

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інформаційних технологій

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

Когут Володимир Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК (662.612:658.769.21)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

"Розроблення та метрологічний аналіз удосконаленого методу та пристрою
для контролю якості фарбових захисних покриттів"

(назва роботи)

Метрологія і вимірювальна техніка

(назва освітньої програми)

152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(шифр і назва спеціальності)

В.М. Когут

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Витвицька Л.А., к.т.н. доцент каф. ІВТ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

О.Є.Середюк

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Івано-Франківськ

2024

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інформаційних технологій

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

Освітній рівень магістр

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно вимірювальна техніка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІВТ

Середюк О.Є.

«___»

_____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Когуту Володимиру Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи "Розроблення та метрологічний аналіз удосконаленого методу та пристрою для контролю якості фарбових захисних покриттів"

Керівник роботи Витвицька Л.А., к.т.н. доцент каф. ІВТ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджено наказом закладу вищої освіти від "15" грудня 2023 року №734/7

2. Строк подання студентом роботи 10.01.2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Діапазон зміни крайового кута змочування фарби від 1 до 0,75, колірність фарб - основні сім кольорів.

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

Вступ

1 Аналіз існуючих методів і засобів контролю якості лакофарбових покриттів.

2 Розробка удосконаленого методу і пристрою для контролю якості фарби

3 Метрологічний аналіз інтегрованого методу для контролю якості фарби

Висновки

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лютак З.П., доцент		

7. Дата видачі завдання 15.06.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ	16.11.- 20.11.2023	
2.	Аналіз існуючих методів і засобів контролю якості лакофарбових покриттів	21.11.- 30.11.2023	
3.	Розробка удосконаленого методу і пристрою для контролю якості фарби	01.12.- 15.12.2023	
4.	Метрологічний аналіз інтегрованого методу для контролю якості фарби	16.12.- 30.12.2023	
5.	Висновки	01.01.- 05.01.2024	
6.	Оформлення пояснювальної записки	06.01.- 10.01.2024	

Студент _____

(підпис)

Когут В.М._____

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Витвицька Л.А._____

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: стор., рис., літер. джерел, арк. граф. матеріалу

Мета роботи - дослідження якісних показників лакофарбових покриттів, розроблення удосконаленого комплексного методу контролю їх якості пристрою який реалізує даний метод, метрологічний аналіз розробленого методу та пристрою.

Об'єкт дослідження – процес нанесення та змочування фарбою твердого покриття .

Предмет дослідження -пристрій для комплексного аналізу якості фарби при її нанесенні на тверду поверхню.

Методи дослідження - математичні методи опису процесу змочування фарбою твердої поверхні на основі рівнянь гідродинаміки, обробки результатів контролю на основі комп'ютерних технологій.

В магістерській роботі проаналізовано види та технічні характеристики фарб і лаків, методи їх дослідження, обгрунтовано вибір вимірювання показників змочування фарбами твердих поверхонь як комплексного методу дослідження якості фарб. Проведено метрологічний аналіз розробленого методу, який підтвердив доцільність його розроблення.

Ключові слова та словосполучення: якісні показники, крайовий кут змочування, лаки і фарби, похибка, метрологічний аналіз, точність.

ABSTRACT

Master's thesis: pp., fig.

Purpose - to study the quality indicators of paint and varnish coatings, to develop an improved integrated method of controlling their quality, a device that implements this method, metrological analysis of the developed method and device.

The object of research is the process of applying and wetting a hard coating with paint.

The subject of research is a device for a comprehensive analysis of paint quality when applied to a hard surface.

Research methods - mathematical methods of describing the process of wetting a hard surface with paint based on the equations of hydrodynamics, processing of control results based on computer technology.

The master's thesis analyzes the types and technical characteristics of paints and varnishes, methods of their research, justifies the choice of measuring the indicators of wetting of hard surfaces with paints as a comprehensive method of studying the quality of paints. A metrological analysis of the developed method was carried out, which confirmed the feasibility of its development.

Key words and phrases: quality indicators, wetting edge angle, varnishes and paints, error, metrological analysis, accuracy.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

ПХВ- перхлорвініл

ЦПХВ - цементний перхлорвініл

ККЗ - косинус крайового кута змочування

ККД - коефіцієнт корисної дії

СКВ - середнє квадратичне відхилення

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	9
1 Аналіз існуючих методів і засобів контролю якості лакофарбових покриттів.....	11
1.1 Різновидності лакофарбових покриттів.....	11
1.2 Аналіз існуючих методів та засобів контролю параметрів якості фарб і лаків	18
1.3 Постановка задачі на магістерську роботу.....	21
2 Розробка удосконаленого методу і пристрою для контролю якості лакофарбових матеріалів.....	22
2.1 Аналіз дефектів фарби та вимоги до фарбованих поверхонь.....	22
2.2 Обґрунтування вибору оптичних методів для визначення комплексного показника якості фарби.....	28
2.3. Розробка конструкції пристрою для контролю змочуваності поверхонь лакофарбовим покриттям.....	35
2.3.1 Розробка функціональної схеми пристрою для контролю змочуваності поверхні	35
2.3.2 Розрахунок елементів оптичної системи пристрою.....	37
2.4 Розроблення методики контролю якості фарби	40
3. Метрологічний аналіз інтегрованого пристрою для контролю якості фарби.....	42
3.1 Аналіз типів похибок вимірювання.....	42
3.1.1 Похибки вимірювання та їх види.....	42
3.1.2 Закони розподілу випадкових величин.....	45
3.2 Аналіз складових сумарної похибки вимірювання розмірів зображення.....	49
3.3 Аналіз факторів, що впливають на процес вимірювання та розрахунок сумарної похибки.....	50

Висновки	53
Перелік посилань на джерела.....	54

ВСТУП

Використання різних видів фарб і лаків передбачає контроль їх якості, оскільки різновидності призначень цих лаків і фарб вимагають і забезпечення різних показників. Так, для фасадних фарб основними показниками є їх корозійна та атмосферостійкість, для внутрішніх виробів їх покриття визначається колірністю, збереженістю, стійкістю до розтріскування і т.д. Тому є необхідним розроблення удосконаленого методу контролю, який в комплексі визначав би якісні показники фарб і лаків. Основним показником є їх змочуваність твердої поверхні та розтікання по ній.

Контроль змочуваності різних рідин на протязі багатьох десятиліть відбувався за допомогою різних оптичних систем. Достатньо висока точність оптичних приладів, реалізація принципу безконтактного контролю досліджуваних об'єктів визначають зростаючу роль оптичних систем в сучасних високих технологіях.

Визначення змочуваності поверхні в даному випадку проводиться шляхом вимірювання швидкості розтікання каплі фарби по поверхні оптичним методом за швидкістю збільшення площі плями. Однак оптичний метод не забезпечує необхідну динамічність процесу вимірювання і тому в якості покращення показників отриманого зображення використовується фотоелектричні пристрої, що перетворюють отримане зображення в сигнали вимірювальної інформації, над якими здійснюється комп'ютерна обробка.

Значні теоретичні і важливі практичні результати, досягнуті при використанні автоматизованих оптичних систем опубліковані в багатьох наукових статтях і ряді монографій, що присвячені методам оптичного дослідження. Необхідно відмітити, що розгляд сучасних оптичних систем необхідно вести з позиції інтердисциплінарності з застосуванням теоретичних положень загальної фізики, фізичної та квантової оптики, теорії оптико-електронних систем, теорії сигналів, комп'ютерної техніки.

Актуальність проблеми пов'язана із розробленням комплексного методу контролю якості лакофарбових покриттів на основі сучасних інформаційно-вимірjuвальних технологій.

Мета роботи - дослідження якісних показників лакофарбових покриттів, розроблення удосконаленого комплексного методу контролю їх якості пристрою який реалізує даний метод, метрологічний аналіз розробленого методу та пристрою.

Об'єкт дослідження – процес нанесення та змочування фарбою твердого покриття .

Предмет дослідження -удосконалений метод та пристрій для комплексного аналізу якості фарби при її нанесенні на тверду поверхню.

Практична цінність – розроблення на основі сучасних інформаційно-вимірjuвальних технологій пристрою, який реалізує удосконалений оптичний метод контролю якості фарб.

Методи дослідження - математичні методи опису процесу змочування фарбою твердої поверхні на основі рівнянь гідродинаміки, обробки результатів контролю на основі комп'ютерних технологій.

Новизна магістерської роботи полягає у комплексному аналізі характеристик лако-фарбових покриттів на основі оптичного методу та комп'ютеризованої обробки даних із встановленням конкретної оцінки якості покриття.

Апробація роботи була здійснена на XXXV-ій науково-технічній конференції студентів 2022/2023 н.р. підсекції «Метрологія та інформаційно-вимірjuвальна техніка», яка відбулася 19.04.2023р. За результатами доповіді за даною темою було присуджене 2-е місце. Також за даною темою була здійснена доповідь на Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених та студентів «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості» [26].

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ

1.1 Різновидності лакофарбових покриттів

В залежності від розташування поверхні, на які наносяться фарбові покриття, поділяються на фасадні (зовнішні стіни та цоколі домів тощо) та інтер'єрні (стіни всередині приміщень, підлоги, стелі, тощо.). Фасадні поверхні в більшій мірі потребують захисту від атмосферних впливів порівняно з інтер'єрними, які не перебувають під прямими атмосферними впливами, але до них ставляться більші вимоги щодо декоративних властивостей. Подібно поділяються і самі фарби в залежності від їх призначення: для зовнішніх і внутрішніх робіт. Ці групи фарб називаються відповідно атмосферостійкі і обмежено атмосферостійкі і позначаються ЛКМ 1 і ЛКМ 2.

ЛКМ 1 - атмосферостійкі лакофарбові покриття, які використовуються на відкритому повітрі у різних кліматичних умовах, оскільки є стійкі до атмосферних впливів.

ЛКМ 2 - обмежено атмосферостійкі лакофарбові покриття, які використовуються під навісом, а також всередині і неопалюваних або опалювальних приміщень, тобто в різних кліматичних умовах.

В залежності від умов експлуатації та призначення лакофарбові покриття поділяються на такі групи: водостійкі, термостійкі, атмосферостійкі, обмежено атмосферостійкі, хімічно стійкі і т.д. Всього в цій класифікації нараховується 9 груп. Найбільш широке застосування в побуті має поділ на групи атмосферостійкі, обмежено атмосферостійкі,.

Фарби - це складні суміші багатьох компонентів: наповнювачів, сполучних (плівкоутворювальних) речовин, розчинників, пластифікаторів, пігментів і сикативів.

Найважливішими складниками фарб є плівкоутворювальні речовини, які утворюють на поверхнях твердих тіл плівки, що добре прилипають до них і є достатньо твердими. Саме від властивостей цих складників у значній мірі залежить час затвердіння, довговічність і міцність плівки, тобто весь загальний комплекс властивостей фарби. Сучасні сполуки представляють собою або рослинні масла (оліфи), або високомолекулярні синтетичні сполуки (полімери і сополімери). Саме від виду плівкоутворювальних речовин залежать і назви фарб - масляна, алкідна, латексна і т.д.

Тонкодисперсні кольорові порошки, які називаються пігментами, вводяться у фарбові матеріали для надання ім. кольору і кращого покриття та їх антикорозійних і фізико-механічних властивостей. Кожна із пігментних речовин володіє здатністю відбивати промені світла певної довжини (тобто частина енергії променя, який падає на фарбове покриття поглинається, а частина відбивається), саме завдяки цьому пігмент і має певний колір, який визначає колір відбитих променів. Колір визначає властивість фарби викликати певне відчуття зору відповідно до спектрального складу інтенсивністю відбитого або випромінюваного нею світлового випромінювання певного спектру. Основними кольорами є три – синій, жовтий і червоний,. При перемішуванні їх можна отримати фіолетовий, зелений, помаранчевий та інші кольори.. Такий спосіб одержання кольору називається «лесування». Для отримання рівномірного фарбування шляхом лесування потрібно показники пігментів щільно змішувати. В іншому випадку фарба, буде постійно розшаровуватися - внизу будуть більш важкі пігменти, вгорі - легші. Саме тому практично на кожній банці з фарбою є напис про необхідність ретельного перемішування. Найбільше застосовуються неорганічні пігменти, . які поділяються на штучні та природні. Пігменти природні видобуваються з надр землі. Природні пігменти за яскравістю і насиченістю кольору трохи поступаються штучним, але є дешевші і стійкіші до атмосферних впливів.

Природні мінеральні пігменти - це червоний залізоокисний пігмент, що надає фарбі більш світліший колір і атмосферостійкість; охра - жовтий дешевий пігмент; умбра - коричневий з відтінком зеленого кольору пігмент; кіновар - червоного кольору пігмент; сажа (нафтова, газова чи пічна,) - чорний пігмент, який має високу атмосферо-і світлостійкістю.

Найбільш використовувані штучні мінеральні пігменти: сурик залізний - червоний пігмент корозійностійкий; двоокис титану - білий пігмент, що володіє найкращою здатністю покриваності; блакить малярська - синій пігмент, стійкий до впливу кислот; кобальт синій - синій пігмент, стійкий до дії лугів, кислот та високих температур; оксид хрому - темно-зелений пігмент, який є у жаро-і атмосферостійких фарбах т.д. Саме вартість пігментів найбільше впливає на остаточну вартість кольорових фарб.

При виробництві керамічних пігментів використовуються чисті оксиди або солі полівалентних металів.

Наповнювач –мінеральна речовина, що вводиться у фарбу для збільшення сухого залишку. Наповнювачі представляють собою сильно подрібнені порошки гірських порід (тальк, крейда, тощо).

Розчинники - це леткі рідини, які використовують для розчинення лакофарбових матеріалів, які є високов'язкими. Саме завдяки їм фарба набуває задану в'язкість і оптимальною для нанесення на підкладку.

Пластифікатори додаються до фарб для зниження їх в'язкості, а після нанесення покриття стають більш гнучкі і еластичні. Для цього часто застосовується касторове масло, що є рослинним продуктом, одержуваним при обробленні насіння рицини, або ефіри фосфорної кислоти.

Сикативи - це каталізатори, які пришвидшують затвердіння оксидованих рослинних масел. Найчастіше це солі марганцю та кобальту.

Кремнійорганічні покриття, які на даний час набувають значного поширення, готують на основі кремнійорганічних сполук - силіконів. Складні молекули силіконів мають своєрідну будову: так звана, «голова» молекули

складається з двоокису кремнію, а «хвіст» - це органічні відгалуження. При нанесенні силікону на поверхню, що фарбується, то у його шарі молекули розташовуються орієнтовано: «голови» - до твердої поверхні, «хвости» - назовні. У такому положенні відбувається «висихання». Органічні кінці молекул, є сильно гідрофобними, а верхній шар, наприклад, фасад, покритий такою фарбою, не боїться ніякого дощу.

Органосилікатні –це відносно новий вид фарб в цьому ряді і представляють собою суміш силікатних і окисних компонентів у розчинниках, утворених кремнійорганічними полімерами. Ці фарби є підвищено температуростійкі і застосовуються для фарбування автоклавів та котлів. Довговічність покриттів з цих фарб складає до 30 років, оскільки вони мають гарну адгезію до бетону, атмосферо-і морозостійкі, їх можна наносити при температурі до мінус 15°C. Але ці фарби дуже токсичні, вогненебезпечні.

Полівінілацетатні (на основі емульсії ПВА) водно-дисперсійні фарб найбільш відомі, на основі стирол-бутадієновий та інших латексів, а також акрилатні водно-дисперсійні фарби. Основна перевага цих фарб полягає в тому, що сполучні, що входять до їх складу, дисперговані у вигляді дрібних часток у водному розчині захисного колоїду (такі дисперговані системи прийнято називати емульсіями), а не розчинені в більш дорогих, токсичних або вогненебезпечних органічних розчинниках. Для виготовлення колірною складу крім звичайних складових (пігментів, наповнювачів і т.д.) використовуються такі речовини, як пластифікатори, емульгатори та стабілізатори, поліпшують малярські властивості фарб і запобігають випадання пігментів в осад. Всі водно-дисперсійні фарби нетоксичні, легко розводяться водою, швидко сохнуть. Ними фарбують бетонні, кам'яні, дерев'яні поверхні, але не металеві - фарба може викликати їх корозію. Особливо ефективно їх нанесення на пористі основи, наприклад, на штукатурку, щоправда, попередньо погрунтовану.

Вода з нанесеного шару фарби частково всмоктується в матеріал (підкладку), а частково випаровується. При цьому частинки емульсії

зближуються, склеюються між собою, і на поверхні утворюється полімерна плівка, що має достатню міцність і високу повітро-й паропроникність (стіни «дихають», пропускаючи пари води).

Водно-дисперсійні фарби на основі полівінілацетатної емульсії не відзначаються особливою водостійкістю і застосовуються для фарбування поверхонь всередині будівель. Акрилатні і стіролбутадієнові дисперсійні фарби, є більш водостійкі, і їх можна застосовувати і для фасадів, і для внутрішніх стін.

Водно-дисперсійні фарби на акрилатній основі - ВД-АК представляють найбільший інтерес для більшості випадків. Вони застосовуються для фарбування мінеральних поверхонь як фасадних, так і інтер'єрних, Водно-дисперсійні акрилатні лакофарбові матеріали володіють: підвищеною атмосферостійкістю, прекрасно пропускають газу і пари води, але погано пропускають рідку воду, мають підвищену лугостійкість, що є особливо важливим при фарбуванні бетонних поверхонь, акрилати мають підвищену стійкість до миття і витирання,

Фарби на основі перхлорвінілового (ПХВ) лаку є атмосферостійкі, досить дешеві, швидко «сохнуть», адгезійні до бетону, цегли, високо насичені колірним тоном. Але леткий органічний розчинник при випаровуванні має шкідливий вплив на організм людини. Леткі смоляні фарби є пожежонебезпечні

Цементні перхлорвінілові (ЦПХВ) фарби є економічними за витратою смоли і створюють міцну плівку навіть при нанесенні на гарячі і вологі поверхні. Значно швидше масляних висихають фарби, які є пігментованими дисперсіями нітроцелюлози в органічних розчинниках..

Оліфа є в масляних фарбах сполучною речовиною і отримується з рослинних олій. Оліфи - прозорі рідини, темно- або світло-коричневого кольору. В якості наповнювачів використовується тальк, барит, сірчаноокислий барій.

Емалеві фарби отримують шляхом перетирання лаків із сухими пігментами.. При загустіванні емалі до неї додають розчинник -терпантис, уайт-

спірит. Емалі застосовують для фарбування штукатурних поверхонь, машин і приладів.

Лаки виготовляють шляхом розчинення смоли та полімера в летючих розчинниках. При нанесенні лаку на тверду поверхню розчинник випаровується, і на поверхні залишається блискуча прозора плівка, яку можна розчинити знову розчинником. Назва лаків визначається видом речовини, що утворює плівку: наприклад, нітролак, бітумні, смоляні, масляні, та інші. Лаки також можуть називатися в залежності від виду розчинника (наприклад, спиртові).

У масляних лаках є в більшій кількості олія, ніж смола. Час їх висихання – (1 – 4) доби і утворюється еластична плівка. Вони поділяються на «жирні», «середні» і «худі». До «жирних» лаків відноситься, наприклад, фарба для підлоги, до складу якої входить 22% , 41,2% масла, 36% розчинника і 0,2% сикативу. Якщо нанести такий лак на дерев'яні підлоги, то підвищується їх зростає їх декоративність, довговічність і знижується гігроскопічність деревини.

Ті лаки, які містять більше смоли, порівняно з олією називаються «худими», а ті, що мають у рівних кількостях олію -30%, смолу 42% і розчинник - 28%) – називаються «середніми». «Худі» лаки висихають швидше, мають більш тверді, але більш крихкі плівки. «Середні» лаки висихають довше, але зате мають вищу еластичність і блиск.

Для висихання спиртових лаків (30-35%-ні розчини смол в етиловому спирті). при кімнатній температурі достатньо 15 хвилин. - розчини алкідних смол в уайт-спириті - це алкідні лаки. Лаки на основі високомолекулярних смол - поліуретанові лаки. У епоксидних лаках основним плівкоутворюючим компонентом є епоксидна смола.

Нітролаки, - розчини нітроцелюлози в летючих розчинниках з добавкою смол і пластифікаторів, є прозорі, атмосферостійкі, їх легко шліфувати і полірувати.. Нітроемалеві фарби (на основі нітролаків) швидко сохнуть, утворюючи напівдзеркальну тверду плівку з сильним блиском.

Бітумні лаки – це розчини смол і бітуму в леткому розчиннику. Утворені плівки мають чорний колір і блискучі і водостійкі, але не є атмосферостійкі і, тому не є придатними для зовнішнього застосування. Найцінніша властивість цих лаків – це антикорозійна стійкість. Тому застосовуються вони для фарбування металевих конструкцій.

Кам'яновугільний лак, який називається кузбаслак, оскільки вперше був використаний у кам'яновугільному Кузнецькому басейні, представляє собою розчин кам'яновугільного пеку. Відрізняється високою адгезійністю і є водонепроникний, але мають низьку пластичність, і тому розтріскується плівка при різких перепадах температур.

Вапняні фарби - це мінеральні, які складаються з лугостійких пігментів і вапняного молока. Міцність такого барвистого покриття пов'язана з карбонізацією вапна, що відбувається на повітрі протягом певного часу і при певній вологості. Тому фарбування оптимально робити в нежарку погоду і по вологій поверхні. При введенні до складу незначної кількості оліфи утворюється нерозчинне у воді вапняне мило і шар фарбування стає більш водостійким і міцним.

Вапняні фарби є найбільш дешеві і застосовуються для фарбування фасадів. Однак, на відміну від «фасадних» перхлорвінілових фарб, вони твердіють повільніше, а міцність і довговічність покриттів з вапняних фарб нижче.

Водно-цементні фарби теж відносяться до цієї групи. Вони готуються на основі пігментних та клінкерних цементів. Для забарвлення кольорового клінкеру додається до вихідної суміші оксиди різних металів – марганцю, хрому, нікелю, кобальту в кількості (0,1 -1%) перед випалу клінкеру. Їх виготовляють на заводах, а на місці застосування їх розбавляють водою і потрібно використати за 4 годин. Фарбується зволожена поверхня у два шари.

Для зовнішнього фарбування використовуються водно-цементні фарби по цегляних, бетонних штукатурках та інших пористих поверхнях. Не застосовуються для фарбування дерев'яних поверхонь, металевих, скляних.

Фарби з вмістом рідкого скла називаються силікатними. Основною складовою цих фарб є калієве рідке скло. Також входять: дуже дрібний пісок, крейда, окис цинку тальк, та ін. Застосовуються для фарбування фасадів, та для внутрішніх робіт по штукатурці і дерев'яних конструкцій.

1.2 Аналіз існуючих методів та засобів контролю параметрів якості фарб і лаків

Кількісний склад фарб і лаків визначається за оптичними аналізаторами, принцип роботи яких оснований на залежності коефіцієнтів заломлення, та відбивання, оптичної густини від концентрації компонентів, які визначаються.— За зміною кольору продукту, тобто колориметричним методом визначається кількісний склад фарб. Це метод оснований на залежності ступеня поглинання світлового потоку від концентрації і складу рідини.,

Колір рідини визначається фотометричним методом, який полягає в виконанні хімічної реакції, коли досліджуваий компонент переходить у сполуку, визначається кількість цього компонента через вимірювання ступеня поглинання світлового пучка розчином цієї сполуки. Оптична густина є пропорційна концентрації речовини в розчині. За інтенсивністю колірною забарвлення розчину визначається концентрація компонента або візуально, або за допомогою фотоелементів.

Колориметри фотоелектричні визначають концентрацію у видимій області спектру. Для цього використовуються лампи розжарювання в якості джерела випромінювання. Збільшення чутливості вимірювань проводять з використанням світлофільтрів. Інтенсивність світлових потоків в

колориметрах реєструється за допомогою приймачів - різних типів фотоелементів, фотоопорів.

Чутливість фотоколориметрів залежить від спектру поглинання досліджуваним розчином і від спектральної характеристики фотоелемента, тобто від правильного вибору фотоелемента і світлофільтра.

При рефрактометричному методі аналізу визначається показник заломлення аналізованої речовини, який залежить від її складу, тобто відношення компонентів. При попаданні пучка світла на границю розділу середовищ відбувається часткове відбивання і часткове його заломлення .

Якість фарб можна також визначати за ступенем змочування ними твердої поверхні.

Змочуваність пористих тіл рідинами визначається за швидкістю руху фронту досліджуваної рідини у горизонтальній трубці

У іншому випадку пористе тіло розміщують у вертикальній трубці. По другій розміщеній паралельно трубці визначається висота підйому досліджуваної рідини, яка є мірою величини перепаду тиску.

Швидкість v і висоту h підйому рідини в трубці, яка заповнена досліджуваним пористим тілом визначається таким чином,

Для ньютонівської рідини швидкість її руху по циліндричній трубці визначається :

$$v = \frac{\Delta P \cdot r^2}{4\mu \cdot h} , \quad (1.1)$$

де ΔP – різниця тисків на початку та кінці трубки; r – радіус трубки, h – довжина трубки, μ – динамічна в'язкість

Якщо рідина піднімається по вертикальній трубці, то потрібно враховувати гідростатичний тиск рідини. З врахуванням, що швидкість $v = h/t$, із (1.1) знаходимо:

$$h^2 = \frac{\Delta P \cdot r^2}{4\mu} \cdot t . \quad (1.2)$$

Тиск ΔP визначається сумою тиску P_{3M} , зумовленого змочуванням внутрішніх стінок трубки і гідростатичного тиску ΔP .

$$\Delta P_{3M} = \frac{2\sigma \cdot \cos \theta}{r} \quad (1.3)$$

Таким чином, отримуємо:

$$h^2 = \frac{r^2}{4\mu} \left(\frac{2\sigma \cdot \cos \theta}{r} + \Delta P \right) \cdot t. \quad (1.4)$$

При русі рідина в пористому тілі горизонтально, величиною $\Delta \bar{P}$ можна знехтувати. Тоді (1.4) можна подати таким чином:

$$\frac{h^2}{t} = \frac{r\sigma \cdot \cos \theta}{2\mu} \quad \text{або} \quad v = \frac{r\sigma}{2h\mu} \cos \theta. \quad (1.5)$$

Замість висоти h необхідно визначати шлях, пройдений рідиною за час t в пористому тілі.

При відомих значеннях в'язкості μ та поверхневого натягу рідини σ і вимірявши час руху рідини t та величину h згідно (1.4), визначається косинус крайового кута змочування (ККЗ):

$$\cos \theta = \frac{2\mu h^2}{r\sigma t}. \quad (1.6)$$

Недоліком цього методу є складність визначення ККЗ для еталонної рідини, з якою порівнюються значення ККЗ, визначені для досліджуваних рідин.

Існують методи, які ґрунтуються на штучній гідрофілізації зразка із використанням води в якості як еталонної рідини. При цьому гідрофілізація зразків здійснюється прожарюванням або екстракцією. Однак визначення ККЗ еталонною рідиною пористого тіла також при цьому є складною задачею.

Також при підведенні пухирця газу до досліджуваного зразка, фіксуванням його контуру та вимірюванням кута між основою пухирця та дотичною до його контуру, можна визначити змочуваність пористих тіл. Для цього занурюють пористе тіло в кювету з рідиною і за допомогою мікропіпетки підводять 10 – 12 пухирців повітря. Через 30 хвилин, вже встановився

гістерезисний кут, проєктують на екран пухирці повітря, для визначення їх контурів. З двох сторін основи пухирців в точках дотику на трифазній границі проводять дотичні і визначають ККЗ. Цей метод не потребує складного устаткування, але є необхідно, щоб досліджувана рідина була прозорою.

1.3 Постановка задач на магістерську роботу

Отже, на снові проведеного аналізу та методів визначення властивостей фарб можна зробити висновок, що кожен властивість необхідно визначати окремим методом, що вимагає значної тривалості та громіздкості проведення контролю якості. Виникає необхідність визначати комплексний показник або таку властивість яка ідентифікує якість фарби в цілому.

Тому пропонується проводити контроль ступеня змочування фарбою поверхні оптичним методом, який дає можливість визначати не тільки змочувальність фарбою конкретної поверхні, але й визначати її ступінь колірності, в'язкість, тобто у комплексі визначати якість фарби .

У зв'язку з цим у даній роботі необхідно вирішити такі задачі:

- теоретично обґрунтувати доцільність та можливість використання оптичного методу контролю;
- теоретично та технічно обґрунтувати можливість використання методу оброблення відео зображень краплі досліджуваної рідини, котра розтікається досліджуваною поверхнею;
- розробити функціональну схему пристрою для проведення експрес-контролю якості фарби за ступенем змочування нею конкретної твердої поверхні і з постійним контролем температури фарби;
- провести метрологічний аналіз розробленого пристрою, визначити основні фактори впливу на точність вимірювання,
- розрахувати значення очікуваної похибки розробленого пристрою.

2 РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕНОГО МЕТОДУ І ПРИСТРОЮ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ

В даному розділі проаналізовано вимоги до якості фарб, обґрунтовано вибір комплексних показників якості для визначення ступеня змочуваності твердих поверхонь фарбою, обґрунтовано вибір оптичних методів та розроблено конструкцію обладнання.

2.1 Аналіз дефектів фарби та вимоги до пофарбованих поверхонь

Плямистість і зміна кольору виникають, коли на поверхні залишається бруд або жир, або коли фарба взаємодіє з поверхнею, що лежить під нею, наприклад, зі старою плівкою фарби або асфальтовим покриттям.

Щоб виправити помилку, необхідно визначити джерело забруднення. В іншому випадку перед фарбуванням поверхню слід покрити ізолюючим шаром ґрунтовки.

Тріщини в фарбі на зовнішній поверхні спричинені більшою товщиною попереднього шару фарби. Невеликі ділянки з тріщинами можна видалити. Пил і бруд на свіжопофарбованих поверхнях виникають через потрапляння на поверхню частинок пилу і бруду з атмосфери під час фарбування або через потрапляння частинок бруду в ємність з фарбою.

Непофарбовані ділянки виникають при фарбуванні поверхонь, забруднених олією, жиром або воском.

Для досягнення якісного покриття поверхню необхідно висушити та знежирити спеціальним засобом.

Скупчення або патьоки фарби-це результат нерівномірного нанесення фарби на широкі плоскі або шорсткі рельєфні поверхні. Цей дефект часто спричинений занадто тонким шаром фарби. Незатверділі "мокрі краї" також можуть призвести до надмірної товщини плівки та скупчення рідини. Проблеми

зі зморщуванням фарби на поверхні виникають, коли фарба висихає занадто швидко. Верхній шар сохне швидше, ніж нижній. Товсті шари фарби будуть зморщуватися ще більше. Зморшки часто виникають, коли фарби наносяться при низьких температурах.

Лаки та фарби на основі розчинників сохнуть повільно, тому що поверхня забруднена через неправильну підготовку поверхні. Повільне висихання водоемульсійних фарб пов'язане з тим, що фарбування проводилося при низьких температурах і високій вологості.

Знебарвлення і пожовтіння Знебарвлення і пожовтіння можуть виникнути, якщо фарби на основі розчинників наносяться на ділянки, які не піддаються впливу сонячного світла, наприклад, на дверцята шаф і підвіконня.

Відмінності у відтінках кольору можна побачити, коли поверхні фарбуються валиком, а кути-пензлем. Поверхні, пофарбовані пензлем, зазвичай темніші, ніж поверхні, пофарбовані валиком. Поверхні, пофарбовані за допомогою фарбопульта, зазвичай відрізняються від поверхонь, пофарбованих валиком або пензлем. Іншою причиною може бути додавання пігменту в не забарвлену фарбу або неправильна кількість пігменту.

Щоб виправити помилки, переконайтеся, що плівка фарби рівномірно лягає при використанні різних інструментів для фарбування. Наносьте фарбу на невелику ділянку, щоб вона завжди була вологою. Якщо ви купуєте кольорову фарбу в магазині, бажано перемішати фарбу в контейнері перед використанням. Пліснява - це утворення коричневих, чорних або сірих плям або точок на поверхні лакофарбової плівки через грибкові інфекції, які живляться лакофарбовою плівкою та іншими органічними речовинами. Цвіль може з'явитися в місцях з високою вологістю і поганим або недостатнім сонячним світлом (особливо схильні до неї стіни, звернені на північ, і під карнизами). Її також може спричинити використання невідповідних фарб або фарбування на поверхнях, які були погано заґрунтовані, наприклад, на сирій деревині.

Роботи з підготовки поверхні не обов'язково однакові для всіх поверхонь. Згідно з технічними характеристиками, існує три категорії фарбування.

Кожна категорія має специфічні завдання, які необхідно виконати на етапі підготовки. Якість покриття залежить від якості самої поверхні. Наприклад, якщо пофарбувати мокру поверхню, то через деякий час плівка фарби зруйнується. Це відбувається тому, що у вологій штукатурці та бетоні містяться вільні луги, які знебарвлюють і тьмяніють пігменти. Штукатурка висихає нерівномірно і тому має різний вміст вологи в різних частинах поверхні. Штукатурка більш волога внизу стіни, біля плінтусів і в кутах. Наявність вільного лугу, тобто вологості штукатурки, вимірюється за допомогою 1% розчину фенолфталеїну. Фенолфталеїн - це безбарвна рідина, яка під впливом лугу червоніє. Щоб виміряти вологості штукатурки, кілька крапель фенолфталеїну можна нанести на поверхню. Якщо колір не змінюється або набуває ледь помітного рожевого відтінку, це означає, що штукатурка висхла і готова до фарбування.

Проаналізувавши різні типи фарб, можна проаналізувати їхні вимоги до якості, згрупувавши їх, головним чином, на основі способу виробництва та складу. Найширшою категорією слід вважати фарби на основі керамічних пігментів.

Керамічні пігменти синтезуються на основі кристалічних сполук, стійких до агресивних середовищ і високих температур, а також до ефектів розчинення в глазурях і флюсах. Коли іони перехідних металів вбудовуються в мінеральну решітку, кристали набувають характерного забарвлення. Вбудовування цих іонів забезпечується твердофазними реакціями, які відбуваються при високих температурах. Керамічні пігменти синтезують вище оптимальної температури, при якій багато оксидів перехідних металів, що використовуються як хромофори, випаровуються. Пігменти синтезуються при високих температурах за допомогою твердофазних реакцій. Швидкість твердофазної реакції залежить від температури, часу витримки при кінцевій температурі випалу і площі

поверхні взаємодії реагентів. Під час процесу одне зерно реагенту покривається шаром продуктів реакції, товщина якого з часом збільшується.

Значний вплив на процес спікання мають речовини, що прискорюють реакцію силікатизації, відомі як мінералізуючі агенти. Дія мінералізуючого агента залежить від його природи, кількості і ступеня дисперсності в реагенті активації. Неорганізуючі агенти викликають появу рідкої фази і сприяють муллітизації алюмосилікатів, утворенню штучних центрів кристалізації, формуванню твердих розчинів. Мінералізатори впливають на утворення центрів кристалізації, змінюють швидкість цього процесу, змінюють структуру і властивості кристалічної решітки і викликають утворення нових кристалічних фаз.

Дія мінералізатора полягає в тому, щоб розпушити кристалічну структуру в процесі плавлення і зробити її активною. Саме концентрація мінералізаторів, таких як борна кислота, бура та інші солі лужних металів, має значний вплив на якість фарби, оскільки присутність в реакційній суміші речовин, які утворюють більш-менш легкоплавку суміш з одним або декількома компонентами шихти, збільшує площу контакту між реагентами, швидкість дифузії процесу в цілому.

Керамічні пігменти можна отримати на основі хімічних сполук різних типів і кольорів гранату, таких як піроп, альмандин-спесартин і андродит. Якість фарби залежить від правильної кристалічної решітки гранату. Це пов'язано з тим, що фарби, які використовуються для зовнішніх покриттів стін, повинні мати сильніші захисні властивості, щоб протистояти механічному стиранню, ультрафіолетовому випромінюванню та біологічному впливу різних мікроорганізмів. Для фарб для внутрішніх робіт вимоги дещо нижчі, ніж вище згадані, але значно суворіші.

Вимоги до токсичності та пожежо-і вибухо безпеки є високими. Важливими вимогами до якості фарб є їх експлуатаційні та ергономічні властивості, в тому числі декоративні. Незалежно від складу, всі фарби та інші декоративні покриття мають низку критеріїв, яким вони повинні відповідати.

До них відносяться легкість, простота в догляді, здатність витримувати сухе або вологе прибирання, відсутність пошкоджень, екологічність і простота нанесення. Крім цих якостей, до багатьох видів матеріалів висуваються додаткові вимоги, такі як висока стійкість до стирання в місцях частого використання і вологостійкість при застосуванні у ванних кімнатах і кухнях. Крім експлуатаційних якостей покриття, на вибір покупця значною мірою впливають декоративні властивості покриття, такі як колір, фактура і блиск, а також вартість покриття.

Вимоги до корозійної стійкості та адсорбції фарби також залежать від типу поверхні, на яку наноситься фарба (дерево, метал або бетон). Для всіх перерахованих вище вимог найважливішим показником є змочуваність поверхні фарбою. Цей показник одночасно визначає якість нанесення фарби на конкретну поверхню і дозволяє здійснювати чіткий контроль за фарбою як під час її виробництва, так і в процесі експлуатації.

Покривна здатність - це здатність фарби (або пігменту) робити "контраст" останньої невидимим при рівномірному нанесенні на контрастні поверхні. Цей показник залежить головним чином від форми, розміру частинок і кольору пігменту. Зазвичай його виражають у кількості грамів фарби, необхідної для покриття одного квадратного метра поверхні. Однак у більшості випадків на упаковці вказується витрата фарби на кілограм (літр) фарби на квадратний метр, а не на покриття. Насправді, це та ж сама міра нанесення, і її потрібно лише перерахувати в г/м². Слід звернути увагу на такі моменти

Деякі фарби маркуються як "наносити в два шари", а витрата фарби вказана при нанесенні в один шар. Іншими словами, два (!) шари фарби. Шарів, що накладаються один на одного, достатньо, щоб повністю перекрити колір поверхні, що фарбується, і кожен шар фарби наноситься з витратою, зазначеною на банці.

Світлостійкість - це властивість матеріалу зберігати свій колір під впливом ультрафіолетової складової сонячного світла. Чим вища

світлостійкість лакофарбового матеріалу (а не сполучних пігментів чи інших компонентів), тим краще. Світлостійкість має особливе значення при зовнішньому фарбуванні фасадів і дахів.

Атмосферостійкість - це здатність покриття протистояти руйнівному впливу сонячних променів, а також дощу, морозу, снігу та вітру. Щоб перевірити цю властивість, зразки покриття зберігають в атмосферних умовах і кількісно оцінюють зміни їхніх декоративних і захисних властивостей. Термін "атмосферостійкість" написаний на банці.

Блиск - це здатність поверхні направлено відбивати світло. Блиск лакофарбових покриттів вимірюється в лабораторії за допомогою фотоелектричного методу. Фотоелектричний метод вимірює величину фотоструму, що збуджується у фотоприймачі під впливом променів світла, відбитих від поверхні досліджуваного покриття. Одиниці, отримані в результаті вимірювання, погано передаються пересічному покупцеві, тому прийнято маркувати глянець банки як: М-матовий, ПМ-напівматовий, ГМ-глибокий матовий і т.д.

Контроль мікроструктури поверхні, особливо шорсткості, широко застосовується у виробництві напівпровідникових приладів, мікросхем, оптичного обладнання, прецизійних деталей і вузлів в машинобудуванні та приладобудуванні.

Наведений вище аналіз показників якості фарби показує, що широкий спектр вимог до її якості означає, що загальне управління нею є дуже складним і трудомістким. Тому виникає потреба у використанні певних комплексних показників якості, які об'єднують більшість окремих показників і дозволяють управляти ними за коротший час, а отже, зменшують вартість. Таким показником є ступінь змочуваності поверхні фарбою. Цей показник враховує як властивості фарби, так і самої поверхні, а також дозволяє в явному вигляді контролювати лакофарбову плівку на досліджуваній поверхні. Доцільно розробити пристрій на основі оптичного методу контролю, який дозволяє в

динамічному візуальному режимі визначати швидкість процесу змочування поверхні твердого тіла фарбою.

2.2 Обґрунтування вибору оптичних методів для визначення комплексного показника якості фарби

Оптичні методи найбільш придатні для отримання зображення процесу нанесення фарби за допомогою лінійного датчика зображення (або серії послідовно розташованих фотодіодів) і пристрою, що перетворює зображення в електричний сигнал. Принцип роботи блоку управління полягає в тому, що світловий промінь, який випромінюється потужним напівпровідниковим лазером (потужність лазера залежить від вимог до стабільної роботи), фокусується на заготовку за допомогою лінзи. Розмір світлової плями на поверхні деталі зазвичай становить 1-2 мм, в особливих випадках 0,2-4 мм. Залежно від якості поверхні об'єкта контролю, в області світлової плями відбувається розсіювання світла і розсіяне світло направляється на датчик зображення за допомогою світлорозділювача (напівпрозорого дзеркала). Дисперсія розсіяного світла дає характеристику оптичної шорсткості поверхні

Методи розточування і шліфування призводять до отримання рівномірної канавки або канавоподібної форми на поверхні, в той час як катана поверхня призводить до не регулярного рельєфу. Ця різниця чітко простежується в картині розсіювання світла: на відміну від поверхонь, отриманих методами розточування і шліфування, прокатні поверхні мають центрально-симетричний розподіл інтенсивності розсіяного світла.

Оптичні властивості шорсткості S_n просвердлених і шліфованих поверхонь визначаються кривою розподілу світлорозсіювання. Важливим недоліком цієї системи контролю якості є використання фотодіодних матриць зображення з низькою роздільною здатністю, що безпосередньо пов'язано з точністю визначення ступеня змочуваності поверхні фарбою. Крім того,

використання таких матриць дає можливість контролювати невеликі ділянки поверхні об'єкта. З огляду на вищесказане, в якості оптоелектронного перетворювача пропонується використовувати напівпровідникову відеокамеру з високою роздільною здатністю. Це дозволяє легко вводити інформацію в комп'ютер та швидко її обробляти з метою усунення впливу різних негативних факторів.

На сучасному етапі розвитку відеотехнологій в якості вимірювальних відеокамер доцільно використовувати цифрові камери з поверхневим зарядом. Ці пристрої на даний момент зарекомендували себе як дуже точні та надійні в різних галузях вимірювальної техніки. Дуже важливо, що відеокамери цього типу мають менші габарити і вартість, ніж відеокамери на електровакуумних приладах (наприклад, Vidicon).

Обробка зображень - це ряд комп'ютерних методів для обробки цифрових сигналів зображень. Типова схема обробки зображень показана на рис 2.1.

Загалом, система може обробляти сигнали з декількох каналів, вибраних за допомогою мультиплектора. Для кольорових зображень використовуються три кольорові компоненти: червоний R (Red), зелений G (Green) і синій B (Blue); замість трьох кольорових компонентів можна використовувати три чорно-білі камери або інші джерела.

Відеосигнал перетворюється в цифровий формат за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП), який здійснює дискретизацію та кількісну оцінку відеосигналу

. Стандарт визначає частоту дискретизації 10 МГц і рівень квантування 256 відтінків (8-бітних слів). Зображення являє собою матрицю 512x512 пікселів. Нове покоління систем обробки зображень є більш гнучкими.

При цифровій обробці необхідно враховувати наступні особливості дискретизації телевізійного зображення:

- з 576 видимих рядків європейського стандарту CCIR більшість відеокарт оцифровують лише 512. Крім того, стандарт не визначає, які з 576 рядків слід

використовувати, тому відеокартам різних виробників не можна призначати одну і ту ж групу рядків;

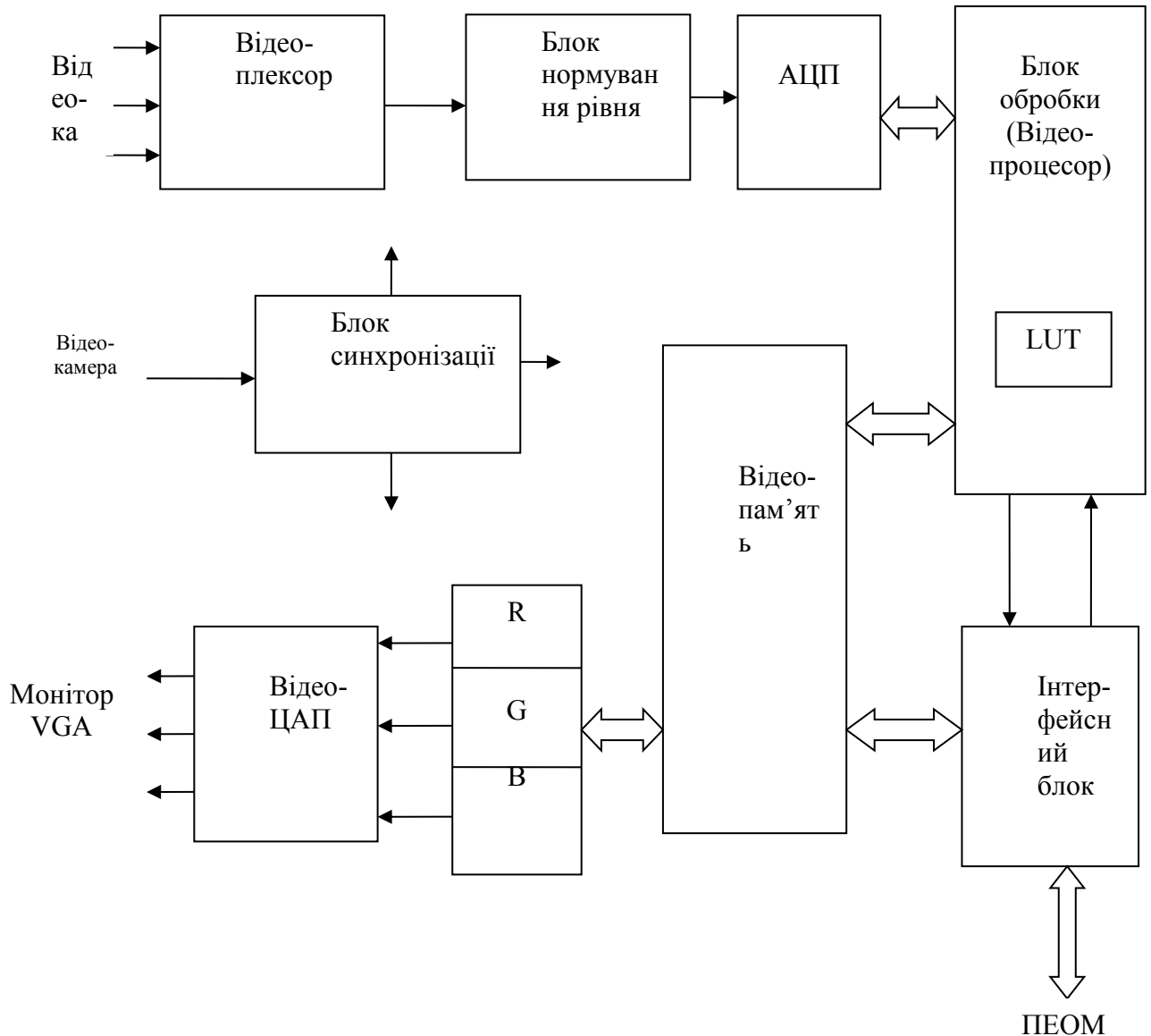


Рисунок 2.1-Типова схема обробки зображень

- форма пікселів прямокутна, а не квадратна, що впливає на процеси збору та фільтрації даних;
- у системах з ПЗЗ - камерами частота дискретизації не відповідає частоті зчитування з сенсора камери. Як наслідок, елемент зображення та елемент

детектора незбігаються, що призводить до появи вертикальних шумових смуг на екрані монітора. Тому тактові імпульси генератора рядкової розгортки і ПЗЗ - камери необхідно синхронізувати ззовні; звичайні відеокамери працюють у режимі черезстрочної розгортки, коли повне зображення відображається у вигляді двох напівкадрів, що складаються з непарних і парних рядків відповідно. Обидва напівкадри послідовно зчитуються з камери з інтервалом у 20 мс. Тому обидва напівкадри мають різну освітленість, що викликає мерехтіння на відео. З цієї причини для обробки слід використовувати тільки один півкадр, або освітленість парних і непарних півкадрів має бути однаковою. Перед тим, як оцифроване зображення зберігається у відеопам'яті, його зазвичай попередньо обробляють, щоб забезпечити однорідність пікселів. Для цього використовується одна або декілька (8-16) таблиць перекодування, так звані Look-Up-Tables (LUT).

Відеопам'ять є одним з найважливіших блоків системи обробки зображень і зберігає один або кілька кадрів зображення. Кожна комірка пам'яті може зберігати 8 або 16 біт. Більшість систем можуть зберігати від 2 до 16 кадрів, тому ємність відеопам'яті повинна бути від 0,5 МБ до 16 МБ. Відеопам'ять має складну внутрішню структуру для одночасного запису і відображення зображень. Двопортовий інтерфейс пам'яті дозволяє отримувати доступ до пам'яті одночасно як з відеопроцесора, так і з процесора ПК. Гнучка система адресації пам'яті забезпечує автоматичне збільшення/зменшення адрес рядків і стовпців після кожного циклу доступу до пам'яті, а також швидке отримання та оновлення адрес. Багатовідеокарт пропонують можливість сегментації пам'яті, що дозволяє отримати доступ до рядків або певних фрагментів зображення. Останнє дуже важливо для підвищення продуктивності операцій дискретного косинусного перетворення при стисненні зображень.

Обчислювальний блок (відеопроцесор) виконує всю обробку зображення або його окремих фрагментів. Типова послідовність операцій відеопроцесора полягає в зчитуванні зображення з однієї або декількох сторінок відеопам'яті,

виконанні обробки зображення і запису результатів обробки на другу сторінку пам'яті. Основні процеси, що виконуються арифметичним блоком Основними операціями, що виконуються в арифметичному блоці, є:

- модифікація яскравості та контрастності;
- обробка усереднення;
- обробка порогових значень;
- виділення контуру;
- різноманітні операції фільтрації;
- перетворення координат;
- стиснення зображень, стекування тощо.

Найважливішою особливістю відеопроекторів є їхня висока швидкість обробки. Це досягається за рахунок апаратної реалізації великої кількості операцій, виконання декількох операцій одночасно, використання таблиць і застосування спеціальних процесорів.

Блок виводу перетворює вибрані цифрові дані зв ідеопам'яті у відеосигнал і подає його на монітор або відеореєстратор. В принципі, блок складається з трьохідентичних каналів, які обробляють червоний R, зелений G і синій B компоненти кольорового відеозображення. Зразкові значення кожного компонента кольору можуть бути перекодовані за допомогою відповідної LUT-таблиці. Використовуючи цю таблицю, можна змінювати вихідне зображення без зміни вхідного зображення, що зберігається у відеопам'яті. У триканальному цифро-аналоговому перетворювачі (ЦАП) відеодані перетворюються в аналоговий формат. Як правило, до зеленої складової додається сигнал синхронізації.

Інтерфейсний блок для ПК дозволяє налагоджувати програмне забезпечення системи обробки відео, швидко модифікувати параметри таблиць (LUT) і змінювати режими роботи.

Згладжуючі фільтри пригнічують високочастотні складові зображення, зменшуючи шумові ефекти, а також втрату дрібних об'єктів зображення. Багато

задач розпізнавання форм вимагають посилення меж об'єктів, підкреслення відмінностей у яскравості та виділення дрібних об'єктів. Для вирішення таких завдань використовуються так звані диференціальні оператори. В таких операторах сума елементів віконної функції h дорівнює нулю, а це означає, що вони дають нульовий відгук в областях з постійною яскравістю зображення. Диференціальні оператори використовуються для визначення градієнта функції. Операція градієнта перетворює вихідне зображення в нове зображення з покращеними межами. Класична градієнтна функція має вигляд:

$$\nabla f(x, y) = \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \cdot \cos\theta + \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \cdot \sin\theta \quad (2.1)$$

Абсолютне значення градієнтної функції визначається як:

$$S = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (2.2)$$

а кут нахилу дорівнює:

$$\theta = \arctg \left(\frac{\partial f / \partial y}{\partial f / \partial x} \right) \quad (2.3)$$

На практиці використовуються різні наближення абсолютного значення градієнта:

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}, \quad (2.4)$$

а для зменшення витрат на обчислення градієнта можна використовувати наступне рівняння:

$$S = |S_x| + |S_y|, \quad (2.5)$$

або

$$S = \max(|S_x|, |S_y|), \quad (2.6)$$

а напрямок границі визначається як:

$$\theta = \operatorname{arctg}(S_x / S_y), \quad (2.7)$$

де S_x та S_y - прирости функції зображення за напрямками x та y і визначаються за формулами:

$$S_x = f(x+1, y) - f(x, y), \quad (2.8)$$

$$S_y = f(x, y+1) - f(x, y). \quad (2.9)$$

Відповідні вікна для знаходження перших похідних за напрямками x та y мають вигляд:

$$h_x = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}; \quad h_y = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

Існує ряд операторів, похідних від градієнтних операторів та операторів для знаходження границь. Одним з найпростіших є оператор Робертса, який визначається так:

$$f_p(x, y) = \max[|f(x, y) - f(x+1, y)|, |f(x+1, y) - f(x, y+1)|], \quad (2.10)$$

або у наближеному вигляді:

$$f_p(x, y) = |f(x, y) - f(x+1, y+1)| + |f(x+1, y) - f(x, y+1)|. \quad (2.11)$$

Так, наприклад, припустимо, що після обробки фрагмента зображення, оточеного нулями, оператором Робертса отримано вихідний фрагмент. Крім того, широко використовуються оператор Пруїтта, оператор Собеля і багато операторів Кірша.

Диференціальні оператори, згадані вище, дають сильніший акцент на вертикальних і горизонтальних лініях.

2.3 Розробка конструкції пристрою для контролю змочуваності поверхонь лакофарбовим покриттям

2.3.1 Розробка функціональної схеми приладів для контролю змочуваності поверхонь

Функціональна схема приладу для контролю змочуваності поверхонь фарбою наведена на аркуші МР.МТТм-00.00.00.00 Е2. Оптична система ОС складається з об'єктива, оптичного розділювача, лінзи L, відеокамери VC ,лазера LZ, системи охолодження лазера СО, системи контролю температури СТ, імпульсного джерела живлення PSU та мережевого фільтра MF.

Робота оптичної системи подібна до описаної в розділі 2.1. В якості оптоелектронного перетворювача використовується тільки відеокамера.

Джерелом випромінювання для моніторингу є напівпровідниковий лазер, температура якого контролюється і підтримується системою контролю температури і системою охолодження. Датчиком температури лазерного нагріву є напівпровідниковий резистор R_t з лінійною характеристикою опору в залежності від температури. Вся система пристрою працює від імпульсного джерела живлення, який підключений до мережі через мережевий фільтр. Аналоговий вихід відеокамери підключений до відео входу комп'ютерного пристрою відеозахоплення.

Для того щоб пристрій, який контролює мікроструктуру поверхні, працював належним чином, його компоненти повинні живитися стабільною напругою живлення.

Використовувати звичайні трансформаторні стабілізатори напруги недоцільно через їхні великі розміри, високий рівень електромагнітного випромінювання, низьку ефективність випромінювання та низького ККД.

Для подолання цих недоліків рекомендується зробити блок живлення імпульсним. У цьому випадку вага і габарити джерела живлення значно

зменшуються порівняно зі звичайними трансформаторними джерелами живлення, а коефіцієнт корисної дії підвищується до більш ніж 80%.

Даний тип джерела живлення складається з випрямляча 1, формувача пускових імпульсів 2, генератора імпульсів 3, генератора імпульсів 4.

Він складається з каскаду керування 4, стабілізатора 5, пристрою захисту 6, імпульсного трансформатора 7, випрямляча 8 і навантаження 9.

Розглянемо принцип роботи імпульсного джерела живлення. Припустимо, що в перший момент часу формується імпульс у формувачі 2 і відкривається транзистор у генераторі імпульсів 3. При цьому через обмотку II імпульсного трансформатора 7 починає протікати лінійно зростаючий пілкоподібний струм. Одночасно відбувається накопичення енергії вмагнітному полі осердя трансформатора.

Вторинна обмотка III трансформатора виконана таким чином, що на анод діода VD, який закритий в період накопичення магнітної енергії, подається від'ємна напруга.

Через деякий час керуючий каскад 4 закриває транзистор, що генерує імпульси. Оскільки струм в обмотці трансформатора не може миттєво змінитися за рахунок накопиченої магнітної енергії, генерується самоіндукована електрорушійна сила протилежної полярності. Діод VD відкривається і струм у вторинній обмотці II швидко зростає. Таким чином, якщо спочатку магнітне поле було пов'язане зі струмом, що протікає через обмотку II, то тепер воно генерується струмом в обмотці III.

Коли вся енергія, накопичена під час закритого стану ключового транзистора III, передається в навантаження, струм в обмотці II припиняється.

З вище сказаного можна зробити висновок, що кількістю енергії, яка йде в навантаження, можна керувати, регулюючи тривалість відкритого стану транзистора генератора імпульсів.

Це регулювання здійснюється каскадом керування 4 за сигналом зворотного зв'язку (обмотка I) імпульсного трансформатора. Сигнал напруги

зворотного зв'язку на затискачах цієї обмотки пропорцій на напрузі навантаження 9.

Якщо напруга на навантаженні з якихось причин падає, напруга, що подається на стабілізатор 5, також падає. Тоді стабілізатор починає закривати транзистор, що генерує імпульси, через керуючий каскад 4. Це збільшує час протікання струму через обмотку II, таким чином збільшуючи кількість енергії, що подається в навантаження. Момент відкриття наступного транзистора визначається стабілізатором, який аналізує сигнал з обмотки I. Це дозволяє автоматично підтримувати середнє значення вихідної напруги.

Використання імпульсного трансформатора дозволяє отримати напругу на обмотці, що змінюється за амплітудою, і усуває гальванічні зв'язки між вторинним контуром розгону і мережею живлення. Керуючий каскад визначає ширину імпульсів генератора і при необхідності відключає його.

2.3.2 Розрахунок елементів оптичної системи пристрою

Оптична система приладу являє собою об'єктив - оптичний прилад для спостереження невидимих оком елементів, зі збільшенням до 2000 х і роздільною здатністю лінії до 0,5 мкм. У найпростішому випадку лінза являє собою комбінацію двох збільшувальних дзеркал, розміщених на певній відстані одне від одного. Переднє збільшувальне дзеркало, звернене до об'єкта АВ, створює справжнє збільшене зображення АВ і називається об'єктивною лінзою. Зазвичай об'єктив являє собою складну багатолінзову систему, іноді з вигнутими дзеркалами, так званими епілінзами. Друга лупа дозволяє розглядати зображення АВ, створене об'єктивом, під широким кутом. Для цього об'єктив розташовують так, щоб зображення АВ було у фокусі об'єктива. Відстань від заднього фокусу об'єктива до переднього фокусу окуляра називається оптичною відстанню об'єктива.

У будь-якому типі об'єктива обидві лінзи розміщені в трубці, яка або фіксована, або має певний ступінь свободи для регулювання точності зображення.

Шлях променя світла через оптичний ланцюг описується наступним чином. Промені світла падають на об'єкт і заломлюються, частина відбитих променів проходить через центрлінзи без заломлення, а частина падає перпендикулярно до лінзи і проходить через задній фокус лінзи без заломлення. Відрегулюйте відстань Δ так, щоб зображення було точно у фокусі окуляра. Промені з точки А проходять через центр лінзи без заломлення, тоді як інші промені заломлюються, утворюючи паралельні промені за лінзою. Ці промені потрапляють на відбивач, змінюють напрямок руху на 90° і потрапляють в об'єктив камери. Таким чином отримується справжнє збільшене зображення об'єкта на об'єктиві камери, а розмір зображення повністю залежить від фокусної відстані об'єктива і вибраного значення Δ .

Збільшення об'єктива визначається за наступним рівнянням:

$$K_m = \frac{l_{нз} \cdot \Delta}{f_{об} \cdot f_{ок}}, \quad (2.12)$$

де - найкраща видима відстань 250 мм; оптична відстань: 90, 120, 160, 190 мм.

Ми розробили лінзу, яка контролює показники якості покриття при збільшенні 100 х. При такому збільшенні оптична відстань= 160 мм.

Для фокусної відстані 15мм фокус окуляра можна визначити з рівняння:

$$f_{об} = \frac{l_{нз} \cdot \Delta}{f_{ок} \cdot K_m}. \quad (2.13)$$

$$f_{ок} = \frac{250 \cdot 160}{100 \cdot 15} = 26.6 \text{ мм}.$$

Відстань між лінзами і радіус кривизни лінз розраховуються за умови, що лінзи ідентичні. Фокус на відстань і значення, яке потрібно вибрати, впливають на конструкцію і розміри трубки.

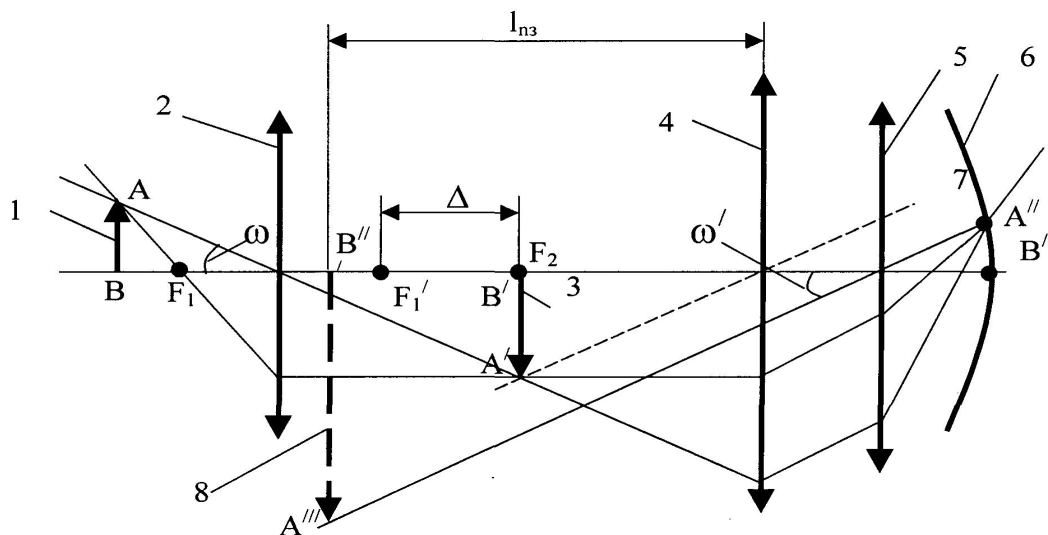
Розрахунок радіуса кривизни лінзи. Загальна формула виглядає наступним чином:

$$\frac{1}{f} = (n-1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right), \quad (2.14)$$

де n - термооптична стала; R_1 - радіус кривизни першої лінзи; R_2 - радіус кривизни другої лінзи.

Термооптичні константи вибираються з довідників для різних типів скла лінз. Тип скла обираємо відповідно до умов, в яких буде працювати прилад. Якщо пристрій буде працювати в середовищі, де температура підвищується, обираємо скло з від'ємною термооптичною константою; якщо пристрій буде працювати в середовищі, де температура знижується, обираємо скло з додатною термооптичною константою.

Оскільки розроблюваний пристрій працює в середовищі з підвищеною температурою, вибираємо з довідника скло K15.



1 – предмет ; 2 – об'єктив ; 3 – зображення , створюване об'єктивом ; 4 – окуляр ; 5 – світловідбиваюча пластинка ; 6 – відеокамера ; 7 – зображення на відеокамері ; 8 – уявне зображення .

Рисунок 2.2 - Оптична схема та побудова зображення за допомогою об'єктива

Припускаючи, що лінзи мають однакову кривизну, радіус кривизни можна визначити з рівняння:

$$\frac{1}{f} = (n-1) \cdot \left(\frac{2}{R} \right), \quad (2.15)$$

звідки

$$R = 2f \cdot (n-1), \quad (2.16)$$

де $n = 1.5335$ мм, f – фокусна віддаль об'єктива, 15 мм.

Підставивши числові значення, отримуємо: $R = 2 \cdot 15(1.5335-1) = 8$ мм.

Оскільки даний радіус кривизни замалий для лінзи об'єктива, то зробимо систему з двох таких лінз:

$$f = \frac{f_1 \cdot f_2}{\Delta}, \quad (2.17)$$

$$f_1 = f_2 = 31 \text{ мм}$$

Отже $\Delta = 64$ мм, $f = 15$ мм.

Тому дизайн об'єктива можна розробити, вибравши матеріал лінзи та розрахувавши її кривизну. Основне завдання такого об'єктива-забезпечити хорошу якість зображення при необхідному збільшенні. Необхідне збільшення досягається підбором лінзи і точним узгодженням механічної довжини об'єктива з довжиною тубуса об'єктива.

2.4 Розроблення методики контролю якості фарби

Основним комплексним показником якості фарби є ступінь змочуваності твердої поверхні. Для цього розроблена оптична система контролю аналізує швидкість розтікання фарби при її нанесенні на тверду поверхню. Шприц-поршнева система використовується для нанесення фіксованої кількості фарби, а швидкість зміни площі нанесення визначається за допомогою комп'ютера. Це означає, що при недостатньому змочуванні відбувається різке падіння інтенсивності кольору в центрі плями, тобто там, де наносяться краплі фарби. У цьому випадку контроль повинен проводитися при постійній температурі фарби і поверхні, що тестується ($20 \pm 2^\circ\text{C}$). Обраний тип забезпечує роздільну здатність (кількість пікселів), оскільки зображення розпиленої плями

визначається роздільною здатністю камери. Це означає, що різнікольорові плями можна розрізнити в межах 0,1 мм, що перевищує роздільну здатність людського ока. Швидкість розтікання визначається вбудованим таймером комп'ютера і розрахунком різниці площі поверхні; як пояснювалося в розділі 1.1, різні типи фарби і різні типи твердих поверхонь мають різні вимоги до їх розтікання. Тому рекомендується контролювати та інтерпретувати результати, порівнюючи результати швидкості розтікання фарби, що тестується, з еталонними значеннями, отриманими шляхом вимірювання плям високоякісної фарби, відібраних на твердій поверхні, що тестується. Різниця в показниках розтікання не повинна перевищувати 1%. Наприклад, для випробувань на поверхні металевої труби з шорсткістю Rz30 була взята червона емалева фарба ПФ-115. Як еталон, ця фарба мала термін придатності, не мала плівки на поверхні і використовувалася після інтенсивного перемішування в упаковці. З дозатора наносили 100 мм³ фарби, швидкість нанесення становила 5мм²/с. Для порівняння використовували фарбу тієї ж марки з вичерпаним терміном придатності і додавали розчинники марки 647 у співвідношенні 1:100 для покращення її характеристик. Швидкість нанесення становила 0,5мм²/с, тому швидкість нанесення залежала від якості фарби. При додаванні розчинників у співвідношенні 1:10 швидкість розтікання становила 8мм²/с, але інтенсивність кольору плями зменшилася на 10%, що свідчить про погіршення якості фарби.

Висновок до розділу

Обґрунтовано доцільність використання оптичного методу для контролю змочуваності твердої поверхні фарбою або лаком та встановлення ступеня розтікання фарби поверхнею. Розроблено конструкцію пристрою для визначення кількісного значення комплексного показника якості лакофарбового матеріалу. Розраховано основні параметри конструктивних

елементів оптичного пристрою, розроблено методику контролю якості лакофарбового покриття.

Таким чином, це дослідження показало потенціал використання даного методу для комплексної перевірки якості фарби.

3. МЕТРОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ІНТЕГРОВАНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ФАРБИ

У цьому розділ проаналізовано типи похибок, визначено фактори, що впливають на похибки вимірювання, та розраховано сумарну похибку.

3.1 Аналіз типів похибок вимірювання

3.1.1 Похибки вимірювання та їх види

Кількісний зміст характеристики, вираженої фізичною величиною, залежить відвеличини цієї фізичної величини. Ще до вимірювання існує певне значення фізичної величини, яке можна оцінити відповідним числовим значенням. Це значення називається істинним значенням.

Істинне значення фізичної величини - це значення, яке повністю відображає характеристики даного об'єкта, як кількісно, так і якісно. Воно є об'єктивним і не залежить ні від нашої свідомості, ні відбудь-яких технічних засобів для його експериментального визначення. У процесі експериментального визначення значення фізичної величини завжди існує похибка вимірювання, в результаті якої отримують значення, відмінне від істинного.

Абсолютна похибка вимірювання Δ - це відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної величини:

$$\Delta = x - X. \quad (3.1)$$

Абсолютна похибка не є мірою точності. Наприклад, $\Delta = 0,5$ мм при $x = 100$ мм є дуже малою, оскільки при $x = 0,5$ мм вона є дуже великою. Тому вводиться поняття відносної похибки:

$$\delta = \frac{\Delta}{X} = \frac{x - X}{X}, \quad (3.2)$$

де x - результат вимірювання, а X - істинне значення вимірюваної величини.

Істинне значення вимірюваної величини - це її значення, отримане експериментально, яке настільки близьке до істинного значення, що може бути альтернативно використане для цієї мети.

Оскільки істинне значення вимірюваної величини не відоме, то можна отримати наближене значення абсолютної та відносної похибки вимірювання практично: $\Delta D = x - x_d$, $\delta d =$ або $\Delta_{nom} = x_d -$ істинне значення вимірюваної величини (яке має бути відоме з похибкою). $\Delta D = x - x_d$, $\delta d =$ або $\Delta_{nom} = x_d -$ істинне значення вимірюваної величини (повинно бути відоме з похибкою в декілька разів меншою, ніж похибка ΔD). Очевидно, що легше визначити похибку δ_{nom} , яку називають номінальною відносною похибкою, яка, якщо вона мала, майже дорівнює δD .

Похибки вимірювання в основному спричинені наявністю похибок у вимірювальному приладі і є результатом ряду складових, кожна з яких викликана певною причиною. Існує чотири групи похибок.

Похибки методу вимірювання зумовлені недосконалістю методу - недостатньою обґрунтованістю теорії, використанням наближень для спрощення розрахунків тощо.

Похибки вимірювального приладу - це похибки, спричинені недосконалістю вимірювального приладу.

Похибки установки - це похибки, викликані неправильним встановленням засобу вимірювання, впливом відхилень умов вимірювального експерименту від відкаліброваних для даного засобу вимірювання.

Індивідуальні похибки виникають в основному при зчитуванні вимірювань. Причинами їх виникнення є недосконалий зір оператора, втома, схильність до заниження або завищення показань, округлення до парних або непарних цифр.

Перші три групи помилок називаються об'єктивними, а четверта група помилок - суб'єктивними. Об'єктивні похибки можуть виникати на будь-якому

етапі вимірювального перетворення, тоді як суб'єктивні похибки можуть виникати лише тоді, коли експериментатор зчитує результати вимірювань.

У практичних умовах усім величинам, що містять похибки, притаманна певна невизначеність, ступінь якої характеризується випадковістю. Залежно від закономірності появи похибки можна розділити на систематичні, випадкові та грубі.

Систематичні похибки - це складові похибки вимірювання, які залишаються постійними або змінюються спонтанно при багаторазовому вимірюванні однієї і тієї ж величини.

Випадкова похибка - це складова похибки, яка змінюється випадковим чином при багаторазовому вимірюванні величини певного значення.

Груба похибка - це похибка вимірювання, яка значно перевищує очікувану похибку за даних умов вимірювання. Чим менші систематичні та випадкові похибки, тим вища точність вимірювання. Отже, точність вимірювання є характеристикою його якості і вказує на близькість результату вимірювання до істинного значення вимірюваної величини.

Кількісною оцінкою точності вимірювання є величина, зворотна відносній похибці (запропонована М.М. Соловйовим у 1955р.).

Властивість якості вимірювання, яка відображає той факт, що систематична похибка близька до нуля, називається точністю вимірювання. Якщо систематична похибка відома, то результат можна виправити, ввівши поправку.

Поправка - це абсолютна похибка, взята з протилежним знаком. Вона додається до результату вимірювання, щоб усунути систематичну похибку.

Існує два типи систематичних похибок: постійні та флуктуаційні. Змінні систематичні похибки можна поділити на прогресуючі, періодичні та ті, що змінюються за складними законами.

Прогресуючі похибки - це похибки, які постійно збільшуються або зменшуються.

Періодичні похибки - це систематичні похибки, знак і значення яких періодично змінюються.

Систематичні похибки, які змінюються за складними законами, можна представити графічно або за допомогою аналізу. У дуже складних випадках до речніше називати їх випадковими похибками.

Випадкові похибки виникають внаслідок випадкових і неочікуваних змін характеристик засобу вимірювання, характеристик умов вимірювання та характеристик органів чуття спостерігача. Випадкові похибки можуть бути спричинені недосконалістю методу вимірювання, тобто недостатньою обґрунтованістю або спрощенням теорії, що призводить до того, що значення, а також ознаки похибки є невідомими. Випадкові похибки - це похибки, величина яких є невизначеною або недостатньо вивченою, і в яких з'являються різноманітні значення, для яких не можна встановити жодної закономірності. Їх значення не можна передбачити, а також не можна встановити закономірність для всіх значень, а лише для частоти появи різних значень. Наявність випадкових похибок (на відміну від систематичних похибок) легко виявити як варіації результатів під час повторних вимірювань. Загалом, поява випадкових похибок є стаціонарним випадковим процесом.

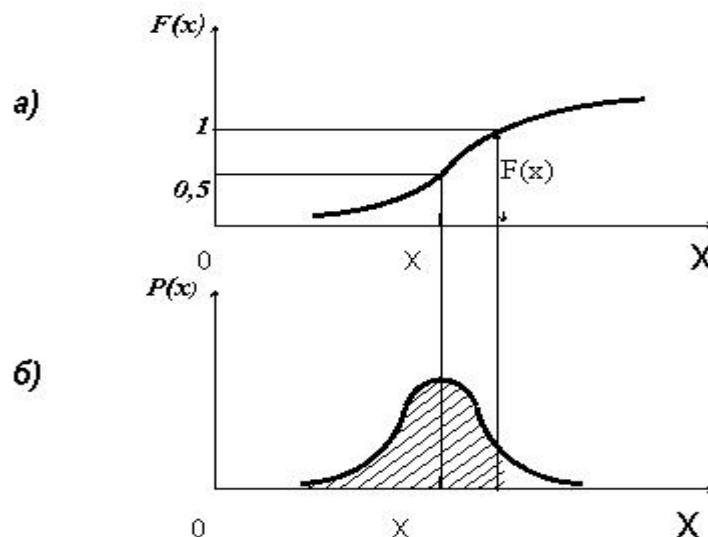
3.1.2 Закони розподілу випадкових величин

Якщо можливі значення випадкової величини утворюють дискретну (скінченну або нескінченну) послідовність чисел, випадкова величина називається дискретною. Якщо значення випадкової величини задовольняють весь інтервал (скінченний або нескінченний), випадкова величина називається неперервною. Кожному значенню випадкової величини дискретного типу x відповідає ймовірність її появи p_x . Кожному інтервалу (a, b) в області значень випадкової величини неперервного типу також відповідає певна ймовірність потрапляння значення випадкової величини в інтервал. Співвідношення, що

встановлює зв'язок між можливими значеннями випадкової величини та їх ймовірністю, називається законом розподілу випадкової величини. Закон розподілу дискретної випадкової величини задається рядом розподілу. Тому різноманітність значень випадкової похибки можна охарактеризувати, вказавши закон розподілу ймовірності або задавши параметри цього закону, розроблені в теорії ймовірностей та теорії інформації.

Випадкові похибки описуються функціями розподілу: інтегральною та диференційованою. Інтегральна функція розподілу результату спостереження - це залежність від самого значення X ймовірності того, що результат x спостереження в i -му експерименті буде меншим за деяке середнє значення.

Значення інтегральної функції в точці X чисельно дорівнює ймовірності того, що випадкова величина x і виявиться лівіше точки X в результаті i -го



а) – інтегральна; б) – диференціальна

Рисунок 3.1 – Функції розподілу

спостереження. Переміщення точки X вздовж осі x , ймовірно, змінить цю ймовірність, але переміщення в право не зменшить її. Отже, інтегральна функція розподілу не є спадною функцією аргументу. Загалом, коли точка X переміщується від "-" до "+", її значення змінюється від 0 до 1. Теоретична інтегральна функція є неперервною, тобто спостереження можуть мати будь-яке наперед вибране значення з ймовірністю, що дорівнює нулю. На практиці ж

роздільна характеристика вимірювального приладу ділить весь діапазон значень вимірюваної величини на відрізки, які спостерігач не може розрізнити.

У більшості випадків, однак, описана вище ситуація не забороняє розглядати інтегральну функцію розподілу спостережень як неперервну функцію, що спрощує аналіз випадкових похибок.

Похибка Δ також може розглядатися як випадкова величина, яка приймає різні значення Δ і в різних експериментах. Початок похибки Δ відповідає значенню $X=x$. Інтегральна функція розподілу похибок відповідає інтегральній функції розподілу результатів спостережень. У метрології частіше використовується диференціальна функція розподілу, коли розглядаються випадкові похибки вимірювання, яка є функцією, що виводиться з інтегральної функції за її аргументом:

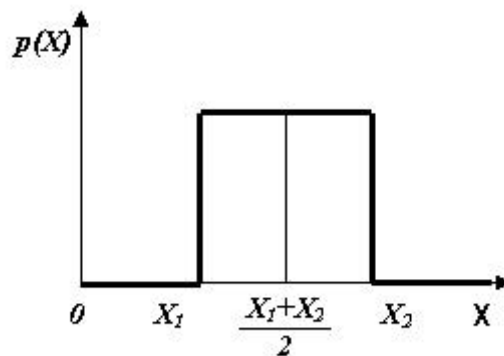


Рисунок 3.2 - Рівномірний розподіл випадкової величини.

Таким чином, в межах кожного сегмента інтегральна функція розподілу зберігає постійне значення і різко змінюється, коли межа перетинає певне кінцеве значення. У цифрових системах вимірювання ці кроки відповідають, зокрема, одиницям останнього розряду, тоді як в аналогових системах вони відповідають деякій частці ціни поділки.

$$F(\Delta) = P\{\Delta \leq \Delta\} = P\{x_i - x \leq x - X_i\} = P\{x_i \leq x\}. \quad (3.5)$$

$$p_X(x) = dF_X(x)/dx. \quad (3.6)$$

$$p_\Delta(\Delta) = dF(\Delta)/d\Delta. \quad (3.7)$$

Диференціальну функцію розподілу $p(x)$ часто називають щільністю розподілу ймовірностей, а її графічну форму - кривою розподілу. У більшості випадків ця крива має форму дзвона (рис 3.1б).

Різні типи диференціальних функцій розподілу мають різні закони розподілу ймовірності похибки. Розглянемо основні з них.

Рівномірний розподіл. Якщо похибка вимірювання може мати будь-яке значення з однаковою ймовірністю, що не перевищує певного граничного значення, то така похибка описується рівномірним законом розподілу. У цьому випадку щільність ймовірності похибки постійна в середині цього інтервалу і дорівнює нулю за його межами.

Рівномірний розподіл результатів спостереження x показаний на рис. 3.2.

Для нього щільність ймовірностей аналітично можна записати так:

$$p(x) = \begin{cases} \frac{1}{x_2 - x_1} & x_1 \leq x \leq x_2 \\ 0 & \text{при } x_2 < x < x_1 \end{cases} \quad (3.8)$$

Рівномірний розподіл є безмодальним, тобто не має моди, його дисперсія

$D = \frac{(x_2 - x_1)^2}{3}$ і середньоквадратичне відхилення $\delta = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{3}}$, а четвертий

момент $m_4 = \frac{(x_2 - x_1)^4}{5}$ та коексіцес $\zeta = \frac{\sigma^2}{\sqrt{m^4}} = \frac{(x_2 - x_1)^2}{3} \cdot \frac{\sqrt{5}}{(x_2 - x_1)^2} = \frac{\sqrt{5}}{3} \approx 0,74$.

Похибки тертя в опорах електромеханічних пристроїв, залишки, не видалені систематичними похибками, дискретні похибки в цифрових пристроях, розмірні похибки в межах однієї сортувальної групи під час вибіркового збирання та похибки параметрів відібраних виробів у вузькому діапазоні, ніж технічний допуск, добре узгоджуються з цим законом розподілу.

3.2 Аналіз складових сумарної похибки вимірювання розмірів зображення

Розрахуємо сумарну похибку підсилювача напруги. Для цього скористаємося електричною принциповою схемою підсилювача, представленою у [25]. При розрахунку враховано, що кожен елемент схеми має свої допуски. Спочатку розрахуємо абсолютну похибку кожного опору і конденсатора всхемі за формулою:

$$\Delta_i = \frac{\delta_i \cdot X_i}{100\%}, \quad (3.9)$$

де Δ_i - абсолютна похибка i – го резистора чи конденсатора; X_i - номінальне значення i – го опору резистора чи i – ї ємності конденсатора.

Обчислимо середньоквадратичне відхилення для кожного резистора і конденсатора схеми за формулою:

$$\sigma_i = \frac{\Delta_i}{z_i}, \quad (3.10)$$

де z_i - коефіцієнт довіри для рівномірного закону розподілу; Δ_i - абсолютна похибка i – го резистора чи конденсатора.

Знаходимо сумарне середньоквадратичне відхилення для резисторів і конденсаторів за формулою:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}, \quad (3.11)$$

де n – кількість елементів.

Числове значення сумарного СКВ рівне 0,494 В.

Обчислимо сумарну відносну похибку окремо по резисторах і конденсаторах:

$$\delta_{\Sigma} = \frac{\sigma_{\Sigma} \cdot z_{\Sigma}}{U_H} \cdot 100\%, \quad (3.12)$$

де U_H - номінальне значення вихідної напруги; z_{Σ} - коефіцієнт для нормального закону розподілу, $z_{\Sigma} = 1,96$.

Тому,
$$\delta_{\Sigma} = \frac{0.494 \cdot 1.96}{220} \cdot 100\% = 0.44\%.$$

Сумарна відносна похибка підсилувача буде рівна сумі сумарних відносних похибок по резисторах і конденсаторах.

3.3 Аналіз факторів, що впливають на процес вимірювання та розрахунок сумарної похибки

В загалому інструментальні похибки можна розділити на інструментальні та методичні. Їх визначення базується на аналізі факторів, що впливають на точність вимірювання та межі допуску при інтерпретації результатів.

Інструментальні похибки включають похибки оптичної системи, похибки системи термостабілізації, спотворення зображення відеокамерою та похибки, спричинені нестабільністю напруги живлення.

Похибки оптичної системи виникають в наслідок невідповідності розмірів лінз, спотворень лінз і радіальної фрези, а також спотворень зображення з відеокамери. Ці похибки призводять до неточностей у вимірюванні площі плями фарби на контрольній поверхні, що, в свою чергу, призводить до неточного вимірювання часу розтікання досліджуваного зразка фарби. Сучасні технології виготовлення оптики дозволяють забезпечити задані розміри в межах ± 10 -бм, а це означає, що похибка спотворення зображення плями становить 10 -3м. Це дає похибку вимірювання швидкості дифузії 10 -6м²/відносну похибку 1,2%.

Помилки в системі термостабілізації можуть призвести до нещасних випадків. Це пов'язано з тим, що робоча температура приладу не може бути визначена з достатньою точністю і може статися перегрів, що призведе до пожежі в лабораторії. Крім того, нестабільність у підтримці температури електронних елементів приладу може призвести до неточного отримання зображення дифузних плям через підвищену інерційність елементів приладу і зміни параметрів. Похибка термостабілізації становить 0,8%.

Коливання напруги можуть викликати похибки як в камері, так і в системі охолодження, оскільки нестабільність напруги живлення впливає на роботу всіх систем обладнання. Похибка джерела живлення розраховується на основі визначеного відхилення від номінальних значень розрахункових параметрів елементів схеми. Згідно з наведеними нижче розрахунками ця похибка становить 0,44%.

Методична похибка приладу пов'язана з недосконалістю обраного методу контролю. Таким чином, до методичних похибок можна віднести нерівномірність розтікання фарби на досліджуваній поверхні та неоднозначність залежності компонентів фарби від швидкості розтікання.

На нерівномірність розтікання фарби сильно впливає різниця в шорсткості поверхні. Це пов'язано з тим, що чим краще відшліфована поверхня контрольного зразка, тим краще розтікання фарби. Хоча важливо дослідити фарбу на поверхні заготовки, без урахування шорсткості поверхні та її нерівномірності не можна зробити остаточного висновку про якість фарби. Тому середнє відхилення лінійних розмірів нерівностей поверхні від середнього значення $Rz = 10$, тобто зміна швидкості розкидання при зміні шорсткості становить $3\text{мм}^2/\text{с}$, тобто похибка 1,5%.

На нерівномірність розкидання впливає також інше, ніж горизонтальне, положення контрольної поверхні. Вважається, що відхилення від горизонтального положення на 1° спричиняє похибку вимірювання швидкості розтікання в 1,5%.

Процес розтікання фарби також залежить від властивостей фарби. Властивості залежать від умов використання (внутрішнє або зовнішнє нанесення), а рівномірність нанесення фарби також залежить від способу нанесення, в'язкості та застигання. Оскільки ці властивості визначаються типом фарби, не рекомендується враховувати її при розрахунку похибок обладнання. Сумарна похибка обладнання розраховується на основі визначених значень вищевказаних компонентів, враховуючи, що між цими компонентами немає кореляції. Тому вона може бути розрахована як алгебраїчна сума цих складових.

$$\delta_{\text{сум}} = 1,2 + 0,8 + 0,44 + 1,5 + 1,5 = 5,44\%$$

Висновок до розділу

Проаналізовані складові сумарної похибки результату вимірювання крайового кута змочування оптичним методом на основі аналізу основних факторів впливу на результат вимірювання. Проведено дослідження впливу на точність подачі напруги живлення при роботі імпульсного блоку живлення внаслідок нестабільності роботи елементів-складових блоку живлення, оскільки визначено, що на якість отриманого зображення з відеокамери найбільший вплив має нестабільність напруги живлення.

Таким чином, розрахована сумарна похибка показує задовільну точність вимірювання і забезпечує точність, необхідну для контролю якості покриттів.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі було розроблено удосконалений метод та пристрій для комплексного контролю якості лакофарбових покриттів. Обґрунтовано вибір оптичного методу контролю для визначення змочуваності пофарбованих твердих поверхонь. Оптичний метод оснований на обробленні відеозображення краплі досліджуваної рідини, котра розтікається твердою поверхнею. При розробці конструкції пристрою було вирішено наступні питання:

-проаналізовано методи обробки відеозображень і обґрунтовано вибір відеокамери високої роздільної здатності в якості пристрою отримання зображення;

-розроблено функціональну схему пристрою, який реалізує розроблений метод. При цьому здійснюється постійний контроль температури фарби;

- проведено аналіз впливу різних факторів на контроль та розроблено схему нагромадження похибки.

-розрахована сумарна відносна похибка склала 5,5%, що підтверджує доцільність розроблення пристрою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Білінський Й.Й. Класифікація методів крайового детектування зображень// Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2017., №1.-С.161-169
2. ДСТУ ISO 12944-5:2015 «Фарби і лаки. Захист від корозії сталевих конструкцій захисними лакофарбовими системами» Частина 5. «Захисні лакофарбові системи».
3. Михайлюк В. Використання поверхнево-активних речовин в процесах нафтовидобутку на родовищах ВАТ “Укрнафта” / В. Михайлюк, М. Рудий - Івано-Франківськ: Плюс, 2009. – 400с.
4. Quincke G. Über Capillaritäts-Constanten geschmolzener chemischer Verbindungen/ G. Quincke // Ann. Phys. u. Chem. - 1869. – Vol. 138. - P.141-155.
5. Fainerman V. B. Correction for the aerodynamic resistance and viscosity in maximum bubble pressure tensiometry / V. B.Fainerman, V. D. Mys, A. V. Makievski, R. Miller // Langmuir, 2004.
6. Fainerman V. B. Effect of surfactant interfacial orientation aggregation on adsorption dynamics / V. B. Fainerman, R. Miller, E. V. Aksenenko, A. V. Makievski, J. Krägel, G. Loglio, L. Liggieri. // Advances in Colloid and Interface Science, v. 86, Issues 1-2,24 May 2000. - P. 83-101.
7. Tate T. On the magniture of a drop of liquid formatted under different circumstances / T. Tate// 0 – Phill. M. – 1864. - v. 27. - № 181. - p. 176–180.
8. Кісіль І. С. Визначення поверхневого натягу рідин на основі вимірюного максимального тиску в газовому меніску / І.С. Кісіль // Методи та прилади контролю якості. - 1997. - № 1. - С. 50 – 55.
9. Fainerman V. B. The measurement of dynamic surface tension by the maximum bubble pressure method / V. B. Fainerman, R. Miller, P. Joos // Colloid and Polymer Science. - 1994. - T. 272. - P. 731 – 739.
10. www.thermalexchange.co.uk.

11. www.sinterface.com.
12. www.ksvltd.com.
13. www.kruss.de/en.
14. www.fdsc.com.
15. Кісіль І.С. Вимірювання поверхневих властивостей на межах розділу фаз. Методи максимального тиску у бульбашці, лежачої і висячої крапель та об'єму / І.С. Кісіль, Р.І. Кісіль – Івано-Франківськ: Факел, 2010. – 298с.
16. Кісіль І. С. Підвищення точності розрахунку геометричних розмірів газового меніска в момент максимального тиску в ньому / І. С. Кісіль, Ю. М. Кучірка // Методи та прилади контролю якості. - 2008. - № 20.- С. 30 – 35.
17. Joos P. Theory on the determination of the dynamic surface tension with drop volume and maximum bubble pressure methods / P.Joos, E. Rilloerts // J. Colloid and Interface Sci. - 1981. - v. 79. - № 1.- P. 96 – 100.
18. Кісіль І.С., Кісіль Р.І., Кучірка Ю.М. Патент на винахід № 92867, G01N 13/00. Спосіб вимірювання динамічного поверхневого натягу розчинів ПАР. Бюл. №23. Опубл. 10.12.2010.
19. Кісіль І.С. Визначення поверхневого натягу рідин на основі вимірювання максимального тиску в газовому меніску / І.С. Кісіль // Методи та прилади контролю якості. – 1997. – №1. – С.50-55.
20. Miller R. Labor Praxis / R. Miller R., V. B. Fainerman, K.–H. Schano, W. Heyer, A. Hofmann, R. Hartmann. – 1994. - № 18. - P. 56.
21. Fainerman V. B. Maximum bubble pressure tensiometry – an analysis of experimental constrains / R. Miller // Advances in Colloid and interface Sci. - 2004, v. 108–109. - P. 287–301.
22. Fainerman V.B. Adsorption layer characteristics of Triton surfactants: Part 2. Dynamic surface tension and adsorption / V.B. Fainerman, S.V. Lylyk, E.V. Aksenenko, L. Liggieri, A.V. Makievski, J.T. Petkov, J. Yorke, R. Miller. //

- Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. - v. 334, Issues 1-3. - 20 February 2009. - P. 8-15.
23. Miller R. Composite interfacial layers containing micro-size and nano-size particles / R. Miller, V. B. Fainerman, V. I. Kovalchuk, D. O. Grigoriev, M. E. Leser, M. Michel. // *Advances in Colloid and Interface Science.* - v. 128-130. - 21 December 2006. - P. 17-26.
24. Miller R. Kinetics of adsorption of proteins and surfactants / R. Miller, V. B. Fainerman, M. E. Leser, M. Michel. // *Current Opinion in Colloid & Interface Science.* - v. 9, Issue 5. - December 2004. - P. 350-356.
25. Кісіль І.С. Метрологія точність і надійність засобів вимірювання: Навчальний посібник для студентів ВУЗів / І.С. Кісіль— Івано-Франківськ: Факел, 2002.— 400 с.
26. В.М. Когут, Л.А. Витвицька Обґрунтування вибору комплексного показника якості фарбового покриття //Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості». ІФНТУНГ.-12.10.2023р.- С.285-286