

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Приладобудівний факультет
Автоматизації та систем неруйнівного контролю

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Юрій, КИРИЧУК
« ____ » _____ 2024 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: «Автоматизована система контролю якості лакофарбового покриття кузовних деталей автомобілів при їх ремонті»

Виконав:

студент II курсу, групи ПМ-21мп
Демочані Нікіта Євгенійович _____

Науковий керівник:

професор кафедри АСНК. д.т.н., проф.
Черепанська Ірина Юріївна _____

Консультант з розробки стартап-проекту:

завідувач кафедри економічної кібернетики, д.е.н., проф.
Бояринова Катерина Олександрівна _____

Рецензент:

к.т.н., доцент
Шумков Юрій Сергійович _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент Демочані Н. Є.

Київ - 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 151 «Автоматизації та комп'ютерно інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____Юрій, КИРИЧУК

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Демочані Нікіті Євгенійовичу

1. Тема дисертації «Автоматизована система контролю якості лакофарбового покриття кузовних деталей автомобілів при їх ремонті», науковий керівник дисертації Черепанська Ірина Юріївна, д.т.н., проф., затверджені наказом по університету від «08» листопада 2023 р. № 5188-с
2. Термін подання студентом дисертації 15.01.24
3. Об'єкт дослідження є процес контролю якості нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів
4. Вихідні дані
5. Перелік завдань, які потрібно розробити Огляд автоматизованих систем контролю лакофарбового покриття; розгляд методологій та особливостей автоматизованого контролю нанесення лакофарбового покриття; розробка принципової схеми системи контролю нанесення лакофарбового покриття; розробка функціональної схеми системи АСКЯНЛП; розробка електричної структурної схеми АСКЯНЛП; розробка алгоритму роботи програми АСКНЯЛП; розробка стартап-проєкту
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу формат А1 - Структурна схема системи автоматизованого контролю якості нанесення лакофарбового покриття - 1 арк., формат А1 - Автоматизована ситсема контролю якості лакофарбовго покриття кузовних деталей автомобіля. Схема функціональна - 1 арк., формат А1 - Автоматизована система контролю якості нанесення лакофарбового покриття. Схема електрична принципова - 1 арк., формат А1 - Блок-схема алгоритму роботи системи АСКЯНЛП - 1 арк;

7. Орієнтовний перелік публікацій: Викладені у магістерській дисертаційній роботі результати доповідалися, обговорювалися та одержали схвалення на Збірник праць XIX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”, 20-21 грудня 2023 р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023. – С. 173-176.

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап-проєкту	Бояринова К.О., д.е.н., професор		

9. Дата видачі завдання 10.09.23

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літератури за темою	20.09.23	
2	Розробка структурної схеми системи	10.10.23	
3	Розробка функціональної схеми системи	25.10.23	
4	Розробка електричної-структурної схеми	10.11.23	
5	Розробка алгоритму роботи	20.12.23	
6	Розділ №5 Розробка стартап-проєкту.	15.12.23	
7	Оформлення текстової та графічної частини	25.12.23	
8	Передача матеріалів МД на перевірку науковому керівнику	08.01.24	
9	Передача матеріалів МД на перевірку виявлення збігів/схожості	09.01.24	
10	Представити МД на рецензію	11.01.24	
11	Розробка презентації та узгодження її з керівником МД	12.01.24	
12	Подання оригіналів документів до захисту	16.01.24	
13	Представити МД на затвердження зав. кафедри	16.01.24	
14	Представити МД до екзаменаційної комісії	19.01.24	

Студент

Нікіта, ДЕМОЧАНІ

Науковий керівник

Ірина, ЧЕРЕПАНСЬКА

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається з вступу, шести основних розділів, загальних висновків та списку використаної літератури та джерел. Дисертація містить 92 сторінки, 28 ілюстрацій, 28 таблиць та 13 посилань.

Таким чином **метою** магістерської дисертації є розробка автоматизованої системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля у процесі проведення ремонтних робіт.

Для досягнення поставленої мети у необхідно вирішити наступні **завдання**:

1) проаналізувати процес нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів, виділити основні етапи та технологічні операції і визначити основні параметри (показники) якості, які необхідно контролювати;

2) проаналізувати відомі методи контролю параметрів якості нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів. Визначити стандарти та вимоги до якості процесу нанесення лакофарбового покриття;

3) розробити структурну схему автоматизованої системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля;

4) розробити функціональну схему автоматизації контролю показників якості процесу нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів;

5) розробити схему електричну структурну автоматизованої системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля, розрахувати та вибрати елементну базу;

6) розробити алгоритм роботи автоматизованої системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля;

7) розробити стартап-проект на тему «автоматизована система контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля».

Об'єктом дослідження є процес нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів при проведенні ремонтних робіт.

Предметом дослідження є автоматизована система контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля.

Апробація результатів магістерської дисертації. Наведені у магістерській дисертації результати доповідалися XIX Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні», 20-21 грудня 2023 р. КПІ ім. Ігоря Сікорського. За результатами опубліковано тези доповіді Демочані Н.Є., Черепанська І.Ю. Автоматизована система контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобілів / Н.Є. Демочані, І.Ю. Черепанська // Збірник праць XIX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”, 20-21 грудня 2023 р. — К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023. – С.173-176..

Ключові слова: автоматизована система, контроль якості, нанесення лакофарбового покриття, автоматизація процесів

ABSTRACT

The master's thesis consists of an introduction, six main chapters, general conclusions and a list of used literature and sources. The thesis contains 92 pages, 28 illustrations, 28 tables and 13 references.

Thus, the goal of the master's thesis is the development of an automated quality control system for painting car body parts during repair work.

To achieve the set goal, the following tasks must be solved:

1) analyze the process of applying a paint coating on car body parts, highlight the main stages and technological operations and determine the main parameters (indicators) of quality that must be controlled;

2) to analyze the known methods of controlling the quality parameters of paint coating on car body parts. Determine the standards and requirements for the quality of the paint coating application process;

3) to develop a structural diagram of the automated system of quality control of the application of paint coating of car body parts;

4) to develop a functional scheme for automating the control of quality indicators of the process of applying a paint coating to car body parts;

5) develop an electrical structural diagram of an automated quality control system for applying paint and varnish covering car body parts, calculate and select an element base;

6) to develop an algorithm of the automated system of quality control of the application of paint coating of car body parts;

7) to develop a start-up project on the topic "automated quality control system for the application of paint coating of car body parts".

The object of the study is the process of applying a paint coating to car body parts during repair work.

The subject of the study is an automated system of quality control of the application of paint coating of car body parts.

Approbation of the results of the master's thesis. The results presented in the master's thesis were reported at the 19th All-Ukrainian Scientific and Practical

Conference of Students, Postgraduate Students and Young Scientists "Efficiency and Automation of Engineering Solutions in Instrumentation", December 20-21, 2023. KPI named after Igor Sikorsky. According to the results, the thesis of the report was published by Demochani N.E., Cherepanska I.Yu. Automated system of quality control of paint coating of car body parts / N.E. Demochani, I.Yu. Cherepanska // Proceedings of the XIX All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students and Young Scientists "Efficiency and Automation of Engineering Solutions in Instrumentation", December 20-21, 2023. - K.: PBF, KPI named after Igor Sikorsky. – 2023. – p.173-176.

Keywords: automated system, quality control, painting, process automation

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	11
ВСТУП.....	12
1. ОГЛЯД АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ЛАКОФАРБОВОГО ПОКРИТТЯ.....	15
1.1. Призначення та сфери застосування автоматизованих систем контролю лакофарбового покриття. Методи нанесення покриття.....	15
1.2. Принцип роботи систем нанесення та контролю якості лакофарбового покриття кузовних деталей.....	19
1.3. Технічні засоби контролю якості нанесення лакофарбового покриття...	23
1.4. Розгляд існуючих підходів до контролю якості нанесення лакофарбового покриття.....	25
1.5. Мета та завдання магістерської дисертації.....	28
1.6. Висновок до розділу 1.....	29
2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВОГО ПОКРИТТЯ НА КУЗОВНІ ДЕТАЛІ АВТОМОБІЛІВ	31
2.1. Технології нанесення та визначення потенційних дефектів покриття кузовних деталей автомобіля.....	31
2.2. Використання методів аналізу режимів і наслідків відмов FMEA.....	34
2.3. Впровадження методів забезпечення якості на основі FMEA.....	35
2.4. Висновки до розділу 2.....	38
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВОГО ПОКРИТТЯ КУЗОВНИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЯ.....	40
3.1. Побудова та опис загальної структурної схеми автоматизації системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття.....	40
3.2. Товщиноміри для вимірювання товщини покриття автомобіля.....	43
3.3. Датчики для вимірювання кольору покриття.....	46

3.4. Пристрої для вимірювання глянцю поверхні.....	49
3.5. Висновки до розділу 3.....	52
4. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВОГО ПОКРИТТЯ НА КУЗОВНІ ДЕТАЛІ АВТОМОБІЛІВ.....	53
4.1. Розгляд та опис функціональної схеми АСКЯНЛП.....	53
4.2. Розгляд контролера функціональної схеми АСКЯНЛП.....	55
4.3. Висновок до розділу 4.....	57
5. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВОГО ПОКРИТТЯ КУЗОВНИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЯ.....	58
5.1. Структура вимірювальних елементів системи АСКЯНЛП.....	58
5.2. Електрична принципова схема USB-порту ПК.....	61
5.3. Висновки до розділу 5.....	62
6. АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВОГО ПОКРИТТЯ КУЗОВНИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЯ	63
6.1. Етап ініціалізації складових модулів системи.....	63
6.2. Етап вимірювання параметрів лакофарбового покриття.....	64
6.3. Завершення циклу вимірювання.....	67
6.4. Висновки до розділу 6.....	69
7. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЄКТУ «АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВОГО ПОКРИТТЯ КУЗОВНИХ ДЕТАЛЕЙ».....	70
7.1. Опис ідеї проекту.....	70
7.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	73
7.3. Розроблення ринкової стратегії проекту.....	81

7.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	83
7.5. Висновки до розділу 7.....	88
ВИСНОВКИ.....	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

АСКЯЛП - автоматизована система контролю якості лакофарбового покриття;

CAD (Computer Assisted Design) -комп'ютерна система автоматизованого проектування;

нм - нанометр, одиниця вимірювання товщини, довжини;

УФ - ультрафіолетове випромінювання;

FMEA - (АРНВ) аналіз режимів і наслідків відмов;

RPN - (ЧПР) число пріоритету ризику;

IATF- (МАРГ) міжнародна автомобільна робоча група;

ВСТУП

Актуальність теми полягає у тому, що лакофарбове покриття визначає не лише загальний зовнішній вигляд автомобіля та його естетичні якості, а і тривалість його служби, так як основне значення покриття це захист від корозії та негативного впливу навколишнього середовища. Важливо мати ефективну систему контролю, яка забезпечує відповідність якості покриття встановленим стандартам.

Автоматизовані системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття займають важливу роль у виробництві автомобілів на відповідних ділянках технологічного процесу, а також при ремонтах в автомобільних сервісах. Застосування такого роду автоматизованих систем сприяє забезпеченню високої якості виконання процесу, що у свою чергу підвищує якість виготовлення автомобілів та їх ремонту.

В реалізації автоматизованих систем контролю нанесення лакофарбового покриття використовуються сучасні технології, методи та прилади для вимірювання товщини покриття, кольору, блиску та виявлення дефектів. Такі системи дозволяють забезпечити рівномірність та точність нанесення, а також дозволяє вчасно виявляти потенційні та усувати наявні дефекти чи відхилення від прийнятих норм якості.

Важливим аспектом автоматизованих систем контролю нанесення лакофарбового покриття є їх внесок у виробництво екологічно чистих автомобілів та відповідність стандартам екологічної безпеки, за рахунок того, що такі сучасні системи дозволяють точно дозувати фарбу та мінімізувати витрати матеріалів, що сприятиме зменшенню викидів токсичних речовин.

Впровадження таких систем є дуже важливим кроком у напрямку зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

У цій дисертації буде розглянуто принцип роботи автоматизованих систем контролю якості нанесення лакофарбового покриття, технічні особливості

реалізації, технічні засоби та прилади які використовуються в цих системах, а також їх використання в автомобільній промисловості та автосервісі.

Таким чином **метою** магістерської дисертації є розробка автоматизованої системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля у процесі проведення ремонтних робіт.

Для досягнення поставленої мети у необхідно вирішити наступні **завдання**:

1) проаналізувати процес нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів, виділити основні етапи та технологічні операції і визначити основні параметри (показники) якості, які необхідно контролювати;

2) проаналізувати відомі методи контролю параметрів якості нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів. Визначити стандарти та вимоги до якості процесу нанесення лакофарбового покриття;

3) розробити структурну схему автоматизованої системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля;

4) розробити функціональну схему автоматизації контролю показників якості процесу нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів;

5) розробити схему електричну структурну автоматизованої системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля, розрахувати та вибрати елементну базу;

6) розробити алгоритм роботи автоматизованої системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля;

7) розробити стартап-проект на тему «автоматизована система контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля».

Об'єктом дослідження є процес нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів при проведенні ремонтних робіт.

Предметом дослідження є автоматизована система контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля.

Апробація результатів магістерської дисертації. Наведені у магістерській дисертації результати доповідалися XIX Всеукраїнській науково-

практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні», 20-21 грудня 2023 р. КПІ ім. Ігоря Сікорського. За результатами опубліковано тези доповіді Демочані Н.Є., Черепанська І.Ю. Автоматизована система контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобілів / Н.Є. Демочані, І.Ю. Черепанська // Збірник праць ХІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”, 20-21 грудня 2023 р. — К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023. – 480 с.

1. ОГЛЯД АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ЛАКОФАРБОВОГО ПОКРИТТЯ

1.1. Призначення та сфери застосування автоматизованих систем контролю лакофарбового покриття. Методи нанесення покриття

Автоматизована система контролю якості лакофарбового покриття (АСКЯЛП), зокрема для кузовних деталей автомобіля, - це комплекс технологічних рішень та спеціального обладнання, яке призначене забезпечити контроль нанесення лакофарбового покриття на деталі, що забезпечить високу якість їх нанесення, зокрема під час виконання процедури ремонту та оновлення.

Основне призначення системи - автоматизація процесу визначення та подальшого усунення дефектів, які були набуті в результаті пошкоджень деталей кузова або неправильного нанесення шару покриття.

Для подальшого розгляду варто розглянути елементи кузова автомобіля (див. рис. 1.1).

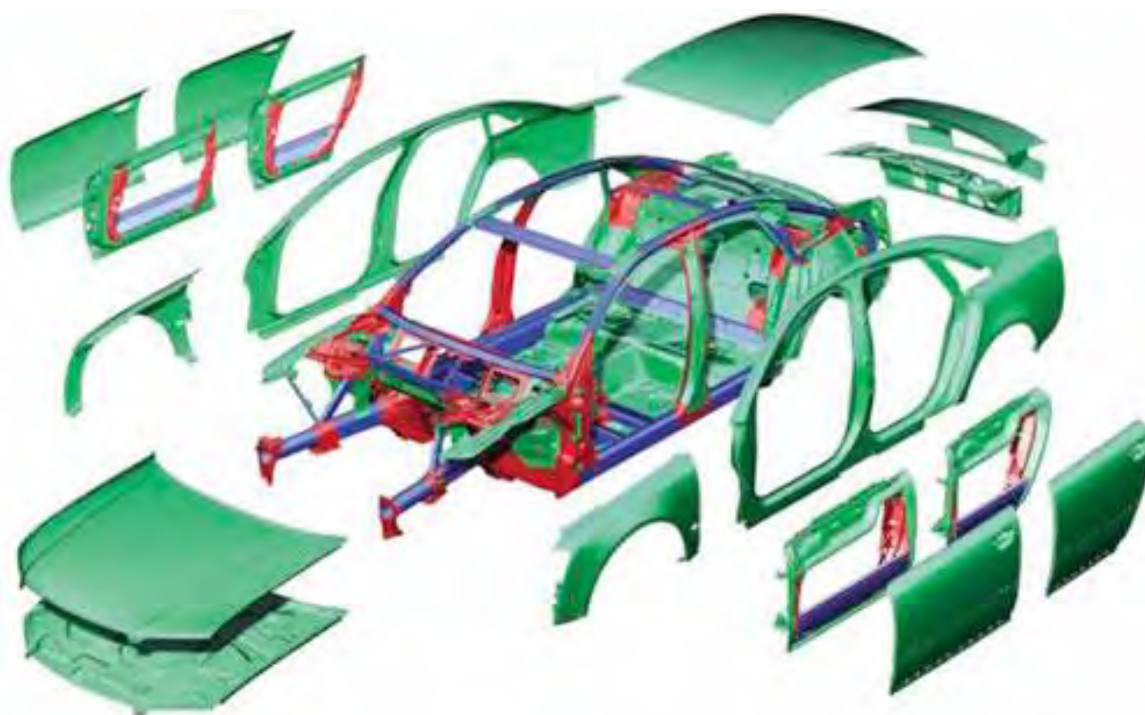


Рисунок 1.1. Елементи кузова автомобіля [1]

Як правило, до кузовних деталей відноситься[1]:

- Бампер;
- Капот;
- Кришка багажника;
- Крило;
- Панелі;
- Двері;
- Днище і поріжки;
- Дах.

У більшості автомобілів всі ці деталі, за винятком бамперів, робляться з різного металу: алюмінію або сталі різної твердості (хоча в цій ролі можна зустріти і карбон, поки ще занадто дорогий для масового використання). Їх завдання -стійко витримувати всі дорожні навантаження і в разі необхідності приймати на себе удар, захищаючи водія і пасажирів [1].

Незважаючи на сучасні матеріали і технології, більшість кузовів робиться зі сталі, що має такі переваги як міцність (можна використовувати тонкі листи), відносна легкість формування і зварювання. Алюміній в цьому плані дещо складніший в роботі: за рахунок більшої м'якості потрібен товщий шар металу, що практично не дає виграшу в масі. Крім того, для з'єднання деталей потрібно аргонне зварювання, що складніше і дорожче, ніж зварювання сталі[1].

З цього випливає наступна проблема - вплив корозії. Для того, щоб захистити металеві компоненти від її впливу використовуються різні типи покриттів, в тому числі і лакофарбове покриття, яке одночасно виконує дві функції: захисну та естетичну.

Тому якість нанесення лакофарбового покриття є дуже важливим, але варто уточнити момент який є дуже важливим при ремонті. У випадку пошкодження металевих елементів кузова може пошкоджуватися і захисний шар, що спричинить (або спричинило) під дією негативного зовнішнього впливу процес корозії, тому під час проведення ремонту і нанесення нового шару

покриття варто перевірити поверхню на наявність корозії, локалізувати її та усунути, і тільки після цього наносити шар.

Наступним чином варто розглянути типи лакофарбового покриття та принцип його нанесення. На рис. 1.2 показано шари покриття.

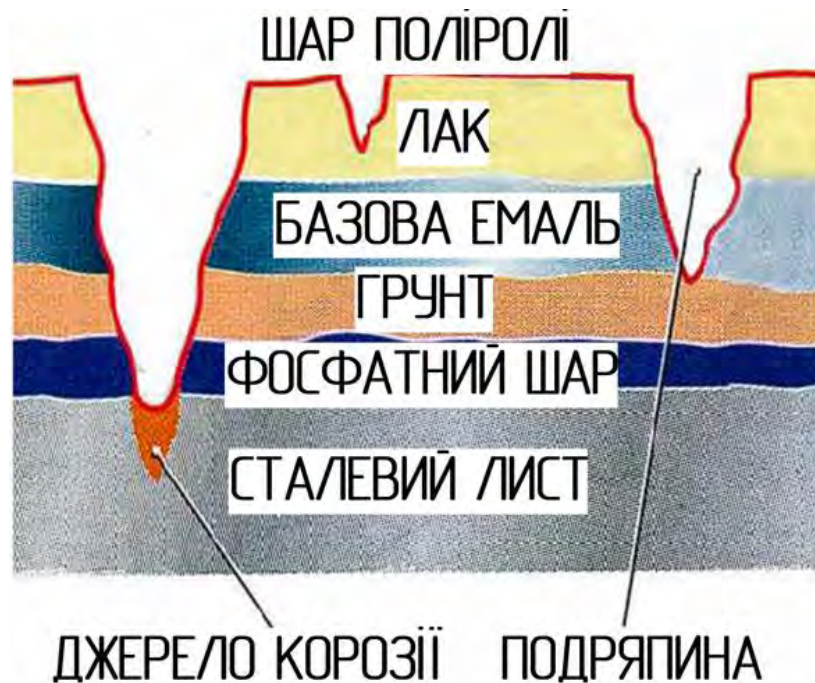


Рисунок 1.2. Шари покриття металевих деталей автомобіля [1]

1. Перший шар - захист від корозії. Це може бути і покриття з цинком, і інші склади [1];

2. Грунтовка, необхідна для оптимальної адгезії (зчеплення) з лакофарбовим шаром [1];

3. Фарба. Як правило, наноситься в три шари: тонка підкладка, нормальної товщини основний шар і фінішна зовнішня плівка, що складається з більш розведеної фарби, що дає рівне покриття [1];

4. Лак. Поверх фарби може наноситися в 1-2 шари прозоре лакове покриття, що дає сяючий глянець і глибину кольору [1].

Метод нанесення лакофарбового покриття, наявність додаткових спеціальних шарів напряму впливають на якість самого покриття, міцність зчеплення та довговічність.

Грунтуючись на інформації з матеріалів [1], які були розглянуті вище можна виділити декілька ключових кроків щодо процесу нанесення та контролю процесів нанесення лакофарбового покриття. До цих узагальнених ключових кроків можна включити такі:

1. Підготовка поверхні. Першим етапом у будь-якому процесі нанесення фарби є підготовка поверхні, у даному випадку це поверхні кузовних деталей автомобіля. До цього процесу включають видалення можливих джерел корозії, у випадку якщо це ремонт, видалення пилових та інших забруднень, а також знежирювання за допомогою спеціальних засобів. Також поверхню можуть піддавати попередній обробці, наприклад шліфуванню для забезпечення кращої адгезії шарів покриття;

2. Підготовка фарби. Для того, щоб безпосередньо виконувати нанесення фарби необхідно її підготувати. Зазвичай до цієї підготовки включають розведення фарби до необхідної консистенції або кольору, для кожної фарби існує інструкція у якій вказуються ці особливості. Також, у деяких випадках, може бути проведено фільтрацію фарби задля того, щоб уникнути зайвих домішок та інших зайвих елементів, або у випадку деяких особливостей самої фарби;

3. Нанесення базового шару. На початку наноситься базовий шар, іншими словами шарґрунту та інші шари які призначені для покращення властивостей шару основи (див. рис. 2). Цей базовий шар призначений для утворення якісного підґрунтя для нанесення основного шару фарби і якість нанесення якого впливає на якість зчеплення наступного шару;

4. Нанесення шару фарби. Після отримання якісного підґрунтя наноситься шар фарби, який призначений для надання кольору автомобілю та визначає його естетику, а також має захисну функцію яка і є найважливішою з технічної точки зору;

5. Завершальне покриття лаком. Після нанесення фарби її додатково покривають шаром лаку, який захищає та подовжує термін придатності

нанесеної фарби та звісно надає поверхні блискучості. Цей етап також є дуже важливим;

6. Сушка деталей. Після нанесення покриття, а також посеред етапів нанесення шарів, відбувається сушка деталей, у даному випадку деталей кузова автомобіля. Для цього використовуються спеціальні сушильні камери або інші технології, використання яких залежить від фарби, лаку чи особливостей технології виготовлення тощо;

7. Контроль якості нанесення шарів. Контроль якості нанесення не є виключно останнім етапом, він також наявний в етапах між нанесення шарів, але загальна сутність цього етапу полягає у тому, щоб використовуючи спеціальні методи, технологій та технічні засоби здійснюється перевірка якості нанесення шару покриття на відповідність стандартам, на наявність відхилень чи дефектів, а також на наявність нерівності покриття. Цей етап є дуже важливим, тому що забезпечує якість виконання усіх етапів технології;

Процес нанесення лакофарбового покриття потребує забезпечення високої точності та етапів контролю, так як це впливає на тривалість терміну служби транспортного засобу, на його зовнішній вигляд, і також, дотично, на стан навколишнього середовища.

Автоматизовані системи нанесення та контролю якості нанесення лакофарбового покриття у загальній сукупності у поєднанні з комп'ютерними технологіями відіграють важливу роль у забезпеченні точності та якості виробництва і ремонту кузовних деталей автомобіля.

1.2. Принцип роботи систем нанесення та контролю якості лакофарбового покриття кузовних деталей

Контроль за якістю нанесення лакофарбового покриття може проводитись з використання різних методів, технічних засобів та технологій.

До основних технологічних методів контролю якості нанесення лакофарбового шару можна віднести:

1. Використання оптичних систем візуального контролю (включно з спеціальним програмним забезпеченням) для більш точної та швидкої оцінки якості поверхневого шару покриття кузовних деталей на наявність дефектів;

2. Використання систем для вимірювання товщини покриття, що дозволить точно виміряти товщину лакофарбового шару на деталях і впевнитися, що вона відповідає стандартам;

3. Проведення тестування на адгезію, тобто перевірка на скільки добре відбулося зчеплення лаку з основою. Для цього процесу поширене застосування спеціальних адгезійних стрічок;

4. Також варто приділяти увагу кольору та блиску нанесеного покриття, щоб воно було всюди однаковим і відповідала визначеним стандартам;

5. Усі отримані дані про контроль якості варто фіксувати та зберігати для подальшого аналізу і звітності. Це дозволить встановити відповідність виробленого лакофарбового покриття стандартам якості і забезпечити відстеження якості в часі.

Усі ці пункти відіграють важливе значення, так як їх послідовне виконання надає змогу забезпечити якісний процес підготовки поверхні та нанесення лакофарбового покриття у процесі ремонту автомобілів та відповідно автоматизувати ці процеси.

Автоматизована система контролю якості лакофарбового покриття допомагає зменшити кількість дефектних виробів, збільшити продуктивність і знизити витрати на робочу силу.

Фарбувальний цех є одним з найскладніших виробничих напрямків транспортного засобу. З поточної точки зору, тут знаходяться найважливіші процедури нанесення фарби, що включають відносно довгий технологічний ланцюжок[5].

Вони відповідають високому ступеню автоматизації, який можна зустріти в автомобільному фарбуванні. У більшості фарбувальних цехів окремі процеси нанесення покриттів класифікуються за узгодженими функціональними полями. Вони влаштовані таким чином в схемі малярної установки, щоб вийшов

максимально простий і логічний матеріальний потік, по відношенню до з'єднання фарбувального цеху з сусідніми виробничими ділянками, кузовним цехом, складальною лінією [5].

Дослідження, яке було продемонстровано в журналі [7], показує можливість використання сучасного робота для нанесення фарби на формовану поверхню без необхідності навчання через спеціальні інструкції. Було виявлено, що програмоване нанесення фарби роботом із 6 ступенями свободи та із застосуванням аерозольної рушниці є ефективним методом. Оскільки зазвичай команди керування роботом для розпилення фарби створюються фахівцями вручну, використовуючи функцію відтворення навчання контролера робота, цей процес є витратним за часом та вимагає досвіду. Дослідження спрямоване на розробку команд керування роботом без необхідності спеціальних знань щодо розпилення фарби, використовуючи бампери автомобіля як приклад створених поверхонь [7].

Система може автоматично генерувати шлях розпилення для аерозольної рушниці на основі CAD-даних деталі та перетворювати цей шлях в команди керування роботом. З експериментальних результатів було виявлено, що система ефективно наносить фарбу на бампери автомобіля із однорідною товщиною покриття [7].

Автоматична генерація траєкторій для розпилення фарби дуже актуальна технологія у сучасному виробництві автомобілів. Створення траєкторій для фарбування довільних поверхонь, які задовольняють вимогам до товщини фарби, все ще є дуже складним завданням через складну геометрію таких поверхонь. Була розроблена система автоматичної генерації траєкторій фарбування, яка використовує дані з CAD-моделей для фарбування вільних поверхонь. Також надається система перевірки товщини фарби для підтвердження створених траєкторій. Метод Rogue дозволяє рухати робота з точки в точку безперервно. Трикутні елементи використовуються для апроксимації поверхонь деталей і надають 3D інформацію щодо геометрії деталей, яка є важливою для візуального спостереження. Було розроблено

генератор траєкторій робота Rogue для розпилення фарби на складних поверхнях, які часто зустрічаються в автомобільному виробництві [7].

Замість широко використовуваного параметричного підходу до представлення поверхонь, тут використовується плоский підхід наближення поверхонь для фарбування. Запропонований алгоритм був впроваджений і протестований за допомогою ROBCAD. У випадках фарбування розпиленням важливо створити траєкторію руху фарборозпилювача так, щоб вся поверхня була ретельно покрита фарбою і отримала прийнятно рівномірний шар фарби, що називається рівномірним покриттям [7].

На рис. 1.3 показано роботизований розприскувач фарби, який згадувався у розглянутому матеріалі.



Рисунок 1.3. Роботизований розприскувач фарби

У цій статті [7] розглядається важливий дослідницький проект, де вивчається можливість використання сучасних роботів, або робототехнічних комплексів, які мають здатність виконувати процес нанесення лакофарбового покриття на автомобільні деталі без використання складних інструкцій.

Розглянутий підхід до реалізації даного технологічного процесу має потенціал у практичному застосуванні в галузі автомобільної промисловості, оскільки надає можливість автоматизувати процес нанесення фарби.

Окрім цього варто зазначити, що такого роду автоматизації може зменшити витрати на робочу силу та матеріали. Таким чином вказується на те, як використання сучасних технологій допомагає прискорити та підвищити якість виконання однотипних дій, чим полегшить процеси виробництва та підвищить якість продукції.

1.3. Технічні засоби контролю якості нанесення лакофарбового покриття

Засоби для контролю нанесення лакофарбового покриття на поверхні автомобільних кузовів і його деталей є дуже важливими у системі забезпечення якості нанесення лакофарбового покриття. Для контролю та перевірки товщини, а відповідно і якості нанесення використовуються товщиноміри.

На сьогоднішній день існує досить багато видів товщиномірів, робота яких заснована на різних принципах, але для оцінки товщини лакофарбового покриття автомобілів найбільше придатні три типи: електромагнітні, вихорострумові і ультразвукові.

Кожен з цих типів має як переваги, так і недоліки, в силу чого про них варто розповісти окремо. Електромагнітні товщиноміри є досить практичними та надійними приладами, основною перевагою яких можна вважати високу точність вимірювань. До їх недоліків можна віднести той факт, що вимірювання доступні лише для залізовмісних поверхонь [2]. На рис. 1.4 показано товщиномір.



Рисунок 1.4. Товщиномір[2]

Вихорострумові товщиноміри справляються з вимірами товщини покриття на будь-яких металах, проте краще всього вони працюють лише з тими з них, які мають підвищену провідність і це, до речі, є їх основним недоліком. Дані прилади володіють відмінною точністю вимірювання для поверхонь з таких металів як, наприклад, алюміній, але для заліза цей параметр залишає бажати кращого [2].

Ультразвукові товщиноміри є найбільш універсальними, оскільки з їх допомогою можна проводити вимірювання товщини шару фарби не тільки на металевих поверхнях, а також на пластику, композитних матеріалах і навіть на кераміці. З їх допомогою можливо з високою точністю виміряти товщину покриття не тільки на кузовних деталях автомобіля, але і на пластикових бамперах, карбонових вставках та інших декоративних елементах. Прилади цього типу краще всього підходять для професійної діяльності та основним їх недоліком можна вважати лише відносно високу вартість [2].

Для перевірки якості нанесення покриття також можуть використовуватися спектрофотометри.

Спектрофотометрія, або, у ширшому розумінні, колориметрія, - вимірювання інтенсивності забарвлення розчину досліджуваної речовини відносно інтенсивності забарвлення еталонного розчину з достовірно відомою концентрацією. Власне спектрофотометрія - це вимірювання поглинання (і пропускання) прозорих розчинів в ультрафіолетовій, видимій та інфрачервоній ділянках спектра (220-1100 нм) [3].

Використовуючи спектрофотометрію можна визначати відповідність конкретного кольору, який нанесений на поверхню, до еталонного значення. Вона дозволяє визначати необхідні корекції технологічних режимів при нанесенні лакофарбового покриття, наприклад у системі подачі фарби.

Також для перевірки якості нанесення лакофарбового покриття використовуються глосиметри, показаний на рис. 1.5, використовуючи які можна оцінити рівномірність, гладкість та інші параметри покриття.

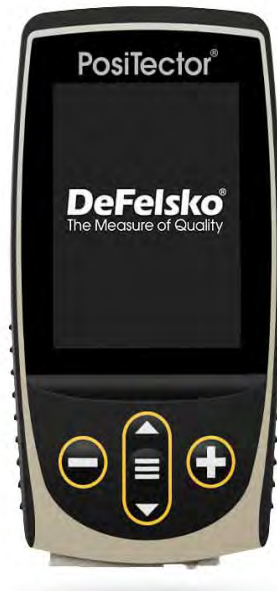


Рисунок 1.5.Глосиметр [4]

1.4. Розгляд існуючих підходів до контролю якості нанесення лакофарбового покриття

У цьому розділі буде розглянуто методології, щодо методів та принципів які використовуються для проведення аналізу якості нанесення лакофарбового покриття.

При повністю автоматизованому лакофарбовому цеху на зміну зазвичай працює від 30 до 50 осіб, головним чином на підтримці, контролі процесів і усуненні несправностей. Ланцюжок процесів включає в себе операції, які додають вартість і не додають вартості. Операції, що не додають вартості, зазвичай є ручними операціями, такими як виправлення несправностей у кузовному цеху, шліфування і полірування, очищення, вирівнювання та перефарбовування [5].

Однією з майбутніх цілей є повне усунення операцій, які не додають вартості, або принаймні мінімізація їхнього обсягу до максимально можливого мінімуму. Процеси, які додають вартість, сьогодні вже досягли високого рівня автоматизації, і очікується, що в майбутньому буде досягнуто повну автоматизацію. Зростаючий тиск на зниження витрат відображається у спробах зниження вартості на одиницю продукції. Це призвело до інновацій у відносинах між клієнтом і постачальником, а також у процесі фарбування. Стандартний процес фарбування, який використовувався протягом багатьох років усіма виробниками автозапчастин, включає такі кроки, як ґрунтування, нанесення першого верхнього шару, другого верхнього шару та нанесення прозорого лаку. Зараз впроваджуються консолідовані процеси, які передбачають скорочені години обробки, де можлива відмова від ґрунтування або застосування всіх шарів на вологій підкладці без проміжного висихання [5].

Попередня обробка включає в себе кроки попереднього очищення, відмивання, очищення і фосфатування. Попереднє очищення видаляє грубі забруднення. Відмивання розчиняє жир, наприклад, глибокотяговий жир, мастило, віск та інші забруднення, які накопичуються внаслідок раніше виконаних робочих процесів. Фосфатування, що відбувається після процесу очищення, служить тимчасовим захистом від корозії і покращує адгезію фарбованого покриття при його нанесенні. Фарби для електрофарбування розчинні у воді і містять лише низькі частки органічних розчинників (приблизно 3%). Електрофарбування охоплює всі процеси занурення в фарбу, де фарба осідає на деталі завдяки хімічному перетворенню і супутній коагуляції зв'язувального матеріалу [5].

Складність автоматизованих фарбувальних установок та велика кількість різних параметрів процесу ускладнюють завдання з підтримки високої якості виробництва для оператора цеху та усунення дефектів без затримок для обслуговуючого персоналу. Системи, які підтримують роботу оператора у діагностиці, оптимізації та моніторингу процесів, вже використовуються. Розробляються нові системи для подальшого покращення, враховуючи контроль

якості в процесах фарбування та параметрах цих процесів. Пов'язання таких систем з усіма рівнями процесу і установки, а також з необхідною для цього контрольною технологією, робить їх дуже ефективними інструментами [5].

Структура методів контролю якості та процесу включає головним чином три кроки[5]:

- крок функціонування: забезпечує збір та аналіз даних в реальному часі під час виробництва. Він може виводити результати статистичного аналізу у формі звіту про якість. Дані головним чином збираються на основі ручної перевірки, зворотного зв'язку з аудиту (внутрішнього та зовнішнього аудиту) та вимірювання автомобільних вимірювань (системи AQM, IPSQ);

- оцінка даних: здійснює процес FMEA, який проводиться експертами з різних галузей. Знання та досвід експертів видобуваються за допомогою мозкового штурму. Потім результати FMEA трансформуються в знання FMEA за певним методом та вносяться до сховища знань FMEA;

- пріоритет ризику: призначений для зберігання даних, зібраних системою SPC, та визначення потенційних кореневих причин після встановлення пріоритетів у відповідному сховищі. Після цього приймаються негайний план контролю та коригувальні дії для покращення якості;

Результати вимірювань на поверхні автомобільного покриття контролюють поверхневі дефекти, такі як товщина плівки, структура фарби, вимірювання кольору. Усі ці важливі фактори поверхні вимірюються за допомогою роботів, і отримують результат стосовно поверхні автомобіля та можуть виявляти відхилення кольору від стандарту. Вимоги до вимірювань визначаються відповідно до партії виробництва кольору, і якщо виявляється, що деякі вироби неконформні, то спочатку тестують певну кількість автомобілів для виявлення невідповідностей[6].

Також щоб переконатися, що дані вимірювань відповідають дійсності та знаходяться під контролем, також проводять вимірювання за допомогою ручного приладу для порівняння з даними AQAM[5].

У наданій методології розглянуто процеси попередньої обробки, електрофарбування, герметизації та захисту піддону, нанесення фарби та інші етапи що пов'язані з процесом нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів. Попередня обробка включає очищення, видалення жиру та фосфатування для покращення адгезії фарбового покриття. Для електрофарбування використовують водорозчинні фарби з низьким вмістом органічних розчинників, що забезпечує ефективне нанесення фарби на деталі. Герметизація та захист піддону служать для запобігання корозії. Грунтовий шар захищає електрофарбоване покриття від УФ-випромінювання та підготовлює поверхню для верхнього покриття.

Також розглянуто процес моніторингу та регулювання, який є важливим для підтримки якості нанесення лакофарбового покриття. Системи підтримки оператора та системи контролю процесу використовуються для діагностики, оптимізації та моніторингу процесів фарбування. Вони допомагають виявляти можливі дефекти та забезпечують високу якість продукції.

Загалом ця методологія допомагає забезпечити високу якість нанесення лакофарбового покриття на кузовних деталях автомобілів та знижує ризик появи дефектів у процесі фарбування.

1.5. Мета та завдання магістерської дисертації

Метою цієї роботи є розробка автоматизованої системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля у процесі проведення ремонтних робіт.

Важливою частиною є вибір оптимальної методології контролю і поєднання її з автоматизованими засобами, які здатні здійснювати контроль основних параметрів якості лакофарбового покриття, а саме товщина, рівномірність, рівень глянцею та колір покриття.

Для досягнення поставленої мети у необхідно вирішити наступні **завдання:**

1) проаналізувати процес нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів, виділити основні етапи та технологічні операції і визначити основні параметри (показники) якості, які необхідно контролювати;

2) проаналізувати відомі методи контролю параметрів якості нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів. Визначити стандарти та вимоги до якості процесу нанесення лакофарбового покриття;

3) розробити функціональну схему автоматизації контролю показників якості процесу нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів;

4) розробити схему електричну структурну автоматизованої системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля, розрахувати та вибрати елементну базу;

5) розробити алгоритм роботи автоматизованої системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля;

6) розробити стартап-проект на тему «автоматизована система контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля».

Об'єктом дослідження є процес нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів при проведенні ремонтних робіт.

Предметом дослідження є автоматизована система контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля.

1.6. Висновок до розділу 1

Використання та впровадження приладів і систем для контролю нанесення лакофарбового покриття на деталях кузова автомобіля є критично важливими для забезпечення високої якості нанесення лакофарбового покриття. Їх використання забезпечує:

- високу якість, що дозволяють виявити дефекти та недоліки на ранніх стадіях виробництва або ремонту, що сприяє запобіганню появі неякісних автомобільних покриттів;

- відповідність стандартам, так як автовиробники встановлюють певні вимоги щодо товщини, кольору та ступеня глянцю автомобіля;
- підвищення ефективності ремонту, так як використання автоматизованих засобів дає швидкий та точний результат;
- зменшує витрати, так як контроль якості нанесення дозволяє витратити менше матеріалів.

Впровадження такого роду систем в автосервісних центрах вже є вимогою, так як вони допомагають забезпечити високу якість, ефективність і безпеку виробництва та обслуговування автомобілів.

2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВОГО ПОКРИТТЯ НА КУЗОВНІ ДЕТАЛІ АВТОМОБІЛІВ

2.1. Технології нанесення та визначення потенційних дефектів покриття кузовних деталей автомобіля.

Для того, щоб виконати опис технологій визначення потенційних дефектів варто розглянути методи контролю якості які актуальні для сфери автомобільної промисловості.

На рис. 2.1 продемонстровано методи контролю якості в процесі фарбування.



Рисунок 2.1. Методи контролю якості в процесі фарбування[5]

На даному рисунку виділяється чотири окремих блоки, які відображають загальну систему контролю якості:

- 1) машина - сюди відноситься системна інформація IPSQ та AQM;

2) ручна перевірка - сюди включають перевірку ручним обладнання, візуальну перевірку та лабораторну перевірку;

3) внутрішня ревізія - відповідно внутрішній огляд, тобто огляд фінального результату на підприємстві та стандартний аудит процесу за стандартами;

4) зовнішня ревізія (відгуки користувачів) - зворотній зв'язок між користувачем та підприємством.

Фарбувальний цех є одним з найскладніших виробничих етапів транспортного засобу. З поточного стану цього етапу, тут можна знайти найважливіші процедури нанесення фарби, що включають відносно довгий технологічний ланцюжок (див. рис. 2.2). У фарбувальному цеху пред'являються найвищі вимоги до функціональної і візуальної якості фарбування, до продуктивності фарбувальних установок та до екологічності процесів [5].

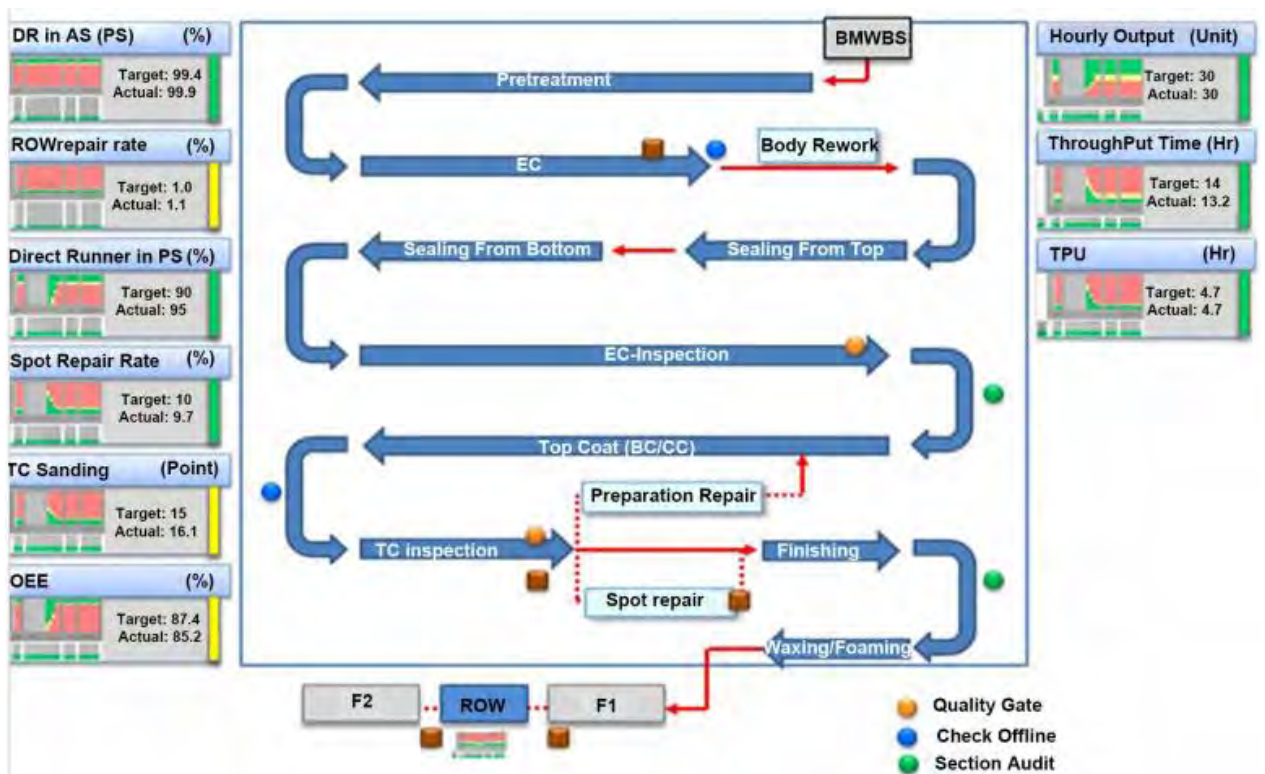


Рисунок 2.2. Послідовність контролю якості в процесі фарбування [5]

Вони відповідають за високий ступінь автоматизації, який можна реалізувати в автомобільному фарбуванні. У більшості фарбувальних цехах окремі процеси нанесення покриттів класифікуються за узгодженими функціональними полями [5].

Розглянувши матеріали статті [5] та рис. 2.2 можна описати основні етапи та послідовність здійснення контролю якості у процесах нанесення лакофарбового покриття.

На даному рисунку зображено перелік послідовних етапів окремо розподілених на різних робочих зонах (секціях), де відбувається якийсь з зазначених процесів обробки та нанесення шарів покриття і відповідно проводиться контроль якості виконання. В результаті такої послідовності кроків, можна швидко виявляти дефекти та неточності, а також визначити причину їх виникнення на тому чи іншому етапі. Це у свою чергу дає можливість уникати браку на ранніх стадіях нанесення покриття.

Кожна зона відповідальності має певну ціль, яка визначає оптимальний параметр який повинен бути досягнутий, або не перевищений. До них відноситься швидкість ремонту, рівень точкового ремонту, шліфування, погодинна продуктивність, прохідний час, тощо.

Такий підхід до автоматизованого процесу нанесення лакофарбового покриття є досить зручним, сучасним та актуальним для автомобільної промисловості, зокрема і для проведення ремонтних робіт.

Стандартний процес фарбування, який роками використовується всіма виробниками оригінального обладнання, складається з етапів ґрунтовки, базового покриття 1, базового покриття 2 та прозорого покриття[5].

В даний час впроваджуються консолідовані процеси, які передбачають короткий час процесу, коли або обходиться без нанесення ґрунтовки, або коли всі шари наносяться мокрим по мокрому, без проміжного висихання (див. рис. 2.3). Метою є чітке зниження витрат, дотримання екологічних норм та підвищення якості [5].

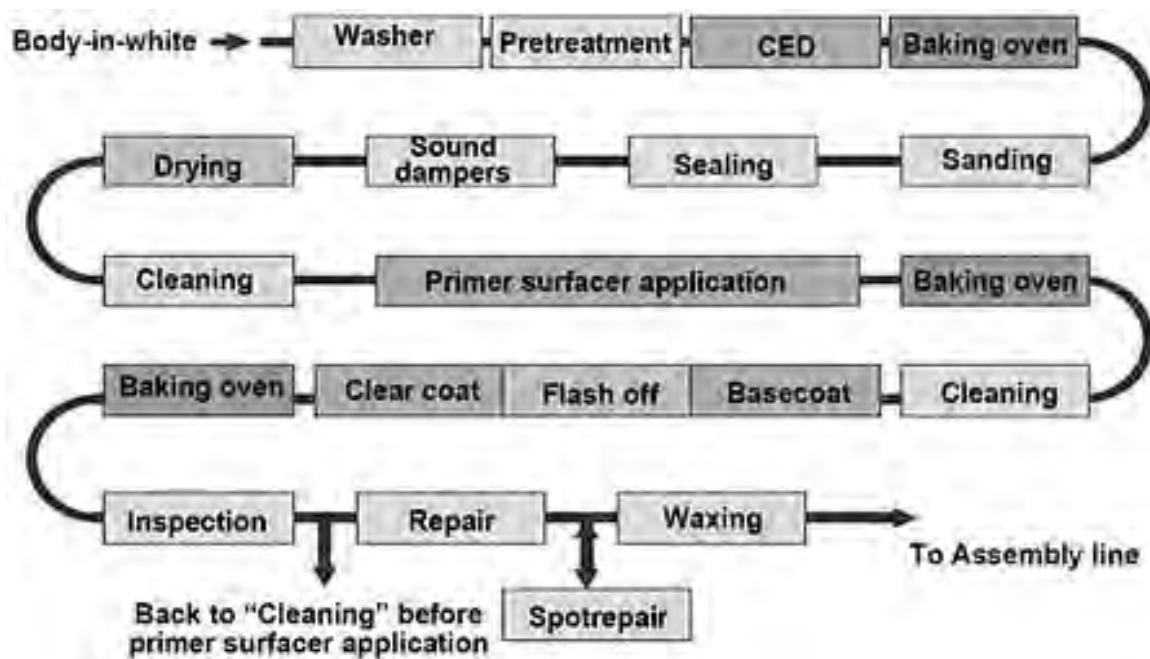


Рисунок 2.3. Технологічні етапи в сучасних автомобільних фарбувальних цехах [5]

2.2. Використання методів аналізу режимів і наслідків відмов FMEA

Важливим елементом системи контролю є методика щодо аналізу, визначення та планування дій, щодо виявлення та усунення невідповідності чи несправності об'єкта, у даному випадку об'єктом виступає кузовна деталь автомобіля яка підлягає ремонту з оновленням лакофарбового покриття. Одним із методів який використовується у даних цілях це FMEA - аналіз режиму та наслідків відмови.

Вхідні дані запитуються у широкої групи експертів із проектування, тестування, якості, лінійки продуктів, маркетингу, виробництва та замовника,

щоб гарантувати виявлення потенційних режимів збою. Потім FMEA використовується під час розгортання продукту чи послуги для усунення несправностей і коригувальних дій. Стандартний процес FMEA включає оцінювання режиму несправності щодо виникнення, серйозності та виявлення. Перемноження цих значень призводить до так званого числа пріоритету ризику (RPN) [5].

Можна сказати, що FMEA є спеціальним засобом чи методологією, яка призначена для перевірки надійності шляхом виявлення режимів відмови, у даному випадку виявлення невідповідності вхідним значенням параметра покриття до заданого, частоти виникнення цієї проблеми та її потенційних причин виникнення.

Метод FMEA використовується для розрахунку числа RPN для кожного режиму відмови, після пропонуються рекомендації щодо дій, які забезпечать зменшення RPN. Основні кроки полягають у виявленні основних причин і потенційних проблем, які можуть виникнути, а потім у визначенні числа RPN, який може спрямувати зусилля на покращення в областях, що викликають найбільше занепокоєння. Після чого проводяться дії для зменшення визначених ризиків які пов'язані з виникненням певної відмови[5].

FMEA був розроблений Grumman Aircraft Corporation у 1950-1960х роках і вперше був застосований для систем управління польотом військово-морських літаків. Відтоді він широко використовувався як потужна техніка для аналізу системної безпеки та надійності продуктів і процесів у багатьох галузях промисловості [5].

2.3. Впровадження методів забезпечення якості на основі FMEA

Розглядаючи питання використання методів та засобів аналізу режимів і наслідків відмов варто приділити увагу впровадженню такої системи у робочий процес.

Впровадження розпочинається з планування FMEA та формування команди, яка охоплює функціональність та оцінку результатів. Після підготовки команди і планування наступним кроком є тимчасова затримка виробничого процесу та ідентифікація кожного етапу процесу з документуванням у таблиці FMEA. Стандартну таблицю FMEA (див. рис. 2.4) було розроблено міжнародною автомобільною робочою групою (IATF) [5].

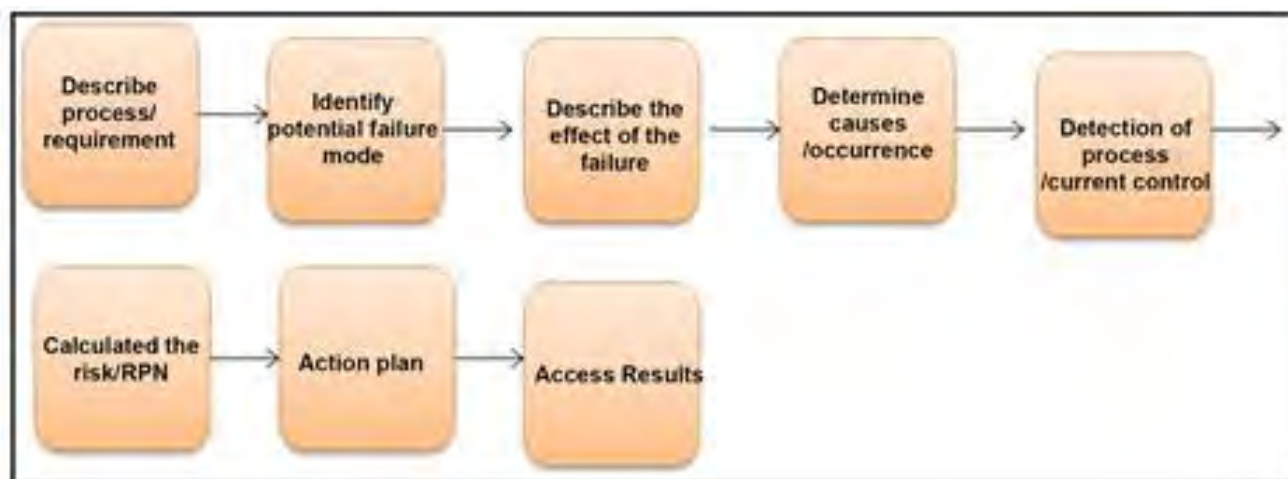


Рисунок 2.4. Таблиця основних етапів процесу FMEA [5]

Зазвичай область розділяється на окремі підсистеми, вироби, частини, збірки або етапи процесу та визначається функція кожної з них. Характеристики ідентифікації процесу беруться з діаграми процесу. Характеристика продукту - це ознака, така як розмір, форма, розташування, орієнтація, текстура, покриття, твердість, міцність, зовнішній вигляд [5].

Можна визначити особливості даного методу:

1) системний підхід - забезпечує можливість розглядати систему чи процес виявляючи потенційні відмови, їх вплив та засоби усунення, розділяючи на окремі складові;

2) послідовність дій - метод передбачає виконання етапів контролю послідовно та методично, перелік дій строго визначений для кожного з процесів який розглядається. Такий підхід забезпечує можливість точної ідентифікації проблемних частин;

3) превентивний характер - застосування методології FMEA дозволяє визначати потенційні проблеми і знаходити шлях їх усунення до виникнення самої проблеми;

4) кількісна оцінка - дозволяє визначати та оцінювати потенційні ризики, використовуючи числові значення RPN;

5) удосконалення процесів - використання FMEA має пряме відношення до оптимізації та покращення процесів та технологій.

Для кожної функції визначаються усі можливі шляхи виникнення відмови. Вони можуть бути пов'язаними з потенційним режимом відмови на наступній операції чи ефектом, пов'язаним з режимом відмови в операції чи процесі. Однак при підготовці FMEA може бути зроблено припущення, що вхідна деталь/матеріал є правильним [5].

Потенційний ефект відмови визначається як вплив режиму відмови на клієнта. Клієнтом у даному контексті може бути наступна операція, підсумкова операція, або місце, продавець чи власник автомобіля. Кожен з них повинен бути врахований при оцінці потенційного ефекту відмови [5].

Ступінь впливу представляє собою оцінку серйозності наслідків виникнення відмови. За стандартом використовуються значення від 1, що представляє відсутність ефекту, до 10, що вказує на дуже серйозний ефект, коли відмова впливає на роботу системи та безпеку [5].

Причина відмови визначається як недолік конструкції, який може призвести до відмови. Потенційні причини для кожного режиму відмови повинні бути перераховані технічними визначеннями, а не симптоматикою. До прикладів потенційних причин можна віднести такі: неправильні робочі умови, неправильне вирівнювання, занадто висока напруга, занадто багато розчинника та інші [5].

Виникнення - це оцінка ймовірності того, що конкретна зазначена причина режиму відмови виникне. Кожній потенційній причині повинна бути присвоєна вага, яка вказуватиме на те, наскільки висока ймовірність її

виникнення. Для цього є корисно інформація історії відмов, на основі даних якої підвищується достовірність визначення ймовірності [5].

Припустімо, що виникла несправність, після чого оцінюється здатність запобігти відвантаженню деталі з виявленим дефектом. Низька поява несправності чи дефекту не завжди означає низьке виявлення - контроль повинен виявити низьку частоту. Число пріоритету ризику є математичним добутком числової серйозності, ймовірності та рейтингу виявлення. RPN використовується для визначення пріоритетності пунктів, що потребують додаткових заходів з планування якості. Якщо значення число RPN є високим, то це вказує на високу ймовірність виникнення збою [5].

На основі цих даних і числа RPN визначаються, розробляються та впроваджуються відповідні заходи та засоби, щодо покращення визначеного технологічного етапу до моменту отримання показників, які будуть відповідати вимогам якості. Така методика є дуже корисною для забезпечення оптимального контролю якості лакофарбового покриття.

Використання цього методу є ефективним інструментом управління якістю та покращення процесів виробництва, у даному випадку технологічний процес нанесення лакофарбового покриття деталей автомобіля у процесі ремонту. Він дозволяє систематично визначати потенційні відмови та неточності у системі, їх потенційні причини виникнення та можливі наслідки, а також дозволяє розробляти алгоритми дій, щодо мінімізації та уникнення цих відмов чи невідповідності.

2.4. Висновки до розділу 2

У цій частині було розглянуто питання методів контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля, зокрема актуальних при їх ремонті. Описано та проаналізовано методи контролю якості які використовуються сучасними підприємствами, задля покращення етапів контролю та автоматизації цих процесів.

Розглянуто сутність та важливість методології FMEA, описано основні узагальнені складові методології, етапи її впровадження, які включають: планування, формування команди, ідентифікацію етапів технологічного процесу і документування у відповідній таблиці.

Впровадження FMEA у технологічні етапи сучасного виробництва дозволить систематично визначати потенційно можливі проблеми, описувати їх вплив, а також визначати засоби та заходи щодо їх мінімізації та усунення. Кожен етап процесу цієї методології передбачає детальну ідентифікацію та опис вирішення проблеми.

FMEA враховує велику кількість ключових аспектів: потенційні відмови, потенційний вплив відмови, причини виникнення відмови, ймовірність виникнення, ефективність виявлення. Усі ці аспекти включаються у процесі визначення числа пріоритету ризику RPN. На основі даного числа визначається пріоритетність пунктів, зокрема потенційних помилок, та подальших заходів.

У підсумку можна зазначити, що використання методу контролю якості на основі FMEA є сучасним та ефективним інструментом забезпечення управління якістю нанесення лакофарбового покриття, та дозволить підвищити надійність виконання будь-якого технологічного процесу на виробництві.

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВОГО ПОКРИТТЯ КУЗОВНИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЯ

3.1. Побудова та опис загальної структурної схеми автоматизації системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття

Автоматизована система контролю, у класичному випадку, складається з системи керування (СК), об'єкта керування (ОК) та блоку зворотного зв'язку (ЗЗ) (див. рис. 3.1).

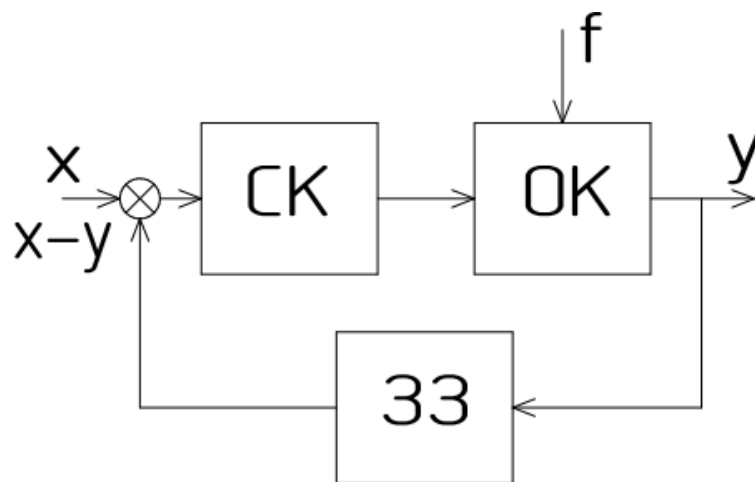


Рисунок 3.1. Структурна схема системи процесу контролю якості

Дана схема актуальна і для системи автоматизованого контролю якості нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобіля, так як охоплює ключові аспекти реалізації.

Об'єктом керування є деталь автомобіля, яка піддається контролю. Цей контроль включає у собі перевірку відповідності стандартам параметрів нанесеного покриття, таких як товщина покриття, зчеплення з ґрунтом, блиск, рівномірність нанесення тощо.

Використання вимірюваних систем відіграє ключову роль у забезпеченні контролю якості нанесення та реалізує блок зворотного зв'язку. На виході цього

блоку отримуємо поточні значення кожного з вимірюваного параметра, та в блоці системи керування виконуються відповідні дії на основі результатів вимірювання по відношенню до ОК.

На вході блоку СК маємо задані параметри згідно стандартів, а на виході блоку ЗЗ поточні параметри. У суматорі відбувається вирахування різниці між поточними та заданими параметрами, на основі чого відбувається прийняття рішення щодо відповідності критеріям якості.

Тепер розглянемо більш деталізовану систему контролю якості нанесення покриття на рис. 3.2.

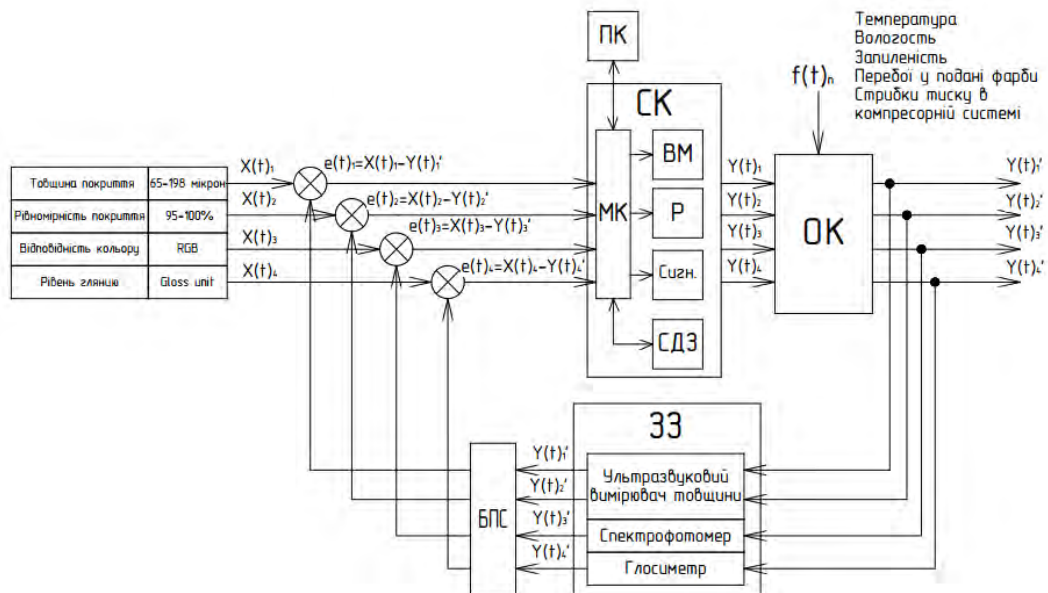


Рисунок 3.2. Деталізована система автоматизованого контролю якості нанесення лакофарбового покриття

У якості вхідних параметрів x_1-x_4 маємо оптимальні значення товщини нанесеного покриття, рівномірність його нанесення, відповідність кольору та рівень глянку. Ці параметри є вхідними на блок СК.

В результаті виконання певних дій на виході блоку СК формуються вихідні параметри y_1-y_4 , які вже впливають на ОК. Також на ОК впливають зовнішні фактори f_n , які були описані вище, і в результаті отримуємо значення $y_1'-y_4'$. Ці значення вимірюються датчиками з блоку зворотного зв'язку і

порівнюються з заданим значенням. Таким чином відбувається автоматизоване керування контролю якості.

Автоматизована система контролю якості нанесення лакофарбового покриття включає контроль таких параметрів: товщина лакофарбового покриття, рівномірність нанесення, відповідність кольору та рівень глянцю.

Оптимальна товщина лакофарбового покриття автомобіля, в залежності від типу, особливостей, історії ремонту та інших параметрів, може становити 65-198 мікрон. Цей параметр контролюється товщиноміром. На виході товщиноміра отримуємо значення товщини покриття, яке порівнюється з оптимальним для заданого автомобіля, а після робиться висновок щодо відповідності. Цей функціонал найкраще демонструє свою роботу, якщо система контролю впроваджена в систему нанесення лакофарбового покриття. Це дозволить виконувати процес контролю поетапно і робити дії щодо усунення невідповідностей відразу.

Рівномірність покриття дуже важливий параметр і може контролюватися декількома методами, зокрема використовуючи товщиномір, іноді може бути використано глосиметр тощо. Метод вимірювання залежить від приладу. Рівномірність покриття є дуже важливою характеристикою, так як має значний вплив на довговічність покриття та зовнішній вигляд і зазвичай вона повинна становити наближене до 100% значення. Оптимальним значенням можна вважати 95-100% рівномірності, так як не завжди можливо отримати максимально хороший результат.

Дотримання відповідності кольору є важливим естетичним параметром, тому при ремонті важливо контролювати, щоб новий колір покриття максимально відповідав базовому. Колір є опціональним параметром, та визначається виключно характеристиками автомобіля. Для вимірювання значення кольору можна використовувати різні пристрої, зокрема датчики кольору, спектрофотометри тощо.

Рівень глянцю також є опціональним параметром, так як дуже залежить від базового лакофарбового покриття автомобіля і визначається на етапі аналізу

до проведення ремонту автомобіля. Рівень глянцю нового покриття повинен максимально відповідати рівню базового покриття. Для визначення рівня глянці. Можуть використовуватися різні методи, або їх комбінації, наприклад глосиметри або спектрофотометри що мають відповідну геометричну форму для вимірювального елемента яка здатна уловлювати рівень глянцю.

Застосування такого принципу автоматизованого контролю може забезпечити високу якість лакофарбового покриття у результаті ремонту, або навіть у процесі виготовлення деталей автомобіля.

3.2. Товщиноміри для вимірювання товщини покриття автомобіля

Товщиноміри дуже важливі прилади, які використовуються у різних сферах, зокрема в автомобільній промисловості у фарбувальних цехах, або на станціях технічного обслуговування, де відбувається повторне нанесення покриття на пошкоджені ділянки. Вони можуть мати різні форми, конструкції, але основний принцип їх роботи полягає у вимірюванні відстані між двома поверхнями, зокрема поверхні покриття і поверхні металевого листа деталі.

Перший прикладом розглянемо товщиномір для порошкового покриття DeFelsko PosiTector PC, який має здатність вимірювання товщини покриття не торкаючись поверхні, а також дозволяє швидко корегувати лінії нанесення (див. рис. 3.3).



Рисунок 3.3. Розглянемо товщиномір DeFelsko PosiTector PC

Цей товщиномір дозволяє оглядати плоскі, криволінійні або рухомі деталі з кольорових та некольорових металів, включно з деталями, що мають складну геометричну форму.

Товщиномір має два окремих блоки, а саме вимірювальний для налаштування та калібрування, а також ультразвуковий датчик з бездротовим підключенням.

Вимірювання проводиться на відстані 2 см від покриття. У той же час прилад відобразить прицільну матрицю для визначення оптимальної відстані до об'єкта вимірювання та виконає вимірювання, яке буде відображено на дисплеї приладу. При цьому автоматично відображаються мінімальні, максимальні та середні значення отриманих результатів. Ці дані можуть зберігатися в пам'яті пристрою, а потім передаватися на ПК за допомогою USB-кабелю.

Товщиномір стійкий до впливу бензину, масла, води та пилу, що робить його більш практичним у використанні.

Технічні характеристики товщиноміра PosiTest PC:

- 1) діапазон вимірювання: 20-100 мкм;
- 2) роздільна здатність: 1 мкм;
- 3) похибка: ± 5 мкм;
- 4) час вимірювання: 1 - 3 с.;
- 5) область вимірювання: 2 мм;
- 6) габаритні розміри: 241x64x51 мм;
- 7) вага: 186 г.

Розглянемо товщиномір покриття TQC LD0800 (див. рис. 3.4). Даний товщиномір має вбудований датчик, який використовує метод магнітної індукції, а також вихрових струмів.

Товщиномір покриттів TQC LD0800 застосовується для проведення неруйнівних вимірювань неферромагнітного покриття на ферромагнітній основі (наприклад: цинкове, алюмінієве, мідне або полімерне покриття на підкладці зі сталі, чавуну, будь-якому ферромагнітному сплаві) та товщини непровідних покриттів на неферромагнітній металевій основі (наприклад, фарба, резинове,

пластмасове або емальоване покриття на основі міді, алюмінію, цинку, олова тощо.). Тощиномір покриттів TQC LD0800 автоматично вибере підкладку та у вибраному режимі проводить вимірювання товщини покриття.

Товщиномір має наступні особливості:

- 1) універсальність вимірювання;
- 2) широкий діапазон вимірювань;
- 3) відображення: середня, максимальна, мінімальна, кількість вимірювань, середня похибка;
- 4) зв'язок з ПК;
- 5) можливість калібрування приладу;
- 6) простота в експлуатації та низька собівартість вимірювань.



Рисунок 3.4. Товщиномір TQC LD0800

Товщиномір має наступні характеристики:

- 1) діапазон вимірювання: 0 - 1300 мкм;
- 2) похибка вимірювання $\pm 3\%N + 2$ мкм;
- 3) дискретність індикації: 1 мкм (у діапазоні 0-999 мкм) та 0,01 мм (у діапазоні 1000-13000 мкм);
- 4) максимальна швидкість вимірювання: 2 вим./с;
- 5) максимальний радіус викривлення: випуклий 1,5 мм та увігнутий 25 мм;
- 6) мінімальний розмір вимірювання: діаметр 6 мм;

- 7) мінімальна товщина підкладки: феромагнітна 0,5 мм, неферомагнітна 0,3 мм;
- 8) умови роботи: температура від 0 до 40 °С, вологість 20-90%;
- 9) зв'язок з ПК: наявний;
- 10) габаритні розміри: 110x53x24 мм;
- 11) вага: 92 г.

3.3. Датчики для вимірювання кольору покриття

Розглянемо пристрої контролю кольорового забарвлення лакофарбового покриття автомобілів.

Відеоспектрофотометр MetaVue VS3200 (див. рис. 13) - пристрій безконтактного вимірювання кольору покриття. Забезпечує високу точність та є універсальним для використання. Його можна використовувати як в лабораторних умовах, так і у виробничих.



Рисунок 3.5. Відеоспектрофотометр MetaVue VS3200

Даний пристрій підходить для вимірювання складних зразків, таких як дрібні та неплоскі предмети, а також рідини, пасти, порошки та гелі, не забруднюючи при цьому сам прилад.

Пристрій має наступні технічні характеристики:

- 1) геометрія вимірів: 45°/0°;
- 2) розмір апертури: 2 -12 мм;
- 3) розмір точки освітлення: 14 мм;
- 4) робоча дистанція вимірювання: 50 мм;
- 5) інтерфейс комунікації: USB;
- 6) промислові стандарти: ASTM D2244, ASTM E179, ASTM E308, ASTM E1164, CIE 15, DIN 5033 Teil 7, DIN 5036, DIN 6174, ISO 7724, JIS Z 8722;
- 7) час циклу вимірювання: до 8 с.;
- 8) спектральний діапазон: 400 нм - 700 нм з інтервалами 10 нм;
- 9) спектральна передача: 400 нм – 700 нм з інтервалами 10 нм;
- 10) фотометричний діапазон: 0% – 150% відображення;
- 11) фотометрична роздільна здатність: інтервали 10 нм;
- 12) апертура(и) відбиття: 2 -12 мм;
- 13) спектральний аналізатор: колесо фільтрів DRS;
- 14) температура зберігання: від -20°C до 70°C;
- 15) габаритні розміри: 24,8x18x18,4 см;
- 16) вага: 2,5 кг.

Розглянемо наступний пристрій для вимірювання кольору покриття МА-5 QC (див. рис. 3.6).



Рисунок 3.6. Багатокутовий спектрофотометр МА-5 QC

МА-5 QC - багатокутовий спектрофотометр з п'ятьма стандартними кутами вимірювання для точної оцінки параметрів та керування кольором таких складних покриттів як металіки та перламутри. Завдяки особливому розташуванню оптики він забезпечує точне позиціонування на невеликих ділянках.

Даний пристрій може бути застосований на різних етапах виробництва. Сумісним з існуючими багатокутовими приладами X-Rite, чим дозволяє забезпечити процес контролю якості кольору практично без додаткових затрат часу. МА-5 QC також оптимізує дані кольору з інших пристроїв для сумісності вимірювань з МА68II і МА94.

Має наступні технічні характеристики:

- 1) апертура, діаметр освітлюваної області: ≈ 12 мм;
- 2) геометрія: 45° кут освітлення, 15° , 25° , 45° , 75° , 110° кути вимірювання (по відношенню до напрямку дзеркального відбиття);
- 3) робоча відстань до зразка: прямий контакт із поверхнею;
- 4) стандартні джерела світла: D65, A, C, D50, F2, F7, F11, F12, D65;
- 5) стандартні кути спостереження: $d2^\circ$, $d10^\circ$;
- 6) фотометричний діапазон: 400 нм - 700 нм;
- 7) вимірювання, фотометрична роздільна здатність: 10 нм;
- 8) програмний функціонал, кількість зразків/вимірів у пам'яті: 1000;
- 9) програмний функціонал, кількість стандартів у пам'яті: 200;
- 10) швидкість роботи, час вимірювання: 2,5 секунди;
- 11) точність вимірювань, короткострокова повторюваність - білий $0,02 \Delta E^*$;
- 12) точність вимірювань, між інструментальна узгодженість середн. $0,18 \Delta E^*$ на наборі плиток BCRA;
- 13) вимоги до ПК, підключення: USB 2.0;
- 14) фізичні характеристики: вага нетто 0,6 кг.

3.4. Пристрої для вимірювання глянцевої поверхні

Розглянемо пристрої, які можуть бути використані для вимірювання рівня глянцевої поверхні, зокрема лакофарбового покриття. Такі пристрої можуть мати назву датчики блиску або глосиметри.

Глосиметр NOVO GLOSS (див. рис. 3.7 - пристрій для вимірювання рівня глянцевої, має високу збіжність, завдяки використанню запатентованого контуру, що автоматично стабілізується. Вимірювання можуть проводитися як на матовій, так і на дзеркальній поверхнях.



Рисунок 3.7. Глосиметр NOVO GLOSS

Цей прилад має важливу перевагу, а саме можливість калібрування не тільки за стандартним еталоном, але і за будь-яким іншим. У його пам'яті може зберігатися до 2000 значень. Може підключатися до ПК для передачі отриманих даних.

Має внутрішню можливість розрахунку максимуму, мінімуму, середнього значення та коефіцієнта варіації.

Глосиметр має наступні технічні характеристики:

- 1) роздільна здатність: 0,1 одиниця блиску;
- 2) відтворюваність: 0,5 одиниць блиску;
- 3) збіжність: 0,2 одиниць блиску;
- 4) діапазон вимірювання: 20°: 0 - 2000GU; 60 °: 0-1 000GU; 85°: 0-199GU;

5) стандарти: ISO 2813, ISO 7668, ASTM D523, ASTM D2457, DIN 67530, JIS 8741, JIS K 5600-4-7;

6) джерела освітлення: галогенові лампи з вольфрамовою ниткою з тривалим терміном використання близькі до джерела світла C CIE;

7) живлення приладу: літієві акумулятори забезпечують понад 17 годин безперервної роботи (більше 10 000 зчитувань);

8) маса: 390 г;

9) габаритні розміри: 65 мм x 140 мм x 50 мм.

Розглянемо ще один пристрій, а саме гоніофотометр Rhopoint IQ (див. рис. 3.8).



Рисунок 3.8. Гоніофотометр Rhopoint IQ

Rhopoint IQ - призначений для визначення таких характеристик якості поверхні та відображення світла як: блиск, матовість, текстура, хвилястість, чіткість відбиття, зміщення покриття, максимум блиску та ефекту "апельсинова кірка".

Gloss (блиск, глянець):

Діапазон вимірювання:

20°:0 - 2000 GU;

60°: 0 - 1000 GU;

85°: 0 - 199 GU;

Роздільна здатність: 0.1 GU;

Похибка: 0.2 %;

Відтворюваність: 0.5%.

RSpec (пік блиску у дуже вузькому діапазоні):

Пік дзеркального відбиття: при $20^{\circ} \pm 0,099121^{\circ}$;

Діапазон вимірювань:

$20^{\circ} - 2000\text{GU}$;

$60^{\circ} - 1000\text{GU}$;

$85^{\circ} - 199\text{GU}$.

Назе (оптичний ефект, спричинений мікроскопічною текстурою або залишком матеріалу на поверхні):

Роздільна здатність: 0,1 HU;

Похибка: 0,2 HU;

Відтворюваність: 1,5 HU.

RIQ (Використовується для кількісної оцінки таких дефектів, як апельсинова кірка та хвилястість):

Роздільна здатність: 0,1;

Похибка: 0,2;

Відтворюваність: 0,5;

Діапазон вимірювання: 0-100.

3.5. Висновки до розділу 3

У даному розділі було розроблено та описано структурну схему автоматизованого контролю якості нанесення лакофарбового покриття. У цій схемі було детально описано принцип роботи системи, її складові елементи та взаємозв'язки між цими складовими.

Описано процес вимірювання та аналізу виміряних параметрів з поясненням процесу контролю параметрів згідно з заданими значеннями на вході.

Також було розглянуто пристрої які можуть бути використані у складі автоматизованої системи контролю якості лакофарбового покриття кузовних деталей, зокрема товщиноміри, глосиметри та спектрофотометри. Детально описано їх базові можливості та технічні характеристики.

4. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВОГО ПОКРИТТЯ НА КУЗОВНІ ДЕТАЛІ АВТОМОБІЛІВ

4.1. Опис функціональної схеми АСКЯНЛП

У цій частині розділу увагу буде приділено опису функціональної схеми автоматизації процесу нанесення лакофарбового покриття та контролю його параметрів якості (див. рис. 4.1).

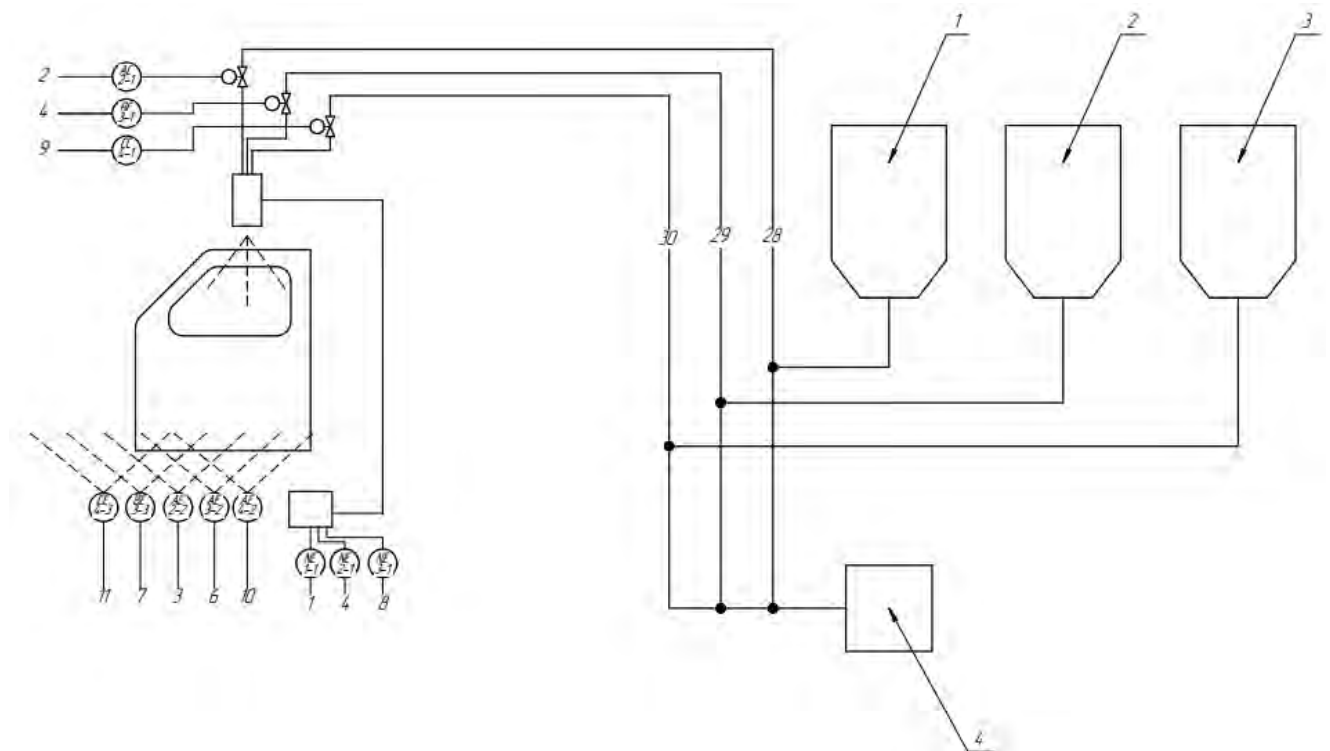


Рисунок 4.1. Функціональна схема автоматизації процесу нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів та контролю його параметрів якості

Розроблена функціональна схема [11] описує загальну структуру системи, складові пристрої та концепцію процесу роботи.

Наявні три баки та три лінії трубопроводу. Маємо наступні баки з таким наповненням: 28 - ґрунтовка; 29 - фарба; 30 - лак. Та такі трубопроводи: 1 - трубопровід для лаку; 2 - трубопровід для фарби; 3 - трубопровід для ґрунтовки.

Трубопроводу з'єднані з власними клапанами відкриття яких керується відповідним регулятором. Маємо такі регулятори:

- 1) АС-регулятор подачі ґрунтовки;
- 2) ВС - регулятор подачі фарби;
- 3) СС - регулятор подачі лаку.

Усі ці трубопроводи поєднані з розпилювачем, який безпосередньо наносить матеріал на поверхню кузовної деталі автомобіля якій необхідно оновити шар лакофарбового покриття.

Елемент 4 представляє собою компресор який робить можливим подачу матеріалу з баків до розпилювача.

Процес нанесення лакофарбового покриття на кузовну деталь включає три етапи та супроводжуючі їх під етапи, відповідно:

- 1) етап нанесення ґрунтового шару:

- контроль розміру поверхні деталі за що відповідає функціональний елемент NE 1-1;
- нанесення відповідної кількості ґрунту на конкретну ділянку деталі для чого задіюється регулятор АС 2-1;
- контроль товщини покриття деталі де використовується пристрій вимірювання товщини покриття АЕ 2-2.

- 2) етап нанесення шару фарби:

- контроль розміру поверхні деталі, на даному етапі використовується елемент NE 2-1;
- нанесення відповідної кількості фарби на поверхню, що реалізовує регулятор подачі фарби ВС 3-1;
- контроль товщини поверхні покриття для чого використовується товщиномір АЕ 3-2;

- контроль відповідності кольору покриття, що дозволяє реалізувати спектрофотометр BE 3-3.

3) етап нанесення шару лаку:

- контроль розміру поверхні деталі, на даному етапі використовується елемент NE 3-1;

- нанесення відповідної кількості лаку на поверхню деталі, для чого використано регулятор подачі лаку СС 4-1;

- контроль товщини покриття використовуючи товщиномір АЕ 4-2;

- контроль рівня гляцю який забезпечується використанням глосиметра СЕ 4-3.

4.2. Опис роботи контролера функціональної схеми автоматизації

Розглянемо таблицю контролера системи АСКЯНЛП (див. рис. 4.1) у якому відображено кожен функціональний елемент системи та їх функціональні особливості.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Технічні засоби автоматизації місцеві		NE 1-1	AL 2-1	AE 2-2	NE 2-1	BE 3-1	AE 3-2	BE 3-3	NE 3-1	CC 4-1	AE 4-2	CE 4-3
Виробання		•		•	•		•	•	•		•	•
Регулювання			•			•				•		
Керування												
Сигнал-зація	Технологічна		•			•				•		
	Аварійна											
Захист і блокування												
Регстрація	Безперервна											
	За викликом	•		•	•		•	•	•		•	•
Індикація	Безперервна		•			•				•		
	За викликом											
Ручне дистан. керування		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Архівування												

Рисунок 4.2. Контролер функціональної схеми АСКЯНЛП

Розглянемо для початку елементи NE. Згідно таблиці ці елементи представляють собою вимірювальний пристрій, який здійснює реєстрування значень вимірювання та має ручне/дистанційне керування.

Наступний елемент це регулятор подачі ґрунтовки AC, який відповідно виконує регулювання, має технологічну сигналізацію яка вказує на певний процес, наприклад на процес роботи в певному режимі або при виникненні іншої ситуації яка є дуже важливою і потребує сповіщення, має безперервну індикацію яка вказує на процес роботи чи на статус приладу, а також ручне/дистанційне керування.

Відповідно маємо регулятор подачі фарби BC, який аналогічно до попереднього регулятора має аналогічний набір функціональних особливостей але відповідно виконує регулювання подачі фарби в певній визначеній кількості.

Останній регулятор це регулятор подачі лаку - CC, який також має ідентичний набір функціональних особливостей регулювання, технологічна сигналізація, безперервна індикація та ручне/дистанційне керування, але весь процес виконується для нанесення визначеної кількості лаку на останньому етапі.

Так як ця система повинна забезпечити якість нанесення лакофарбового покриття у структурі системи присутні вимірювані прилади: а саме товщиномір, спектрофотометр та глосиметр.

Товщиномір реалізує функціональний елемент AE, який згідно таблиці має наступні функціональні можливості як: забезпечення процесу вимірювання, реєстрацію даних за викликом що обумовлено тим, що процес вимірювання виконується вибірково в певних точках поверхні, а також має ручне/дистанційне керування.

Наступний елемент це спектрофотометр BE, який аналогічно до товщиноміра має такі функціональні особливості як - вимірювання, у даному випадку відповідності значення кольору, реєстрацію даних вимірювання за викликом та ручне/дистанційне керування.

Останній елемент який варто описати це глосиметр СЕ, який також має ідентичні функціональні особовості - забезпечує процес вимірювання, у даному випадку рівня глянцю, реєструє дані вимірювання за викликом та має ручне/дистанційне керування.

4.3. Висновок до розділу 4

У цьому розділі було побудовано функціональну схему автоматизованої системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля у процесі ремонту.

Схема включає зображення умовного процесу нанесення лакофарбового покриття з усіма ключовими етапами та таблицею контролера у якому відображено усі ключові функціональні елементи та визначено їх функціональні особливості.

Розроблена система дозволяє забезпечити контроль якості поверхні на усіх трьох етапах нанесення покриття. Зокрема:

- на етапі ґрунтування забезпечується контроль параметрів деталі та контроль товщини ґрунтового шару;
- на етапі нанесення фарби забезпечується контроль параметрів деталі, товщини покриття та відповідність параметрам кольору конкретного автомобіля;
- на третьому етапі також забезпечується контроль параметрів деталі, а також товщини покриття, і відповідно виконується контроль рівня глянцю на основі параметрів покриття автомобіля до ремонту.

5. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВОГО ПОКРИТТЯ КУЗОВНИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЯ

5.1. Структура вимірювальних елементів системи АСКЯНЛП

Розглянемо структурні схеми вимірювальних елементів системи контролю якості лакофарбового покриття, зокрема: товщиномір, спектрофотометр та глосиметр.

Розглянемо структуру першим вимірювальним елементом є товщиномір TQCLD0800 (див. рис. 5.1).

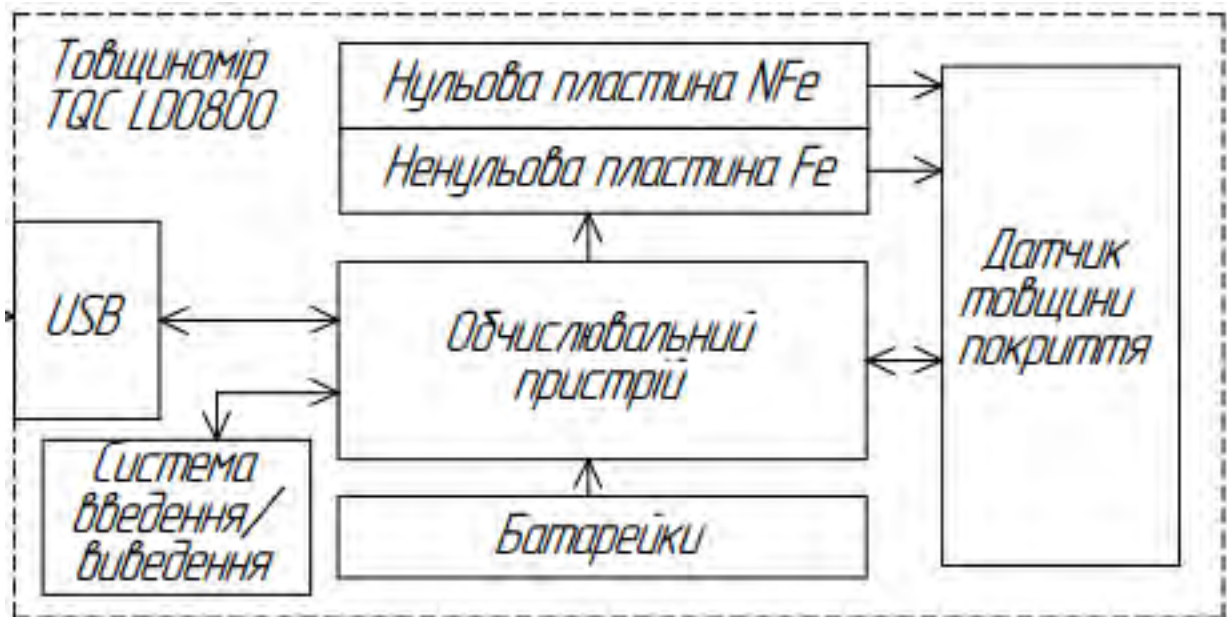


Рисунок 5.1. Структура товщиноміра TQCLD0800

Згідно структурної схеми товщиномір має обчислювальний пристрій, який виконує керування елементами пристрою та виконує математичні операції. Наявний датчик товщини покриття, який поєднано з обчислювальним пристроєм та з пластинами NFe і Fe, які визначають тип основи на яку нанесено покриття, товщину якого потрібно визначити, відповідно це феромагнітна та неферомагнітна основа.

Пристрій працює від батарейок, які можна легко замінити. Також пристрій має вбудовану систему введення виведення інформації.

Процес обміну даними забезпечується через USB-порт, який підключений до одного з доступних портів ПК.

Наступний вимірювальний пристрій для розгляду є глосиметр MA-5 QC, структуру якого показано на рис. 5.2.

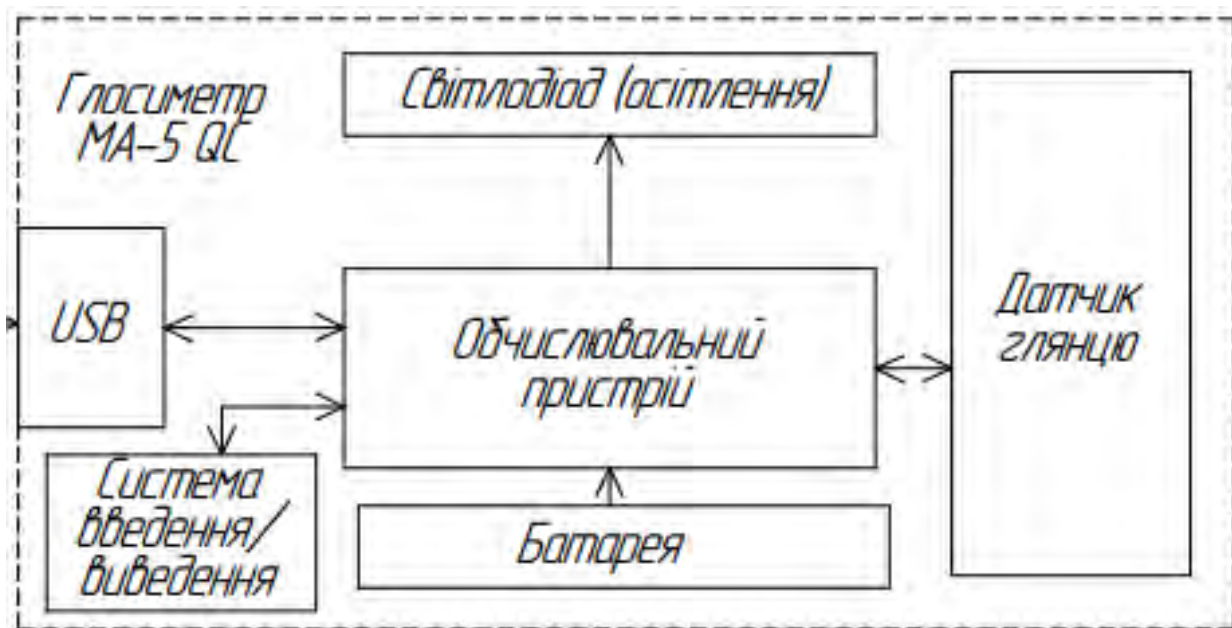


Рисунок 5.2. Структура глосиметра MA-5 QC

Відповідно для можливості виконання обчислювальних операцій та керування наявний обчислювальний пристрій. З обчислювальним пристроєм поєднано датчик рівня глянцею/блиску.

Пристрій містить вбудовану систему введення/виведення інформації та світлодіод для освітлення. Система живиться від батареї яку можна зарядити без заміни елементу живлення, як у попередньому пристрої.

Передача даних організована з використанням USB-порту, який приєднується до одного з портів ПК.

Розглянемо наступний вимірювальний пристрій - спектрофотометр NOVOGLOSS (див. рис. 5.3)

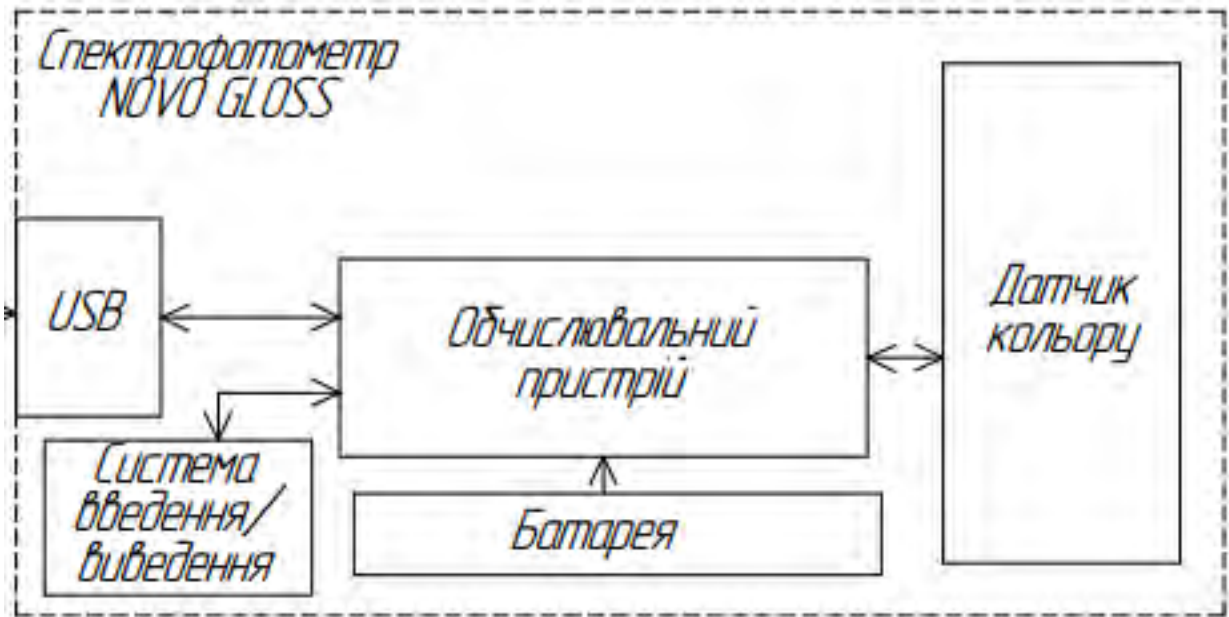


Рисунок 5.3. Структура спектрофотометра NOVOGLOSS

Спектрофотометр у своїй структурі містить обчислювальний пристрій для забезпечення взаємодії між усіма складовими компонентами пристрою. Найважчий датчик кольору, який безпосередньо поєднано з обчислювальним пристроєм та забезпечує процес визначення кольору покриття автомобіля.

Пристрій має автономне живлення у вигляді батареї як у раніше розглянутому глосиметрі. Найважча система введення та виведення інформації.

Обмін даними виконується через USB, який підключається до ПК напряму, та надає можливість визначати та отримувати інформацію про проведені вимірювання та їх результати.

5.2. Схема електрична принципова USB-порту ПК

Наступним етапом розглянемо електричну принципову схему USB-портів ПК які забезпечують підключення та взаємодію вимірювальних пристроїв системи АСКЯНЛП (див. рис. 5.4).

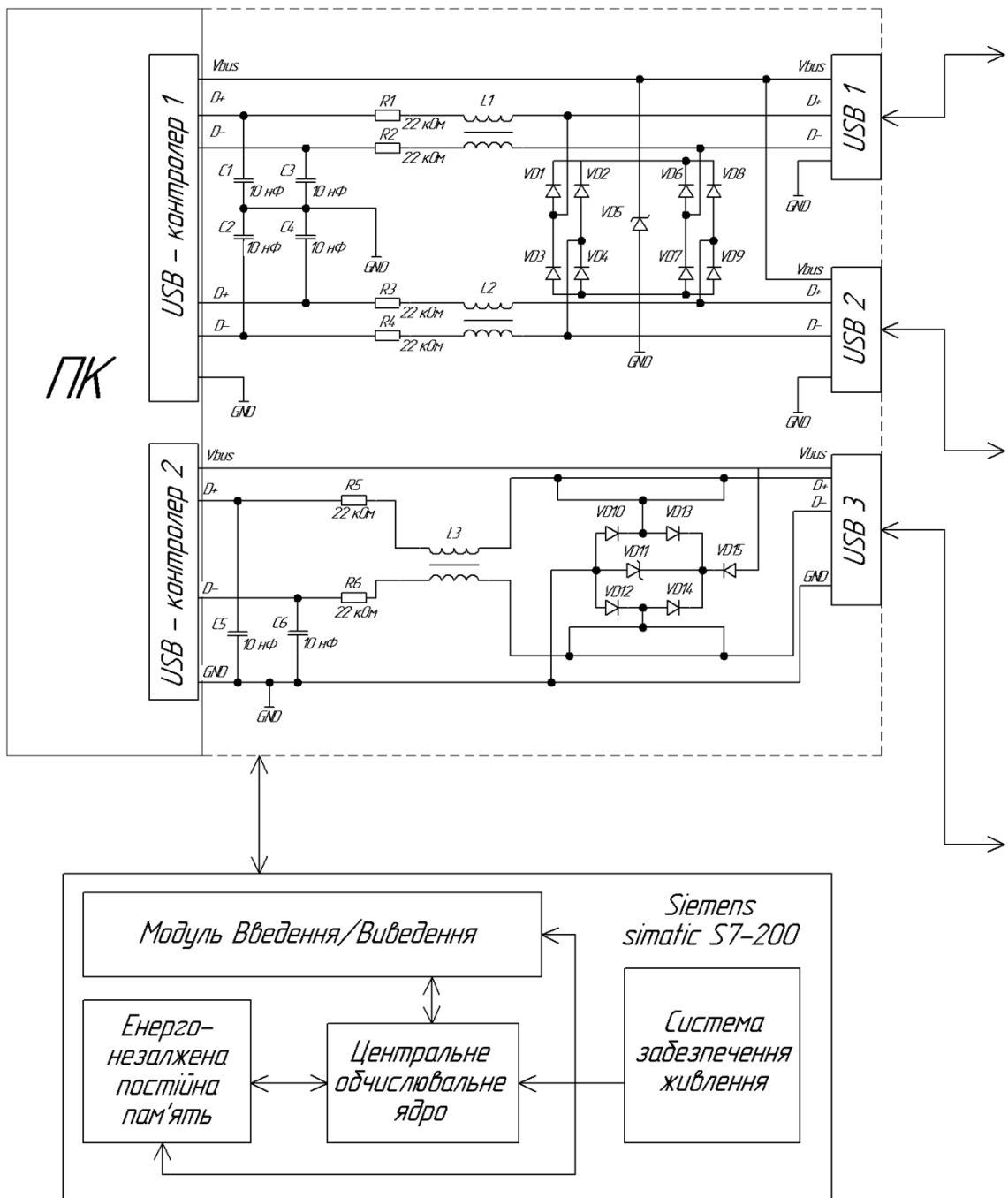


Рисунок 5.4. Електрична принципова схема портів USB ПК та контролера

Дана схема відображає важливі та необхідні складові компоненти портів USB. Схема демонструє повну структуру портів та надає можливість зрозуміти як повинен здійснюватися процес передачі даних між комп'ютером та вимірювальними приладами.

На схемі представлено типову структуру з трьома USB-портами, кількість яких відповідає кількості підключених до них пристроїв.

5.3. Висновки до розділу 5

У даному розділі було детально описано побудову електричної-структурної схеми автоматизованої система контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля.

У розділі розглянуто структуру та особливості внутрішньої будови використаних вимірювальних пристроїв - товщиноміра, глосиметра та спектрофотометра.

Окремо розглянуто електричну принципову схему портів USB на комп'ютері. Дана схема демонструє як відбувається процес взаємодії між портом USB, куди підключається вимірювальний пристрій, та USB- контролерами комп'ютерами.

6. АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВОГО ПОКРИТТЯ КУЗОВНИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЯ

6.1. Етап ініціалізації складових модулів системи

Етап ініціалізації представляє собою програмну частину у якій відбувається перевірка усіх складових модулів та їх працездатність (див. рис. 6.1).

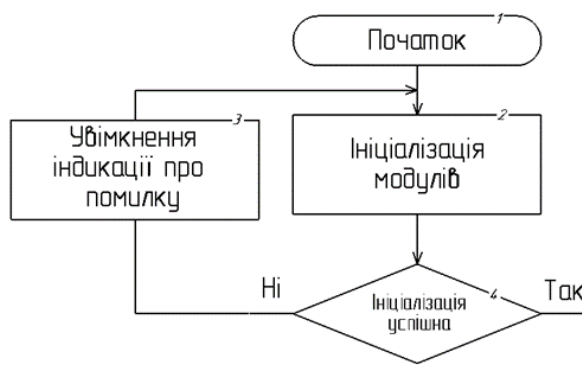


Рисунок 6.1. Фрагмент блок-схеми алгоритму для етапу ініціалізації

Даний етап є важливим, тому що якщо система почне свою роботу з несправним модулем то це призведе до поганих наслідків. Зазвичай на даному етапі перевіряється чи підключені датчики, чи виконується обмін даними, після чого відбувається налаштування вхідних параметрів (див. рис. 6.2).

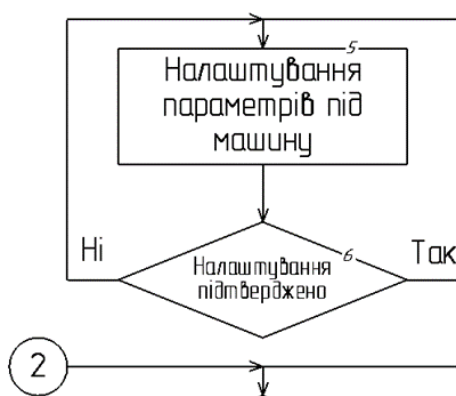


Рисунок 6.2. Фрагмент блок-схеми алгоритму для етапу налаштування параметрів

На етапі налаштування параметрів відбувається введення і підтвердження параметрів. Цей етап є важливим і може налаштовуватися індивідуально.

Наприклад для кузовної деталі різних машин можуть бути актуальні різні характеристики лакофарбового покриття, які необхідно змінювати у залежності від особливостей кожного автомобіля.

6.2. Етап вимірювання параметрів лакофарбового покриття

Після підтвердження вхідних параметрів перевіряється умова початку процесу вимірювання, після чого відбувається процес вимірювання товщини покриття (див. рис. 6.3).

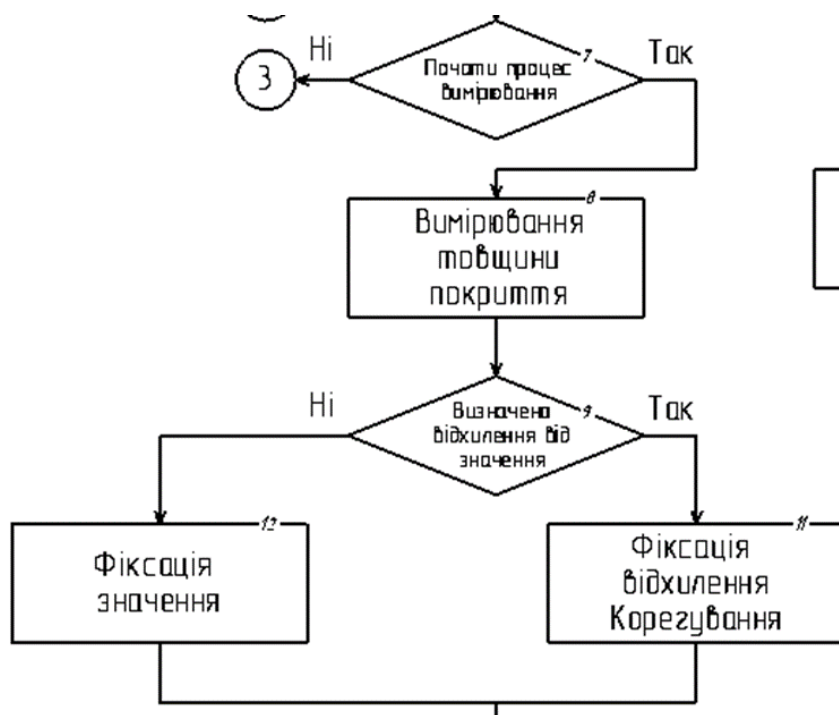


Рисунок 6.3. Фрагмент блок-схеми алгоритму для етапу вимірювання товщини покриття

Перевірка чи було надано команду почати процес вимірювання є важливим, так як процес вимірювання параметрів відбувається з певними визначеними проміжками часу, або за командою.

Першим етапом є вимірювання товщини покриття та порівняння виміряних значень з вхідним значенням. Виміряне значення повинно знаходитися в межах допустимих значень. Відповідно, якщо виміряне значення входить в межу допустимих значень відбувається фіксація даних значень, тобто збереження та надсилання на пристрій.

Якщо виявлено відмінність відбувається також фіксація, з вказанням на отриману різницю та особливості. У відповідності до відхилення надається команда щодо корегування або усунення проблеми.

Наступним етапом в алгоритмі є процес вимірювання параметру кольору (див. рис. 6.4).

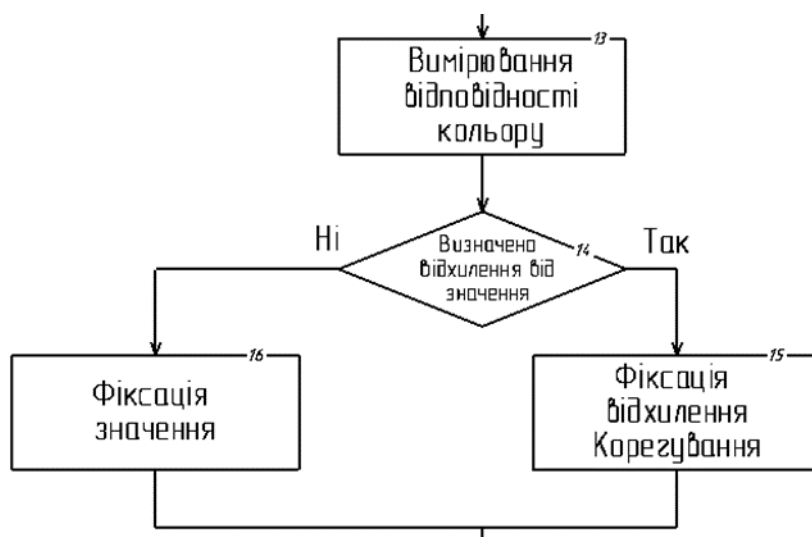


Рисунок 6.4. Фрагмент блок-схеми алгоритму для етапу вимірювання відповідності кольору

Дана частина призначена для того, щоб визначити на скільки колір нанесеного покриття відповідає тому, який повинен бути. Відповідно виміряне значення порівнюється з вхідним і в залежності від відхилення виконується конкретна дія.

Якщо відхилення немає, або відхилення в межах норми (вважається як відсутність) то відбувається фіксація значення та передача на ЕОМ для звіту. Але

якщо відхилення значене виконується також фіксація та конкретні дії щодо мінімізації відхилення.

Останнім етапом вимірювання є визначення значення рівня блиску та порівняння даного значення з заданим згідно особливостей покриття автомобіля (див. рис. 6.5).

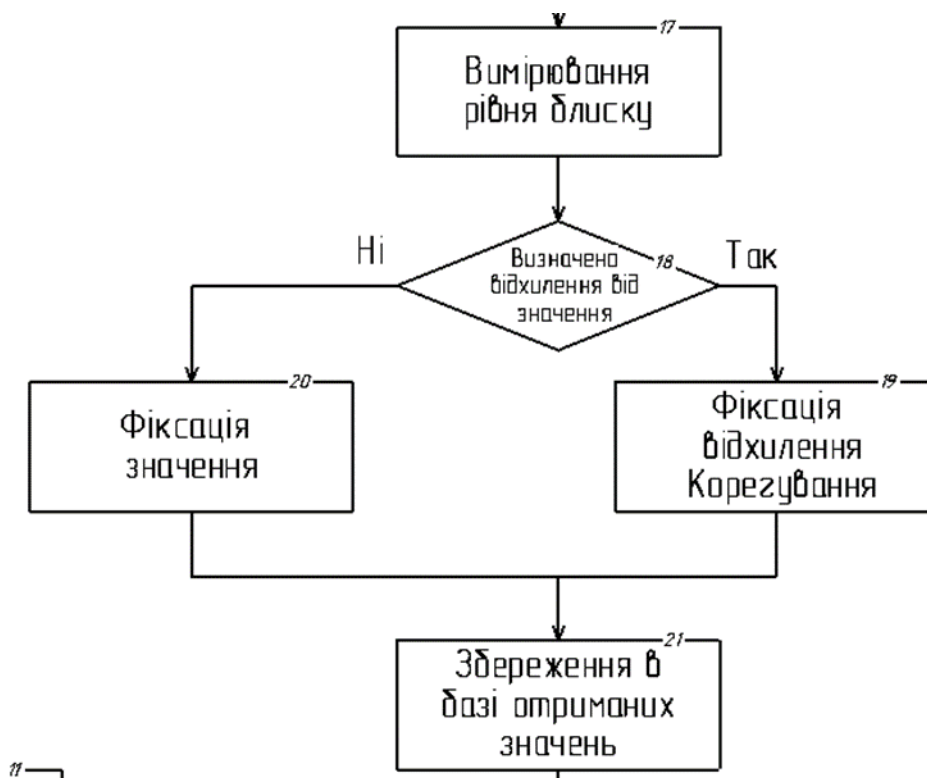


Рисунок 6.5. Фрагмент блок-схеми алгоритму для етапу вимірювання відповідності блиску

Автомобіля можуть мати різне покриття, можна виділити глянцеове та матове, кожне покриття має свій рівень глянцеу. Відповідно у процесі ремонту важливо дотримуватися відповідності усім параметрам покриття, для того, щоб фінальний результат був коректним.

Якщо не виявлено значного відхилення від заданого значення відбувається фіксація значень. Якщо відхилення виявлено вказується яке значення має це відхилення та які дії необхідно виконати для корекції.

Після виконання циклу вимірювання відбувається збереження отриманих даних у базі для подальшого аналізу та формування звітності.

Отримані дані важливо зберігати, оскільки це дозволить сформувати статистику роботи автоматизованої системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття та згідно неї роботи висновки щодо працездатності системи. Цей процес дозволяє забезпечити вищий рівень якості роботи системи.

6.3. Завершення циклу вимірювання

Після виконання всіх вимірювань, і якщо не було надано команду про подальші вимірювання для даної деталі, відбувається завершення циклу вимірювання (див. рис. 6.6).



Рисунок 6.6. Фрагмент блок-схеми алгоритму, що ілюструє завершення циклу вимірювання

Цикл повинен завершуватися, так як нанесення покриття відбувається для різних деталей, різних типів та з різними особливостями. Завершення циклу вимірювання вказує на те, що усі необхідні дії було виконано для даної деталі.

Після завершення вимірювань відбувається збереження та повідомляється про те, що система завершила свою роботу над даною деталлю.

Коли на лінії було подану нову деталь відбувається наступний запуск системи, відбувається виконується перевірка справності модулів, налаштування і підтвердження вхідних даних параметрів лакофарбового покриття для конкретного типу деталі кузова. Після чого подається команда на початок проведення вимірювання.

Варто зазначити що команда на початок проведення вимірювання може мати певну кількість ітерації, які представляють собою кількість вимірювань. Це обумовлено тим, що вимірювання відбувається не в одній конкретній точці, а в певній кількості точок.

Відповідно виконується порівняння кожного отриманого значення з заданим для того щоб визначити зони з можливим відхиленням.

На рис 6.7 зображено повну блок-схему алгоритму роботи системи.

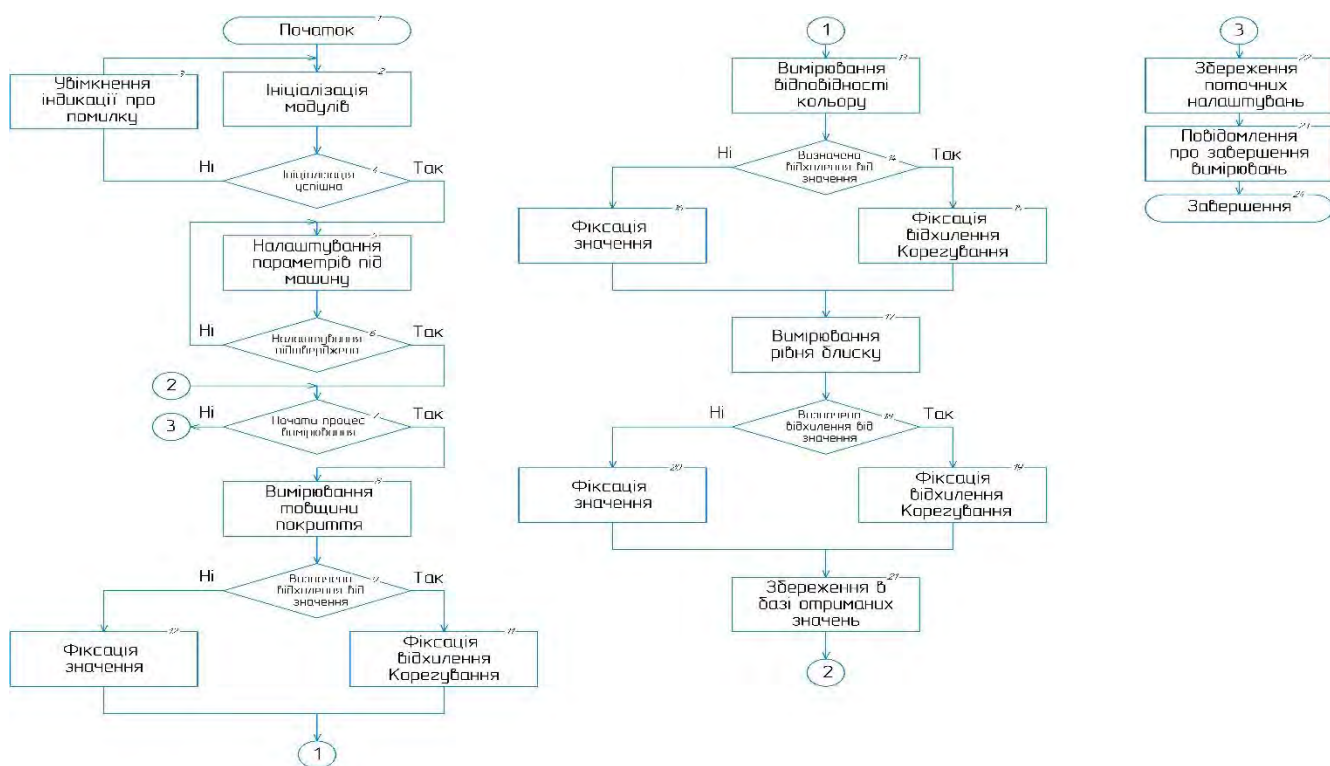


Рисунок 6.7. Загальна блок-схема алгоритму роботи АСКЯНЛП

6.4. Висновки до розділу 6

У даному розділі було описано розроблений алгоритм системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля.

Алгоритм розподілено на окремі ключові етапи, які включають у собі етап ініціалізації (перевірки) обладнання, етап введення та підтвердження вхідних даних які описують параметри покриття та допустимі відхилення, етап вимірювання та етап звершення циклу вимірювання.

Етап вимірювання включає у собі три складових, а саме процес вимірювання та порівняння значення товщини покриття в низці точок, вимірювання параметру кольору для визначення відповідності та рівень глянцею, що також є дуже важливим параметром. Процес вимірювання виконується не одноразово а певною кількістю в залежності від кількості точок, але у будь-якому випадку він завершить свою роботу.

В результаті роботи системи буде отримано звіт з усіма даними щодо вимірювання, що дозволяє створювати статистику щодо якості роботи системи та надає можливості щодо пошуку можливих покращень.

7. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЄКТУ «АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВОГО ПОКРИТТЯ КУЗОВНИХ ДЕТАЛЕЙ»

У цій частині магістерської дисертації буде приділено увагу питанням створення та просування стартап-проєкту. У цій роботі розглядається розробка автоматизованої системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття на кузовні деталі автомобілів, зокрема орієнтуючись на проведення процесів ремонту.

7.1. Опис ідеї проєкту

Впровадження систем автоматизації у виробництво та ремонт стають популярними за рахунок високої технологічності та точності виконання роботи. Таким шляхом мінімізується вплив людського фактору на процеси контролю. Автоматизація дозволяє прискорювати збір даних та швидкість реакції на проблеми.

На початку опису стартапу варто визначити основні його ідеї (табл. 7.1).

Таблиця 7.1. Опис ідеї стартап-проєкту[12]

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Автоматизація процесу контролю нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля у процесі ремонту	Перевірка якості нанесення	Забезпечую високу якість нанесення і надійність
	Автоматизація нанесення та перевірки	Прискорює процес та мінімізує шкоду для людини
	Збір даних щодо технології та результатів ремонту	Автоматизує збір даних та їх обробки для подальшої оптимізації чи налаштування

Для проведення аналізу техніко-економічних переваг потрібно розглянути (табл. 7.2):

- перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначення кола конкурентів або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;
- порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 7.2.).

Таблиця 7.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту[12]

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Auto-Star	Corrotech			
1.	Швидкість	Швидка	Середня	Середня			+
2.	Точність	Висока	Висока	Висока		+	
3.	Автоматизація	Висока	Середня	Середня			+
4.	Надійність	Висока	Висока	Висока		+	
5.	Аналіз даних	Є	Немає	Немає			+
6.	Бездротовий зв'язок	Є	Є	Є		+	

Розроблена система має низку переваг, що пов'язано зі швидкістю за рахунок автоматизації процесів, автоматизованого виконання дій контролю та зберігання й аналізу отриманих даних у процесі контролю. Ці аспекти роблять продукт унікальним на ринку.

Впровадження роботизованих та автоматизованих систем контролю якості нанесення лакофарбового покриття в Україні поки що не набув широкої поширеності, тому стартап має потенціал для розширення.

Наступним етапом опишемо інформаційну карту стартапу.

Таблиця 7.3. Інформаційна карта стартапу[12]

Назва проєкту	Автоматизована система контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля у процесі ремонту
Автори	Демочані Н. Є., Черепанська І. Ю.
Анотація	Ця автоматизована система дозволяє забезпечити процес контролю якості нанесення лакофарбового покриття
Терміни реалізації	1 рік
Необхідні ресурси	Фінансові
Опис проблеми яка буде вирішена	Надає можливість підвищити якість процесу нанесення покриття на деталі та покращити технологічний процес
Ціль стартапу	Підвищити якість процесу нанесення лакофарбового покриття у процесі ремонту деталей кузова
Очікуваний результат	Застосування автоматизованої системи у складі засобу контролю якості та станціях технічного обслуговування та в фарбувальних цехах

Стартап представляє собою реалізацію автоматизованої системи забезпечення контролю якості нанесення лакофарбового покриття, яка передбачає що вона буде встановлена у технологічних цехах, станціях ремонту і підвищить рівень технологічності даного процесу.

Проведемо аудит технологій реалізації системи, яка пропонується у стартап-проєкті (табл. 7.4). За допомогою аудиту можна визначити оптимальну ідею і обрати відповідні технології.

Таблиця 7.4. Технологічна здійсненність ідеї проекту[12]

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Система на основі потужного ядра з точними вимірювальними системами та аналізом даних	Використання міні комп'ютери та бездротових технологій Використання алгоритму аналізу на основі вимірювань	Наявні	Доступні
2.		Використання контролерів середньої потужності Наявність системи збереження даних	Наявні	Доступні
3.		Використання контролерів середньої потужності Використання обмеженої кількості датчиків для мінімального фільму контролю	Наявні	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту 1				

Для даного стартап-проекту було обрано ідею 1 для побудови системи. Вибір обґрунтований тим, що вона використовує потужні технології, зокрема міні комп'ютери, бездротові технології, а також алгоритм аналізу даних на основі показань датчиків, що пришвидшить та автоматизує процеси.

7.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

У даному підрозділі буде визначено попередню характеристику потенційного ринку стартап-проекту (табл. 7.5) для того, щоб визначити кількість гравців, динаміку ринку, обмеження тощо.

Таблиця 7.5. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту[12]

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	50000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Конкуренція серед компаній
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги щодо контролю якості нанесення
6	Середня норма рентабельності в галузі (або ринку), %	25

На основі даних з таблиці можна визначити, що ринок автоматизованих систем контролю якості швидко розвивається, має певний рівень конкуренції та вимагає певного дотримання стандартів щодо контролю якості нанесення лакофарбового покриття.

Переходимо до визначення характеристик потенційних клієнтів стартап-проекту (табл. 7.6).

Таблиця 7.6. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту[12]

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп	Вимоги споживачів до товару
1	Забезпечення автоматизованого контролю якості нанесення лакофарбового покриття.	Станції технічного обслуговування, Ремонтні цехи, Підприємства	Використання системи для пришвидшення нанесення лакофарбового покриття і контролю цього процесу	Рівень автоматизації, Швидкодія, Точність, Бездротовий зв'язок, Потужність.
2	Використання вбудованих алгоритм аналізу даних щодо проведення робіт		Використання системи для контролю якості та обробки даних щодо цього процесу	Швидкість обробки даних, Точність алгоритму, Точність вимірювань

Використання цієї системи є доцільним для ремонтних цехів та станцій технічного обслуговування. Система здатна забезпечити високий рівень автоматизації, швидкодію, точність вимірювання, а також алгоритми обробки даних. Може бути адаптовано під використання на підприємствах

Таблиця 7.7. Портрет цільового покупця[12]

Що потрібно придбати клієнту?	Автоматизовану систему контролю якості нанесення лакофарбового покриття
Хто покупець?	Підприємства з виготовлення та ремонту автомобілів
Мета купівлі?	Необхідність вдосконалення процесу ремонту автомобілів
Коли саме покупець купує продукт?	Коли виникає потреба вдосконалення технологічного процесу
Де покупець бажає придбати товар?	На офіційному сайті
Якою є мета стартапу?	Задовільнити потребу клієнта з вдосконалення процесу контролю якості

Далі розглядаємо потенційні фактори загроз (табл. 7.8).

Таблиця 7.8. Фактори загроз[12]

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Зростання конкуренції	Зростання конкуренції та падіння актуальності на продукт	Пошук нових технологій для забезпечення зростання актуальності
2	Невідповідність технічних характеристик	Система не відповідає своїм технічним характеристикам і вимогам користувачів	Покращення технічних характеристик шляхом модернізації вимірювальних систем та алгоритму
3	Не актуальність використання	Система не є доцільною для використання у більшості випадків	Пошук засобів, щодо актуальності використання системи в більшості випадків
4	Зростання вартості модулів	Зростання вартості комплектуючих	Пошук альтернатив, щодо використання комплектуючих
5	Дороговартісне обслуговування (ремонт)	Обслуговування (ремонт) системи може використовувати велику кількість фінансових ресурсів	Створення систематичного обслуговування для уникнення виникнення аварій

Варто сказати, що існує певна кількість загроз, які можуть вплинути на розвиток проєкту. Зокрема, варто виділити такі, як актуальність використання, дороговартісне обслуговування і ремонт та зростання конкуренції.

Для того, щоб уникнути більшої кількості загроз, варто проводити оптимізацію системи та пошук альтернативних рішень щодо зниження ціни.

Розглянемо фактори потенційних можливостей (табл. 7.9)

Таблиця 7.9. Фактори можливостей[12]

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Впровадження систематичного обслуговування	Впровадження систематично обслуговування дозволить уникнути витрат на ремонт	Побудова порядку виконання робіт обслуговування
2	Модернізація комплектуючих	Модернізація комплектуючих дозволить покращити надійність системи	Пошук альтернатив, щодо комплектуючих, які здатні забезпечити вищу точність і якість
3	Модернізація алгоритму	Модернізація алгоритму дозволить підвищити точність обробки даних	Виконати перебудову алгоритми для виявлення неточності та проблемних місць
4	Підвищення точності вимірювання	Удосконалення системи вимірювання за рахунок оновлення датчиків	Впровадження оновлених датчиків, які матимуть кращу чутливість та діапазони вимірювання
5	Оптимізація архітектури для зниження ціни	Оновлення будови системи, яка дозволить знизити її вартість	Пошук методів оптимізації та їх впровадження

Існує певна кількість можливостей, які можуть допомогти розвивати конкурентоздатність системи стартапу. Ключовими можна вважати такі: модернізація комплектуючих, підвищення точності та оптимізація архітектури для зниження ціни. Виконання цих можливостей може збільшити попит на систему, та доцільність використання.

Наступним буде розглянуто та описано ступеневий аналіз конкуренції на ринку (табл. 7.10)

Таблиця 7.10. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку[12]

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Чиста конкуренція	Компанії не впливати на ціну. Важливість унікальності	Модернізація та оптимізація
Рівень конкурентної боротьби - глобальний	Наявність клієнтів в інших країнах світу	Можливий вихід на міжнародний ринок ніші
Конкуренція за галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Використання у межах визначеної галузі	Залучення клієнтів у обраній категорії
Конкуренція за видами товарів - товарно-видова	Між товарами одного виду (типу)	Стратегія забезпечення вимог клієнта
За характером конкурентних переваг - нецінова	Ціна залежить від системи	Модернізація, зростання точності, надійності
За інтенсивністю - марочна	Власна торгова марка	Зростання зацікавленості та довіри

Присутня чиста конкуренція, тому існує необхідність забезпечення вимог клієнта та підвищення якості і точності системи. Таким чином є можливість забезпечити стійкість від впливу конкурентів та проблем які звідти можуть виникнути.

Далі проводимо етап аналізу умов конкуренції у галузі (табл. 7.11)

Таблиця 7.11. Аналіз конкуренції у галузі за М. Портером[12]

Складові аналізу	Прямі конкуренти у галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Auto-Star Corrotech	Наявність систем-аналогів які копіюють методи	Вплив на постачання комплектуючих	Оцінка, відгук	Дешевші та менш функціональні систем з нижчою точністю
Висновки:	Середній рівень конкуренції	Вибір кращими показниками роботи та цінами	Регулюють ціну. Має значення наявність комплектуючих	Безпосередньо використовують систему і впливають на попит	Не можуть замінити систему аналогами

У результаті виконання аналізу конкуренції у галузі за М. Портером можна сказати, що безпосередньо на стартап може мати вплив конкуренції, постачальників та клієнтів. У загальні сукупності вони можуть мати загрозу, тому варто враховувати альтернативні шляхи закупівлі комплектуючих, проведення покращень для стримування конкурентів та для кращих оцінок клієнтів. Далі проводимо обґрунтування факторів конкурентоспроможності стартапу (табл. 7.12).

Таблиця 7.12. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності[12]

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проєктів значущим)
1	Автоматизація	Швидка та автоматизована робота і процеси
2	Висока точність	Забезпечення високої точності вимірювання
3	Висока надійність	Забезпечення надійності комплектуючих
4	Аналіз даних	Виконання одночасної обробки даних
5	Функціональність	Висока кількість необхідних функцій контролю

Наступним етапом проведемо порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проєкту (табл. 7.13).

Таблиця 7.13. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін[12]

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Фактор конкурентоспроможності у порівнянні з Auto-Star							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1	Автоматизація	18								+
2	Висока точність	20				+				
3	Висока надійність	17				+				
4	Аналіз даних	17								+
5	Функціональність	19							+	

Основними факторами конкурентоспроможності є автоматизація процесів контролю якості, які можуть бути інтегровані в процес нанесення покриття, аналіз даних вимірювання для швидкої оцінки якості та відповідності параметрам, а також висока функціональність системи. Виконуємо побудову таблиці SWOT-аналізу (табл. 7.14).

Таблиця 7.14. SWOT- аналіз стартап-проєкту[12]

Сильні сторони: 1. Автоматизація 2. Аналіз даних 3. Функціональність 4. Ціна	Слабкі сторони: 1. Обслуговування 2. Вартість ремонту 3. Заміна складових
Можливості: 1. Впровадження систематичного обслуговування 2. Модернізація комплектуючих 3. Модернізація алгоритму 4. Підвищення точності вимірювання 5. Оптимізація архітектури для зниження ціни	Загрози: 1. Зростання конкуренції 2. Невідповідність технічних характеристик 3. Не актуальність використання 4. Зростання вартості модулів 5. Дороговартісне обслуговування (ремонт)

У зв'язку з наявністю певного роду загроз варто виконувати відповідні дії щодо оптимізації та покращення, щоб уникнути впливу зростання конкуренції, невідповідності технічним характеристикам та не актуальності тощо. Існують можливості щодо уникнення потенційних проблем і їх варто використовувати.

Виконаємо визначення альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту (табл. 7.15).

Таблиця 7.15. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту[12]

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Середня	3 міс.
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Висока	2 міс.
3	Стратегія виходу з ринку	Середня	2 міс.

З зазначених альтернатив обираємо стратегію компенсації слабких сторін стартап наявними ринковими можливостями.

Таблиця 7.16. Опрацювання питання для удосконалення продукту[12]

№	Запитання	Відповідь
1	Частиною якої системи є продукт?	Системи забезпечення якості контролю якості процесу фарбування
2	Є можливість розділення продукту на частини?	Так. Система має можливість буди розділена на незалежні функціональні частини
3	Є можливість об'єднання в один продукт?	Ні. Продукт є завершеним
4	Ідеальний продукт це?	Той, який забезпечує швидкодію, точність та якість контролю. Забезпечує автоматизований збір даних
5	Є можливість заміни продукту (частини продукту)?	Частини системи можуть бути взаємозамінними
6	Що було раніше?	Система не була автоматизованою
7	Який шлях на удосконалення продукту?	Додавання сучасних методів автоматизації для покращення процесу контролю якості

7.3. Розроблення ринкової стратегії проєкту

Розроблення ринкової стратегії передбачає визначення стратегії охоплення ринку, зокрема цільових груп потенційних споживачів (табл. 7.17).

Таблиця 5.17. Вибір цільових груп потенційних споживачів[12]

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Ремонтні цехи	Так	Високий	Висока	Низька
2	Станції технічного обслуговування	Так	Середній	Висока	Низька
3	Підприємства	Так	Високий	Висока	Низька
Як цільові групи обрано: ремонтні цехи та станції технічного обслуговування					

За результатами аналізу цільових груп споживачів було обрано групи: ремонтні цехи та станції технічного обслуговування. Система оптимізована для використання у цих групах та оптимізує свою роботу під вимоги цих цільових груп.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 7.18).

Таблиця 7.18. Визначення базової стратегії розвитку[12]

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проєкту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Підсилення сильних сторін стартапу за рахунок ринкових можливостей	диференційований маркетинг	Автоматизація Функціональність Оптимізація контролю якості	Стратегія спеціалізації

Як стратегію охоплення ринку обрано диференційований маркетинг, а базова це стратегія спеціалізації. Важливо, щоб розвиток стартапу був націленим

на визначену функціональність та конкретну спеціалізацію, так як це дозволить покращити ситуації щодо конкуренції.

Далі проводимо визначення стратегії конкурентної поведінки (табл. 7.19)

Таблиця 7.19. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки[12]

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Шукати нових	Ні	Стратегія заняття конкурентної ніші

Пропозиція яку надає стартап є досить унікальною та новою, але існує вузька кількість організацій які надають схожі послуги. Але завдяки автоматизації процесів та обробки даних є можливість розширення впливу на підприємства та центри обслуговування які займають ремонтом автомобільної техніки. Наступним етапом на основі попередньо виконаних аналізів проводимо визначення стратегії позиціонування стартапу (табл. 7.20).

Таблиця 7.20. Визначення стратегії позиціонування[12]

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Високий рівень автоматизації	Стратегія спеціалізації	Автоматизоване вимірювання Автоматизована обробка даних	Швидкість Автоматизація Ціна
2	Паралельний аналіз відповідності параметрів		Виконання вимірювання з паралельним аналізом, формування звітів щодо даних, виявлення невідповідності	Аналіз даних Автоматизований збір даних Ціна
3	Забезпечення точного вимірювання з великою функціональністю		Високоточне та високо функціональне вимірювання параметрів лакофарбового покриття	Точність Якість Стандартизація

У результаті було отримано систему рішень щодо ринкової поведінки компанії (стартапу). Визначено напрямки у яких буде розвиватися компанія.

7.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

У процесі розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару. У таблиці 7.21 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 7.21. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару[12]

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Автоматизація процесів контролю	Виконання процесів контролю в автоматизованому режимі з мінімальним втручанням персоналу	Повна / часткова автоматизація виконання процесів контролю якості
2	Автоматизація обробки даних	Швидкість формування звіту щодо якості покриття, аналіз в реальному часі	Автоматизований збір даних, порівняння параметрів у відповідності, формування звітів щодо роботи
3	Забезпечення відповідності стандартам якості	Вимірювальна точність та аналіз дозволяє забезпечити високий рівень відповідності вимогам та стандартам	Забезпечення високої точності контролю у поєднанні з автоматизованим підходом до контролю якості

Переваги, які розглянуті у таблиці 7.21 можуть бути ключовими для, того щоб отримати найкраще рішення для груп клієнтів, з врахування усіх вимог щодо автоматизації процесів. Взагалі концепція автоматизація є дуже популярною, та вимагає пошуку методів впровадження у більшу кількість виробництва та процесів.

Наступним етапом роботи є виконання опису трьох рівнів моделі товару згідна ідеї (табл. 7.22).

Таблиця 7.22. Опис трьох рівнів моделі товару[12]

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Автоматизована, функціональна, точна система контролю якості нанесення лакофарбового покриття		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Ор
	1. Рівень автоматизація	М	Тх
	2. Ціна	М	Е
	3. Висока точність	М	Тх
	4. Функціональність	Нм	Тл
	5. Збір даних	Нм	Тл
	Якість: ДСТУ2499:2017		
	Пакування: захисне пакування, проміжний захист, нанесення захисної плівки		
Марка: AutoQuality			
III. Товар з підкріпленням	До продажу: перевірка працездатності, перевірка на наявність пошкоджень		
	Після продажу: встановлення, початкове обслуговування, налаштування		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Патентом			

Було описано відповідність товару за задумом та реальній відповідності. Визначено, що дана система повністю відповідає поставленим вимогам. Надається відповідне пакування з забезпечення захисту, щоб при транспортуванні не виникало пошкоджень. Надається послуга щодо встановлення системи та налаштування на місці.

Таблиця 7.23. Визначення меж встановлення ціни[12]

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	60000-100000	100000-150000	300000-1000000	50000-80000

Розглянемо питання, щодо формування команди стартапу, для цього варто описати наступну таблицю щоб систематизувати інформацію.

Таблиця 7.24. Питання, що потребують відповідей до початку формування команди стартапу[12]

Питання	Пояснення
Терміни формування команди	Команду потрібно сформувати за два місяці
Ключові люди в команді	Інженер-технолог, ІТ-спеціаліст/програміст, маркетолог
Чи є можливість використання для пошуку персоналу додаткові джерела	Можна використовувати сервіси з надання вакансій
Яку роль виконують члени команди	Інженери - дослідження, розрахунки та проєктування; ІТ-спеціаліст/програміст - алгоритмізація, обробка даних; Маркетолог - просування продукту/товару

Цінова категорія такого роду систем досить висока, але так як вона встановлюється на рівні підприємства то ця сума є не критично. Ціна даної системи є дуже вигідною, враховуючи високу функціональність, автоматизацію та точність.

Таблиця 7.25. Формування системи збуту[12]

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Регулярна купівля	Доставка або відправка, перевірка якості та справності, встановлення та налаштування	Нульового рівня	Пряма
2	Попередня купівля на період			

Виробник, у даному випадку компанія-розробник стартапу, є прямим каналом збуту для товару, що пропонується стартап-проектом. Це вимагає більшого контролю за дотриманням вимог і операцій, які описані у функціях збуту які має виконувати постачальник.

Таблиця 7.26. Концепція маркетингових комунікацій[12]

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Потребують забезпечення швидкого виконання вимірювання, автоматизації основних процесів та збору даних про результати	Інтернет, соціальні мережі, наукові та технічні журнали, месенджери,	Швидкість Автоматизація Цінова категорія	Показати клієнту здатність системи виконувати перелік дій щодо контролю якості та переваг застосування	Демонстрація функціональності

У якості завдання реклами є акцент на функціональності системи, яка пропонується. Це необхідно для того, щоб продемонструвати покупцю усі переваги які надає автоматизоване керування процесами у контролі якості нанесення лакофарбового покриття. Такий підхід дозволить забезпечити високий рівень зацікавленості цільових клієнтів.

Важливим аспектом планування стартапу є підготовка календарного плану-графіка стартапу, у якому варто передбачити основний проміжок часу на проведення основних робіт.

Таблиця 7.27. Календарний план-графік підготовки стартапу[12]

Стадія стартапу	Період запуску (за місяцями з початку підготовки проєкту)					Вартість стадії, грн
	1	2	3	4	5	
Передпосівна	01.12.23 31.12.23					-
Посівна		01.01.24 10.02.24				10000
Прототипування			11.02.24 01.05.24			150000
Закрита бета-версія				01.05.24 01.06.24		150000
Ведення бізнесу					від 01.07.24	300000
Разом						610000

Отже, з даної таблиці можна сказати що необхідно орієнтовно 8 місяців та реалізацію проєкту, а також мати 610 тис. грн. Варто вказати, що найдорожчим моментом є ведення бізнесу, що на даний момент складає 300 тис. грн.

Таблиця 7.28. Початкові вкладення на запуск стартап-проєкту[12]

<i>Види витрат</i>	<i>Вартість</i>
НДДКР	5000
Захист прав на об'єкти інтелектуальної власності	10000
Створення прототипу, дослідження	315000
Просування	80000
Витрати на команду	100000
Закупівля обладнання	50000
Орієнтована собівартість продукту	50000
РАЗОМ	610000
<i>Витрати, що бере на себе стартапер</i>	100000
<i>Необхідні інвестиції для запуску стартапу</i>	510000

Згідно з даної таблиці варто зазначити, що існує необхідність в отриманні інвестиційних вкладень у розмірі 510 тис. грн. Сума є досить великою, так як проєкт складний, громіздкий та потребує використання дорогого обладнання.

7.5. Висновки до розділу 7

Було проведено детальний огляд та аналіз пропозиції стартапу з розробленою системою автоматизованої системи контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля при його ремонті.

Розглянуто питання побудови стратегії, вибору оптимальних рішень, технологій. Визначення потенційної цільової аудиторів.

Визначено перелік сильних та слабких сторін стартапу. Це важливо для того, щоб визначити шляхи мінімізації впливу слабких сторін, або для опису методів перетворення слабкої сторони у сильну або, як мінімум, нейтральну.

Описано техніко-економічні характеристики товару який пропонує стартап. Важливим аспектом аналізу є порівняння поточного стану продукту з поточним станом аналогів. Це дозволить визначити можливості щодо покращення та загрози з боку конкурентів та їх пропозиції. Одну частину розділу було присвячено технологічному аудиту.

Також на основі цієї інформації було виконано ступеневий аналіз конкуренції на ринку. Розглянуто питання конкурентоспроможності стартап-проєкту серед конкурентів, у даному випадку стартап є досить унікальним на ринку та пропонує принципово новий підхід. На основі сильних, слабких сторін, а також можливостей і загроз виконано SWOT-аналіз.

Розглянуто визначення ринкової стратегії, обрано оптимальний варіант, обрано стратегії охоплення ринку. Розроблено маркетингову програму. Визначено ключові переваги, описано три рівні моделі товару, меж цінового діапазону та системи збуту.

ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації було детально розглянуто сферу автоматизації процесів контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобіля, а також запропоновано автоматизовану систему яка здатна забезпечити підтримку процесу контролю якості на рівні відповідності стандартам щодо контролю.

Магістерська дисертація включає такі складові:

- огляду автоматизованих систем контролю лакофарбового покриття к якому розглянуто сам базовий процес контролю. Описує особливості виконання даного процесу та надає інформацію щодо вже наявних систем;
- розгляду методологій та особливостей автоматизованого контролю нанесення лакофарбового покриття. У цій частині було детально розглянуто питання сучасних стандартів та їх впровадження у систему контролю якості процесу;
- розроблено та детально описано принципову схему системи контролю нанесення лакофарбового покриття. Розглянуто перелік вимірювальних пристроїв, які здатні забезпечити процес вимірювання;
- розроблено та описано функціональну схему системи АСКЯНЛП, яка відображає процес контролю якості та надає більше детальної інформації щодо використання вимірювальних пристроїв та виконавчих елементів;
- розроблено електричну структурну схему АСКЯНЛП у якій ґрунтовно описано структуру вимірювальних приладів та їх підключення до ПК;
- розроблено алгоритм роботи системи з вказанням усієї послідовності виконання вимірювальних операцій та дій щодо корекції можливих відхилень;
- розроблено стартап-проект, у якому відображено особливості реалізації та техніко-економічні показники стартапу, його можливості реалізації та перспективи розвитку враховуючи усі допустимі аспекти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Все про лакофарбове покриття кузова. [Електронне джерело] режим доступу до джерела: https://dok.ua/ua/stati-i-obzory/avtotovary_i_avtohimiya/450/vse-o-lakokrasochnom-pokrytii-kuzova;
2. Ксенія О. К. Контроль товщини лакофарбового покриття кузова автомобіля. Актуальні проблеми сучасної науки і правоохоронної діяльності. Харків, 2017. С. 213-214;
3. Гураль О., Змійовський Н., Кіцак І. Спектрофотометрія та її застосування. X Всеукраїнська студентська науково - технічна конференція "ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ". С. 202;
4. DEFELSKO PosiTector. Удосконалений вимірювальний прилад. [Електронне джерело] режим доступу до джерела: <http://surl.li/mhplb>;
5. Rana, M., Zhang, X., & Akher, S. A., Determination of Factors and Quality Control of Car Painting Based on FMEA and SPC.V2. Modern Mechanical Engineering, 08(02), P.158-177 (2018). DOI: <https://doi.org/10.4236/mme.2018.82011>;
6. Darrall, K.G., Pindar, A., Quevauviller, P. and Inter laboratory, P. (1997) Collaborative Study for the Quality Control of Trace Element Determinations in Paint Coatings. Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, 357, P.833-836. DOI: <https://doi.org/10.1007/s002160050258>;
7. Ahmad A. M. Idris. Improvement of Painting and Welding In Automotive Industry Using Robots. September 2020 IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering 17(5). P.18-28. DOI: 10.9790/1684-1705011828;
8. ТЕКСА. Вимірювальне обладнання та прилади. [Електронне джерело] режим доступу до джерела URL: <https://tecsa.com.ua/uk/>;
9. An Efficient Automotive Paint Defect Detection System. / A. Kumar, S. K. Singh // Asian Journal of Engineering and Applied Technology. – 2019. – Vol. 4. – No. 3. – P. 23-28. – DOI:10.25046/aj040323;

10. Quality Control in Automobile Manufacturing Industries. / U. Somvanshi // International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. – 2020. – Vol. 8. – No. 6. – P. 8-15. – DOI:10.22214/ijraset.2020.6120;

11. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом: «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с. : іл. – Бібліогр.: с. 328–330.

12. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

13. Демочані Н.Є., Черепанська І.Ю. Автоматизована система контролю якості нанесення лакофарбового покриття кузовних деталей автомобілів / Н.Є. Демочані, І.Ю. Черепанська // Збірник праць XIX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”, 20-21 грудня 2023 р. -К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023. – С.173-176.

ДОДАТКИ