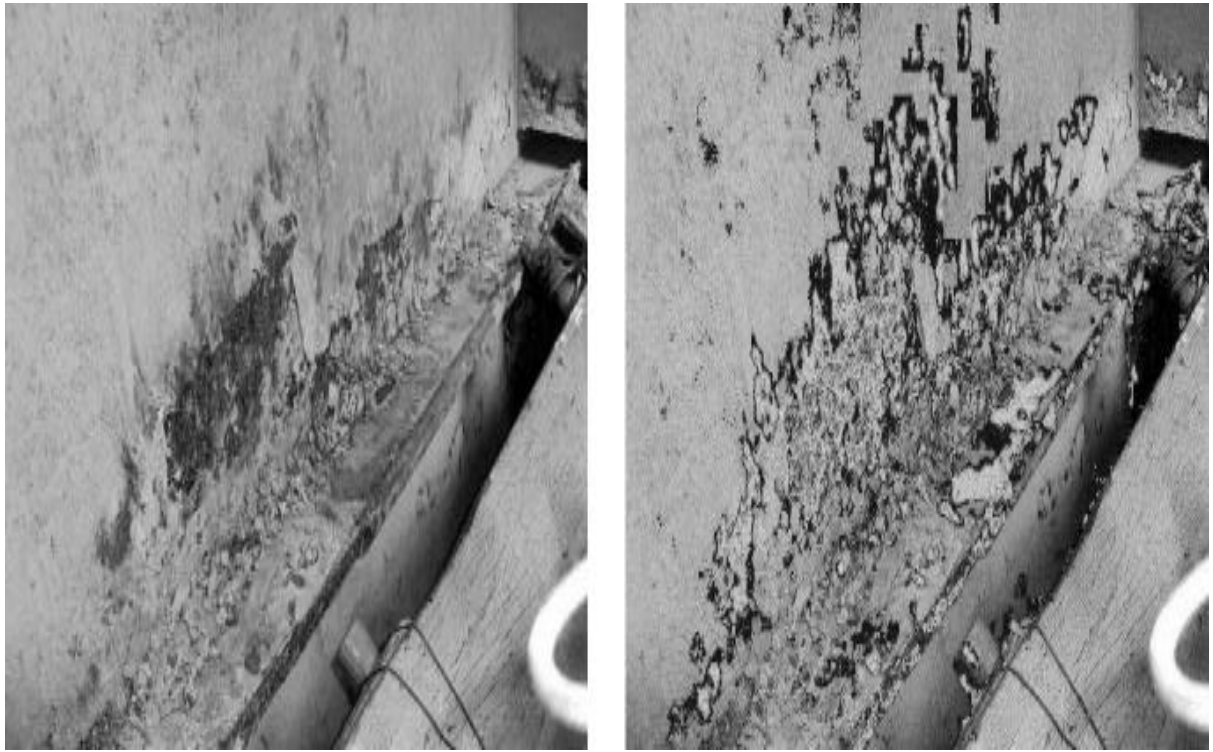


Рис. 1.11. Зліва зображено тестове зображення, справа виявлена зона вражена корозією

1.6. Фототермальний метод виявлення пітингів

Поява нових методів виробничого контролю (наприклад, рентгенівського, проникаючого, магнітних частинок, ультразвуку та вихрових струмів), внаслідок науково-технічного прогресу призвело до нової в виробничому контролі технології, яка захищає навколишнє середовище і здоров'я працівника.

Принцип дії фототермічної камери. Фототермічне тестування є безконтактним неруйнівним методом, який виявляє інфрачервоне випромінювання. Пристрій складається з інфрачервоного датчика об'єднаного з скануючим лазером, з яких і складається фототермічна камера. Сфокусований лазерний, скануючий промінь практично миттєво нагріває лінію, на поверхні зразка який підлягає технічному огляду. Інфрачервоний детектор вимірює інфрачервоне випромінювання поверхні, що прилягає до нагрітої області як теплову хвилю, яка поширюється від лінії нагріву. Онлайн аналіз зображення дозволяє зробити аналіз тріщин, які діють в якості теплового бар'єру, та чітко показані по їх характерній дефектоскопії підпису. Фототермічна камера дозволяє

уникнути прямого контакту оператора в інспекційних областях. Фототермічна інспекція не генерує ніяких екологічних відходів на відміну від альтернативних поверхневих перевірок, а саме капілярного тестування. Таким чином, метод ідеально підходить для ситуацій, коли поверхневий контакт може бути небезпечний для операторів (як забруднених ядерними компонентами) або матеріали і середовища, які можуть бути чутливі до дії хімічних речовин.

Порівняння між фототермічною камерою і проникаючим методом

Порівняння між фототермічним процесом і проникаючим за допомогою звичайного капілярного методу було проведено на трубчастому зразку, де внутрішня поверхня містила багато тріщин. Це підтвердило, що чутливість фототермічного процесу здатна для виявлення тріщин без особливих труднощів. Діапазон оптичного пристрою також був у стані, де розміщена розфокусованість, яка викликана скануванням внутрішньої поверхні. Цей тест не вимагає будь-якої конкретної адаптації: або оптичного пристрою, або фактичного виміру (програма для введення, обробки і виду). Результати фототермічного і проникаючого методу показані на рисунках 1.12 і 1.13. У той час як обидва методи проводять аналогічну інформацію, виводять цифрові дані, то представлений фототермічний метод має перевагу в тому, що його результати можна зберігати й обробляти. Ця характеристика є приваблива, тому що дозволяє спостереження в відтворюванні, і дані, які повністю використовуються (наприклад, простежити і в порівнянні з попередніми даними), для того щоб стежити за розвитком розривів, як у часі, так і в просторі.

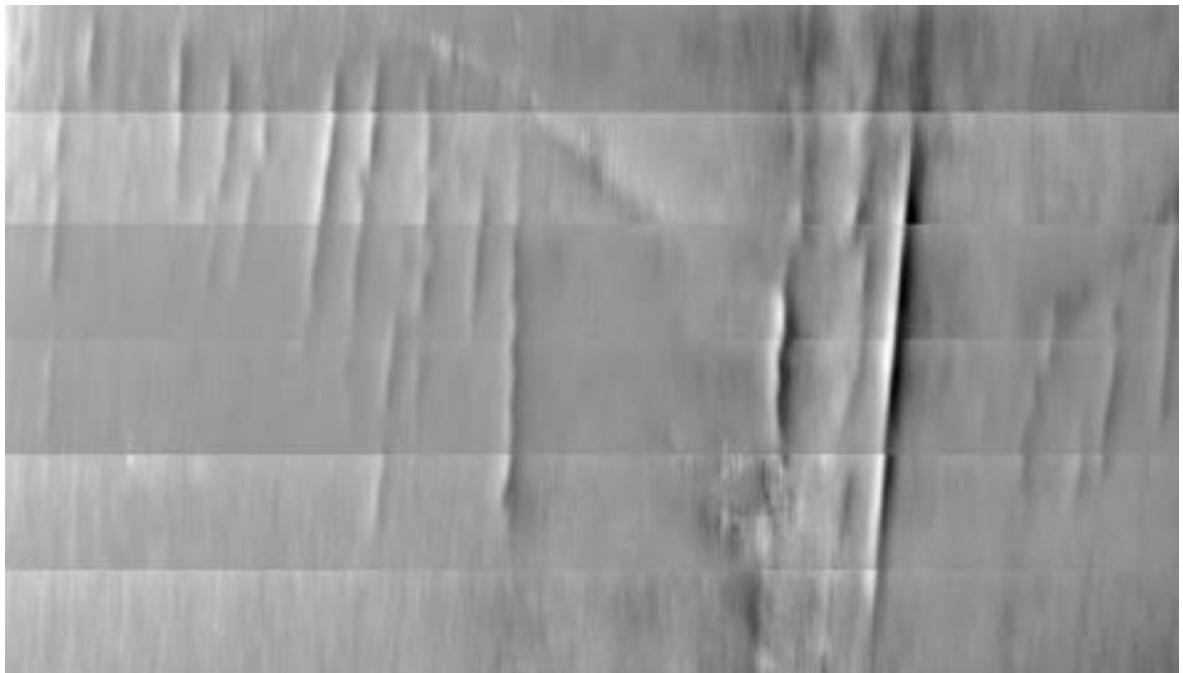


Рис. 1.12. Фототермічне зображення трубчастого зразка

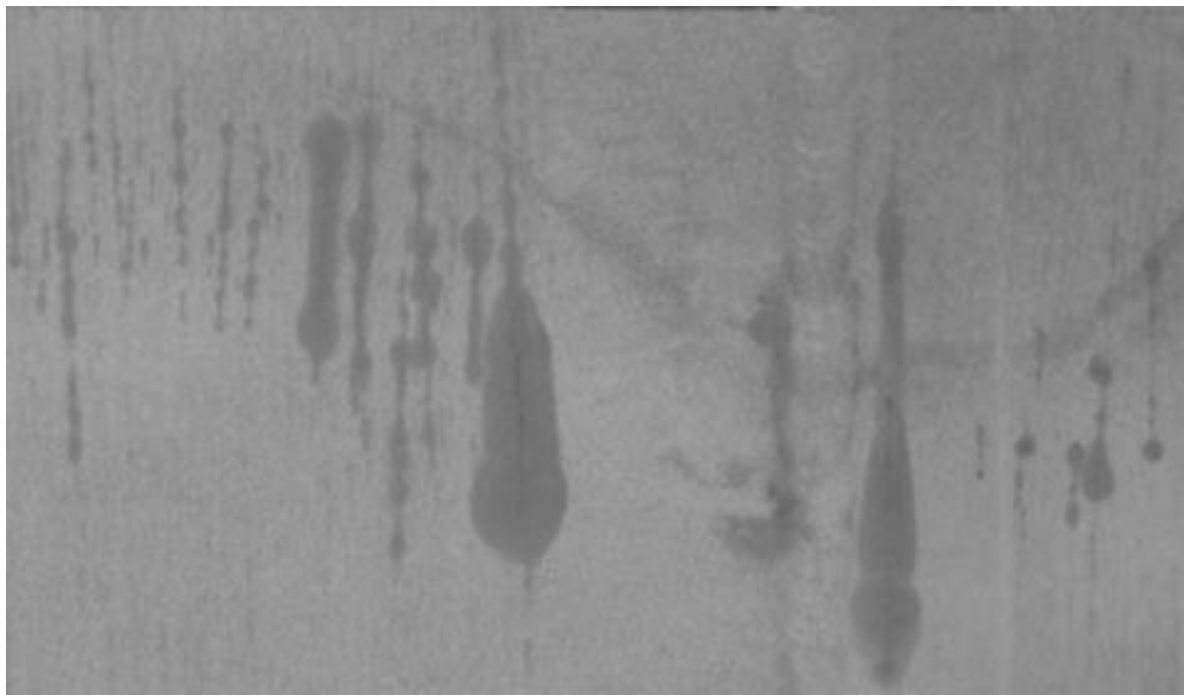


Рис. 1.13. Зображення проникаючого методу трубчастого зразка

Переваги в техніці. Процес огляду фототермічною камерою і проникаючим методом показали, що працюють вони однаково добре . Як і для капілярного контролю, фототермічна камера може бути використана для виявлення поверхні, в якій утворились тріщини шириною в кілька мікрон, а саме:

- в металевих частинах з жорстких промислових поверхонь (наприклад, окислених, оброблених або зварних деталей),

- при швидкості продуктивності близько 1 м² / год (для поверхні з нержавіючої сталі).

Однак на відміну від капілярного методу:

- виконується фототермічна інспекція:

без контакту перевіряються частини (вимірювана відстань 0,1-2 м), без використання продуктів, які можуть бути потенційно небезпечними для оператора або навколишнього середовища, не залежить від оператора (наприклад, обширна чистка частини перед капілярним діагностуванням), весь огляд автоматизований, який не подає оператору структури, які будуть перевірені:

- результати перевірок зберігаються в цифровому вигляді, у вигляді серії зображень, забезпечуючи простежуваність перевірок. З зображення відкривається прямий вид дефектів, які чітко проявляються на ІЧ-зображенні тепловізора елементів, що перевіряються.

- фототермічна інспекція також може:

виявити негерметичність поверхні, дефектів що порушують цілісність та однорідність матеріалу, може бути виконана на високотемпературних частинах або пористих матеріалах.

- фототермічний метод підходить для визначення розмірів відкритих тріщин в діапазоні від 0 до 3 міліметрів, де ультразвукові методи обмежені.

І, нарешті, фототермічну камеру можна використовувати в ситуаціях, коли діагностування іншими промисловими методами неможливо. Цей метод може бути використано на ізолюючих (діелектричних) матеріалах.

Застосування фототермічної камери:

Потенціал фототермічної камери використовується в промисловій і атомній галузі і включають в себе:

- перевірка компонентів первинних систем для електростанцій (реакторів, парових генераторів і труб теплоносія реактора).

- огляд нагрітих поверхонь (до 250 ° C)

- перевірка основних компонентів реактора [4].

1.7. Патенти на винаходи, що стосуються деградації деталей і вузлів

1.7.1 Патент RU 2075053

МПК G01N3/32

Використання: в зварних з'єднаннях деталей машин і конструкціях.

Мета: підвищення точності оцінки залишкового ресурсу конструкції.

Суть винаходу: установку датчиків втомного пошкодження на зразки, яку відчують при еквівалентному рівні напруг, здійснюють після числа циклів навантаження відповідного числа циклів попереднього напрацювання конструкції. На конструкції і зразках реєструють накопичення втомного пошкодження. Потім встановлюють залежність накопиченого втомного пошкодження від числа циклів навантаження. За встановленою залежністю для конструкції визначають зразки які збігається аналогічними залежностями на базі випробування конструкції, за якими оцінюють залишковий ресурс конструкції.

Позитивний ефект: дозволяє за рахунок швидкості накопичення втомних пошкоджень підвищити точність індивідуальної оцінки залишкового ресурсу конструкції в 10 разів. Дає можливість виявити зразки і елементи конструкцій з однаковими швидкостями накопичення втомних пошкоджень.

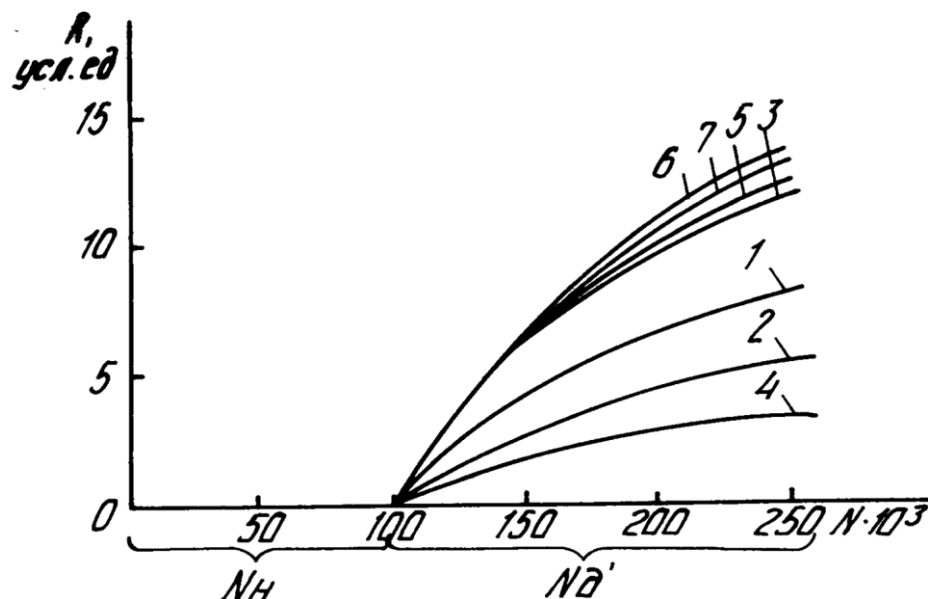


Рис. 1.14. Графік залежності

1.7.2 Патент RU 2190831

МПК G01B7/16, G01N3/32

Винахід відноситься до вимірювальної техніки і може бути використаний при вимірюванні деформацій і напруг на поверхні деталей машин, що піддаються циклічним навантаженням. Спосіб полягає в тому, що фольгу з пластичного однорідного матеріалу, наприклад мідну електролітичну, піддають циклічному деформуванню при постійній амплітуді напружень t до числа циклів NT, що визначається за формулами:

$$D = (1 + C) + (1 - C) K / H. A., C = / БГ,$$

де, NA - амплітуда напруги і число циклів навантаження, при яких потрібна поява реакції датчиків; K, RO, Пг, БГ - параметри калібрувальної залежності вихідної фольги: K - коефіцієнт пропорційності; RO - межа витривалості матеріалу деталі; Пг - величина пошкодженості матеріалу деталі, при якій з'являється реакція фольги; БГ - аналог межі міцності матеріалу фольги. Потім фольгу розрізають на окремі елементи, які використовуються як датчики. Технічний результат: підвищення чутливості датчиків. Рис. 1.15

$$N_t = k \left\{ \frac{1}{\sigma_t - \sigma_{RO} \langle \Pi_g - \Pi^* \rangle} - \frac{1}{\sigma_t [1 - \sigma_{RO} \langle \Pi_g - \Pi^* \rangle / \sigma_{Bg}]} \right\}, \quad (1.1)$$

$$\Pi^* = \left(D - \sqrt{D^2 - 40_A^2 C} \right) / (2C \sigma_{RO}) \quad (1.2)$$

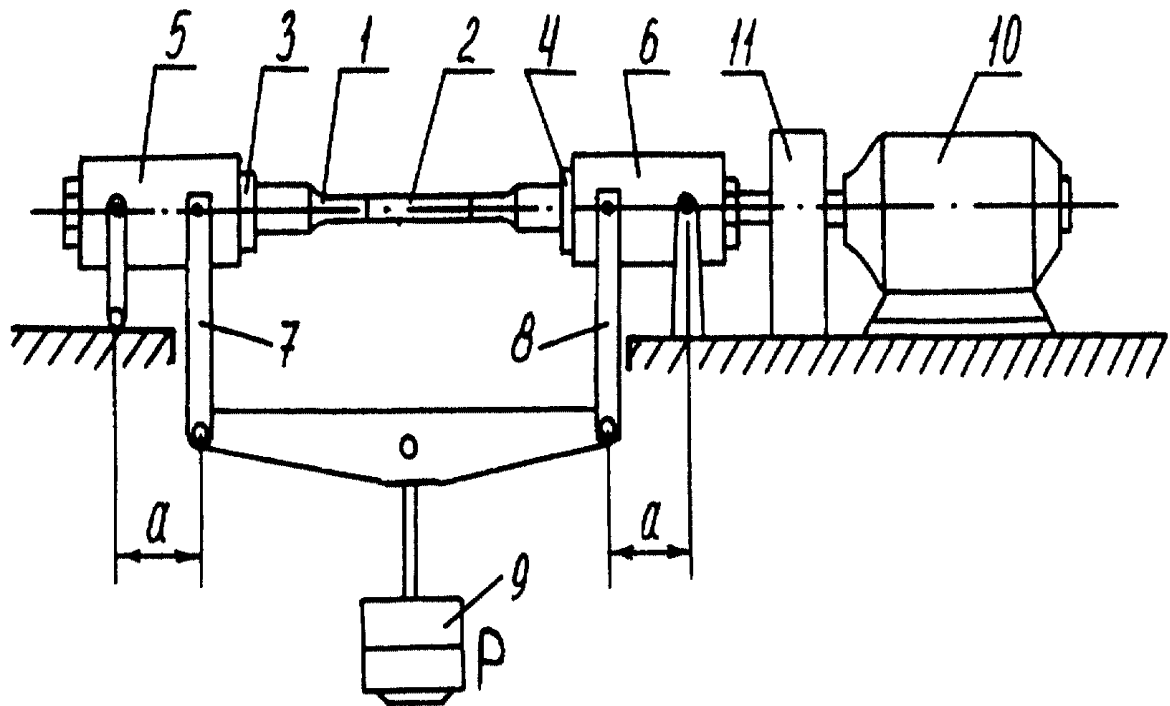


Рис. 1.15. Креслення схеми випробувань валу

1.7.3 Патент RU 2209412

МПК G01N3/32

Винахід належить до засобів для вимірювання деформацій і напруг на поверхнях деталей машин, що піддаються циклічному деформуванню. Спосіб виготовлення датчиків для контролю циклічних деформацій полягає в тому, що електролітичну фольгу з пластичного однорідного матеріалу, наприклад з міді, алюмінію, нікелю, срібла або золота, розрізають на окремі пластини, дані пластини піддають циклічному деформуванню при відомих функціях зміни амплітуди напруг вздовж і поперек пластини до виникнення реакції матеріалу пластини на максимальну амплітуду напруг, про яку судять по досягненню певного місця розташування межі областей змінної пошкоджуваності матеріалу пластини і перший темних плям на поверхні пластини, змішуючись по поверхні пластини в процесі вимірювань контрольованих циклічних деформацій. Даний винахід направлено на зниження трудомісткості дослідження стану деталей, а також підвищення точності відповідних випробувань. 1 мал.

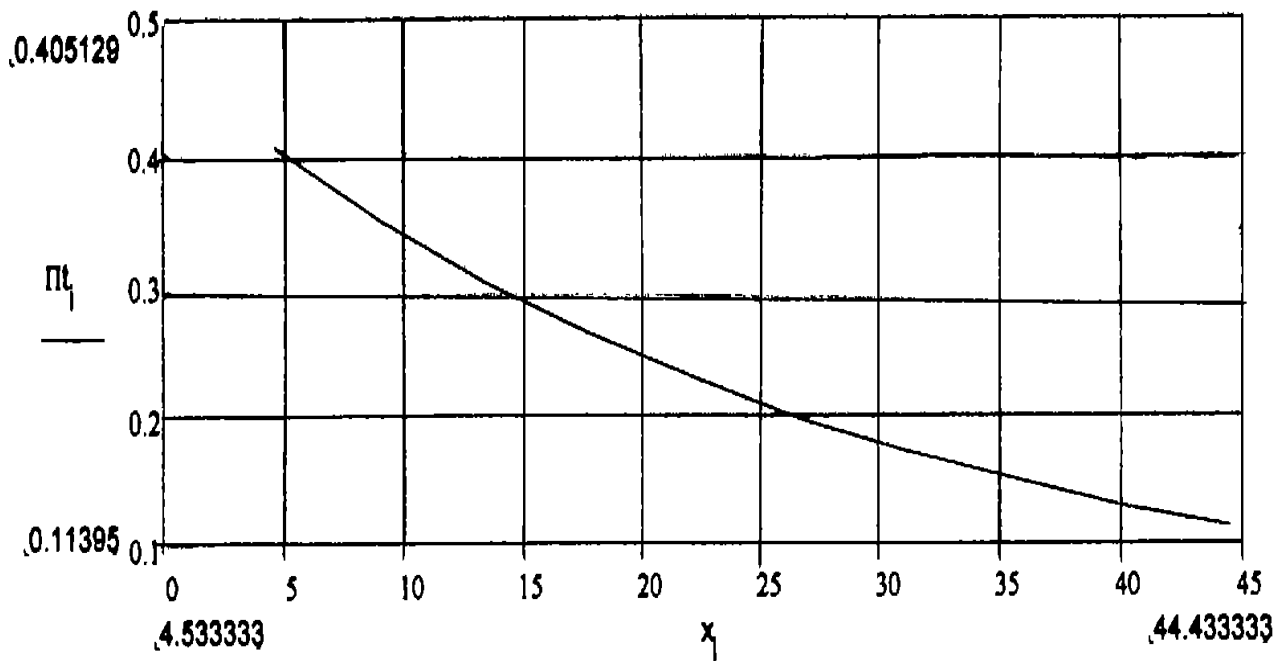


Рис. 1.16. Графік залежності деформації валу

1.7.4 Патент RU 2212638

МПК G01L1/00, G01L1/22

Винахід відноситься до вимірювальної техніки, зокрема для визначення напружень на поверхнях деталей машин. Спосіб полягає в тому, що на досліджуване місце деталі в напрямку градієнта зміни напруг закріплюють два датчика контролю циклічних деформацій, що відрізняються чутливістю до амплітуди напруг. Проводять експлуатаційні випробування деталі до появи реакції на більш чутливому датчику, фіксують її межу по довжині датчика і переносять ці межі на менш чутливий датчик. Менш чутливий датчик знімають і поміщають на виконаний у вигляді балки рівного опору тарувальний зразок, який піддають циклічному деформуванню при відомій амплітуді напружень. У процесі деформування тарувального зразка визначають залежність між числом циклів навантаження і положенням межі реакції на датчику. Встановлюють число циклів деформування тарувального зразка, при якому координати меж реакції на менш чутливому датчику збігаються з координатами межі реакції на більш чутливому датчику. Використовують ці дані для визначення

еквівалентного рівня напруги і еквівалентного числа циклів навантаження деталі та побудови епюри напружень по всій довжині датчика.

Технічний результат: підвищення продуктивності вимірювань.

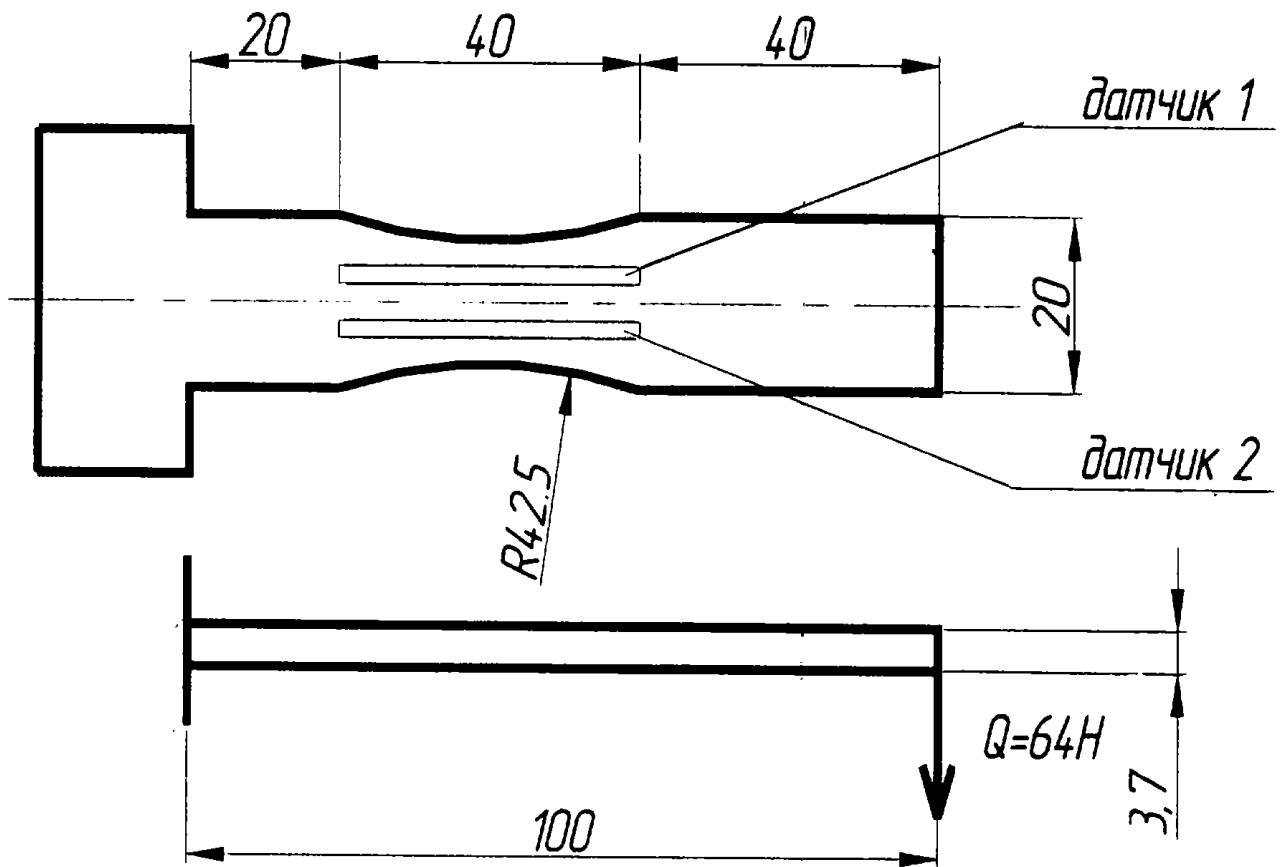


Рис. 1.17. Креслення деталі з наклеєним давачем

1.7.5 Патент RU 2419085

МПК G01N21/01 (2006.01) G01N3/00 (2006.01)

Винахід може бути використано для збору інформації про втомні пошкодження конструкцій з датчиків деформації інтегрального типу. Сутність пристрою полягає в тому, що воно являє собою автономний комплекс збору інформації про втомні пошкодження конструкцій з регульованим освітленням об'єкта, що містить переносний пристрій для знімання даних, пов'язане оптично з досліджуванним об'єктом, і систему аналізу зображень, представлену електронною обчислювальною машиною. Вказаний пристрій для знімання даних включає в себе сенсорний блок, що має оптичний зв'язок з досліджуванним об'єктом, блок управління, модуль пам'яті, модуль зберігання алгоритмів, модуль

візуалізації, і модуль зв'язку з електронною обчислювальною машиною. Сенсорний блок включає в себе автономне джерело світла, блок вирівнювання світла, призначений для отримання дуже рівномірного розсіяного світла, блок регулювання чіткості зображення, систему призм, розташовану таким чином, що висвітлення досліджуваної поверхні відбувається перпендикулярно до неї, систему лінз, призначену для отримання збільшеного зображення досліджуваного об'єкта, автономне джерело живлення і блок регулювання освітленості, що має електричний зв'язок з блоком управління, джерелом світла і автономним джерелом живлення, що дозволяє змінювати і фіксувати для кожного конкретного виміру освітленість поверхні досліджуваного об'єкта. Винахід забезпечує підвищення точності отримання інформації, підвищення інформативності результатів, зниження трудомісткості виконання роботи [5].

1.8. Порівняння оптичної мікроскопії, 3D мікроскопії, рентгенографії та фототермічної камери

Таблиця 1 - Порівняння оптичної мікроскопії, 3D мікроскопії, рентгенографії, фототермічної камери

Розмір поверхні (700×700 мм.)	Оптичний мікроскоп	3D Мікроскоп	Рентгеног рафія	Фототермічна камера
1	2	3	4	5
Витрати	низькі	високі	середні	високі
Необхідний час	середній (1 людський ресурс, залежить від поверхні покритої корозією)	середній (1 людський ресурс, залежить від поверхні покритої корозією)	низький (30 хвилин, незалежи ть від поверхні	середній (близько 1 год, залежить від поверхні покритої корозією)

			покритої корозією)	
Можливий аналіз	вимірювання глибини пітинга по 2D фотографіям	відсоток поверхні постраждалої від корозії по 2D і 3D фотографіям	відсоток поверхні постраждалої від корозії по 2D фотографіям	Результати зберігаються в цифровому вигляді, у вигляді серії зображень. З зображення відкривається прямий вид дефектів, в якому чітко з'являються на ІЧ-зображенні тепловізора і перевіряються частин

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
Точність та акуратність	глибина пітинга:середня (точність до 20µm)	глибина пітинга:висока (точність до 1µm)	глибина пітинга:висока (точність до 5µm)	глибина розмірів відкритих тріщин регулюється в діапазоні від 0 до 3 міліметрів
Відтворюваність	погана (залежить від дослідника)	дуже хороша	хороша	хороша
Переваги	низька вартість, можна вирахувати вразливість до точкової корозії для кожного матеріалу	гарне зображення дефектів, оцінка пошкодження з високою роздільною здатністю, можна виміряти максимальну глибину ямки	гарне зображення дефектів, можна визначити розміри деталі, аналіз обидвох сторін зразка	гарне зображення дефектів, можливість онлайн аналізу, немає екологічних відходів, можна зберігати і обробляти інформацію, виконується фототермічна інспекція

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
Недоліки	погане зображення дефектів, метод потребує значних затрат часу та зусиль, низька точність, нема аналізу двох сторін	часте перефокусув ання, суттєві затрати ресурсів	низька точність вимірів, великі затрати ресурсів	метод потребує значних затрат часу,

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Пікова водогрійна котельня та мережеві насоси

Пікова водогрійна котельня (ПВК) [7,2] оснащена водогрійними котлами КВ-ГМ-209-150, що працюють в піковому режимі, групою мережевих насосів і насосів рециркуляції. Водогрійні котли КВ-ГМ-209-150 виготовлені Барнаульським котельним заводом і мають наступні характеристики:

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики водогрійного котла КВ-ГМ-209-150

Теплова продуктивність, Гкал/год	180
Робочий тиск, кг/см ²	25
Температура води на вході в котел при роботі на газі °C	>70
Температура води на вході в котел при роботі на мазуті °C	104
Витрата мережевої води через котел, т/год	3000-3860
Гідравлічний опір, кг/см ²	1
Кількість газо-мазутних пальників, шт.	20

Насосна група кожного водогрійного котла складається з 2-х мережевих насосів I підйому (СЕН I), 2-х мережевих насосів II підйому (СЕН II), двох насосів рециркуляції (НРЦ).

2.2. Хімводоочистка

Калуська ТЕЦ є потужним виробником підпитної води для системи теплофікації м. Калуша. Хімічний цех [13,3] забезпечує найвищу якість підготовки підпитної мережевої води, з якою можуть конкурувати далеко не всі підприємства. У 2010 році почата модернізація технологічного устаткування хімічного цеху, що діє, яка дозволить збільшити продуктивність

хімводоочистки для потреб тепломережі до 800 т/год, що на 20 % більше проектного. Хімічна водоочистка складається з трьох освітлювачів загальною проектною продуктивністю 700 м³/год для приготування освітленої води, використовуваної в подальшому процесі приготування води на трьох установках:

- установці живлення випарників продуктивністю 160 м³/час, призначеною для заповнення втрат пари на блоках. Установа працює за схемою: вапнування і коагуляція в освітлювачах, освітлення на механічних фільтрах;
- установці живлення тепломережі продуктивністю 400 м²/год, призначеною для вироблення підпитної зм'якшеної води для тепломережі м. Калуша. Установа працює за схемою: вапнування і коагуляція в освітлювачах, освітлення на механічних фільтрах;
- резервній установці, що знесолює, продуктивністю 50 м³/год, призначеною для компенсації втрат пари і конденсату на блоках. Установа працює за наступною схемою: вапнування і коагуляція в освітлювачах, освітлення на механічних фільтрах, триступінчатє хімічне знесолювання.

До складу устаткування хімводоочистки входить установка очищення замаслених, замазучених стоків, яка забезпечує очищення забрудненої нафтопродуктами стічної води, що працює за схемою відстоювання в баках-відстійниках, розділення і відстою в нафтопастках і подальшому освітленні на механічних фільтрах, згідно нормативних показників.

2.3 Деаератори

Вміст кисню в живильній воді регламентується [7,5] тиском отримуваної пари. Залежно від тиску пари P_{II} концентрація розчиненого в живильній воді кисню K_{O_2} повинна складати:

Таблиця 2.2 – Концентрація розчиненого у воді кисню

P_{Π} , МПа	1 ÷ 4	4 ÷ 10	> 10
K_{O_2} , мкг/кг	30	20	10

Основним способом деаерації живильної води є термічна деаерація, яка полягає в нагріві води до температури кипіння при тиску відповідному тиску в колонці деаератора.

Термічна деаерація пояснюється законом Генрі, згідно якому концентрація газу у воді K_i пропорційна парціальному тиску цього газу P_i у газовому середовищі, дотичному з поверхнею води

$$K_i = a_i \cdot P_i,$$

де a_i - коефіцієнт абсорбції даного газу.

При підвищенні температури води до температури кипіння газове середовище, дотичне з поверхнею води, практично повністю складається з пари води. Парціальний тиск розчинених у воді газів в цьому паровому середовищі прагне до нуля ($k_i \rightarrow 0$), наприклад, $K_{O_2} \rightarrow 0$.

За способом нагріву води, [7,5] яка деаерується, деаератори розділяються на два види:

- деаератор змішуючого типа: з контактом живильної води, що нагрівається, і гріючої пари;
- деаератор перегрітої води: з попереднім перегрівом води в поверхневих теплообмінниках і подальшою подачею води в об'єм з меншим тиском, чим тиск перегріву, що приводить до скипання води і її дегазації.

На електростанціях в основному застосовуються деаератори змішуючого типа, а як гріюча пара використовують пару з відборів турбіни. Колонка [7,5] деаератора змішуючого типу, представлена на рис. 2.1.

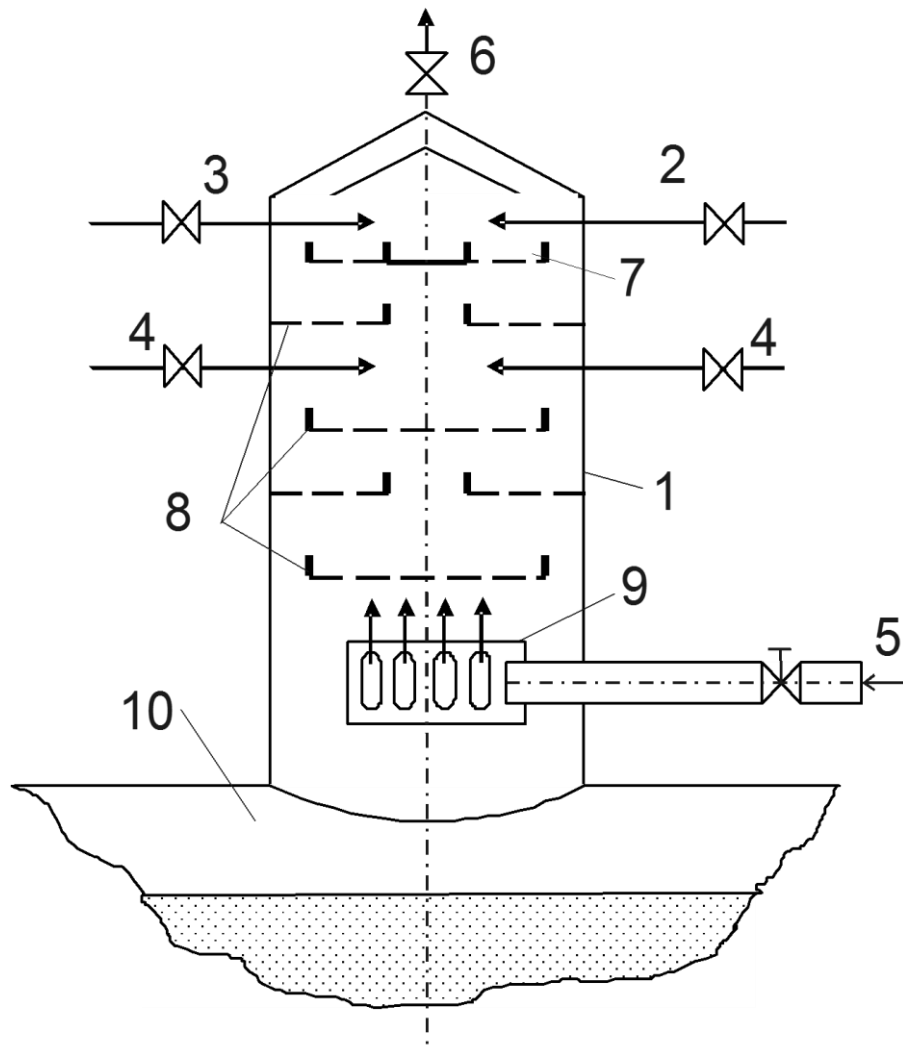


Рис. 2.1. Колонка деаератора змішуючого типу

1 - вертикальна колонка деаератора; 2, 3 і 4 – відповідно, подача додаткової хімічищеної води, холодного і нагрітого конденсату; 5 - подача гріючої пари; 6 - патрубок для видалення газу (випару); 7 - головний розподільник води; 8 - розподільні сита; 9 - розподільник пари; 10 - бак деаерованої води, що виконує функцію акумулятора живильної води.

Залежно від тиску деаератори змішуючого типу розділяються на три групи:

1. Вакуумні деаератори: тиск в деаераторі нижче атмосферного

$P_o \cong 0,05 \text{ МПа}$, температура насичення $t_H \cong 80^\circ \text{C}$.

Продуктивність по деаерованій воді $M_d = 5 \div 25 \text{ т/год}$. Приклад позначення:
ДЗВ-5 - деаератор змішуючого типу вакуумний, продуктивністю 5 т/год.

Вакуумні деаератори застосовують для деаерації мережевої підживлювальної води у відкритих системах теплопостачання, оскільки в літній час за відсутності опалювального навантаження і наявності тільки навантаження гарячого водопостачання вода в мережі не повинна перевищувати 75°C.

2. Атмосферні деаератори: тиск в деаераторі близький до атмосферного з невеликим надлишком $P_0 \cong 0,11 \div 0,12 \text{ МПа}$, температура насичення $t_H \cong 102 \div 105^\circ \text{C}$

Продуктивність по деаерованій воді $M_d = 10 \div 300 \text{ т/год}$. Приклад позначення: ДЗА-300 - деаератор змішуючого типа атмосферний, продуктивністю 300 т/год.

Атмосферні деаератори застосовують на електростанціях з низькими параметрами пари ($P_{\Pi} \leq 4 \text{ МПа}$, $t_H \leq 475^\circ \text{C}$), а також для деаерації води, що йде на пароперетворювачі, випарники і підживлення закритих систем теплопостачання.

3. Деаератори підвищеного тиску: тиск в деаераторі $P_0 = 0,6 \text{ МПа}$ або $0,7 \text{ МПа}$, температура насичення відповідно $t_H = 157^\circ \text{C}$ або 164°C .

Продуктивність по деаерованій воді $M_{d0,6} = 112 \div 400 \text{ т/год}$, $M_{d0,7} = 500 \div 800 \text{ т/год}$.

Приклад позначення: ДЗП-112 або ДЗП-500 - деаератор змішуючого типа, підвищеного тиску, продуктивністю 112т/год або 500т/год.

Деаератори підвищеного тиску застосовуються на електростанціях з достатньо високими параметрами пари при кінцевій температурі регенеративного підігрівання живильної води більше 200°C. Застосування деаераторів підвищеного тиску визначається тут необхідністю отримання достатньо високої температури живильної води перед ПВТ, що дозволяє зменшити кількість ПВТ.

2.4. Управління і автоматика

Управління роботою устаткування енергоблоків здійснюється з двох блокових щитів (БЩУ).

З блокового щита № 1 здійснюється управління [7,7] енергоблоками № 1, 2 потужністю 60 МВт кожен, з блокового щита № 2 – енергоблоком № 3 потужністю 150 МВт.

З центрального щита управління координується робота блокових щитів і здійснюється управління елегазовими вимикачами ліній 110 кВ, резервним живленням 6 кВ, секційними вимикачами власних потреб і резервними збудниками.

На ТЕЦ передбачена [7,7] комплексна автоматизація основних і допоміжних технологічних процесів на базі інформаційних обчислювальних машин, що здійснюють автоматичний контроль основних технологічних параметрів, обчислення техніко-економічних показників, цифрову реєстрацію відхилення параметрів від норми і реєстрацію аварійних ситуацій.

Котли обладнані системою рециркуляції димових газів і автоматичними газоаналізаторами для контролю викидів окислів азоту, пальниками для двохстадійного спалювання палива.

2.5. Технологія вироблення енергії на ТЕЦ

Основними тепловими агрегатами теплових електричних станцій (ТЕС) є паровий котел та парова турбіна.

Паровий котел [7,8] являє собою системи поверхонь нагріву для вироблення з води пари. Хімічно підготовлену знесолену воду, що безперервно надходить до парового котла, називають живильною. В котлі живильна вода спочатку підігрівається до температури насичення і випаровується, а потім насичена пара перегрівається до необхідної температури.

Потрібна для цього процесу теплота виділяється при спалюванні палива, що подається у топку котла разом з необхідним для горіння повітрям. При спалюванні палива утворюються продукти згоряння – теплоносії, який на поверхнях нагріву віддає теплоту воді, парі та повітрю, що використовується при горінні.

На електростанціях [7,8] великої потужності димові труби виконують заввишки 200–300 м і більше з метою зменшення місцевих концентрацій забруднюючих речовин у повітрі. При спалюванні палива залишаються зола та шлаки, що також видаляються з котлоагрегату.

Розширюючись у напрямних і робочих лопатках турбіни, пара віддає свою внутрішню теплову енергію, перетворюючи її в кінетичну енергію обертання ротора. З ротором зв'язаний генератор, в якому механічна енергія перетворюється в електричну.

На сучасних [7,8] конденсаційних електростанціях (КЕС) з агрегатами потужністю більше 200 МВт застосовують проміжне перегрівання пари. Зазвичай використовують одноступінчасте проміжне перегрівання, а в установках дуже великої потужності застосовується подвійне проміжне перегрівання, при якому пара з проміжних ступенів турбіни двічі повертається до котла. Проміжне перегрівання пари збільшує коефіцієнт корисної дії турбіни і зменшує питому витрату пари на вироблення електроенергії. Також воно знижує вологість пари на ступенях низького тиску турбіни, що зменшує ерозію її лопаток.

Пройшовши через проточну частину турбіни, спрацьована пара прямує до конденсатора. В ньому вона охолоджується, віддаючи залишки теплоти циркулюючій по трубках конденсатора воді з природного (озеро, річка) чи штучного джерела, і конденсується. Отриманий конденсат знов повертається до котла.

У термодинамічному [7,8] відношенні найбільша кількість тепла від спаленого палива (близько 50 %) витрачається на процес переходу води з рідкого стану у газоподібний, тобто на процес кипіння. Через те, що процес конденсації пари є зворотним кипінню, втрати тепла в конденсаторі турбіни є найбільш значними і визначальними для економічної ефективності виробництва. На найбільш сучасних потужних конденсаційних енергоблоках питома витрата умовного палива на відпущену 1 кВт·год електроенергії становить 315–350 г.

На відміну від КЕС на [7,8] теплоелектроцентралі (ТЕЦ) є додаткове обладнання (теплообмінники) для виробництва теплової енергії. У проточній частині турбіни (у зоні відносно низьких тисків: $1,0\text{--}2,0\text{ кг/см}^2$) є регульований відбір частково відпрацьованої пари. Із цього відбору значна частина пари направляється у теплообмінник для нагрівання мережної води. Чим вище теплове навантаження, тим більша кількість пари направляється в великий цей опалувальний відбір для нагрівання мережної води з системи централізованого теплопостачання. Через те, що процес конденсації пари відбувається в теплообміннику з мережною водою, кількість пари, що прямує в «хвостову» частину турбіни і далі в конденсатор, пропорційно зменшується. Тому, незважаючи на деяке зниження вироблення електроенергії через відбір пари з проточної частини турбіни, внаслідок зменшення втрат тепла в конденсаторі турбіни техніко-економічні показники електростанції істотно поліпшуються.

Так, питома витрата умовного палива на відпуск 1 кВт·год електроенергії для енергоблоку № 3 Калуської ТЕЦ становить 215 г (при номінальному тепловому і електричному навантаженні), питома витрата умовного палива на відпуск 1 Гкал. теплової енергії становить 140 кг. Для порівняння: питома витрата умовного палива на відпуск 1 Гкал тепла у водогрійних котлах становить 157–165 кг.

З конденсатора конденсат [7,8] перекачується конденсатним насосом через підігрівачі низького тиску в деаератор, де знов нагрівається до кипіння. При цьому відбувається звільнення води від кисню та вуглекислоти, що спричиняють корозію устаткування. З деаератора вода бустерними насосами (на блоках малої потужності не використовуються) подається до живильних насосів і через підігрівачі високого тиску надходить до парового котла. Підігрівання конденсату в підігрівачах низького тиску та живильної води в підігрівачах високого тиску здійснюється парою, частково спрацьованою у турбіні – так званий регенеративний підігрів.

Отже, на КЕС паровий котел живиться конденсатом вироблюваної ним пари. Частина конденсату при цьому втрачається. На ТЕЦ частина пари може

також відводиться на технологічні потреби промислових підприємств або використовуватися для побутових споживачів. На КЕС втрати становлять незначну частку загальних витрат пари – до 1 %. Для їх поповнення дуже потрібне додавання попередньо обробленої хімводоочищенням води. На ТЕЦ ця добавка може сягати 30–50 %, а подекуди й більше. Окрім цього, на ТЕЦ необхідна велика кількість (сотні тонн на годину) підживлювальної води для відшкодування втрат у теплових мережах.

До числа пристроїв [7,8] та механізмів, що забезпечують роботу парового котла, входять:

- паливоприготовні пристрої, що виконують подачу палива потрібної якості й кількості;
- дуттьові вентилятори, які подають повітря для горіння;
- димососи, призначені для відведення продуктів згоряння через димову трубу в атмосферу;
- димососи рециркуляції димових газів, що повертають частину димових газів зворотно в цикл для регулювання температури перегрітої пари та зниження викидів окислів азоту;
- регенеративні повітропідігрівачі, які дозволяють підняти температуру повітря, що подається в топку, за рахунок відбору тепла у вихідних димових газів.

Паровий котел і комплекс вказаного обладнання разом складають котельну установку.

Для технологічних потреб хімцеху, електроцеху та ремонтних підрозділів на ТЕЦ є потужна компресорна. Оскільки охолодження генераторів здійснюється з використанням водню, в технологічний ланцюг ТЕЦ включено електролізну. На ТЕЦ є власне масло-господарство, де зберігається чисте і відпрацьоване турбінне та трансформаторне масло, а також виконується грубе очищення масла від механічних домішок та вологи.

2.6. Опис технологічного процесу

На Калуській ТЕЦ основне нагрівання мережної води з системи централізованого теплопостачання здійснюється на теплофікаційних енергоблоках в підігрівачах мережної води горизонтального типу (ПМГ). Покриття піків теплового навантаження при необхідності збільшення температури подавальної мережної води вище 105°C здійснюється шляхом її додаткового нагрівання в пікових водогрійних котлах.

На кожному енергоблоці встановлено по два ПМГ – верхній (ПМГ-2) і нижній (ПМГ-1), які живляться, відповідно, від верхнього та нижнього відборів пари з проточної частини турбіни.

Відбір пари з турбіни здійснюється з регульованих відборів (на енергоблоках №№ 1, 2 – це VI і VII відбори, на енергоблоці № 3 – VII і VIII відбори), розташованих в циліндрах середнього тиску (ЦСТ) турбін (на енергоблоці № 3 – в ЦСТ II). Для регулювання тиску пари в цих відборах за ними, тобто на вході пари в циліндр низького тиску (ЦНТ), встановлена поворотну діафрагму.

Мережна вода зі зворотної магістралі насосами мережної води першого підйому (МЕН I ст.) подається в головний корпус на теплофікаційну установку (ПМГ) енергоблоків. Після ПМГ нагріта до заданої температури вода подається з головного корпусу до мережних насосів другого підйому (МЕН II ст.), які перекачують її із заданим диспетчером теплових мереж тиском або безпосередньо в «подавальний» магістральний трубопровід теплових мереж, або через пікові водогрійні котли.

Пара з температурою 150 °C з котла надходить у турбіну, де він розширюється, спрацьовуючи свою внутрішню енергію (тиск і температуру) на робочих лопатках ЦВТ і ЦСТ турбіни. Після часткового розширення, частина пари з ЦСТ відводиться в ПМГ-2, де, конденсуючись, передає свою теплоту циркулюючої по трубках ПМГ-2 мережній воді. Інший потік

пари, розширюючись ще на одній ступені ЦСТ турбіни, надходить у зону відбору пари до ПМГ-1.

Пара на ПМГ-1 відбирається після ЦСТ перед її входом в ЦНТ. Відібрана частина пари, конденсуючись на трубках ПМГ-1, підігріває мережну воду. Інший об'єм пари, проходячи через паропропускні вікна поворотної діафрагми (ПД), направляється в ЦНТ, де, розширюючись на лопатках турбіни, віддає свою енергію для обертання ротора турбіни. Відпрацьована пара після ЦНТ направляється в конденсатор турбоустановки, де вона конденсується. Конденсатор турбіни працює при глибокому вакуумі ($-0,92 \div -0,98$ атм.), для якого температура пари становить лише 35–40 °С.

Для збільшення теплового навантаження ПД прикривається. При цьому її паропропускні вікна частково перекриваються, що зменшує пропуск пари в ЦНТ турбіни і збільшує витрату пари через «нижній» та «верхній» теплофікаційні відбори до ПМГ-1 і ПМГ-2. Таким чином, тиск пари в опалювальних відборах росте, отже, росте й температура конденсації пари, внаслідок чого температура мережної води на виході з теплофікаційної установки збільшується.

При максимальному тепловому навантаженні (для блоків №№ 1,2 – 175 Гкал/год, для блоку №3 – 350 Гкал/год) ПД закривається до упору, майже повністю перекриваючи паропропускні вікна й тим самим, максимально перекриваючи доступ пари в ЦНТ турбіни і направляючи її до ПМГ-1, ПМГ-2.

Через відключення ЦНТ електрична потужність турбіни знижується, і для її відновлення потрібне збільшення паропроодуктивності котла шляхом збільшення подачі палива. При збільшенні паропроодуктивності котла тиск пари в опалювальних відборах росте. Тому для втримання температури мережної води на заданому значенні ПД знову відкривається, і частина пари пропускається в ЦНТ. Тиск пари в опалювальних відборах зменшується до заданої величини, електрична потужність, що виробляється турбогенератором, відновлюється.

При необхідності зменшення теплового навантаження вищевказані дії виконуються у зворотному порядку.

Всі операції по зміні теплового й електричного навантаження на ТЕЦ автоматизовані. Оператор енергоблоку лише задає необхідний режим роботи обладнання за допомогою приладів і надалі стежить за роботою автоматики,

яка сама за допомогою електронно-гідравлічних систем виконує задану команду. Оператор втручається в роботу автоматики лише при явних збоях або для корегування заданих параметрів.

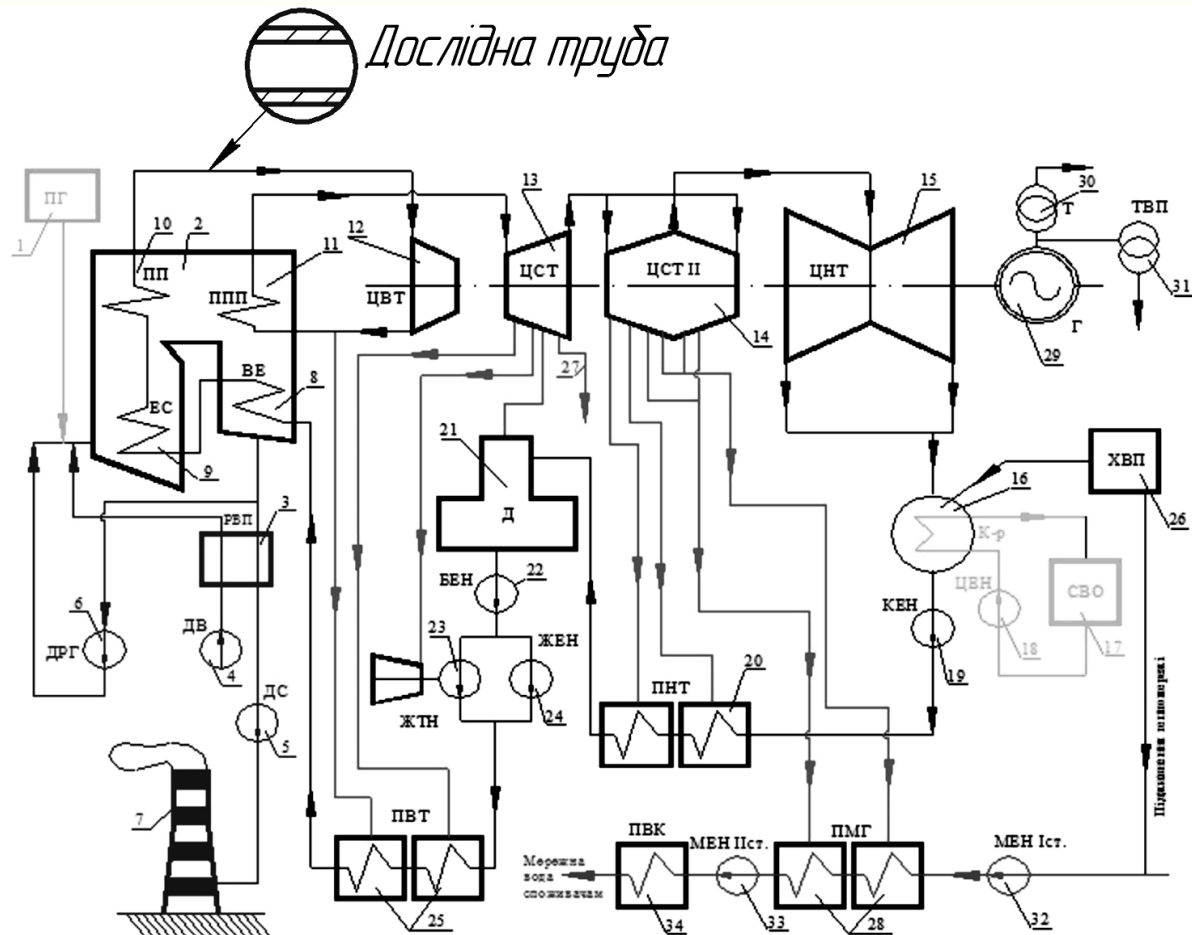


Рис. 2.2. Принципова технологічна схема виробництва енергії

2.7. Котел КВ-ГМ-209-150

Для нормальної роботи котла потрібно регулювати так основні параметри, як температура, він є показником ефективності, тиск пари в котлі, витрату на виході котла і рівень води в котлі. Також для цих параметрів передбачена система автоматичного захисту.

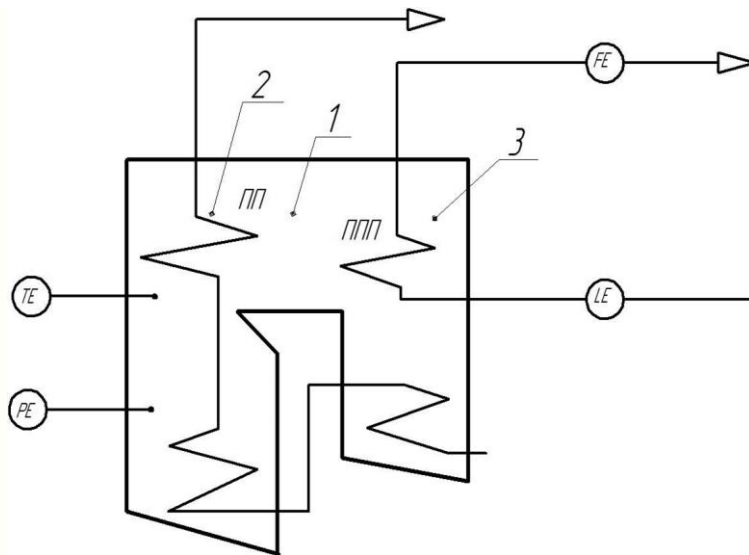


Рис. 2.3. Схема парового котла КВ-ГМ-209-150

2.8. Датчик для вимірювання тиску

На ТЕЦ для вимірювання використовуються перетворювачі тиску Сапфір-22ДІ. Вони призначені для перетворення надлишкового та вакуумметричного тиску рідких та газоподібних середовищ в уніфікований струмовий вихідний сигнал, в т.ч. в умовах АЕС. Перетворювачі ремонтпридатні. Є такі типи перетворювачів: Сапфір-22ДІ-Вн - перетворювачі надлишкового тиску, Сапфір 22ДВ-Вн – перетворювачі тиску



Рис. 2.4. Перетворювач тиску Сапфір 22ДІ

2.9. Датчик для вимірювання температури термопара ТХА-9505

На Калуській ТЕЦ [7,ст.86] вимірювання температури проводиться за допомогою датчика температури термопари ТХА-9505 (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Термоперетворювач температури ТХА-9505

Термопари [8] широко застосовують для виміру температури різних об'єктів, а також в автоматизованих системах управління і контролю. Вимір температур за допомогою термопар набув широкого поширення із-за надійної конструкції датчика, можливості працювати в широкому діапазоні температур і дешевизни. Широкому вживанню термопари зобов'язані в першу чергу своїй простоті, зручності монтажу, можливості виміру локальної температури. Вони набагато лінійніші, ніж багато інших датчиків, а їх нелінійність на сьогоднішній день добре вивчена і описана в спеціальній літературі.

До переваг термопар відносяться також мала інерційність, можливість виміру малих різниць температур. Термопари незамінні при вимірі високих температур (аж до 2200°C) в агресивних середовищах. Термопари можуть забезпечувати високу точність виміру температури на рівні $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$. Вони виробляють на

виході ТЕРМОЕРС в діапазоні від мікр вольт до мілівольт, проте вимагають стабільного посилення для подальшої обробки.

Термопари відносяться до класу термоелектричних перетворювачів, принцип дії яких заснований на явищі Зеебека: якщо спаї двох різнорідних металів, створюючих замкнутий електричний ланцюг, мають зовсім неоднакову температуру (T_1 не рівне T_2), то в ланцюзі протікає електричний струм. Зміна знаку в різниці температур спаїв супроводиться зміною напрямку струму. Під термоелектричним ефектом розуміється генерування термоелектрорушійної сили (ТЕРМОЕРС), що виникає із-за різниці температур між двома з'єднаннями різних металів і сплавів.

Таким чином, термопара може утворювати пристрій (або його частина), що використовує термоелектричний ефект для виміру температури. У поєднанні з приладом електровимірювання термопара утворює термоелектричний термометр. Вимірювальний прилад або електронну вимірювальну систему підключають або до кінців термоелектродів, або в розрив одного з них.

При виборі термопари для виробництва вимірів температури в деякому діапазоні слід вибирати ту термопару, коефіцієнт лінійності якої змінюється менш інших в рамках цього діапазону. Для досягнення високої точності вимірів термопарного термометра у всьому діапазоні робочих температур необхідне його калібрування. У ГОСТ 50431-92 «Термопари» приведено вигляд і порядок полінома, а також коефіцієнти поліноміальної апроксимації залежності вихідної напруги термопар від температури, які визначаються по градуйованих таблицях для кожного типу термопар.

Термопара ТХА-9505 широко використовується в кислому і інертному середовищі. Робоча температура термопари знаходиться у межах від -50 до 1050 °С. Вона має найбільш схожу вихідну характеристику до лінійної (Рис. 2.5). Діапазон умовних тисків становить 1,6 МПа. Уніфікований струмовий сигнал складає 0-5 або 4-20 мА.

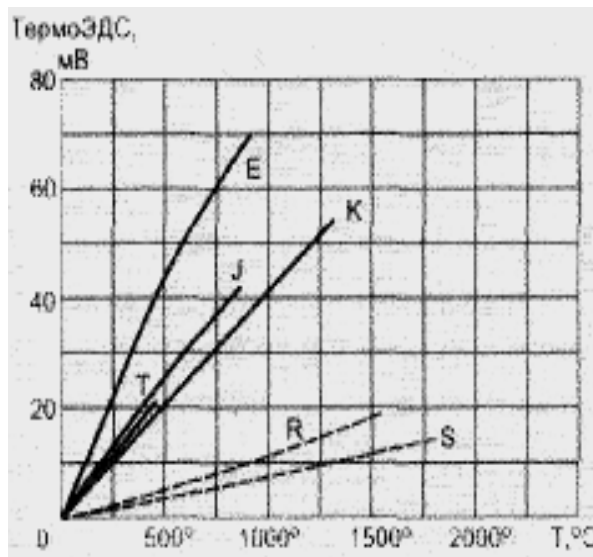


Рис. 2.6. Залежність ЕРС від температури для основних видів термопар

2.10. Датчик для вимірювання витрати TIDALFLUX IFM

В проектованій схемі [7, ст.124] контролю для вимірювання витрати пари на виході парового котла використовується електромагнітний витратомір TIDALFLUX IFM (рис. 3.3). За його допомогою підтримується витрата пари на виході з котла 485 т/год.



Рис. 2.7. Електромагнітний витратомір TIDALFLUX IFM

Електромагнітні витратоміри [9] можуть бути виконані як з постійними магнітами, так і з електромагнітами, що живляться змінним струмом. Електромагнітні витратоміри мають свої переваги і недоліки, що визначають сфери їх застосування.

Труба в зоні виміру витратоміру (довжина ділянки 2..5 діаметрів труби) виконується з непровідного немагнітного матеріалу. Найчастіше робиться

футерування (вставка) з інертних пластиків (типу фторопласту, поліетилену) в трубу з неіржавіючої сталі. Для зменшення турбулентності потоку в зоні виміру рекомендується вмонтовувати витратомір в прямолінійні ділянки без зміни перетину впродовж 5..10 діаметрів труби до і після витратоміру.

Недоліком даних приладів є в основному недоліки їх градування і виміру різниці потенціалів. Однак електрохімічні процеси на електродах, різні перешкоди і наладки, неоднорідність потоку рідини не дозволяють отримати тієї потенційно високої точності вимірів витрати, яка витікає з принципу дії даного типу витратомірів. Так, виготовлені в Європі електромагнітні витратоміри, не дивлячись на індивідуальне градування, (на високоточних витратомірних стендах) і досконалі засоби виміру мають клас точності 1,0— 2,5 %.

Істотним і основним недоліком електромагнітних витратомірів з постійним електромагнітом, що обмежує їх застосування для виміру слабо пульсуючих потоків, є поляризація вимірювальних електродів, при якій змінюється опір перетворення, а отже, з'являються істотні додаткові недоліки. Поляризацію зменшують, застосовуючи електроди із спеціальних матеріалів (вугільні) або спеціальне покриття для електродів (платинові, танталові). Такі витратоміри частенько вимагають щоденного технічного відходу (підрегулювання нуля, підналаштування і тому подібне).

У витратомірах із змінним магнітним полем явище поляризації електродів відсутнє, проте з'являються інші ефекти, що також спотворюють корисний сигнал:

- трансформаторний ефект, коли на витку, рідиною, що знаходиться в трубопроводі, електродами, з'єднувальними дротами і вторинними приладами наводиться трансформаторна ЕРС, джерелом якої є обмотка електромагніту або зовнішні синхронні наведення (наприклад, від сусідніх витратомірів). Для їх компенсації у вимірювальну схему приладу вводять компенсуючі ланцюги або живлять електромагніт перемиканим постійним струмом;
- ємкісний ефект, що виникає із-за великої різниці потенціалів між системою збудження магнітного поля і електродами і паразитної ємкості між

ними (з'єднувальні дроти і т. п.). Засобом боротьби з цим ефектом є ретельне екранування.

Найбільшого вживання [10,ст.132] витратоміри знайшли в обліку водних і енергетичних ресурсів (зокрема в опалювальних системах). Електромагнітні витратоміри широко застосовують в металургійній, біохімічній і харчовій промисловості, в будівельному виробництві, в медицині, оскільки вони мало інерційні в порівнянні з витратомірами інших типів. Витратоміри незамінні в тих процесах автоматичного регулювання, де запізнення грає істотну роль, або при вимірі швидко змінюючих витрат.

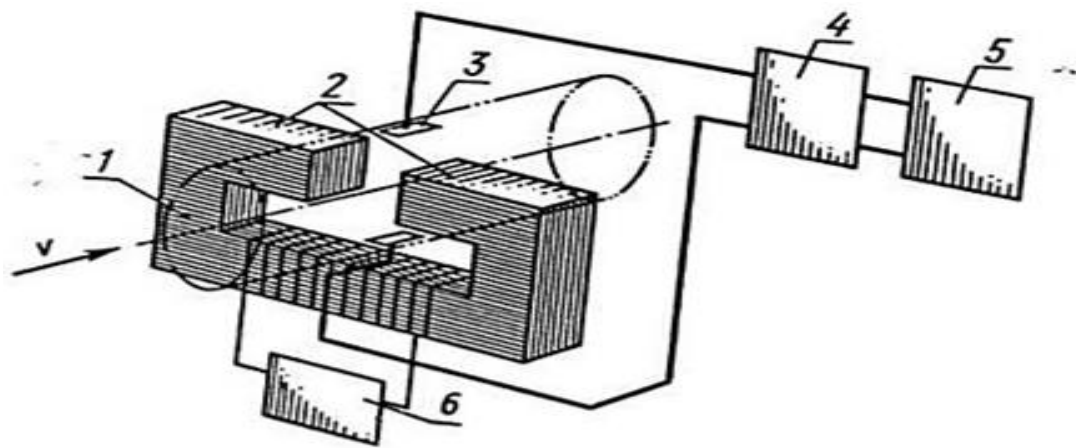


Рис. 2.8. Принципова схема електромагнітного витратоміра

1 – трубопровід; 2 – полюси магніту; 3 – електроди для знімання ЕРС; 4 – електронний підсилювач; 5 – відчислювальна система; 6 – джерело живлення магніту

2.11. Датчик для вимірювання рівня ВМ4012

В проектованій схемі контролю для вимірювання рівня води в паровому котлі використовується датчик [9] рівня води ВМ4012 [10,ст.187]. Електрична схема даного датчика показана на рис. 3.5. Рівень води в котлі не повинен перевищувати $\frac{3}{4}$ котла.

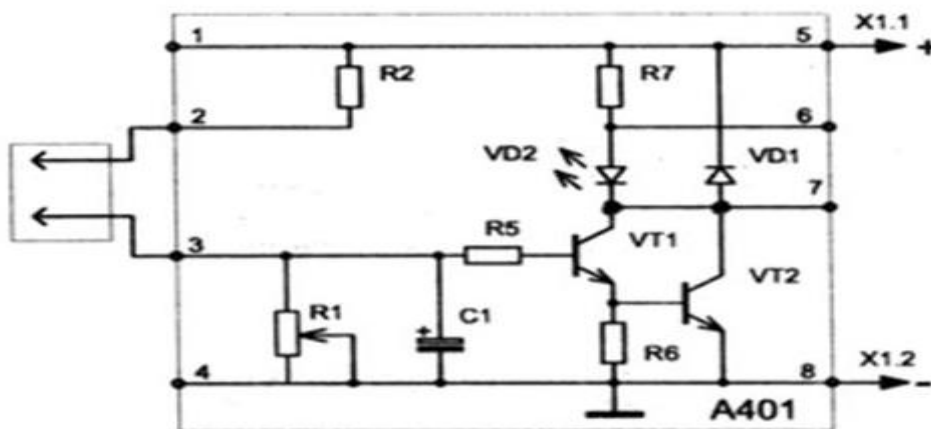


Рис. 2.9. Електрична принципова схема ВМ4012

Датчик призначений для контролю рівня води в баку, котлі і інших ємкостях. По сигналу датчика відбувається включення/виключення різних виконавчих пристроїв: водяний насос, світловий або звуковий сигналізатор і так далі.

Таблиця 2.2

Технічні характеристики ВМ4012

Номинальна напруга живлення	6,0 - 15,0 В
Струм навантаження	75 мА
Розмір друкарської плати	30x38 мм

Порядок підключення і експлуатація ВМ4012 (рис. 2.5):

- потрібно підключити датчик до контактів 2 і 3. Як датчик зручно використовувати дві пластини однобічного фольгированого склотекстоліту

- розмірами 10x50 мм. Пластини сполучають між собою на відстані 3-5 мм через ізолюючі втулки так, щоб фольгировані поверхні були звернені один до одного і не замикалися між собою;
- потрібно з'єднати джерело постійної напруги з пристроєм відповідно до принципової схеми («плюс» - конт.5, «мінус» - конт. 8);
- при використанні виконавчих пристроїв із струмом навантаження більше 75 мА необхідно встановити проміжне електромагнітне реле. Обмотка реле повинна підключатися до контактів 7 і 5; потрібно включити живлення, опустити датчик в ємність на необхідну глибину. Як тільки рівень рідини досягне рівня датчика, спалахне індикаторний світлодіод і з характерним клацанням спрацює реле, підключивши потужне мережеве навантаження. Навантаження буде підключено до тих пір, поки рівень води не опуститься нижче за рівень датчика.

2.12. Трубка металева. Сталь 20 (легована)

Легована сталь – сплав на основі заліза, у хімічний склад якої спеціально введені легуючі елементи, які забезпечують при певних способах виробництва й обробки необхідну структуру і властивості. Деякі легуючі елементи (V, Nb, Ti, Zr, В) можуть впливати на структуру і властивості сталі при вмісті їх у сотих долях відсотка (В – у тисячних долях відсотка). Залізо і сплави на його основі належать до чорних металів, а всі інші метали і сплави на їхній основі – до кольорових. До металів залізної групи належать: кобальт, нікель, а також близький до них за властивостями марганець. До тугоплавких металів належать метали, які мають температуру плавлення вище, ніж у заліза (вище 1539°C). З тугоплавких металів найчастіше використовують для легування вольфрам, молібден, ніобій, ванадій, хром. Із групи легких металів найчастіше застосовують титан і алюміній. До групи рідкоземельних металів (РЗМ) належать лантан, церій, неодим, ітрій і скандій. У сплавах залізо-вуглець класифікацію легуючих елементів можна проводити за ступенями

спорідненості легуючих елементів до вуглецю в порівнянні зі спорідненістю до нього заліза. За цією ознакою розрізняють карбідоутворюючі та некарбідоутворюючі елементи. Карбідоутворюючі легуючі елементи (Ti, Zr, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn), а також залізо можуть утворювати в сталі карбіди. Некарбідоутворюючі елементи (Cu, Ni, Co, Si, Al) карбідів у сталі не утворюють.

Наш зразок був розташований на виході з парового котла. Він відноситься до середньо-легованих сталей, тобто відсоток легування складає 2,5-10%. Він має кращу стійкість проти корозії, теплостійкість, жаростійкість (окалиностійкість), та жароміцність. Зразок є безшовним гарячекатаним та термообробленим з монолітною стінкою, 3 групи, тобто труба з границею міцності 540 МПа і вище, яка призначена для експлуатації та будівництва трубопроводів при температурі до 60° і тиску до 9,8 МПа. Трубка має зовнішній діаметр 30 мм, з робочою температурою від -40 до 450 °С.

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Дослідження фільтрів каналів кольорів для зображень

Для візуального діагностування дефектів та пітингової корозії як уже зазначалося в п.п1.3 та п.п1.4 використовують 3D-оптичний мікроскоп та метод звичайної оптичної мікроскопії. В останньому методі суттєвим недоліком є великі затрати часу та трудомісткість, так як, потрібно фокусувати зображення ручкою мікроскопа спочатку на поверхні зразка, а потім на дні дефекта та записувати отримані результати. Також даний метод дозволяє дослідити тільки один пітинг, не дозволяє визначити площу пітинга, а також отримані результати містять в собі похибку оператора.

Звичайно, для кількісної оцінки великої площі зразка ураженого корозією даний метод є малоефективним, тому потрібно його удосконалити, тобто здійснювати вимірювання глибини та площі пітинга у автоматизованому режимі.

Спочатку, потрібно оцінити ефективність даного методу та створити певну методику по якій буде здійснюватися дослідження ураженого корозією зразка, тому спочатку необхідно визначити ефективність вимірювання для одиночних пітингів, провести “контрольні заміри”.

За допомогою звичайного оптичного мікроскопа та фотоапарата була сфотографована поверхня труби ураженої пітинговою корозією (Рис. 3.1).

Оцінювання розмірів пітингів проводилось за допомогою програми OriginPro 9.1, яка дозволяє за глибиною кольору визначити приблизну глибину та межі пітингу.

Було вибрано два типи пітингів з іржею в ямці та без, щоб визначити з якою ефективністю програма буде розпізнавати їх глибину та межі пітингів.

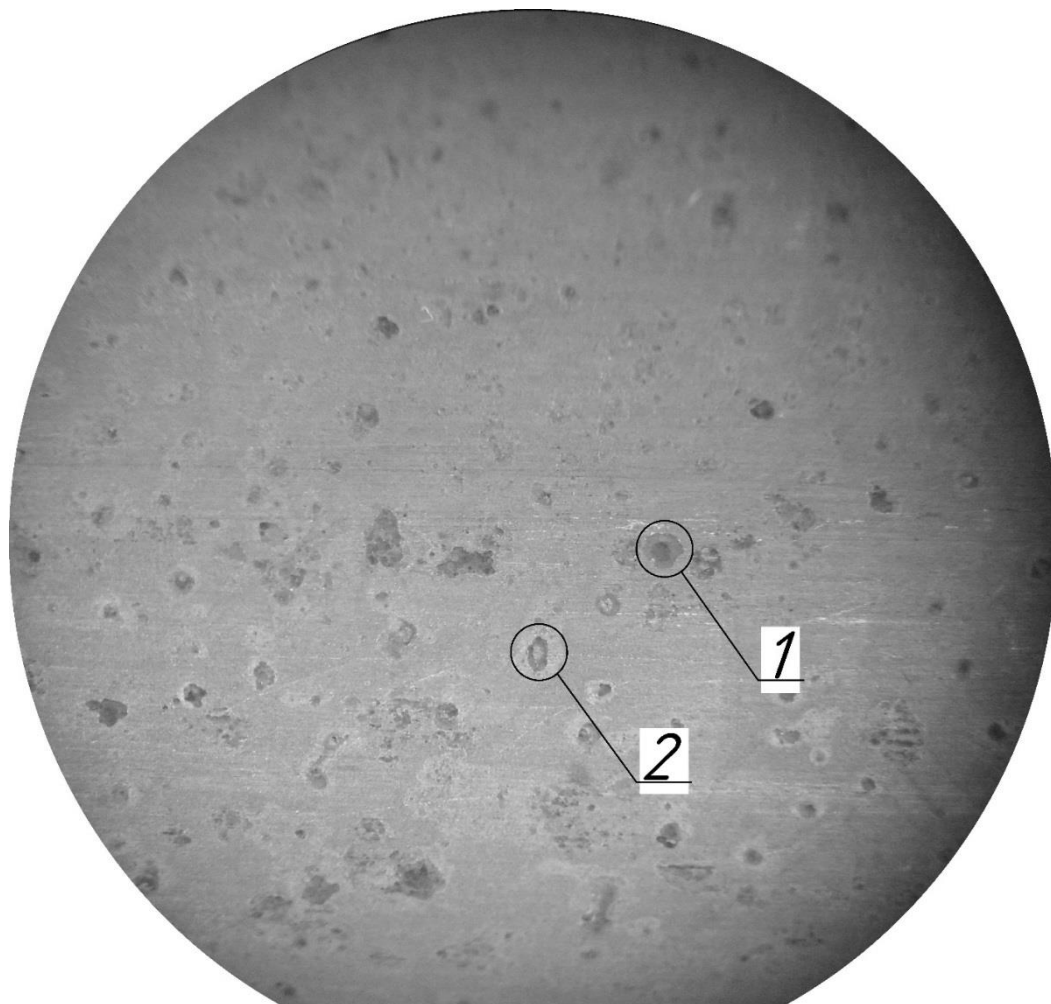
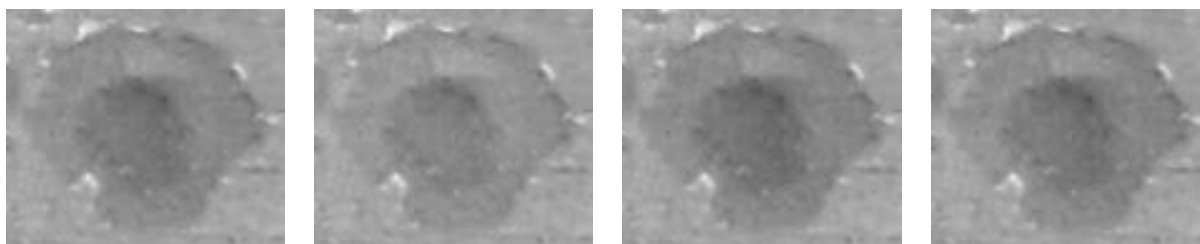


Рис. 3.1. Вибрані пітинги для контрольних вимірювань:

1 - пітинг без іржі в ямці; 2 – пітинг з іржею в ямці

Спочатку дослідимо пітинг №1 – це майже кругла ямка з чіткими межами, з незначною кількістю іржі (Рис. 3.2 а).



а)

б)

в)

г)

Рис. 3.2. Пітинг №1

а) градації сірого 8-біт; б) канал R; в) канал G; г) канал B.

Так як інструмент Contour Profiles програми OriginPro 9.1 працює тільки з зображеннями у градаціях сірого то досліджувати зображення пітинга будемо з

використанням різних фільтрів: градації сірого 8-біт, та з розбиттям на канали RGB (червоного, зеленого, синього).

Спочатку визначимо який фільтр підходить для дослідження найкраще. Для цього проаналізуємо зображення інструментом Contour Profiles для 8-бітної градації сірого, та каналів кольорів: червоного зеленого та синього (Рис. 3.3).

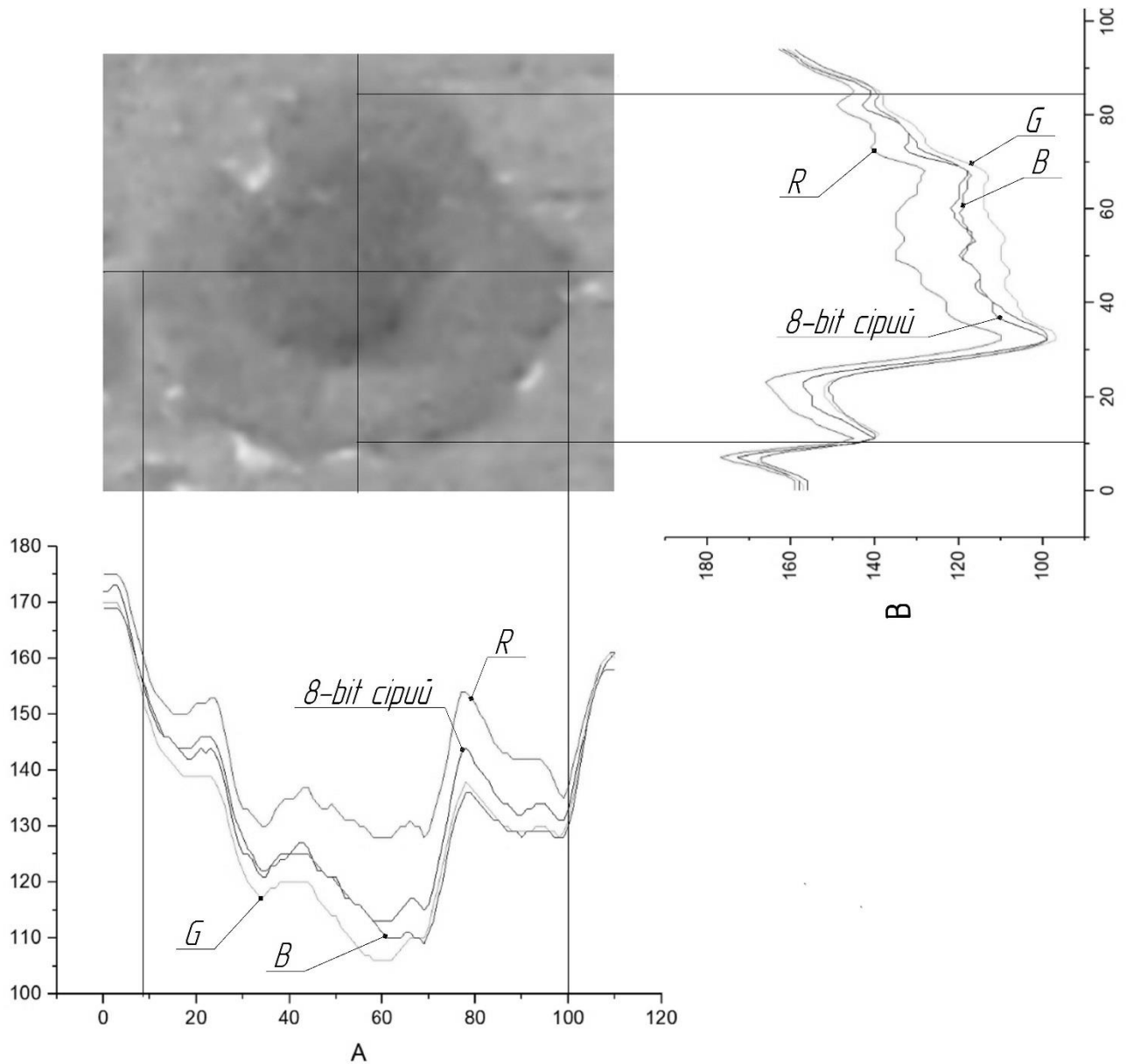
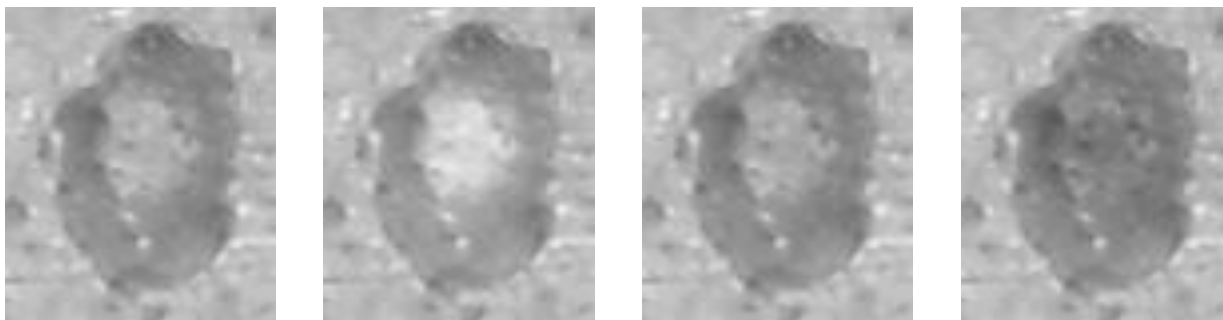


Рис. 3.3. Графіки глибини пітинга з використанням різних фільтрів

Тепер таку ж саму послідовність дій проведемо з пітингом який має іржу (рисунки 3.4 а), 3.5).



а

б

в

г

а) градації сірого 8-біт; б) канал R; в) канал G;

г) канал B

Рис. 3.4 - Пітинг №2

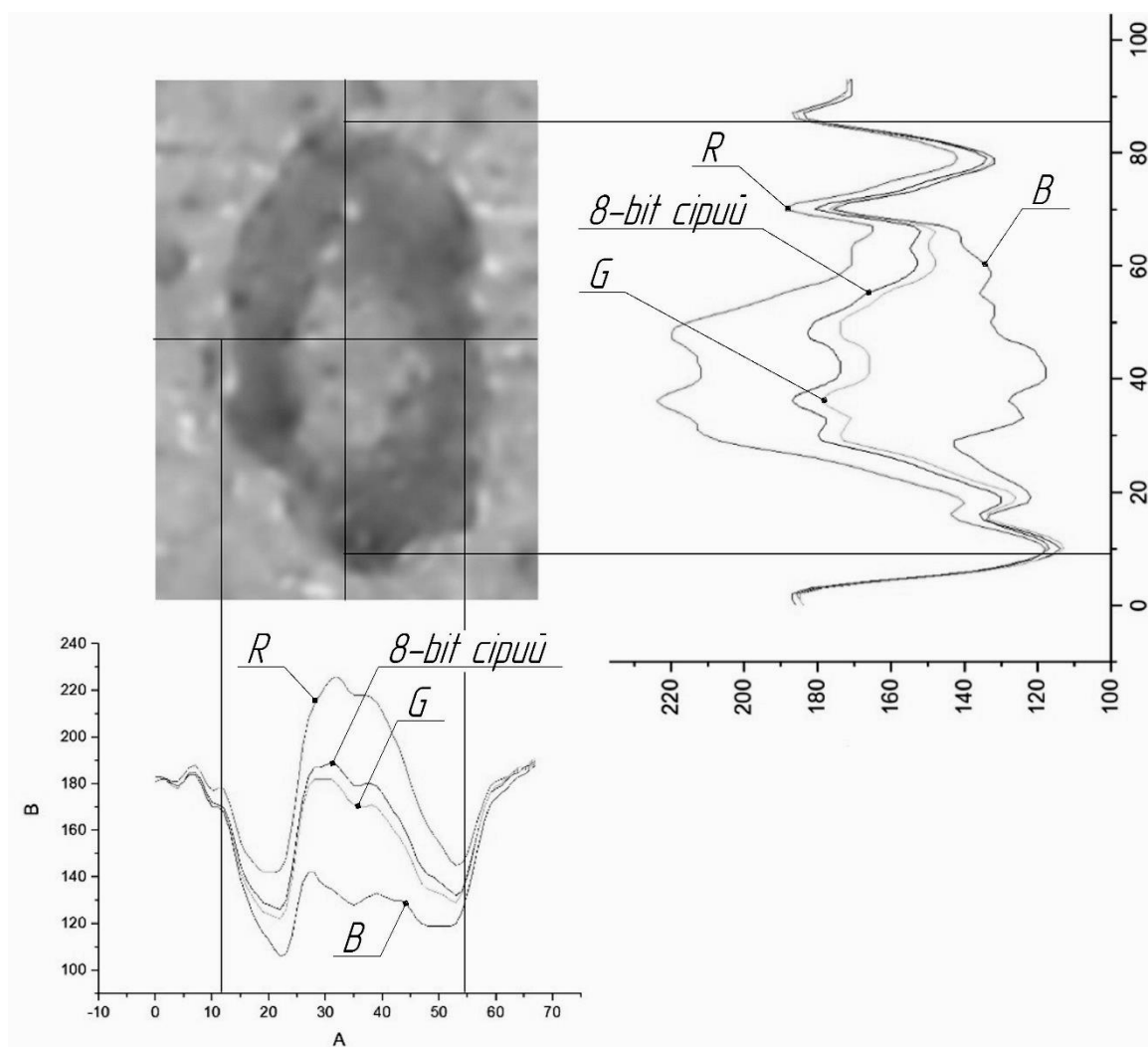


Рис. 3.5. Графіки глибини пітинга з іржею з використанням різних фільтрів

Як бачимо на рис. 3.3 найкраще показує глибину канал зеленого кольору, а на рис. 3.4 канал синього кольору.

Оскільки графіки каналів G і B на рис. 3.3 є дуже подібними, а на рис. 3.5 найкращі показники в каналу B, то для дослідження зразка будемо використовувати зображення з фільтром каналу B (синього).

3.2. Дослідження впливу фільтра Гауса на якість вихідних даних

При дослідженні зображень виявилось, що на якість зображення впливають пікселі, які при збільшенні роблять зображення “схдинковим”, а також різноманітні шуми такі як наприклад білі світла, що в кінцевому результаті сильно спотворюють графік глибини пітинга. Щоб прибрати цей негативний ефект використовувався фільтр Гауса.

Розмивання Гауса — це метод фільтрації зображення за допомогою функції Гауса, який призводить до розмивання зображення. Даний ефект широко використовується в графічних програмах, як правило, для зменшення зашумленості зображенні та зниження деталізації. Візуальний ефект цієї фільтрації розмивання аналогічний погляду на зображення крізь напівпрозорий екран, суттєво відрізняючись від ефекту боке, який можна отримати за допомогою несфокусованого об'єктива або тіні об'єкта при звичайному освітленні [11].

Потрібно визначити оптимальний параметр для цього фільтра, щоб зменшити похибку.

Для цього було взято графіки каналу B першого та другого пітингу та застосовано до зображення пітингів фільтр Гауса з різним радіусом розмиття рисунки 3.6-3.9

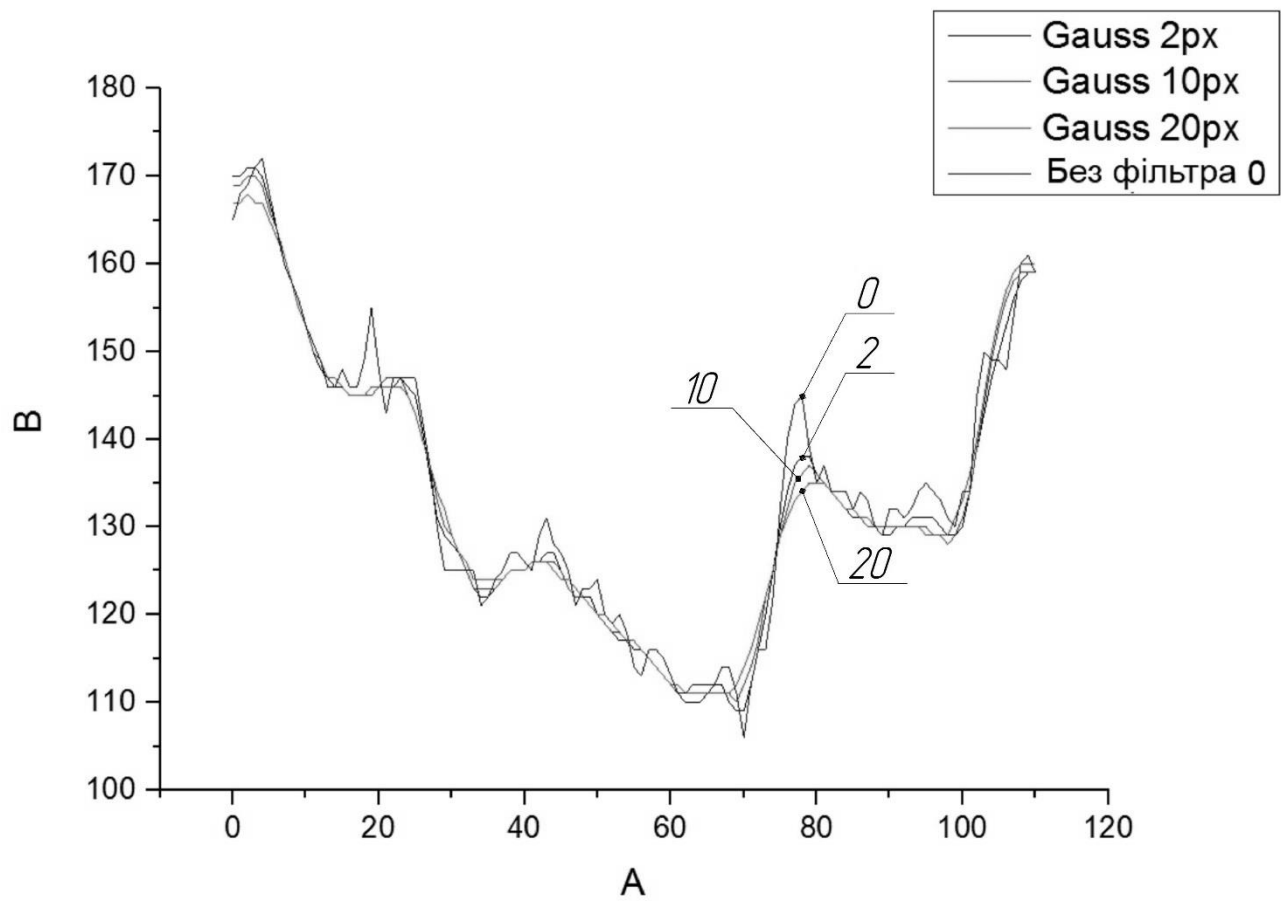


Рис. 3.6. Графік каналу В для горизонтального перерізу пітингу №1

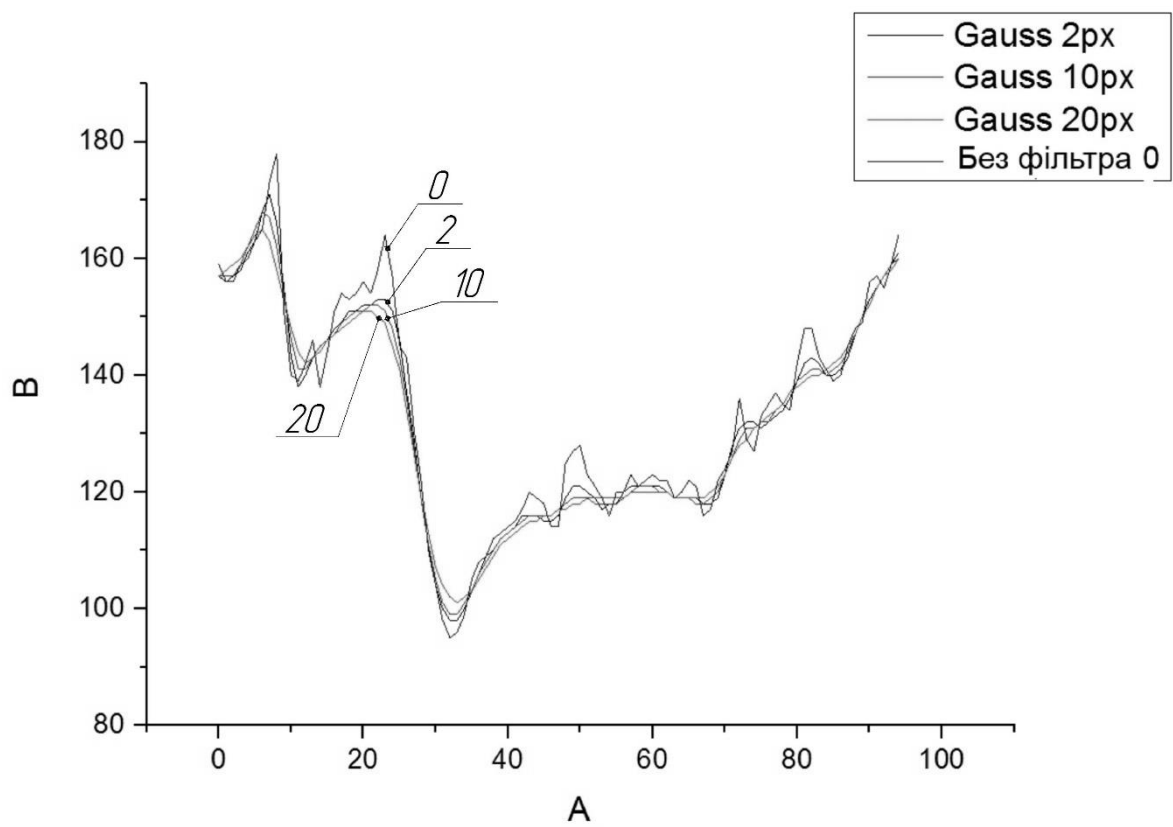


Рис. 3.7. Графік каналу В для вертикального перерізу пітингу №1

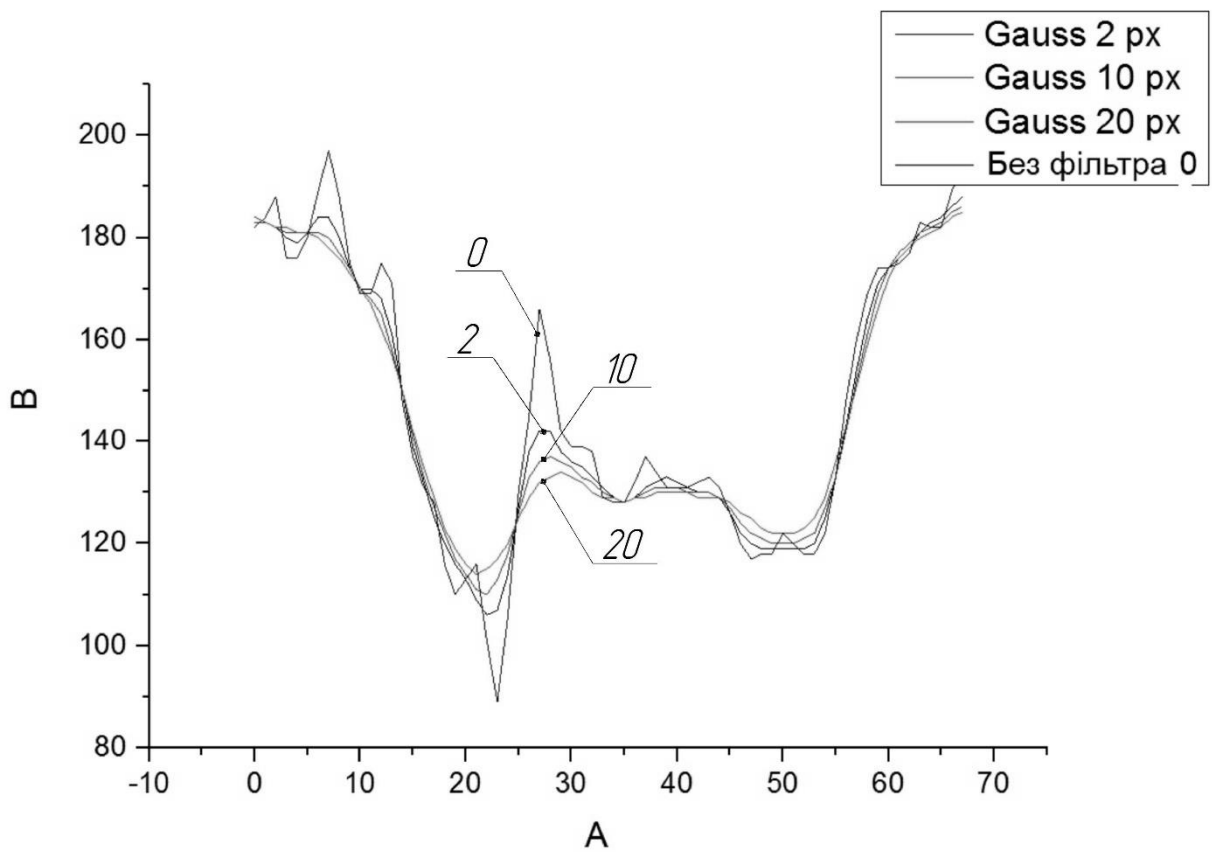


Рис. 3.8. Графік каналу В для горизонтального перерізу пітингу №2

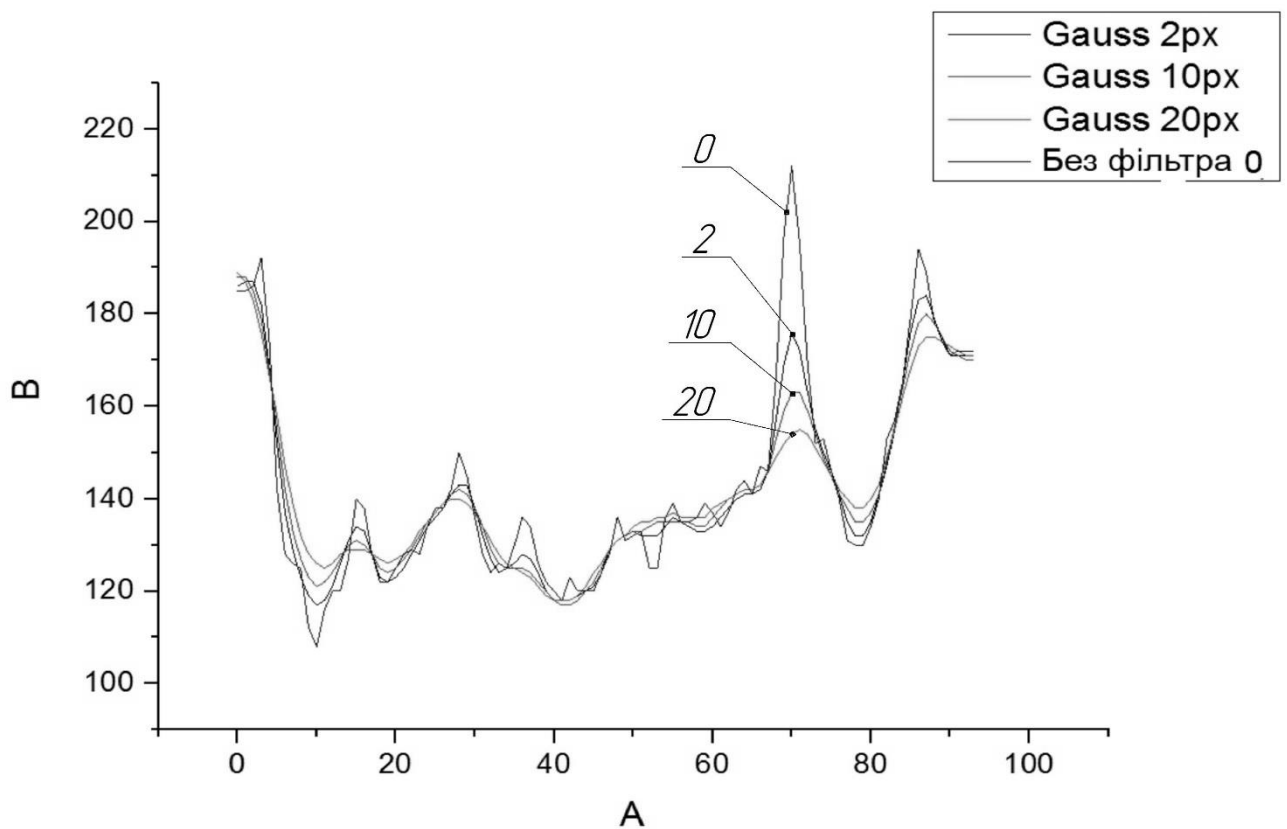


Рис. 3.9. Графік каналу В для вертикального перерізу пітингу №2

По отриманих графіках робимо висновок, що фільтр Гаусса при дослідженні одиночних пітингів більше 2px брати не рекомендується, так як втрачається дуже багато даних (хоча всіх шумів і не вдається уникнути).

Теоретично, в кожній точці зображення буде відмінним від нуля результат функції Гауса, це означає, що для розрахунку для кожного пікселя необхідно брати значення усіх пікселів у зображенні. На практиці, при обчисленні дискретного спрощення функції Гауса, вага пікселів на деякій відстані від центрального пікселя достатньо мала, щоб мати якийсь вплив на середнє зважене значення і вважається нулем. Це означає, що розмиття Гауса працює з цілим зображенням, тому потрібно звернути увагу на топологію пітингів при різних радіусах розмиття даного фільтра.

Як бачимо при використанні великих значень радіуса розмиття усуваються не тільки шуми та бліки, а й корисні дані особливо це помітно на площі пітинга №1 при різних параметрах фільтра (Рис. 3.10-3.13).

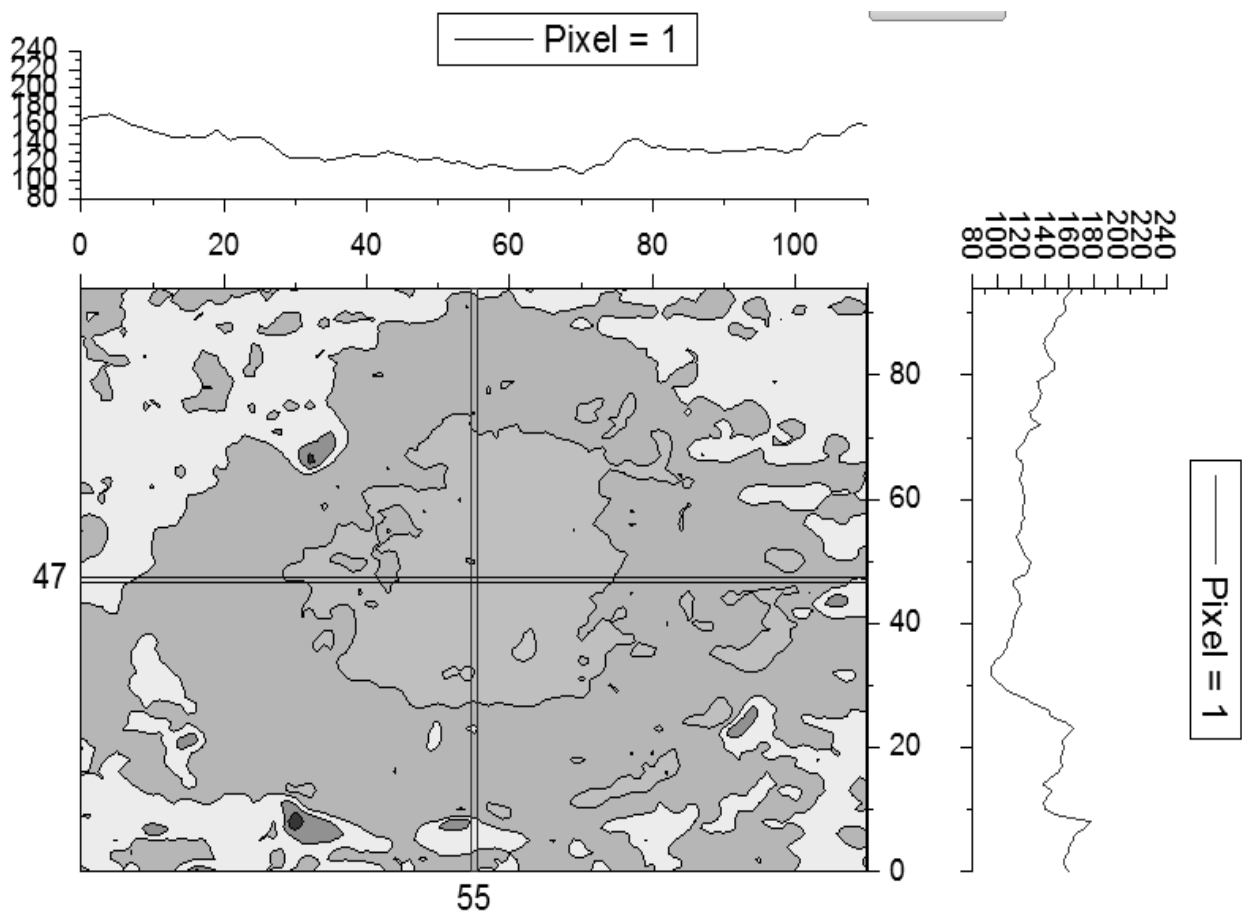


Рис. 3.10. Топологія пітинга без застосування фільтра.

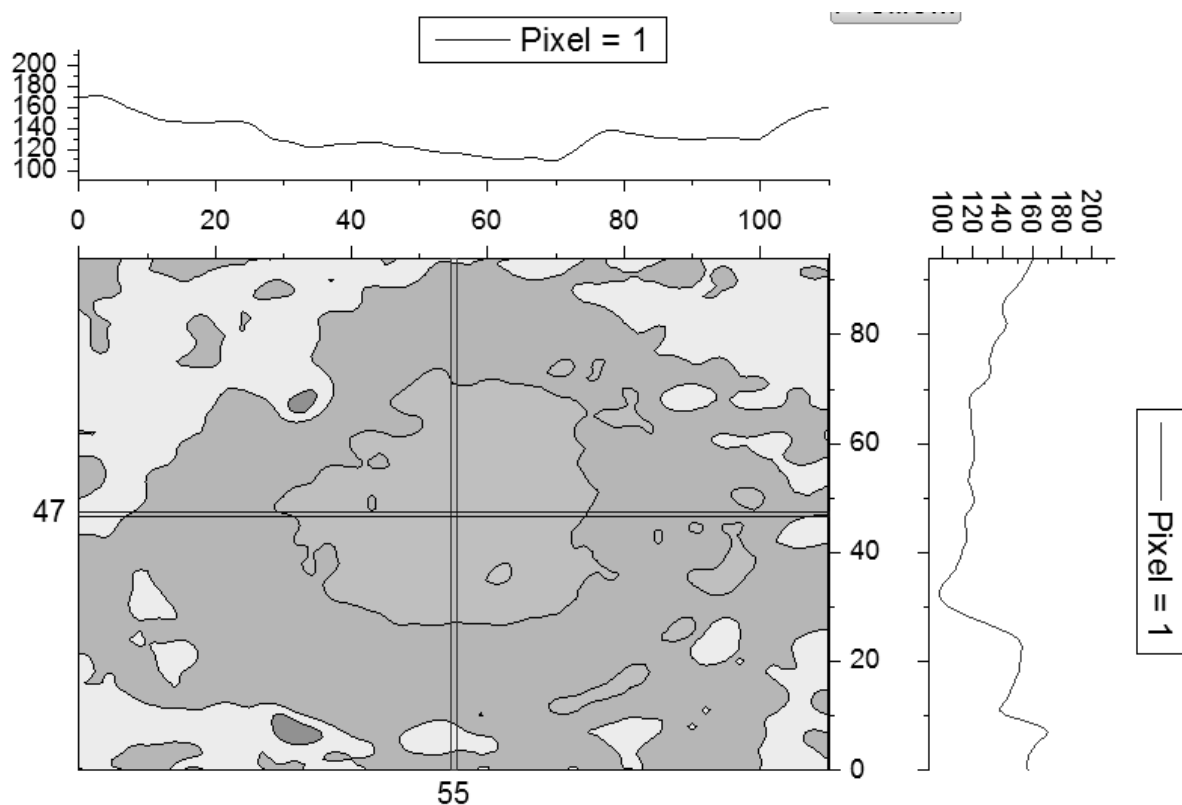


Рис. 3.11. Топологія пітинга із застосуванням фільтра Гаусса з радіусом розмиття 2px

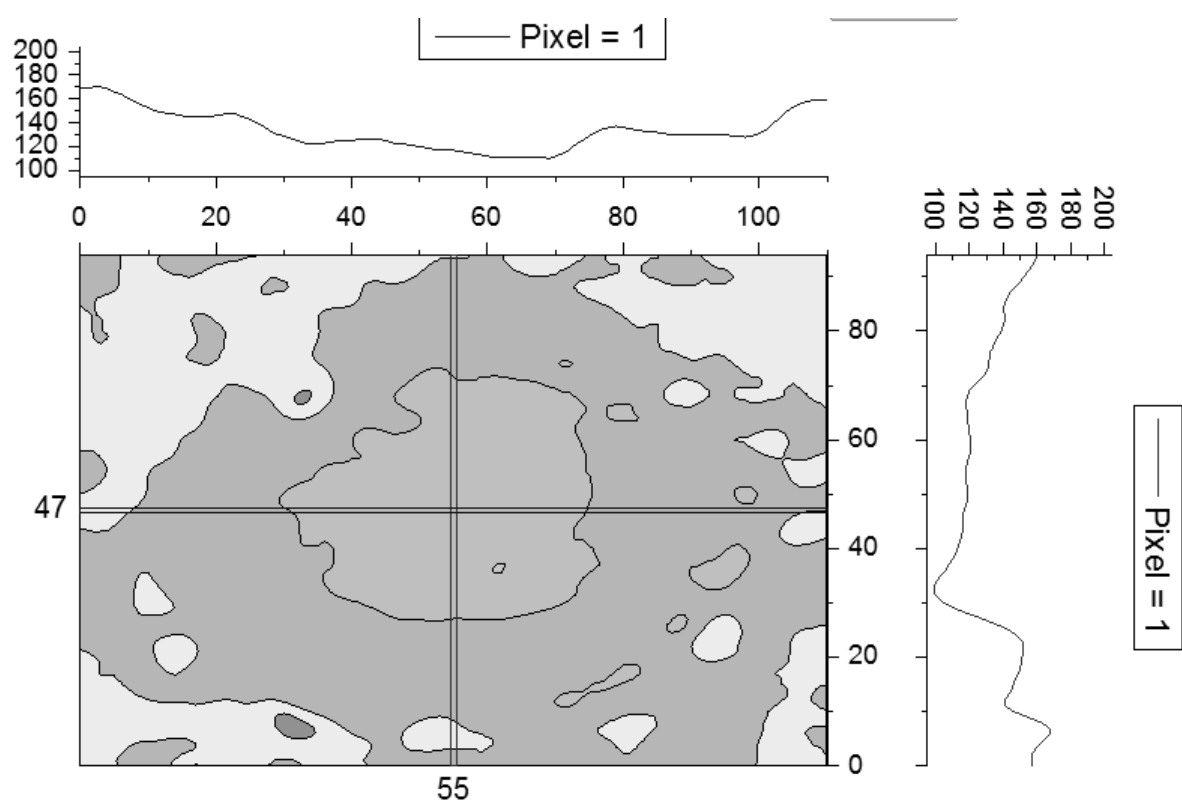


Рис. 3.12. Топологія пітинга із застосуванням фільтра Гаусса з радіусом розмиття 10px

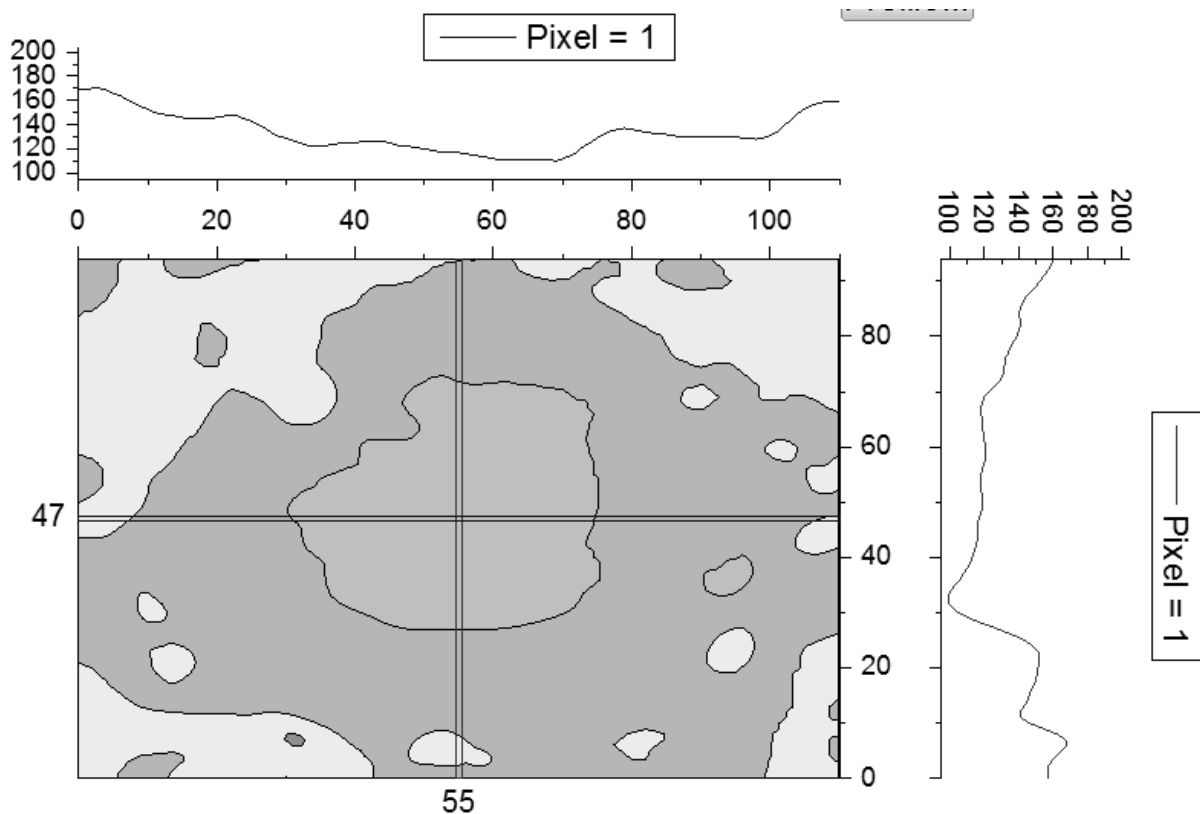


Рис. 3.13. Топологія пітинга із застосуванням фільтра Гаусса з радіусом розмиття 20px

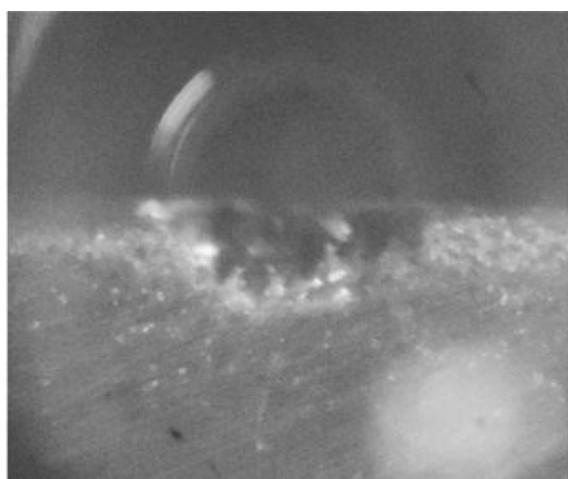
Тому, можна зробити висновок, що при експериментальному підборі даного фільтра необхідно знайти оптимальне значення у співвідношенні усунуті шуми – втрата даних.

3.3. Дослідження перерізу пітингів

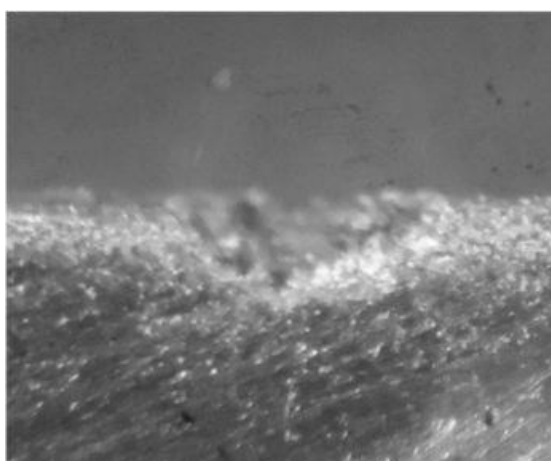
Для визначення середньої глибини пітингів, та співвідношення діаметру до глибини пітинга було здійснено розріз труби та подальше шліфування її зрізу до появи чітко видимих пітингів. При появі пітинга його знімали на фотоапарат попередньо збільшивши під мікроскопом, а потім знову шліфували до появи наступного пітинга і т.д. В результаті було одержано серію фотографій перерізів пітингів показаних на рис. 3.14.



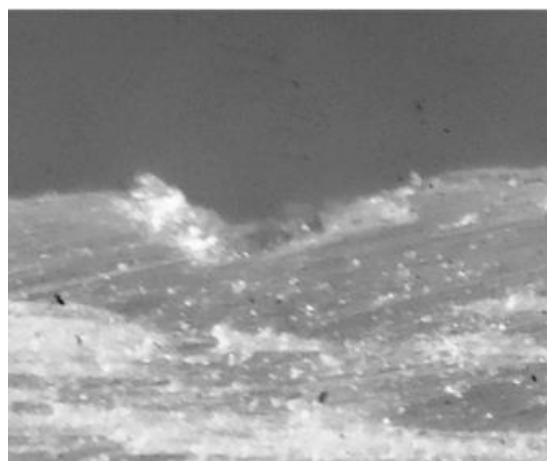
а



б



в



г

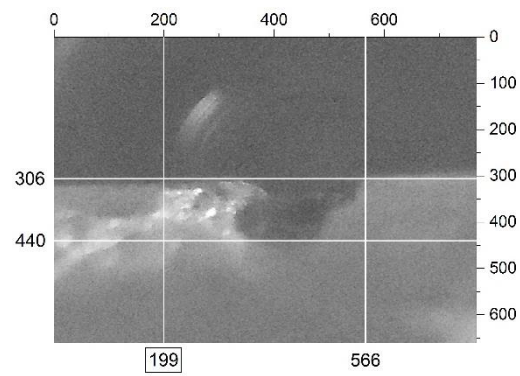
Рис. 3.14. Перерізи пітингів

Тепер на основі даних фотографій можна вирахувати наближений діапазон відношення діаметру пітингів до їх глибини.

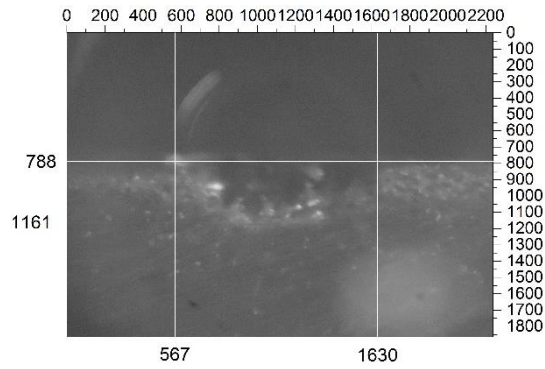
Для цього потрібно дізнатися розміри пітингів. Скористаємося інструментом Image Profiles програми Origin та проведемо додаткові осі по краям пітингів (Рис. 3.15).

Як бачимо, зображення пітингів мають різний розмір, так як самі пітинги не є однаковими, та сфотографовані при різному збільшенні, але для всіх них є характерний деякий діапазон відношень діаметра до глибини пітинга.

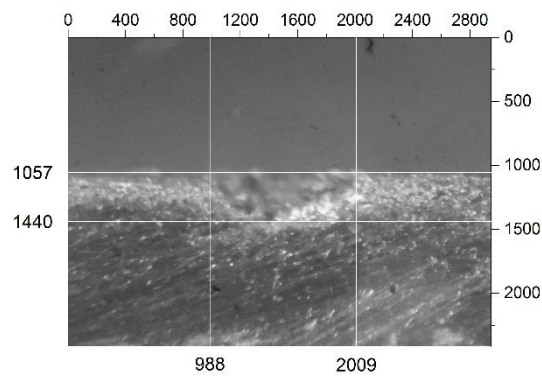
Для зручності обчислення зведемо дані в таблицю 3.1



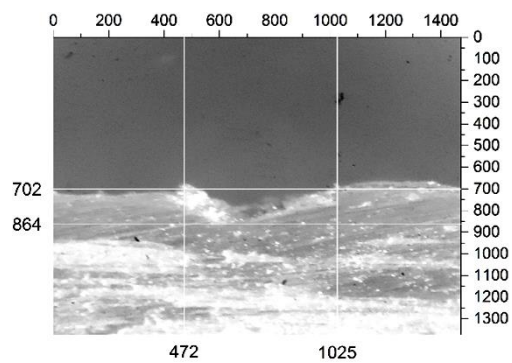
а



б



в



г

Рис. 3.15. Вимірювання розмірів зображення у рх

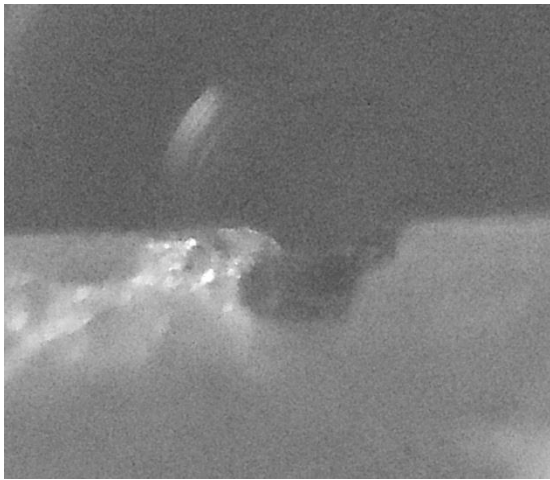
Таблиця 3.1 Відношення діаметрів до глибини пітингів

Пітинг	Діаметр (px)	Глибина (px)	Відношення
а	566-199=367	440-306=134	$367/134 \approx 2,7$
б	1630-567=1063	1161-788=373	$1063/373 \approx 2,85$
в	2009-988=1021	1440-1057=383	$1021/383 \approx 2,65$
г	1025-472=553	864-702=162	$553/162 \approx 3,4$

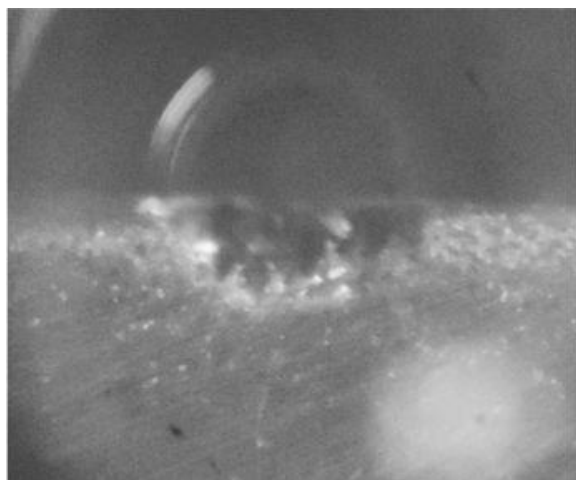
Характерний діапазон відношень діаметра до глибини пітингів при даних експлуатаційних умовах становить 2,65...3,4.

4. НАУКОВА ЧАСТИНА

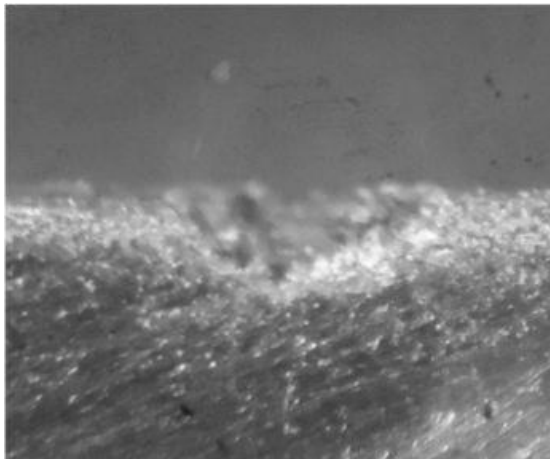
Для визначення середньої глибини пітингів, та співвідношення діаметру до глибини пітинга було здійснено розріз труби та подальше шліфування її зрізу до появи чітко видимих пітингів. При появі пітинга його знімали на фотоапарат попередньо збільшивши під мікроскопом, а потім знову шліфували до появи наступного пітинга і т.д. В результаті було одержано серію фотографій перерізів пітингів показаних на рис. 4.1.



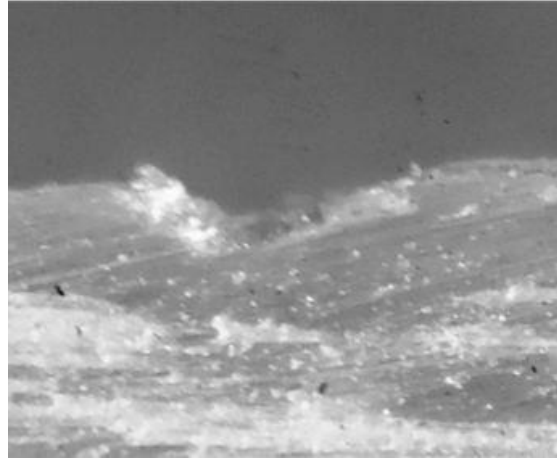
а



б



в



г

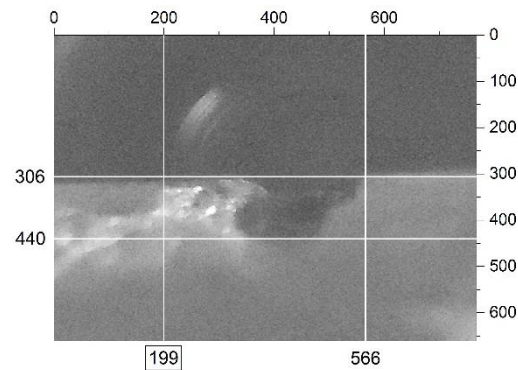
Рис. 4.1. Перерізи пітингів

Тепер на основі даних фотографій можна вирахувати наближений діапазон відношення діаметру пітингів до їх глибини.

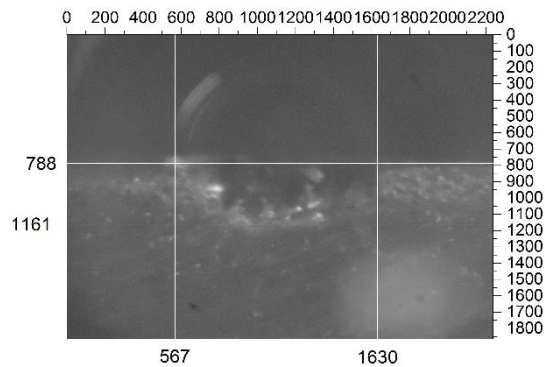
Для цього потрібно дізнатися розміри пітингів. Скористаємося інструментом Image Profiles програми Origin та проведемо додаткові осі по краям пітингів (Рис. 4.2).

Як бачимо, зображення пітингів мають різний розмір, так як самі пітинги не є однаковими, та сфотографовані при різному збільшенні, але для всіх них є характерний деякий діапазон відношень діаметра до глибини пітинга.

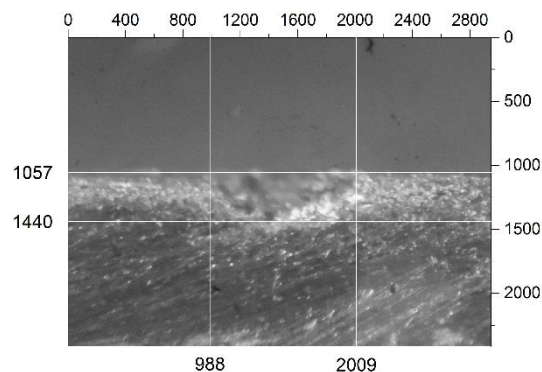
Для зручності обчислення зведемо дані в таблицю 4.1



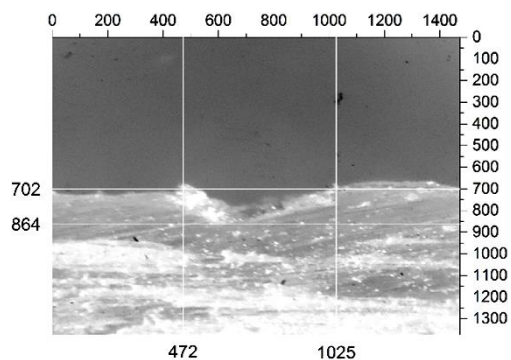
а



б



в



Г

Рис. 4.2. Вимірювання розмірів зображення у px

Таблиця 4.1

Відношення діаметрів до глибини пітингів

Пітинг	Діаметр (px)	Глибина (px)	Відношення
а	566-199=367	440-306=134	$367/134 \approx 2,7$
б	1630-567=1063	1161-788=373	$1063/373 \approx 2,85$
в	2009-988=1021	1440-1057=383	$1021/383 \approx 2,65$
Г	1025-472=553	864-702=162	$553/162 \approx 3,4$

Характерний діапазон відношень діаметра до глибини пітингів при даних експлуатаційних умовах становить 2,65...3,4.

5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Програмний пакет OriginPro 9.1

Origin - пакет програм фірми OriginLab Corporation для чисельного аналізу даних та наукової графіки, що працює на комп'ютері під управлінням операційної системи Microsoft Windows.

Для виконання операцій можна використовувати як інструмент графічного інтерфейсу користувача (діалоги / меню), так і викликати їх в програмах. В Origin включений власний компілятор C / C ++ з підтримкою та оптимізацією векторних і матричних обчислень.

Origin підтримує створення двовірної, тривимірної наукової графіки, яка створюється за допомогою готових шаблонів, доступних для редагування користувачем. Також можливе створення нових власних шаблонів. Після створення зображення воно може бути змінено за допомогою меню і діалогів, що викликаються подвійним клацанням миші на його елементах. Можна експортувати отримані графіки і таблиці в ряд форматів, таких як PDF, EPS, WMF, TIFF, JPEG, GIF і ін.

За допомогою Origin можна проводити чисельний аналіз даних, включаючи різні статистичні операції, обробку сигналів.

Головне вікно програми OriginPro 9.1 показане на рис. 4.1

Особливістю програми є динамічне меню, що відображається відповідно до відкритого нащадка головного вікна, тобто панель інструментів та меню буде іншим для графіків, заміток, матриць чи книг.

Основними вікнами з якими користувач має справу в програмі OriginPro 9.1 є наступні:

- Книга (workbook) – так як і в MS Excel книга в Origin є первинною структурою для організації даних. Кожна книга складається з одного або декількох листів, допускається до 255 листів.

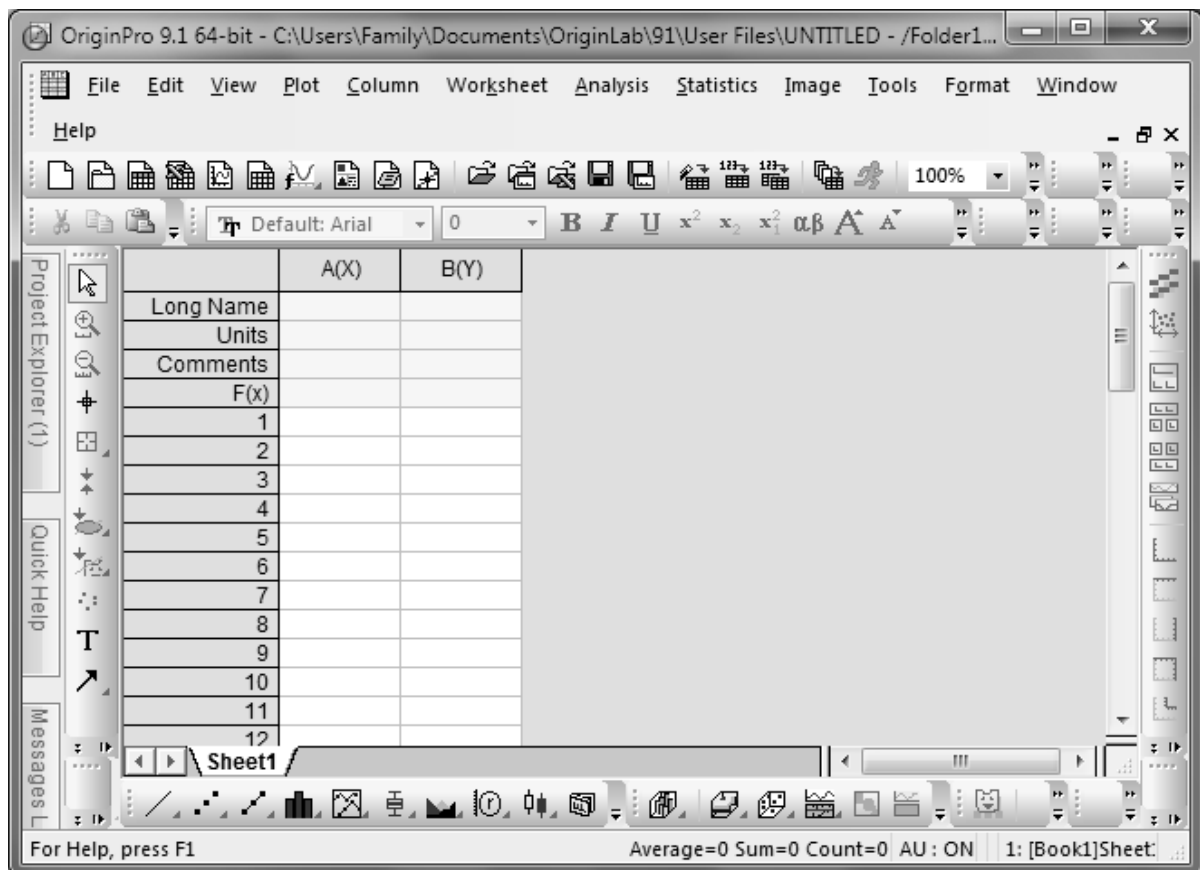


Рис. 5.1. Головне вікно програми OriginPro 9.1

- Графіки – в Origin, можна створити більше 60 типів графіків, кожен з вбудованого у графік шаблону. Графіки вікна можуть бути вбудовані в комірку листа.

- Матриці – матриці в Origin містять дані і зображення і є необхідними для багатьох типів 3D графіків.

- Замітки – у вікні заміток є доступний тільки режим введення тексту, який використовується для запису процедур, що аналізуються. Також є можливість вбудовувати вікно заміток у комірку листа.

В даній роботі використовувалися для аналізу зображень зразків уражених пітинговою корозією такі інструменти як Image Profiles, Contour Profiles та Contour-Color Fill.

5.1.1 Інструмент Image Profiles

Спочатку розглянемо інструмент Image Profiles (Рис. 5.2) виявимо його переваги і недоліки.

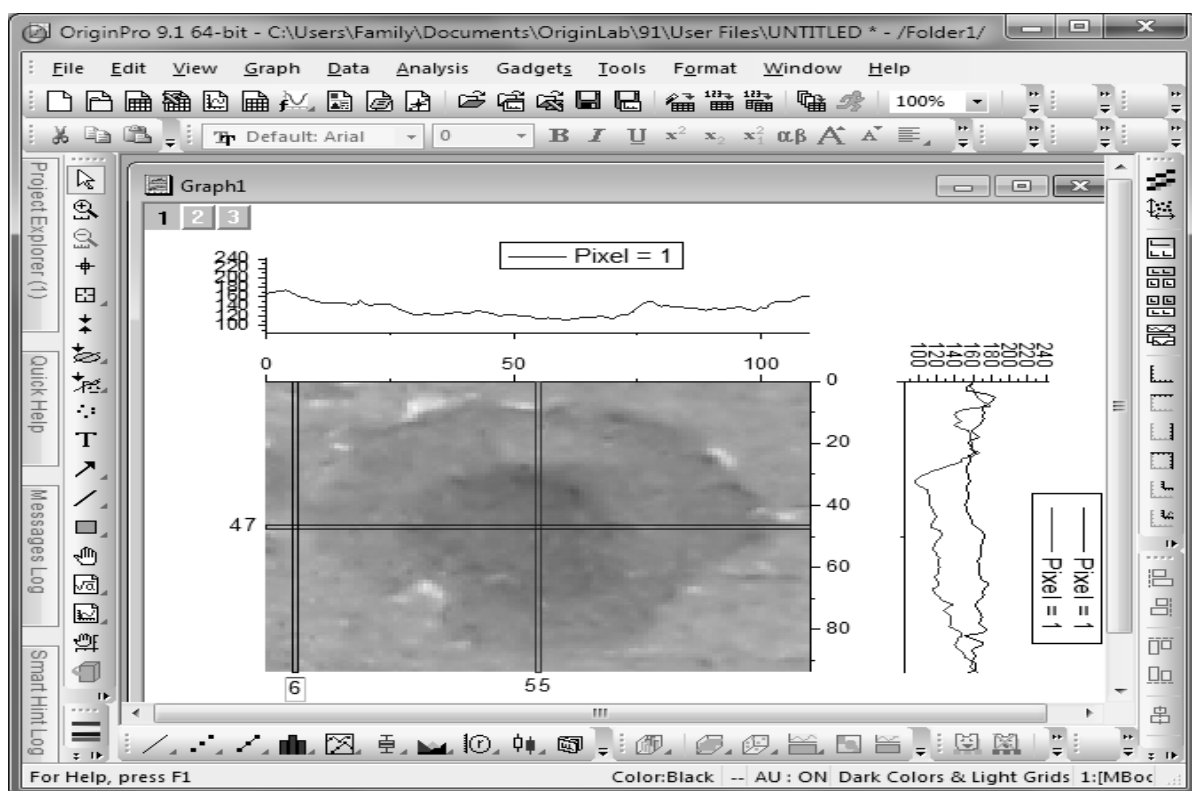
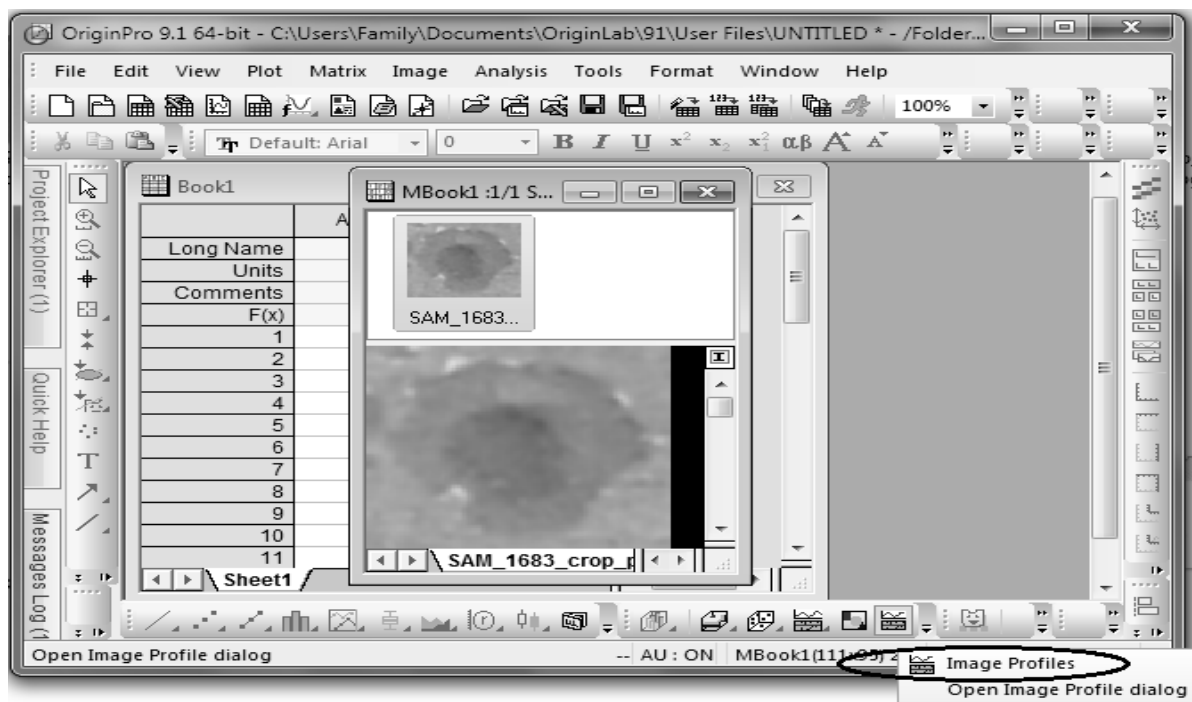


Рис. 5.2 - Інструмент Image Profiles

Даний інструмент автоматично визначає розміри зображення та проводить осі через центр зображення, по яких вибираються дані про глибину кольору зображення та будуються графіки глибини ямки пітинга. Також є можливість провести додаткові осі (вісь на брх Рис. 4.2). Як бачимо з графіків вертикального перерізу додаткова вісь, що знаходиться за межами пітинга, знаходиться вище

вісі, що проходить через центр пітинга, таким чином можна побачити розміри самого пітинга.

5.1.2. Інструмент Contour Profiles

На відміну від інструменту Image Profiles інструмент Contour Profiles (Рис. 5.3) крім усіх згаданих особливостей також будує «топологічну карту» кольорів аналізованого зображення.

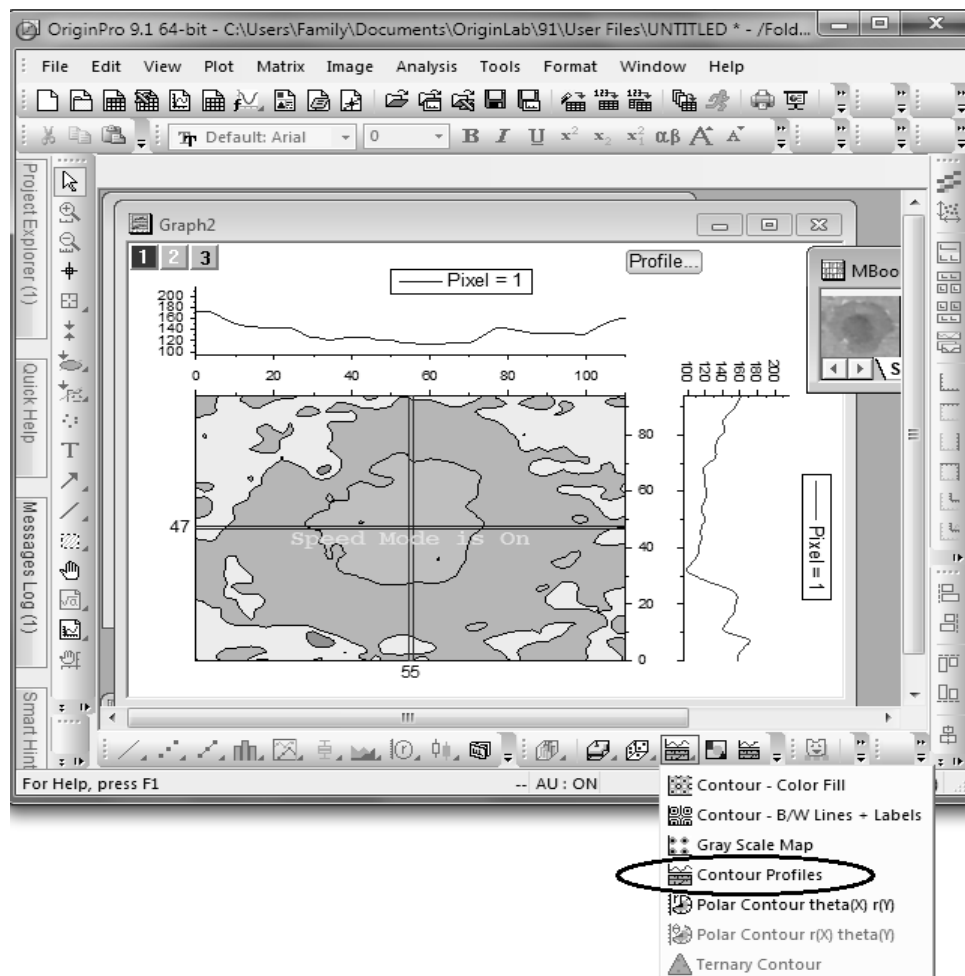


Рис. 5.3. Інструмент Contour Profiles

Як і для Image Profiles тут також можна поставити додаткові осі. При порівнянні продуктивності двох інструментів виявилось, що графіки у них однакової якості, проте на відміну від першого інструменту, Contour Profiles при обробці даних віддзеркалює зображення по вертикалі, що звичайно, не є суттєвим недоліком. Врахувавши позитивні та негативні сторони цих

інструментів вирішили при дослідженні пітингів використовувати інструмент Contour Profiles.

5.2 Порівняння каналів RGB та 8-бітної градації сірого

Для порівняння каналів RGB (червоного, зеленого, синього кольорів), для одного зображення, спочатку розбили зображення пітинга на канали RGB, тобто в нас утворилося три окремі зображення а потім застосували інструмент Contour Profiles до кожного з цих зображень. Для порівняння графіків каналів RGB необхідно отримати дані з графіків. Це можна зробити наступним способом: клацнувши правою кнопкою мишки на поле графіка та вибрати пункт Plot Details... , у вікні що відкриється натиснути на кнопку «Workbook» і отримаємо дані графіка у вигляді таблиці (Рис. 4.4). Створивши новий документ та скопіювавши у нього всі значення з таблиць графіків каналів R,G,B, та ще додатково з графіка зображення градації сірого кольору отримаємо графіки для порівняння каналів RGB та графіка зображення у градаціях сірого (Рис. 5.5).

Провівши таку саму послідовність дій для вертикальної осі пітинга а також для зображення пітинга з іржею, дозволило зробити висновки про те який канал краще використати для дослідження пітингової корозії, а саме канал В.

	A(X1)	B(Y1)	C(X2)	D(Y2)	E(X3)	F(Y3)	G(X4)	H(Y4)
Long Name								
Units								
Comments	gray	gray	red	red	green	green	blue	blue
F(x)								
1	0	172	0	175	0	170	0	169
2	1	172	1	175	1	170	1	169
3	2	173	2	175	2	170	2	169
4	3	173	3	175	3	170	3	169
5	4	171	4	174	4	168	4	168
6	5	168	5	172	5	166	5	166
7	6	164	6	168	6	162	6	163
8	7	160	7	165	7	158	7	160
9	8	157	8	162	8	155	8	157
10	9	154	9	159	9	151	9	155
11	10	151	10	156	10	149	10	152
12	11	149	11	154	11	146	11	150
13	12	147	12	153	12	144	12	148
14	13	146	13	152	13	142	13	146

Рис. 5.4. Книга з даними графіків каналів RGB та зображення у градаціях сірого для горизонтального перерізу пітинга без іржі

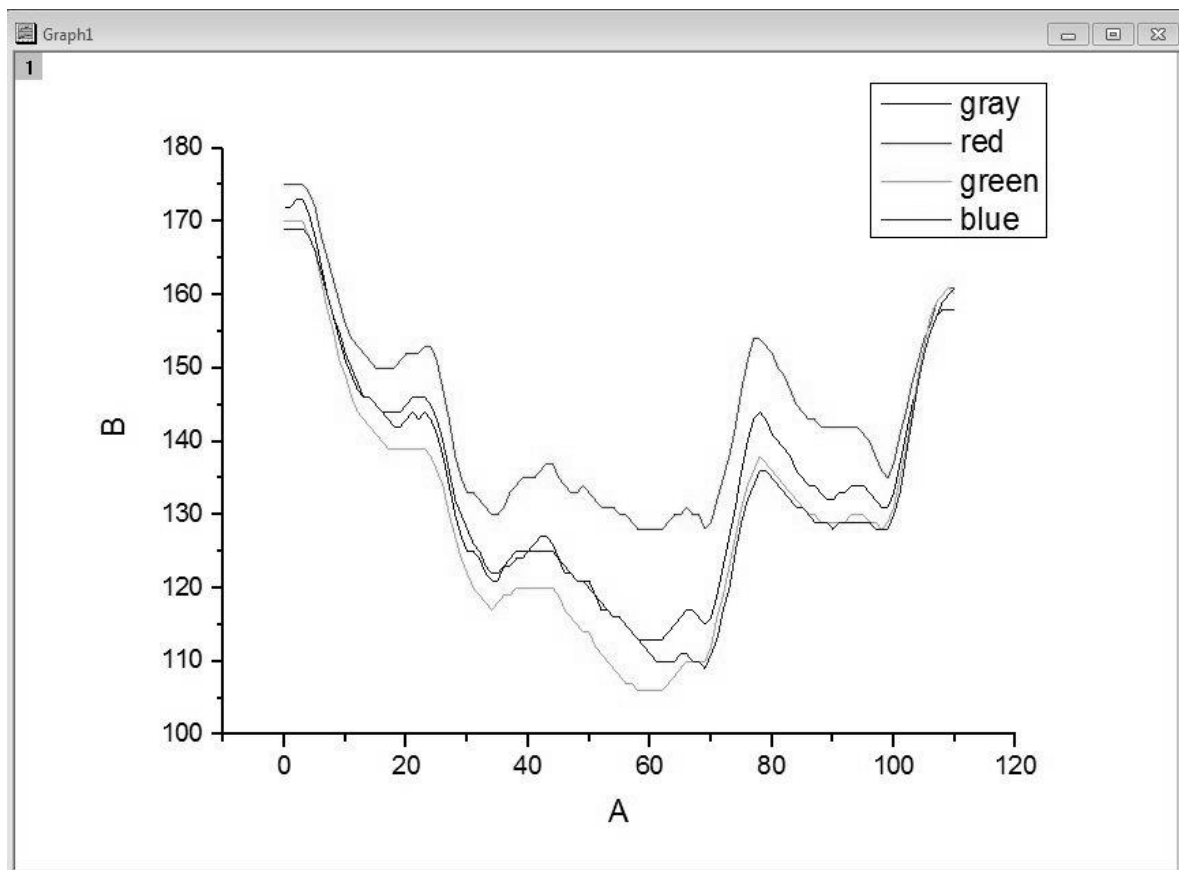


Рис. 5.5. Графіки для порівняння каналів RGB та зображення у градаціях сірого для горизонтального перерізу пітинга без іржі

5.3. Визначення площі ураженої пітинговою корозією

Для визначення площі поверхні, яку займають пітинги від площі неущожденої поверхні необхідно витягти дані зображення каналу В, оброблене фільтром Гауса з радіусом розмиття 20px. На відміну від дослідів з одиночними пітингами, на більшій площі освітлення змінюється менш рівномірно, також вплив різноманітних шумів більший. Проте все таки найбільше на якість зображення впливає саме освітлення. Проаналізувавши ці фактори було прийнято рішення досліджувати добре освітлену частину знімка (Рис. 5.6), а також збільшити значення розмиття фільтра Гауса до 20px у порівнянні з попередніми дослідями одиночних пітингів.

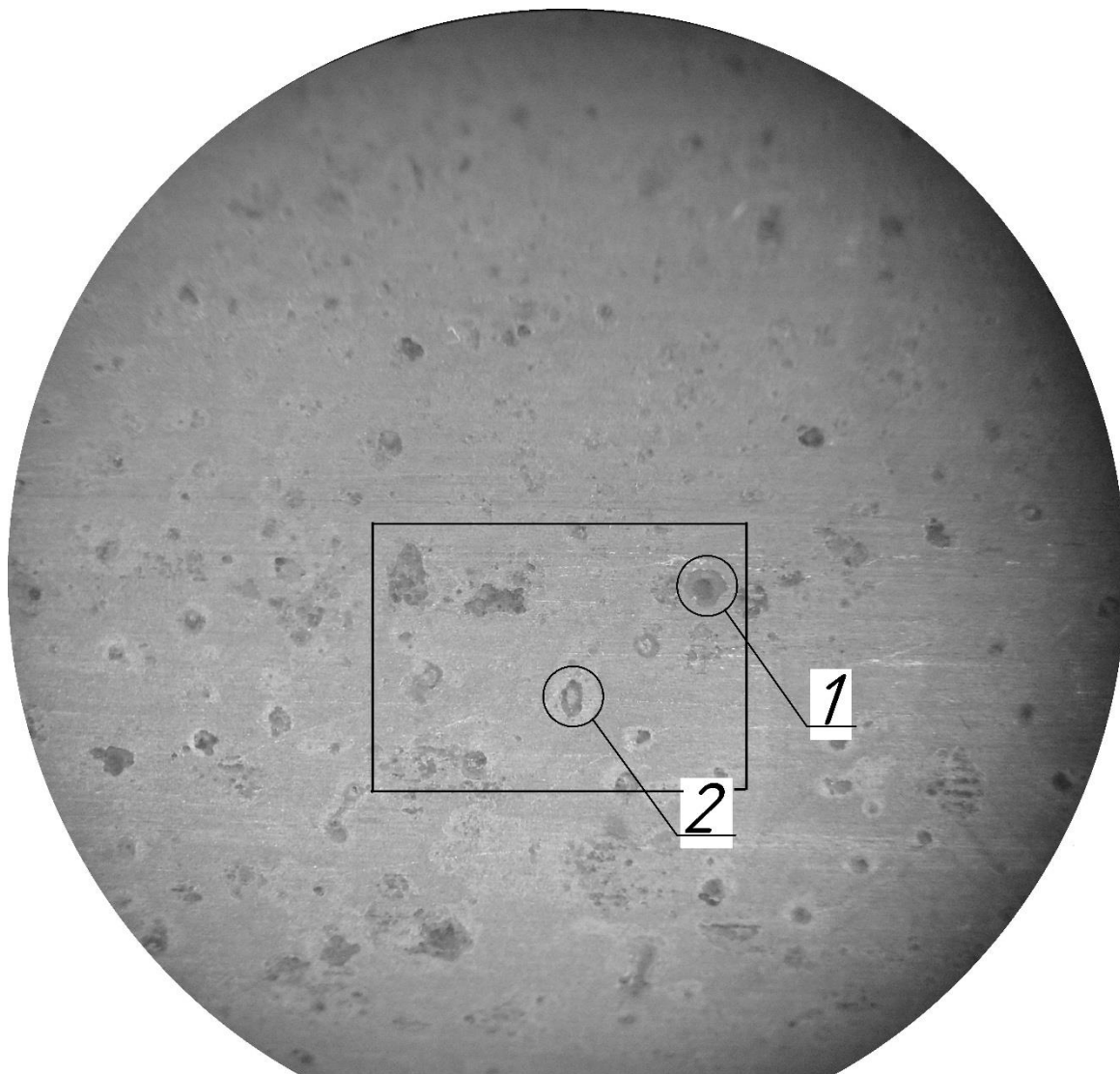


Рис. 5.6 - Досліджувана область

Досліджувана область на рис. виділена квадратом, добре освітлена, на неї не падає тінь, так як, в правій частині зображення, а також вона містить пітинги, які досліджувалися поодинокно, що дозволить порівняти отримані дані з попередніми.

В Origin після відфільтрування каналів R та G, залишився тільки канал B. З нього можна одержити таблицю, що містить дані про рівень насиченості каналу. Для цього необхідно при активному вікні зображення пітингів перейти на вкладку Вигляд (View) та вибрати пункт Режим даних (Data Mode) (Рис. 5.7). В результаті в вікні де було зображення з'явиться таблиця в якій містяться дані про відтінок кожного пікселя. Діапазон відтінків RGB лежить в межах від 0 до 255 і, відповідно чим темніший відтінок тим більше він наближається до нуля і навпаки (Рис. 5.8).

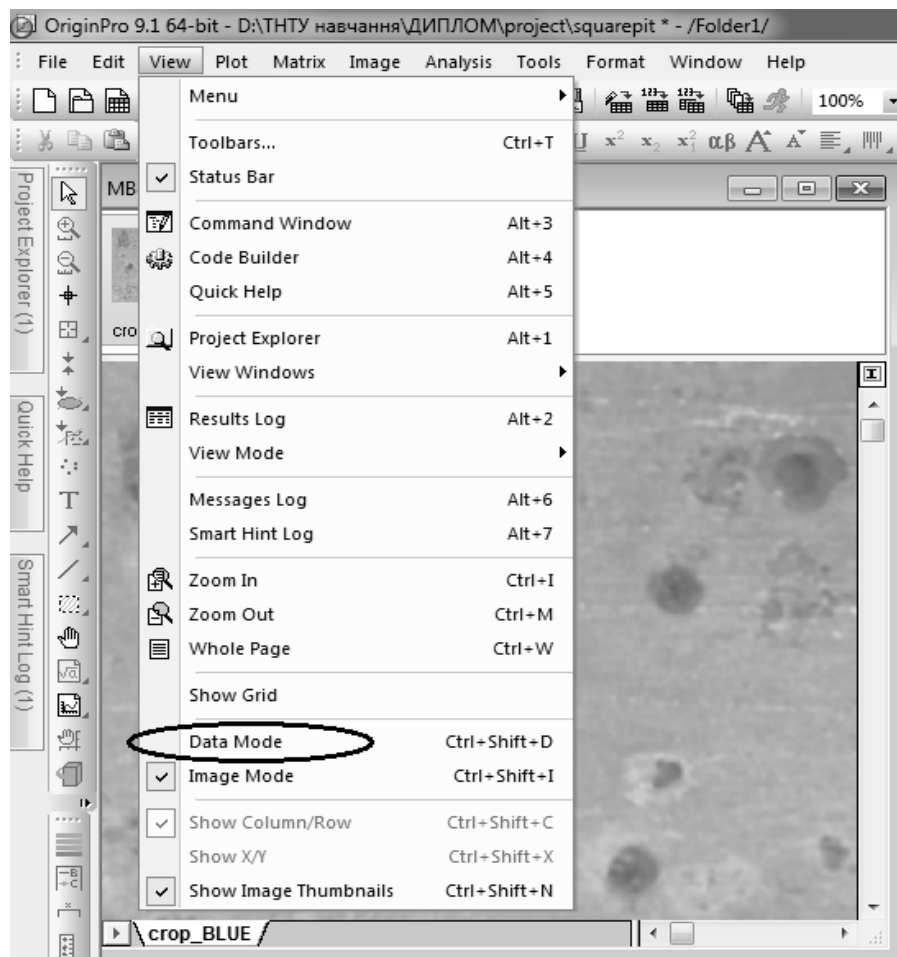
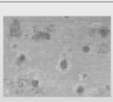


Рис. 5.7 - Меню «Вигляд»

MBook1 :1/1 crop_BLUE.jpg



crop_BLUE...

	721	722	723	724	725	726	727	
109	114	113	111	110	108	106	104	
110	115	114	113	111	109	107	105	
111	116	115	114	112	110	108	107	
112	117	116	115	113	112	110	108	
113	118	117	116	114	113	111	109	
114	118	117	116	115	113	112	110	
115	119	117	116	115	114	112	111	
116	119	117	116	115	114	113	112	
117	118	117	117	116	115	114	113	
118	119	118	117	116	116	115	114	
119	119	118	118	117	116	116	115	
120	119	118	118	117	117	116	116	
121	119	119	118	118	118	117	116	
122	119	119	118	118	118	117	116	
123	120	119	119	118	118	117	116	
124	120	119	119	118	118	117	116	

crop_BLUE

Рис. 5.8. Таблиця з номерами відтінків окремих пікселів

Перевіримо чи дійсно дані відповідають тому що на зображенні за допомогою інструменту Contour Profiles (Рис. 5.9).

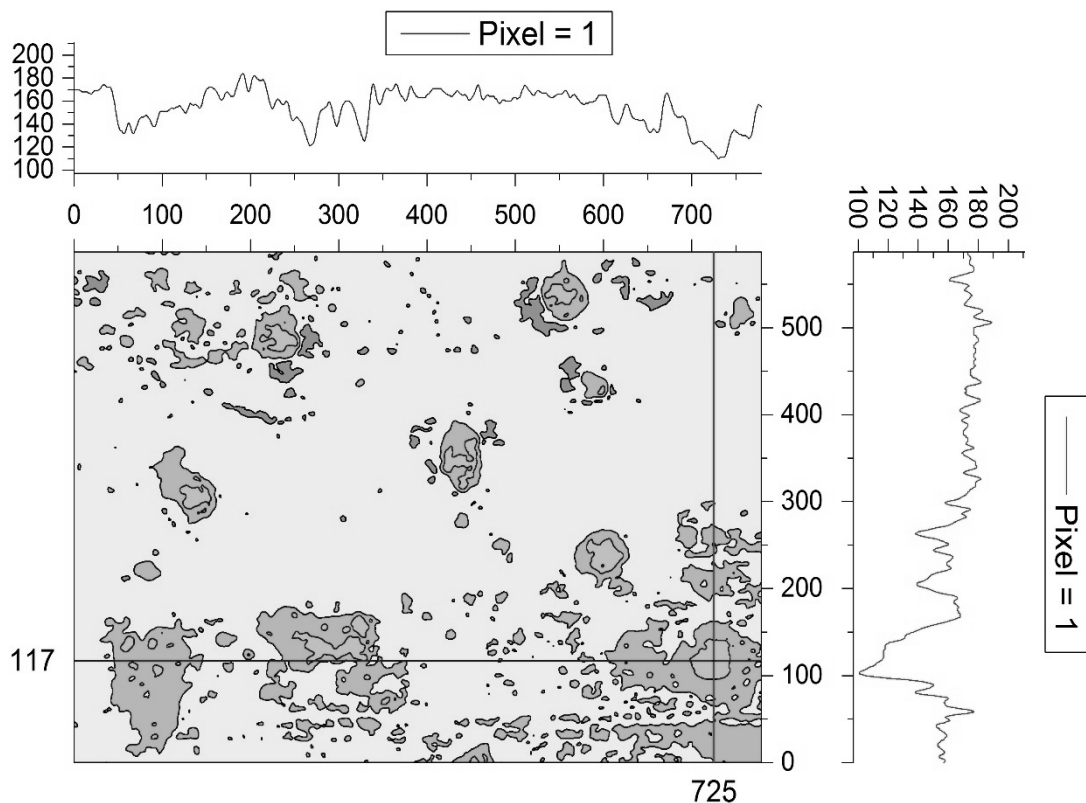


Рис. 5.9. Перевірка даних за допомогою інструменту Contour Profiles

Як бачимо зображення має розміри 588x780 пікселів (px). Поклавши осі на центр пітинга бачимо на графіках його глибину, також по координатах знаходимо у таблиці (Рис. 5.8) рядок №117 – це координата горизонтальної вісі у пікселях та стовпчик №725 – це координата вертикальної вісі. З таблички бачимо, що піксель, який лежить на перетині осей має значення відтинку 115.

В Origin є інструмент схожий до Contour Profiles, який називається Contour – Color Fill, проте він будує тільки графік топології поверхні і він має позначення рівнів кольорів, тому для обчислення площі ураженої пітинговою корозією скористаємося ним. Для цього при активному вікні зображення необхідно натиснути на панелі інструментів значок групи інструментів для створення 2D кольорових контурних графіків та вибрати інструмент Contour – Color Fill (Рис. 5.10).

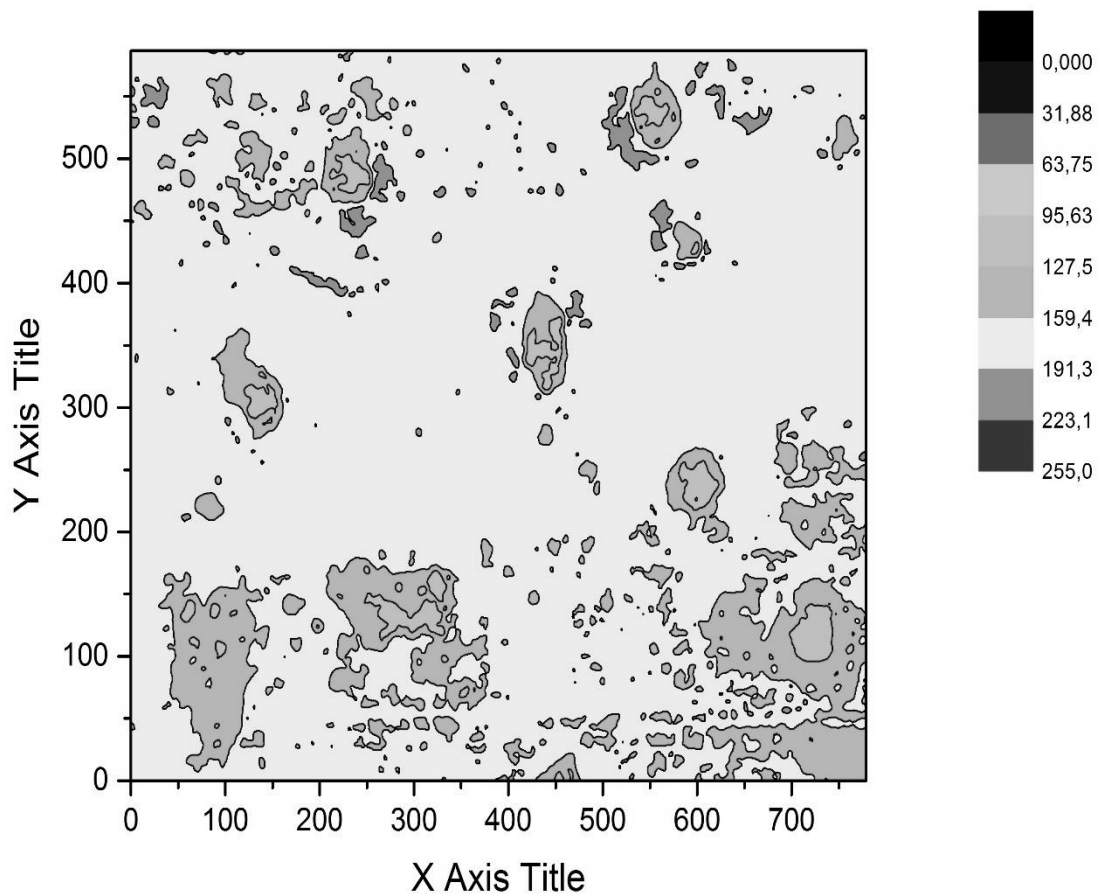


Рис. 5.10. Інструмент Contour – Color Fill

Як бачимо, справа є карта кольорів, за допомогою якої можна логічно розділити кольори графіка на певні діапазони та дізнатися відсоток поверхні зразка, що уражена корозією.

Для полегшення обчислень площі поверхні покритою пітинговою корозією скопіюємо таблицю даних пікселів (Рис. 5.8) у MS Excel.

Спочатку знайдемо максимальне та мінімальне значення відтінків зображення (Рис. 5.10)

Створюємо діапазон значень від мінімального до максимального та знаходимо кількість повторів для кожного значення, тобто кількість однакових пікселів всього зображення (Рис. 5.11).

B1 fx =МАКС(B8:ADA595)			
	A	B	C
1	МАКС	211	МИН

D1							=МИН(B8:ADA595)		
	A				B		C		D
1	МАКС				211		МИН		97

Рис. 5.10. Максимальне та мінімальне значення відтінків зображення.

B3 fx =СЧЁТЕСЛИ(\$B\$8:\$ADA\$595;B\$2)							
	A	B	C	D	E	F	G
1	МАКС	211	МИН	97			
2	Невідтінку сірого	97	98	99	100	101	102
3	Кількість однакових пікселів відтінку	2	6	5	10	22	29
4	Сума всіх пікселів 160<	377923					
5	Сума всіх пікселів діапазону 127-160	73276					
6	Сума всіх пікселів <127	7441					
7							
8		168	168	168	168	168	168
9		168	168	168	168	168	168
10		169	168	168	168	168	168
11		169	169	168	168	168	168

Рис. 5.11 - Кількість пікселів з однаковим відтінком на зображенні

Тепер, щоб дізнатися які відтінки позначають корозію, а які ні необхідно поглянути на карту кольорів інструменту Contour Profiles. Вибираємо три діапазони значень: вище 160 – позначає ту площу поверхні що не пошкоджена корозією; діапазон 127-160 – позначає площу поверхні, що уражена пітинговою корозією; нижче 127 – позначає ділянки поверхні, яка серйозно пошкоджена пітинговою корозією, тобто дно пітингів, та становить пряму загрозу при експлуатації обладнання.

Також знаходимо суму пікселів на трьох діапазонах (Рис. 5.12) для представлення даних у вигляді кругової діаграми (Рис. 5.13)

B6		=СУММ(B3:AE3)					
	A	B	C	D	E	F	G
1	МАКС	211	МИН	97			
2	Невідтінку сірого	97	98	99	100	101	102
3	Кількість однакових пікселів відтінку	2	6	5	10	22	29
4	Сума всіх пікселів 160<	377923					
5	Сума всіх пікселів діапазону 127-160	73276					
6	Сума всіх пікселів <127	7441					
7							
8		168	168	168	168	168	168
9		168	168	168	168	168	168
10		169	168	168	168	168	168

Рис. 5.12. Сума пікселів на окремих діапазонах

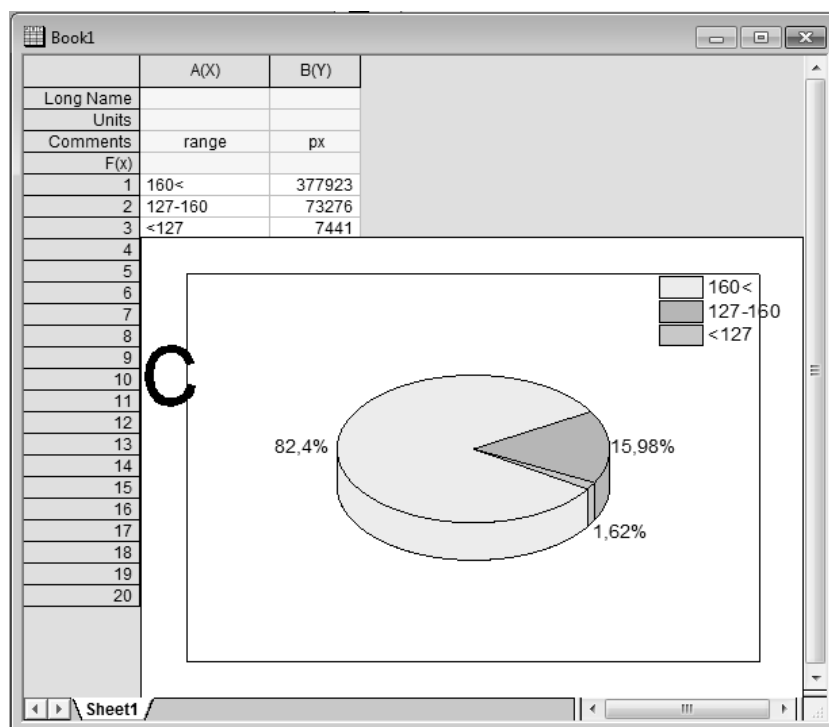


Рис. 5.13. Відсоток ураженої пітинговою корозією площі

Як можна побачити з діаграми зразок на 16,6% покритий пітинговою корозією, з якої 1,62% площі серйозно уражено.

5.4. Перетворення розмірності зображень з пікселів у мм

Всі зображення які до цього оброблялися в програмі OriginPro 9.1 мали розмір у пікселях. Звичайно, різні розміри фотографій зображень, а також зроблені на різних фотоапаратах будуть відрізнятися розміром одні від одних, тому всі знімки необхідно робити з однакової відстані та одним фотоапаратом,

тоді отримані дані, скільки пікселів припадає на 1мм для однієї фотографії будуть справедливі і для серії наступних фотографій. Щоб перейти від пікселів до реальних фізичних розмірів необхідно дізнатись скільки пікселів припадає на 1мм. реальної поверхні зразка.

Для цього на дослідний зразок було нанесено маркер довжиною $4\text{мм}=0,004\text{м}$ (Рис. 5.14), також чорним квадратом було виділено зону з пітинговою корозією, яку будемо досліджувати за допомогою програми Origin.

Як можна побачити з рисунків 5.14 – 5.15 квадрат 0.004×0.004 м має розміри у пікселях 945×945 px., тобто на 1мм приблизно припадає 236 px.

Тепер для визначення лінійних розмірів окремого пітинга можна провести додаткові осі по центру пітинга як на рис. 5.15, та подивитися на межі пітинга на графіках, чи провести додаткові осі по краям пітинга та врахувавши різницю між кількістю пікселів можна потім перевести одержаний результат у мм.

Щоб дізнатись реальну площу ураженої поверхні необхідно при активному вікні зображення пітингів перейти на вкладку Вигляд (View) та вибрати пункт Режим даних (Data Mode). Далі потрібно скопіювати таблицю відтінків каналу В кожного пікселя (Рис. 5.8) та провести обчислення мінімального, та максимального значення відтінку, та кількості повторів всіх відтінків, а потім пропорційно перевести у міліметри так, як ми вже знаємо

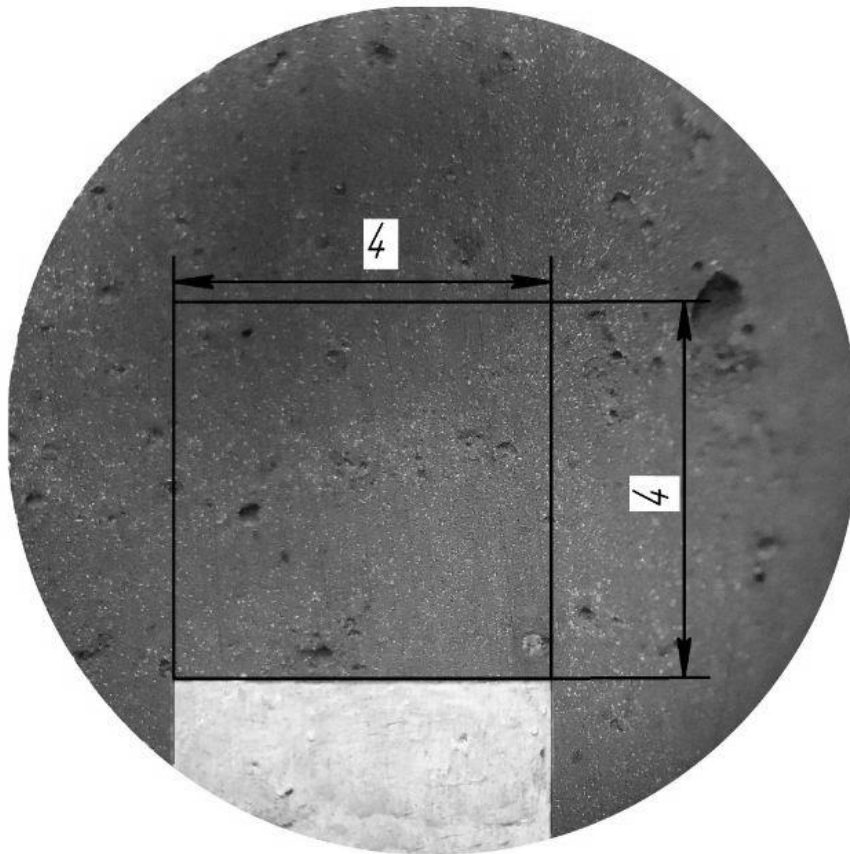


Рис. 5.14. Маркер на дослідному зразку

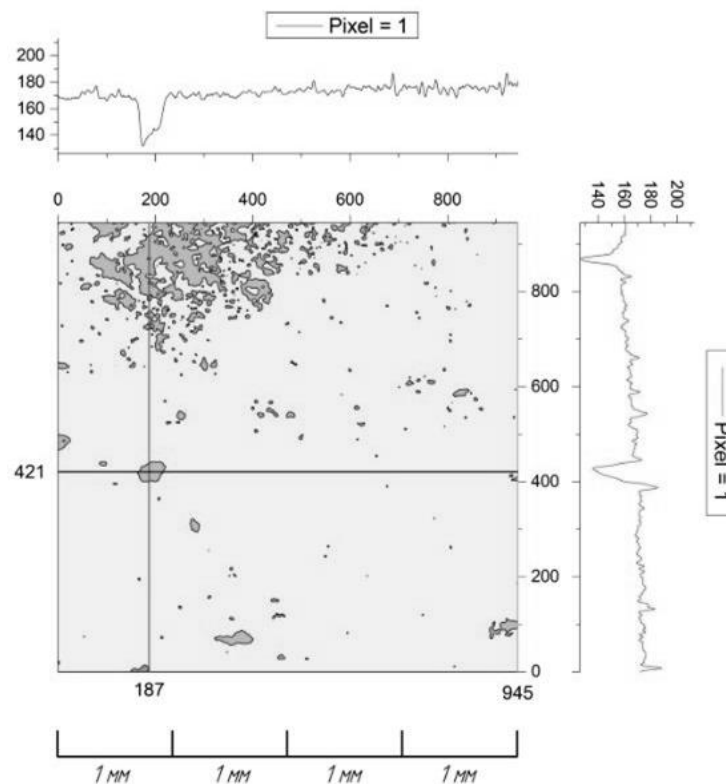


Рис. 5.15. Визначення кількості пікселів на мм за допомогою інструменту

Contour Profile

площу дослідного квадрата $4^2\text{мм}^2=16\text{мм}^2$ (рисунки 5.16-5.17)

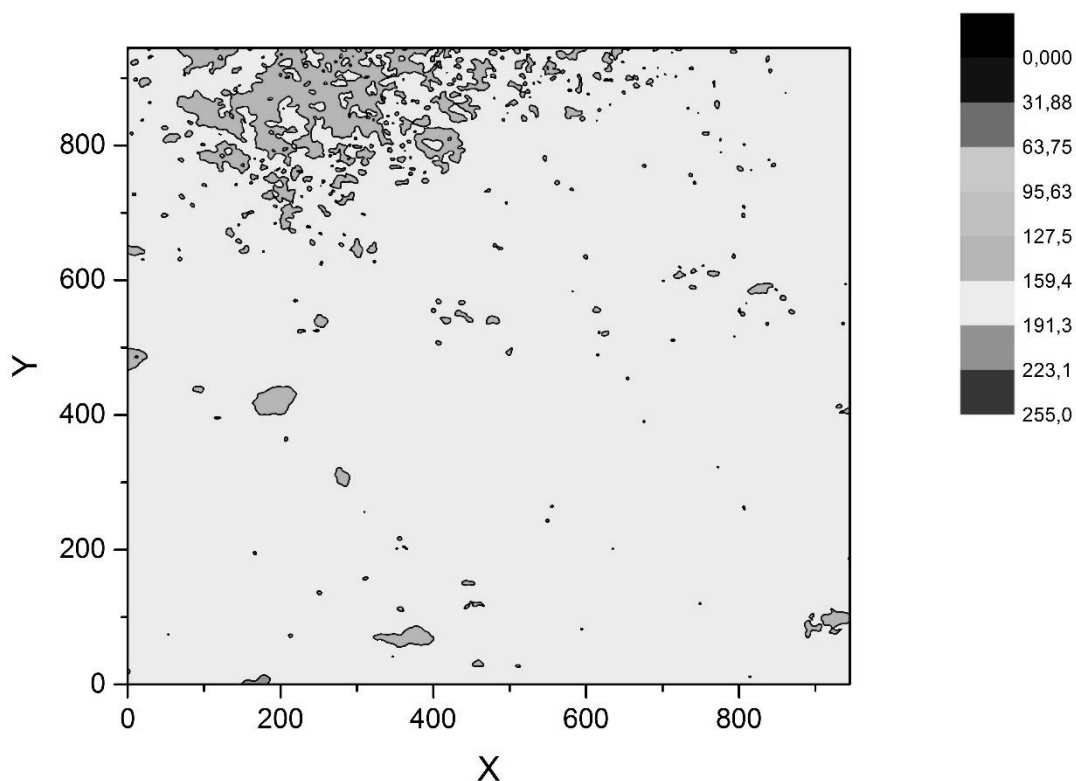


Рис. 5.16. «Топологічна карта» дослідного квадрата

G6 fx =МИН(\$A\$9:\$AJ\$954)											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136
2											
3	1	15	22	24	27	22	43	36	51	89	107
4											
5	<160	72748									
6	160<	822168		14,6992	1,3008		126	213		236,25	
7											
8											
9	148	148	148	149	149	150	150	150	150	150	151
10	148	148	148	148	149	149	150	150	150	150	151
11	148	148	148	148	149	149	150	150	150	151	151
12	148	148	148	149	149	150	150	150	151	151	152
13	149	150	150	150	150	150	150	151	151	151	151
14	149	149	149	149	149	150	150	151	152	152	153
15	149	149	149	149	150	150	151	151	152	153	154
16	149	149	149	149	150	150	151	152	153	155	156

Рис. 5.17. Обчислення площі ураженої пітинговою корозією за до допомогою MS Excel

В результаті обчислень було обраховано, скільки поверхні уражено пітинговою корозією в мм. та створено діаграму розподілу цих значень (Рис. 5.18).

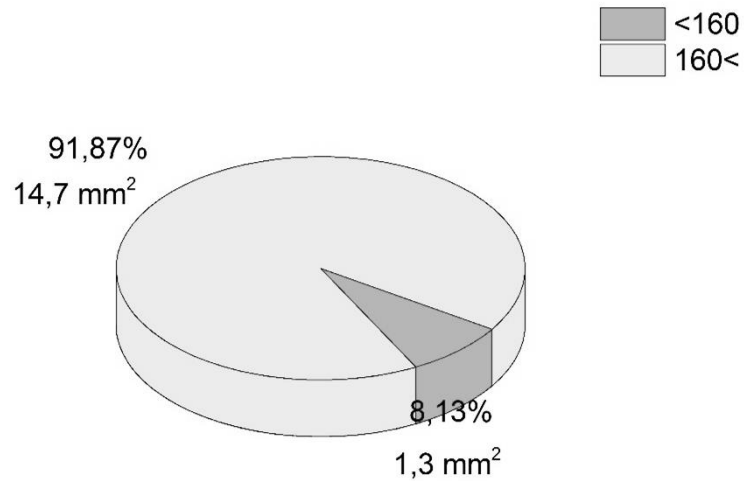


Рис. 5.18 Діаграма розподілу площ поверхонь ураженої пітинговою корозією та вцілілої поверхонь

Поглянувши на рисунки 5.16 та 5.18 можна побачити, що існує деякий поріг, нижче якого поверхню дослідного зразка можна вважати ураженою корозією – такий поріг це відтінок №160 каналу В. Нижче цього відтінку більш темніші відтінки вказують на корозійні ямки, а вище цього порогу відповідно яскравіші відтінки вказують на шуми та білки, так як метал відбиває світло.

6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1. Оцінка техніко-економічної ефективності

В даній роботі для оцінки науково-технічної і економічної ефективності використовується метод бальних оцінок.

Щоб мати можливість оперувати з будь-якою кількістю ознак та показників при визначенні науково-технічного ефекту НДР, необхідно використовувати при визначенні цього ефекту певну оцінку. Критерій науково-технічної ефективності НДР (Кнте) визначається за формулою:

$$\frac{\sum \gamma_j^h \sigma_{ik}}{\sum \gamma_j^h \sigma_{ik \max}}$$

де σ_{jk} - середнє значення балу, присвоєне експертами певній якості n -ї ознаки;

γ_j - нормована величина валового коефіцієнту властивості n -ї ознаки;

$\sigma_{jk\max}$ - максимально можлива величина балу.

Для оцінки науково-технічної ефективності окремих НДР найбільш доцільно прийняти чотири важливіших ознаки : науково-технічний рівень, перспективність, можливий масштаб впровадження, ступінь ймовірності успіху.

Таблиця 6.1.

Нормована величина вагового коефіцієнту важливості ознаки

Ознаки γ	γ
Науково-технічний рівень γ_1	0.3
Перспективність γ_2	0.3
Можливий масштаб впровадження γ_3	0.2
Ступінь ймовірності успіху γ_4	0.1

Кожна названа ознака володіє деяким набором якостей. На основі ряду експертних досліджень, кожне з яких проводиться в кілька турів з ціллю

забезпечення високої узгодженості думки експертів, були отримані округлені величини великих оцінок кожної якості j-ї ознаки.

Таблиця 6.2.

<i>Ознака</i>	<i>Якість ознаки</i>	<i>Бали</i>
Науково-технічний рівень передбачених результатів	Перевищує світові досягнення	10
	На рівні світових досягнень	7
	Наближається до світових досягнень	5
	Тривіальний	1
<i>Ознака</i>	<i>Якість ознаки</i>	<i>Бали</i>
Перспективність	Дуже важливі	10
	Важливі	7
	Корисні	3
Можливий масштаб Використання	В декількох галузях господарства, науки	10
	Галузевий	1
	В межах підприємства	1
Ймовірність успіху	Велика	10
	Помірна	6
	Низька	3

Результати експертних досліджень приведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3

Ознака	Мах Оцінка	Оцінка експертів			σ_{jk}
		1	2	3	
Науково-технічний рівень	10	8	9	9	8.7
Перспективність					
Можливий масштаб	10	8	9	10	9
використання	10	10	9	10	9.7

Ймовірність успіху					
	10	9	9	7	8

$$K_{nte} = (0.3 \times 8.7 + 0.4 \times 9 + 0.2 \times 9.7 + 0.1 \times 8) / (3 + 4 + 2 + 1)$$

$$K_{nte} = 0.895$$

Величину економічного ефекту визначають методом порівняльної економічної ефективності з використання результатів проведених розробок за наведеними витратами.

6.2. Абсолютна величина економічного ефекту

$$E_p = [(C_1 + E_n \times K_1) - (C_2 + E_n \times K_2)] \times A_p$$

де E_p - середньорічна сума економічного ефекту, що очікується від реалізації НДР.

C_1 і C_2 - собівартість одиниці продукції відповідно по базовому і новому варіантах в тому ж році.

K_1 і K_2 - питомі капітальні вкладення відповідно по базовому і новому варіантах.

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

A_p - очікуваний річний об'єм виробництва продукції в натуральному або грошовому виразі.

Співставлення абсолютної величини економічного ефекту із витратами на проведення НДР.

$$E_z = E_p / Z_p$$

де E_z - коефіцієнт ефективності робіт з розрахунку на 1 грн. витрат.

Z_p - передвиробничі витрати організації на проведення НДР.

Співставлення абсолютної величини економічного ефекту з витратами праці виконавців робіт.

$$E_n = E_p / R$$

де E_n - коефіцієнт ефективності робіт по перерахунку на одного виконавця.

R - кількість виконавців, що приймали участь у виконанні НДР.

$$E_n = [(20 + 0.15 \times 1100) - (19.5 + 0.15 \times 2700)] \times 25$$

$$E_n = 124400 \text{ грн.}$$

$$E_z = 124400 / 5388.45 = 23,09 \text{ грн.}$$

$$E_n = 124400 / 4 = 31100 \text{ грн.}$$

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1. Актуальність охорони праці

Одним з головних завдань при розробці технічних проектів є вирішення питань по охороні праці та техніці безпеки, розробка конкретних заходів, які виключають травматизм і усувають вплив на організм робітників небезпечних і шкідливих факторів.

Згідно Закону України “Про охорону праці” [29], що був прийнятий 14 жовтня 1992 року, на будь – якому об’єкті, де працюють люди, повинні бути створені здорові і безпечні умови праці. Будівлі, обладнання, технологічні процеси не повинні створювати загрози працюючим, негативно впливати на їхній стан здоров’я та самопочуття. Для забезпечення цих вимог заходи по охороні праці повинні здійснюватися на базі нової технології і наукової організації виробництва [29]. Особливо важливими факторами полегшення і оздоровлення умов праці, підвищення його продуктивності є комплексна механізація і автоматизація робіт і технологічних процесів, застосування засобів обчислювальної техніки в наукових дослідженнях і на виробництві.

Охорона праці робітників і службовців є одним із головних обов’язків адміністрації будь-якого підприємства. Покращення умов праці, розробка і здійснення заходів по зниженню виробничого травматизму і професійної захворюваності, крім великого соціального ефекту, дають економічні результати, які виражаються у збільшенні періоду професійної активності працюючих, зростанні продуктивності праці, зменшенні втрат пов’язаних з травматизмом, професійною і виробничою захворюваністю, зменшення текучості кадрів і зменшення затрат на пільги і компенсації. Раціональний комплекс заходів, направлених на покращення умов праці, може забезпечити приріст продуктивності праці на 15 – 20 % і більше [30].

7.2. Правила техніки безпеки при роботі в лабораторіях

У лабораторному приміщенні мають місце шкідливі і небезпечні чинники першою і четвертої групи.

Фізичні небезпечні й шкідливі виробничі чинники.

- 1) Підвищений рівень шуму, відповідно до ГОСТу 12.1.003-83 [30], джерелами якого є друкуючі пристрої і установки кондиціонування. Вплив шуму на організм людини призводить до зниження гостроти зору, зорової адаптації, порушує сприйняття зорової інформації та знижує продуктивності праці на 30-60%.
- 2) Підвищена температура довкілля, виникає й унаслідок одночасної роботи обчислювальної техніки і освітлювальних установок, які значну частину споживаної електроенергії перетворюють в теплову. Вплив цього чинника на організм людини призводить до зайвим затратам енергії нормалізацію теплового балансу, наслідком є відчуття дискомфорту й відповідне зниження працездатності.
- 3) Підвищене значення напруги в електричному ланцюгу, замикання якого може статися через людину. Це може призвести до електроудару, який впливає на організм людини біологічно (роздратування і порушення нервових і м'язових тканин) і механічно (розриви шкірного покриву, вивихи).
- 4) Недостатня освітленість робочої зони, причиною якої може бути широкий діапазон зміни і мінливість природного світла, неправильний вибір штучного освітлення і їхнього розташування. Цей чинник викликає стомлення очей, зниження працездатності, можуть призвести до патологічному погіршення зору людини.
- 5) Відсутність чи недолік природного світла, причиною його можуть стати такі джерела: площа і орієнтація вікон, ступінь чистоти скла вікон, забарвлення стін приміщення. Природне освітлення має важливе значення для працюючих. З

іншого боку, природне освітлення має і психологічну дію, створюючи для працюючих відчуття безпосереднього зв'язку з його оточенням.

6) Підвищений рівень електромагнітних випромінювань, джерелом якого є електронно-променеві трубки моніторів ЕОМ. Вплив цього чинника на організм людини призводить до захворювань нервової системи, раку.

7) Психофізіологічні шкідливі чинники. Джерелами фізіопсихологічного чинника є нерациональна організація робочого місця, напруженість праці.

Усі ці фактори сприяють зміни в людини функціонального стану центральної нервової системи [30], нервово-м'язового апарату рук (під час роботи з клавіатурою введення інформації):

- розумова перенапруга;
- перенапруження зорових аналізаторів;
- монотонність праці;
- емоційні перевантаження;
- статичні перевантаження.

7.3. Санітарно-гігієнічні вимоги у лабораторному приміщенні

Виробнича санітарія – система організаційних, гігієнічних і санітарно-технічних заходів і засобів [32], які запобігають дії на робітників виробничих факторів.

Виробнича санітарія включає оздоровлення повітряного середовища і нормалізацію параметрів мікроклімату в робочій зоні, захист працюючих від шуму, вібрації, ультразвуку і електромагнітних випромінювань; забезпечення потрібних нормативів природнього і штучного освітлення; підтримання у відповідності з санітарними вимогами території підприємства, основних виробничих і допоміжних приміщень [32]. Основними санітарно-технічними системами забезпечення потрібних умов праці у даному випадку є: система

вентиляції і кондиціонування повітря, система опалення, освітлення виробничих приміщень. В розливочному цеху встановлена система приточно-витяжної вентиляції. Опалення цеху парове. Подача тепла здійснюється від загальнозаводської котельні.

Вимоги до освітлення

Основні вимоги охорони праці до освітленості такі. Освітленість повинна бути достатньою і відповідати характеру зорових робіт. Освітленість повинна бути рівномірною без різких тіней. Між об'єктом розрізнення і фоном, на якому розглядається об'єкт, повинна бути деяка контрастність [32]. Джерело світла не повинно осліпляти працюючого. Рівень освітленості робочих поверхонь повинен бути постійним в часі і мати оптимальний спектральний склад світла. Електроосвітлювальні пристрої повинні бути безпечними при експлуатації.

$$P = P_{um} \cdot S_n / n = 15 \cdot 900 / 150 = 90 \text{ Вт}.$$

Протипожежні заходи

Будівлі та їх частини у яких розміщені ЕОМ, повинні мати не нижче II ступінь вогнестійкості. Пожежі помешкань з ЕОМ представляють собою особливо небезпечні ситуації, так як пов'язані з великими матеріальними втратами. Пожежа може виникнути при взаємодії горючих речовин [31].

Можливі причини виникнення пожежі у приміщенні роботи програмістів і операторів ЕОМ:

- а) недотримання правил експлуатації електронно-обчислювальної техніки;
- б) недотримання правил пожежної безпеки;
- в) перегрів розеток та частин обладнання перехідного опору у місцях сполук;
- р) несправність загального чи місцевого освітлення робочих місць.

Горючими компонентами у приміщенні є:

- а) віконні рами, двері, робочі столи;
- б) книжки, довідники-роздруківки програм, інші робочі матеріали;
- в) розчинники, мастила та інші пожежонебезпечні речовини, які періодично йдуть на проведення ремонтних і профілактичних робіт на встановленому у приміщенні устаткуванні.

Джерелами виникнення пожежі є:

- а) елементи електропроводки, що потенційно можуть перегріватись внаслідок несправності устаткування чи порушення правил експлуатації устаткування;
- б) устаткування, встановлене у приміщенні.

Щоб запобігти пожежі необхідно проводити ряд технічних і організаційних заходів у відповідність до ГОСТ 12.1.004 – 91 і ГОСТ 12.4.009 – 83.

У системі запобігання пожежі передбачити:

Встановлюють 1 вогнегасник на $40 - 50 \text{ м}^2$ [31], але не менше двох у приміщенні. У приміщенні де, проводяться роботи, пов'язані зі створенням автоматизованої системи збирання та опрацювання інформації необхідно встановити 2 вогнегасника ЗУ – 5;

- а) ящик з піском обсягом $0,5 \text{ м}^3$;
- б) систему з автоматичною пожежною сигналізацією з датчиками, що реагують на поява диму ФНП – 1 з розрахунку 1 на 10 м^2 ;
- в) телефон, встановлений у легкодоступному місці.

Організаційно-технічні заходи щодо пожежної безпеки містять у собі такі положення:

- а) включення питань пожежної профілактики в усі інструктажі технічної безпеки;
- б) заборона паління в неналежному місці;
- в) призначення відповідального за пожежну безпеку;
- г) контроль ізоляції і реальний стан електропроводки з періодичністю 1 раз на рік.

8. ЕКОЛОГІЯ

8.1. Актуальність охорони навколишнього середовища.

У зв'язку з бурхливим розвитком промисловості останнім часом гостро постало питання про екологію та захист навколишнього середовища [33]. Одним з найбільших джерел забруднення природи є легка промисловість, зокрема металургійна [33].

В умовах інтенсивного розвитку всіх галузей легкої промисловості спостерігається значне погіршення стану довкілля. Ця ситуація виникла в результаті значних викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище. Особливо небезпечними є канцерогенні речовини, які повільно накопичуються у організмі людини і з часом можуть призвести до захворювання. У процесі матеріального виробництва, на жаль, неможливо уникнути утворення деяких побічних шкідливих рідин, газів, твердих тіл, тому проходить забруднення природних сфер різними шкідливими і токсичними речовинами [38]. Це викликає необхідність розробки заходів по попередньому знешкодженню шкідливих речовин у викидах і підтримування їх у межах, дозволених гранично допустимих концентрацій.

Як такого, цілком безвідходного виробництва в техногенних системах у чистому вигляді не зустрічається; усе одно є відходи енергії, тверді і рідкі відходи, що запинаються в процесі їхньої переробки [34].

З метою економії матеріальних ресурсів величезне значення має використання відходів виробництва, що при сучасних технологіях утворюються в усе зростаючих обсягах.

Ця проблема також має екологічне значення.

Всі виробництва, де утворюються відходи [35], варто поділити на 2 групи:

- виробництва з перевагою механічної обробки вихідної сировини і матеріалів, тобто без руйнації їхньої внутрішньої структури (металообробка, лісова, деревообробна і легка промисловість). Результатами такого виробництва є товарна продукція й відходи.

- виробництва з комплексною переробкою сировини, у яких в результаті фізико-хімічної переробки, окрім основної продукції, утворюються побічні продукти і відходи виробництва. До таких виробництв відносяться нафтохімія і нафтопереробка, хімічна і коксохімічна промисловість, чорна і кольорова металургія.

Різноманітного вигляду відходи утворюються не тільки в процесі матеріального виробництва, але і у сфері виробничого і побутового споживання.

Погіршення стану навколишнього природного середовища призводить до погіршення стану здоров'я населення і вимагає додаткових асигнувань держави на охорону здоров'я. Тому для захисту довкілля на законодавчому рівні 25 червня 1991 року було видано Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" [37]. В ньому говориться про потребу і обов'язковість екологічної експертизи у всіх видах діяльності. Завдання екологічної експертизи полягає у виявленні екологічної небезпеки на всіх підприємствах, яка може повести за собою небажані наслідки для довкілля. Тому на підприємствах з шкідливими викидами встановлюються очисні споруди і пристрої, які попередньо очищають стічні води чи гази, які викидаються в навколишнє середовище [37]. Оскільки встановлення очисних пристроїв на підприємствах є досить дорогим, то важливим напрямком зменшення викидів є вдосконалення технології виробництва і перехід до безвідходних або маловідходних технологій виробництва.

8.2. Забруднення довкілля, що виникають у результаті реалізації дипломного проекту

Сучасна структура промислового виробництва в Україні характеризується високою питомою вагою ресурсо- та енергоємних технологій. Значні масштаби ресурсокористування економіки України спричиняють високі обсяги щорічного утворення та нагромадження твердих відходів виробництва і споживання [36].

Основними джерелами утворення твердих відходів в Україні залишаються підприємства гірничорудного, хімічного, металургійного, машинобудівного, паливно-енергетичного та будівельного комплексів, які займають і будуть займати в найближчій перспективі провідне місце в структурі національної економіки.

Металургійна промисловість об'єднує підприємства, які послідовно здійснюють видобування, збагачення, металургійну переробку руд чорних і кольорових металів та нерудної сировини, виробництво чавуну, сталі, кольорових і дорогоцінних металів, сплавів, прокатне виробництво, переробку вторинної сировини (металобрухту)[36]. Основною споживачою продукцією металургійної промисловості є машинобудування, будівництво, транспорт.

Серед проблем, пов'язаних із розвитком кольорової металургії, найголовнішими є забруднення повітря, нагромадження великої кількості порід, некомплектне використання сировини.

Використання людиною в повсякденній діяльності цих речовин та їх сполук неминуче веде до їх появи у відходах її життєдіяльності.

Відходи – це будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворилися в процесі людської діяльності і не мають подальшого використання за місцем утворення чи виявлення та яких власник повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення [38].

Відходи класифікують:

- за агрегатним станом відходів;
- за властивостями;
- за походженням;
- за джерелами забруднення.

За агрегатним станом відходи поділяють на:

- тверді;
- рідкі;
- газоподібні.

Відходи за властивостями поділяють на наступні категорії(класи):

- малонебезпечні;

- помірно небезпечні;
- високо небезпечні;
- надзвичайно небезпечні.

Відходи за походженням ділять на наступні види:

- промислові;
- сільськогосподарські;
- побутові;
- військові.

Відходи за джерелами забруднення ділять на наступні види:

- фізичні відходи: шум, ультразвук, вібрацію, випромінювання, електрохімічні поля, тощо.
- хімічні відходи: хімічні речовини та їх сполуки, що утворюються в процесах виробничої та інших видів діяльності, які підлягають утилізації та подальшій переробці.
- біологічні відходи: антибіотики, шкідливі мікроорганізми, віруси, гриби, спори рослин, тощо.

8.3. Заходи зі зменшення забруднення довкілля

Заходи по захисту навколишнього природного середовища для проєктуючих, а також для діючих підприємств містять комплекс засобів, які визначаються системою державних законодавчих актів[35], в відповідності з якими комплекс захисних засобів по попередженню забруднень атмосфери викидами підприємств включає архітектурно-планувальні, конструктивно-технологічні засоби розсіювання викидів через високі димові труби, очистку вентиляційного повітря, димових і технологічних газів перед викидом в атмосферу, контроль забруднення атмосфери викидами.

Конструктивно технологічні засоби включають розробку і застосування технологій, які забезпечують максимальне використання сировини, проміжних

продуктів і відходів виробництва по принципу безвідходної або маловідходної технології.

Важливе значення для забезпечення потрібних санітарно – гігієнічних нормативів повітряного середовища має правильне планування промислової площадки.

Одним з важливих конструктивно – технологічних засобів зменшення забруднення довкілля для підприємств харчової промисловості є рекуперація тепла в результаті використання вторинних енергетичних ресурсів, значна частина яких витрачається, збільшуючи теплове забруднення навколишнього середовища.

Санітарно-технічні заходи включають очистку вентиляційного повітря від шкідливих речовин, утилізацію і знешкодження відходів.

Ефективне вирішення екологічних проблем пов'язаних з ліквідацією чи обмеженням негативного впливу твердих відходів на довкілля та здоров'я людей можливе тільки на основі послідовної реалізації Законів України [38]. «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про відходи», «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення», Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження порядку розроблення, затвердження і перегляду лімітів на утворення та розміщення відходів» та інших нормативно-правових актів, державних стандартів України з охорони навколишнього природного середовища, санітарних норм і правил та інших документів.

Це привело до екологічної паспортизації підприємств, установ, організацій, реєстрації та паспортизації джерел забруднення довкілля та опосередкованого впливу їх на здоров'я людей, введення єдиного державного класифікатора твердих відходів [38]. А головне, до формування державних принципів вирішення проблеми твердих відходів на сучасному етапі являються:

- пріоритетний захист навколишнього природного середовища та здоров'я людей від негативного впливу твердих відходів;
- забезпечення ощадливого використання матеріально-сировинних ресурсів;

- економія енергоресурсів ;
- науково обгрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства щодо утворення твердих відходів та поводження з ними;
- поступова мінімізація виробництва твердих відходів, особливо високотоксичних;
- здійснення державного обліку твердих відходів щодо їх утворення та розміщення;
- здійснення загальнодержавного контролю та моніторингу за місцями і об'єктами утворення та розміщення твердих відходів для запобігання їх шкідливого впливу на довкілля та здоров'я людей.

Для ефективної роботи очисних споруд і повітроочисного обладнання необхідно постійно контролювати якість їх роботи і оперативно усувати недоліки, розробляти і вдосконалювати конструкції діючих установок.

ВИСНОВОК

В даній магістерській роботі спроектовано систему контролю основних параметрів при підігріві мережевої води на ТЕЦ, основний параметр до якого в проекті приділяється найбільша увага є температура пари на виході з парового котла – він є показником ефективності процесу, але також враховані і інші параметри такі як рівень води в котлі, витрата пари на виході парового котла і тиск пари в котлі.

В конструкторській частині було досліджено такі дефекти парового котла, як пітингова корозія, яка утворюється за рахунок високої температури, розраховано, за допомогою сталюї трубки, де вже утворились пітинги, вид і площу пітинга, їхню кількість і глибину, також пік селі були переведені у таку одиницю вимірювання як мм.

Потім було вибрано програмне забезпечення для автоматизованого діагностування пітингових дефектів парового котла ВПТМ-180, а саме така програма, як OriginPro. Це одна програма з не багатьох, яка дозволяє визначати площу, глибину та інші характеристики пітингів.

Також було розраховано техніко-економічні показники для цеху ЦТАіВ, розраховано річний економічний ефект та термін окупності і було організовано процес таким чином, щоб витратити якнайменше часу та коштів.

Визначено основні вимоги щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях для даного процесу. Розраховано освітлення для операторної.

Було визначено вплив теплоенергетики на атмосферу та водні об'єкти і визначено особливості енергозбереження в Україні. Після цього було зроблено висновки по роботі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Соколов, Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Б.А. Соколов. – М.: Академия, 2008. – 128 с.
2. Бузников, Е.Ф. Производственные и отопительные котельные / Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис, Э.Я. Берзиньш. – Промиздат, 2008. – 248 с.
3. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод). – М.: Энергия, 1998. – 296 с.
4. Ривкин, С.Л. Термодинамические свойства воды и водяного пара / С.Л. Ривкин, А.А. Александров. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 80 с.
5. СП 89.13330.2012 – Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76 [Электронный ресурс]. - Введ. 2013-01-01. – Режим доступа: [http://www.nostroy.ru/nostroy_archive/nostroy/898581493-SP%2089.13330.2012\(dlya%20oznakomleniya\).pdf](http://www.nostroy.ru/nostroy_archive/nostroy/898581493-SP%2089.13330.2012(dlya%20oznakomleniya).pdf)
6. Каталог оборудования «ЭМЗ» * [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.em-z.ru/produkcija/kotly-kv-gm>
7. Роддатис, К.Ф. Котельные установки: учебное пособие./ К.Ф. Роддатис.- М.: Энергия, 1977. – 432 с.
8. Тепловой расчет котлов. Нормативный метод/Г.М. Каган. – Санкт – Петербург.: РАО «БЭС России», 1998. – 259 с.
9. Гусев, Г.Б. Тепловая схема водогрейной котельной. Расчет котла: учебное пособие./ Г.Б. Гусев. - М.: Москва, 2009. – 32 с.
10. Каталог отраслевой «НИИЭИНФОРМЭНЕРГОМАШ». Котлы малой и средней мощности и топочные устройства.
11. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления: справочник/Ю.М. Кострикин, Н.А. Мещерский, О.В. Коровина. – М.: Москва Энергоатомиздат, 1990. – 252 с.
12. ЕНиР сборник Е31 «Монтаж котельных установок и вспомогательного оборудования». – М.: ЦНИБ, 1988. – 45 с.

13. СП 60.13330.2012 - Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 [Электронный ресурс]. - Введ.
2013-01-01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095527>
14. Палей Е.Л. Проектирование котельных в секторе ЖКХ. Спб.: Изд-во
“Газовый клуб”, 2006. - 175 с.
15. Бойко Е.А. Котельные установки и парогенераторы (тепловой расчет
парового котла): Учебное пособие. Красноярск: ИПЦ КЕТУ, 2005. - 96 с.