

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій  
Кафедра хімії і хімічної технології

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

\_\_\_\_\_ А. Галстян

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

за спеціальністю: 161 «Хімічні технології та інженерія»  
освітньо-професійної програми «Хімічні технології високомолекулярних  
сполук»

**Тема: «Порівняння експлуатаційних властивостей акрилових і епоксидних лакофарбових покриттів»**

Виконавець: студентка групи ХС 203 М Бойко С.Б. \_\_\_\_\_

Керівник: проф. Ледовських В.М. \_\_\_\_\_

Консультант розділу «Охорона праці»: \_\_\_\_\_ Халмурадов Б. Д.

Консультант розділу «Охорона навколишнього  
середовища»: \_\_\_\_\_ Гай А.Є.

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_ доц. Максимюк М. Р.

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екології інженерії та технологій

Кафедра хімії і хімічної технології

Спеціальність: 161 «Хімічні технології та інженерія»

ОПП «Хімічні технології високомолекулярних сполук»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ А.Галстян

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020р.

### **ЗАВДАННЯ**

#### **на виконання кваліфікаційної роботи**

Бойко Софії Борисівни

1. Тема роботи: “Порівняння експлуатаційних властивостей акрилових і епоксидних лакофарбових покриттів ” затверджена наказом ректора від “ 02 ” жовтня 2020р. № 1897/ст
2. Термін виконання роботи: з 05.10.2020 по 31.12.2020.
3. Вихідні дані до роботи:
  - фарба акрилового типу Protex lux;
  - фарба епоксидного типу Tikkurila temacoat.
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Розділ 1. Нанесення лакофарбових покриттів як протикорозійний метод захисту металів. Розділ 2. Основні властивості лакофарбових покриттів та методи визначення їх якості. Розділ 3. Експериментальна частина. Розділ 4. Охорона праці. Розділ 5. Охорона навколишнього середовища. Висновки. Список бібліографічних посилань використаних джерел.
5. Перелік обов’язкового графічного (ілюстрованого) матеріалу: таблиці, графіки, діаграми, рисунки.

## 6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Пошук та огляд літератури.	05.10.2020 – 13.10.2020	
2.	Підготовка зразків до експерименту.	14.10.2020-24.10.2020	
3.	Нанесення ЛФП епоксидного та акрилового типів на сталеву пластину та алюмінієву фольгу.	08.10.2020-10.10.2020	
4.	Проведення вимірювань водопоглинання ЛФП різних типів.	10.10.2020 – 20.10.2020	
5.	Проведення випробування пористості ЛФП.	12.10.2020 – 23.10.2020	
6.	Підготовка та приклеювання стаканів до поверхні ЛФП на зразках металевих пластин.	20.10.2020 – 22.10.2020	
7.	Визначення швидкості проникнення агресивних розчинників через плівку ЛФП.	22.10.2020-12.11.2020	
8.	Розгляд питань з охорони навколишнього середовища та охорони праці.	13.11.2020 - 27.11.2020	
9.	Обробка і обговорення результатів досліджень.	13.11.2020 – 28.11.2020	
10.	Оформлення пояснювальної записки і підготовка до захисту.	29.11.2020 – 19.12.2020	

7. Консультанти з окремих розділів.

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	к.м.н., доц. Халмурадов Б.Д.		
Охорона навколишнього середовища	к.ф-м.н., доц. Гай А.Є.		

7. Дата видачі завдання: "05" жовтня 2020р.

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_

проф. Ледовських В.М.

Завдання прийняла до виконання \_\_\_\_\_

Бойко С.Б.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: „Порівняння експлуатаційних властивостей акрилових і епоксидних лакофарбових покриттів”: 98 с., 27 рис., 15 табл., 57 літературних джерел.

**Об’єкт дослідження** – експлуатаційні властивості (водопоглинання, пористість, час проникнення агресивних розчинів через плівку покриття) акрилових та епоксидних лакофарбових покриттів.

**Предмет дослідження** – лакофарбові покриття епоксидного та акрилового типу.

**Мета дипломної роботи** – порівняльне дослідження експлуатаційних властивостей епоксидного та акрилового лакофарбових покриттів нанесених на металеву підкладку.

**Метод дослідження** – визначення водопоглинання лакофарбовими покриттями епоксидного та акрилового типів; визначення пористості лакофарбових покриттів, визначення часу проникнення агресивних розчинів через плівку акрилового та епоксидного ЛФП.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у визначенні ефективності лакофарбових покриттів, виборі найважливіших методів що визначають якість ЛФП, введення кількісної характеристики швидкості водопоглинання.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в у визначенні ефективності лакофарбових покриттів при застосуванні їх для захисту від корозії. Отримані результати доцільно використовувати при виборі ефективного протикорозійного захисту металів. Оскільки більшість конструкцій та агрегатів експлуатуються в агресивних середовищах то важливим методом захисту є нанесення лакофарбового покриття.

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ, КОРОЗІЯ, АНТИКОРОЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ, ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ПОЛІМЕР, РЕАКЦІЯ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ, РЕАКЦІЯ ПОЛІКОНДЕНСАЦІЇ, ЛАКОФАРБОВЕ ПОКРИТТЯ ЕПОКСИДНОГО ТИПУ, ЛАКОФАРБОВЕ ПОКРИТТЯ АКРИЛОВОГО ТИПУ, ВОДОПОГЛИНАННЯ, ПОРИСТІСТЬ, АДГЕЗІЯ.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....</b>	<b>7</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>8</b>
<b>РОЗДІЛ 1 НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ ЯК ПРОТИКОРОЗІЙНИЙ МЕТОД ЗАХИСТУ МЕТАЛІВ.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1. Корозія металів .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2. Показники корозії .....</b>	<b>14</b>
<b>1.3. Загальна характеристика, види та класифікація лакофарбових покриттів.....</b>	<b>18</b>
<b>1.4. Одержання лакофарбових покриттів .....</b>	<b>21</b>
1.4.1.Лакофарбові покриття акрилового типу.....	21
1.4.2. Лакофарбове покриття епоксидного типу .....	27
<b>1.5. Формування покриттів з розчинів .....</b>	<b>31</b>
1.5.1.Формування покриттів без хімічних перетворень.....	31
1.5.2.Формування покриттів внаслідок хімічних перетворень .....	32
1.5.3.Формування покриттів з водних дисперсій полімерів.....	32
<b>1.6. Галузі застосування та основні виробники лакофарбових покриттів... </b>	<b>34</b>
<b>Висновки до розділу 1.....</b>	<b>36</b>
<b>РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ЯКОСТІ.....</b>	<b>38</b>
<b>2.1. Фізико-механічні властивості.....</b>	<b>38</b>
<b>2.2. Декоративні властивості .....</b>	<b>43</b>
<b>2.3. Корозійна стійкість .....</b>	<b>46</b>
<b>Висновки до розділу 2.....</b>	<b>52</b>
<b>РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>54</b>
<b>3.1. Вихідні лакофарбові покриття .....</b>	<b>54</b>
<b>3.2. Методики проведення експериментів.....</b>	<b>55</b>
3.2.1. Визначення водопоглинання лакофарбовими покриттями .....	55
3.2.2. Визначення пористості лакофарбових плівок.....	57

3.2.3. Визначення часу проникнення агресивних розчинів крізь плівку лакофарбового покриття .....	59
<b>3.3. Обговорення результатів.....</b>	<b>60</b>
<b>Висновки до розділу 3.....</b>	<b>72</b>
<b>РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	<b>74</b>
<b>4.1. Аналіз умов праці на робочому місці .....</b>	<b>74</b>
4.1.1. Організація робочого місця.....	74
4.1.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників .....	75
4.1.3. Мікроклімат робочої зони .....	75
4.1.4. Природне та штучне освітлення .....	76
4.1.5. Електробезпека та статична електрика.....	76
<b>4.2. Розробка заходів з охорони праці.....</b>	<b>76</b>
4.2.1. Нормалізація повітря робочої зони .....	76
4.2.2. Освітлення .....	76
<b>4.3. Пожежна безпека .....</b>	<b>77</b>
<b>4.4. Розрахункова частина .....</b>	<b>78</b>
<b>Висновки до розділу 4.....</b>	<b>80</b>
<b>РОЗДІЛ 5 .....</b>	<b>81</b>
<b>ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....</b>	<b>81</b>
5.1. Загальна характеристика екологічного стану довкілля в Україні.....	82
5.2. Основні чинники що впливають на стан екосистем .....	83
5.3. Хімічне забруднення.....	84
5.4. Забруднення навколишнього середовища лакофарбовими матеріалами та методи очистки .....	87
<b>Висновки до розділу 5.....</b>	<b>93</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>94</b>
<b>СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>195</b>



## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ**

ЛФП – лакофарбове покриття;

ЛФМ – лакофарбові матеріали;

ПАР – поверхнево-активні речовини;

ЕХГ – Епіхлоргідрин;

ЛОС – леткі органічні сполуки.

КСТ – камера сольового туману

## ВСТУП

Лакофарбові покриття використовують в усіх галузях промисловості та господарства. За допомогою них можна захистити метали від впливу агресивних середовищ, чим запобігти впливу корозії, зберегти споживчі властивості меблів, предметів садово-паркового господарства, предметів побуту та домашнього вжитку, а також надати поверхні що обробляється естетичного вигляду.

Основним завданням ЛФП є захист пофарбованого матеріалу від руйнування: металів – від корозії, дерева від гниття. Корозія металу завдає значних збитків, особливо коли кородують складні конструкції, системи та обладнання. Втрати від корозії можуть бути як первинні: безпосереднє руйнування деталей, ділянок конструкцій, що виключає їх подальшу експлуатацію, так і вторинні: втрати від простою виробництва, втрати від завданої шкоди аварією, що спричинена руйнуванням певного агрегату, тощо. Зазвичай вторинні втрати більш вартісні та потребують значного часу для відновлення роботи обладнання.

**Актуальність теми:** Оскільки більшість конструкцій та агрегатів експлуатуються в агресивних середовищах то процес їх корозійного руйнування значно пришвидшується, тому дані конструкції підлягають обов'язковому плановому та позаплановому контролю стану поверхні, своєчасному ремонту та заміні деталей що втратили свої експлуатаційні властивості. Одним з методів захисту металу від корозії є нанесення лакофарбових покриттів, котрі утворюють захисну плівку на поверхні металу та запобігають перебігу корозійних процесів на поверхні.

Асортимент лакофарбових виробів постійно зростає та змінюється за рахунок як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. За останні роки на заміну шкідливим та токсичним фарбам приходять більш екологічно безпечні продукти.

Лакофарбові матеріали – це композиційні суміші, які наносять на тверду поверхню, що після висихання та отвердження утворюють щільну плівку. Основними складовими лакофарбового покриття є плівкоутворювачі, пігменти,

наповнювачі, пластифікатори, розчинники та інші компоненти, що надають покриттю додаткових властивостей.

Сформована плівка здатна захищати поверхню від впливу вологи, агресивних розчинів, води, частково перешкоджає контакту поверхні з киснем повітря, тому саме на покритті, нанесеному на підкладку визначають його властивості. Оскільки ЛФП застосовують як бар'єр від потрапляння на метал води, кисню, агресивних розчинів, то визначення показника водопоглинання, пористості, та часу проникнення агресивних розчинів крізь покриття є дуже важливим.

**Метою кваліфікаційної роботи** є порівняльне дослідження експлуатаційних властивостей епоксидного та акрилового лакофарбових покриттів нанесених на металеву підкладку.

**Об'єкт дослідження** – експлуатаційні властивості (водопоглинання, пористість, час проникнення агресивних розчинів через плівку покриття) акрилових та епоксидних лакофарбових покриттів.

**Предмет дослідження** – лакофарбові покриття епоксидного та акрилового типів.

**Методи дослідження** – визначення водопоглинання лакофарбовими покриттями епоксидного та акрилового типів; визначення пористості лакофарбових покриттів, визначення часу проникнення агресивних розчинів через плівку акрилового та епоксидного ЛФП.

Отримані результати можуть бути використані при виборі методу захисту металів від корозійних руйнувань та підбору найбільш ефективного лакофарбового покриття [1-2].

# РОЗДІЛ 1

## НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ ЯК ПРОТИКОРОЗІЙНИЙ МЕТОД ЗАХИСТУ МЕТАЛІВ

Нанесення ЛФП на поверхню є одним з важливих методів захисту деталей від корозії. Цей метод має просту технологію нанесення, доступність матеріалів, порівняно невисоку вартість, проте таке покриття недовговічне [2].

### 1.1. Корозія металів

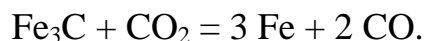
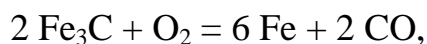
Корозія – це самочинне руйнування сплавів та металів внаслідок їх хімічної, фізико-хімічної чи електрохімічної взаємодії зі складовими навколишнього середовища. Корозійні процеси відбуваються внаслідок перебігу окисно-відновних реакцій на межі поділу фаз метал - середовище. Такі реакції можуть перебігати за хімічним та електрохімічним механізмом. Електрохімічна корозія – найбільш небезпечна та перебігає на межі поділу метал - розчин електроліту. Під час корозії відбувається втрата маси зразка металу, погіршуються його механічні, експлуатаційні, декоративні та ін. властивості. Також крім наведених втрат, небезпечними є аварії внаслідок руйнування конструкцій, погіршення екологічної ситуації, а також затратним є відновлення конструкції та деталей що зазнали корозії, втрати через простої виробництва внаслідок несправності обладнання [3].

Корозійні процеси класифікують за механізмом взаємодії металу з навколишнім середовищем, за характером корозійних руйнувань, за природою корозійного середовища, та умовами перебігу процесу.

За механізмом взаємодії металу із зовнішнім середовищем розрізняють два види корозії: хімічну та електрохімічну.

Хімічна корозія металів спричинена впливом на метал речовин, що містяться в навколишньому середовищі, у струмонепровідному середовищі, рідких неелектролітах, що виключають утворення плівки вологи на поверхні металу. Крім  $O_2$  такими речовинами можуть бути  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$  та ін. В процесі хімічної корозії метал виступає відновником, він віддає електрони та окиснюється.

Небезпека корозії сталі полягає у зменшенні вмісту карбону у вигляді ферум карбїду  $\text{Fe}_3\text{C}$ , що міститься в складі сталі. Твердість сталі залежить саме від вмісту  $\text{Fe}_3\text{C}$ . Під час нагрівання сталі, атоми Карбону окиснюються швидше, ніж атоми Феруму:



Внаслідок чого сталь з твердого стану перетворюється на м'яке залізо, внаслідок зменшення вмісту атомів карбону на поверхні. Отже, в основі хімічної корозії лежать звичайні хімічні окисно-відновні реакції. Тобто процес хімічної корозії не пов'язаний з електричним струмом.

Основною умовою перебігу хімічної корозії є відсутність на поверхні металу плівки води. Найчастіше такий вид руйнувань спостерігається у газовій корозії та в рідкому середовищі неелектролітів.

Корозія, яка виникає внаслідок взаємодії металу з газами називається газовою. Основним діючим компонентом що спричиняє газову корозію є кисень. Такий вид корозії зустрічається переважно в технологічних процесах, особливо в металургійних та хімічних виробництвах. Газова корозія може перебігати лише за певного проміжку температури, нижня межа якої відповідає температурі конденсації пари на поверхні металу (точка роси). Для повітря при атмосферному тиску ця температура складає  $220 - 250^\circ\text{C}$ , а для вихідних газів теплоенергії  $90-100^\circ\text{C}$ . Хімічна газова корозія спостерігається при температурі що перевищує «точку роси». Верхню межу температури визначає жаростійкість та жароміцність металу.

Корозійний процес відбувається внаслідок перебігу послідовних та паралельних процесів:

Іонізація металу та перехід катіонів та електронів у шар оксиду;

Переміщення електронів та йонів  $\text{Me}^{n+}$  в шарі оксиду;

Перехід кисню до поверхні оксиду;

Адсорбція кисню на поверхні;

Перехід кисню в йон  $\text{O}^{2-}$  ;

Переміщення йонів кисню  $\text{O}^{2-}$  в шарі оксиду;

Процес утворення оксиду [4].

Схематичний процес утворення оксидної плівки можна побачити на рис 1.1.

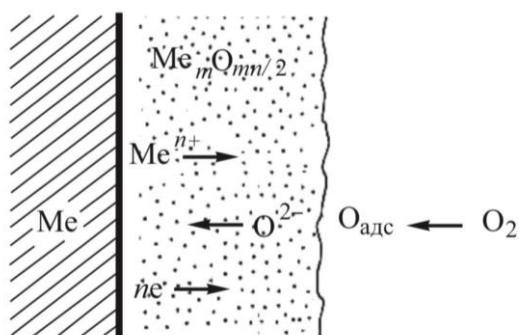
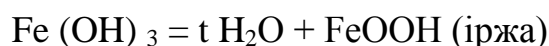
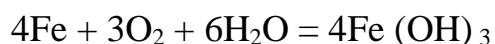
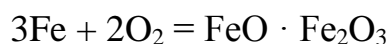
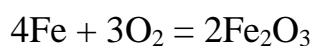
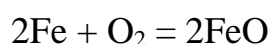


Рис.1.1. Схема дифузії кисню через плівку окисненого металу.

Корозійне руйнування металу можна описати наступними рівняннями:



Проте більш шкідливою є електрохімічна корозія, аніж хімічна.

Електрохімічна корозія – це процес взаємодії металу з корозійним середовищем, при якому іонізація атомів металу та відновлення окиснювача корозійного середовища відбуваються в різних ділянках, швидкість перебігу залежить від електродного потенціалу. Для перебігу електрохімічної корозії необхідним є наявність електропровідного середовища – води, розчинів лугів, кислот, або солей. Наявність струму зумовлено рухом електронів у металах, а рухом іонів – у розчині.

Електрохімічна корозія зустрічається досить часто, в свою чергу вона ще поділяється на атмосферну, пітінгову, морську, підземну, корозію в агресивних середовищах та інші види корозії.

Зазвичай метали зустрічаються у вигляді сплавів та містять в складі домішки інших металів та неметалів. При контакті таких металів з домішками виникають мікрогальванічні пари. В таких гальванічних парах роль анода виконує більш активний метал (зазвичай це атоми Феруму), а роль катода - менш активний.

В ході електрохімічної корозії на аноді відбувається окислення атомів металу, з утворенням катіонів  $Me^+$ :



На катоді відбувається відновлення компонентів навколишнього середовища.

Перебіг реакцій за відсутності кисню (з водневою деполяризацією), (рис.1.2):

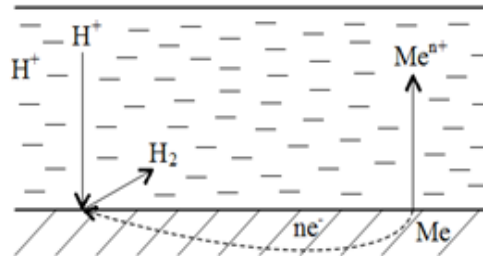
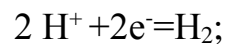
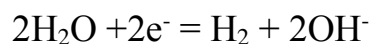


Рис.1.2. Схема корозії металів з водневою деполяризацією.

При  $pH < 7, [H^+] > [OH^-]$ ; у кислому середовищі:



При  $pH \geq 7$ ; у лужному або нейтральному середовищі:



За наявності кисню (з кисневою деполяризацією), (рис.1.3):

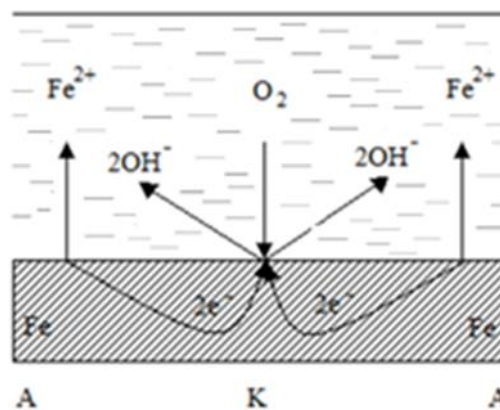
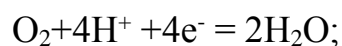
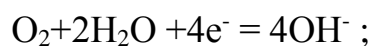


Рис.1.3. Схема перебігу електрохімічної корозії з кисневою деполяризацією.

При  $pH < 7, [H^+] > [OH^-]$ ; у кислому середовищі:



При  $pH \geq 7$ ; у лужному або нейтральному середовищі:



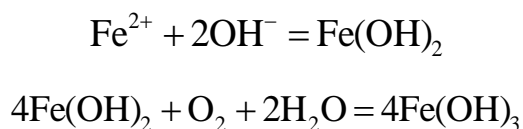
Після чого  $Me^+$  переходять в розчин електроліту та з'єднуються з іонами  $OH^-$ , внаслідок чого утворюється гідроксид металу -  $Me(OH)_n$ , а метал який виконує роль анода зазнає руйнування [5].

Щоб запобігти корозії на метал наносять металеві плівки (Au, Ag, Ni, Cr, Zn та інші метали, які мало піддаються корозії) та неметалеві покриття [6].

Корозія може відбуватися самочинно коли потенціал окисника більший за потенціал відновника:

$$E_{O_2/OH^-}^0 > E_{Fe^{2+}/Fe}^0$$

Під час електрохімічної корозії перебігають також вторинні реакції в об'ємі розчину що контактує з металом:



Атмосферна корозія відбувається під дією вологи, що адсорбується поверхнею з повітря та кисню. Цей вид корозії перебігає більш активно за участі агресивних газів та різного роду забруднень.

При експлуатації металевих конструкцій, трубопроводів та інших виробів, металеві поверхні піддаються ґрунтовій, або підземній корозії. Таке руйнування зумовлено дією на поверхню ґрунтових вод, вологи, розчинених солей та газів, а також впливом блукаючих струмів.

Окремо виділяють морську корозію - це корозія під дією морської води, що є свого роду агресивним середовищем, в своєму складі має легкодисоційовані солі та кисень, що пояснює її високу електропровідність.

## 1.2. Показники корозії

Кількісно швидкість корозії (електрохімічної чи хімічної) можна визначити ваговим, об'ємним або електрохімічним методами. Швидкість корозії визначається залежністю зміни якогось показника в часі. Найбільш використовуються такі



показники процесу корозії: зміна маси зразка, глибинний, механічний, об'ємний показники та ін..

Масовий показник характеризує зміну маси зразка на одиницю поверхні за одиницю часу, та визначається вимірюванням ваги зразка до та після корозійного випробування.

Масовий показник  $K_m$ , г/(м<sup>2</sup> год) розраховують за формулою:

$$K_m = \frac{m - m_0}{S \cdot \tau} \quad (1.1)$$

Де  $m$  – маса зразка після випробування, г;  $m_0$  – початкова маса зразка, г;  $S$  – площа поверхні зразка, м<sup>2</sup>;  $\tau$  – час випробування, год.

З формули (1.1): якщо  $m$  більше  $m_0$ , то маємо додатне значення показника (продукти корозії будуть формуватися на поверхні зразка), а якщо  $m$  менше  $m_0$ , то значення показника корозії – від'ємне (метал буде розчинятись).

Глибинний показник корозії пов'язаний з об'ємом металу який руйнується та показує глибину корозійного руйнування протягом певного часу. Глибинний показник корозії  $\Pi$  (мм/г) можна розрахувати за формулою:

$$\Pi = \frac{K_m}{\rho} \cdot 8,76 \quad (1.2)$$

Де 8,76 – коефіцієнт правки, що враховує перерахунок одиниць вимірювання;  $\rho$  – густина металу або сплаву що кородує, г/см<sup>3</sup>.

Густина сплаву визначається за формулою:

$$\frac{1}{\rho_{спл}} = \frac{N_1}{\rho_1} + \frac{N_2}{\rho_2} + \dots \quad (1.3)$$

Де  $\rho_i$  – густина компоненту сплаву, г/см<sup>3</sup>;  $N_i$  – масова частка компоненту в сплаві.

За значенням глибинного показника оцінюють корозійну стійкість металу, користуючись десятибальною шкалою (табл. 1.1.) [7].

## Десятибальна шкала корозійної стійкості металів

Група стійкості	Швидкість корозії, Kh, мм/рік	Бал
1.Цілком стійкі	Менше 0,001	1
2.Дуже стійкі	0,001 < Kh < 0,005	2
	0,005 < Kh < 0,01	3
3.Стійкі	0,01 < Kh < 0,05	4
	0,05 < Kh < 0,1	5
4.Зниженої стійкості	0,1 < Kh < 0,5	6
	0,5 < Kh < 1,0	7
5.Малостійкі	1,0 < Kh < 5,0	8
	5,0 < Kh < 10,0	9
6.Нестійкі	Більше 10,0	10

Корозія може вражати як всю поверхню металу, так і певні ділянки чи точки. Якщо корозійне руйнування зосереджено лише в певних точках, виникає глибоке точкове враження металу або так звані пітинги. Пітинговий фактор (глибина пітингового руйнування) визначається відношенням максимальної глибини пітингу до середньої глибини проникнення корозії, визначеної за зміною маси зразка:

$$f = \frac{p}{d} \quad (1.4)$$

Де  $p$  - максимальна глибина пітингу що спостерігається, мм;  $d$  - середня глибина проникнення корозії, мм.

Пітингова корозія небезпечна тим, що має наскрізний характер. Пітинги можуть бути відкриті, закриті та поверхневі, найбільш небезпечні з них – закриті, вони вражають метал в глибину, та їх не можна візуально визначити.

Рівномірна корозія спостерігається коли пітинговий фактор рівний одиниці.

Об'ємний показник корозії можна визначити, коли внаслідок корозійного руйнування виділяється або поглинається газ. Швидкість корозійного руйнування в такому випадку можна охарактеризувати об'ємним показником корозії  $K_v$ ,  $\text{см}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ , що визначається за формулою:

$$K_V = \frac{V_0}{S \cdot \tau} \quad (1.5)$$

Де  $V_0$  – об'єм газу що виділився або поглинувся внаслідок корозійного руйнування, приведений до нормальних умов,  $\text{см}^3$ .

Показник здатності до корозії ( $K_\tau$ ) характеризує час, за який з'являються перші ознаки корозії.

Показник зміни електричного опору ( $K_\rho, \%$ ) застосовується при дослідженні тонкого листового матеріалу:

$$K_\rho = \Delta\rho_\tau \cdot 100\% / \rho_{\tau_0} \quad (1.6)$$

Де  $\Delta\rho_{\tau_0}$  – зміна питомого електричного опору за час  $\tau$ ;  $\rho_{\tau_0}$  – питомий електричний опір до корозії  $\text{Ом} \cdot \text{м}$ .

Показник ступеня враження поверхні що зазнає корозійного руйнування розраховується відношенням площі корозійних ділянок до площі зразка:

$$K_S = \frac{S_{\text{кор}}}{S} \cdot 100\% \quad (1.7)$$

Де  $S_{\text{кор}}$  – площа ділянок що зазнали корозії;  $\text{см}^2$ .

Між масовим, глибинним та струмовим показником існує залежність, яку можна виразити наступним рівнянням:

$$K_m = \frac{\Pi \cdot \rho}{8,76} = i \cdot q \quad (1.8)$$

За швидкістю перебігу корозії та областю застосування метали які піддаються корозії можна поділити на групи:

I – швидкість корозії менше 0,15 мм/г: метали володіють високою корозійною стійкістю та придатні для складних та надійних конструкцій( вали, поршні , пружини).

II – швидкість корозії від 0,15 мм/г до 1,5 мм/г.: метали до яких не ставляться високі вимоги стійкості, придатні для виготовлення трубопроводів, ємностей, болтів, вентилів.

III – швидкість корозії більше 1,5 мм/г.: такі метали не застосовуються в техніці, оскільки вони швидко руйнуються внаслідок корозії.

### **1.3. Загальна характеристика, види та класифікація лакофарбових покриттів**

Одним із видів захисту металів від корозії є нанесення лакофарбових покриттів. Крім антикорозійних властивостей покриття мають ще декоративні, захисні, електроізоляційні та інші властивості. Полімерні покриття знайшли широке застосування саме через порівняно нескладний процес виготовлення, простоту у використанні та технології нанесення, низькій вартості та головне добре захищають поверхню на яку вони наносяться, від впливу навколишнього середовища.

Лакофарбові матеріали – однорідні багатокомпонентні суспензії, які при нанесенні на попередньо оброблену поверхню утворюють на ній міцну тонку плівку, що добре зчіплюється з поверхнею на яку нанесене це лакофарбове покриття.

Лакофарбові матеріали мають широкий асортимент, який включає: готові фарбуючі малярські суміші, лаки, фарби, емалі, ґрунтівки, пігменти(при змішуванні з фарбою дають потрібний колір), шпаклівки, замазки, мастики, спеціальні суміші (антигрибкові, ізоляційні) розріджувачі, розчинники, морилки та ін. Залежно від галузі застосування та виду робіт (зовнішні чи внутрішні) до покриттів висувають дещо різні вимоги, так , наприклад до фарб для фасадних робіт вимоги значно вищі, а ніж до фарб для обробки стін в приміщенні.

Лакофарбові покриття це багатокомпонентні суміші, до складу яких входять: плівкоутворювачі, пластифікатори, пігменти та наповнювачі, розчинники та інші доповнюючі компоненти.

Основним компонентом будь-якого полімерного покриття є плівкоутворювач, який при нанесенні на тверду поверхню утворює плівку (покриття). В якості плівкоутворювача застосовують високомолекулярні природні ( смоли, рослинні масла та продукти їх переробки) та синтетичні з'єднання (полімери, олігомери). Різниця між полімерними та олігомерними складами полягає в кількості повторюваних ділянок в ланцюга. Ступінь полімеризації( кількість повторюваних

ділянок ) олігомеру складає від 1 до 10 , а молекулярна маса до 10000, полімерів – 10000 і більше, їх молекули називають макромолекулами [8].

На повітрі плівкоутворювач окиснюється та полімеризується до твердого стану.

Оскільки основним компонентом від якого залежать властивості ЛФП є плівкоутворювач, то залежно від його виду, покриття поділяють на: олійні або масляні (МА), гліфталеві (ГФ), епоксидні (ЕП), поліуретанові (ПУ), пентафталеві (ПФ), нітроцелюлозні (НЦ), епоксифірні (ЕФ), перхлорвінілові (ХВ), кремнійорганічні (КО), бітумні (БТ), каніфольні (КФ), каучукові (КЧ), меламінні (МЛ), сечовинні (МЧ) , фенольні (ФО) та інші.

Пігменти в складі лакофарбового покриття слугують для того, щоб надати їм певного забарвлення. Розмір частинок пігментів 0,5 – 5 мкм, вони знаходяться у фарбі в нерозчинному дрібнодисперсному стані.

Пігменти можуть також мати антикорозійну дію, таким є свинцевий сурик( $Pb_3O_4$ ), хроматні та фосфатні пігменти, оксид цинку, цинковий пил, алюмінієва пудра, ферити, манганіти та ін. Їх дія полягає у створенні ізоляційного шару на поверхні, зміні рН при пасивації, нейтралізації стимулятора корозії (сульфат- та хлорид-йонів), пасивації шляхом утворення потрібного потенціалу. Ефект таких зєднань пов'язаний з розчиненням інгібітора у воді, що дифундує із зовнішнього середовища з наступною адсорбацією його йонів або молекул на активних центрах металу [9].

Наповнювачі вводять до складу лакофарбових матеріалів для зменшення витрат пігментів, та надання покриттю додаткових властивостей, наприклад антикорозійних. Такимиможуть бути: тальк, крейда, каолін та ін. Частинки наповнювача заповнюють порожнечу в плівці між пігментами, що надає покриттю щільності, вологостійкості та антикорозійних властивостей.

Схематичне розміщення основних компонентів лакофарбової плівки на підложці зображено на рис.1.2.

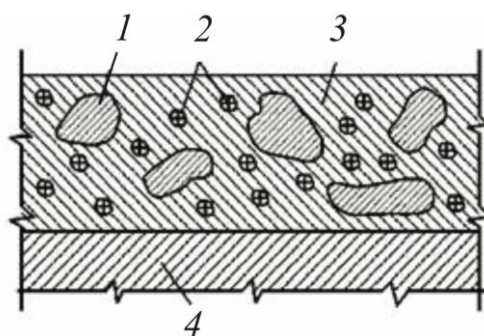


Рис.1.4. Схематична будова лакофарбової плівки:

1 – пігмент; 2- наповнювач; 3- плівкоутворювач; 4 - метал.

Пластифікатори – це речовини які здатні покращувати еластичність плівок після висихання (каучуки, естери адипінової кислоти, дибутилфталат, та інші).

Сикативи (каталізатори) – здатні пришвидшувати процес плівкоутворення, являють собою магнієві або кобальтові солі жирних органічних кислот.

Вибір лакофарбового покриття залежить від багатьох чинників: умов експлуатації даного покриття, якості та природи поверхні на яку воно наноситься, способу нанесення, та ін. Покриття на основі фенолоформальдегідних, поліхлорвінілових, епоксидних та фторорганічних полімерів використовують для захисту конструкцій та апаратів від дії кислот, лугів, розчинників та агресивних газів [10].

Лакофарбові покриття епоксидного типу стійкі до дії NaOH (до 25%) при нагріванні до 125°C, сульфатної (до 70%), фосфатної та нітратної кислот. Волого- та атмосферостійкі, еластичні.

Полівінілхлоридні покриття стійкі в середовищах які містять SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, HCl. Знайшли широке застосування для захисту апаратів хімводоочистки, гальванічних ванн.

При експлуатації конструкцій та апаратів в атмосфері нафтопродуктів застосовують поліуретанові фарби та лаки. На основі кремнійорганічних з'єднань отримують термостійкі покриття. Водорозчинні фарби є найбільш екологічними[11].

Залежно від умов експлуатації лакофарбові покриття умовно поділяють на 9 груп: атмосферостійкі; обмежено атмосферостійкі; хімічностійкі; маслобензостійкі;

термостійкі; консерваційні; водостійкі; спеціальні; електроізоляційні та електропровідні [12].

#### **1.4. Одержання лакофарбових покриттів**

Полімерні (лакофарбові) покриття являють собою плівки з лакофарбових матеріалів на основі високомолекулярних з'єднань, що формуються на твердій підкладці. В результаті формування покриття (плівкоутворення) лакофарбовий матеріал переходить із рідкого або в'язкотекучого стану в твердий.

Тверді покриття що утворилися мають дві поверхні контакту: із зовнішнім середовищем (повітря, рідини, газу) та із підкладкою (метал, скло, деревина, пластмаса). Лакофарбове покриття можна умовно поділити на 3 шари: верхній, проміжний та нижній. На утворення верхнього шару покриття впливають умови навколишнього середовища (кисень повітря, волога), що сприяють перебігу хімічних реакцій. Проникнення кисню та вологи в глибші шари сповільнено, особливо в нижній шар. При формуванні покриття при високих температурах підкладка інколи має каталітичний або інгібуючий ефект. Тому процес плівкоутворення у адгезійному шарі дещо відрізняється, цим можна пояснити структурну неоднорідність полімерних плівок. Також різницю в структурі шарів фарби можна помітити в процесі плівкоутворення або неповністю отвердженій плівці. При плівкоутворенні перебігають хімічні реакції, що впливають на формування структурних елементів у плівці.

Експлуатаційні властивості полімерних покриттів закладаються на різних етапах плівкоутворення, оскільки формування адгезійного зв'язку плівки та підкладки також відбувається на різних стадіях[13].

##### **1.4.1. Лакофарбові покриття акрилового типу**

Полімерні акрилові дисперсії поділяються на акрилові та стиролакрилові. Акрилові – це дисперсії полімерів, отриманих із акрилових або метакрилових мономерів, стиролакрилові – при співполімеризації похідних акрилової (метакрилової) кислоти із стиролом. Водно-дисперсійні лакофарбові покриття

акрилового типу – це продукти суміші емульсійної сополімеризації трьох мономерів: метилметакрилату, бутилметакрилату і метакрилової кислоти.

Водоемульсійна фарба на 50 % складається з води, причому половина міститься в складі плівкоутворювача, а інша половина застосовується для доведення фарби до потрібної консистенції та розведення. Тому до якості води що використовується у виробництві ставляться певні вимоги. Переважно використовують дистильовану або пом'якшену воду, яку переганяють через натрій-катіонний фільтр.

Технологія виробництва акрилових емалей та фарб – це багатостадійний процес. Головним процесом виготовлення є процес змішування, що присутній у всіх випадках виробництва. Основними складовими лакофарбових покриттів є плівкоутворюючі речовини, пігменти, наповнювачі та інші домішки та функціональні речовини.

Від зв'язуючого компоненту залежать основні властивості фарби, адгезія, довговічність. Зв'язуючим компонентом акрилових водоемульсійних фарб є водна дисперсія акрилової кислоти. Структурна формула ланки поліакрилату зображена на рисунку 1.3.

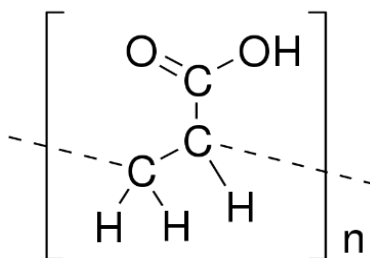


Рис 1.5. Структурна формула ланки поліакрилату.

Акрилова кислота є найпростішим представником одноосновних ненасичених карбонових кислот, що внаслідок реакції полімеризації утворює поліакрилат.

Лакофарбові матеріали акрилового типу отримують методом радикальної полімеризації в присутності ініціаторів: пероксид бензоїлу та водорозчинені пероксиди. Можлива полімеризація в блоці, в розчинниках та водоемульсійна[14].

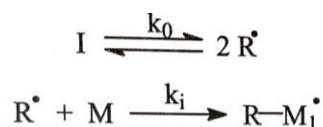


Основними типами плівкоутворювачів є отримані радикальною полімеризацією співполімери, властивості яких визначаються з'єднаннями різних мономерів.

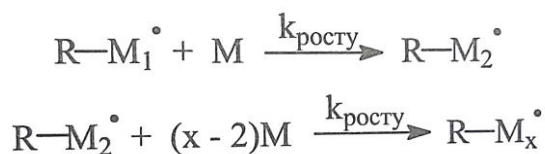
Вільно-радикальна полімеризація - це ланцюгова реакція, ініційована розпадом молекули ініціатора з утворенням фрагментів, що мають реакційно здатний неспарений електрон (радикал). Утворений радикал ( $R_0$ ) атакує подвійний зв'язок молекули мономера, утворюючи радикали зростаючого ланцюга ( $R-M_1^\bullet$ ), котрі реагують з наступними молекулами мономера. Полімерний ланцюг росте до тих пір, поки відбудеться обрив за рахунок рекомбінації або диспропорціювання (передачі ланцюга на водень). Довжину полімеризаційного ланцюга можна регулювати введенням агентів передачі ланцюга, якими можуть бути з'єднання, що мають нестійкі зв'язки: C-H; C- галоген або S-H (меркаптани), вони завершують ріст ланцюга шляхом передачі на атом водню або галогену. Реагент ланцюга що залишився розпочинає ріст нового ланцюга. Ціллю введення агенту передачі ланцюга є зниження ступеню полімеризації.

Реакція полімеризації відбувається з високою швидкістю з виділенням тепла. Механізм радикальної полімеризації можна описати наступною схемою:

I. Ініціювання:

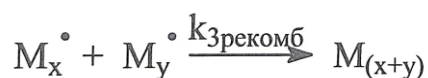


II. Зростання ланцюга:

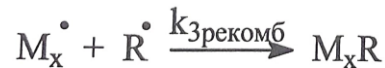


III. Закінчення ланцюга через:

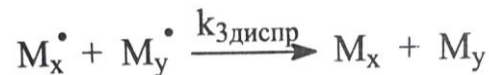
1) Рекомбінацію макрорадикалів.



2) рекомбінацію макрорадикала з низькомолекулярним радикалом (ініціатором)



3) Диспропорціюванням

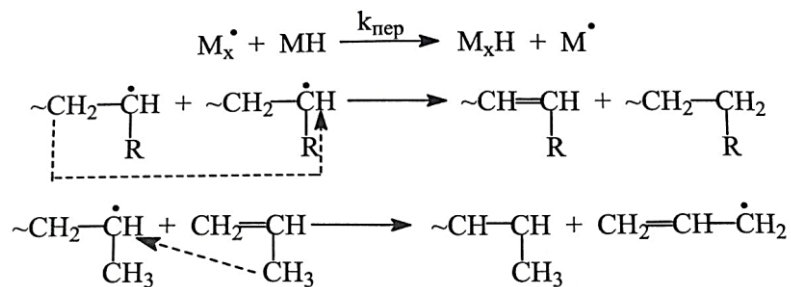


4) Перенесення атома водню з:

А) розчинника



Б) мономера



Позначення в схемі радикальної полімеризації:

I – молекула ініціатора;

R<sup>•</sup> - радикал, що утворився внаслідок розкладу ініціатора;

M- молекула мономера;

M<sub>1</sub><sup>•</sup> - радикал мономера;

M<sub>x,y</sub><sup>•</sup> - радикал олігомеру;

M<sub>n</sub> – полімер;

S<sub>n</sub> – розчинник.

Промислове отримання водних дисперсій сополімерів здійснюється методом емульсійної полімеризації, що є одним із видів вільно-радикальної полімеризації. Під час полімеризації взаємодія мономерів перебігає у воді в присутності ПАР (поверхнево активних речовин, емульгаторів) або полімерів при додаванні водорозчинного ініціатора та нагрівання.

Емульсійні мономери полімеризуються та утворюють дисперсію макромолекул (рис. 1.4)

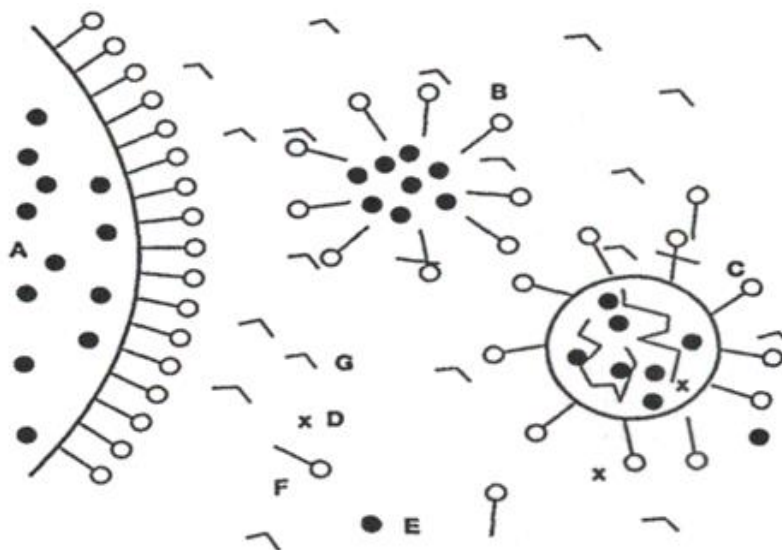


Рис 1.6. Схема емульсійної полімеризації

- A. Краплі з молекулами мономеру (E)• та ПАР (F) ;
- B. Міцела з молекулами мономеру та ПАР;
- C: Полімерна частина, стабілізована ПАР, з макромолекулами, деякі з яких мають реакційно здатний радикал на кінці (x) та мономери (A);
- D: Водорозчинний ініціатор (x);
- E: Мономер у водній фазі;
- F: Молекули ПАР;
- G: Молекули води.

Мономери що знаходяться в реакторі до введення ініціатора розподіляються між каплями емульгованого мономеру та міцелами-агрегатами з 20-100 емульгованих молекул діаметром 5-15 нм. Кількість мономеру розчиненого у воді незначна. При нагріванні ініціатор у водній фазі розпадається з утворенням радикалів, що ініціюють ріст ланцюга при взаємодії з розчиненим у воді мономером, при цьому утворюються олігомерні радикали.

Олігомерні радикали проникають всередину міцел, а концентрація мономеру у водній фазі залишається постійною, доки в реакторі присутні краплі мономеру. При

досягненні довжини ланцюга критичного значення утворюються первинні частинки, зазвичай нестійкі, і до стану колоїдної стійкості утворюють вторинні частинки.

Необхідною умовою емульсійної полімеризації є слабка розчинність полімеру у воді. Емульсійній полімеризації підлягають стиролові, 2-етилгексилакрилатні мономері, а дисперсії довголанцюгових, гідрофобних, та нерозчинних у воді мономерів, таких як лаурилметакрилат або стеарилакрилат неможливо отримати емульсійною полімеризацією. Для синтезу полімерних дисперсій у промисловості мономері попередньо емульгують у воді.

В результаті емульсійної полімеризації отримують макромолекули полімеру, що містяться всередині латексних частинок рівномірно розподілених у водній фазі. Таким чином молекулярна маса полімеру не впливає на в'язкість отриманих продуктів, що дозволяє застосовувати в якості плівкоутворювача для лакофарбових матеріалів високомолекулярні полімери, котрі неможливо використовувати у вигляді розчинів через їх високу в'язкість.

Для поліакрилатів характерна висока атмосферостійкість, стійкість до дії УФ-випромінювання, стійкість покриттів до пожовтіння, водостійкість, а також можливість легко отримувати сополімери із заданою жорсткістю, твердістю та гнучкістю. Стійкість покриттів до дії лугів, кислот, тривала стійкість до впливу атмосферних чинників робить цей клас сополімерів незамінним в рецептурах лакофарбових покриттів для зовнішніх робіт.

Вільні акрилова та метакрилова кислоти збільшують розчинність полімеру у воді, особливо в нейтралізованому стані. Поліакрилати менш стабільні порівняно з поліметакрилатами, також поступаються їм і у твердості, оскільки додаткова метильна група заважає обертанню ланцюга полімеру.

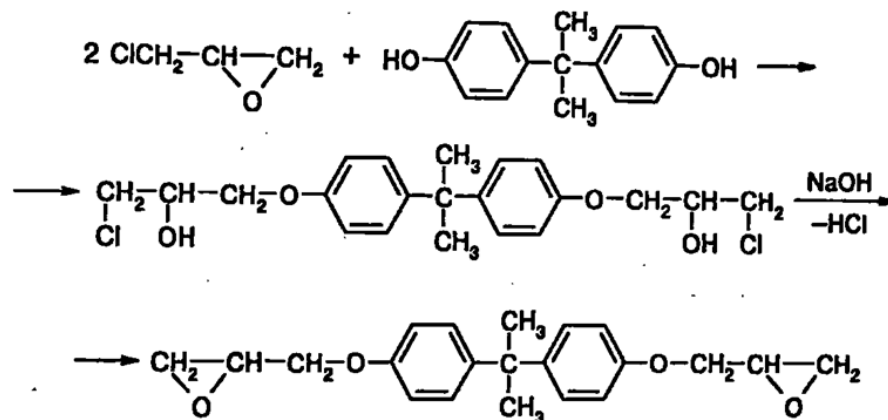
Для отримання лакофарбових матеріалів застосовують продукти, отримані сополімеризацією "м'яких" мономерів з низьким значенням температури склування (бутил- та етилгексилакрилат) з "твердими" мономерами та високою температурою склування (бутил- та метилметакрилат). Такі з'єднання дозволяють отримати сополімери з температурою склування 0-40°C.

Виробництво плівкоутворювачів на основі похідних метакрилової кислоти дороге, тому метилметакрилат частково або повністю замінюють на стирол. Отримання сополімерів акрилатів зі стирилом можливе завдяки здатності цих мономерів легко співполімеризуватись з акрилатами. Використання неполярного мономеру стиrolу замість метилметакрилату дозволяє отримати покриття з більш високими водо- та луго- стійкими властивостями, збільшити блиск готового лакофарбового покриття. Проте високий вміст стиrolу в складі фарби може знизити її атмосферостійкість, збільшити мілення та спровокувати пожовтіння поверхні.

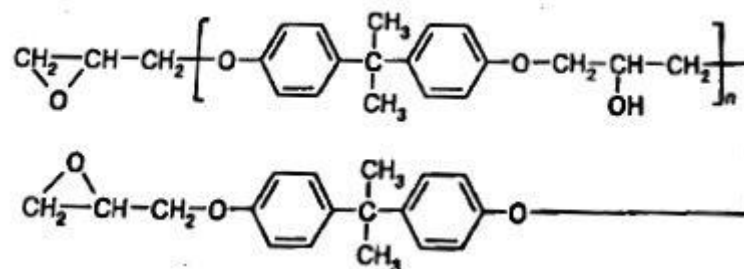
Чисті акрилати застосовують переважно для зовнішньої обробки, виробництва лаків, просочувальних сумішей, фарб для внутрішніх робіт з низьким вмістом пігментів та наповнювачів.

#### 1.4.2. Лакофарбове покриття епоксидного типу

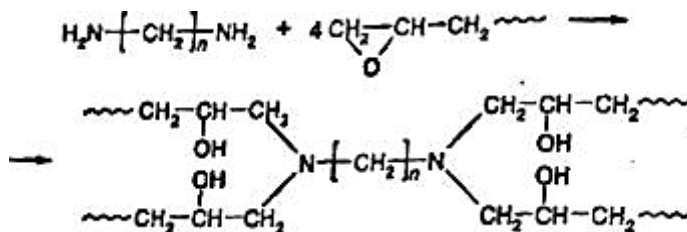
Отримання епоксидних смол відбувається під час реакції епіхлоргідрину з гідроксилвмісними сполуками, наприклад 2,2-дифенілол пропаном в лужному середовищі. Перша стадія реакції супроводжується отриманням діепоксиду:



Заключна стадія процесу характеризується отриманням розчинної низькомолекулярної смоли з молекулярною масою 450-4000:



Затвердіння епоксидних смол відбувається в результаті їх взаємодії зі з'єднаннями, які містять дві або більше функціональні групи, що здатні до приєднання до епоксидної групи (багатоосновні кислоти, їх ангідриди та аміни). Реакція затвердіння, з використанням отверджувача поліетиленполіаміну:



Наявність в затвердлій смолі гідроксильних груп сприяє хорошій адгезії до інших матеріалів, що дає можливість використання епоксидних смол в якості клею [14],[15].

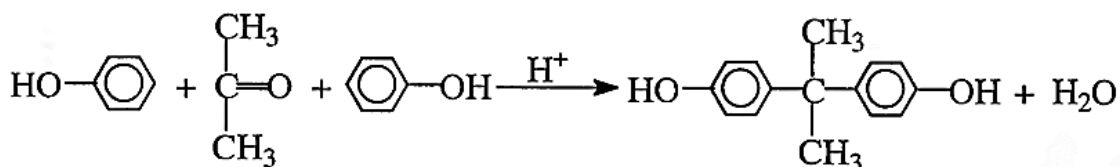
Епоксидні смоли – це олігомери, у молекулі яких міститься мінімум дві епоксидні групи. Введення цих груп до олігомерів відбувається внаслідок взаємодії епіхлоргідрину із сполуками, що містять активні атоми водню, наприклад –ОН, –СООН, –SH, –NH<sub>2</sub> та інших з наспунним дехлоруванням лугом.

Епоксидні олігомери при взаємодії із затверджувачами утворюють тверді зшиті структури (полімери).

На даний час найбільшого поширення серед смол набули діанові сполуки, що становлять приблизно 80% від кількості смол які випускаються.

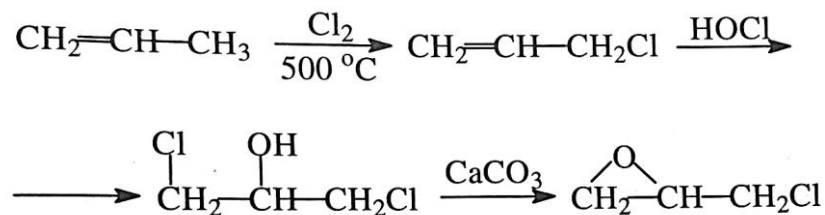
Діанові епоксидні олігомери отримують реакцією полімеризації 4,4' – дигідроксидифенілпропану (діану) та епіхлоргідрину в лужному середовищі.

Бісфенол А або 4,4' –дигідрокси-2,2-дифенілпропан одержують реакцією поліконденсації двох молів фенолу з одним молем ацетону, реакцію проводять в кислому середовищі.

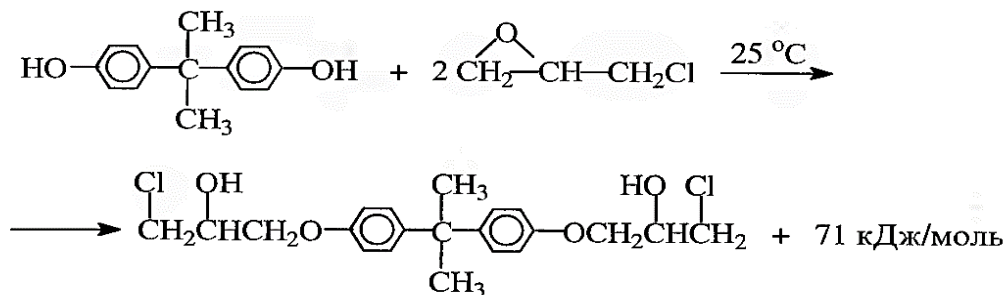


А епіхлоргідрин (ЕХГ) отримують з пропілену в три послідовні етапи. Спочатку відбувається хлорування пропілену з отриманням аллілхлориду, потім додають гіпохлоритну кислоту, яка дає суміш двох ізомерних спиртів, далі під дією

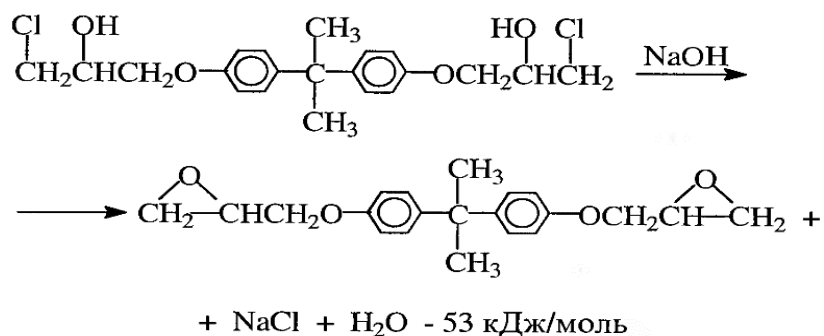
карбонату кальцію утворюється епіхлоргідрин.



При реакції поліконденсації епіхлоргідрину з бісфенолом відбувається розкриття епоксидного циклу з подальшим дегідрохлоруванням.



Хлоргідридні групи під дією луку знову змикаються в епоксидні групи, реакція перебігає з поглинанням тепла.



Проте, загалом реакція поліконденсації є екзотермічною (з виділенням тепла).

Залежно від співвідношення ЕХГ з бісфенолом, та від способу ведення процесу утворюються продукти сполуки з різними ступенями полімеризації, молекулярною масою та експлуатаційними властивостями.

Для синтезу епоксидних олігомерів використовують 1,3 – 2,0 моль епіхлоргідрину та 1 моль бісфенолу А, реакційну суміш розріджують нейтральним розчинником (толуолом, ксилолом, бутанолом, бензолом та іншими). Поліконденсація епіхлоргідрину з бісфенолом А відбувається в апаратах колонного типу, при температурі 95-100°C, що дозволяє вести процес у гомогенному середовищі та скоротити тривалість реакції конденсації [16].

Послідовними стадіями технологічного процесу є: приготування розчинів бісфенолу А, лугу; реакція поліконденсації; відокремлення олігомеру та нейтралізація; висушування готового олігомеру.

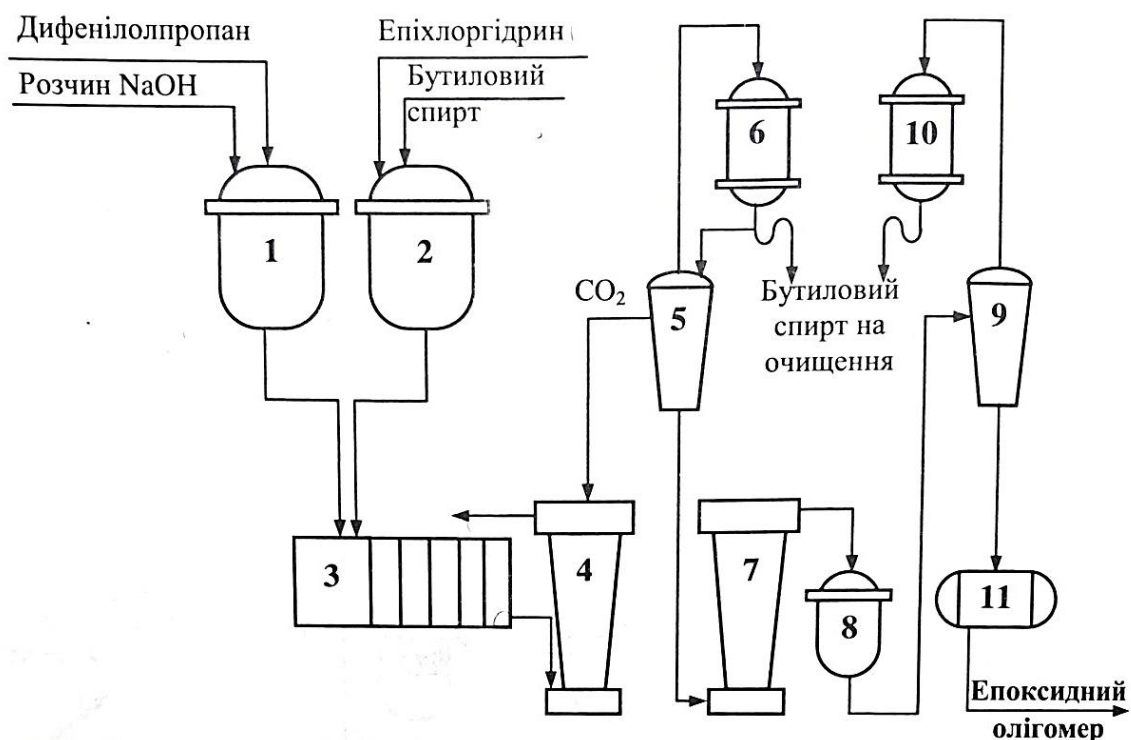


Рис.1.7 . Технологічна схема виробництва діанових епоксидних олігомерів неперервним способом:

1 – апарат для приготування розчину бісфенолу А; 2 – апарат для приготування розчину епіхлоргідрин; 3 – багатосекційний реактор; 4,7 – відстійники; 5,9 – циклони; 6, 10 - холодильники; 8 – фільтр; 11 – збірник.

Після розчинення та приготування робочих розчинів епіхлоргідрину та бісфенолу в апаратах для приготування розчинів (1) та (2), (рис.1.5) їх передають у багатосекційний апарат колонного типу (3), в якому маса перемішується та передається у відстійник. У відстійнику (4) розділяється водна та органічна фаза. У циклонному апараті (5) відгаганяють суміш води з леткими органічними сполуками та направляють у відстійник (7), в якому відбувається відділення солей (NaCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Через фільтр (8) олігомер надходить у циклон (9) де відбувається відгонка бутилового спирту. Готовий епоксидний олігомер збирають у збірнику (11), з якого олігомер направляють на фасовку.



Епоксидні олігомери сумісні з більшістю синтетичних олігомерів (феноло-, сечовино- й меламіно- формальдегідними, поліестерами тощо), полівінілхлоридом, полівінілацетатом та іншими. Тому епоксидні олігомери часто модифікують для покращення властивостей виробів на їх основі.

Перевагами епоксидних покриттів є їх висока адгезія до поверхні, міцність, електроізоляційні властивості. А недоліками є: двокомпонентність фарби, вміст летких органічних сполук в складі покриття, та відносна складність технологічного процесу отримання [16-18].

## **1.5. Формування покриттів з розчинів**

### **1.5.1. Формування покриттів без хімічних перетворень**

Процес плівкоутворення та формування покриття без хімічних перетворень відбувається внаслідок випаровування розчинника із складу лакофарбового матеріалу. Кінетично цей процес можна поділити на дві стадії: перша стадія- випаровування розчинника з рідкої фарби, що характеризується поверхневими явищами; друга фаза- випаровування розчинника з твердої вже сформованої плівки, що характеризується дифузійними процесами в масі полімеру.

На першій стадії розчинник випаровується з вільної поверхні всіх шарів, та утворенні в них градієнта концентрацій, що призводить до дифузії молекул розчинника до зовнішнього шару лакофарбового покриття, та утворення на його поверхні в'язкого гелю. Внаслідок цього молекулам розчинника важче здолати опір в'язкого шару, що з часом переходить у більш твердий стан.

Друга стадія процесу характеризується видаленням «залишкового» розчинника. Ця стадія більш тривала ніж попередня, тому що розчинник який залишився доволі міцно зв'язаний з молекулами плівкоутворювача. Швидкість плівкоутворення залежить від хімічної будови плівкоутворювача. Чим більша довжина ланцюга та ступінь розгалуження, тим повільніше відбувається випаровування, та залишається відповідно більша кількість розчинника у шарі покриття [19].

### 1.5.2.Формування покриттів внаслідок хімічних перетворень

В шарі лакофарбового покриття , в результаті перебігу хімічних реакцій олігомерів або полімерів утворюється плівка з лінійною, розгалуженою або просторовою структурою.

При утворенні полімерних покриттів найбільшу увагу приділяють просторовій (сітчастій) структурі покриття. Покриття такого роду досягаються внаслідок реакції полімеризації або поліконденсації.

В процесі реакції полімеризації можна виділити три етапи: ініціювання , ріст ланцюга та обрив ланцюга. Ініціатором є кисень повітря, проте інколи кисень може виступати інгібітором процесу. Полімеризацією на підкладці можна отримати покриття з наступних плівкоутворювачів: олів, ненасичених полієфірів, поліуретанів, олігоєфіракрилатів, алкідних та епоксидних олігомерів.

Процес плівкоутворення на підкладці внаслідок реакції поліконденсації проходить в три стадії: утворення розчинного лінійного полімеру( стадія А); потім- частково розчинний розгалужений полімер (стадія В); та нерозчинний неплавкий полімер сітчастої будови (стадія С). Поліконденсацією на підкладці отримують лакофарбові покриття з наступних плівкоутворювачів: меламіно-, сечовино- , фенолоформальдегідних олігомерів, полієфірів, кремнійорганічних олігомерів.

### 1.5.3.Формування покриттів з водних дисперсій полімерів

Лакофарбові покриття на основі водних дисперсій містять у своєму складі дві фази: тверду (полімер, пігмент, та інші добавки) та рідку (вода). Водні дисперсії бувають: гідрофобні(ліофобні), гідрофільні (ліофільні) та перехідного типу.

Ліофобні водні дисперсії – це дисперсії полімерів у не змішваному з водою розчиннику. Ліофобні дисперсії не утворюють сильних взаємодій між дисперсною фазою та дисперсійним середовищем. Для отримання такого роду дисперсій застосовують полімери та сополімери вінілацетату та вінілхлориду, алкідні, модифіковані оліями, поліакрилати, олігоєфіри, епоксидні олігомери, поліакрилати.

Ліофільні дисперсії – це системи, в яких дисперсна фаза сильно пов'язана з дисперсійним середовищем (водою) через адсорбцію. Плівкоутворення перебігає в три стадії.

Перша стадія- утворення проміжного гелю (зближення часточок ЛФМ та збільшення їх взаємодії, при цьому різко збільшується в'язкість системи).

Друга стадія- ущільнення проміжного гелю, при цьому відбувається подальше видалення води з утвореної плівки. Можна спостерігати деформацію частинок, вони з кулькоподібної форми переходять у сплюснутий багатогранник, який щільно вкладається серед інших. Така структура називається псевдоплівкою.

Третя стадія характеризується повним злипанням часточок, руйнуванням міжфазних взаємодій, та утворенням монолітної плівки. За таким механізмом утворюються плівка лакофарбових покриттів з водних дисперсій полівінілацетатів, поліакрилатів, та інших полімерів.

#### Формування покриттів з органічних дисперсій полімерів

Органічні дисперсії полімерів – це двофазні системи, що складаються з дисперсної фази (плівкоутворювач, пігмент, наповнювач та інші добавки) та дисперсного середовища (органічного розчинника).

Зазвичай органічні дисперсії – це ліофобні або перехідного типу дисперсії, що пояснюється їх складом. Прикладом таких дисперсій є фторопласт, до дисперсій перехідного типу можна віднести полівінілхлоридні, полівінілакрилатні та інші [19].

Формування покриттів з органічних дисперсій полімерів відбувається за рахунок видалення дисперсного середовища та злипання полімерних частинок. Плівкоутворення проходить за різними схемами, залежно від типу дисперсії:

1.Ліофобна дисперсія (виділення дисперсійного середовища) → 2.проміжний гель(випаровування залишкового розчинника) → 3.плівка

1.Дисперсія перехідного типу(виділення дисперсійного середовища,тобто частини розчинника) → проміжний гель (випаровування розчинника та залишкового розчинника) → драглі(випаровування залишкового розчинника) → плівка.

Органічні дисперсії отримують на основі кристалічних та аморфних полімерів. Плівкоутворення для більшості полімерів здійснюється при підвищених температурах [19].

## 1.6. Галузі застосування та основні виробники лакофарбових покриттів

Лакофарбова промисловість- це галузь хімічної промисловості, що виготовляє понад 2500 найменувань продукції: лаки, фарби, ґрунтівки, шпаклівки, морілки, декоративно-оздоблюючі матеріали та ін..

Сучасний розвиток лакофарбової промисловості можна сказати прогресивним, проте він значно менший порівнюючи з країнами ЄС. В Україні обсяги продажу фарб на 1 особу населення складає до 5 кг, а в країнах ЄС – близько 12 кг. Найбільшим попитом в Україні користуються водно дисперсійні фарби , що складає 60-65 % всього виробленого об'єму лакофарбових виробів, алкідні (15%), епоксидні (до 15 %) та інші. Протягом останніх 5 років асортимент покриттів значно розширився. Населення віддає перевагу лакофарбовій продукції що буде якісно захищати оброблені конструкції, буде довговічною, стійкою, та екологічно безпечною. Останній фактор на даний час набув великої популярності, оскільки сучасний стан екології та здоров'я населення змушує нас обирати екологічні продукти.

Найбільш поширених виробників органічнорозчинних фарб можна побачити на круговій діаграмі у відсотковому співвідношенні між виробниками (рис.1.6).

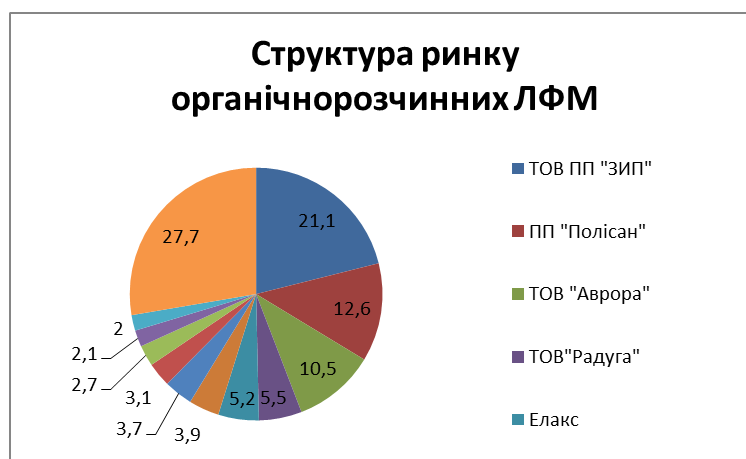


Рис.1.8. Структура ринку органічно розчинних ЛФМ

Лакофарбова промисловість України розвивається та запроваджує нові технології для зменшення впливу негативних чиників на навколишнє середовище як самим виробництвом так і продукцією яка виготовляється. В Україні за останні три

роки введені в роботу нові потужні виробництва водно-дисперсійних фарб, що забезпечують більше ніж 60 тисяч тон продукції, що свідчить про їх високу продуктивність. Також водно-дисперсійна фарба вважається найбільш екологічно безпечною серед інших покриттів [20].

Перші заводи з виробництва лакофарбової продукції в Україні були створені у 1856 та 1858 роках, відповідно в Одесі та Львові. В 2000 році виробництвом ЛФМ займались близько 50 підприємств, а вже в 2019 році це близько 150 компаній, включаючи міжнародні підприємства, заводи та виробничі цехи. Основні виробники лакофарбової продукції в Україні та місце їх розташування наведено на табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Основні виробники ЛФМ в Україні та місце їх розташування

Виробники	Місце розташування	Виробники	Місце розташування
Снежка – Україна «Sniezka»	М.Яворів Львівська обл.	Радуга «Барва», «Smile»	М. Кам'янське (М.Дніпродзержинськ)
Тіккуріла «Колорит»	М.Київ	Адвент-Інвест “Kompozit”	М.Київ
Ірком-ЕКТ ТМ «Ірком»;	М.Київ	Полісан «Farbex», «Delfi»;	М.Суми
ЗП «Triora», «Зебра», «Мальва»	М. Кам'янське (М.Дніпродзержинськ)	Хенкель Баутехнік Україна «Ceresit»	4 заводи в різних областях
Поліфарб-Україна «Dufa»	М.Дніпро	Капарол-Дніпро	С.Василівка Дніпропетровська обл..

В Україні працює комітет, який займається стандартизацією лакофарбової продукції. На даний час 50 % лакофарбових матеріалів Українського виробництва відповідають сучасним міжнародним вимогам та стандартам. Робота комітету також сприяє подальшому розвитку та поліпшенню якості лакофарбової продукції. Лакофарбові матеріали українського виробника можна побачити не лише на вітчизняному ринку, а і за кордоном. Фарбу експортують в Росію, Казахстан, Молдову, Білорусію.

Країнами які імпортують фарбу в Україну є переважно Італія, Німеччина, Швеція, Естонія, Словенія. На діаграмі нижче можна побачити структуру імпорту та експорту лакофарбової продукції. (рис.1.7).

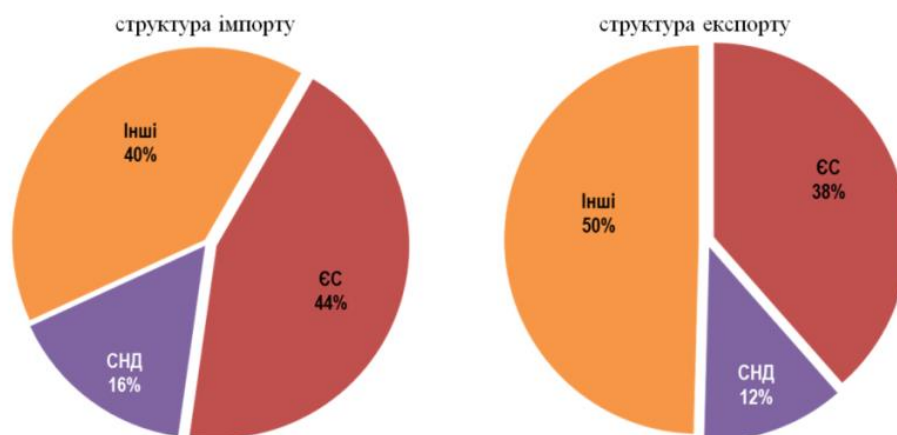


Рис.1.9. Структура імпорту та експорту лакофарбової продукції.

Лакофарбова промисловість України робить значний внесок в економіку країни, забезпечує продукцією близько 80 % потреб внутрішнього ринку, працевлаштовує близько 7000 осіб населення [15].

## Висновки до розділу 1

Корозія металів завдає значних економічних збитків, а також погіршенню стану довкілля. Корозійні процеси руйнують обладнання, механізми, машини, конструкції, що може стати причиною аварій, виходу з ладу цілих механізмів, зупинки виробництва тощо. Враження металу корозією може бути поверхневим, що дозволяє візуально визначити пошкодження, та внутрішнє, яке не можна візуально визначити. Тому своєчасний технічний огляд, та ремонт деталей чи ділянок конструкцій може продовжити строк служби даного обладнання.

Отже проблема захисту металів від корозії має велике значення. Основним методом захисту металів є нанесення лакофарбових покриттів, які при нанесенні утворюють плівку, що запобігає прямому контакту металу з навколишнім середовищем. Асортимент лакофарбових матеріалів з кожним роком зростає, що дозволяє підібрати матеріали до заданих умов експлуатації. Ефективність антикорозійного захисту металів за допомогою ЛФП залежить від металу, природи

агресивного середовища, типу ЛФП та умов експлуатації. Тому для вибору ЛФП для захисту металів необхідним є порівняння їх основних показників якості (водопоглинання, пористості, часу проникнення агресивних розчинів).

## РОЗДІЛ 2

### ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ЯКОСТІ

Полімерні покриття повинні володіти певними фізико-механічними, декоративними та захисними властивостями, що забезпечують їх тривалу експлуатацію в різних умовах.

Якість готового лакофарбового покриття оцінюється шляхом співставлення основних технічних характеристик, вказаних у сертифікаті на партію матеріалів, також характеристик вказаних в технічній документації виробника (технічні карти, специфікації, інструкції, проекти та ін.).

Також обов'язковому контролю піддаються розчинники, розріджувачі та інші компоненти, що використовуються в процесі виготовлення ЛФМ [21].

Лакофарбові покриття належать до найпоширеніших методів захисту металів від корозії. Це викликає необхідність всебічного оцінювання їх якості залежно від умов застосування: адгезії до металу, стійкості до дії води та розчинів неорганічних і органічних рідин, водонепроникності, пористості, омичного опору тощо [3].

#### **2.1. Фізико-механічні властивості**

В процесі експлуатації полімерні покриття зазнають впливу зовнішніх та внутрішніх наруг. Фізико-механічні властивості полімерних плівок можна розділити на дві групи: властивості «вільних» плівок, тобто плівок сформованих на підкладці та відділених від неї, та властивості покриттів на твердій підкладці.

До групи «вільних плівок» можна віднести такі показники: міцність при розтягненні, відносне подовження при розриві, модуль пружності при розтягненні. До цієї групи також відносять термомеханічні властивості, текучість, релаксація напруг та інші. До другої групи відносять зносостійкість, адгезію, міцність при згині та ударі, внутрішні напруження та інші.

Міцність при розтягненні – максимальні значення напружень, які здатна витримувати «вільна» плівка без руйнування. Міцність  $\sigma_p$  у формулі (2.1)



вимірюється відношенням навантаження  $P$  до первинної площі поперечного перерізу плівки  $S$ :

$$\sigma_p = P / S \quad (2.1)$$

Відносне подовження при розриві це здатність плівки змінювати початкову довжину внаслідок розтягнень під дією зовнішніх сил.

Відносне подовження плівки  $\varepsilon_p$  у формулі (2.2) виражається у відсотках від її початкової довжини та розраховується за формулою:

$$\varepsilon_p = \frac{l - l_0}{l} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

де  $l$  – довжина плівки в момент розриву, мм;  $l_0$  – початкова довжина плівки, мм.

Модуль пружності при розтягненні характеризує жорсткість покриття та визначається відношенням напруг до відповідного подовження вільної плівки.

Модуль пружності  $E$  у формулі (2.3) розраховують на основі закону Гука:

$$E = \sigma / \varepsilon \quad (2.3)$$

Де  $\sigma$  – напруження при розтягненні;  $\varepsilon$  – відносне подовження плівки.

Міцність при згинанні та розтягненні лакофарбового покриття характеризують його еластичність. Показник міцності при згинанні визначають згідно стандарту [22].

Він характеризує подовження ЛФП або стійкість покриття до розтріскування, відслоювання від металевої пластини при згинанні пофарбованого зразка кругом циліндричного стержня заданого діаметру.

Для визначення використовують комплект циліндричних стрижнів діаметром від 2 до 32 мм. Підготовлені пластини з покриттям рівномірно без ривків протягом 1-2 с згинають кругом стрижня на  $180^\circ$ . Одразу після проведення згинання проводять оцінку покриття на наявність тріщин, сколів, відшарувань від пластини. Фіксують діаметр стрижня, при використанні якого з'явилися дефекти покриття.

Пристрій для визначення міцності (рис.2.1.) представляє собою панель із 12 хромованими стрижнями різного діаметру. Пристрій фіксується до столу за допомогою струбцини.

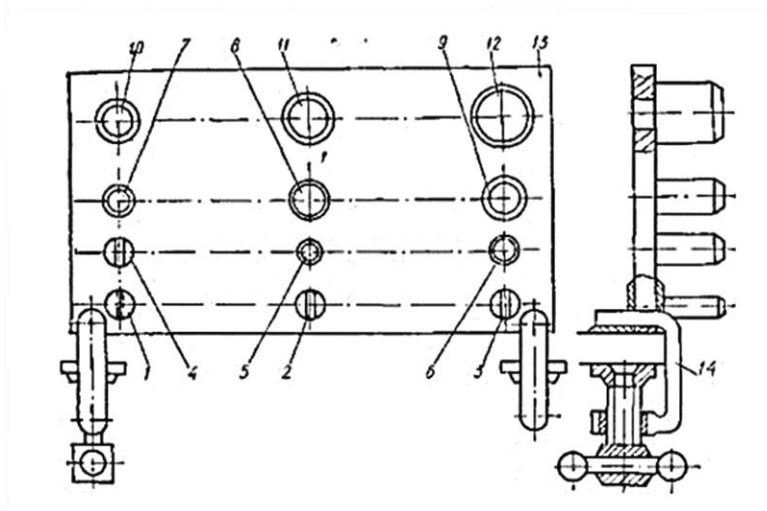


Рис. 2.1. Пристрій для визначення міцності при згині ЛФП:

1-12- стрижні; 13 – панель; 14 – кріплення струбцини.

Міцність плівки при ударі характеризує стійкість покриття до розтріскування при миттєвій деформації внаслідок різкого удару. Метод заснований на визначенні максимальної висоти (у см) падіння вантажу масою 1 кг при яких металева пластина не деформується. Вимірювання проводять до того часу, щоб зафіксувати появу розтріскувань або відшарувань ЛФП від підкладки. Для визначення міцності при ударі підкладку з нанесеним лакофарбовим покриттям закріплюють та опускають вантаж таким чином, щоб він вільно падав на пластину. Після чого лакофарбове покриття оцінюють на наявність сколів та тріщин за допомогою лупи, фіксують висоту при якій тріщини з'являються перший раз.

Внутрішні напруження виникають в процесі утворення плівки під час випаровування розчинника та під час структурних перетворень, різниці в термічних коефіцієнтах лінійного розширення плівки та підкладки при зміні температури. Внутрішні напруження розраховують за формулою (2.4).

$$\sigma_{\text{вн}} = \frac{\Delta h \cdot E \cdot t^3}{3l^2 \cdot (t + \Delta t)} \quad (2.4)$$

Де  $\Delta h$  – відхилення пластини від початкового положення;  $E$ - модуль пружності сталевोї підкладки (рівної  $1,96 \cdot 10^5$  МПа);  $l$ - довжина плівки на підкладці,мм;  $t$  – товщина плівки,мм;  $\Delta t$  – товщина покриття,мм.

Термічний коефіцієнт лінійного розширення ( $\alpha$ ) – це відносне подовження вільної плівки при зміні температури на  $1^\circ\text{C}$ . Коефіцієнт лінійного розширення можна розрахувати з формулою:

$$\alpha = \frac{l_t - l_0}{t_t - t_0} \cdot \frac{1}{l_0} \quad (2.5)$$

Де  $l_0$  – початкова довжина плівки,мм  $l_t$  – довжина плівки при заданій температурі  $t$ ;мм  $t_0$  – початкова температура плівки;  $t_t$  - температура плівки при її довжині  $l_t$ .

Зносостійкість – це стійкість ЛФП до стирання абразивними часточками. Об'ємна зносостійкість (зносостійкість за втратою маси) визначається стиранням покриття абразивною шліфувальною шкуркою та розраховується за формулою:

$$l_G = \frac{G_1 - G_2}{S} \quad (2.6)$$

де  $l_G$  – питомий знос;  $G_1$  – маса плівки до стирання, мг;  $G_2$  – маса плівки після стирання, мг;  $S$  – площа сліду стирання,  $\text{мм}^2$ .

Питомий знос визначають за формулою (2.7).

$$l_{[G]} = \frac{l_G}{\rho} \quad (2.7)$$

Де  $\rho$  – густина плівки,  $\text{г/см}^3$ .

Також важливим показником є твердість ЛФП. Вона характеризує механічну міцність покриття після його повного висихання, тому цей показник часто застосовують для визначення ступеня висихання покриття. Твердість плівки відображається відношенням часу загасання коливань маятника, устаненого на

поверхні плівки, до часу загасання коливань того ж самого маятника устанавленого на скляній пластинці[23]. Твердість також визначають за менш поширеним методом дряпання.

В'язкість -це характерна властивість рідких матеріалів чинити опір переміщенню однієї їх частини по відношенню до іншої.

В'язкість ЛФП залежить від обраного його виду, залежно від якого підбирають спосіб нанесення. При підвищеній в'язкості зростає товщина плівки покриття в один шар, відповідно збільшується час висихання і знижується міцність плівки, і навпаки, при зниженні – зменшується товщина шару плівки та збільшуються витрати розчинника[19].

В'язкість лакофарбових покриттів – основний технологічний показник якості, адже вибір способів нанесення фарби в першу чергу залежить від її в'язкості.

Розділяють кінематичну та динамічну в'язкість. Динамічна вимірюється в Паскаль-секундах (Па·с), або в Пуазах (П);  $1 \text{ Па}\cdot\text{с}=10 \text{ П}$ . Кінематична в'язкість визначається відношенням динамічної в'язкості до густини рідини, вимірюється в  $\text{мм}^2/\text{с}$ .

Методику визначення в'язкості обирають залежно від типу рідких систем. Ньютонівські рідини постійні в часі, та не залежать від механічного впливу – напруги зсуву (наприклад перемішування). Неньютонівські рідини залежать від часу або від напруги зсуву. Якщо зі збільшенням напруги зсуву в'язкість зменшується – то рідини називають тиксотропними.

Для визначення в'язкості лакофарбових матеріалів, що являють собою ньютонівські рідкі системи користуються методикою що ґрунтується на визначенні часу витікання заданого об'єму матеріалу через сопло заданого діаметру. Слід враховувати, що за даною методикою кінематична в'язкість дослідного зразка не має перевищувати  $7002 \text{ мм}^2/\text{с}$ , а час витікання через сопло має бути в межах від 30 до 100с. Воронку для визначення в'язкості вибирають за калібровочною кривою згідно з ГОСТ 8420-74 [24], з розрахунком, щоб час витікання матеріалів знаходився у відріжку від 30 до 100 с.

Існує ряд лакофарбових матеріалів, що являють собою тиксотропні колоїдні системи, час витікання яких із воронки невизначений і має велику розбіжність. В таких випадках визначають динамічну в'язкість лакофарбового матеріалу за допомогою віскозиметрів.

Розлив характеризує гладкість та рівність покриття, внаслідок його рівномірного розділення по поверхні. Покриття не має містити слідів нанесення пензликом (штрихів, полос), а при нанесенні пульверизатором повністю перекривати поверхню без ряботиння. Фарба з хорошим показником розливу має розтікатись по поверхні не залишаючи слідів нанесення раніше 10 хвилин [25].

Час висихання ЛФП – це проміжок часу від нанесення фарби на поверхню до повного затвердіння фарби при заданій температурі та вологості. Час висихання визначають згідно з ГОСТ 21903-76 [26], який ґрунтується на здатності ЛФП втримувати на поверхні металеві кульки без пошкодження та деформації покриття. Покриття вважається таким, що повністю висохло, коли затверділи всі його шари, це можна визначити накладенням сітки на поверхню ЛФП з певним нажимом, яка не має залишати слідів руйнування.

Найшвидше висихаючими покриттями вважаються нітроемалі, які повністю висихають за 15-20 хвилин при температурі 18-20°C.

Бензо- та оливо- стійкість – це здатність покриття витримувати вплив бензину, оливу без руйнування при певній температурі [19].

## **2.2. Декоративні властивості**

Зовнішній вигляд ЛФП має відповідати ряду вимог, оскільки в процесі експлуатації фарба зазнає впливу зовнішніх чинників. Може спостерігатись зміна кольору, втрата блиску, з'являється білуватість, фарба починає втримувати на своїй поверхні пил та бруд.

Колір покриття в першу чергу залежить від складу ЛФП, а також від ступеня дисперсності матеріалу та умов затвердіння покриття, в тому числі і температури сушки. Існує 3 методи визначення кольору: візуальний, метод порівняння (колір ЛФП порівнюється з кольором контрольного зразка – еталону) та кількісний метод.

Візуальний метод полягає у порівнянні кольору ЛФП з еталоном, при цьому зразки при порівнянні мають знаходитись в одній площині, на відстані 300-500 мм від спостерігача, та під кутом, що запобігає утворенню блиску на поверхні ЛФП [27].

Блиск – це сприйняття стану поверхні, що свідчить про якість обробки та стан покриття. Втрата або зміна блиску може свідчити про початок руйнування поверхні покриття. Блиск визначають за допомогою фотоелектричних блисковимірювальних приладів, принцип роботи яких заснований на порівнянні кількості світла що відбиває поверхня зразка з кількістю світла що відбивається ідеально матовою поверхнею. При визначенні блиску в якості фотометричного параметру обирають коефіцієнт яскравості для визначених умов освітлення. Як еталон використовують увиолове скло, що має дзеркальне відбивання світла 65%.

Значення блиску вимірюють у % від вихідного блиску, та розраховують за формулою:

$$X = \frac{\Phi - \Phi_1}{\Phi} \cdot 100\% \quad (2.8)$$

Де X – втрата блиску;  $\Phi$ - вихідний блиск ЛФП;  $\Phi_1$  – блиск покриття в процесі експлуатації.

Мілення (крейдування)- руйнування пігментованих покриттів, внаслідок структурних перетворень під дією фотохімічних процесів у плівці покриття, що призводить до утворення вільних частинок які можуть вільно відділятися від пігменту.

Світлостійкість характеризується стійкістю ЛФП до вигорання. Для визначення світлостійкості використовують світловий потік ртутно-кварцевої або ксенонової лампи, випробування проводять згідно ГОСТ 21903-76 [26]. Пластинку з ЛФП після повного висихання закривають наполовину світлонепроникним папером та поміщають під ртутно-кварцеву лампу ПРК-2 та піддають опромінюванню на відстані 24-40 см. Після чого знімають чорний папір та візуально порівнюють опромінену ділянку з ділянкою що знаходилась під папером, колір обох ділянок немає відрізнитись [28].

Білуватість покриття – це утворення на поверхні пофарбованого зразка білого нальоту, що утворюється внаслідок фізико-хімічних перетворень, що перебігають під дією вологи. Цей показник визначають візуально.

Брудоутримання – це здатність покриття втримувати бруд, пил та інші забруднення на своїй поверхні. Визначення відбувається за допомогою приладу для змивання бруду, також вимірюють блиск ( до та після забруднення) та коефіцієнт яскравості вихідної сировини до та після експлуатації.

Перекривання – це здатність ЛФП при рівномірному одношаровому нанесенні на однокольорову поверхню перекривати її забарвлення. Показник перекривання залежить від кількості та якості пігментів у складі фарби та властивостей плівкоутворювача. Показник перекривання визначає також і витрати фарби, чим більший показник перекривання, тим менші витрати фарби. Цей показник визначають візуально, з використанням чорно-білої шахматної доски, для цього на скляну пластину наносять фарбу, а під пластину підкладають шахматку і спостерігають за просвічуванням чорних та білих квадратів шахматної доски.

Іншим методом визначення перекривання є метод заснований на визначенні ступеня контрастності (коефіцієнт контрастності), тобто відношення кількості світла, відображеного від чорної та білої поверхні, на які нанесене ЛФП.

Коефіцієнт контрастності (K) розраховують у %, за наступним рівнянням:

$$K = R_{\text{ч}} / R_{\text{б}} \cdot 100\% \quad (2.9)$$

Де  $R_{\text{ч}}$  – відбиваюча здатність пофарбованої чорної поверхні,%;  $R_{\text{б}}$  – відбиваюча здатність пофарбованої білої поверхні,%.

Коефіцієнт контрастності вимірюють за допомогою фотоелектричного пристрою та стандартної контрастної чорно-білої підложки, що має відбивну здатність на білій ділянці 75-85%,а на чорній ділянці – менше 5 %.

Коли коефіцієнт контрастності наближається до 1 поверхня вважається перекритою.

### 2.3. Корозійна стійкість

Всі метали що застосовуються в техніці здатні до розрушення внаслідок дії навколишнього середовища. Процес руйнування називається корозією.

Корозійна стійкість ЛФП залежить від його пористості та характеризується такими чинниками: водостійкість, водопоглинання, атмосферо стійкість.

Пористість покриття характеризує суцільність та щільність покриття, та класифікується залежно від кількості пустих ділянок (пор) між макромолекулами або між елементами структури.

Водостійкість лакофарбового покриття характеризує здатність покриття витримувати вплив прісної та морської води без змін.

Метод заснований на визначенні стану лакофарбового покриття після витримки зразка у воді протягом заданого проміжку часу. Для цього металеві пластинки покривають лакофарбовим покриттям таким чином щоб зразок був пофарбований з усіх боків та повністю висушують. Після чого зразки занурюють у скляні стакани з дистильованою водою на 2/3 площі поверхні.

Після витримки зразків у воді протягом заданого часу їх виймають, висушують фільтрувальним папером та витримують при кімнатній температурі протягом 1-2 годин. Після чого оцінюють стан лакофарбового покриття та колір. На покритті не допускається наявність відшарувань, білих матових плям, краплистих включень та інших деформацій. Аналогічно визначають стійкість до лугів та кислот.

Водопоглинання – це показник який характеризує набухання лакофарбового матеріалу внаслідок витримки його у воді протягом заданого проміжку часу. Визначення водопоглинання проводять вимірюючи зміну маси полімерного зразка після витримки у воді. Показник виражають у відсотках , розраховуючи за формулою:

$$X = \frac{m_1 - m_0}{b - a} \cdot 100, \% \quad (2.10)$$



де  $m_1$  – маса бюкса зі зразком після витримки у воді, мг;  $m_0$  – маса бюкса зі зразком до випробування, мг;  $b$  – маса зразка з покриттям, мг;  $a$  – маса пластин без покриття, мг.

Атмосферостійкість - це здатність лакофарбового покриття зберігати свої захисні та декоративні властивості протягом тривалого часу в атмосферних умовах.

Атмосферостійкість лакофарбових покриттів визначають за ГОСТ 6992-68, на ділянці що розташована на відкритому повітрі. Оцінюють ступінь руйнувань покриття (втрата блиску, зміна кольору, розтріскування, вивітрювання, відшарування, та інші) у відсотках від загальної площі покриття [29]. Атмосферостійкість за пришвидшеним способом можна визначити на візірометрі, в якому пофарбовані зразки піддаються впливу перемінних тепла та холоду, вологого та сухого повітря, ультрафіолетових променів.

Адгезійні властивості є однією з найважливіших характеристик ЛФП, що характеризує міцність прилипання покриття до металевої підкладки, та визначає термін служби покриття.

Існує багато визначень та пояснень явища адгезії. Декілька з них найвлучніше описують це явище. Адгезія – це здатність ЛФП створювати міцні з'єднання разом із металевою підкладкою внаслідок хімічних взаємодій активних груп зв'язуючого з активними центрами на поверхні підложки. Проте адгезія може бути зумовлена як хімічними так і фізичними взаємодіями. Може бути обумовлена дією сил Ван-дер-Ваальса між макромолекулами субстрату та адгезиву, наявністю між ними водневих зв'язків, дифузії макромолекул між поверхнями, та затікання фарби у мікропори та мікротріщини, створюючи при цьому міцні структури.

Чим вище значення показника адгезії, тим міцніше буде з'єднання ЛФП з підложкою, і відповідно навпаки, чим менше значення – тим покриття буде менш довговічним, та швидше буде відшаровуватись [30].

Адгезія виникає, в першу чергу, завдяки молекулярній взаємодії між активними функціональними групами лакофарбового покриття та металевою основою. Для досягнення мінімальної відстані між фазами та створення відповідних

умов для фізичних та хімічних взаємодій фарба має добре змочувати поверхню на яку вона наноситься. Поверхня буде добре змочуватись фарбою в тому випадку, коли поверхневий натяг лакофарбового матеріалу буде значно меншим за поверхневу енергію металу[31].

Виникення адгезії на межі поділу «лакофарбове покриття – метал» має декілька теорій:

- Механічна адгезія описується механічним зчепленням молекул покриття з нерівностями поверхні металу. Ця теорія свідчить про те, що чим шорсткішою буде оброблена поверхня, тим міцнішим буде зв'язок. В такому випадку буде доцільним застосування струменеві-абразивної обробки металу [30]. В нашій попередній роботі при визначенні адгезійної міцності лакофарбових покриттів епоксидного та акрилового типів, було отримано результат , що свідчить про кращі адгезійні властивості епоксидної фарби порівняно з акриловою.

- Електростатична адгезія – виникає при нанесенні лакофарбового покриття яке має негативний заряд на металеву поверхню (позитивно заряджену) що передає заряд електронегативним матеріалам. Між металом та полімерним покриттям виникає різниця електричних зарядів що забезпечує злипання двох фаз. Такий вид адгезії провокує абразивно-струменева обробка, що викликає збудження електронів на поверхні металу. Нанесення ЛФП на поверхню оброблену таким чином буде доцільним протягом 4-6 годин, адже після цього часу збудження електронів на поверхні зникає [32].

- Адсорбційна адгезія пояснюється явищем утримання матеріалів (притяганням атомів двох фаз) під дією сил Ван дер Ваальса. Адгезія буде більшою коли кут змочування поверхні буде меншим, це можна пояснити більшою поверхневою енергією внаслідок більшої площі контакту між поверхнями. Також існує припущення, що атоми лакофарбового матеріалу частково адсорбуються поверхнею металу, це провокує зближення двох фаз та виникнення сил Ван-дер-Вальса у вигляді водневих зв'язків та хімічних зв'язків між лакофарбовим покриттям та металом.

- Дифузійна адгезія виникає при багат шаровому нанесенні ЛФП. Теорія припускає наявність взаємної адгезії між шарами покриття внаслідок міжфазової дифузії макромолекул та фрагментів що проникають між шарами. Також існує версія що шари покриття зв'язуються між собою активними функціональними групами полімеру [33].

Існує багато факторів що впливають на адгезію лакофарбового покриття до металу. Головними з яких є : підготовка поверхні, природа металу, температурний режим при фарбуванні, природа полімеру та склад адгезиву, покривна здатність та еластичність ЛФП.

Слід виділити основні методи визначення адгезії: метод відриву, та метод решітчастих надрізів. Методи визначення адгезії ЛФП регламентуються ГОСТ 15140-78 «Материалы лакокрасочные. Метод определения адгезии» [34].

Метод відриву полягає у визначенні сили, яку необхідно прикласти для відділення лакофарбового покриття від поверхні на яку воно нанесене. Для цього на попередньо пофарбований зразок приклеюють металеві диски «грибки», коли клей повністю висохне, обрізають окружність диска спеціальним інструментом. Після чого за допомогою адгезиметра вимірюють силу прилипання ЛФП до поверхні. Адгезиметр складається з опорного кільця та загвинчувального ручного механізму. Принцип роботи адгезиметра показано на рис 2.2. При проведенні вимірювань важливо щоб адгезія клею до лакофарбового покриття була більшою за адгезію покриття до металевої підложки. При вимірюванні оцінюють не тільки міцність на відрив, а й характер руйнувань. В результаті можна спостерігати явище адгезії (розрив спостерігається відділенням фарби від підложки) так і явище когезії (розрив відбувається між шарами лакофарбового покриття) [35].

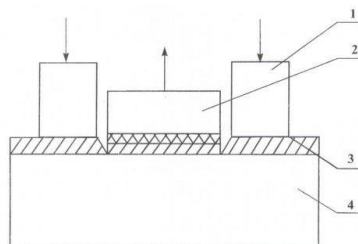


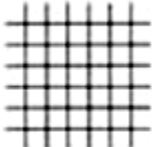
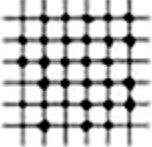
Рис.2.2.Принцип роботи Адгезиметра Константа АЦ.

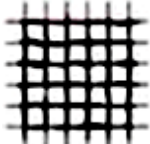
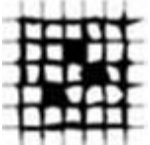

1 – зовнішнє опорне кільце; 2 – металевий диск «грибок»; 3 – лакофарбове покриття 4 – металева підкладка.

Методом решітчастих надрізів визначають адгезію ЛФП до металевих поверхонь згідно з ГОСТ 31149-2014 [36]. Цей метод полягає у визначенні зовнішнього стану лакофарбового покриття на наявність руйнувань та відшарувань. За даним методом оцінювання покриттів проводять візуально, ступені руйнування поділяють на бали, з яких «5» - відповідає значному руйнуванню, а «0» - максимальному балу адгезії за даним методом. При визначенні адгезії на попередньо підготовлені та пофарбовані зразки спеціальним ріжучим інструментом наносять надрізи у вигляді решітки. Надрізи наносять паралельно один до одного, таким чином, щоб відстань від краю пластини була не менше 10 мм, а відстань між полосками не більше 3 мм, довжина надрізів 20 мм. Аналогічно роблять надрізи перпендикулярно до попередніх, таким чином отримуючи сітку. Решітчасті надрізи очищають м'якою щіточкою, та візуально оцінюють стан поверхні. Результати випробувань оцінюють в балах, порівнюючи руйнування на металевій пластині з балами руйнування в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Шкала оцінки результатів випробувань покриттів

Зовнішній вигляд покриття	Опис поверхні лакофарбового покриття після нанесення решітчастих надрізів	Класифікація відшарування покриття за балами
	Край надрізу гладкі, жоден з квадратиків решітки не відділяється	0
	На перетині надрізів відшаровуються дрібні часточки. Площа відшарування дещо перевищує 5 % площі ділянки з нанесеними надрізами	1

	Покриття відшаровується вздовж лінії надрізів, площа відшарування складає до 15% площі решітчастих надрізів	2
	Покриття частково відділяється у квадратах між надрізами, та по лінії надрізів. Площа відшарування значно перевищує 15%, але не більше 35% площі решітчастих надрізів	3
	Покриття відшаровується квадратами та полосами. Площа відшарування значно більше 35%, але менше 65% загальної площі решітчастих надрізів	4
	Значне руйнування покриття, що не можна оцінити за 4-х бальною шкалою	5

Вміст нелетких речовин в складі лакофарбового покриття – це відношення маси речовин, що залишились в плівці після випаровування летких речовин до загальної маси досліджуваного зразка, виражене у відсотках. Визначення проводять випаровуванням летких речовин (розчинників, розріджувачів) при нагріванні наважки даного матеріалу при певній температурі протягом визначеного часу (здебільшого це 1-3 год).

Вміст нелетких речовин розраховують у об'ємних %, за формулою, згідно ISO 3233-2:2019 [37].

$$N_v = N_m \cdot P_{ж} / P_{пл} \quad (2.11)$$

де  $N_v$  - вміст нелетких речовин в об.%,  $N_m$  – вміст нелетких речовин у масс.%,

$P_{ж}$  - густина ЛФМ,  $г/см^3$ ,  $P_{пл}$  – щільність висушеного покриття,  $г/см^3$ .

Санітарно-гігієнічні властивості – це властивості лакофарбових покриттів, що визначають кількість шкідливих речовин, котрі виділяються з ЛФП. Лакофарбові матеріали в процесі роботи здатні виділяти шкідливі речовини, це переважно леткі

розчинники, які є токсичними. Застосування лакофарбового матеріалу забороняється у випадку, коли гранично допустима концентрація шкідливих токсичних речовин перевищує задані межі. Допустимі концентрації шкідливих речовин встановлюють лікарі-гігієністи за допомогою спеціального обладнання [38].

Ступінь перетирання характеризує дисперсність пігментів та наповнювачів що входять до складу лакофарбового покриття та визначається розміром твердих частинок фарби. Чим менший розмір частинок ЛФМ тим якіснішим вважається лакофарбовий матеріал.

Метод визначення ступеню перетирання регламентується ГОСТ - 52753-2007 (ИСО 1524:2000) [39]. Вимірювання проводять на спеціальному пристрої з відкаліброваною клиноподібною канавкою, що має шкалу з поділками. Показники визначають в мікрометрах які відповідають глибині канавки де окремі часточки лакофарбового матеріалу стають розбірливими приймають за значення ступеня перетирання. Зазвичай ступінь перетирання найбільш вживаних ЛФМ складає від 30 до 70 мкм.

Життєздатність багатокomпонентних лакофарбових матеріалів після змішування їх складових визначається часом протягом якого в'язкість суміші практично не змінюється або змінюється до заданих параметрів. При змішуванні реакційноздатних компонентів фарби в'язкість суміші з часом зростає до таких показників, що система втрачає текучість, тоді починається гелеутворення. Метод визначення життєздатності полягає у вимірюванні в'язкості багатокomпонентної фарби одразу після змішування складових, та після певного часу. ЛФМ вважається придатним до використання якщо в'язкість зразка після певного часу не перевищує вихідну в'язкість, або перевищує в прийнятних межах [21].

## **Висновки до розділу 2**

Оскільки основним та найбільш доступним методом захисту металевих конструкцій та обладнання від впливу корозії є нанесення лакофарбових покриттів, то до їх якості ставляться високі вимоги. Існує багато методів визначення якості готового лакофарбового покриття. Підбір необхідного методу залежить від виду

лакофарбового покриття, його властивостей, структури, методу нанесення, умов експлуатації, газузі використання тощо. Лакофарбове покриття має задовольняти всі потреби користувача в процесі його використання, тому фарба має бути стійкою до стирання, вигорання, міцною при згинанні та розриві, добре захищати поверхню на яку наноситься, не злущуватись, не відслоюватись та надавати поверхні естетичного вигляду. Оскільки ЛФП експлуатується також в жорстких та несприятливих умовах, як наприклад: в шарі ґрунту, в морській воді, під дією агресивних розчинів та газів, то контроль покриттів до стійкості в даних умовах є дуже важливим.

## РОЗДІЛ 3

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.1. Вихідні лакофарбові покриття

- Акрилова фарба Protex lux;

Акрилова водно-дисперсна фарба, в якості плівкоутворювача містить поліакрилати та співполімери (полімери метил-, етил-, та бутилакрилатів), а в якості розчинника – воду.

Водно-дисперсну фарбу даного типу застосовують на дерев'яній, металевій, полотняній поверхні, вона швидко висихає, не розтріскуючись при цьому, не жовтіє під час експлуатації, та нетоксична. Структурну формулу акрилового кополімеру зображено на рис.3.1.

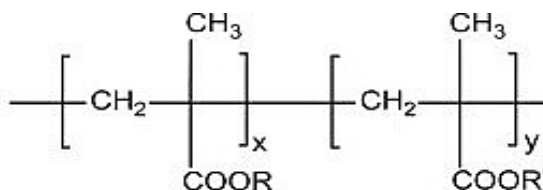


Рис.3.1. Структурна ланка акрилового кополімеру

- Епоксидна двокомпонентна фарба Tikkurila temacoat RM-40 ;

Двокомпонентна фарба, що змішується з отверджувачем безпосередньо перед використанням в пропорції 1 до 4. Як отверджувач застосовують Поліетиленполіамін (ПЕПА). Епоксидну фарбу застосовують переважно на сталевих, алюмінієвих, оцинкованих поверхнях. Покриття даного типу характеризується водо-, зносо-, хімічною стійкістю.

Структурна формула епоксидної смоли зображено на рис.3.2.

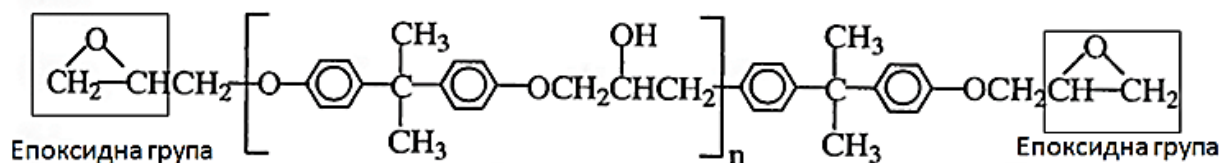


Рис.3.2. Структурна формула епоксидної смоли



Як отверджувач використовували поліетилен поліамід, формула якого наведена на рис 3.3.

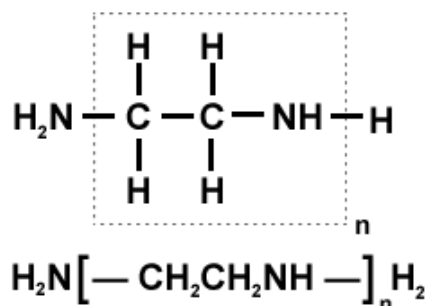


Рис 3.3. Формула поліетиленполіаміду

## 3.2. Методики проведення експериментів

### 3.2.1. Визначення водопоглинання лакофарбовими покриттями

Для визначення водопоглинання лакофарбовими покриттями необхідні наступні матеріали та обладнання:

- зразки алюмінієвої фольги (20 мм на 30 мм; площею поверхні 6 см<sup>2</sup>);
- дистильована вода;
- хімічні стакани місткістю 250 мл;
- фільтрувальний папір;
- бюкс;
- електронні ваги (з точністю до четвертого знаку після коми).

Важливою якісною характеристикою ЛФП є водопоглинання, тобто його здатність поглинати воду. Левшиц в своїх роботах описує цей показник якості як «набухання» [25]. Показник водопоглинання це відношення маси води, яку поглинає ЛФП нанесене на підготовлену пластину після його витримки у воді, до початкової маси плівки ЛФП і виражається у відсотках [8].

Порядок виконання роботи:

1. З алюмінієвої листової фольги вирізали 10 пластинок площею поверхні 600мм<sup>2</sup> (20x30 мм).
2. Визначили масу окремо кожного зі зразків, з точністю до четвертого знаку.

3. Зразки обезжирили та підготували до пофарбування, у верхній частині зробили отвір для підвішування зразка.

4. На 5 підготовлених пластинок нанесли фарбу акрилового типу з двох сторін, а на інших 5 - фарбу епоксидного типу (передньо змішавши її компоненти у співвідношенні 4:1). Фарбування виконували методом занурення. Зразки розмістити у підвішеному стані до повного висихання фарби (24 год).

5. Після висихання фарби зразки повторно зважували. Зважування проводили у закритому попередньо зваженому бюксі

5. Вже підготовлені зразки занурювали у дистильовану воду (температура води  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ).

6. Через задані проміжки часу (24, 48, 72, 96 та 120 год) пофарбовані пластинки послідовно виймали з води, висушували фільтрувальним папером та зважували.

Водопоглинання  $X$  (%) розраховували за формулою (3.1) .

$$X = \frac{m_1 - m_0}{b - a} \cdot 100, \% \quad (3.1)$$

де  $m_1$  – маса бюкса зі зразком після витримки у воді, мг;  $m_0$  – маса бюкса зі зразком до випробування, мг;  $b$  – маса зразка з нанесеним ЛФП, мг;  $a$  – маса пластин без покриття, мг.

Дослід проводили для фарб епоксидного та акрилового типів.

Результати вимірювань вносили до таблиць: 3.1. та 3.2. відповідно та побудували графіки залежності водопоглинання від часу.

Для розрахунку швидкості водопоглинання ( $v$ , %/год) формула (3.2), ми ввели змінну часу в знаменник формули водопоглинання, після чого вона отримала такий вигляд:

$$v = \frac{m_1 - m_0}{(b - a) \cdot \tau} \cdot 100, \% / \text{год} \quad (3.2)$$

де  $m_1$  – маса бюкса зі зразком після витримки у воді, мг;  $m_0$  – маса бюкса зі зразком до випробування, мг;  $b$  – маса зразка з нанесеним ЛФП, мг;  $a$  – маса пластини без покриття, мг;  $\tau$  – час витримки зразка у воді, год.

Після розрахунку швидкості водопоглинання будували графіки залежності швидкості водопоглинання від часу витримки зразків у воді. Графіки будували для лакофарбових покриттів епоксидного та акрилового типів (рис 3.1; рис 3.2.).

### 3.2.2. Визначення пористості лакофарбових плівок

Для проведення дослідження пористості ЛФП необхідні наступні матеріали та обладнання:

- Попередньо оброблені зразки металевих поверхонь площею поверхні 40 см<sup>2</sup>, виготовлені зі сталі Ст.20.;

Сталь 20 – нелегована конструкційна вуглецева сталь, яка застосовується для виготовлення металоконструкцій і виробів, що функціонують при температурі від -40 до 450°C. Сталь 20 також знайшла застосування в машинобудуванні, виробництві котлів, трубопроводів, нагрівальних елементів різного призначення. У вигляді листового та сортового прокату використовується для виготовлення елементів зварних конструкцій, трубопроводів, колекторів, вкладишів підшипників, строп і іншої продукції.

До складу сплаву входять: Вуглець (C) - 0,17-0,24 %, Силіцій (Si) - 0,17-0,37%, Марганець (Mn) - 0,35-0,65 %; допускається вміст міді (Cu) та нікелю (Ni) не більше 0,25%, мишяку (As) - не більше 0,08%, Сірки (S) - не більше 0,4%, фосфору (P) - 0,035%.

- Вода дистильована;
- Червона кров'яна сіль;

Для приготування розчину-індикатора 1 г  $K_3[Fe(CN)_6]$  (червоної кров'яної солі) та 10 г NaCl (кухонної солі) розчиняли у 100 г дистильованої води.

- Ексикатор;
- Фільтрувальний папір;
- Хімічний стакан місткістю 250мл.

Пористість лакофарбового покриття проявляється у вигляді порушення суцільності в шарі покриття. Пористість визначають за допомогою утворення точок турнбулевої солі при реакції іонів  $Fe^{2+}$  з червоною кров'яною сіллю  $K_3[Fe(CN)_6]$ . Такі точки виникають внаслідок просочування реагенту через лакофарбове покриття та виникнення корозії сталі.

Порядок виконання роботи:

1. Зразки металевих пластин підготовляли та проводили фарбування 4 зразків (2 металеві пластини – епоксидною фарбою, 2 аналогічні металеві пластини – акриловою фарбою).

2. Готували розчин кольорового індикатора. Для цього у 100г дистильованої води розчиняли 1 г  $K_3[Fe(CN)_6]$  (червону кров'яну сіль) і 10 г NaCl (кухонної солі).

3. Фільтрувальний папір змочували в розчині індикатора і щільно притискали до лакофарбового покриття нанесеного на металеву пластину.

4. Періодично через проміжки часу (15 хв; 30 хв; 1 год ;3 год; 8 год; 24 год; 48 год; 72 год) візуально оцінювали стан лакофарбового покриття та фіксували наявність синіх точок турнбулевої солі на фільтрувальному папері.

5. Для того, щоб запобігти висиханню фільтрувального паперу змоченого в розчині індикатора пофарбовані зразки з притиснутим, змоченим фільтрувальним папером поміщали у ексикатор.

Пористість оцінювали в балах за п'ятибальною шкалою згідно таблиці 3.1, згідно з якою більший бал відповідає більшій пористості.

Таблиця 3.1

Оцінка пористості покриття в пятибальній системі

Число пор n (x4)	Бал
Відсутні	1
$\geq 10$	2
10-100	3
$> 100$	4
Пори, помітні неозброєним оком	5

### 3.2.3. Визначення часу проникнення агресивних розчинів крізь плівку лакофарбового покриття

Для проведення дослідження часу проникнення агресивних розчинів крізь плівку лакофарбового покриття використовували таке обладнання та матеріали:

- зразки сталі вкриті лакофарбовими покриттями акрилового та епоксидного типів;

- рН – метр-мілівольтметр;
- 5%-вий розчин сульфатної кислоти;
- хлорсрібний електрод порівняння;
- стакани без дна, місткістю приблизно 150 см<sup>3</sup>.
- Двокомпонентна епоксидна фарба TIKKURILA Temacoat RM 40.
- Акрилова фарба Protex lux.
- Епоксидний клей марки «Хімконтакт-Епокси» водо-масло-бензостійкий, термостійкий, високоміцний. Компонентами є епоксидна смола та затверджувач.

- Дистильована вода;

Щоб визначити час проникнення агресивних розчинів через плівку лакофарбового покриття користувалися електрохімічним методом, зміст якого полягає у визначенні зміни електрохімічного потенціалу досліджуваного об'єкту в процесі проникнення агресивних розчинів через плівку лакофарбового покриття до металу. При досягненні середовищем металічної підложки відбувається різка зміна потенціалу у вимірювальній електрохімічній системі.

Порядок виконання роботи:

1. Стакани без дна приклеювали до металевої пластинки попередньо підготовленої та покритої лакофарбовим покриттям таким чином щоб всередині стакану ізолювати ділянку лакофарбового покриття.

2. Після повного висихання клею складали схему гальванічного елемента. Робочим електродом слугувала металева пластина з нанесеним лакофарбовим покриттям, електродом порівняння – хлорсрібний електрод порівняння. В стакан

приклеєний до підготовленої пластини наливали електроліт (5% - вий розчин Сульфатної кислоти  $H_2SO_4$ ) та занурювали в нього хлорсрібний електрод.

3. Вимірювали потенціал основного електрода проти хлорсрібного електрода порівняння за допомогою рН-метра марки рН-150 МА. Значення потенціалу фіксували одразу після складання схеми гальванічного елемента та через 24,48,96 год і так далі протягом 21 дня.

4. При досягненні розчином поверхні металу-підложки спостерігали різкий стрибок вимірюваного потенціалу, це і є свідченням того, що розчин електроліту дійшов до металевієї пластини.

5. Проводили перерахунок значень електродного потенціалу відповідно в значення в порівнянні з водневим електродом.

6. Виміряні та переведені значення заносили до таблиць та будували графіки залежності величин потенціалів робочого електрода – металу, від часу випробування.

### **3.3. Обговорення результатів**

Для дослідження якості лакофарбового покриття та його властивостей існує багато методів, які застосовують за певним умов та залежно від досліджуваного покриття. Для порівняння експлуатаційних властивостей лакофарбових покриттів було проведено дослідження водопоглинання, або набухання; пористість та час проникнення агресивних розчинів через плівку лакофарбового покриття.

Пофарбовані зразки піддавали дослідженню за методикою наведеною вище. На рисунку 3.4. зображено зразки алюмінієвої фольги з нанесеним лакофарбовим покриттям в процесі водопоглинання.



Рис.3.4. Зразки фольги з нанесеним лакофарбовим покриттям у процесі водопоглинання

Водопоглинання розраховували за формулою (3.1). Результати виражали у відсотках (%), та вносили в таблицю 3.2. – для епоксидної фарби, та в таблицю 3.3.- для акрилової фарби.

Таблиця 3.2

Результати водопоглинання епоксидною фарбою.

Водопоглинання епоксидною фарбою, X, %						
	0 год	24 год	48 год	74 год	96 год	120 год
1	0	3,673469	5,510204	5,306122	5,306122	5,306122
2	0	4,156479	7,334963	7,334963	7,823961	7,823961
3	0	3,370787	5,842697	6,966292	6,966292	7,191011
4	0	4,61165	8,737864	9,466019	9,708738	9,951456
5	0	2,891566	6,506024	6,987952	6,746988	6,987952

## Результати водопоглинання акриловою фарбою.

Водопоглинання акриловою фарбою, X, %						
	0 год	24 год	48 год	74 год	96 год	120 год
1	0	14,981	12,804	12,676	12,292	11,652
2	0	15,089	13,649	13,443	12,894	11,454
3	0	15,762	13,437	13,114	12,339	10,917
4	0	13,421	12,939	12,939	12,801	12,251
5	0	14,501	13,245	13,12	12,994	12,806

Кількісно показник водопоглинання менший епоксидною фарбою, причиною цього може бути щільна структура плівки, що утворюється після затвердіння фарби.

Графіки залежності водопоглинання лакофарбовими покриттями від часу зображено на рисунках ( 3.5) та (3.6).

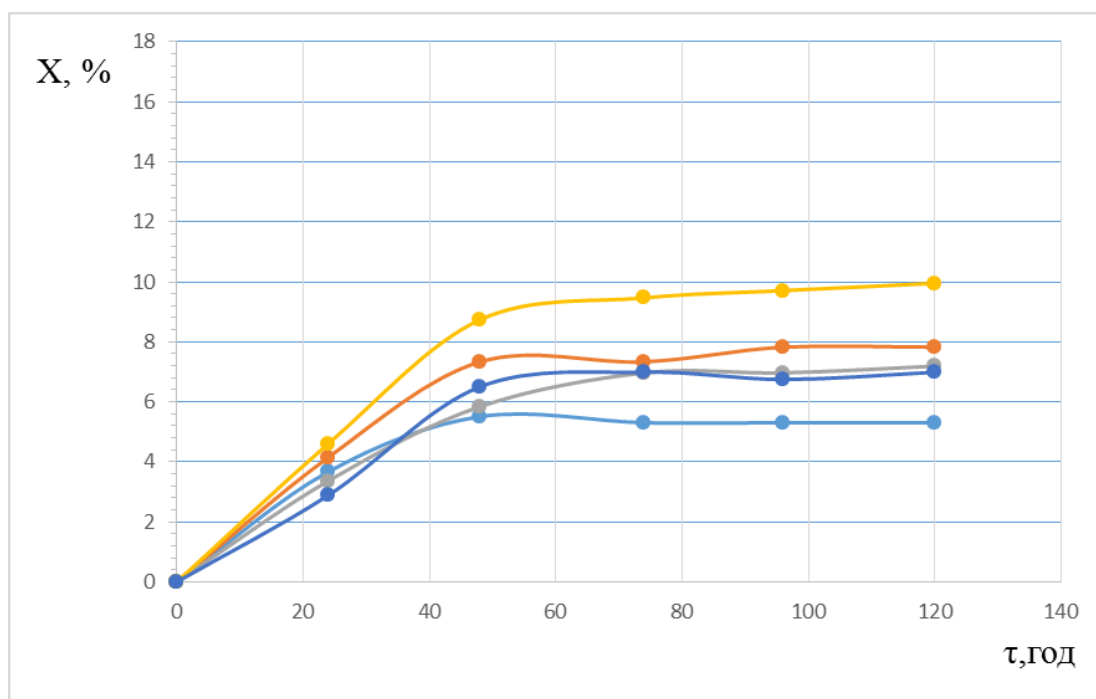


Рис.3.5. Графік залежності водопоглинання епоксидною фарбою від часу для різних паралельних зразків



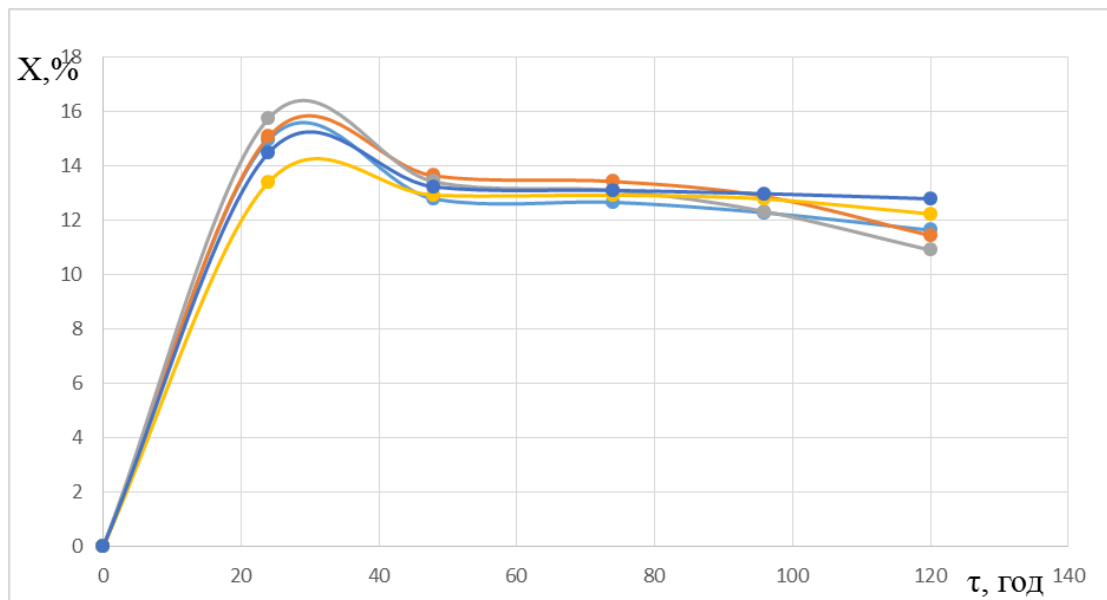


Рис.3.6. Графік залежності водопоглинання акриловою фарбою від часу для різних паралельних зразків

На графіках можна побачити залежність показника водопоглинання від часу витримки зразків у воді. Водопоглинання епоксидною фарбою перших 50 годин стрімко зростає, а від 50 до 120 год зростає досить повільно та врівноважується, що свідчить про максимальне набухання лакофарбової плівки. З рисунка 3.2. видно, що водопоглинання акриловою фарбою відбувається значно швидше, та кількісне значення показника порівняно більше. Значення водопоглинання стрімко зростає та до 120 год врівноважується. Акрилова фарба в порівнянні з епоксидною значно швидше поглинає воду, та в більшій кількості. Це можна пояснити як хімічною будовою фарби, так і будовою лакофарбової плівки. Також кількісно показник водопоглинання більший для акрилових фарб порівняно з епоксидними, це можна пояснити більшою пористістю поверхні лакофарбового покриття, та здатністю молекул акрилової фарби втримувати воду.

Також нами було введено змінну часу в формулу розрахунку водопоглинання (3.1), що дозволяє нам розрахувати швидкість водопоглинання. Запропонована нами формула має вигляд:

$$V = \frac{m_1 - m_2}{(b - a) \cdot \tau} \cdot 100\%, \frac{\%}{\text{год}} \quad (3.3)$$

де  $m_1$  – маса бюкса зі зразком після витримки у воді, мг;  $m_0$  – маса бюкса зі зразком до випробування, мг;  $b$  – маса зразка з нанесеним ЛФП, мг;  $a$  – маса пластин без покриття, мг;  $\tau$  – час витримки зразка у воді, год.

Після розрахунку швидкості водопоглинання значення вносили до таблиць 3.4. та 3.5.

Таблиця 3.4

Результати водопоглинання епоксидною фарбою.

Швидкість водопоглинання епоксидною фарбою						
	0 год	24 год	48 год	74 год	96 год	120 год
1	0	0,1531	0,1148	0,0717	0,0553	0,0442
2	0	0,1732	0,1528	0,0991	0,0815	0,0652
3	0	0,1404	0,1217	0,0941	0,0726	0,0599
4	0	0,1922	0,182	0,1279	0,1011	0,0829
5	0	0,1205	0,1355	0,0944	0,0703	0,0582

Таблиця 3.5

Результати водопоглинання епоксидною фарбою.

Швидкість водопоглинання акриловою фарбою						
	0 год	24 год	48 год	74 год	96 год	120 год
1	0	0,6242	0,2668	0,1713	0,128	0,0971
2	0	0,6287	0,2844	0,1817	0,1343	0,0955
3	0	0,6568	0,2799	0,1772	0,1285	0,091
4	0	0,5592	0,2696	0,1748	0,1333	0,1021
5	0	0,6042	0,2759	0,1773	0,1354	0,1067

Графічну залежність швидкості водопоглинання від часу наведено на наступних графіках (рис 3.7; рис 3.8).

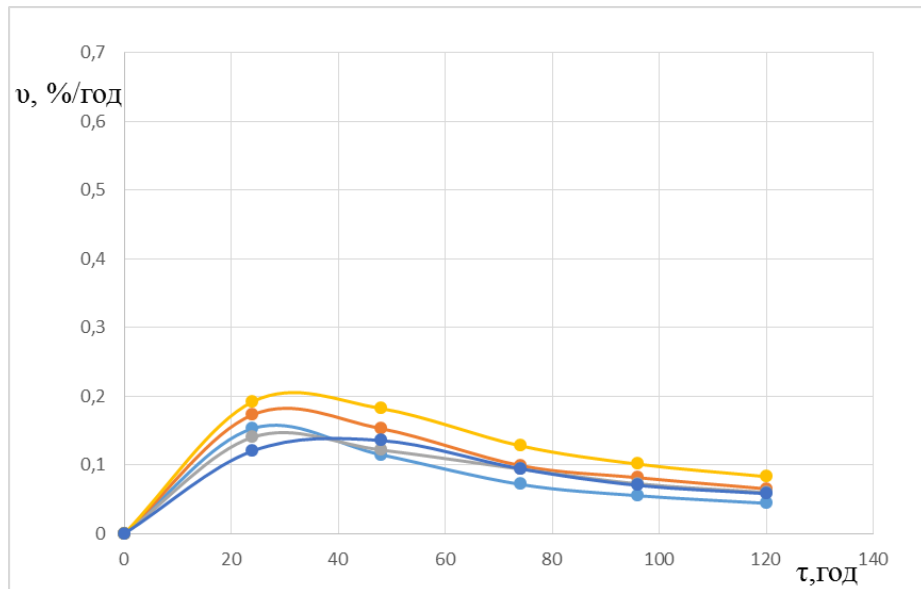


Рис.3.7. Графік залежності швидкості водопоглинання епоксидною фарбою від часу

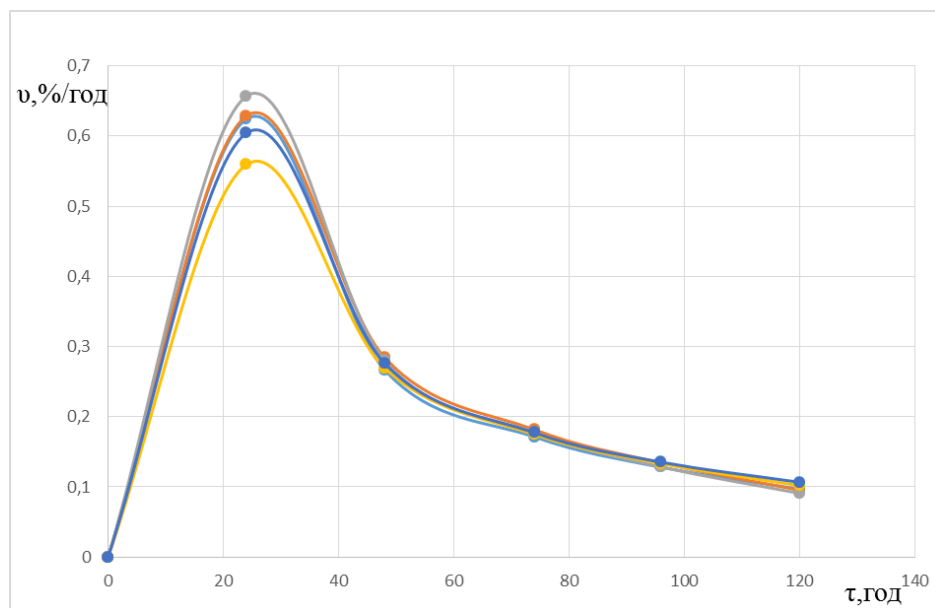


Рис.3.8. Графік залежності швидкості водопоглинання акриловою фарбою від часу

З графіків залежності швидкості водопоглинання від часу можна зробити висновки, що швидкість водопоглинання акриловою фарбою має високе значення при витримці зразка лакофарбового покриття у воді протягом доби, після чого швидкість водопоглинання зменшується. Це можна пояснити тим, що при тривалій витримці лакофарбового покриття у воді плівка покриття набухає до певного моменту, коли більше не може поглинати воду. Що стосується епоксидної фарби,

то швидкість її водопоглинання менша, проте триваліша в часі, епоксидна фарба набухає поступово до певних меж, а потім швидкість набухання врівноважується.

При дослідженні пористості лакофарбового покриття точки на поверхні (турнбулева синь) виникають внаслідок реакції йонів феруму (II) з червоною кров'яною сіллю.

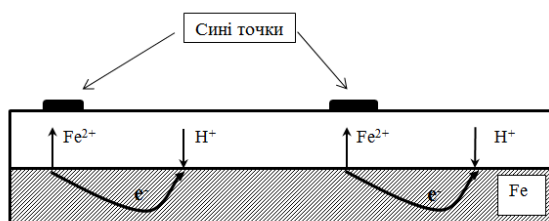
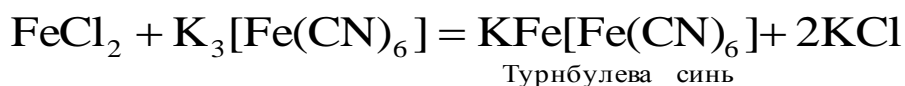


Рис.3.9. Утворення точок турнбулевої сині на поверхні ЛФП

Процес утворення синіх точок на поверхні можна відобразити наступним рівнянням:



Візуальний стан покриття на наявність пор (точок) оцінювали за допомогою мікроскопа МБС-10, це дозволило нам побачити пори, які не можливо спостерігати неозброєним оком. Мікроскоп даного типу дозволяє отримати зображення у збільшеному вигляді на 3- 100 крат. При оцінюванні стану поверхні епоксидного лакофарбового покриття одразу після промокання пластини покритої лакофарбовим покриттям було виявлено, що на поверхні ЛФП відсутні точки турнбулевої сині, тобто пори відсутні, що відповідає 1 балу відповідно до 5-ти бальної шкали пористості лакофарбового покриття. (табл 3.1) Через 48 год з'явилися поодинокі точки турнбулевої сині на торцях пластини пофарбованої акриловою фарбою. Це свідчить про те, що через пори в лакофарбовому покритті розчин індикатора просочився до металевій пластини. Орієнтація точок саме на торцях пластини може свідчити про те, що в цих ділянках товщина шару лакофарбового покриття є мінімальною, що дозволяє розчину швидше проникнути до металевій поверхні. Таку пористість можна оцінити в 2 бали за п'ятибальною шкалою згідно таблиці 3.1. Проте на зразку що пофарбований епоксидною фарбою точок турнбулевої сині не

спостерігалось, що свідчить про значну щільність лакофарбового покриття та низьку пористість.

Від пористості покриття також частково залежить і швидкість проникнення агресивних розчинів через плівку лакофарбового покриття. Час, протягом якого агресивний розчин проникає через плівку покриття до металу ми визначали електрохімічним методом, рН-метром рН-150МА, що дозволяє вимірювати рН, електрохімічний потенціал та температуру в технологічних та інших водних середовищах. Ми ж вимірювали зміну електрохімічного потенціалу в часі. Робочим електродом нам слугувала металева пластина, на яку нанесене лакофарбове покриття, а електродом порівняння – хлорсрібний електрод. Схема робочої установки показана на рисунку 3.10.

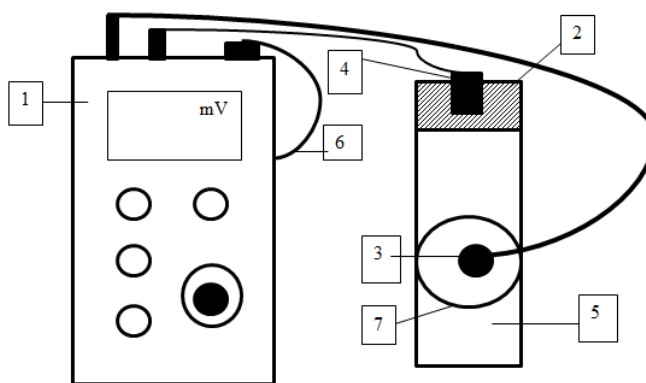


Рис. 3.10. Схема робочої установки вимірювання електрохімічного потенціалу

- 1- рН мілівольтметр;
- 2- робочий електрод (металева пластина);
- 3- хлор срібний електрод порівняння;
- 4- клемма-з'єднання з робочим електродом;
- 5- лакофарбове покриття нанесене на металеву пластину;
- 6- шнур живлення;
- 7- стакан без дна.

Отримані значення потенціалів заносили до таблиці 3.6.

Виміряні значення електродного потенціалу ЛФП проти хлорсрібного електрода

ЛФП	Час, год									
	0	24	48	96	144	216	288	360	432	504
Епоксидного типу	820	813	810	640	642	641	-520	-509	-449	-440
Акрилового типу	1300	1258	1256	1300	1254	-607	-594	-548	-542	-485

Оскільки різницю потенціалів прийнято представляти у порівнянні з водневим електродом, ми здійснювали перерахунок у водневу шкалу, що зручно зробити за допомогою наступних схем (рис 3.11); (рис.3.12).

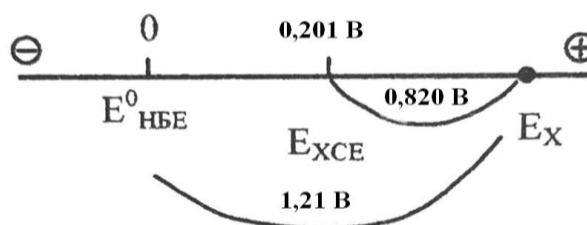


Рис. 3.11 Схема переведення значення потенціалу у водневу шкалу при отриманні додатнього значення

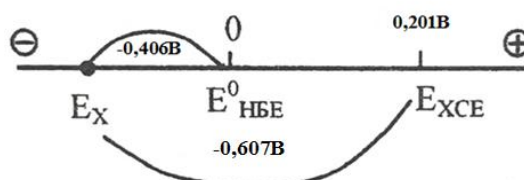


Рис. 3.12. Схема переведення значення потенціалу у водневу шкалу при отриманні від'ємного значення

Наприклад, при виконанні дослідження значення потенціалу у порівнянні з хлорсрібним електродом становило 820 мВ, що дорівнює 0,820 В щоб перевести значення потенціалу відносно водневого електрода, потрібно врахувати що потенціал хлорсрібного електрода по водневій шкалі становить  $201 \pm 3$  мВ. Тому значення потенціалу по водневій шкалі буде становити :

$$E_x = 0,820 + 0,201 = 1,21 \text{ В.}$$

Якщо виміряне значення потенціалу було від'ємним, то користувались схемою зображеною на рис. 3.12. Значення потенціалу розраховували таким чином:

$$E_x = -0,607 + 0,201 = -0,406 \text{ В.}$$

Значення переведених потенціалів заносили до таблиці (табл.3.7.), та будували графік залежності потенціалу від часу (рис 3.13), де 1 – Лакофарбове покриття акрилового типу; 2 – лакофарбове покриття епоксидного типу.

Табл.3.7

Значення електродного потенціалу ЛФП за водневою шкалою

		Час, год									
		0	24	48	96	144	216	288	360	432	504
E, mV	Епоксидна фарба	1021	1014	1011	841	843	842	-319	-308	-248	-239
	Акрилова фарба	1501	1459	1457	1501	1455	-406	-393	-347	-341	-284

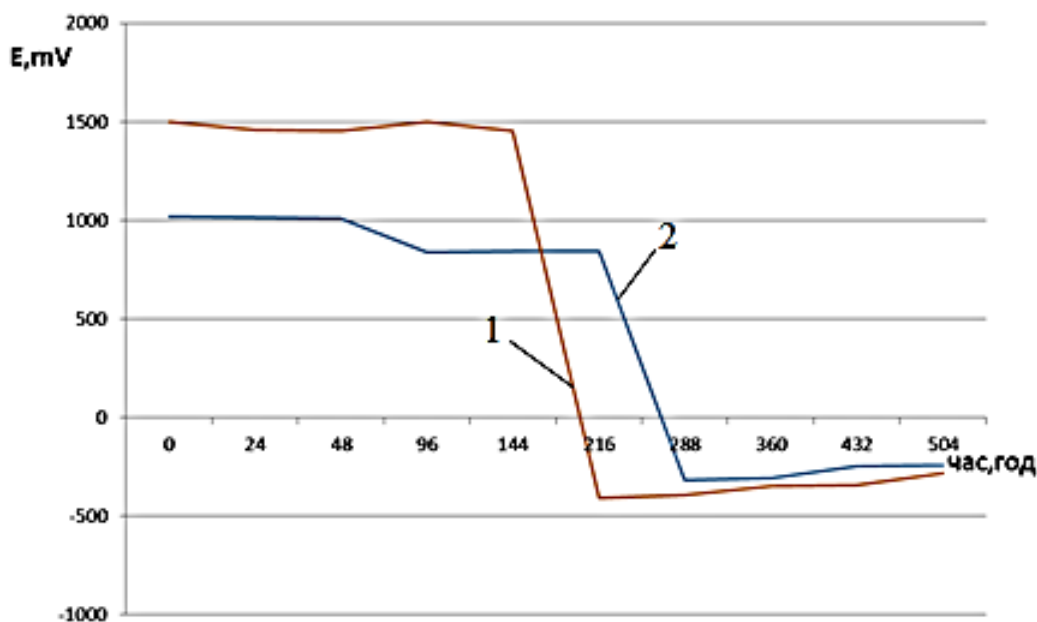


Рис. 3.13. Графік залежності електродного потенціалу робочого електрода від часу

На графіку можна побачити стрибок потенціалу, що звідчить про просочування електроліту через лакофарбове покриття. В момент контакту металу з

розчином на межі поділу виникає подвійний електричний шар та скачок потенціалу. Причиною якого є перехід йонів металу в розчин з утворенням гідратованих йонів:

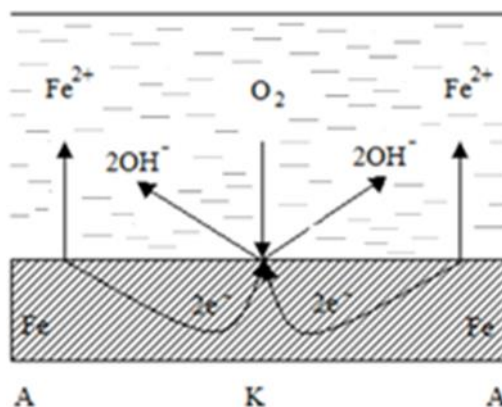


Рис.3.14. Схема перебігу реакцій при контакті металу з розчином електроліту.

Після різкого зменшення потенціалу, значення поступово нормалізуються, це свідчить про те, що при контакті електроліту з металеву пластину відбувається корозія металу, а продукти корозії  $(Fe(OH)_2)$  забивають пори лакофарбового покриття, що не дозволяє подальшому зниженню потенціалу.

На зразку пофарбованому лакофарбовим покриттям акрилового типу стрибок спостерігається раніше, а ніж на зразку епоксидного типу, це дає можливість характеризувати епоксидне покриття як більш стійке до проникнення агресивних розчинів. Фарба епоксидного типу є порівняно стійкою до водопоглинання, менш пористою та більш стійкою до впливу агресивних розчинів порівняно з акриловою фарбою. Раніше нами досліджені також адгезійні властивості цих лакофарбових покриттів. Значення адгезії лакофарбового покриття епоксидного типу були порівняно з акриловим більші (що зображено в таблицях 3.8; та табл. 3.9), це свідчить про міцне з'єднання епоксидної фарби з металеву підкладкою. Причиною цього є наявність активних функціональних груп в молекулі ЛФП, а також прилипання плівки покриття внаслідок просочування лакофарбового матеріалу у шар металу.



Таблиця 3.8

Результати вимірювання адгезії ЛФП методом решітчастих надрізів до і після експонування в камері сольового туману (КСТ).

Метод обробки поверхні сталі Ст.20	Значення адгезії ЛФП до витримки в КСТ		Значення адгезії ЛФП після витримки в КСТ	
	ЛФП епоксидного типу	ЛФП акрилового типу	ЛФП епоксидного типу	ЛФП акрилового типу
Піскоструменева обробка	1	1	2	2
Електроіскрова обробка зі сталеву щіткою.	1	2	1	3
Електроіскрова обробка зі оцинкованою щіткою.	1	1	1	2

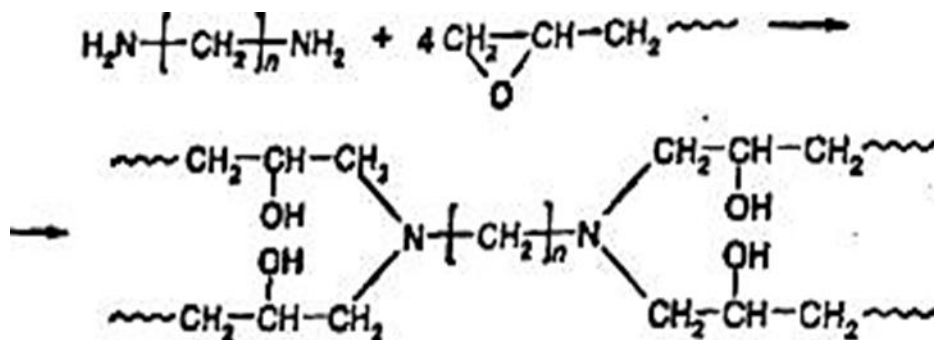
Таблиця 3.9

Результати вимірювання адгезії ЛФП методом відриву до і після експонування в камері сольового туману (КСТ).

Метод обробки поверхні сталі Ст.20	Значення адгезії ЛФП до експонування в КСТ, МРа		Значення адгезії ЛФП після витримки в КСТ, МРа	
	ЛФП епоксидного типу	ЛФП акрилового типу	ЛФП епоксидного типу	ЛФП акрилового типу
Піскоструменева обробка	8	8	5	4
Електроіскрова механічна обробка із сталеву щіткою.	6	5	4	4
Електроіскрова механічна обробка з оцинкованою щіткою.	7	6	6	5

Перевагу епоксидних фарб можна обґрунтувати наявністю активних функціональних груп, головним чином наявністю епоксидних груп, що при отвердженні з ПЕПА утворюють щільні зшиті структури, що і пояснює меншу пористість покриття. Вміст епоксидних груп в смолі також визначає кількість необхідного отверджувача Аміні реагують з розкриттям епоксидної групи та

утворенням гідроксилу, після чого утворюють більш складні просторові полімери (рис. 3.15).



Високу адгезію епоксидною фарбою можна пояснити адсорбцією покриття до поверхні, що спричинено наявністю в будові молекули атомів Нітрогену. Та наявністю в затверділій смолі гідроксильних груп. Також причина зшивання ланцюга є причиною меншого розміру пор.

Отримані результати дають можливість характеризувати епоксидне покриття кращим за експлуатаційними та антикорозійними властивостями. Проте такі покриття поступаються акриловим покриттям зі сторони екології (в їх складі міститься значна кількість органічних розчинників, вони токсичні, та шкідливі для здоров'я людини, та навколишнього середовища). Тому залежно від галузі та умов використання фарби і слід обирати якого саме типу лакофарбове покриття краще застосувати.

### Висновки до розділу 3

Результати досліджень показали перевагу епоксидних лакофарбових покриттів перед акриловими, це можна пояснити такими факторами, як структура лакофарбового покриття, пористість поверхні, наявність активних функціональних груп у будові молекули епоксидної фарби, явищем адгезії між фарбою та поверхнею на яку вона наноситься.

Епоксидна фарба значно менше поглинає воду (до 10 %) порівняно з акриловою (до 16 %), це свідчить про порівняно більшу пористість акрилової фарби, що підтверджують результати визначення пористості, яка становила 1 бал. При визначенні часу проникнення агресивних розчинів через плівку лакофарбового

покриття було виявлено що акрилова фарба швидше пропускає агресивні розчини крізь свою поверхню (за 160 год) порівняно з епоксидною фарбою (250 год). Це свідчить про те, що використання епоксидної фарби у умовах що передбачають контакт з агресивними речовинами буде більш доцільним. Перевагу епоксидної фарби за експлуатаційними властивостями також підтверджує раніше визначене явище адгезії, що становило 1-2 бали (залежно від методу обробки металевої пластини) порівняно з 2-3 балами, при дослідженні адгезії методом решітчастих надрізів. Менший бал адгезії відповідає кращій адгезії.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [40].

Праця – цілеспрямована діяльність людей зі створення матеріальних і духовних благ, необхідних для задоволення потреб кожного індивіда і суспільства в цілому.

#### **4.1. Аналіз умов праці на робочому місці**

Умови праці - це сукупність факторів виробничого середовища, які впливають на функціональний стан організму працюючих, їх здоров'я та працездатність у процесі праці. Вони визначаються застосуванням обладнання, технологією, предметами і продуктами праці, системою захисту робітників, обслуговуванням робочих місць і зовнішніми чинниками, які залежать від стану виробничих приміщень, що створюють певний мікроклімат.

##### **4.1.1. Організація робочого місця**

Робоче місце - територія постійного або тимчасового знаходження людини у процесі праці.

Робоча зона - частина простору робочого місця, обмеженого по висоті 2 м від рівня підлоги [41].

Робочим місцем була навчально-експериментальна лабораторія, що знаходиться у 12 корпусі Національного авіаційного університету, а робочою зоною поверхня під витяжною шафою. Метою виконавця було проведення фарбування металевих зразків лакофарбовим покриттям.

Ми працювали в лабораторії площею 24 м<sup>2</sup>, та висотою 3 м. В лабораторії працювали також інші установки, які не заважали виконанню нашої роботи, на робочій зоні сторонніх предметів не було.

#### 4.1.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників

Шкідливі речовини - це речовини, яка при контакті з організмом людини в разі порушення вимог безпеки може викликати виробничі травми, професійні захворювання чи відхилення в стані здоров'я, які можуть бути виявлені сучасними методиками як у процесі контакту з нею, так і у віддалені строки життя нинішнього і прийдешніх поколінь.

Кількість шкідливих речовин в повітрі в кожному конкретному випадку варіюється в залежності від робіт, що проводяться.

При виконанні роботи основною шкідливою речовиною в повітрі були частинки епоксидної фарби (леткі органічні сполуки), але їх гранично допустима концентрація знаходилась в межах норми (при допустимій концентрації ЛОС 100 г/л наша концентрація ЛОС складає 8 г/л), фарбування проводилось під витяжною шафою, що зменшувало концентрацію шкідливих речовин в повітрі [42].

#### 4.1.3 Мікроклімат робочої зони

Мікроклімат виробничих приміщень — це метеорологічні умови внутрішнього середовища цих приміщень, які визначаються спільною дією на організм людини температури, вологості, швидкості руху повітря теплового випромінювання. Продуктивність праці та самопочуття працюючих залежать від стану довкілля і передусім від змін температур швидкості руху повітря, атмосферного тиску, теплового випромінювання.

В таблиці 4.1. наведено порівняння оптимальних та фактичних значень мікроклімату [43].

Табл.4.1

Значення оптимальних та фактичних значень мікроклімату робочого місця.

Параметри мікроклімату	Значення параметрів мікроклімату	
	Оптимальні значення	Фактичні значення
Температура повітря T, °C	18-20	18
Відносна вологість Y, %;	40-60	56
Швидкість руху повітря V, м\с.	0,1-0,2	0,1

#### 4.1.4. Природне та штучне освітлення

В лабораторії, в якій ми виконували роботу, вмонтовано 3 подвійні світлопропускаючі вікна (2м на 1,5 м) коефіцієнт природного освітлення дорівнює 20%, що характеризує добру освітлюваність. Також лабораторія освітлюється штучним освітленням (в стелі по периметру розміщено 6 ламп). Штучне освітлення в лабораторії складає 330 люкс, що відповідає характеристиці для штучного освітлення (СНиП 23-05-95), що складає 300 люкс. Отже освітленість робочого місця є достатнім [44].

#### 4.1.5. Електробезпека та статична електрика

При виконанні пофарбування в роботі не використовувались електроінструменти, а електропроводи які проходили через лабораторію ізольовані, видимих пошкоджень не виявлено, інші робочі прилади заземлені. Тому небезпеки ураження електричним струмом практично не було, приміщення лабораторії за ступенем небезпеки ураження електричним струмом, належить до I категорії (приміщення без підвищеної небезпеки: середня добова температура не перевищує 30 °С, відносна вологість коливається в межах 50-60 %, всі електропроводи ізольовані, а прилади заземлені) [45].

### **4.2. Розробка заходів з охорони праці**

#### 4.2.1. Нормалізація повітря робочої зони

Як було зазначено що основним шкідливим чинником на робочому місці були леткі органічні сполуки в повітрі робочої зони, щоб зменшити їх вплив на організм об лаштована витяжна шафа, також необхідно використовувати засоби індивідуального захисту (распіратор).

#### 4.2.2. Освітлення

Для виконання поставленого завдання нам вистачало природного та загального штучного освітлення. Проте, оскільки ми працювали під витяжною шафою, ми перешкоджали потраплянню світла на робоче місце, тому додатково вмикали місцеве освітлення (лампа що знаходилась у верхній частині витяжної шафи).

### 4.3. Пожежна безпека

Відповідно до норм ДСТУ Б В.1.1-36:2016 приміщення класифікують за вибухопожежною і пожежною небезпекою на п'ять категорій А,Б,В,Г,Д, з них А,Б – вибухопожежонебезпечні, В,Г,Д – пожежонебезпечні.

Наше приміщення належить до категорії В (пожежо-небезпечне) оскільки в лабораторії також присутні горючі та важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини й матеріали, а також речовини і матеріали здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним тільки горіти [46].

Приміщення лабораторії оснащено двома пінними вогнегасниками, протипожежним щитком на території корпусу. Біля входу в приміщення розміщена схема евакуації при надзвичайних умовах, що відповідає основним вимогам правил пожежної безпеки в Україні.

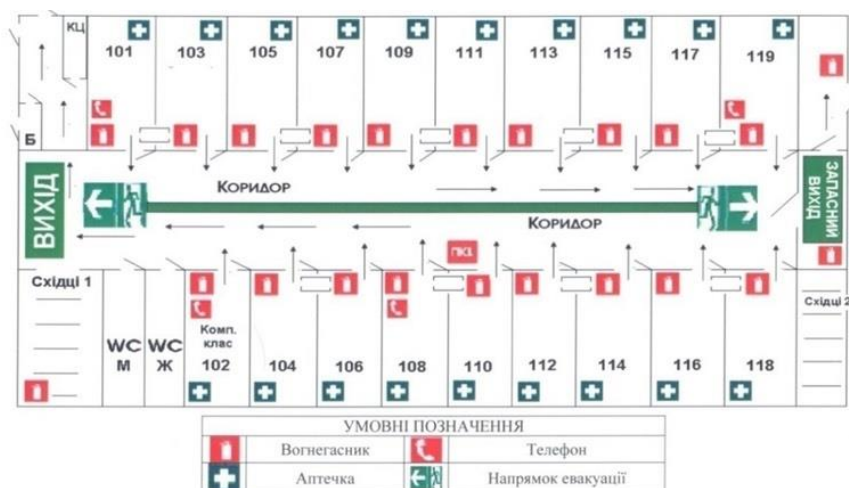


Рис. 4.1. План-схема евакуації на випадок пожежі та надзвичайних ситуацій

В цілях безпеки приміщення має бути забезпечене :

- Загальнообов'язковою інструкцією з пожежної безпеки та порядком дій працюючих на випадок пожежі.
- Планом евакуації людей та матеріальних цінностей на випадок пожежі з вказаним місцем знаходження на ньому первинних засобів протипожежної безпеки.
- Куточком з пожежної безпеки, оформленим плакатами на протипожежні теми та інструкціями з використання первинних засобів пожежогасіння.

- Первинними засобами пожежогасіння, які мають бути розміщені так, щоб забезпечувалась оперативність їх використання в будь-якому часі.
- Телефонним зв'язком.

Працівники під час прийняття на роботу і в процесі роботи повинні проходити за рахунок роботодавця інструктаж, навчання з питань охорони праці, з надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків і правил поведінки у разі виникнення аварії [47].

#### **4.4. Розрахункова частина**

Вентиляція – це регулювання обміну повітря в приміщеннях та цехах підприємств з метою створення умов, сприятливих для здоров'я людини та проведення виробничих процесів, для збереження обладнання, матеріалів тощо. Сукупність технічного обладнання, яким транспортують, подають обробляють та видаляють повітря називається системою вентиляції [48].

Вентиляційні системи класифікують за трьома способами дії:

1. В залежності від способу переміщення повітря, вентиляція може бути двох видів: природна, коли повітрообмін в приміщенні проходить під впливом природних причин, під дією теплового напору та повітряного тиску без застосування електроструму та механічних передач; механічна, коли повітря переміщується за допомогою вентиляторів, що приводяться в дію електродвигунами або іншими машинами-двигунами.

2. В залежності від способу подачі або відведення повітря вентиляція може бути трьох видів: приточна – для подачі в приміщення свіжого чистого повітря; витяжна – для виведення із приміщення забрудненого повітря; приточно витяжна.

В залежності від способу очищення забруднення вентиляція може бути загальнообмінна – в тих приміщеннях, де забруднення повітря відбувається не тільки вуглекислим газом і теплом виділеним людьми; місцева – застосовується в приміщеннях, які мають окремі джерела забруднення повітря, розташовані в різних



місцях і де необхідно вивести повітря від місця утворення або виходу забруднюючих виділень [49].

Розрахуємо необхідний повітрообмін та його кратність для вентиляційної системи цеху при наявності та за відсутності місцевих витяжок. Цех має такі розміри: довжина  $A = 9$  м, ширина  $B = 8$  м, висота  $H = 4$  м. У приміщенні лабораторії виділяються леткі органічні розчинники, у кількості  $W = 8$  мг/хв (для цього виду розчинників гранично допустима концентрація ГДК =  $100$  мг/м<sup>3</sup>). Концентрацію розчинників у робочій зоні ( $C_{p.з.}$ ) приймаємо рівною ГДК, концентрація розчинників у повітрі що видаляється з робочої зони складає 30% концентрації в повітрі робочої зони ( $C_{вих.} = 0,3 \cdot C_{p.з.}$ ). Концентрація розчинників у вхідному повітрі  $C_v = 0,5$  мг/м<sup>3</sup>. Кількість повітря, що забирається з робочої зони місцевими витяжками, рівна  $G_M = 1000$  м<sup>3</sup>/год.

1. Розрахуємо об'єм приміщення.

$$V = A \cdot B \cdot H = 9 \cdot 8 \cdot 4 = 288 \text{ м}^3.$$

2. Розрахуємо виділення летких розчинників (у міліграмах) за 1 годину.

$$W = \frac{8 \cdot 1000}{1/60} = 480000 \text{ ;мг/год,}$$

А) При наявності місцевих витяжок.

Необхідний повітрообмін при наявності місцевих витяжок визначається за формулою:

$$G = G_M + \frac{W - G_M(C_{p.з.} - C_v)}{C_{вих} - C_v} = 1000 + \frac{480000 - 1000 \cdot (100 - 0,5)}{0,3 \cdot 100 - 0,5} = 13898 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кратність повітрообміну в приміщенні буде становити:

$$K = \frac{G}{V} = \frac{13898}{288} = 48,26 \text{ обмінів/год}$$

Тобто за 1 годину повітря на робочому місці має змінюватися 48 разів. В такому випадку концентрація розчинників не буде перевищувати ГДК.

В) За відсутності місцевих витяжок.

За відсутності місцевих витяжок розрахунок проводять за наступною формулою:

$$G = \frac{W}{C_{вих} - C_в} = \frac{480000}{0,3 \cdot 100 - 0,5} = 16271,19 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кратність повітрообміну в приміщенні при відсутності місцевих витяжок буде становити:

$$K = \frac{G}{V} = \frac{16271}{288} = 56 \text{ обмінів/год.}$$

#### **Висновки до розділу 4**

З розрахунків видно, що кратність повітрообміну має становити 56 обмінів/год за відсутності місцевих витяжок та 48 обмінів/год в присутності місцевих витяжок.

Повітрообмін середовища грає важливу роль при роботі з лакофарбовими покриттями, особливо якщо в їх складі присутні леткі органічні розчинники. Проте встановлення якісної та відповідної витяжної системи, застосування засобів індивідуального захисту та дотримання правил поведження в даних умовах дозволяє знизити рівень небезпеки на робочому місці.

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона навколишнього середовища - це система державних, суспільних та міжнародних заходів, які забезпечують раціональне використання, відновлення, примноження та збереження природних ресурсів від руйнування, забруднення та виснаження. Охорона навколишнього середовища має велике економічне та соціально-політичне значення, вона здійснюється з господарською, науковою, оздоровчою та культурною метою [50].

Завдяки науковим дослідженням можна отримати матеріали із властивостями заданими ще до початку виробництва. Застосування хімічних речовин в господарстві дає змогу заощаджувати природні матеріали, але речовини яких не існує в природі, отримані хімічним шляхом не розкладаються. Тому значними забруднювачами є як відходи хімічного виробництва, так і сама штучно тримана продукція. В сучасному світі речовини, добуті хімічним шляхом, так тісно увійшли у наше життя, що уявити сучасний світ без продукції хімічної промисловості вже не можливо. Її застосовують практично всюди, причому щоденно: у будівництві, побуді, сільському господарстві, медицині, енергетиці, легкій та харчовій промисловості, будівництві, у сфері послуг, тощо. Та навіть попри такий об'єм продукції хімічної промисловості, хімічне виробництво не стоїть на місці та продовжує розвиватися, розробляючи нові матеріали людина застосовує у виробництві нові джерела сировини. Освоюючи нові виробництва, хімія сприяє розвитку інших виробництв. Із застосуванням мінеральних добрив, біостимуляторів, кормових добавок, гормонів зростає продуктивність сільського господарства. На зміну колишній механічній обробці матеріалів прийшла сучасна хімічна обробка, що має значні переваги. Хімічна промисловість завоювала переважну частину соціального ринку, оскільки її продукція широко застосовується людиною у повсякденному житті: миючі засоби, засоби для прання, одяг, посуд, техніка, косметика та багато іншого. Проте значне використання хімічних речовин має і негативні наслідки, що полягають у масштабному забрудненню довкілля та виникненню хвороб невідомих раніше [51].

## 5.1. Загальна характеристика екологічного стану довкілля в Україні

Нинішня екологічна ситуація в Україні – кризова, вона формувалась протягом тривалого часу через недбалість, низький рівень екологічної свідомості громадян, бездумне використання природно-ресурсного комплексу України, неправильну утилізацію відходів. Спостерігаються структурні деформації народного господарства, за яких перевага надавалася розвитку в Україні сировинно-видобувних, найбільш екологічно небезпечних галузей промисловості

В Україні існує маса виробництв створювання та будування яких відбувалось найбільш "дешевим" способом - без будівництва відповідних очисних споруд. Таке будівництво можливе лише за відсутності ефективно діючих правових, адміністративних, регуляторних органів та без урахування вимог охорони довкілля. Це призвело до деградації навколишнього середовища, забруднення ґрунту, повітря, води (як поверхневих вод, так і підземних), нагромадження великої кількості відходів у непристосованих для цього місцях. Внаслідок цього погіршується стан здоров'я людей, зменшується народжуваність та збільшується смертність населення, що провокує біологічно-генетичну деградацію народу України. На стан довкілля в Україні катастрофічно впливають забруднені великі за площею території, як наприклад Чорнобильська зона. Чорнобильська катастрофа з її довготривалими медико-біологічними, економічними та соціальними наслідками спричинила в Україні ситуацію, яка наближається до рівня глобальної екологічної катастрофи [52].

Найбільш сприятливим для проживання регіоном є Західний, Північний та Центральний, в яких рівень забруднення ксенобіотиком менше 80% від гігієнічного нормативу. Найменш сприятливими регіонами є Східний та Південний. Більшість населення ( 55-62 %) проживають в задовільних умовах, переважно в західних та центральних областях. В той час як у південних та східних областях проживає 17% та 10% відповідно. Понад більшість населення Південного та Східного регіонів проживають у погіршених умовах.

## 5.2. Основні чинники що впливають на стан екосистем

Основними джерелами забруднення довкілля є шкідливі виробництва, видобувна та переробна галузі, об'єкти енергетики, транспорт тощо.

Головними причинами, що призвели до виснаженого стану довкілля, є:

- застаріла технологія виробництва та обладнання, висока енергомісткість та матеріаломісткість, що перевищують у два - три рази відповідні показники розвинутих країн;
- високий рівень концентрації промислових об'єктів, особливо у південно-східних районах;
- несприятлива структура промислового виробництва з високою концентрацією екологічно небезпечних виробництв;
- відсутність належних природоохоронних систем (очисних споруд, оборотних систем водозабезпечення тощо), низький рівень експлуатації існуючих природоохоронних об'єктів;
- відсутність належного правового та економічного механізмів, які стимулювали б розвиток екологічно безпечних технологій та природоохоронних систем;
- відсутність належного контролю за охороною довкілля.

Металургійна промисловість, що включає чорну та кольорову металургію, коксове та прокатне виробництво, а також суміжні допоміжні об'єкти і процеси, є однією з найбільш забруднюючих галузей промисловості, викиди якої від стаціонарних джерел забруднення досягають майже 40 відсотків загальної кількості забруднюючих речовин.

Вплив підприємств нафтохімічного та хімічного комплексу на стан навколишнього природного середовища характеризується викидами в атмосферу вуглеводнів, сірчаної кислоти, сірковуглецю, ртуті, фтористих та інших шкідливих сполук.

Підприємства нафтогазового комплексу за рівнем шкідливого впливу на довкілля вважаються об'єктами підвищеного екологічного ризику. Вони є

потенційними джерелами забруднення довкілля, що може статися у разі порушення технологічних режимів роботи устаткування чи аварійної ситуації. Деякі об'єкти забруднюють довкілля і за нормальних умов роботи, що зумовлено існуючими технологічними процесами [53].

Забруднення промисловістю можна поділити на три групи: фізичне, хімічне та біологічне. Вони в себе включають різні фактори( табл..5.1)

Таблиця 5.1

Види забруднення

Забруднення		
Фізичне:	Хімічне:	Біологічне:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• теплове</li> <li>• шумове</li> <li>• електромагнітне</li> <li>• світлове</li> <li>• радіоактивне</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• аерозолі</li> <li>• хімічні речовини</li> <li>• важкі метали</li> <li>• пестициди</li> <li>• пластмаси</li> <li>• СПАР (синтетичні поверхнево-активні речовини)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• біотичне (біогенне)</li> <li>• мікробіологічне</li> <li>• генна інженерія</li> </ul>

### 5.3. Хімічне забруднення

Хімічне забруднення – збільшення кількості хімічних компонентів певного середовища, а також; проникнення (введення) в нього хімічних речовин, не притаманних йому або в концентраціях, котрі перевищують норму. Найнебезпечнішим для природних екосистем і людини є саме хімічне забруднення, яке отруює навколишнє середовище різними токсикантами (аерозолі, хімічні речовини, важкі метали, пестициди, пластмаси, детергенти тощо)[50].

Безпосередніми об'єктами забруднення є основні компоненти екосистеми: атмосфера, вода, ґрунт.

Опосередкованими об'єктами забруднення (жертвами забруднення) є складові біогеоценозу: рослини, тварини, гриби, мікроорганізми.

Висока концентрація хімічних та нафтохімічних виробництв України призвела до занадто високого рівня забруднення джерел водопостачання. У відкриті водойми хімічні підприємства скидають щорічно 70 млн. куб. метрів неочищених або недостатньо очищених стоків. Хімічна промисловість - одна з основних галузей, де утворюються у великих обсягах відходи, значна кількість яких - токсичні.

Токсичними для навколишнього середовища є такі хімічні елементи: Cu, Se, Sb, Sr, Zn, Cd, Hg, Al, Sn, Pb, V, Mo, W, Co, а також їх сполуки.

Загалом серед хімічних забруднювачів найбільшу увагу слід приділяти:

Диоксиду сірки - з урахуванням ефектів його вимивання з атмосфери і попадання сірчаної кислоти та сульфатів, що при цьому утворюються, на рослинність, ґрунт і у водойми;

Важким металам - свинцю, кадмію і особливо ртуті з урахуванням ефектів їх міграції, вимивання з атмосфери, змивання з ґрунту у водойми і трансформації у високотоксичні хімічні сполуки;

Деяким канцерогенним речовинам, зокрема бенз(а)пірену;

Нафтопродуктам у морях і океанах, здебільшого в полярних районах унаслідок винятково повільного їх розкладу при низьких температурах;

Хлорорганічним пестицидам у сільських районах;

Моноксиду вуглецю і окислам азоту в містах [54].

Виробництво хімічних речовин і хімічної продукції об'єднує синтез мінеральних добрив, барвників і пігментів, промислових газів (зокрема, хлору), пластмас, синтетичного каучуку, фарб і лаків, мийних, парфумерних і косметичних засобів, вибухових речовин, штучних і синтетичних волокон тощо. У цій сфері часто одержують речовини-напівфабрикати, які використовуються для подальшої переробки як всередині хімічної промисловості, так і в інших виробництвах.

Значну кількість відходів, які утворюються на багатьох підприємствах у невеликому обсягу, складають різноманітні відходи: пил та шлам з систем

газоочищення промислових агрегатів, шлам з очисних споруд стічних вод, забаластовані відходи, що містять нафтопродукти, відходи лаків, фарб, емалей, кубові залишки, шліфувальні, полімерні, паперові, гумові відходи, відпрацьовані ртутні лампи і лампи розжарювання, будівельні відходи (багато їх утворюється при знесенні будівель і споруд) тощо. Для переробки зазначених відходів необхідно створювати спеціалізовані підприємства або комплекси, які будуть здійснювати збір відходів та одночасно утилізувати декілька видів їх з урахуванням особливостей і властивостей, та енергетичного потенціалу їх горючих компонентів. Спеціалізовані комплекси мусять мати у своєму складі стаціонарне технологічне обладнання та пересувну транспортабельну техніку.

Виробництво гумових і пластмасових виробів включає одержання гумових шин, покришок і камер, відновлення протектора гумових шин і покришок, виробництво інших гумових виробів (гумового взуття, ременів, шлангів, ескалаторних стрічок, килимків тощо), пластмасових плит, листів, труб, профілів, будівельних виробів, посуду, дитячих іграшок із пластмас.

Одним із важких металів, що сильно забруднює водоймище і шкідливо впливає на все живе, є ртуть. Ртуть, яка надходить у воду, використовується бактеріями. З ними вона потрапляє у їжу риб, а потім до організму людини. Ртутне забруднення водоймищ нині є дуже поширеним.

Основними джерелами забруднення ртуттю є промислові підприємства, які скидають у водоймища неочищені викиди фарб і етилену. Багато видів сучасних виробництв характеризуються утворенням токсичних рідких і твердих відходів, для яких немає задовільних технологій очищення або знезаражування і тому вони потребують тривалої ізоляції від біосфери, хоча забезпечити таку ізоляцію дуже важко. За результатами медичних досліджень встановлено, що основними причинами збільшення кількості легеневих і ракових захворювань на сухоту дітей та відхилення їхньої психіки є надмірне забруднення повітря [51]. Газоподібні викиди в більшості галузей промисловості очищаються від забруднюючих речовин на 90 - 95% (промисловість будівельних матеріалів, хімічна та нафтохімічна промисловості) [55].



#### **5.4. Забруднення навколишнього середовища лакофарбовими матеріалами та методи очистки**

Лакофарбова промисловість для свого виробництва використовує різну сировину та напівфабрикати: продукти нафтопереробки, переробки деревини, олійно-жирової промисловості, відходи металургії. Лакофарбові матеріали (лаки, фарби, емалі, оліфи, розчинники) мають здатність після нанесення на поверхню створювати декоративну або захисну плівку. Через те вони слугують як для оздоблення, так і для захисту матеріалів від руйнування: металу – від корозії, дерева – від гниття. Підприємства лакофарбового виробництва орієнтуються на чинник споживача.

Переважає кількість природних та синтетичних ЛФМ є органічними речовинами наприклад олігомери або полімери і не володіють вираженими токсичними властивостями. Виключення складають епоксидні матеріали. В їх смолах вміщується високо небезпечна речовина епіхлоргідрин.

Епіхлоргідрин класифікується декількома міжнародними дослідницькими установами та групами охорони здоров'я як канцероген. Тривале пероральне споживання високого рівня епіхлоргідрину може спричинити проблеми зі шлунком та підвищений ризик раку. Професійний вплив епіхлоргідрину при вдиху може призвести до подразнення легенів та збільшення ризику раку легенів. Відомо також що епіхлоргідрин адсорбується шкірою на має загальну токсичну дію, може викликати слабкі алергічні реакції, володіє мутагенною активністю виявляє тератогенний та канцерогенний ефекти [53].

Шкідливість окремих синтетичних смол, що є компонентами ЛФМ, пов'язана з наявністю в них газуватих мономерів (формальдегіду, ізоціанатів) або пластифікаторів (трикрезилфосфату, амінів). Пігменти, які надають плівці забарвлення, є природними і синтетичними солями металів (охра, залізний сурик, цинкові або свинцеві білила, крон), металічними порошками (алюмінієва пудра) чи вуглицем (сажа). Всі свинцевовмісні пігменти (сурик, свинцеві білила, лимонний крон) є високотоксичними речовинами. Вони шкідливо впливають на організм людини при потраплянні всередину через дихальні шляхи разом з твердими

частинками фарби, які перебувають у повітрі впродовж технологічного процесу . При вдиханні можна отримати опіки дихальних шляхів, запаморочення, та навіть отруєння організму. Із пластифікаторів, які призначені для надання плівці еластичності, токсичними властивостями володіють трикрезил фосфат, савол і дибутилфталат.

В якості розчинників використовують багатокомпонентні і рідше однокомпонентні органічні розчинники, які є леткими легкозаймистими безбарвними рідинами з властивими для них специфічними запахами. Чим вища температура кипіння розчинників, тим повільніше вони випаровуються. Від ступені леткості залежить концентрація їх у повітрі і активність розповсюдження. Легколеткими є ацетон, бензол, бензин, толуол; середньо леткими: аміл-, етил- і бутилацетат. Важко леткі речовини, навіть якщо вони мають високу токсичність, несуть меншу небезпеку отруєння, ніж шкідливі речовини з високою леткістю.

Найбільш токсичними і в той же час широко розповсюдженими серед летких розчинників є ароматичні сполуки (толуол і ксилол), які, як і сольвент , формують основний склад більшості розчинників. Концентрація їх в зоні дихання робітників, що працюють в цехах без вентиляції, 130-925 мг/м<sup>3</sup>-для сольвенту, 1600-1700 мг/м<sup>3</sup> – для ксилолу. Найменш шкідливим розчинником є уайт - спирт. Згідно ДСТУ 12.1.005-88 всі розчинники належать до 4-го класу небезпеки, тобто вважаються малотоксичними. Підвищення понад допустимі норми концентрації ароматичних вуглеводнів викликають функціональні порушення центральної нервової системи (астенію, вегетоневроз, астеновегетативний синдром) , які часто передують зміні складу крові [56].

Акрилові фарби прийнято вважати екологічними, так як основним в'язучим компонентом є вода.

На прикладі продукції ТОВ «Снежка-Україна» що розташоване у Яворівському районі Львівської області можна розглянути склад акрилових композицій.

Виробник демонструє сталість постачальників сировини. За результатами оцінювання складників продукції, встановлено що продукція не містить:

- важких металів (кадмію, свинцю, хрому VI, ртуті, миш'яку, барію, селену, сурми, кобальту);
- алкілфенол етоксилати;
- перфторовані алкілсульфонати;
- етиленгліколю, озоноруйнівних речовин, галогенізованих органічних розчинників;
- формальдегіду та формальдегідних смол;
- фталатів.

У якості консерванту застосовується препарат що містить сполуку ізотіазоліонів (5-chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one and 2-methyl-2H-isothiazol-3-one (3:1), об'єм вмісту якої не перевищує 0,0015% (>1,5 г/кг) від загального об'єму готового продукту. Це свідчить про те, що в складі акрилової фарби все ж таки наявні шкідливі компоненти, проте вони містяться в такому об'ємі та концентрації, що відповідає вимогам екологічних критеріїв.

Показник вмісту летких органічних сполук (ЛОС) у готовій продукції порівняно з допустимою концентрацією наведено в таблиці 5.2.

Табл.5.2

Показник вмісту ЛОС у готовій продукції

Найменування продукції	Показник ЛОС, г/л	
	Допустимий	Фактичний, за даними ТОВ «Снежка- Україна»
Фарби водно-емульсійні: «Снежка Еко»	15	2,5
«Снежка Макс Латекс»	15	5,8
«Снежка Енержі»	15	4,7
«Снежка Фреш Вайт»	15	4,7
«Снежка Дизайн люкс»	15	<15

«Грунтувальна фарба»	15	<15
«Снежка Супер Матт»	15	6,5
«Снежка Вайт Ефект»	15	4,1
«Снежка Кідс»	15	≤1
Фарби водно-емульсійні: «Снежка Стандарт Фасад»	15	10,4
«Снежка Оптимал Фасад»	20	≤20
«Снежка Акрилюкс Фасад»	20	≤20
Фарба водно-емульсійна: «Снежка Екстра Фасад»	20	≤20
Емалі акрилові водорозчинні: «Супермаль акрилова»	60	37,8
«Снежка для радіаторів»	60	43,2
Шпаклівка: «Акрил-Путц FS 20 Фініш»	15	-

Інші складники лакофарбових матеріалів не містять речовин шкідливих для довкілля і здоров'я людини.

Продукція упаковується у металеві відра, контейнери, пластикові відра з кришками. Упаковка при правильній утилізації та переробці не становить загрози та значному забрудненню навколишнього середовища, оскільки матеріал для виготовлення тари придатний для переробки [57].

Отже, акрилові покриття порівняно з епоксидними є безпечнішими.

На території Європи, щорічний викид парів розчинників в атмосферу складає 550 тис. тонн. Разом з тим, ЛФМ на основі органічних розчинників залишаються значною складовою ринку ЛФМ, оскільки за рахунок спроможності тверднути при високій вологості і від'ємних температурах, можливості утворювати якісні покриття на підкладках, високій механічній і хімічній стійкості мають переваги серед інших

ЛФМ. ЄС вже прийняв Директиву, що містить конкретні вказівки по зниженню летких органічних з'єднань до певного рівня в багатьох секторах лакофарбової промисловості. Американська Агенція ОНС прийняла нормативи вмісту летких органічних з'єднань в рецептурах будівельних і промислових ремонтних фарб. Згідно нормативів в фарбах для ремонту квартир цей показник не повинен перевищувати 250 г/л, в промисловості – 400 г/л (сучасні нормативи 350-650 г/л).

Таким чином, запровадження жорстких норм екологічного законодавства вимагатиме найближчим часом більшої уваги до екологічного аспекту застосування ЛФМ, що визначає необхідність їх своєчасного удосконалення і приведення до встановлених норм емісії ЛОС в довкілля. Дану проблему потрібно розв'язувати поетапно, створивши для цього програму взаємодії між виробниками і споживачами ЛФМ, досягаючи на кожному етапі певного компромісу між екологічними нормативами, вартістю і якістю покриття. Зараз уже існують усі необхідні умови для широкого використання ЛФМ з низьким вмістом летких органічних з'єднань (10-25 %), тобто матеріалів з значним сухим залишком.

Ці матеріали в подальшому можуть стати основою для розробки ЛФМ нового покоління з ультра низьким (3-5 %) вмістом летких органічних з'єднань або повною їх відсутністю [55].

Для очищення викидів від шкідливих речовин використовуються механічні, фізичні, хімічні, фізико-хімічні та комбіновані методи.

Для очищення газів найчастіше застосовують метод абсорбції, що базується на розділенні газоповітряної суміші на складові частини шляхом поглинання шкідливих компонентів абсорбентом. В якості абсорбентів вибирають рідини, здатні поглинати шкідливі домішки. Для видалення з викидів аміаку, хлористого та фтористого водню використовується вода. Один кілограм води здатен розчинити сотні грамів хлористого водню та аміаку. Сірчисті гази у воді розчиняються погано, тому витрата води у цьому випадку дуже велика. Для видалення з викидів ароматичних вуглеводнів, водяної пари та інших речовин застосовується сірчана кислота. Для здійснення процесу очищення газових викидів методом абсорбції застосовуються плівкові, форсункові, трубчасті апарати – абсорбери [56].

Метод хемосорбції базується на поглинанні газів та пари твердими поглиначами з утворенням хімічних сполук. Цей метод використовується при очищенні викидів через вентиляції гальванічних дільниць. При цьому розчинником для очищення викидів від хлористого водню є розчин їдкого натру. Цей метод використовується також для очищення викидів від окисів азоту.

Метод адсорбції базується на селективному вилученні з газових сумішей шкідливих домішок за допомогою твердих адсорбентів. Найбільш широко як адсорбент застосовується активоване вугілля, іонообмінні смоли та ін.

Цей метод використовується тоді, коли шкідливі домішки у викидах піддаються спаленню. Термічний метод ефективний у випадку очищення викидів від лакофарбових та просочувальних дільниць. Системи термічного та вогневого знешкодження забезпечують ефективність очищення до 99 %

Ультрафільтрація — мембранний процес розподілу розчинів, осмотичний тиск котрих малий. Застосовується для очищення стічних вод від високомолекулярних речовин, завислих частинок та колоїдів.

Хімічне очищення використовується як самостійний метод або як попередній перед фізико-хімічним та біологічним очищенням. Його використовують для зниження корозійної активності стічних вод, видалення з них важких металів, очищення стоків гальванічних дільниць, для окислення сірководню та органічних речовин, для дезинфекції води та її знебарвлення [57].

Нейтралізація застосовується для очищення стоків гальванічних, травильних та інших виробництв, де застосовуються кислоти та луги. Нейтралізація здійснюється шляхом змішування кислих стічних вод з лугами, додаванням до стічних вод реагентів (вапно, карбонати кальцію та магнію, аміак тощо) або фільтруванням через нейтралізуючі матеріали (вапно, доломіт, магнезит, крейда, вапняк тощо).

Система поводження з відходами на підприємстві включає наступні етапи:

- інвентаризація, виявлення та ідентифікація, паспортизація відходів;
- нормування утворення відходів;

- постановка на облік об'єктів їх утворення (розробка реєстрових карт об'єкту утворення відходу та ведення реєстрів);
- утилізація і видалення відходів;
- організація первинного обліку і поточного контролю над утворенням відходів і поводження з ними.

### **Висновки до розділу 5**

Технологічні процеси хімічного виробництва супроводжуються утворенням великої кількості відходів у вигляді шкідливих газів, шлаків, шламів, стічних вод, що містять різні хімічні компоненти, які забруднюють атмосферу, воду, ґрунт та поверхню землі. Для знешкодження відходів хімічної промисловості використовуються механічні, фізичні, хімічні, фізико-хімічні та комбіновані методи. Для більш повної переробки та утилізації відходів хімічної промисловості доцільно використовувати схеми безвідходного технологічного виробництва. Запровадження жорстких норм щодо концентрацій шкідливих речовин, котрі викидаються в довкілля внаслідок виробництва лакофарбової продукції та постійний контроль дозволить знизити їх вміст в екосфері, та спровокує облаштування нових очисних споруд, та методів очистки. При виборі ЛФМ за можливості надавати перевагу слід екологічній продукції, що не містить, або містить незначну кількість летких органічних сполук, канцерогенів, та інших шкідливих речовин. При порівнянні фарб акрилового та епоксидного типу екологічною можна вважати акрилову фарбу на водній основі.

## ВИСНОВКИ

1. Основним та найбільш доступним методом захисту металів від корозії є нанесення лакофарбового покриття, що дозволяє продовжити час експлуатації обладнання та конструкцій на які воно нанесене.

2. Своєчасний технічний огляд та ремонтні роботи металевих конструкцій дозволяють запобігти або попередити вихід з ладу обладнання та уникнути аварій.

3. Оскільки часто металеве обладнання та конструкції експлуатуються в агресивних середовищах, наприклад у воді, в умовах підвищеної вологості, при роботі з агресивними розчинами, тощо руйнування металу пришвидшується. Тому фарба має захищати поверхню від впливу навколишнього середовища, отже визначення експлуатаційних властивостей покриттів є дуже важливим, що дозволяє спрогнозувати термін захисту металу лакофарбовим покриттям.

4. За експлуатаційними властивостями (водопоглинання, пористість, час проникнення агресивних розчинів через плівку ЛФП) переважає епоксидне лакофарбове покриття порівняно з акриловим, що пояснюється наявністю активних функціональних груп (головним чином епоксидних), в молекулі покриття, більшою щільністю епоксидного покриття та меншими розмірами пор. Зазначені результати узгоджуються з нашими попередніми дослідженнями адгезії ЛФП.

5. Високу адгезію епоксидною фарбою можна пояснити адсорбцією покриття до поверхні, що спричинено наявністю в будові молекули атомів Нітрогену. Та наявністю в затверділій смолі гідроксильних груп.

6. Одержані результати призначені для оцінки ефективності лакофарбових покриттів, шляхом систематичного порівняння властивостей ЛФП і поясненню послідовності на основі будови молекул речовин.

7. Результати можуть бути використані при виборі методу захисту металів від корозії та підборі найбільш ефективного лакофарбового покриття.



## СПИСОК БІБЛЮГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойченко С.В., Іванченко О.В. Положення про дипломні роботи (проекти) випускників Національного авіаційного університету. К.-2017., с.63.
2. Коррозия. Справочник изд. Под. ред.. Л.Л.Шрайера. Пер. с англ..- М.:Металлургия, 1981, 632 с.
3. Коррозія матеріалів: лабораторний практикум / В.М.Ледовських, С.В.Левченко. – К.: НАУ, 2017. – 37 с.
4. Коррозия и защита металлических конструкций и оборудования : учеб. Пособие / М.И.Жарский и др..- Минск.: Выш. Шк., 2012 – 303 с.
5. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов/Учебное пособие. 2-е издание, стереотипное. Перепечатка с издания 1976 г. — Москва: Альянс, 2006. — 472 с.
6. Метельский А.В. Химия в экзаменационных вопросах и ответах/Справочник для учителей, репетиторов и абитуриентов. — 3-е изд. — Мн.: БелЭн, 2000. — 544 с.
7. ГОСТ 5272-68. Коррозия металлов. Термины.
8. Карякина М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. — М.:Химия, 1988 – 272с.
9. Дринберг А.С., Ицко Э.Ф., Калининская Т.В. Антикоррозионные грунтовки. ООО "НИПРОИНС ЛКМ и П с ОП", 2006. - 168 с.
10. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. Учебное пособие для ВУЗов. - М.: Физматлит, 2002. — 335 с.
11. Коррозия и защита металлических конструкций и оборудования : учеб. Пособие / М.И.Жарский .Минск : Выш.шк., 2012.-303 с.
12. Малахов А.И., Тютин К.М. Коррозия и основы гальваностегии. М., «Химия», 1977 г. 216с.
13. Карякина М.И., Попцов В.Е. Технология полимерных покрытий: Учебное пособие для техникумов.-М.: Химия, 1983 -336 С.

- 14.Высокомолекулярные соединения: Учеб. для вузов / Юрий Денисович Семчиков. - 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2005. - 368с.
- 15.Интернет ресурс stroy-technics.ru
- 16.Братичак М.М., Гетьманчук Ю.П. Хімічна технологія синтезу високомолекулярних сполук: Підручник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009.-416 с.
- 17.Рейбман А. І. Захисні лакофарбові покриття. - 5-е вид., Перераб. і доп. - Л.: Хімія, 1982. - 320 с.
- 18.Дудла І.О.,Єфременкова Н.А. Властивості епоксидних покриттів, модифікованих поліметилфенілсилоксаном.//Вісн.ЧДТУ.-2006.130 с.
- 19.Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. Л.,Химия, 1981. 352с.
- 20.Свидерский В.А. Состояние, структура и перспективы развития рынка лакокрасочной продукции в Украине / В.А. Свидерский, Т.А. Караваев // Лакокрасочные материалы и их применение.-2010.-№9.-С.8-16.
- 21.ГОСТ 15140-78 Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии
- 22.ГОСТ Р 52740-2007 (ИСО 1519:2002) Материалы лакокрасочные. Метод определения прочности покрытия при изгибе вокруг цилиндрического стержня
- 23.Дринберг, А. Я. Технология пленкообразующих веществ : натуральные и синтетические смолы, олифы, лаки и краски / А. Я. Дринберг. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: 1955. - 652 с.
- 24.ГОСТ 8420-74 Материалы лакокрасочные. Методы определения условной вязкости.
- 25.Лившиц М.Л., Пшиялковский Б.И. Лакокрасочные материалы: : Справочные пособие. – М.: Химия, 1982 г. – 360 с.
- 26.ГОСТ 21903-76 Материалы лакокрасочные. Методы определения условной светостойкости.
- 27.Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий: Учебник для вузов. – 3-е изд. 2008. – 448 с.

28. Кейбал Н.А., Каблов В.Ф., Бондаренко С.Н. Химия и технология полимерных покрытий. Часть 1. Учебное пособие. — Волжский: ВПИ ВолгГТУ, 2012. — 63 с.
29. ГОСТ 6992-68 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Метод испытаний на стойкость в атмосферных условиях.
30. Дерягин Б.В., Кротова Н.А., Смилга В.П. Адгезия твердых тел. 1973 г. 280 с.
31. Ю.П. Гетьманчук, М.М. Братичак. Хімія та технологія полімерів. Підручник. — Львів: Виробництво «Бескид Біт», 2006. — 496 с.
32. Басин В.В. Адгезионная прочность / В.Е. Басин. — М: Химия, 1981. — 208 с.
33. In BS 4232, Surface Finish of Blast Cleaned Steel for Painting, first quality corresponds to SA3, 2nd to SA2-5 and 3rd to SA2 of the much more extensive Swedish Standards Commission's, Rust Grades for Steel Surfaces and Preparation Grades prior to Protective Coating, Stockholm, 1962.
34. ГОСТ 15140-78 «Материалы лакокрасочные. Метод определения адгезии».
35. ГОСТ 27325-87 . Метод определения адгезии лакокрасочных покрытий.
36. ГОСТ 31149-2014 (ISO 2409:2013) Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом решетчатого надреза.
37. ISO 3233-2:2019 Paints and varnishes — Determination of the percentage volume of non-volatile matter — Part 2: Method using the determination of non-volatile-matter content in accordance with ISO 3251 and determination of dry film density on coated test panels by the Archimedes' principle.
38. М. Марциковський. Журнал «Покраска професіональна».
39. ГОСТ Р 52753-2007 (ИСО 1524:2000) Материалы лакокрасочные. Метод определения степени перетира.
40. Закон України «Про охорону праці».
41. ДСТУ 2293-99 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять».
42. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
43. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

- 44.ДБН В.2.5.-28-2006 «Природне і штучне освітлення».
- 45.Міждержавний стандарт ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ.Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
- 46.Закон України «Про пожежну безпеку».
- 47.ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартів безпеки труда
- 48.Панасюк І.В., Клапцов Ю.В., Гайдайчук І.П. Основи охорони праці. Посібник до теоретичних та практичних занять для студентів
- 49.Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003.-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
- 50.Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 26.06.1991 р.; редакція від 16.10.2020.№41 – ст.547.
- 51.Мягченко О.П.Основи екології. Підручник/ О.П.Мягченко К.: Центр Учбової літератури.-2010.-312 С.
- 52.Краснянський М.Ю. Екологічна безпека: навчальний посібник/М.Ю.Краснянський – К.:Видавничий дім «Кондор», 2018- 180 С.
- 53.Апостолюк С.О. Промислова екологія: Навчальний посібник/ С.О.Апостолюк, В.С.Джигирей.-К.: Знання.-2012.-474 С.
- 54.Мислюк О.О. Практикум з хімічної екології: навчальний посібник для вищих навчальних закладів/О.О.Мислюк.-К.: Кондор, 2018.- 303 С.
- 55.Охорона навколишнього природного середовища. Законодавство, методики, рекомендації: практичний посібник/упор: Анатолій Григоренко, Людмила Григоренко.-К.:центр учбової літератури,2017.-287 С.
- 56.ДСТУ 12.1.005-88 Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони.
- 57.Інтернет ресурс [info@ecolabel.org.ua](mailto:info@ecolabel.org.ua)