

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА**

Інститут ННІ Енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури
Кафедра Хімії та інтегрованих технологій
Освітній рівень перший (бакалаврський)
Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ХтaIT
проф., д. т. н. Саввова О.В.



« 22 » червня 2026 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Тема роботи: Розробка складу і технології індустіальної хімічно стійкої емалі

Шифр роботи ХіТк 2022-1, 2
(група, номер теми за наказом)

Виконавець Білик Герман Валентинович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник доцент Гуріна Галина Іванівна
(посада, прізвище, ім'я, по батькові)

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА**

Інститут ННІ Енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури
Кафедра Хімії та інтегрованих технологій
Освітній рівень перший (бакалаврський)
Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ХтАІТ
проф., д. т. н. Савцова О.В.



« 20 » травня 2026 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВАЧУ**

Білику Герману Валентиновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи :Розробка складу і технології індустіальної хімічно стійкої емалі

керівник роботи Гуріна Галина Іванівна, кандидат хімічних наук, доцент

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

затверджена наказом вищого закладу освіти від «08» травня 2026 р. № 399-03

2. Строк подання студентом роботи 14 червня 2026 р.

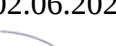
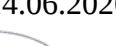
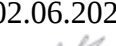
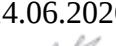
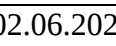
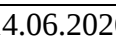
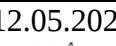
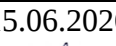
3. Вихідні дані до роботи: наукова література щодо теми роботи; нормативно-технічна документація на сировинні компоненти та готову продукцію.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
розділ 1: Аналітичний огляд; розділ 2: Технологічна частина; розділ 3: Науково-дослідна частина; розділ 4: Економічне обґрунтування; розділ 5: Охорона праці

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

Презентація – 17 слайдів

6. Консультанти розділів роботи

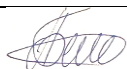
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітичний огляд	Гуріна Г.І., доцент	 02.06.2026	 14.06.2026
Технологічна частина	Гуріна Г.І., доцент	 02.06.2026	 14.06.2026
Науково-дослідна частина	Гуріна Г.І., доцент	 02.06.2026	 14.06.2026
Економічне обґрунтування	Пилипенко О.І., доцент	 02.06.2026	 14.06.2026
Охорона праці та навколишнього середовища	Логвінков С.М., проф.	 02.06.2026	 14.06.2026
Нормоконтроль	Гуріна Г.І., доцент	 02.06.2026	 14.06.2026
Показник оригінальності КР	Скрипинець А.В., доцент	 12.05.2026	 15.06.2026

7. Дата видачі завдання 11.05.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер етапу	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Постановка проблеми і завдань дослідження	10.05.2026	виконано
2	Аналітичний огляд літературних джерел, вибір методик досліджень	03.06.2026	виконано
3	Проведення досліджень, аналіз результатів, підготовка пояснювальної записки та висновків	08.06.2026	виконано
4	Підготовка розділів з економічного обґрунтування та охорони праці	10.06.2026	виконано
5	Оформлення пояснювальної записки	14.06.2026	виконано
6	Підготовка презентації, доповіді по ДР та інших супроводжуючих документів	17.06.2026	виконано
7	Подання ДР на допуск до захисту	21.06.2026	виконано
8	Захист ДР	25.06.2026	виконано

Студент


(підпис)

Білик Г.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



Гуріна Г.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА**

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
бакалавра
(освітній рівень)

на тему Розробка складу і технології індустриальної хімічно стійкої емалі

Виконав студент 4 курсу, групи XIIТк_2022-1
спеціальності

161 Хімічні технології та інженерія
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Білик Г. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник



Гуріна Г.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент



Пилипенко О.І.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до ДП: 114 с., 36 табл., 5 рис., 62 джерел, 3 додатки.

Ключові слова: ХІМІЧНО СТІЙКА ЕМАЛЬ, ФУНКЦІОНАЛЬНІ НАПОВНЮВАЧІ, НАНОКОМПОЗИТИ, ІНТЕРКАЛЯЦІЯ, БЕНТОНІТ.

Метою цієї роботи є розроблення сучасної ресурсо- та енергоефективної технології, а також створення рецептури хімічно стійкої емалі, призначеної для використання у промисловій сфері та дизайні.

Об'єктом дослідження визначено технологічні стадії одержання хімічно стійкої емалі для подальшого застосування у виробництві та дизайнерських рішеннях.

Предметом дослідження виступають наноконпозиційні хімічно стійкі емалі та покриття спеціального функціонального призначення для промислового й дизайнерського використання.

В аналітичному розділі дипломної роботи здійснено обґрунтування вибору вихідних сировинних компонентів і їх співвідношень у складі емалі, визначено основні технологічні параметри процесу її виготовлення, а також проведено необхідні технологічні й матеріальні розрахунки, результати яких підтверджують ефективність запропонованих у роботі підходів.

Дослідницька частина присвячена розробленню наноконпозиційної хімічно стійкої емалі із застосуванням інтеркаляційного підходу, аналізу її властивостей із використанням сучасних фізико-хімічних методів дослідження та створенню матеріалу з покращеними експлуатаційними показниками.

У кваліфікаційній бакалаврській роботі також висвітлено питання забезпечення безпеки праці та охорони довкілля. В економічному розділі виконано відповідні розрахунки, які підтверджують економічну обґрунтованість і доцільність впровадження запропонованих технічних рішень.

ABSTRACT

Explanatory note to DP: 114 pages, 36 tables, 5 figures, 62 sources, 3 appendices.

Keywords: CHEMICALLY RESISTANT ENAMEL, FUNCTIONAL FILLERS, NANOCOMPOSITES, INTERCALATION, BENTONITE.

The purpose of this work is to develop a modern resource- and energy-efficient technology, as well as to create a chemical-resistant enamel formulation intended for use in the industrial sector and design.

The object of the study is the technological stages of obtaining chemical-resistant enamel for further use in production and design solutions.

The subject of the study is nanocomposite chemical-resistant enamels and coatings of special functional purpose for industrial and design use.

In the analytical section of the thesis, the selection of the initial raw material components and their ratios in the composition of the enamel is justified, the main technological parameters of the process of its manufacture are determined, and the necessary technological and material calculations are carried out, the results of which confirm the effectiveness of the approaches proposed in the work.

The research part is devoted to the development of nanocomposite chemical-resistant enamel using the intercalation approach, the analysis of its properties using modern physicochemical research methods, and the creation of a material with improved performance indicators.

The qualification bachelor's thesis also highlights the issues of ensuring occupational safety and environmental protection. In the economic section, relevant calculations have been performed, which confirm the economic feasibility and feasibility of implementing the proposed technical solutions.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень та скорочень.....	8
Вступ.....	9
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	12
1.1 Роль і значення лакофарбових матеріалів на основі перхлорвінілових смол	12
1.1.1 Склад перхлорвінілових лакофарбових матеріалів... ..	13
1.1.2 Методи одержання перхлорвінілових лакофарбових матеріалів ...	15
1.1.3 Асортимент перхлорвінілових матеріалів.....	19
1.2 Основні методи диспергування пігментів	20
1.2.1 Механізм процесу диспергування.....	21
1.2.2 Устаткування для диспергування пігментів.....	23
1.2.3 Характеристика пігментної складової хімічно стійкої емалі.....	24
2. Технологічна та методологічна частина.....	28
2.1 Мета роботи.....	28
2.2 Методи досліджень.....	25
2.3 Технологічна частина.....	30
2.4 Опис схеми технологічного процесу.....	40
2.5 Матеріальний баланс.....	48
2.6 Опис та розрахунок необхідної кількості устаткування.....	61
3. Науково-дослідна частина.....	64
3.1 Мета, задачі експериментальних досліджень	64
3.2 Основні тенденції розвитку лакофарбової галузі	65
3.3 Матеріали та методи дослідження	67
3.4 Результати досліджень та їх обговорення	67
3.5 Основні висновки наукової роботи	78
4. Економічна частина.....	80
5. Охорона праці.....	88
Висновки.....	97
Список використаних джерел.....	99
Додаток А. Публікативна активність здобувача.....	107
Додаток Б. Механічний розрахунок змішувача постановки на «тип»	112
Додаток В Результати перевірки роботи на плагіат.	113

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ADBAC – алкілдиметилбензиламоній хлорид

ГДК – гранично допустима концентрація.

ДБФ – дибутилфталат;

КОКП – критична об’ємна концентрація пігменту;

ЛФМ – лакофарбний матеріал;

ЛФП – лакофарбні покриття;

ОКП – об’ємна концентрація пігменту;

ООКП – оптимальна об’ємна концентрація пігменту;

ПАР – поверхнево-активна речовина;

ХП – хлорпарафін;

ЧАС – четвертинна амонійна сіль

ВСТУП

За останні роки галузь лакофарбових матеріалів зазнала стрімкого розвитку. Це проявляється не лише у зростанні обсягів виробництва, але й у суттєвій трансформації асортиментної структури продукції. Зокрема, спостерігається збільшення частки синтетичних плівкоутворювачів, а також активне впровадження нових видів матеріалів, таких як воднодисперсійні та порошкові фарби.

Застосування синтетичних плівкоутворювальних компонентів значно розширило сировинну базу галузі та створило можливості для розроблення інноваційних матеріалів, які неможливо отримати виключно з природної сировини. Саме завдяки цим компонентам стало можливим виробництво покриттів із підвищеною стійкістю до атмосферних впливів, високих температур і агресивних хімічних середовищ, а також із покращеними декоративними характеристиками. До таких матеріалів належать системи на основі поліефірів, епоксидних сполук, уретанових і силоксанових олігомерів, а також політетрафторетилену та інших сучасних полімерів.

Сучасне виробництво лакофарбової продукції здійснюється на великих підприємствах, оснащених новітнім технологічним обладнанням, які були або збудовані заново, або модернізовані відповідно до сучасних вимог.

На сьогодні галузь продовжує динамічно розвиватися. Основні тенденції спрямовані на вдосконалення асортименту, підвищення якості продукції та її довговічності. Особлива увага приділяється зменшенню використання окремих видів сировини, передусім рослинних олій, а також обмеженню застосування дорогих і токсичних органічних розчинників.

Очікується подальше зростання виробництва матеріалів на основі синтетичних плівкоутворювачів поліконденсаційного типу. Це дозволить суттєво скоротити використання рослинних, у тому числі харчових, олій у лакофарбовій промисловості.

Зниження використання органічних розчинників, що є токсичними та економічно затратними, здійснюється шляхом збільшення виробництва водорозчинних, водоемульсійних і порошкових матеріалів, що має важливе значення для охорони праці та довкілля.

Лакофарбова галузь як важлива складова економіки України перебуває у стані постійного розвитку. Для сучасного вітчизняного виробництва характерним є використання рослинних олій (соняшникової, соєвої, ріпакової, лляної, рицинової) як відновлюваної природної сировини.

Рослинні олії виступають природними плівкоутворювачами та належать до екологічно безпечних ресурсів. Їх активне застосування пов'язане зі зростанням попиту на матеріали з натуральними компонентами, що обумовлено підвищеною увагою до екологічних аспектів та впливу продукції на навколишнє середовище.

Значну частку промислових лакофарбових матеріалів становлять продукти на основі олієвмісних синтетичних плівкоутворювачів, зокрема алкідних та уралкідних смол. Вони широко використовуються завдяки оптимальному поєднанню вартості та експлуатаційних характеристик.

Подальший розвиток галузі передбачає активне використання нових типів сировини, зокрема різноманітних синтетичних плівкоутворювальних речовин. Це забезпечує створення покриттів із високими експлуатаційними, декоративними та екологічними властивостями, що відповідають сучасним технічним і економічним вимогам.

Впровадження нових компонентів, модернізація технологічних процесів і оновлення виробничих потужностей сприяють створенню матеріалів із покращеними властивостями та спеціалізованим призначенням.

Розвиток ринкової економіки в Україні стимулює зростання галузей, орієнтованих на задоволення споживчого попиту. Важливою умовою є

досягнення оптимального балансу між якістю продукції та її ціною. Крім того, стабільний попит на продукцію є ключовим фактором успішної діяльності будь-якого підприємства.

Євроінтеграційні процеси сприяють впровадженню інноваційних технологій і створенню екологічно безпечних, високоякісних матеріалів у лакофарбовій галузі.

Сучасні тенденції також передбачають заміну органічних розчинників водою для регулювання реологічних властивостей систем, що є важливим кроком у напрямку збереження довкілля та захисту здоров'я людини. Паралельно прогнозується збільшення виробництва матеріалів на основі синтетичних плівкоутворювачів, що дозволить більш ефективно використовувати рослинні ресурси.

Асортимент лакофарбової продукції останніми роками значно розширився. З'явилися нові екологічно безпечні матеріали, а також удосконалено методи їх нанесення, зокрема електростатичне та безповітряне розпилення, а також електрофорез.

Основною метою сучасної лакофарбової технології є вдосконалення існуючих виробництв, підвищення якості продукції та створення нових конкурентоспроможних матеріалів.

Наукова новизна даного проєкту полягає у розробленні технології отримання нанокompозиційної хімічно стійкої емалі з використанням методу концентрованих паст під час диспергування пігментів.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю створення екологічно безпечної перхлорвінілової хімічно стійкої емалі для промислового та дизайнерського застосування з покращеними фізико-механічними характеристиками покриттів.

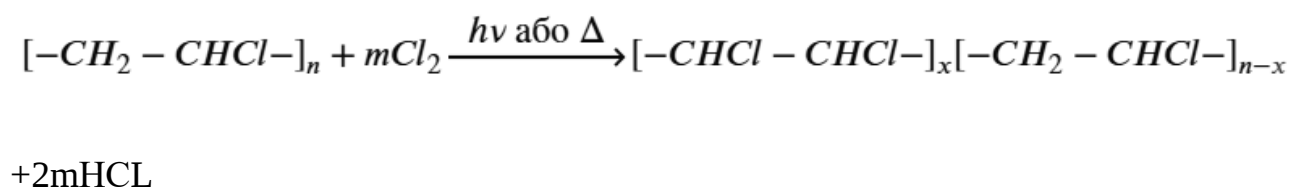
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Роль і значення лакофарбових матеріалів на основі перхлорвінілових смол

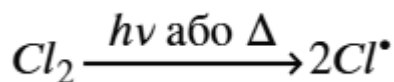
До групи полімеризаційних відносяться лакофарбові матеріали на основі полімерів і кополімерів вінілхлориду, полівінілацеталей, полімерів та кополімерів акрилових сполук, хлоркаучука, фторопластів, хлорсульфованого поліетилену. Частка лакофарбових матеріалів на основі полімеризаційних смол у загальному обсязі випуску лакофарбової продукції складає 3,9 – 4%. У найбільших кількостях випускають лакофарбові матеріали на основі хлорованого полівінілхлориду – перхлорвінілової смоли (53 – 60% від обсягу випуску), частка випуску матеріалів на основі кополімерів вінілхлориду складає 21 – 22%, матеріалів на основі полівінілацеталей – 11 – 16%, а на основі поліакрилатів – 7 – 9% [1].

Як відомо, полівінілхлорид має високу атмосферостійкість, хімічну стійкість, міцність і пластичність. Разом з тим він погано розчиняється в розчинниках, які використовуються для одержання лаків, і має слабку адгезію до різних поверхонь. До підвищення розчинності полівінілхлориду проводять його додаткове хлорування. При вмісті одного додаткового атома хлору на три мономерні ланки вінілхлориду досягаються максимальна розчинність і найменша в'язкість розчинів. Полівінілхлорид містить 56,8% хлору, у перхлорвініловій смолі теоретичний зміст хлору дорівнює 64%, у діючому стандарті зміст хлору нормується в межах 62 – 65%.

Способом одержання перхлорвініла є хімічна модифікація полівінілхлориду. Хлорування граничних олефінових полімерів під дією молекулярного хлору перебігають як ланцюгові радикальні реакції:

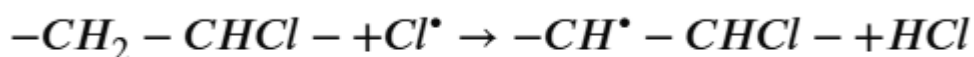


1.Ініціювання (розпад хлору на радикали):

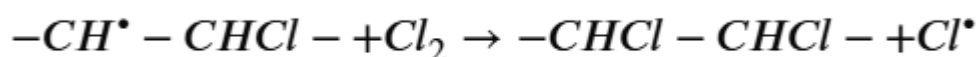


2.Ланцюгова реакція (поширення ланцюга):

2.1. Відрив водню (утворення макрорадикала):



2.2. Взаємодія з молекулою хлору:



Внаслідок реакції вміст хлору в полімері збільшується з ~56% (у ПВХ) до 64-67% (у перхлорвінілі), що покращує його розчинність та термостійкість

Ці процесі ініціюються пероксидами, гідропероксидами та УЧ-випромінюванням. Хлорування по радикальному механізму проводять в органічних розчинниках або у водних суспензіях полімерів. Умови проведення процесу впливають на його плин і властивості отриманих продуктів.

Виробництво перхлорвінілової смоли було освоєно на початку 40-х років. Спочатку її випускали у вигляді 40%-ного концентрату в хлорбензолі, а потім – у вигляді сухого порошку. На даний час випускають дві лакові смоли марок ПСХ-ЛС і ПСХ-ЛН відповідно середній і низької в'язкості [2-13].

1.1.1 Склад перхлорвінілових лакофарбових матеріалів

До складу перхлорвінілових лаків, емалей, ґрунтовок і шпаклівок входять плівкоутворювальні смоли ПСХ-ЛС і ПСХ-ЛН, що вводяться у вигляді 10 – 25%-них розчинів, модифікатори, пластифікатори, пігменти і різні функціональні добавки [1].

Перхлорвінілова смола являє собою білувато-жовтувато-сірий порошок щільністю 1470 – 1500 кг/м³ і насипною щільністю 200 – 250 кг/м³. Смола добре розчиняється в етил- і бутилацетатах, кетонах, хлорованих нижчих аліфатичних та ароматичних вуглеводнях. У ксилолі і толуолі середньов'язка смола добре набухає, низьков'язка – розчиняється. Перхлорвінілова смола добре набухає також у пластифікаторах – дибутилфталаті і трикрезилфосфаті.

Для підвищення блиску, адгезії, змісту нелетучих речовин і для зниження термопластичності покриттів вводять модифікатори. Зміст модифікаторів коливається від 0,15 до 0,5 мас. ч. на 1 мас. ч. перхлорвінілової смоли. Як модифікатор тужавіння застосовують алкідну смолу що висихає (№ 135, ПФ-077, ФЛ-390 та ін.), рідше – алкідноакрилову смолу АС-4.

Пластифікатори підвищують еластичність покриття і знижують їх паропроникливість. Їх вводять у кількості 0,3 – 0,5 мас. ч. на 1 мас.ч. перхлорвінілової смоли. Найбільше часто застосовують трикрезилфосфат, дибутилфталат, хлорпарафін ХП-470, совол (поліхлордифеніл). Хлорвмісні пластифікатори підвищують негорючість і хімічну стійкість покриттів.

Добавки, що вводяться в перхлорвінілові лакофарбові матеріали розрізняються по призначенню: термостабілізуючи, що прискорюють тужавіння, матируючи та ін. У якості термостабілізаторів використовують епоксидіровані олії (соєве, соняшникове) марок Т и ТС, низькомолекулярні епоксидні смоли (Е-40 і ін.). Вони служать акцепторами НС1, що виділяється при деструкції перхлорвінілової смоли під дією тепла. Вміст термостабілізаторів коливається від 0,01 до 0,05 мас. ч. на 1 мас. ч. перхлорвінілової смоли, що відносить їх переважно до атмосферостійких матеріалів, що експлуатуються при підвищеній температурі. Як прискорювачі висихання вводять сикативи та твердники – поліізоціанати, поліаміди та ін.

Введення пігментів у лакофарбові матеріали є основним методом регулювання декоративних властивостей покриттів – кольору і непрозорості. Дослідження в галузі наповнених полімерних систем, у тому числі і наповнених полімерних покриттях, показали, що введення мінеральних пігментів і

наповнювачів дозволяє регулювати й інші найважливіші властивості композиційних матеріалів – деформаційно-міцностні, що ізолюють, протикорозійні, адгезійну міцність, а також одержувати покриття зі спеціальними властивостями – електропровідникові, теплостійкі, вогнезахисні, антифрикційні, протиобрастаючи і т.д.

Для розчинення смол у більшості випадків застосовують стандартну суміш Р-4, що складається з 12% ацетону, 26% бутилацетату і 62% толуолу; для більш відповідальних лакофарбових матеріалів використовують суміш Р-5 – 30% ацетону, 30% бутилацетату і 40% ксилолу. Низьков'язку смолу марки ПСХ-ЛН розчиняють у суміші 15% ацетону, 35% ксилолу і 50% сольвенту. Введення ацетону до складу суміші розчинників дозволяє знизити в'язкість розчинів майже вдвічі.

До складу пігментованих лакофарбових матеріалів входять пігменти, що крім основного призначення – додання кольору покриттю і підвищення його атмосферостійкості і поліпшення фізико-механічних властивостей – виконують функції термо- і світлостабілізаторів, граючи роль акцепторів смоли, що виділяється при деструкції, НС1. Вміст пігментів та наповнювачів в емалях складає 0,8 – 1,4 мас. ч., у шпаклівках – 5 – 8 мас. ч.

1.1.2 Методи одержання перхлорвінілових лакофарбових матеріалів

Процес одержання лаків (періодичний) складається з наступних стадій: розчинення перхлорвінілової смоли, модифікаторів і пластифікаторів, типізація лаку, очищення лаку і розфасовка. Розчинення компонентів роблять у змішувачах ємністю 5 – 9 м³, куди через об'ємні лічильники типу ДБ-40 з цехових баків або зі складських ємкостей за допомогою насосів завантажують розчинники, потім суху смолу. Розчини смол і пластифікатори завантажують після розчинення перхлорвінілової смоли. Розчинення ведуть при 50-55⁰С в плинні 2ч. Контроль температури здійснюють манометричним термометром опору ТГ-410. Повноту розчинення перевіряють шляхом наливу на скло проби лаку, пігментованої пастою темного кольору: при перегляді в минаючому світлі не повинне бути часточок смоли, що не розчинилися (незабарвлених).

Типізація лаку включає перевірку чистоти, кольору, в'язкості і вмісту нелетучих речовин. Для зниження в'язкості і вмісту нелетучих речовин додають розчинники. Очищають лаки через кілька шарів марлі, на горизонтальних тарілчастих фільтрах або на вертикальних фільтрах типу прес-фільтра.

Одержання емалей і ґрунтовок включає готування лакової основи, підготовку пігментної пасти, складання емалі і ґрунтовки і їхню типізацію, очищення і розфасовку. Лакову основу одержують по описаній вище схемі одержання лаку [1].

Підготовку пігментної пасти проводять у двох стадій – готування замісу пігментів і диспергування або перетир замісу на бісерному або кульовому млині або на фарбозатірочній трьохвалковій машині. Замість пігментної пасти використовують також суховальцовані пасти пігментів (на перхлорвініловій смолі з додаванням пластифікатора) – так називані СВП-ПХВ.

При одержанні емалей і ґрунтовок із застосуванням бісерного млина в дисольвер зі швидкохідною мішалкою завантажують розчинники через об'ємні лічильники, потім розчини смол (алкідних або ін.) і пластифікатори через мірник, встановлений на вагах, і пігменти. Замість пігментів з дисольвера насосом подають у нижню частину корпусу бісерного млина. Після досягнення необхідного ступеня дисперсності і в'язкості пігментну пасту насосом безупинно перекачують із прийомного бачка бісерного млина в змішувач для складання емалі або ґрунтовки, типізації і наступної розфасовки готового продукту в тару.

При одержанні емалей і ґрунтовок із застосуванням кульового млина в кульовий млин завантажують розчин смоли, пігменти, наповнювачі, розчинник (ксілол або толуол) і витримують близько 30 хв. для насичення повітряного простору парами розчинників перед пуском кульового млина. Передбачається блокування електродвигуна кульового млина з люком і відображенням. Після досягнення необхідного ступеня дисперсності пігментну пасту самопливом або за допомогою насоса подають у мірник, встановлений на вагах, або в змішувач для складання емалі або ґрунтовки, її типізації, очищення і розфасовки в тару.

На деяких виробництвах компонента попередньо змішують у вертикальному змішувачі і потім перекачують отриманий заміс у кульовий млин. Це дозволяє скоротити час на завантаження компонентів і трохи зменшити тривалість диспергування за рахунок кращого розподілу компонентів між кулями і зменшення утворення „мертвих” просторів для сухих пігментів.

Підвищенню продуктивності кульових млинів сприяє установка ребер на стінці барабана, що збільшують висоту падіння куль і площа їхнього перекочування. Рекомендується застосовувати кульові млини, футеровані керамічною або порцеляною плиткою з кулями з відповідного матеріалу. Примол від металевих куль може викликати желатинізацію деяких марок перхлорвінілових емалей і ґрунтовок.

У процесі типізації емалей регулюють в'язкість емалі або ґрунтовки шляхом додавання суміші розчинників або компонентів нелетучої частини і проводять підкольоровку емалі однопігментними пастами. Очищення емалі і ґрунтовки роблять на фільтрах або на центрифугах.

Одержання шпаклівок включає наступні стадії: диспергування пігментів у розчині пластифікаторів в органічних розчинниках; одержання перхлорвінілової смоли з дисперсією пігментів з одночасними диспергуванням наповнювачів; типізація шпаклівки і зливши в тару.

Шпаклівки виготовляють у кульовому млині з металевими кулями, що забезпечують гарне перемішування і диспергування. Диспергують пігменти і наповнювачі до ступеня дисперсності 80 –90 мкм. по „клину”. Для прискорення зливу шпаклівки в барабані кульового млина створюють надлишковий тиск за допомогою інертного газу.

Для одержання розчину смол, лаків і лакових основ на перхлорвініловій і інших полімеризаційних смол служать апарати з паровими сорочками, фільтри – тарілчасті і прес-фільтр.

Для розчинення смол використовують вертикальний циліндричний апарат зі сферичним днищем і сферичною кришкою, постачений сорочкою для обігріву пором. У кришці апарата мається люк для завантаження і чищення, штуцера для трубопроводів рідкої сировини, для приєднання конденсатора, установки пробовідбірника, запобіжного клапана, термометра, манометра, для подачі інертного газу. У днищі мається спусковий штуцер із запірним вентилем. Апарат обладнаний якірною або рамною мішалкою. Для конденсації пар розчинників, що виділяються, апарат з'єднують зі зворотним вертикальним конденсатором.

1.1.3 Асортимент перхлорвінілових матеріалів

Асортимент перхлорвінілових матеріалів включає різні марки атмосферостійких (у тому числі для тропічного клімату і холодного клімату Півночі), водостійких, хімічно стійких, вогнезахисних, що не обростають і інших емалей, лаків, ґрунтовок. Вони висихають при кімнатній температурі за 1-3 год., утворити рівні напівглянцеві покриття.

Однак після висихання в перхлорвініловому покритті залишається деяка кількість висококип'ячих розчинників. Тому повне висихання покриття, після якого воно здобуває оптимальну твердість, настає через 5 – 7 діб. Допускається тужавіння перхлорвінілового покриття при підвищеній температурі, але не вище 60 – 80⁰С. При цій температурі протягом 1г. відбувається майже повне висихання, у плівці практично не залишається розчинників. Деякі марки перхлорвінілових матеріалів для повного видалення розчинників варто сушити при 60 – 80⁰С в плинні 5 –6год. При температурі висихання вище 80⁰С покриття жовтіє, сутеніє і втрачає еластичність.

Перхлорвінілові лакофарбові матеріали при збереженні при температурі нижче 0⁰С мають схильність до желатинізації, тому їх рекомендується зберігати в закритих опалювальних складах.

Перхлорвінілові покриття відрізняються низкою паропроникливістю, високою водо- і атмосферостійкістю. В умовах помірного клімату покриття

стійки протягом 5 – 7 років. Вони стійки до дії розчинів мінеральних кислот, лугів і солей, до агресивних газоподібних продуктів (особливо якщо в їхній склад входять хімічно стійкі модифікатори, пластифікатори і пігменти).

Перхлорвінілові покриття витримують дія води, жирів, олій, спиртів, аліфатичних вуглеводнів (бензинів, уайт – спірита й ін.). Вони не піддаються дії цвілі і стійкі до загоряння, практично негорючі.

До недоліків перхлорвінілових покриттів відносяться: недостатній блиск і схильність до забруднення і розм'якшення при температурі вище 60⁰С; низька адгезія до металевих поверхонь; низька термо - та світлостійкість.

Деструктивні процеси, що відбуваються під дією тепла й ультрафіолетових променів, приводять з часом до зміни кольору як пігментованих (потемніння), так і безбарвних (пожовтіння) покриттів. Поряд з цим підвищуються їхня адгезія і стійкість до впливу розчинників, але губиться еластичність. Процес деструкції починається з відщиплення HCl і утворення подвійних зв'язків у ланцюзі полівінілхлориду; потім відбувається окислювання по подвійних зв'язках з утворенням поперечних зв'язків, що приводять до підвищення твердості і крихкості полімерного покриття.

Необхідно відзначити, що перхлорвінілові покриття тривалий час зберігають неприємний запах, що обмежує їхнє застосування для фарбування внутрішніх поверхонь вагонів, автобусів, тролейбусів, а також фарбування виробів, що експлуатуються у середині житлових приміщень.

Перхлорвінілові лакофарбові матеріали використовують для фарбування виробів і конструкцій з металу і деревини, а також споруджень з бетону. Наносять їх переважно методами пневматичного, безповітряного або електростатичного розпилення. При фарбуванні металевих поверхонь емалі наносять по ґрунтовках на основі гліфталевих, пентафталевих, алкіднофенольних смол, а також смол на основі кополімерів вінілхлориду. У деяких випадках їх наносять по ґрунтовках на основі полівінілбутираля або по перхлорвінілових ґрунтовках.

Швидкість формування покрить (1 – 3 год. при 18 – 22⁰С) дозволяє застосовувати їх для фарбування великогабаритних машин і виробів, що не вимагають високодекоративної обробки (дорожні і будівельні механізми, сільськогосподарські машини, залізничні вагони, цистерни, верстати й ін.), різних металевих і бетонних споруджень (мостів, ферм і ін.) і устаткування.

1.2 Основні методи диспергування пігментів

Обов'язковою умовою одержання якісних пігментованих лакофарбових матеріалів є рівномірний розподіл часток твердої фази в дисперсійному середовищі. Необхідні експлуатаційні властивості покрить, сформованих з пігментованих лакофарбових матеріалів, досягаються за умови визначеного ступеня дисперсності часток пігменту і наповнювача.

Про ступінь дисперсності пігментованих систем у виробничих умовах судять за показниками приладу “Клин”. Однак ступінь дисперсності по “Клину” не показує дисперсного складу системи, він свідчить лише про розміри найбільш великої фракції або про наявність сторонніх домішок, у той час як більшість експлуатаційних властивостей покриття визначаються насамперед більш дисперсними фракціями.

Відомо, що оптична ефективність пігментів у барвистій плівці збільшується зі зменшенням розмірів часток [2]. З ростом дисперсності пігментів поліпшуються їх укривістість, інтенсивність і чистота кольору, підвищуються блиск, захисні властивості і довговічність покрить. Розрахунки на основі теорії розсіювання і відображення світла й експериментальні дослідження показали, що оптична ефективність пігментів досягає максимуму тільки при визначених розмірах часток, різних для кожного виду пігментів, але знаходяться в межах 0.05 – 0.80 мкм. Зокрема, для діоксиду титана рутильної модифікації – 0.16 – 0.20 мкм, анатазної – 0.2 – 0.25 мкм.

Максимальне значення такого важливого технічного показника пігментованого матеріалу, як укривістість, відповідає розмірам часток, порівняним з половиною довжини хвилі падаючого світла, і залежить від співвідношення коефіцієнтів переломлення пігменту і плівкотвірної речовини.

Слід зазначити, що при використанні сучасного устаткування для диспергування навряд чи мається небезпека досягнення розмірів часток, менше оптимальних. Основна задача диспергування з цього погляду – максимально рівномірний розподіл пігментних часток у барвистій плівці.

1.2.1 Механізм процесу диспергування

По визначенню П. А. Ребіндера, диспергування – це тонке здрібнювання твердих або рідких тіл у навколишньому середовищі. Стосовно до пігментованих матеріалів у результаті диспергування одержують мікрогетерогенні колоїдні системи – висококонцентровані суспензії, у яких дисперсійним середовищем є плівкотвірне або його розчин, а дисперсною фазою – пігменти і наповнювачі. Метою диспергування є руйнування агрегатів первинних часток пігментів (деагрегація) із заміщенням газової адсорбційної оболонки на рідинну (змочування), досягнення рівномірного розподілу первинних часток в середовищі плівкотвірного і запобігання вторинних процесів флокуляції (стабілізація) [3].

Диспергування протікає успішно, коли виконуються термодинамічні умови змочування поверхні пігменту рідкою фазою, тобто коли робота адгезії, що характеризується взаємодією твердої і рідкої фази, більше роботи когезії рідини (випадок повного змочування) або, принаймні, більше її половини.

Змочуваність порошкоподібних матеріалів у значній мірі залежить від дисперсійного складу, форми часток і агрегатів, неоднорідності (мозаїчності) хімічного складу поверхні, мікрорельєфу і пористості. Процес змочування пігментів і наповнювачів розчинами олігомерів і полімерів ускладнюється попереднім йому процесом адсорбції і супроводжується мікрохроматографією у капілярах і порожнинах агрегатів.

При диспергуванні спостерігається й утворення вторинних агрегатів, що зменшують кінцевий ступінь дисперсності.

Висока якість пігментованих лакофарбових матеріалів відповідає такому станові системи, коли дрібні частки пігментів мають стабільні оболонки з плівкотвірного, що не руйнуються при механічному впливі. Це допускається

пропущенням пігментних паст через дисперговані контакти, що виникають у напрузі зрушення в порівнянні з когезійною міцністю пігментних агрегатів.

Істотний внесок у вивчення процесів диспергування пігментних паст у кульових млинах внесли Горловський [4] і Регачек. Диспергуюча дія кульового млина є результатом каскадного руху куль, їхнього падіння, а також тертя катання і тертя ковзання куль по циліндру барабана кульового млина і між окремими кулями. Режим каскадного руху куль дає найбільший ефект. Кожен пігментний агрегат має однакову імовірність падіння в активний обсяг, що меле, а час, що потрібно для досягнення заданого ступеня дисперсності, пропорційно обсягів пасти. Однак не можна розглядати процес диспергування як чисто механічне здрібнювання без обліку адсорбційних факторів.

Найважливіша умова одержання високоякісних пігментованих матеріалів – запобігання їх при диспергуванні і при наступній переробці від вторинних явищ коагуляції і флокуляції, тобто запобігання утворенню агрегатів у результаті як безпосереднього контакту між частками пігментів і наповнювачів, так і утворення зв'язку через прошарки рідкої фази або адсорбційні шари плівкотвірних.

Частки пігментів і наповнювачів мимовільно утворюють коагуляційні структури або флокули з меншим запасом поверхневої енергії. Це робить систему агрегативно хитливою. Іншим видом нестійкості є кінетична, або седиментаційна, зв'язана з поступовим осадженням твердих часток під впливом сили ваги. Якщо не приймати спеціальних мір для збільшення стійкості пігментних дисперсій, то взагалі неможливо одержати якісний пігментований матеріал, бо він швидко втрачає свої первісні властивості.

Нестійкість пігментованого матеріалу виявляється насамперед у наростанні в'язкості, викликаному утворенням коагуляційних структур в обсязі системи. У процесі диспергування може відбутися затир – різке зменшення дисперсності твердої фази, обумовлене коагуляцією досить дрібних, але не стабілізованих часток, а при розведенні до необхідної в'язкості і сухого залишку – “пігментний шок” – різка флокуляція, супроводжувана випаданням осаду. Флокуляція пігментів у процесі випару розчинника при формуванні

покриттів викликає появу різнокольоровості на різних ділянках покриття, або так званих осередків Бенерда [5]. Нижче перераховані основні причини флокуляції [6]:

- 1) погана змочуємість пігментів розчинами плівкотвірних і невідповідність донорно-акцепторних властивостей поверхні пігментів і молекул плівкотвірного;
- 2) диспергування пігменту в суміші двох сполучних, що додають поверхні пігменту протилежні електричні заряди;
- 3) занадто енергійне механічне диспергування при недоліку поверхнево-активних компонентів;
- 4) розведення пігментних паст, диспергованих у розведених плівкотвірних, висококонцентрованими розчинами тих же плівкотвірних;
- 5) диспергування пігментів у розчинах плівкотвірних з недостатньою кількістю високомолекулярних фракцій, здатних стабілізувати дисперсії;
- 6) розведення пігментних паст великою кількістю розчинника;
- 7) розведення теплої пігментної пасти більш холодним лаком (“температурний шок “);
- 8) диспергування вологих пігментів у малополярних плівкотвірних, що приводить до коалесценції водних оболонок;
- 9) надмірно великі швидкості зрушення при перемішуванні і нанесенні пігментованих матеріалів;
- 10) наявність водорозчинних солей у пігментах;
- 11) неправильно підібраний розчинник, який випаровується з великою швидкістю при формуванні покриття.

У ряді випадків доцільно не взагалі запобігати флокуляції пігментів, а керувати процесом флокуляції. Так, при одержанні систем, пігментованих сумішшю органічного і неорганічного пігментів, цілком уникнути флокуляції органічного пігменту неможливо. У цьому випадку треба, викликаючи соффлокуляцію пігментів різної природи, намагатися досягти такого співвідношення ступенів флокуляції, щоб система мала оптимальні властивості. Керування процесом соффлокуляції здійснюється варіюванням співвідношення пігментів і їхнього об'ємного змісту, складу рідкої фази, що по-різному впливають на швидкість і ступінь флокуляції пігментів різної природи.

1.2.2 Устаткування для диспергування пігментів

Апарати, використані для диспергування пігментів у середовищі плівкотвірних, можна підрозділяти на дві великі групи [7]. До першої групи

відносяться машини з жорстко закріпленими робочими тілами, швидкість руху яких не залежить від в'язкості оброблюваної пігментної пасти (валкові машини і гумозамішувачі). Ефективність дії машин цієї групи росте з підвищенням в'язкості оброблюваної пасти. У цю же групу входять і високошвидкісні дискові машини, і апарати з пристроями, що перемішують. До другої групи відносяться апарати, у яких робочі тіла вільно рухаються в пігментній пасти, причому швидкість їхнього руху визначається в'язкістю пасти (кульові млини, бісерні і піскові млини й ін.). Максимальна ефективність цих апаратів досягається при визначеній (оптимальній) в'язкості.

Використані для одержання пігментованих матеріалів апарати можна класифікувати в залежності від в'язкості пігментної пасти, що переробляється на них [5]. Це машини для паст із високою в'язкістю ($10\text{--}10^4$ Па·с), середньою ($0.5\text{--}10$ Па·с) і низькою (менш 0.5 Па·с).

Для диспергування пігментів у середньов'язких середовищах досить широко застосовуються в даний час кульові млини, особливо млина зі сталевую бронею і сталевими кулями. Оскільки в результаті намелу металу білі пасти в таких млинах забруднюються, для обробки білих паст застосовуються млини, внутрішні порожнини яких футеровані порцеляною або іншими матеріалами, намел яких не викликає зміни кольору пасти. Відповідно вибирається і матеріал для виготовлення куль. При терті відбувається сильне стирання куль і футерівки барабана. Для зменшення зносу в барабані встановлюють подовжні бруси квадратного або круглого перетину, приварені до поверхні барабана. Це сприяє також і підвищенню продуктивності млинів.

Оскільки в кульовому млині працює тільки верхній шар куль, резервом підвищення її ефективності є або залучення в дію значно великого обсягу куль, або збільшення поверхні скочування. Ці принципи здійснені в диспергаторах ЛТІ-1 і ЛТІ-2 [4]. Диспергатор ЛТІ-1 являє собою обертовий барабан, усередині якого нерухомо закріплений вал з мішалками. Це дозволяє втягнути в роботу всю масу що мелють тел. У корпусі диспергатора ЛТІ-2 мають перегородки з отворами для рівчака пігментної пасти, що утворюють в обертовому барабані осередку, що заповнені тілами, що мелють. Це дозволяє збільшити поверхню

скочування і збільшити ефективність роботи такого апарата в порівнянні зі звичайним кульовим млином.

Необхідність залучення максимальної кількості тіл, що мелють, в ефективну роботу здрібнювання привела до створення вертикальних кульових млинів з лопатевими мішалками, так званих атриторів. Використовуються атритори як періодичної, так і безперервної дії. Атритори є ефективними диспергуючими апаратами, однак їх широкому застосуванню перешкоджають надзвичайно сильний знос тіл, що мелють, і контейнера. Вони не придатні для диспергування паст, що містять абразивні пігменти, і для одержання емалей світлих тонів. Найбільш широке поширення атритори одержали для диспергування поліграфічних фарб, зокрема, чорних типографських фарб, пігментованих технічним вуглецем - важкодиспергуємим, але неабразивним пігментом.

1.2.3 Характеристика пігментної складової хімічно стійкої емалі

Діоксид титана (двоокис титана) Ti_2 поліморфен, він кристалізується в двох сингоніях: брукит – у ромбічній, котра не знайшла застосування в лакофарбовій промисловості, рутил і анатаз – у тетрагональній, але останні розрізняються параметрами кристалічних ґрат. В обох випадках кожен атом титана знаходиться в центрі октаедра й оточений 6 атомами кисню. Просторова ж будівля октаедрів різна: в анатазі на кожен октаедр приходить 4 загальних ребра, у рутилі тільки 2. Елементарний осередок анатазу складається з чотирьох молекул, а рутилу тільки з двох.

Завдяки більш щільному упакуванню іонів у кристалах рутил перевершує анатаз по стабільності, щільності, твердості, показникові переломлення, діелектричною постійної і володіє зниженою фотохімічною активністю. При температурі $915^{\circ}C$ анатаз переходить у рутил. Цілком цей процес закінчується при $950^{\circ}C$, але отриманий при цьому рутил відрізняється високою абразивністю і низькою дисперсністю. Тому раніш, як пігмент, застосовувався тільки анатаз.

Діоксид титану хімічно інертний, нерозчинений в слабких кислотах і лугах і органічних розчинниках. Не отрутний, ПДК у повітрі робочих зон 10 мг/м^3 . Діоксид титана може застосовуватися з усіма видами плівкотвірних і

розчинників. Придатний для водоемульсійних, вододисперсійних і порошкових фарб. Пігментний діоксид титана широко використовується для фарбування в масі виробів з гуми, пластмас, лінолеуму, паперу і хімічних волокон.

Цинкові білила являють собою оксид цинку Zn , що має гексагональну структуру з розміром первинних голчастих часток 0.1-1.0 мкм, з яких іноді утворюються зрілі зіркоподібні частки. Але можуть бути отримані і колоїдні частки округлої форми розміром 0.01 мкм. Оптимальний оптичний розмір часток 0.48-0.50 мкм. Зі зменшенням розміру часток поліпшується розбілююча здатність і укривістість пігменту, але зростає його фотоактивність і погіршується атмосферостійкість, тому практично для лакофарбових покриттів передбачають голкоподібні частки розміром 0.5-1.0 мкм.

Оксид цинку має чисто білий колір і високий коефіцієнт яскравості (98-99%), він поглинає УЧ-проміні і володіє високою фотохімічною активністю. Оксид цинку розчинний у кислотах і лугах, але нерозчинний у воді. У складі лакофарбових матеріалів оксид цинку виявляє властивості основ. При збереженні у вологій атмосфері поглинає діоксид вуглецю і поступово на поверхні часток утвориться шар основного карбонату цинку $(ZnOH)_2CO_3$, що погіршує пігментні властивості оксиду цинку і збільшує зміст у ньому водорозчинних солей. З вільними жирними кислотами оксид цинку утворить солі – мила. Цинкові мила є ПАВ, вони сприяють змочуванню, диспергуванню і структуруванню барвистих систем. З плівкоутворювальними речовинами, що мають високі кислотні числа, цинкові білила не можуть застосовуватися, тому що при великому змісті цинкових миль відбувається згущування і навіть необоротне затвердіння фарб при збереженні. Цинкові білила несумісні і з полівінілацетатними дисперсіями, тому що іони цинку можуть викликати їхню коагуляцію.

Цинкові білила широко застосовуються для багатьох видів лакофарбових матеріалів, призначених для покриттів, що експлуатуються усередині приміщень. Велика кількість (до 50%) високодисперсних хімічно активного цинкового білила використовується в гумовотехнічній промисловості.

Цинкові білила, виробляються з чистого рафінованого цинку (ЦБ-0, ЦБ-1, ЦБ-2), малотоксичні; ПДК у повітрі робочої зони 0.5 мг/м^3 .

Особливе місце займає наповнювач у складі лакофарбових матеріалів. Аеросил – синтетичний діоксид кремнію, що містить не менш 99.8% Si_2 . Розмір його часток $0.015 - 0.10 \text{ мкм}$, $S_{\text{уд}}=130-380 \text{ м}^2/\text{м}$. Аеросил одержують гідролізом тетрахлорида кремнію в полум'ї водню при температурі більш 1100°C .

Прозорі, непористі, округлої форми колоїдні частки аеросилу, тальку мають великий запас поверхневої енергії і легко утворюють оборотні сітчасті коагуляційні структури. Додаток усього лише $0.5 - 1.5\%$ (мас.) аеросилу додає тиксотропність лакофарбовим матеріалам.

Аеросил, як і інші з'єднання, що мають в своєму складі кремній, потрапляючи в легені, викликає фіброзні процеси – захворювання силікозом. У фарби вводиться звичайно у виді перетертої пасти, що містить 10% (мас.) аеросила.

У минулому використання наповнювачів мало на меті тільки здешевлення лакофарбових матеріалів або додання покриттям необхідної товщини у випадку застосування органічних пігментів з високою фарбуючою здатністю. В міру виявлення і вивчення особливих властивостей наповнювачів, що сприяють поліпшенню технологічних властивостей фарб і збільшенню терміну служби покриттів, значення наповнювачів як функціональних пігментів безупинно зростає. Потреба в якісних наповнювачах наближається до потреби в білих пігментах.

Таким чином, індустріальні лакофарбові хімічно стійкі емалі та покриття в сучасній промисловості широко використовуються для захисту індустріальних конструкцій та металевих виробів і поверхонь з бетону. Розробка складу та технології виробництва індустріальної хімічно стійкої перхлорвінілової емалі є нагальною задачею в галузі хімічних технологій лакофарбових матеріалів, що обумовлює актуальність теми дипломної роботи.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ТА МЕТОДОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Мета роботи

Мета даної роботи полягає у створенні рецептури і технології виробництва перхлорвінілового лакофарбового матеріалу, а саме наноконпозиційної хімічно стійкої емалі для промисловості і дизайну.

У зв'язку з цим завдання дослідження в роботі для досягнення мети наступні::

- встановлення актуальних напрямів покращення властивостей хімічно стійкої емалі внаслідок обґрунтованого вибору складу матеріалу;
- розгляд і створення технології одержання пігментованих матеріалів для хімічного захисту від корозії металевих, полімерних поверхонь та поверхонь з бетону;
- обґрунтування вибору технології одержання нових наповнювачів на основі алюмосилікатів монтморилоніту шаруватої кристалічної структури;
- синтез інтеркаляційним методом нових функціональних наповнювачів з використанням натрій оксалату і органомодифікованого бентоніту з бактерицидними властивостями;
- дослідження реакцій катіонного обміну з метою одержання натрієвої форми монтморилоніту;
- дослідження структури одержаних наповнювачів, органобентоніту та їх впливу на фізико-механічні та бактерицидні властивості наноконпозиційних лакофарбових покриттів;
- визначення за стандартизованими методиками властивостей нових лакофарбових матеріалів та покриттів;
- проведення порівняльної характеристики властивостей емалі ХВ-16 та наноконпозиційного матеріалу та покриттів на їх основі;
- проведення економічних розрахунків щодо ефективності роботи та розробка заходів з охорони праці.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення нанокomпозиційної перхлорвінілової емалі для промисловості і дизайну

Предмет дослідження – оптимізація рецептури одержання нанокomпозиційної емалі на основі розчину перхлорвінілового олігомеру, наповнювачів на основі вибілених, оброблених натрій оксалатом бентонітів, органомодифікованого четвертинними амонійними солями бентоніту з бактерицидними властивостями, безсвінцевих пігментів (функціональних наповнювачів) та добавок.

2.2 Методи досліджень

Дослідження вихідної сировини, визначення чистоти та ідентифікація сировинних компонентів, дослідження синтезованих в роботі матеріалів та покриттів проведені із застосуванням наступних методів фізико-хімічного аналізу: інфрачервона спектроскопія (спектрофотометр Specord-IR-75), спектроскопія в видимій області спектру (спектрофотометр NS-800 у видимій області спектру від 400 до 720 нм, диференційний термічний аналіз (дериватограф фірми Паулик-Паулик-Ердей), рентгенофазовий аналіз (Ренгенівський дифрактомер Дрон-3 з мало кутовою приставкою). Властивості лакофарбових матеріалів і покриттів визначали за стандартизованими методиками: в'язкість (віскозиметр ВЗ-246) ДСТУ ISO2431; вміст нелетких речовин (термошафа 20-300 °C) ДСТУ ISO3251; дисперсність (гриндометр від 0 до 100мкм) ДСТУ ISO 1524; щільність(пікнометр об'ємом 100млз нержавіючої сталі) ДСТУ ISO 2811-1; час висихання до ступеню 3 (прилад IT-2) ДСТУ ISO 9117-5; Еластичність покриття на вигин (шкала еластичності з циліндричними стрижнями) ДСТУ ISO 1519; Адгезія покриття методом решітчастих надрізів (універсальний шаблон 3000) ДСТУ ISO2409; міцність плівки при ударі (прилад У-1 фірми TQC) ДСТУ ISO 6272-2; умовна твердість покриття (маятниковий твердомір фірми TQC з маятниками Персоза та Кеніга) ДСТУ ISO 1522;

2.3 Технологічна частина

2.3.1 Вибір та обґрунтування методу виробництва, схеми технологічного процесу та обладнання

На основі аналізу даних аналітичного огляду, в роботі прийнято багатостадійний технологічний процес виробництва пігментованого матеріалу: одержання «концентрованих пігментних паст»; диспергування пігментів; складання пігментованого матеріалу і постановка на «тип». Схема технологічного процесу представлена на рис.2.1.

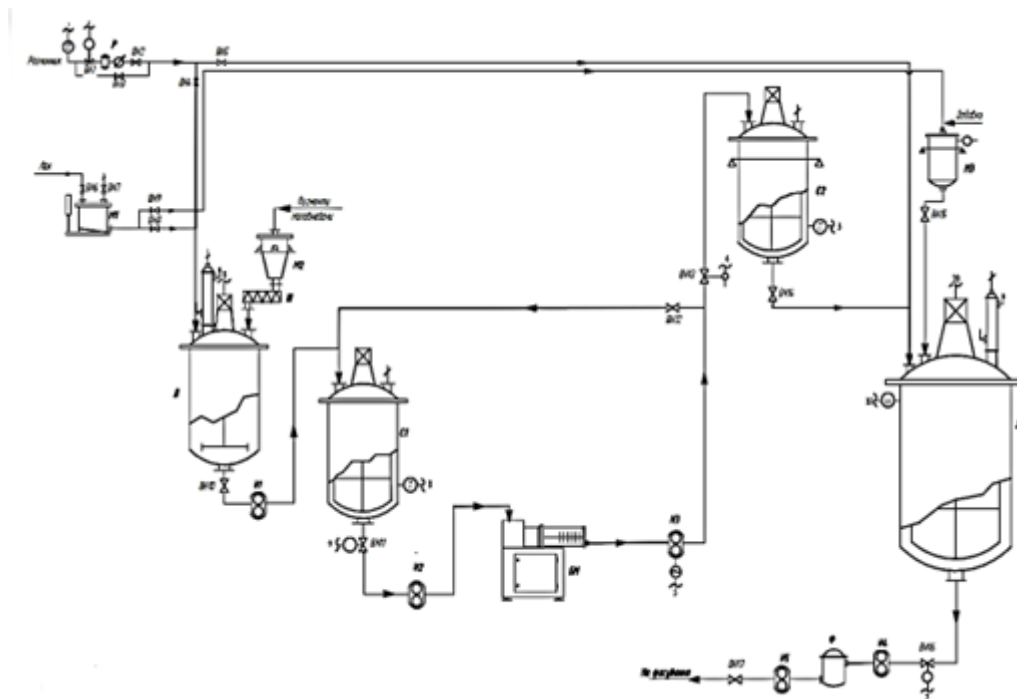


Рисунок 2.1 - Технологічна схема виробництва хімічно стійкої емалі

М1-ваговий мірник для лаку; Д-дисольвер; М2- ваговий мірник для завантаження пігментів і наповнювачів із шнековим живильником; Е1, Е2-змішувачі накопичувачі; БМ – горизонтальний бісерний млин; З-змішувач постановки на «тип»; Ф-фільтр

Відповідно до розробленої технологічної схеми у якості основного диспергуючого устаткування обираємо найбільш ефективний апарат безперервної дії – горизонтальний бісерний млин продуктивністю 400 кг/год по пігментній пасті, зображений на рис.2.2. Перевагами горизонтального млина порівняно з вертикальним бісерним млином є більша герметичність апарату внаслідок повної ізоляції пігментної пасту в об'ємі стаканів бісерного млина та

можливість одержання вищих ступенів дисперсності при застосуванні горизонтального бісерного млина.



Рисунок 2.2 - Зовнішній вигляд горизонтального бісерного млина

Для забезпечення безперервної роботи бісерного млина та підготовки пігментів до диспергування в роботі передбачено використання дисольверу (рис.2.3), двох проміжних ємностей - змішувачів-накопичувачів.



а



б

Рисунок 2.3 – Дисольвер з підйомною мішалкою. а- із змінною діжею; б- вакуум дисольвер

З метою зменшення часу диспергування внаслідок скорочення часу стадії змочування поверхні пігменту розчином плівкотвірної речовини в технологічній схемі виробництва емалі передбачено використання

вакуумдисольвера (рис.2.3,б). Зменшення часу руйнування агрегатів пігментних частинок досягається внаслідок використання функціональних добавок – диспергаторів.

Для забезпечення зменшення відходів виробництва внаслідок випаровування легколетких активних розчинників: ацетону, бутилацетату та для застосування періодичного способу виробництва, в дипломній роботі передбачення використання герметичного горизонтального бісерного млина та розроблено другий варіант технологічної схеми шляхом диспергування пігментів в абсолютно герметичному апараті періодичної дії – шаровому млині, зовнішній вигляд якого зображено на рис.2.4.



а

б

Рисунок 2.4 – Шаровий млин:
а – вигляд з боку; б – верикальний розріз

Для постановки емалі на «тип» обирано змішувач періодичної дії. Процес фільтрування емалі передбачено здійснювати на мішечних фільтрах.

На підставі аналізу літературних даних і існуючих технологічних процесів на ТОВ «Альт-С» зроблений вибір методу диспергуванням пігментів при виробництві емалі ХВ – 16 білої, визначені стадії технологічного процесу, обґрунтований метод виробництва емалі та обране основне технологічне устаткування. Тому що диспергування пігментів у розчині плівкотвірного на основі перхлорвінілової смоли не є ефективним внаслідок недостатньої адсорбційної відповідності і взаємодії на границі розподілу фаз пігмент – плівкотвірна речовина, запропоновано диспергування пігментів здійснювати в

розчині уралкідної складової емалі ХВ – 16 білої. При цьому диспергування здійснюється методом “концентрованих паст”, що має ряд переваг у порівнянні з методом диспергування в концентрованих розчинах плівкотвірних: при методі “ концентрованих паст” для змочування і диспергування використовують розведені слабоструктуровані низьков’язкі розчини олігомерів, що володіють ньютонівським плином і значною розклинюючою дією адсорбційно- сольватних шарів. При цьому методі ведеться диспергування висококонцентрованих пігментних суспензій у розведених розчинах плівкотвірного. Передбачається одночасно висока рухливість макромолекул для забезпечення високої швидкості адсорбції і висока величина адсорбції для запобігання повторної агрегації часток.

На відміну від диспергування в концентрованих розчинах плівкотвірного, метод “концентрованих паст” дозволяє інтенсифікувати процес диспергування, забезпечуючи значне зниження енерговитрат і підвищення продуктивності праці.

Процес диспергування пропонуємо здійснювати з використанням існуючих на ТОВ «Альт-С» технологічного устаткування – кульових млинів типу “Кефама” з використанням керамічних куль, що мелють, тому що необхідно виключити можливий примол металу, що неминуче виникає при використанні металевих тіл, що мелють, Склад рецептури емалі ХВ - 16 білої обумовлює необхідність використання для складання емалі і постановки “на тип” змішувача обсягом $V=16\text{м}^3$.

Для підвищення якості продукту пропонуємо використовувати фільтруюче устаткування – мішечний фільтр, що забезпечує досить високу якість очищення готового продукту. Вибираємо періодичний метод виробництва емалі ХВ – 16 білої.

Виробництво емалі пропонуємо здійснювати по наступних технологічних стадіях:

- прийом і підготовка сировини;
- диспергування пігментної дисперсії;
- складання емалі і постановка емалі “на тип”;

- фільтрація та фасування емалі.

Важливим аспектом технології є обґрунтований вибір співвідношення між пігментами та плівкотвірним на рівні, коли частка пігментів на 15-20% нижче КОКП для досягнення необхідних реологічних властивостей пігментної пасти. Крім того в розробленій технології використовуються розведені розчини плівкотвірного для підвищення швидкості змочування і адсорбції.

Для забезпечення безперервної роботи бісерного млина в роботі передбачено використання дисольверу ємністю 3,2 м³ (об'єм дисольвера обраний виходячи із заданої продуктивності) та двох змішувачів для накоплення пігментної пасти до і після бісерного млина. Змішувачі являють собою апарати циліндричної форми зі сферичним днищем та кришкою об'ємом 4 м³. Для постановки емалі на «тип» вибираємо змішувач періодичної дії об'ємом 5 м³, обладнаний рамно-якірною мішалкою. Швидкість обертання валу мішалки 300 об/хв. Відповідно до розробленої схеми та обраного обладнання метод виробництва грунт-емалі є напівбезперервним.

2.3.2 Властивості емалі

Емаль ХВ –16 біла (ТУ У 20.3-34328580-006:2020) являє собою суспензію пігментів і наповнювачів у розчині перхлорвінілової і алкідної смол у летких органічних розчинниках з додаванням пластифікаторів. Емаль призначена для фарбування підготовлених металевих, тканих, дерев'яних поверхонь, бетонних і залізобетонних будівельних конструкцій.

Емаль наноситься на поверхню методом розпилення. Емаль являє собою однокомпонентний пігментований лакофарбовий матеріал на основі алкідного і перхлорвінілового лаків, пігментів, наповнювачів і функціональних добавок. Емаль застосовують для фарбування зовнішніх поверхонь залізничних вантажних вагонів та цистерн, обладнання, металевих та залізобетонних конструкцій, які знаходяться під впливом розчинів мінеральних кислот та луг, агресивних газів та інших агресивних реагентів з температурою не більше 60°C, які експлуатуються в атмосферних умовах різних кліматичних районів, а також всередині приміщень.

Властивості емалі і покриттів представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1- Фізико-технічні властивості емалі ХВ – 16 білої та покриттів (ТУ У 20.3-34328580-006:2020)

Найменування	ДСТУ	Показники, та одиниці вимірювання	Значення
Емаль ХВ-16	ДСТУ ISO 2884-2	Умовна в'язкість при $(20\pm 0,5)$ °С по ВЗ –4, с	48
	ДСТУ ISO 1524	Ступінь дисперсності, мкм, не більше	35
	ДСТУ ISO 9117-1	Час висихання до ступеня 3 при (20 ± 2) °С, г., не більш	1.5
	ДСТУ ISO 6272-2	Міцність плівки при ударі на У – 1, см, не менше	40
	ДСТУ ISO 1519	Еластичність плівки при вигині, мм, не більше	1
	ДСТУ ISO 4624	Адгезія плівки, бали, не більше	0
	ДСТУ ISO 1522	Твердість, ум. од.	0.1
		Покривність, г/м ²	160
	ДСТУ ISO 2812-1	Стійкість до статичної дії води при (20 ± 5) °С, год	8
	ДСТУ ISO 2812-2	Стійкість до дії мінеральної оливи при (20 ± 5) °С, год,	24

2.3.3 Властивості сировини та допоміжних матеріалів

Властивості сировини наведено в таблиці 2.2.

Перхлорвінілова смола **ПСХ – ЛС** випускається двох марок, що розрізняються по молекулярній масі: низьков'язка смола **ПСХ – ЛН** із середньою молекулярною масою 31000 і середня смола **ПСХ – ЛС** із середньою молекулярною масою 57000 (молекулярна маса фракцій 20000 – 90000).

Хлорована полівінілхлоридна смола повинна задовольняти вимогам, наведеним у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Нормовані показники хлорованого полівінілхлориду

Показники	ПСХ – ЛС	
	1-й гатунок	2-й гатунок
Температура розкладання, °С, не менш	145	145
Розчинність, % (мас.), не нижче	99.9*	99.7*
Кольоровість 10%-го розчину по йодометричній шкалі, не темніше	1**	3**
Умовна в'язкість 10% -го розчину по ВЗ – 4 (при 20°C), сек.	14 – 21*	14 – 21*
Вміст, % (мас.), не більш		
- Золи	0.05	0.1
- Заліза	0.005	0.01
- Вологи	0.5	0.5
Кислотність	63 ± 1	63 ± 1

Примітка: *Розчинник – суміш 26% (мас.) ацетону, 12% (мас.) бутилацетату і 62% (мас.) толуолу. **Розчинник – суміш 35% (мас.) ацетону, 35% (мас.) бутилацетату і 30% (мас.) толуолу.

Пластифікатори: дибутилфталат і трикрезилфосфат

Дибутилфталат ДБФ – безбарвна або злегка жовтувата прозора масляниста рідина. Важко розчинний у воді, добре розчинний у спиртах, ацетоні, ефірах, бензолі. Відрізняючись меншою в порівнянні з диметил- і диетилфталатами летючістю, додає покриттям більш високу пластичність. Дибутилфталат желатинує колоксилін, прості ефіри целюлози, хлорований полівінілхлорид, поліакрилати. Додає покриттям світло - і морозостійкість.

Дибутилфталат застосовують в основному для пластифікації нітроцелюлозних матеріалів, звичайно в суміші з касторовою олією, запобігання випотівання останнього (табл. 2.4).

Трикрезилфосфат ТКФ – світла прозора масляниста рідина без запаху. Трикрезилфосфат погано розчиняється у воді, має малу летючість, токсичний, не світлостійкий, що обмежує його застосування для світлих покриттів.

Трикрезилфосфат застосовують для пластифікації лакофарбових матеріалів на основі колоксиліну, хлорованого полівінілхлориду і ряду інших плівкотвірних (табл. 2.5).

Таблиця 2.4 – Нормовані показники дибутилфталата

Показники	Норми
Колір по йодометричній шкалі, не більш	1
Щільність при 20 ⁰ С, г/см ³ , не менш	1.045
Температура спалаху (у відкритому тиглі), не менш	168
Кислотне число, мг КОН / г, не більше	0.15
Число омилення	399 – 407
Вміст основної речовини, %(мас.), не менш	99

Таблиця 2.5 – Нормовані показники трикрезилфосфата

Показники	Норми
Колір по йодометричній шкалі, не більш	3
Щільність при 20 ⁰ С, г/см ³ , не менш	1.165 – 1.195
Температура спалаху (у відкритому тиглі), не менш	228
Кислотне число, мг КОН / г, не більш	0.08
Вміст летучих речовин, %(мас.), не більш	0.1
Вміст золи, %(мас.)	0.1

Таблиця 2.6 – Фізико-технічні властивості трикрезилфосфата та дибутилфталата

Сполука	Молекуляр- на маса	Щільність (при 20 ⁰ С), г/м ³ , не менш	Температура, ⁰ С		Показник переломлення при 25 ⁰ С
			кипін- ня	плавлен- ня	
Дибутилфталат C ₆ H ₄ (COOC ₄ H ₉) ₂	278.35	1.043 – 1.05	340	-40	1.490
Трикрезилфосфат (C ₆ H ₄ CH ₃ PRO) ₃ PO	368.36	1.17	265	-36	1.556

Тальк

Тальк – кристалічний, м'який, жирний порошок білого кольору, по хімічному складу, являє собою силікат магнію 4SiO₂*3MgO*H₂O (63.5% SiO₂, 31.7% MgO, 4.8% H₂O). Тальк рідко зустрічається в природі в чистому вигляді. Коштовною якістю тальку, як наповнювача в лакофарбових матеріалах, є здатність добре змочуватися і легко диспергуватися в різних плівкотвірних речовинах, додавати структурну в'язкість фарбам, підвищувати атмосферостійкість лакофарбових покриттів, а також їх стійкість до стирання і шкрябання. Для одержання високодисперсних сортів тальку (мікротальку) його додатково подрібнюють у струминних млинах.

Властивості тальку наведені у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Фізико-технічні властивості тальку

№	Показники	Норми
1.	Вміст прокаленого нерозчинного в НСІ залишка,% (ваг.), не менш	90
2.	Вміст,% (ваг), не більш: Водорозчинні солей Вологи Заліза	0,3 0,5 -
3.	Вміст частинок,%, не більш з діаметром еквівалентної сфери: 5мкм 5-10мкм 10-20мкм 20мкм	80 15 3 2

Розчинники: бутилацетат, ацетон і ксилол.

Бутилацетат (бутиловий ефір оцтової кислоти) – прозора безбарвна рідина із характерним запахом. Одержують шляхом естерифікації оцтової кислоти н – бутиловим спиртом.

Бутилацетат розчиняє складні ефіри целюлози, хлоркаучук, фенолформальдегідні та інші смоли; добре змішується з вуглеводнями та іншими розчинниками, з касторовою і лляною олією, але не змішується з водою.

Широко застосовується у виробництві лакофарбових матеріалів, що швидко тверднуть (табл.2.8).

Ацетон – прозора безбарвна рідина з характерним запахом.

Ацетон одержують при сухій перегонці деревини, шумування крохмалю, шляхом гідратації пропилену з наступним окислюванням ізопропилового спирту.

Ацетон – активний розчинник багатьох смол, олій, жирів і складних ефірів целюлози; цілком змішується з водою, спиртом, діетиловим ефіром і іншими органічними розчинниками (табл.2.8).

Таблиця 2.8 – Фізико-технічні властивості ацетону технічного і бутилацетату нормального технічного

Нормовані показники		Норма			
		Ацетон		Бутилацетат	
		Марки А	Марки Б	Марки А	Марки Б
Щільність при 20 ⁰ С, г/см ³		0.79-0.792	0.79-0.793	0.88-0.883	0.872-0.876
Межі кипіння	Початок, ⁰ С	55	55.5	122	118
	Кінець, ⁰ С	56.5	57	127	128
	Повнота відгону, %	97	95	95	95
Вміст, %	Основної речовини, не менш	99.5	99.8	98	90
	Нелетучого залишку, не більш	0.002	0.003	0.005	0.006
	Вологи, не більш	0.5	1.5	-	-

Ксилол – ароматичний вуглеводень, являє собою прозору білу рідину. Його одержують при перегонці продуктів каталітичної ароматизації нафтових фракцій або кам'яновугільної смоли.

Ксилол добре змішується з усіма розчинниками ефірів целюлози, а також з вуглеводнями; розчиняє олії, бітуми, смоляні ефіри, але не розчиняє складні ефіри целюлози.

Ксилол застосовується як розчинник у виробництві лаків та емалей на основі природних і ряду синтетичних смол, як розріджувач у виробництві матеріалів, що швидко твердіють (табл. 2.9).

Таблиця 2.9 – Фізико-технічні властивості ксилолу

Нормовані показники		Норма		
		Вищий гат.	1 – й гат.	2 – й гат.
Щільність при 20 ⁰ С, г/см ³		0.861-0.866	0.860-0.866	0.860-0.866
Межі кипіння:	Початок, ⁰ С	137.5	137	136
	Кінець, ⁰ С	140	141	141
	Повнота відгону, %	95	95	95
Вміст основної речовини, %(ваг.)		Не норм.	Не норм.	Не норм.

Пігменти: білила цинкові і двоокис титана

Пігментний двоокис титану – синтетичний неорганічний пігмент білого кольору, отриманий гідролізом сірчанокислового розчину титану, з наступним прожарюванням гідролізованого двоокису титану.

У залежності від кристалічної структури випускають 2-і форми TiO_2 , Р – рутильна, А – анатазна. При наявності поверхневої обробки в умовній позначці марки додають позначку “О”.

За фізико-хімічними показниками TiO_2 марки Р – 02 повинен відповідати нормам, приведеним у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Фізико-технічні властивості двоокису титану (TiO_2)

Показники	Норми
Масова частка TiO_2 , %, не менш	93
Масова частка рутильної форми, %, не менш	95
Масова частка нелетких речовин, розчинних у воді, %	0.5
pH водної суспензії	6.5 – 8
Розбілююча здатність, не більш, ум.од.	1700
Укривістість, г/м^2 , не більш	40
Диспергуємість, мкм, не більш	15
Білизна, ум.од., не менш	94

Білила цинкові по хімічному складу являють собою оксид цинку – кристалічний порошок білого кольору з розміром часток 0.1 – 1 мкм. Вміст окису цинку в пігменті 98.0 – 99.7%, інші домішки PbO , CdO , Fe_2O_3 та ін. У залежності від способу одержання і фізико-хімічних показників білила цинкові марки БЦО мають нормовані показники наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Фізико-технічні властивості цинкових білил марки БЦО (Zn)

Показники	Норми
Білизна, ум.од., не менш	97
Вміст сполук Zn у перерахуванні на Zn, % (ваг.), не менш	99.7
Вміст сполук Pb у перерахуванні на Pb, % (ваг.), не більш	0.015
Вміст нерозчинного в соляній кислоті залишку, . % (ваг.)	0.006
Вміст речовин, розчинних у воді, % (ваг.), не більш	0.1
Вміст втрат ваги при прожарюванні, % (ваг.), не більш	0.2
Олієємність, г/100г пігменту	12 – 16
Покривність, г/м^2 , не більш	140

2.4 Опис схеми технологічного процесу

Процес виробництва емалі ХВ –16 білої складається з наступних технологічних стадій:

Прийом і підготовка сировини;
диспергування пігментної дисперсії;
складання і постановка емалі на тип;
фільтрація і фасування.

Схема технологічного процесу виробництва приведена в додатку А.

2.4.1 Прийом та підготовка сировини

Вся сировина, яка поступила на завод, перевіряється ВТК на відповідність вимогам НТД і після видачі висновку, надходить на ділянку для застосування.

Перед завантаженням уся сировина, що надійшла на ділянку, піддається зовнішньому оглядові.

Рідка сировина (розчинники) надходить по трубопроводу в прицеве сховище. Пластифікатори надходять в автоцистернах або бочках і зливаються в цехові ємності.

Розчинники завантажуються за допомогою лічильників рідинних типу ЩЖУ-40з, клас точності 0.5, похибка 0.5%.

Пластифікатори і смола 188 дозуються за допомогою вагового мірника, встановленого на вагах типу 20-60 ц13б, ціна розподілу 0.2 кг, максимальне навантаження 600 кг. Витрата розчинників вимірюється методом безпосередньої оцінки за показниками лічильників.

Сипуча сировина (пігменти і наповнювачі) зі складу в гумокордних контейнерах, паперових мішках, металевих барабанах подається електро- або автонавантажувачем у цех, у відділення підготовки сировини. Завантаження сипучої сировини, що поступили в гумокордних контейнерах, виконується за допомогою електротельферу, бункеру - візку, що зважують за допомогою динамометра марки ДПУ 2-2-У2, ціна розподілу 0.2 кН, граничне навантаження 20 кН.

Завантаження сипучої сировини, яка поступила у мішках (пігменти, наповнювачі, смола ПСХ – ЛС) виконується вручну. Сипуча сировина дозується кількістю мішків з урахуванням маси вмісту сировини в мішку з вибірковою контрольною перевіркою маси сировини за допомогою ваг типу РП-500Ш136Сч, ціна розподілу шкали 20 кг, межі зважування 25 – 500 кг, похибка $\pm 1.5\%$.

2.4.2 Диспергування пігментної суспензії

Диспергування пігментів проводиться в кульовому млині типу “Кефама”. Кульовий млин зазвичай обирають для диспергування пігментів у випадках, коли до складу пігментів емалі входять грубодисперсні та абразивні природні немікронізовані пігменти та наповнювачі. У кульових млинах поряд з диспергуванням відбувається зменшення розміру первинних часток пігменту. У складі емалі ХВ-16 білої немає пігментів та наповнювачів, що важко диспергуються, а вибір кульового млина для диспергування пігментів пов'язаний лише з більшою герметичністю кульового млина в порівнянні з вертикальними бісерними млинами, що встановлені на ТОВ «Альт-С». Висока герметичність технологічного обладнання необхідна при диспергуванні пігментів під час виробництва емалі ХВ-16 у зв'язку з високою летючістю розчинників, що входять до складу емалі.

Кульовий млин являє собою порожній барабан циліндричної форми, обладнаний сорочкою для охолодження, індивідуальним електроприводом з числом обертів 19 – 22 об/хв.

Кульовий млин має керамічну футеровку. На бічній поверхні кульового млина мають крани, що служать для підбурення пар розчинників, що зібралися, у люку млина знаходиться корковий кран, що призначений для добору проб і для підбурення пар розчинників, що зібралися. Кульовий млин обладнаний площадкою для обслуговування.

Диспергуючий матеріал – стеатитові кулі. Основні технічні показники і завантаження кульового млина кулями і диспергуючим матеріалом надано в таблиці 2.4.1.

Таблиця 2.4.1 – Основні технічні показники

Найменування показників	Норма
Ємність кульового млина, м ³	4
Заповнення кулями від обсягу кульового млина разом з порожнечами, не менш, %	2 7
Заповнення кулями від обсягу кульового млина без порожнеч, не менш, %	6.2
Заповнення матеріалом до диспергування від обсягу кульового млина, %	5 – 45
Загальне заповнення кульового млина по обсязі без порожнеч, %	2 – 61
Діаметр куль, мм	5 – 40
Співвідношення між кількістю куль і диспергуючим матеріалом	2 : 1

Перед завантаженням кульовий млин перевіряють на чистоту та справність, потім завантажують відповідно до завантажувальної рецептури пігментну суспензію (табл. 2.4.2).

Таблиця 2.4.2 – Рецептура пігментної суспензії

Найменування компонентів	Кількість, кг
Смола 188	664.75
Дібутилфталат	278.75
Трикрезилфосфат	278.75
Білила цинкові	116.25
Двоокис титана	929.25
Тальк	232.25
Разом:	2500.00

У першу чергу кульовий млин завантажують рідкою сировиною, що подається з відділення підготовки сировини, уже зважене відповідно до рецептури, за допомогою візка, що електротельфером подають на площадку, де звільняють від тельфера підводять до люка кульового млина, де розвантажують бочки, відкривають їх і за допомогою завантажувальної лійки, опущеної в люк млина, завантажують сировину.

Після завантаження рідкої сировини, завантажують пігменти, що також, як і рідку сировину доставляють з відділення підготовки сировини до люка кульового млина бункер - візком або електротельфером і за допомогою

завантажувального рукава засипають у люк. По закінченню завантаження кульовий млин герметично закривають і пускають у хід.

Диспергування пігментів роблять у плинні 20 годин, потім кульовий млин зупиняють і через корковий кран у люку відбирають пробу на ступінь перетиру. Ступінь перетиру визначають за допомогою приладу “Клин”. Ступінь перетиру в пігментній суспензії не повинна перевищувати 35 мкм. У випадку незадовільного результату, кульовий млин знову пускають у хід.

Наступні проби відбирають через кожні 2 – 4 години.

При роботі кульового млина, періодично, млин зупиняють і випускають пари розчинників, що зібралися.

Під час роботи кульового млина необхідно стежити за роботою водяного охолодження і регулювати подачу води таким чином, щоб не допускати нагрівання пігментної суспензії, температури якої не повинні перевищувати $40 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Замір температури пігментної суспензії виробляється ртутним термометром Т – 4 при доборі проб у лабораторній склянці. Температура охолодженої води на виході із охолоджувальної оболонки, не повинна перевищувати 35°C .

При роботі кульового млина диспергуючий матеріал - стеатитові кулі зношуються. Заміна їх повинна здійснюватися не рідше одного разу в квартал.

Пігментна суспензія з кульового млина насосом перекачується в змішувач постановки “на тип”, обсягом $V = 16\text{м}^3$.

2.4.3 Постановка емалі “на тип”

Змішувач постановки емалі “на тип”, являє собою зварний циліндричний вертикальний апарат, періодичної дії зі сферичним днищем та кришкою. Змішувач постачений якірно – рамною мішалкою.

У змішувач завантажується пігментна суспензія, а потім здійснюється постійне завантаження розчину смоли ПСХ – ЛС, через рідинний лічильник. Далі відбувається перемішування до однорідності і постановка “на тип” відповідно до вимог, наведених у таблиці 2.1.

По досягненні всіх показників, що відповідають вимогам ТУ У, емаль відправляють на фільтрацію та фасування.

2.4.4 Фільтрація та фасування

Як фільтрувальне устаткування обираємо мішечний фільтр. Фільтрувальним елементом є фільтр з розміром пір $5 \div 50$ мкм, виконаний з полімерних волокнистих матеріалів.

Далі після фільтрації емаль перекачується насосом на фасування. Вона надходить у перевірену на чистоту та справність тару, що установлена на вагах типу РНГ, з похибкою $\pm 1\%$.

Тару з емаллю закривають, зважують, наклеюють етикетки та за допомогою ручного візка вивозять на відведене місце і встановлюють на піддон. Перед здачею на склад, ВТК заводу перевіряє відповідність емалі ХВ-16 білої на відповідності ТУ У 20.3-34328580-006:2020.

2.4.5. Опис схеми технологічного процесу з бісерним млином.

Сировина перевіряється на відповідність ДСТУ у цеховій технологічній лабораторії вхідного контролю. Мішки із пігментами та наповнювачами для контрольної перевірки маси зважуються на вагах РП-2П-13В (розподіл шкали 1 кг, вантажопідйомність – 1 т). Цистерни з рідкою сировиною, залізничні та автоцистерни зважують на залізничних вагах та платформних вагах відповідно.

Рідка сировина надходить у цех у залізничних цистернах, бочках і автоцистернах. Склад легкозаймистих речовин розташовується на території заводу і призначається для зливу і зберігання лаку, розчинників. Для зниження в'язкості лаку у холодну пору року і більш швидкого зливу передбачено підігрів лаку гарячою водою у теплообміннику до температури не вище $+10$, $+35$ °С.

У відділенні виготовлення замісів та пігментних паст смола 188 і розчинник подаються у швидкохідний змішувач – дисольвер. Смола дозується за допомогою вагового мірника, розчинник – за допомогою рідинного лічильника; після закінчення завантаження заданої кількості сировини автоматично закривається запірна арматура на завантажувальному

трубопроводі.

Сипка сировина, пігменти (диоксид титану, цинк оксид) та наповнювачі (тальк) потрапляють в цех у паперових мішках або контейнерах.

2.4.6 Приготування пігментної суспензії в дисольвері

Стадія приготування замісу пігментної суспензії здійснюється в дисольвері, що являє собою апарат циліндричної форми зі сферичним днищем і знімною кришкою, обсягом 3,2 м³. Дисольвер установлений на тензорезисторних пристроях, постачений електроприводом, потужністю 30кВт, дискозубчастою мішалкою зі змінною швидкістю обертання до 1500 об/хв, водяною оболонкою для охолодження суспензії.

Сипка сировина за допомогою кран-балки подається для завантаження в бункер. Смола і розчинник зі складу легкозаймистих речовин у дисольвер транспортується по індивідуальних трубопроводах. У дисольвер завантажуються смола, диоксид титану, цинк оксид, тальк, розчинники.

По закінченню завантаження вміст дисольвера перемішується протягом 30-45 хвилин. Контроль стадії процесу здійснюється органолептично до досягнення однорідності пігментної суспензії, що контролюється візуально (наливом на стандартну скляну фотопластинку). Готова суспензія з дисольвера перекачується насосом у проміжну ємність.

2.4.7 Диспергування суспензії в бісерному млині

Суспензія із проміжної ємності надходить для диспергування на горизонтальний бісерний млин. Продуктивність бісерного млина по суспензії – 400 кг/год. Бісерний млин складається із: станини, розмельної посудини (контейнера), оздобленої оболонкою із водяним охолодженням, млинового валу з дисками, фільтруючого резервуару із пристроєм для автоматичного пуску й зупинки подаючого з варіатором та відкачуючого шестерних насосів, приймального бачка суспензії. В якості мелючих тіл в бісерному млині застосовують скляні кульки (бісер) діаметром 2-3 мм, що завантажуються в кількості 50-60% від обсягу контейнера. При обертанні вал з дисками надає

руху скляному бісеру та суспензії. Завдяки силам зрушення в диспергуючому матеріалі здійснюється диспергування та змочування твердих часток. Після зони диспергування готова суспензія проходить через сітчастий фільтр в приймальний бачок. Ступінь дисперсності повинна відповідати 35 мкм по приладу «Клин». Після досягнення необхідного ступеня дисперсності пігментна суспензія відкачується в змішувач-накопичувач, установлений на ваги. Температура суспензії на виході з розмельної посудини повинна перебувати в межах $(45 \pm 5)^\circ\text{C}$.

2.4.8 Складання емалі та постановка «на тип»

Постановка емалі на «тип» здійснюється в змішувачі постановки на «тип», обсягом 8 м^3 , постаченому рамною мішалкою, швидкість обертання якої 38 об/хв.

У змішувач завантажується смола ПСХ-ЛС та розчинники. Після розчинення смоли в змішувач завантажують пігментну пасту.

Після зливу самопливом всіх компонентів у змішувач постановки на «тип», вміст змішувача перемішується не менше 30 хвилин до повної однорідності, однорідність контролюють шляхом нанесення проби на скляну пластинку. По досягненні однорідності приступають до постановки на «тип» по кольору і в'язкості. При необхідності додають розчинник. Після відповідності цих показників, емаль витримують біля 2-х годин для стабілізації перевіряють в'язкість. У випадку, якщо в'язкість емалі більше, ніж 48 с, додають розчинник, вміст змішувача перемішують у плинні 30 хв, перевіряють в'язкість, після чого емаль стабілізуєть в плинні 1 год., потім перемішують 15 хв і визначають в'язкість. Цю операцію повторюють доти, поки в'язкість 2-х відібраних послідовно проб не відрізняється більш ніж на 5 секунд і перебуває в межах не менше 48 сек, після цього відбирають пробу готової емалі в лабораторію для визначення: зовнішнього вигляду покриття; ступеня перетиру; змісту нелетких речовин; часу висихання до ступеня 3; У випадку відповідності експериментально одержаних показників вимогам нормативно-технічної документації відбирають пробу готової емалі в лабораторію для визначення:

твердості плівки; покривності висушеної плівки; блиску плівки; еластичності плівки; міцності плівки при ударі.

Наступні показники перевіряють періодично або за замовленням споживача на: стійкість покриття до статичного впливу води і дії мінеральної оливи.

Після перевірки цих показників на відповідність вимогам нормативно-технічної документації емаль вважається готовою і подається на фасування.

2.4.9 Фільтрація та фасування емалі

Зі змішувача постановки на «тип» готова емаль подається насосом НШ-50 для фільтрації на фільтр і після фільтра у ємність для фасовки готової емалі в тару.

Граничний тиск фільтрування 6 кгс/м³. Про ступінь засміченості свідчать показання електронного манометра, встановленого по місцю. По досягненні граничного тиску фільтрація припиняється, і фільтр промивається розчинником і потім продувається інертним газом. Емаль після фільтрації подається у фасувальний змішувач, аналогічний по технічній характеристиці змішувачу постановки на «тип».

Фасують готову емаль в розмірну тару: металеві банки ємністю від 0,3-3 л, та металеві бочки різної ємності.

2.5 Матеріальний баланс

Емаль ХВ-16 білого кольору у даному проекті виготовляється методом «концентрованих паст». Матеріальний баланс складено для випадку використання шарового млина в технологічній схемі одержання індустріальної хімічно стійкої емалі білого кольору за такою послідовністю стадій технологічного процесу: виготовлення пігментної дисперсії («концентрованої пасти пасти») у шаровому млині; перекачування дисперсії («концентрованої пасти») у змішувач-накопичувач; складання емалі та постановка емалі на «тип»; фільтрація емалі; зливання готової емалі в тару.

2.5.1 Рецептатура емалі ХВ-16

Загальна рецептатура емалі ХВ-16 білого кольору та необхідні для розрахунків властивості компонентів наведені у таблиці 2.5.1

Таблиця 2.5.1 – Рецептатура емалі ХВ-16 білого кольору

Найменування компонентів	Рецептура емалі, % масс.	Щільність компонентів, кг/м ³	Олієємність, г/100г
Смола ПСХ-ЛС	9.7	0.92	-
Смола 188	1.94	0.87	-
Дибутилфталат	2.328	1.05	-
Трикрезилфосфат	2.328	1.195	-
Тальк м. А	1.94	2.88	20-50
Бутилацетат	21.91	0.882	-
Ацетон	21.91	0.79	-
Ксилол	29.214	0.86	-
Білила цинкові	0.97	5.5	12-16
Диоксид титана	7.76	4.1	25
Всього:	100.0		

2.5.2 Аналіз рецептури емалі

Аналіз рецептури проводимо з використанням даних про співвідношення кількості пігментів, наповнювачів та плівкотвірної речовини з метою встановлення вірності складання рецептури та знаходження значень ОКП та КОКП, необхідних для розрахунку рецептур «концентрованої пасти» та рецептури складання емалі.

$$\text{ОКП} = \frac{0.97/5.5 + 7.76/4.1 + 1.94/2.8}{\sum + (80.79 \cdot 0.12)/0.92 + (3.88 \cdot 0.5)/0.87 + 2.33/1.05 + 2.33/1.195} = 0.14 = 14\%$$

$$\text{O}_1 = \frac{25 \cdot 1.94 + 15 \cdot 0.97 + 25 \cdot 7.76}{10.67} = 24.09 \text{ г/100г}$$

$$\text{Р сум. пігм.} = \frac{1.94 + 0.97 + 7.76}{1.94/2.8 + 0.97/5.5 + 7.76/4.1} = 3.97 \text{ г/см}^3$$

$$\text{КОКП} = \frac{100}{100 + (3.87 \cdot 24.09)/0.93} = 0.499 = 49\%$$

Таким чином, проведений аналіз рецептури емалі свідчить, про те, що значення КОКП та ОКП емалі знаходяться у вірному співвідношенні і КОКП > ОКП та відповідають вимогам для цих показників для емалей на основі розчинів перхлорвінілових смол.

2.5.3. Розрахунок рецептури пігментної дисперсії для диспергування пігментів методом «концентрованих паст»

Розрахунок рецептури «концентрованої пасти» базується на представленні «концентрованої пасти» як високонаповненої пігментами та наповнювачами пасти у розчині низькоконцентрованого плівкотвірного з вмістом нелетких речовин 35%. Диспергування пігментів проводиться в розбавленому розчині алкідного олігомеру на смолі 188 і пластифікаторах.

Таблиця 2.5.2 – Рецептура пігментної суспензії

Найменування компонентів	Рецептура пігментної суспензії, %мас
Смола 188	26.59
Дибутилфталат	11.15
Трикрезилфосфат	11.15
Білила цинкові	4.65
Диоксид титана	37.17
Тальк м.А	9.29
Разом:	100.0

Аналіз рецептури пігментної пасти для диспергування:

$$\text{ОКП} = \frac{4.64/5.5 + 37.17/4.1 + 9.29/2.8}{\sum + (26.59 \cdot 0.35)/0.87 + 11.152/1.05 + 11.152/1.195} = 30.16\%$$

Значення ОКП пасти менше значення КОКП та більше ОКП емалі, що свідчить про створення оптимальних умов для диспергування пігментів по складеній рецептурі пігментної суспензії методом «концентрованих паст».

2.5.3 Складання рецептури постановки емалі «на тип»

Рецептура була складена виходячи з основної рецептури емалі (табл.2.5.1) шляхом визначення вмісту (%ваг.) пігментної суспензії у неї. Рецептура наведена в табл.2.5.3.

Таблиця 2.5.3 – Рецептатура постановки “на тип”

Найменування компонентів	Рецептура пігментної суспензії, % мас
Пігментна суспензія	20.88
Бутилацетат	21.91
Ацетон	21.91
Ксилол	25.6
Смола ПСХ-ЛС	9.7
Разом:	100.0

2.5.4 Складання матеріального балансу на стадіях готування пігментної суспензії і її диспергування в кульовому млині

2.5.4.1 Розрахунок завантаження в кульовий млин

Обсяг кульового млина: $V_{\text{кул.м.}} = 4\text{м}^3$.

Коефіцієнт заповнення: $\varphi = 0.4$.

Робочий обсяг кульового млина: $V_p = V_{\text{кул.м.}} \cdot \varphi$

$$V_p = 4 \cdot 0.4 = 1.6\text{м}^3.$$

Розраховуємо обсяг займаний 1т пігментної суспензії:

$$V_{1\text{т}} = 265.9/870 + 111.5/1050 + 11.5/1195 + 46.47/5500 + 371.8/4100 + 92.93/2800 = 0.6373 = 0.64\text{м}^3.$$

Щільність суспензії складе:

$$\frac{1000 - 0.64 \text{ м}^3}{x - 1.6} \quad x = 1562.5 \text{ кг/м}^3$$

Розраховуємо завантаження в кульовий млин по компонентах і складаємо таблицю матеріального балансу (табл. 2.5.4).

Загальне завантаження в кульовий млин складе:

$$\frac{1000 - 0.64}{x - 1.6} \quad x = 2500\text{кг}$$

Або по компонентах:

$$\text{Смола 188:} \quad 100 - 26.59$$

$$2500 - x \quad x = 664.75\text{кг.}$$

$$\text{Дибутилфталат:} \quad 100 - 11.15$$

	2500 – x	x = 278.75кг
Трикрезилфосфат:	100 – 11.15	
	2500 – x	x = 278.75кг
Білила цинкові:	100 – 4.65	
	2500 – x	x = 116.25кг
Диоксид титана:	100 – 37.17	
	2500 – x	x = 929.25кг
Тальк:	100 – 9.29	
	2500 – x	x = 232.25кг
Разом:	2500кг	

Таблиця 2.5.4 – Матеріальний баланс виробництва пігментної суспензії в кульовому млині

Стадії процесу і компоненти	Завантажено, кг	Втрати, кг	Вихід, кг
1.Завантаження сировини в кульовий млин			
Смола 188	664.75	3	661.75
Дибутілфталат	278.75	1.5	277.25
Трикрезилфосфат	278.75	1.5	277.25
Білила цинкові	116.25	1	115.25
Диоксид титана	929.25	2.5	926.75
Тальк	232.25	0.5	231.75
Разом:	2500	10	2490
2. Диспергування пігментної суспензії і перекачування в змішувач постановки “на тип”	2490	20	2470
Усього:	2500	30	2470

Таблиця 2.5.5 – Завантажувальні норми виробництва пігментної суспензії

Компоненти	На одне завантаження, кг			На одну тонну, кг		
	Завантаж.	Втрати	Вихід	Завантаж.	Втрати	Вихід
Смола 188	664.75	8.32	656.43	269.13	3.36	265.77
Дибутілфталат	278.75	3.73	275.02	112.85	1.51	111.34
Трикрезилфосфат	278.75	3.73	275.02	112.85	1.51	111.34
Білила цинкові	116.25	1.93	114.32	47.06	0.78	46.28
Диоксид титана	929.25	9.93	919.32	376.2	4.0	372.2
Тальк	232.25	2.36	229.89	94.03	0.96	93.07
Разом:	2500	30	2470	1012.12	12.12	1000.0

2.5.2.2 Розрахунок втрат

Перераховуємо втрати 20 кг пасти в кульовому млині на вихідні компоненти відповідно до рецептури пігментної суспензії.

100 – 26.59

20 – x x = 5.318 кг втрати смоли 188

100 – 11.15 x = 2.23 кг втрати дибутилфталата

20 – x 2.23 кг втрати трикрезилфосфата

100 – 4.65

20 – x x = 0.93 кг втрати цинкових білил

100 – 37.17

20 – x x = 7.434 кг втрати двоокису титану

100 – 9.29

20 – x x = 1.858 кг втрати тальку

Разом: 20.0 кг

Підсумовуємо отримані втрати з втратами при завантаженні і вносимо в таблицю 2.5.5.

Втрати смоли 188: $3 + 5.318 = 8.318$ кг

Втрати дибутилфталата: $1.5 + 2.23 = 3.73$ кг

Втрати трикрезилфосфата: 3.73 кг

Втрати цинкового білила: $1 + 0.93 = 1.93$ кг

Втрати двоокису титана: $2.5 + 7.434 = 9.934$ кг

Втрати тальку: $0.5 + 1.858 = 2.358$ кг

Разом: 30.0 кг

Знаходимо завантаження, втрати і вихід на одну тонну пігментної суспензії і заносимо в таблицю 2.5.5.

Завантаження:

2470 – 664.75

1000 – x x = 269.13 кг завантаження смоли 188

2470 – 278.75

1000 – x x = 112.85 кг завантаження дибутилфталату

2470 – 278.75

1000 – x x = 112.85 кг завантаження трикрезилфосфату

2470 – 116.25

1000 – x x = 47.06 кг завантаження цинкових білил

2470 – 929.25

1000 – x x = 376.2 кг завантаження двоокису титана

2470 – 232.25

1000 – x x = 94.03 кг тальку

Разом: 1012.12 кг

Втрати:

30 – 8.32

12.12 – x x = 3.36 кг смоли 188

30 – 3.73

12.12 – x x = 1.51 кг дибутилфталата
1.51 кг трикрезилфосфата

30 – 1.93

12.12 – x x = 0.78 кг цинкових білил

30 – 9.93

12.12 – x x = 4.0 кг диоксид титана

30 – 2.36

12.12 – x x = 0.96 кг тальку

Разом: 12.12 кг

2.5.3 Матеріальний баланс на стадії постановки “на тип” у змішувачі

Обсяг змішувача вибирається виходячи з кількості пігментної суспензії, що виробляється кульовим млином при разовому завантаженні. Кількість пігментної суспензії – 2470 кг, по рецептурі складання емалі (табл.2.5.3) розраховуємо кількість необхідних компонентів, що додаються до пігментної суспензії:

Бутилацетат: 20.88 – 21.91

2470 – x x = 2591.8 кг

Ацетон: 2591.8кг.

Ксилол: 20.88 – 25.6

$$2470 - x \quad x = 3028 \text{ кг}$$

$$\text{Смола ПСХ-ЛС:} \quad 20.88 - 9.7$$

$$2470 - x \quad x = 1147.6 \text{ кг}$$

Пігментна суспензія: 2470 кг.

Разом: 11830 кг

Результати вносимо в таблицю 2.5.6.

Розрахунок загального обсягу завантаження в змішувач:

$$\text{Бутилацетат:} \quad 2592/1050 = 2.47 \text{ м}^3$$

$$\text{Ацетон:} \quad 2592/790 = 3.28 \text{ м}^3$$

$$\text{Ксилол:} \quad 3028.35/861 = 3.5 \text{ м}^3$$

$$\text{Смола ПСХ-ЛС:} \quad 1147.5/920 = 1.25 \text{ м}^3$$

$$\text{Пігментна суспензія:} \quad 2470/1587.3 = 1.56 \text{ м}^3$$

$$\text{Разом:} \quad 12.06 \text{ м}^3$$

Вибираємо обсяг змішувача $V = 16 \text{ м}^3$

Таблиця 2.5.6 – Матеріальний баланс змішувача постановки “на тип”

Стадії тех. процесу і компоненти	Завантажено, кг	Втрати, кг	Вихід, кг
1.Завантаження і перемішування			
Бутилацетат	2591.8	5	2586.8
Ацетон	2591.8	5.5	2586.3
Ксилол	3028.0	4.5	3023.5
Смола ПСХ-ЛС	1147.6	15	1132.6
Пігментна суспензія	2470.0	-	2470
Разом:	11830.0	30	11800
2.Перемішування і постановка “на тип”	11800.0	10	11790
3.Фільтрація і фасування	11790.0	120	11670
Разом:	11800.0	130	11670
Усього:	11830.0	160	11670

2.5.3.1 Розрахунок втрат сировини

Розраховуємо втрати сировини по компонентах у розрахунку на одне завантаження змішувача постановки “на тип”. Для цього знаходимо втрати бутилацетату, ацетону, ксилолу, смоли ПСХ-ЛС та пігментної суспензії на стадіях постановки “на тип”, фільтрації та фасування.

Втрати бутилацетату:	11800 – 2586.8	
	130 – x	x = 28.5 кг
Втрати ацетону:	11800 – 2586.3	
	130 – x	x = 28.5 кг
Втрати ксилолу:	11800 – 3023.5	
	130 – x	x = 33.3 кг
Втрати смоли ПСХ-ЛС:	11800 – 1132.6	
	130 – x	x = 12.5 кг
Втрати пігментної суспензії:	11800 – 2470	
	130 – x	x = 27.2 кг
Разом:		130 кг

Підсумовуємо отримані втрати з втратами при завантаженні сировини і напівфабрикатів у змішувач і знаходимо загальні втрати:

Бутилацетат:	5 + 28.5 = 33.5 кг
Ацетон:	5.5 + 28.5 = 34 кг
Ксилол:	4.5 + 33.3 = 37.8 кг
Смола ПСХ-ЛС:	15 + 12.5 = 27.5 кг
Пігментна суспензія:	27.2 кг
Разом:	160 кг

Знаходимо завантаження компонентів у змішувач постановки “на тип” у перерахуванні на вихідну сировину, втрати і вихід. Смолу 188 у пігментній суспензії знаходимо по пропорції (див. табл. 2.5.5):

$$1000\text{пс} - 269.13 \text{ кг лака}$$

$$2470 - x \qquad x = 664.75 \text{ кг смоли 188}$$

Завантаження дибутилфталата складе:

$$1000\text{пс} - 112.85 \text{ кг дибутилфталата}$$

$$2470 - x \qquad x = 278.7 \text{ кг}$$

Завантаження трикрезилфосфата складе:

$$1000\text{пс} - 112.85 \text{ кг трикрезилфосфата}$$

$$2470 - x \qquad x = 278.7 \text{ кг}$$

Завантаження цинкових білил складе:

1000пс – 47.06 кг

2470 – x x = 116.24 кг

Завантаження диоксиду титана складе:

1000пс – 376.2 кг TiO_2

2470 – x x = 929.9 кг

Завантаження тальку складе:

1000пс – 94.03 кг тальку

2470 – x x = 232.25 кг

На підставі приведених розрахунків складаємо таблицю 2.5.7.

Таблиця 2.5.7 – Зведена таблиця матеріального балансу виробництва емалі в перерахуванні на вихідну сировину

Компоненти	На завантаження змішувача, кг			На одну тонну емалі, кг		
	Завантаж.	Втрати	Вихід	Завантаж	Втрати	Вихід
1	2	3	4	5	6	7
Смола 188	664.75	10.6	654.15	57.0	0.9	56.1
Дибутилфталат	278.7	4.5	274.2	23.9	0.37	23.53
Трикрезилфосфат	278.7	4.5	274.2	23.9	0.37	23.53
Білила цинкові	116.24	1.8	114.44	9.96	0.16	9.8
Диоксид титана	929.2	14.8	914.4	79.6	1.26	78.34
Тальк	232.25	3.7	228.55	19.9	0.3	19.6
Бутилацетат	2591.8	41.3	2550.5	222.0	3.5	218.5
Ацетон	2591.8	41.3	2550.5	222.0	3.5	218.5
Ксилол	3028	48.2	2979.8	259.5	4.1	255.4
Смола ПСХ-ЛС	1147.6	18.3	1129.3	98.3	1.6	96.7
Разом:	11859.0	189.0	11670	1016.06	16.06	1000.0

Втрати знаходимо по пропорції:

Смола 188: 11859 – 664.75

189 – x x = 10.6 кг

Дибутилфталат: 11859 – 278.7

189 – x x = 4.5 кг

Трикрезилфосфат : x = 4.5кг

Білила цинкові: 11859 – 116.24

189 – x x = 1.8 кг

Диоксид титана: 11859 – 929.2

	189 – x	x = 14.8 кг
Тальк:	11859 – 232.25	
	189 – x	x = 3.7 кг
Бутилацетат:	11859 – 2591.8	
	189 – x	x = 41.3 кг
Ацетон:		41.3 кг
Ксилол:	11859 – 3028	
	189 – x	x = 48.2 кг
Смола ПСХ-ЛС:	11859 – 1147.6	
	189 – x	x = 18.3 кг
Разом:		189.0 кг

Перераховуємо завантаження, втрати і вихід на одну тонну емалі:

Смола 188:	11670 – 664.75	
	1000 – x	x = 57 кг
Дибутилфталат:	11670 – 278.7	
	1000 – x	x = 23.9 кг
Трикрезилфосфат:		23.9 кг
Білила цинкові:	11670 – 116.24	
	1000 – x	x = 9.96 кг
Диоксид титана:	11670 – 929.2	
	1000 – x	x = 79.6 кг
Тальк:	11670 – 232.25	
	1000 – x	x = 19.9 кг
Бутилацетат:	11670 – 2591.8	
	1000 – x	x = 222 кг
Ацетон:		222 кг
Ксилол:	11670 – 3028	
	1000 – x	x = 259.5 кг
Смола ПСХ-ЛС:	11670 – 1147.6	
	1000 – x	x = 98.3 кг
Разом:		1016.06 кг

Знаходимо втрати:

Смола 188: 1016.06 – 57.0

$$16.06 - x \quad x = 0.9 \text{ кг}$$

Дибутилфталат: 1016.06 – 23.9

$$16.06 - x \quad x = 0.37 \text{ кг}$$

Трикрезилфосфат: 0.37 кг

Білила цинкові 1016.06 – 9.96

$$16.06 - x \quad x = 0.16 \text{ кг}$$

Диоксид титана: 1016.06 – 79.6

$$16.06 - x \quad x = 1.26 \text{ кг}$$

Тальк: 1016.06 – 19.9

$$16.06 - x \quad x = 0.3 \text{ кг}$$

Бутилацетат: 1016.06 – 222

$$16.06 - x \quad x = 3.5 \text{ кг}$$

Ацетон: 3.5 кг

Ксилол: 1016.06 – 259.5

$$16.06 - x \quad x = 4.1 \text{ кг}$$

Смола ПСХ-ЛС: 1016.06 – 98.3

$$16.06 - x \quad x = 1.6 \text{ кг}$$

Разом: 16.06 кг

Таблиця 2.5.8 – Потреба в сировині

Найменування компонентів	На одну тону емалі, кг			Потреба в сировині, т		
	Завантаж	Втрати	Вихід	На добу	На місяць	На рік
Смола 188	57.0	0.9	56.1	0,34	4,75	57
Дибутилфталат	23.9	0.37	23.53	0,14	1,99	23,9
Трикрезилфосфат	23.9	0.37	23.53	0,14	1,99	23,9
Білила цинкові	9.96	0.16	9.8	0,07	0,83	9,96
Диоксид титана	79.6	1.26	78.34	0,46	6,63	79,6
Тальк	19.9	0.3	19.6	0,12	1,66	19,9
Бутилацетат	222	3.5	218.5	1,26	18,5	222
Ацетон	222	3.5	218.5	1,26	18,5	222
Ксилол	259.5	4.1	255.4	1,49	21,63	259,5
Смола ПСХ-ЛС	98.3	1.6	96.7	0,56	8,19	98,3
Разом:	1016.06	16.06	1000	5,84	84,67	1016,06

Розрахунок кількості сировини для виробництва емалі на добу, місяць та рік проводимо з врахуванням проектної потужності по емалі ХВ-16 білої $N = 1 \text{ тис./т}$ на рік та потужності цеху по виробництву емалей на полімерізаційних смолах 20 тис.кг на рік

Виробнича потужність по проекту $N = 1 \text{ тис т}$ на рік.

Виробництво працює в дві зміни по вісім годин.

Кількість робочих днів у рік – 246.

Таким чином, для виконання завдання (заказу) по виробництву емалі ХВ-16 1 тис т на рік на одному шаровому млині потрібно 174 доби.

Випуск емалі ХВ-16 складе $1 \text{ тис./т}/174 = 5,75 \text{ т}$ у добу.

1016.06 – 1000

$$x - 1000 \quad x = 1016,06 \text{ т}$$

Потреба у сировині на добу складе: $1016,06/174=5,84 \text{ т}$

Смола 188: 1016.06 – 57

$$1016,06 - x \quad x = 57,0 \text{ т}$$

Дибутилфталат: 1016.06 – 23.9

$$1016,06 - x \quad x = 23,9 \text{ т}$$

Трикрезилфосфат: 23,9 т

Білила цинкові: 1016.06 – 9.96

$$1016,06 - x \quad x = 9,96 \text{ т}$$

Диоксид титана: 1016.06 – 79.6

$$1016,06 - x \quad x = 79,6 \text{ т}$$

Тальк: 1016.06 – 19.9

$$1016,06 - x \quad x = 19,9 \text{ т}$$

Бутилацетат: 1016.06 – 222

$$1016,06 - x \quad x = 222 \text{ т}$$

Ацетон: 222 т

Ксилол: 1016.06 – 259.5

	1016,06 – x	x = 259,5 т
Смола ПСХ-ЛС:	1016.06 – 98.3	
	1016,06 – x	x = 98,3 т
Разом:		1016,06 т

При продуктивності цеху у 20 тис. т/рік :
 $20 \text{ тис. т} / 246 = 80 \text{ т у добу.}$

1016.06 – 1000

$$x - 20000 \quad x = 20320 \text{ т}$$

Смола 188: 1016.06 – 5203207

$$5080 - x \quad x = 1140 \text{ т}$$

Дибутилфталат: 1016.06 – 23.9

$$20320 - x \quad x = 478 \text{ т}$$

Трикрезилфосфат: 478 т

Білила цинкові: 1016.06 – 9.96

$$20320 - x \quad x = 199,2 \text{ т}$$

Диоксид титана: 1016.06 – 79.6

$$20320 - x \quad x = 1592 \text{ т}$$

Тальк: 1016.06 – 19.9

$$20320 - x \quad x = 398 \text{ т}$$

Бутилацетат: 1016.06 – 222

$$20320 - x \quad x = 4439,6 \text{ т}$$

Ацетон: 4439,6 т

Ксилол: 1016.06 – 259.5

$$20320 - x \quad x = 5273 \text{ т}$$

Смола ПСХ-ЛС: 1016.06 – 98.3

$$20320 - x \quad x = 1966 \text{ т}$$

Разом: 20320 т

2.6 Опис та розрахунок необхідної кількості устаткування

2.6.1 Розрахунок кількості кульових млинів

Знаходимо добову продуктивність пігментної суспензії:

$$20000 - x$$

$$1000 - 209 \quad x = 4180 \text{ кг пігментної суспензії.}$$

$$V_{\text{доба} \cdot \text{пс}} = 4180 / 1562.5 = 2.68 \text{ м}^3$$

Норми часу роботи апарата приведені в таблиці 2.6.1.

Знаходимо кількість кульових млинів:

$$n = (1.1 - 1.5) (V_{\text{доба}} \cdot \tau) / 16 \cdot V_p;$$

$$n = 1.5 \cdot (2.68 \cdot 23) / 16 \cdot 1.6 = 2.4 \approx 3 \text{ апарати}$$

Приймаємо кількість кульових млинів 3 шт

2.6.2 Норми часу при виробництві емалі ХВ-16 білої

Таблиця 2.6.1. Норми часу по кульовому млину

Стадії	Час, год.	Тиск, атм	Температура, °С	Вага, кг
1.Завантаження:				
Смола 188	0,5	1	20±5	664,75
Дибутилфталат	0,5	1	20±5	557,5
трикрезилфосфат	0,15	1	20±5	116,25
Білила цинкові	1,0	1	20±5	929,25
Диоксид титана	0,35	1	20±5	232,25
Тальк	0.35	1	20±5	232.25
Разом	2,5		20±5	2500
2.Диспергування пігментної суспензії	20		30±5	2500
3.Перекачування				
змішувач постановки “на тип”	0,5		30±5	2500
Разом:	23			2500

2.6.2. Розрахунок кількості змішувачів

Для розрахунку кількості змішувачів необхідно скласти норми часу на операції, що проводяться у змішувачі

Таблиця 2.6.2 – Норми часу по змішувачу постановки ” на тип”

Стадії тех. процесу і компоненти	Вага, кг	Тиск, атм	Температура, °C	Час, год.
1.Завантаження: Бутилацетат Ацетон Ксилол Смола ПСХ-ЛС	2591.8 2591,8 3028,0 1147,6	1 1 1 1	20±5 20±5 20±5 20±5	1.5
2.Завантаження: пігментна суспензія	2470	1	20±5	1.5
3.Перемішування постановка емалі “на тип “	11800	1	20±5	5.0
4.Вивантаження продукту Разом:	11790	1	20±5	2.1 0.0

Розрахуємо вагу кожного компонента, що входить у змішувач:

Пігментна суспензія: 100 – 20.88

$$20000 - x \quad x = 4176 \text{ кг}$$

Бутилацетат: 100 – 21.91

$$20000 - x \quad x = 4382 \text{ кг}$$

Ацетон: 100 – 21.91

$$20000 - x \quad x = 4382 \text{ кг}$$

Ксилол: 100 – 25.6

$$20000 - x \quad x = 5120 \text{ кг}$$

Смола ПСХ-ЛС: 100 – 9.7

$$20000 - x \quad x = 1940 \text{ кг}$$

На підставі отриманих даних знаходимо добову продуктивність емалі ХВ-16 білої:

$$V_{\text{доб}} = 4176 / 1587.3 + 4382 / 1050 + 4382 / 790 + 5120 / 861 + 1940 / 920 = 20.4 \text{ м}^3$$

Знаходимо кількість змішувачів:

$$n = 1.5 \cdot (20.4 \cdot 10) / 16 \cdot 12 = 2.06 \approx 3 \text{ апарати.}$$

Приймаємо кількість змішувачів 3 шт

2.6.3. Розрахунок кількості фільтрів

Розрахунок кількості фільтрів здійснюється виходячи з його продуктивності і тривалості роботи на добу. При продуктивності фільтра 700 л/г і тривалості роботи в плинні 16 годин, фільтр може працювати: $0.7 \cdot 16 = 11,2 \text{ м}^3$ емалі.

Кількість фільтрів можна розрахувати по наступній формулі:

$$n = 1.15 \times V_{\text{доб}} / V_p = 1.15 \times 20.4 / 11,2 = 1.86 \approx 2 \text{ апарати.}$$

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Аналіз актуального стану розвитку виробництва хімічно стійких пігментованих лакофарбових матеріалів [14-18], як у світовому, так і у вітчизняному контексті, підтверджує доцільність проведення досліджень, спрямованих на створення нових наноконпозиційних хімічно стійких покриттів із покращеними експлуатаційними характеристиками. Особливу увагу приділено скороченню часу тверднення, підвищенню твердості покриття та забезпеченню його хімічної інертності.

3.1 Мета, задачі експериментальних досліджень

Для розширення номенклатури лакофарбових матеріалів і сировинної бази виробництва запропоновано технологічний підхід до синтезу функціональних наповнювачів, що проявляють протикорозійні та бактерицидні властивості. Основою для їх отримання є природна монтморилонітвмісна сировина українського походження, модифікована шляхом хімічної активації з використанням натрій оксалату та четвертинних амонійних солей.

Метою дослідження є створення інноваційних лакофарбових наноконпозицій із підвищеною корозійною, хімічною стійкістю та бактерицидною активністю, а також розробка технологій їх отримання на базі безсвинцевих наповнювачів.

Наукова новизна полягає у вдосконаленні:

- окисно-відновного підходу до отримання вибілених бентонітових наповнювачів;
- інтеркаляційних методів модифікації монтморилоніту органічними катіонними поверхнево-активними сполуками. [16-20]

У роботі вирішуються такі основні завдання:

- дослідження впливу процесів гідролізу на окисно-відновний механізм вибілювання бентоніту, застосування солі натрій оксалату при активації бентонітової червоної комової глини для зміни технології шляхом видалення з технологічного процесу стадії гідролізу водорозчинних солей ферум (II) та ферум (III);
- отримання інтеркаляційним методом функціональних наповнювачів з протикорозійними властивостями і органономодифікованого бентоніту з бактерицидними властивостями на основі натрієвого бентоніту без вмісту свинцю в сировині і готових продуктах;
- розробка рецептур і технологічних схем енерго- та ресурсоефективного виробництва лакофарбових матеріалів [19-22];
- оцінка фізико-механічних характеристик отриманих покриттів і визначення сфер їх застосування..

3.2 Основні тенденції розвитку лакофарбової галузі

Сучасний етап розвитку лакофарбової промисловості України характеризується переходом до виробництва матеріалів спеціального призначення з підвищеними експлуатаційними та екологічними показниками. У 2025–2026 роках галузь функціонує в умовах адаптації до економічних і воєнних викликів, що зумовлює орієнтацію на імпортозаміщення та відповідність європейським стандартам [8-9, 20-22]..

Ключовими напрямками є:

- впровадження регламентів, аналогічних європейському REACH;
- створення функціональних покриттів із підвищеною хімічною, біологічною та термічною стійкістю;

- розвиток внутрішнього виробництва та використання локальної сировини.

Зростає попит на матеріали для швидкого відновлення інфраструктури, зокрема індустриальні емалі, захисні покриття та спеціалізовані фарби.

Отже, перспективним напрямом є розробка інноваційних лакофарбових матеріалів на основі вітчизняної сировини з використанням ресурсоефективних технологій.[19-22].

3.3 Матеріали та методи дослідження

В якості сировини для проведення досліджень була застосована червона комова бентонітова глина, з наступними властивостями: масова частка монтморилоніту –50 %, масова частка заліза в перерахунку на Fe_2O_3 – 6.3, %, колоїдальність – 93 %, водопоглинання, –5.6 од. Масова частка карбоната в перерахунку на CaCO_3 - 2.25 %. Хімічний склад бентонітової глини відповідає формулі : $(\text{Na}, \text{Ca})_{0.33} (\text{Al}, \text{Mg})_2 \text{Si}_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Для модифікації бентоніту в роботі застосовані розчини алкілдиметилбензиламоній хлориду (ADBAC) (Alfa Chemical Co., Ltd.).

Бензалконію хлорид належить до четвертинних амонієвих сполук (ЧАС) і широко використовується як катіонна поверхнево-активна речовина (ПАР), яка діє як місцевий антисептик, дезінфектант. Використовується як бактерицид в лакофарбових матеріалах та для дезінфекції шкіри та інструментів (у низьких концентраціях). Використання алкілдиметилбензиламоній хлориду у лакофарбових матеріалах (ЛФМ) є ефективним методом надання їм бактерицидних, антисептичних та протигрибкових властивостей. Ця сполука належить до четвертинних амонієвих сполук (ЧАС) і широко використовується як катіонна поверхнево-активна речовина (ПАР)

Зразки бентоніту та інтеркаляційних похідних досліджували методом ІЧ-спектроскопії (спектрофотометр «Spercord IR-75» при масштабі реєстрації 150мм / 10 cm^{-1} Зразки готували методом пресування у порошку KBr).. Рентгенофазовий аналіз зразків здійснювали на дифрактометрі «Дрон-3» з

використання К α випромінювання Cu та нікелевого β -фільтру та мало кутової приставки.

Для вивчення гранулометричного складу зразків застосований лазерний гранулометр та фірми «Malvern».

Колірні характеристики досліджуваних зразків пігментів та наповнювачів визначали з використанням спектрофотометру NS 800 в інтервалі довжин хвиль 320-720 нм.

Метод диференційного термічного аналізу для дослідження органомодифікованого бентоніту застосовано із використанням дериватографу фірми «Paulik–Paulik–Erdey», Угорщина.

3.4 Результати досліджень та їх обговорення

Науково-дослідна робота проведена як в напрямку розробки складу, рецептури та технології наноконпозиційної хімічно стійкої емалі для промисловості і дизайну з поліпшеними властивостями відповідно до актуальних екологічних та техніко-економічних вимог, так і в напрямку одержання функціональних наповнювачів - білих бентонітових наповнювачів з протикорозійними та бактерицидними властивостями [23-35].

3.4.1 Обґрунтування складу, рецептури та технології індустріальної хімічно стійкої емалі з поліпшеними властивостями покриттів

Розроблені лакофарбові матеріали на основі синтезованих в роботі наповнювачів, органомодифікованих бентонітів. В дипломній роботі передбачена заміна алкідної смоли 188 на уралкідний лак УРФ-06 для покращення властивостей емалі та покриттів: підвищення вмісту нелетких речовин, еластичності покриттів, хімічної стійкості покриттів.

Лак УРФ-06 представляє собою розчин уралкідної смоли, модифікованої рослинними оліями та толуїлендіізоціанатом в органічних ароматичних розчинниках. Лак УРФ-06 є напівфабрикатним лаком та застосовується для виготовлення ґрунтівок, емалей, ґрунт-емалей. При виготовленні емалі ХВ-16 лак УРФ-06 використовують як пластифікуючий модифікатор для

диспергування пігментів і покращення еластичності покриттів та як добавку для підвищення вмісту нелетких речовин в емалі.

За фізико-хімічними показниками Лак УРФ-06 повинен відповідати вимогам та нормам ТУ У 20.3-34328580-005:2020, зазначеним у таблиці 3.4.1.

Таблиця 3.4.1. - Фізико-хімічні показники лаку УРФ-06 за ТУ У 20.3-34328580-005:2020

№	Найменування показника та одиниці вимірювання	Значення фізичної величини з граничними відхиленнями	Джерело інформації
1	Зовнішній вигляд лаку	Прозорий, допустима незначна опалесценція (слабка білісуватість або помутніння)	Візуально
2	Чистота лака	Шар лаку, нанесений на скляну пластинку, повинен бути прозорим, не мати механічних включень та сипу. Припустима наявність одиничних механічних включень не більше 10 штук, без врахунку при цьому сипу по венчику на відстані 5 мм від межі початку налива лаку	Візуально
3	Умовна вязкість лака за віскозиметром ВЗ-246 з діаметром сопла 4 мм (ВЗ-4), при $t^{\circ}=20.0\pm0.5^{\circ}\text{C}$, с	200	ДСТУ ISO 2884-2
4	Масова частка нелетких речовин, %, в межах	49 ± 2	ДСТУ ISO 3251
5	Твердість плівки лака, від.. од., не менше, по маятниковому приладу ТМЛ	0,15	ДСТУ ISO 1522
6	Час висихання до ступеня 3, год, не більше при $t = 20\pm2^{\circ}\text{C}$	2	ДСТУ ISO 9117-1
7	Міцність плівки при ударі на приладі типу У-1, см	50	ДСТУ ISO 6272-2
8	Еластичність плівки при вигині, мм	1	ДСТУ ISO 1519
9	Адгезія методом паралельних надрізів, бали	0	ДСТУ ISO 2409

Наповнювач тальк у складі емалі замінено на новий бентонітовий наповнювачі, модифікований натрій оксалатом. Емаль одержано із застосуванням лабораторного дисольверу, бісерного млина з використанням наступних енерго і ресурсозберігаючих заходів: одержання пігментної пасти методом «концентрованих паст» з метою підвищення продуктивності процесу, зменшення енерговитрат внаслідок створення оптимальних реологічних умов диспергування пігментної частини емалі в розведених розчинах плівкотвірної речовини, забезпечення герметичності обладнання в технологічному процесі для запобігання втрат розчинників. Контроль на стадії диспергування проводили за приладом Клин для досягнення дисперсності не більше 35 мкм. При постановці емалі на тип першочергово контролювали колір плівки емалі, час тверднення покриттів – до однієї години, в'язкість емалі – 60 с. Фізико-технічні властивості матеріалів на основі хімічно стійкої емалі для промисловосі і дизайну представлені в таблицях 3,4.2.

Матеріал – індустріальна хімічно стійка емаль являє собою суспензію атмосферостійких пігментів та функціональних наповнювачів у розчинах органічних олігомерів з адитивами для забезпечення бар'єрного та протикорозійного захисту поверхонь і оптимальної швидкості тверднення. Нанокмпозиційна індустріальна хімічно стійка емаль рекомендована для фарбування зовнішніх поверхонь обладнання, металевих та залізобетонних конструкцій, які знаходяться під впливом розчинів мінеральних кислот та луг, агресивних газів та інших агресивних реагентів.

Таблиця 3.4.2- Фізико-технічні властивості хімічно стійких емалей

Вимірюваний показник	ХВ-16 стандартна	Нанокмпозиційна хімстійка емаль з Мпн- функціональними наповнювачами
Термін вибігання рідини при $(20 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ по ВЗ – 246, с, (ДСТУ ISO 2884-2)	48	60
Перетир, мкм, (ДСТУ ISO 1524)	35	35
Термін тверднення при $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, год, (ДСТУ ISO 9117-1)	1.5	1.0
Удар на приладі У – 1, см, (ДСТУ ISO 6272-2)	40	50

Продовження таблиці 3.4.2

Вигин, мм, (ДСТУ ISO 1519)	1	1
Решітчасті надрізи. Адгезія бали, (ДСТУ ISO 4624)	0	0
Твердість, ум. од. (ДСТУ ISO 1522)	0,10	0,20
Хімістійкість плівки до дії води при (20±5) °С, год ДСТУ ISO 2812-1, ДСТУ ISO 2812-2	8	100
Хімістійкість до дії мінеральної оливи при (20±5) °С, год	24	120
ЛОС, г/л , ДСТУ ISO 11890-2	762.8	762.8

Порівняльний аналіз властивостей матеріалів і покриттів [36-50] за стандартними рецептурами та рецептурами, в яких застосовані вибілені бентонітові наповнювачі, органомодифіковані бентоніти, одержані внаслідок використання натрій оксалату для обробки червоної комової бентонітової глини, свідчить про повну відповідність властивостей емалі ХВ-16 та збільшення твердості покриттів з 0,10 до 0,20, міцності при ударі з 40 см до 50 см, зменшення часу тверднення з 1,5 годин до 1 години, покращення хімічної стійкості. Позитивні зміни властивостей матеріалів і покриттів обумовлені, по-перше, змінами у складі плівкотвірної частини, внаслідок яких при заміні алкідної на уралкідну плівкотвірна складова емалі обумовлює покращення здатності до висихання, хімічної інертності і стійкості до статичної дії води, мінеральної оливи внаслідок збільшення густини вузлів тривимірної полімерної сітки в структурі покриттів. По-друге, покращення фізико-механічних властивостей покриттів пов'язано з можливостями структурування макромолекул олігомерів в між шарових галереях неорганічної матриці в інтеркаляційних наноконпозиційних лакофарбових матеріалах. По-третє, покращення властивостей покриттів на основі наноконпозиційної хімічно стійкої емалі з синтезованими функціональними наповнювачами викликано створенням на поверхні металу адгезійних комплексів за участі всіх компонентів емалі і нанорозмірним ефектом при застосуванні інтеркаляційних сполук монтморилоніту, модифікованого натрій оксалатом.

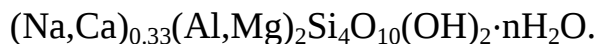
3.4.2 Хімічні основи синтезу та технологія функціональних бентонітових наповнювачів

З метою успішного вдосконалення і внесення певних змін до технології одержання білих бентонітових наповнювачів за окисно-відновним механізмом [42] на стадії активації червоної бентонітової глини здійснена обробка червоної комової бентонітової глини за участі водних розчинів натрій оксалату. Головними вимогами до промислово важливих наповнювачів для лакофарбової галузі є високий ступінь білизни, атмосферостійкість, висока дисперсність, низька твердість, низька ціна та доступність сировини, мінімальний вміст водорозчинних речовин. У зв'язку з червоним кольором комової глини, обумовленим вмістом в сировині 6.3% заліза в перерахунку на Fe_2O_3 в технології вибілення бентоніту [42] передбачена активація глини розчинами натрій оксалату з утворенням нерозчинних солей заліза. При активації червоної бентонітової глини HCl , H_2SO_4 утворені водорозчинні ферум (II) хлориди та ферум (II) сульфати, а також ферум (III) хлориди та ферум (III) сульфати піддаються гідролізу. Продуктами гідролізу солей за катіоном є ферум (II) гідроксиди та ферум (III) гідроксиди. Внаслідок реакцій окиснення ферум (II) оксиду в присутності кисню повітря відбувається утворення ферум (III) гідроксиду буро-коричневого кольору, що впливає на появу рожевого відтінку у кольорі наповнювачів.

Для запобігання реакцій гідролізу і окисно-відновних реакцій одержання ферум (III) гідроксиду реакцію проводили в розчинах натрій оксалату. Таким чином, в роботі проведені зміни в технології одержання вибілених бентонітових наповнювачів шляхом обробки глиняної суспензії натрій оксалатом.

Переваги застосування натрій оксалату полягають також у зміні Ca - форми бентоніту на Na – форму, що більш активна в реакціях інтеркаляції.

Основним компонентом бентоніту є монтморилоніт із узагальненою формулою:

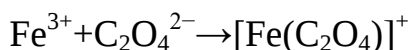
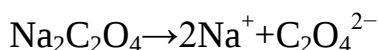


Схематично реакції катіонного обміну з використанням натрій оксалату можна представити наступними рівняннями:



Хімічна рівновага цих реакцій зміщена в бік утворення продуктів реакції за рахунок випадіння в осад нерозчинних у воді солей ферум(II) та ферум(III), кальцій, магній оксалатів.

Слід мати на увазі можливість дисоціації і комплексоутворення:



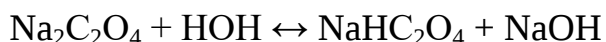
Експериментальне підтвердження перебігання процесів інтеркаляції і катіонного обміну отримане внаслідок проведення рентгенофазового аналізу вихідних зразків комової глини та одержаних зразків після обробки натрій оксалатом. В роботі для ідентифікації монтморилоніту у складі бентоніту, встановлення факту перебігання інтеркаляційних процесів при синтезі органомодифікованого монтморилоніту застосований метод рентгенофазового аналізу [36]. За даними рентгенофазового аналізу в досліджуваному зразку присутній досить широкий діапазон по відстаням між силікатними пластинами глини, середнє з яких має величину 15,3 Å, що характерно для кальцієвої форми бентоніту. Після проведення очищення і обробки глини натрій фосфатом, Mnt стає переважно натрієвої форми. Відстань між силікатними пластинами в Mnt натрієвої форми дорівнює 12,8 Å. Розрахунки проведені за рівнянням Вульфа-Брега. В результаті РФА було підтверджено тип структури вивчених зразків монтморилоніту як шаруватого мінералу. В області малих кутів зафіксовано рефлекси монтморилоніту, які відповідають базальним міжплощинним відстаням 15.3 Å монтморилоніту.

Для зразка попередньо вибіленого, нейтралізованого та органомодифікованого бентоніту ADBAC характерні інтенсивні широкі рефлекси у малокутовому інтервалі з $d=18.47$ та $d=18.7$, що є ознакою

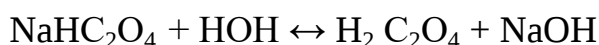
утворення інтеркаляційної сполуки органомодифікованого бентоніту. Розмитість широкого мало кутового гало може свідчити про присутність в ынтеркаляційних з'єднаннях долі деламінованих, ексфоляційних структур.

Гідроліз натрій оксалату ($pH \geq 7$) можна представити такими реакціями у молекулярній формі:

1. I стадія гідролізу:



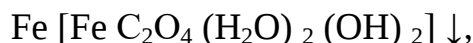
2. II стадія гідролізу:



Оксалати заліза захищають металеву поверхню за механізмом, пов'язаним з дією комплексної кислоти, яка утворюється за рівнянням хімічної реакції:



Комплексна кислота реагує з катіонами заліза металевої поверхні на мікроанодах з утворенням комплексного інгібітору корозії:

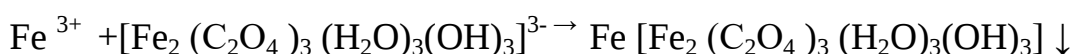
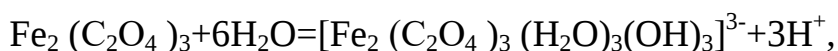


що зменшує площу анодних ділянок мікрогальванічних елементів на металевій поверхні і гальмує процеси електрохімічної корозії.

До структури зовнішньої координаційної сфери може включатися карбоксильна група $-COOH$ олігомеру замість однієї молекули H_2O , а саме:

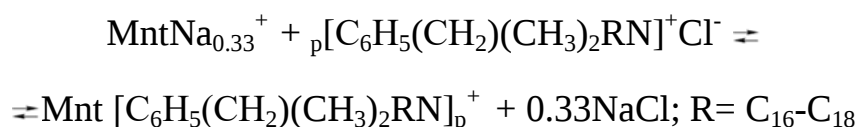


У випадку участі в процесах формування анодного комплексного інгібітора корозії катіонів заліза із ступенем окиснення $+3$ хімічні рівняння формування комплексної кислоти і її солі з Fe^{3+} можуть бути представлені наступним чином:



Важливо відзначити, що, технологічний процес вибілення шляхом обробки натрій оксалатом складається з наступних стадій: 1. Розпускання глини; 2. Фільтрація і видалення механічних домішок; 3. Катіонний обмін із застосуванням натрій оксалату; 4. Седиментація і видалення водорозчинних речовин; 4. Сушка з використанням струменевої сушарки з класифікацією за розмірами часток до 50 мкм. На цій стадії як захід для ресурсозбереження передбачена рекуперація води для використання в якості зворотної води.

Для одержання органомодифікованого бентоніту необхідно змінити вищезазначений технологічний процес [50-54] і додати стадію інтеркаляції монтморилоніту четвертинними амонійними солями після третьої стадії перед сушкою готового продукту. Слід зазначити, що розроблений технологічний процес з застосуванням натрій оксалату дозволяє одержати не лише наповнювачі білого кольору, а і надати їм протикорозійні властивості внаслідок вмісту у їх хімічному складі нерозчинних у воді ферум (II) оксалатів, ферум (III) оксалатів, кальцій оксалатів та магній оксалатів. Схематично реакції інтеркаляції та катіонного обміну з використанням натрій оксалату та ADBAC можна представити таким чином:



Алкілдиметилбензиламоній хлорид (бензалконій хлорид, ADBAC) — це четвертинна амонієва сполука, що належить до катіонних поверхнево-активних речовин (ПАР), яка широко використовується як високоефективний бактерицидний та дезінфікуючий засіб. Виявляє високу активність проти грампозитивних (наприклад, *Staphylococcus*, *Streptococcus*) та помірну активність проти грамнегативних бактерій (наприклад, *E. coli*, *Salmonella*). Особливо ефективний проти резидентної та транзитної мікрофлори шкіри. Для алкілдиметилбензиламоній хлориду характерна віруліцидна та фунгіцидна дія крім бактерій, він активний проти вірусів (у тому числі ВІЛ) та грибкових інфекцій. Механізм дії ADBAC, як катіонної ПАР, пов'язаний з руйнуванням

клітинної мембрани мікроорганізмів, що викликає витікання цитоплазматичного вмісту та загибель клітини. ADBAC застосовується в медицині (дезінфекція інструментів, поверхонь), харчовій промисловості, косметичі та побутовій хімії як дезінфектант і консервант

Одержані в роботі білі бентонітові наповнювачі з вмістом нерозчинних у воді ферум (II) оксалатів, ферум (III) оксалатів, кальцій оксалатів та магній оксалатів і органомодифікований бентоніт можуть бути віднесені до класу функціональних наповнювачів з протикорозійними і бактерицидними властивостями.

З метою ідентифікації і реєстрації чистоти сировинних компонентів, для встановлення характеру взаємодії четвертинних амонійних солей, та монтморилоніту в роботі проведені дослідження синтезованих наповнювачів з застосуванням спектральних методів аналізу у видимій і інфрачервоній областях спектру. Дослідження в видимій області спектру здійснені з метою визначення колориметричних характеристик.

Досліджені колірні характеристики синтезованих зразків. У дослідженні встановлено, що для білих наповнювачів з натрій оксалатом – координати кольору в системі XYZ: $X = 81$; $Y = 79$; $Z = 86$; координати кольоровості: $x = 0.329$; $y = 0.321$; $Y = 79$; координати кольору в системі CIELAB: $L = 91.21$ (світлість); $A = 1.25$; $B = -14.61$ домінуюча довжина хвилі $\lambda = 551$ нм; чистота кольору $p = 5\%$ - визначені за графіком кольоровості.

Для зразків Mnt, оброблених натрій оксалатом та ADBAC визначені наступні параметри кольору: $X = 65$; $Y = 69$; $Z = 67$; $x = 0.323$; $y = 0.343$; $Y = 69$; $L = 86,68$; $A = 1,94$; $B = 6,69$; $\lambda = 565$; $p = 11\%$

Слід зазначити низькі значення чистоти кольору для зразків, вибілених за участі натрій оксалату, що свідчить про повноту зв'язування катіонів заліза в результаті активації вихідної червоної комової глини. Визначені фізико-технічні властивості наповнювачів після обробки бентоніту натрій оксалатом: олієємність першого роду – 61,4 г/100г; покривність – 427 г/м²; вміст водорозчинних речовин – відсутні; рН водної витяжки – 7.

Лазерна дифракція як метод аналізу гранулометричного складу органомодифікованого бентоніту застосований в роботі для аналізу гранулометричного складу одержаних пігментів, наповнювачів, органомодифікованого бентоніту.

Дійсно, процеси відмивки від водорозчинних речовин, активації та органомодифікації природної сировини пов'язані не лише з пептизацією часток алюмосилікату у водних розчинах, але й паралельно перебігаючими реакціями інтеркаляції молекул у міжшарові галереї монтморилоніту. Відомо, що процес інтеркаляції призводить до руйнування площин шарів та до одержання менших за розмірами частинок неорганічної матриці. Результати досліджень органобентонту на основі ADBAC та вихідного бентоніту свідчать про різке зменшення ефективного діаметру часток основної фракції до 8 мкм на останніх стадіях технологічного процесу. Зменшення часток при модифікації пов'язане з процесами ексfolіації, тобто розшарування структури алюмосилікату до окремих площин, що відповідають двовимірним, 2d- шарам кристалічної структури монтморилоніту. Інтеркаляція монтморилоніту, як і інших шаруватих матриць, викликає зменшення розміру часток матриці, що проявляється у вигляді мало кутового гало на рентгенограмах інтеркальованих структур. Таким чином, проведений аналіз гранулометричного складу трансформованих зразків природного бентоніту з метою одержання органомодифікованого бентоніту для лакофарбових матеріалів, свідчить про відповідність одержаних експериментальних результатів теоретичним основам інтеркаляційних перетворень шаруватих неорганічних матриць[36-49] .

Дослідження органомодифікованого бентоніту методом інфрачервоної спектроскопії проведено з метою встановлення характеру взаємодії четвертинних амонійних солей з неорганічною матрицею. Аналіз ІЧ- спектрів досліджуваного бентоніту (червоної комової глини) дозволив провести віднесення основних валентних та деформаційних коливань функціональних груп. Спостереження за зміною положення частоти смуг поглинання валентних коливань гідроксильних та нітрогенвмісних груп монтморилоніту, органомодифікованого бентоніту свідчать про зсув частоти коливань у бік

менших частот, що є характерним для донорно-акцепторної взаємодії молекул монтморилоніту і ADBAC.

У спектрах були відсутні смуги, що відповідають коливанням структурної групи $\alpha\text{-SiO}_2$ (α -кварц), що дозволяє зробити висновок про відсутність у зразках домішок - коалініта і α -кварцу.

У спектрі органономодифікованого монтморилоніту ADBAC з'являються коливання -CH_3 групи, приєднаної до гетероатому азоту у вигляді високоінтенсивних смуг при $2833,3\text{ см}^{-1}$ та $2944,8\text{ см}^{-1}$ – симетричних та асиметричних валентних коливань метильної групи; $1414,7\text{ см}^{-1}$, $1364,7\text{ см}^{-1}$ – деформаційних коливань метильної групи. За даними [42] ці смуги можуть належати до коливань четвертинного атому азоту. Ознакою утворення нової інтеркаляційної сполуки є поява нової смуги при $3067,4\text{ см}^{-1}$, що відповідає коливанням четвертинного атому азоту. Поява у спектрі органономодифікованого бентоніту нових смуг коливання при $701,3$ та $726,1\text{ см}^{-1}$, пов'язаних з маятниковими деформаційними коливаннями ($\text{-CH}_2\text{-}$) груп, також свідчить про перебігання реакції інтеркаляції ADBAC в міжшарові проміжки монтморилоніту. Слід зазначити, що в спектрі в області антисиметричних валентних коливань $\nu_{\text{as}}(\text{C=O})$ при $1600\text{--}1650\text{ см}^{-1}$ спостерігається інтенсивна широка смуга при 1643 см^{-1} ферум(II) оксалата.

Характер змін, що спостерігали в інфрачервоних спектрах бентоніту та органономодифікованого бентоніту свідчить про донорно-акцепторний тип міжмолекулярної взаємодії при інтеркаляції.

В роботі методом ДТА проведені дослідження зразків бентоніту, органономодифікованого бентоніту, вільних плівок на основі алкідного олігомеру та олігомеру, модифікованого органобентонітами. Кількість органобентонітів дорівнювала 2%. Максимуми на кривих DTG при $100\text{--}107\text{ }^\circ\text{C}$ свідчать про максимальну швидкість втрати води зразками органобентонітів при цих температурах. На кривих ДТА в зазначеному температурному інтервалі спостерігали наявність ендоефектів. Другий пік на кривих DTG зразків з органобентонітами знаходиться при температурах $285\text{ }^\circ\text{C}$ для зразків Mnt-ADBAC відповідно та відповідає процесам термодеструкції модифікаторів-

четвертинних амонійних солей. Встановлено, що термостійкість олігомеру, термодеструкція якого відбувається до 260°C, збільшуться в композиціях з органобентонітами до 290°C. Загальна втрата маси зразками, модифікованими органобентонітами, змінюється до 38% внаслідок деструкції інтеркаляційних фаз, а не поверхневої адсорбції молекул ADBAC.

Отримані в роботі результати свідчать, що для органобентонітів при 20-120 °C втрачається 1-2% адсорбованої води, що менше в порівнянні з вихідною глиною - 7%. В інтервалі 200-350 °C спостерігали великий ендотермічний ефект з втратою маси 15-20%, що пов'язано для органобентонітів з деструкцією органічних молекул інтеркалянтів. В роботі проведено застосування органомодифікованих бентонітів, наповнювачей та безсвінцевих протикорозійних наповнювачів як складових пігментованих лакофарбових матеріалів.

3.5 Основні висновки наукової роботи:

1. Здійснено синтез нових функціональних наповнювачів з застосуванням натрій оксалату.

2. Проведено дослідження властивостей наповнювачів, методами фізико-хімічного аналізу з метою ідентифікації чистоти вихідних речовин, збереження шаруватої структури алюмосилікату – монтморилоніту та вивчення характеру взаємодії монтморилоніту з ADBAC.

3. Розглянуто склад хелатів, утворених Fe (II), Fe (III) оксалатами і компонентами протикорозійного матеріалу. Запропоновано механізм протикорозійної дії функціональних наповнювачів - комплексних сполук Fe (II), Fe (III) у складі пасивуючих плівок внаслідок зменшення площі анодних ділянок мікрогальванічних корозійних елементів на поверхні металевих виробів.

4. Досліджено фізико-технічні властивості бентонітових функціональних наповнювачів, які відповідають техніко-економічним та екологічним вимогам до наповнювачів у складі лакофарбових матеріалів.

5. Одержано індустріальну хімічно стійку емаль. Для енергозбереження, ресурсозбереження, підвищення якості готового продукту, інтенсифікації технологічного процесу використано метод «концентрованих паст».

6. Проведено порівняльний аналіз властивостей матеріалів і покриттів та встановлена відповідність одержаних показників ТУ У 20.3-34328580-006:2020.

7. Визначено чинники, які обумовлюють покращення показників відносної твердості покриттів, часу тверднення, стійкості до удару, хімічної стійкості лакофарбових покриттів.

8. Сформульовано рекомендації щодо сфер застосування нанокмпозиційної індустріальної протикорозійної хімічно стійкої емалі

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Напрямки розвитку хімічної промисловості як однією зі складових вітчизняної промисловості пов'язані з розширенням асортименту вітчизняних та закордонних сировинних компонентів для виробництва широкого переліку речовин, які можуть використовуватись як самостійні матеріали або як проміжні продукти для інших виробництв. Перевагами хімічної промисловості є високі науковість (залежність від рівня розвитку наукової думки у даній області), ресурсо- та енергозбереження, дотримання вимог до екологічної небезпечності [55-57].

Метою дипломної роботи є впровадження нового процесу виготовлення хімічної продукції. Техніко-економічний розрахунок має на меті визначення собівартості випуску одиниці продукції і обґрунтування його економічної доцільності. Виконання такого розрахунку передбачає:

1) розрахунок собівартості та проведення порівняння декількох схем проведення технологічного процесу для знайдення найбільш вигідного варіанту; 2) розрахунок собівартості удосконаленого процесу для визначення доцільності нововведень; 3) розрахунок собівартості нового або безальтернативного процесу, який дає можливість отримати унікальну продукцію. Окрім розрахунку собівартості економічна частина дипломної роботи передбачає проведення оцінки науково-технічного рівня науково-дослідної роботи.

4.1 Розрахунок собівартості проведення науково-дослідної роботи

Розрахунок собівартості проведено на прикладі науково-дослідної дипломної роботи (НДР); Витрати класифікують за наступними елементами: – матеріальні витрати; – витрати на оплату праці; – відрахування на соціальні заходи; – амортизація основних фондів і нематеріальних елементів; – інші витрати.

4.1.1 Розрахунок матеріальних витрат

До складу матеріальних витрат входять: вартість сировини й матеріалів; вартість купованих виробів і напівфабрикатів; вартість робіт і послуг виробничого характеру, які виконані сторонніми організаціями; вартість придбаної енергії.

Кількість необхідних матеріалів встановлюється, виходячи з кількості дослідів, проведених протягом виконання НДР, і необхідної витрати матеріалів на один експеримент – 10 кг (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Розрахунок витрат на матеріали для виконання НДР

Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Необхідна кількість матеріалу, B_i	Ціна одиниці матеріалу, C_i , грн/од.	Сума, грн.
Лак УРФ-06	Кг	1.94	100	194
Смола ПСХ ЛС	Кг	9.7	237	2298,9
Диоксид титану	Кг	7,403	137	1014,21
Цинк оксид	Кг	0,8	150	120
Функціональний наповнювач $[FeC_2O_4(H_2O)_2(OH)_2]Fe$	Кг	0,7	20	14
Органобентоніт	Кг	1,1	147	161,7
Дибутилфталат	Кг	2.328	250	582
Трикрезилфосфат	Кг	2.328	100	232,8
Бутилацетат	Кг	21.91	82	1796,62
Ацетон	кг	21.91	68	1489,88
Ксилол	кг	29.214	87	2541,62
Вибілений Мпт	кг	0.667	2	1,334
Разом	кг	100.0		10447,1
Вартість кг.продукції				104,471
$B_M = 10447,1 * 1,1 = 11491,8$				

Розрахунок вартості матеріалів (табл. 4.1) здійснюється за формулою:

$$B_M = B_i \cdot C_i \cdot 1,1, \quad (1.1)$$

де B_i – витрата i -го матеріалу на проведення експериментів;

C_i – ціна i -го матеріалу, грн/од.;

1,1 – коефіцієнт, що враховує транспортні витрати.

4.1.2 Розрахунок енергетичних витрат

Витрати на електроенергію, пов'язані з проведенням НДР, розраховують за формулою:

$$B_e = P_{\text{усті}} \cdot n_i \cdot m_i \cdot k_n \cdot C_e, \quad (1.2)$$

де $P_{\text{усті}}$ – електрична потужність i -го встаткування, кВт;

n_i – кількість i -го встаткування, од.;

m_i – тривалість роботи i -го устаткування, год.;

k_n – коефіцієнт споживання, який дорівнює 1;

C_e – вартість 1 кВт·год електроенергії, грн/(кВт·год).

Значення електричної потужності, часу роботи обладнання та витрати електроенергії наводять у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Значення потужності, часу роботи обладнання та вартості використаної електроенергії

Основні типи обладнання	Електрична потужність, кВт	Тривалість роботи, Год	Використана електроенергія, кВт·год	Вартість використаної електроенергії, грн.
Аналіт. ваги	0,01	3	0,03	0,1296
Дисольвер	1,2	3	3,6	15,552
Бісер. млин	1,5	10	15	64,8
Сушильна шафа	2,0	20	40	172,8
Маятниковий пристрій	0,01	1,0	0,01	0,04
ПК	0,05	10	0,5	2,16
Разом			59,14	255,48

4.1.3 Розрахунок витрат на воду

Витрати на воду для технічних цілей розраховуються за формулою:

$$B_v = B_i \cdot m_i \cdot C_v, \quad (1.3)$$

де B_i – витрата води одиницею обладнання або на операцію, м³/год;

m_i – тривалість роботи обладнання, год;

C_v – вартість 1 м³ води, грн.

Значення електричної потужності, часу роботи обладнання та витрати електроенергії наводять у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Значення витрат води, тривалості роботи обладнання (операції) та вартості використаної води

Обладнання /операція	Витрати води, м ³	Тривалість використання, год	Об'єм використаної води, м ³	Вартість використаної води, грн.
Бісерний млин	0,3	10	3,0	78,36
Разом	0,3	10	3,0	78,36

4.1.4 Розрахунок амортизації основних фондів і нематеріальних активів

Амортизаційні відрахування розраховуються за формулою:

$$A = (C_{об.}/12) \cdot m_i, \quad (1.4)$$

де $C_{об.}$ – вартість обладнання, грн. (табл. 4.4)

m_i – тривалість роботи обладнання, місяців (табл. 4.2). У випадку технологічного обладнання тривалість його використання розраховують згідно прийнятої схеми роботи виробництва (одно- або двозмінна, періодична, безперервна).

Для лабораторного обладнання розрахунок амортизації виконують вважаючи, що річна норма амортизації складає 20 % від його вартості.

Таблиця 4.4 – Вартість обладнання та амортизаційні відрахування

Обладнання	Вартість обладнання, грн.	Тривалість роботи, міс.	Амортизація, грн.
Аналітичні ваги	26040	1	520
Дісольвер	13050	1	261
Бісерний млин	50000	1	1000
Сушильна шафа	15585	1	311
ПК	12150	1	243
Прилад випробування покриттів на вигин	16000	1	320
Стакан для млина	13702	1	274
Товщиномір покриття	8750	1	175
Тестер міцності покриття при ударі	53984	1	1080
Гріндометр	12100	1	242
Маятниковий пристрій	13200	1	264
Разом	4690		

4.1.5 Розрахунок витрат на малоцінні та витратні матеріали

Витрати на малоцінні матеріали, лабораторний посуд, захисний одяг і т. д. приймають у розмірі 8 % від вартості обладнання (табл. 4.4).

4.1.6 Витрати на оплату праці і відрахування на соціальні заходи

Для розрахунку витрат на заробітну плату виконавців науково-дослідної роботи (робітників виробництва, цеху, ділянки) необхідно скласти таблицю (табл. 4.5). Заробітну платню вносять до таблиці повністю, без відрахувань на податки.

Таблиця 4.5 – Заробітна плата виконавців науково-дослідної роботи

Посада	Кількість робітників	Заробітна плата (оклад + премія/надбавки), грн.	Час роботи, міс.	Коефіцієнт участі у роботі	Сума, грн.
лаборант	1	18000	1	0,75	13500
Науковий співробітн ик	1	30000	1	0,5	15000
Разом, грн.	28500				

Преміальний фонд приймається у розмірі 20 % від окладу. Сума надбавок обирається відповідно до норм організації.

Для науково-педагогічних та наукових працівників до окладу слід додати відповідні надбавки (за науковий ступінь, вчене звання, стаж роботи і т. д.).

4.1.7 Витрати на відрядження, контрагентські роботи і сторонні послуги, накладні витрати

Витрати на науково промислово-відрядження, які приймають у розмірі 12 % від фонду заробітної плати.

Контрагентські роботи та послуги зі сторони, що становлять 10 % від фонду заробітної плати:

Накладні витрати, включно з витратами на господарські потреби, освітлення і тому подібне, що становить 10 % від фонду заробітної плати:

4.1.8 Кошторис витрат на проведення науково-дослідної роботи

Кошторис виробництва продукції дозволяє провести аналіз витрат та намітити шляхи скорочення витрат. Слід відмітити, що у ряд хімічних виробництв є безальтернативним або їх економічна оцінка поступається соціальній, політичній, екологічній значущості.

Загальна сума витрат на науково-дослідну роботу наведена у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Кошторис витрат на проведення науково-дослідної роботи

№	Статті витрат	Сума, грн.
1	Заробітна плата	28500
2	Преміальний фонд	вкл. до з/п
3	Витрати на відрядження	7620
4	Витрати на матеріали	10447,1
5	Витрати на електроенергію	255,48
6	Витрати на воду	78,06
7	Амортизаційні відчислення	4690
8	Витрати на малоцінні та витратні матеріали	500
9	Витрати на контрагентські та сторонні роботи	6350
10	Накладні витрати	6350
Разом, грн		64790,64

Загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи $B_{\text{НДР}}$, визначаються за формулою:

$$B_{\text{НДР}} = C_{\text{НДР}} \cdot 1,2, \quad (1.6)$$

де $C_{\text{НДР}}$ – загальна сума витрат на проведення НДР за всіма статтями;
 1,2 – коефіцієнт, який враховує планові нагромадження.

4.2 Розрахунок економічного ефекту від впровадження науково-дослідної роботи

Економічний ефект науково-дослідної роботи $E_{\text{еф.}}$ визначають за формулою:

$$E_{\text{еф.}} = C_1 \cdot O - (C_2 \cdot O + B_{\text{НДР}}), \quad (1.7)$$

де C_1 – собівартість продукції до впровадження, грн/(ум. од.); ум. од. – умовна одиниця випуску продукції (кілограм, тон, м², штук і т. д.);

O – об'єм продукції, що випускається, (ум. од.)/рік;

C_2 – собівартість продукції після впровадження НДР, грн/(ум. од.);

$B_{\text{НДР}}$ – витрати на проведення НДР, грн.

$$E_{\text{еф.}} = 114,91 \cdot 1000000 - (104,47 \cdot 1000000 + 64790,64) = 10375209,36 \text{ грн}$$

4.3 Висновки за економічною частиною

Оцінка результатів проведеної наукової роботи свідчить про те, що ця робота є достатньо ефективною: загальний кошторис витрат на проведення НДР 64790,64 тис. грн, економічний ефект науково-дослідної роботи складає 10375209,36 грн на рік, або 10,37грн на 1 кг готової продукції.

Робота має значний потенціал для забезпечення потреб ринку протикорозійних наноконпозиційних лакофарбових матеріалів та потребує перспективного наступного продовження та поглиблення досліджень.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

8.1. Державна політика в галузі охорони праці.

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах [58-62]:

- пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;
- комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля;
- соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності залежно від форм власності та видів діяльності;
- адаптації трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану;
- використання економічних методів управління охороною праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на цілі, отримання яких не суперечить законодавству;
- інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки й підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;
- використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва.

8.2 Управління охороною праці на підприємстві.

Відповідно до ст. 13 закону України „Про охорону праці” роботодавець зобов’язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, а саме:

- створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їх обов’язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх додержання;

- розробляє за участю сторін колективного договору і реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці;

- забезпечує виконання необхідних профілактичних заходів відповідно до обставин, що змінюються;

- впроваджує прогресивні технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, позитивний досвід з охорони праці тощо;

- забезпечує належне утримання будівель і споруд, виробничого обладнання та устаткування, моніторинг за їх технічним станом;

- забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань, та здійснення профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин;

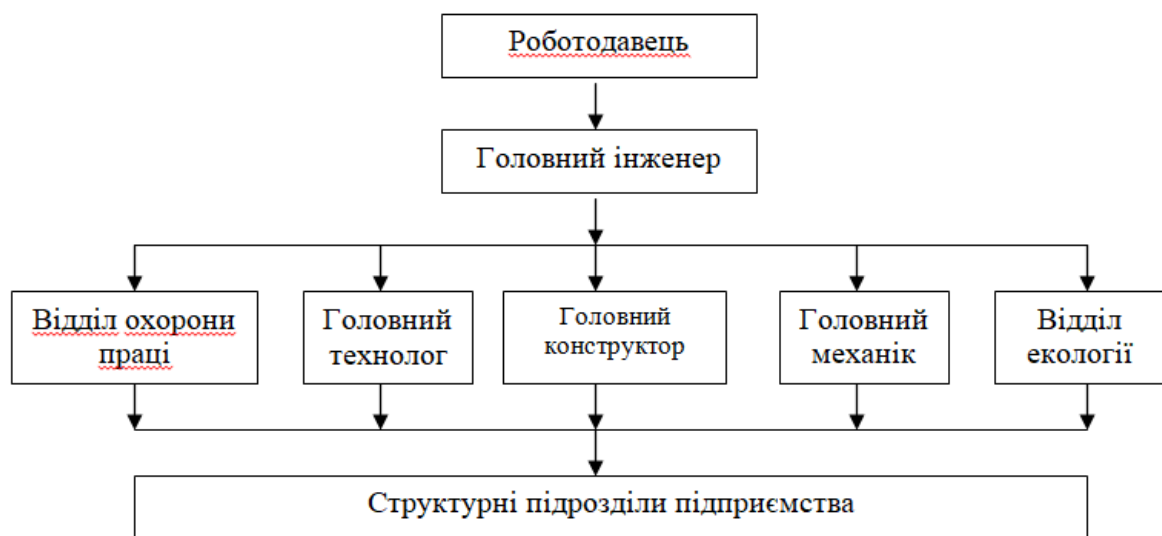
- розробляє і затверджує положення, інструкції, інші акти з охорони праці, що діють у межах підприємства (далі – акти підприємства), та встановлюють правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці, забезпечує безоплатно працівників нормативно-правовими актами та актами

підприємства з охорони праці;

- здійснює контроль за дотриманням працівником технологічних процесів, правил поведінки з машинами, механізмами, устаткування та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відносно до вимог з охорони праці;
- вживає термінових заходів для допомоги потерпілим, залучає за необхідності професійні аварійно-рятувальні формування у разі виникнення на підприємстві аварій та нещасних випадків.

Роботодавець несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог [58].

Схема управління охороною праці в цеху по виробництву емалі
ХВ-16 сірого кольору



Витяги з типового положення про службу охорони праці.

Служба охорони праці вирішує задачі:

- забезпечення безпеки виробничих процесів, устаткування, будівель і споруд;
- забезпечення працюючих засобами індивідуального і колективного захисту;
- професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці, пропаганди безпечних методів роботи;
- вибору оптимальних режимів праці і відпочинку працюючих;

- професійного відбору виконавців для певних видів робіт.

Служба охорони праці входить в структуру підприємства, установи, організації як одна з основних виробничо-технічних служб.

Ліквідація служби охорони праці допускається тільки у разі ліквідації підприємства.

Служба охорони праці залежно від чисельності працюючих може функціонувати як самостійний структурний підрозділ так і у вигляді групи фахівців або одного фахівця, в тому числі і за сумісництвом.

Служба охорони праці комплектується фахівцями, що мають вищу освіту і стаж роботи за профілем виробництва не менше 3-х літ. Фахівці з середньою спеціальною освітою приймаються в службу охорони праці у виняткових випадках. Обмеження не стосуються: за виробничим стажем - осіб, що мають спеціальну освіту по охороні праці; по рівню освіти - осіб, які прийняті на посаду до затвердження даного Типового положення.

Перевірка знань по охороні праці працівників служби охорони праці проводиться в установленому порядку до початку виконання ними своїх функціональних обов'язків і періодично, один раз в три роки.

На підставі даного Типового положення з урахуванням специфіки виробництва розробляються і затверджуються власником Положення про службу охорони праці підприємств, установ і організацій.

Положення про службу охорони праці міністерства, державного комітету, концерну, корпорації і іншого об'єднання підприємств, освічених за галузевим, може відмінити у письмовій формі тільки посадовець, якому підлегла служба охорони праці.

Працівники служби охорони праці не можуть притягуватися до виконання функції, не передбачених Законом «Про охорону праці» і даним Типовим положенням.

Перелік шкідливих і небезпечних виробничих чинників, які мають місце в умовах експлуатації пристроїв на виробництві емалі ХВ-16, наведений у таблиці 1 [58].

Таблиця 8.1 - Перелік шкідливих і небезпечних виробничих чинників

Шкідливі і небезпечні виробничі чинники	Джерела їх виникнення
Електрична напруга (380, 220 В)	Щит управління, електроприводи, котушки індукційного обігріву реактора
Вибухо-пожежонебезпечність - розчинник ($t_{\text{спл}} < 28^{\circ}\text{C}$)	Негерметичні ємкості з розчином смоли або розчинником
Шум	Вентиляційна система, технологічне обладнання
Токсичні речовини	Технологічне обладнання

8.3 Промислова санітарія

8.3.1 Шкідливі речовини

Шкідливі речовини, які зустрічаються на виробництві та їх характеристики (токсичність, ГДК, клас небезпеки). Характеристика шкідливих речовин, які зустрічаються на виробництві емалі ХВ-16 наведена у таблиці 8.2 [58-62].

Таблиця 8.2 - Характеристика шкідливих речовин

Речовина	Токсичність	ГПК, мг/м ³	Клас безпеки
1	2	3	4
Смола ПСХ-ЛС	Роздратування дихальних шляхів.	0.5	3
Смола 188	Слабість, стомлення, сонливість, головні болі.	300	4
Дибутилфталат	Викликає поліневрити, мієло- та інцефалополіневрити	0.5	2
Бутилацетат	Наркотик. Пари дратують слизуваті оболонки очей і дихальних шляхів	200	4
Ацетон	Наркотик. Послідовно уражає усі відділи центральної нервової системи	200	4
Толуол	Викликає роздратування слизуватої оболонки око, носа і горла	50	4
Оксид титану	Речовина малотоксична. Дратує слизувату оболонку очей, верхніх дихальних шляхів.	10	4
ZnO (в перерахунку на Zn)	Стомленість, потіння, підвищення температури, лейкоцетоз	0.5	3
Мікротальк	Розвинені форми пневмоконіоза	10	4

8.3.2 Метеорологічні умови

Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень для холодного та теплого періоду року наведені у таблиці 8.3 [58-62].

Таблиця 8.3 - Значення параметрів метеорологічних умов

Період року	Категорія робіт по енерговитратах	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с (не більш)	
		Оптим.	Допуст.	Оптим	Допуст	Оптим	Допуст
Холодний	Середньої важкості – Па	18 – 20	17 – 23	40 – 60	не більш 75	0,2	0,3
Теплий	Середньої важкості – Па	21 - 23	18 - 27	40 - 60	65	0,3	0,2-0,4

8.3.3 Вентиляція.

Для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату [58] передбачена в основних виробничих приміщеннях система вентиляції і опалювання. Вентиляції по способу подачі повітря - природна і штучна. Механічна вентиляція по:

- об'єму обхвату приміщення (загальнообмінна і місцева);
- напрямку руху повітряного потоку (припливно-витяжна).
- час дії (постійно діюча і аварійна).

Вид опалення за об'ємом обхвату приміщень – центральне.

8.3.4 Освітлення.

У відповідності до [59] у приміщенні цеху передбачене природне й штучне освітлення приміщення. Визначивши найменший розмір об'єкту розрізнення, встановлений розряд зорових робіт - IV. Природне освітлення -

одностороннє бічне. Штучне освітлення – загальне рівномірне.

Нормативне значення коефіцієнта природної освітленості для IV світлового клімату визначаємо по наступній формулі:

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot c \quad [\%], \text{ де}$$

e_n^{IV} – коефіцієнт природної освітленості (КПО) для IV пояса світлового клімату;

e_n^{III} - коефіцієнт природної освітленості для III пояса світлового клімату;

m - коефіцієнт світлового клімату (0,9);

c - коефіцієнт сонячного клімату ($1 \div 0,75$).

$$e_n^{IV} = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,35 \%$$

Штучне освітлення – загальне рівномірне. Як джерело світла використовуються люмінесцентні лампи типа ЛБ 80 – 2. Нормоване значення освітленості для IV розряду зорових робіт $E_{\min} = 200$ лк.

Характеристика освітлення у приміщенні наведена у таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 - Характеристика освітлення

Найменування приміщення	Площа підлоги м ²	Розряд зорової роботи	Освітлення		
			природне		штучне
			Вид освітлення (бокове,)	КПО, %	Нормована освітленість, Е, лк
Емалевий цех	100	4. Середньої точності	бокове	1.35	200

8.3.5 Шум.

Наявні джерела шуму: шум від роботи електроприводів мішалок реакторів та змішувачів, шум від фільтрувального обладнання, а також від вентиляції. За видом трудової діяльності робочі місця відносяться до третьої категорії, тобто робота яка потребує постійного слухового контролю. Допустимі рівні шуму для робочих місць[58]:

Таблиця 8.5

Види трудової діяльності, приміщення, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах зі середнє геометричними частотами, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБа
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Крайні частоти в октавних смугах, Гц	22 45	45 90	90 180	180 360	360 720	720 1440	1440 2880	2880 5760	5760 11520	22 – 11520
Робота, яка потребує постійного слухового контролю, робота оператора, диспетчера	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

8.4. Електробезпека

За ступенем електробезпеки виробниче приміщення лаковарного цеху відноситься до другого класу - приміщення із підвищеною небезпекою характеризуються наявністю в них однієї з наступних умов, що створюють підвищену небезпеку [58-62]:

- а) вологості (відносна вологість повітря тривалий час перевищує 75%) або струмопровідного пилу;
- б) струмопровідної половини (металеві, земляні, залізобетонні, цегляні і ін.)
- в) високої температури (вище +35 °С);
- г) можливості одночасного дотику людини до тих, що мають з'єднання із землею металоконструкціям будівель, технологічним апаратам, механізмам і т. п., з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання – із іншою .

Території розміщення зовнішніх електроустановок по небезпеці ураження людей електричним струмом прирівнюються до особливо небезпечних приміщень.

Параметри електричної мережі, а саме:

- роду струму — змінний;

- напруга в мережі — 400 В;
- частота — промислова — 50 Гц; [58]

8.5 Пожежна безпека.

Категорія приміщення по вибухо-пожежонебезпеці [59] — А. До цієї категорії віднесені приміщення, пов'язані з застосуванням горючих газів, легкозаймистих рідин з температурою спалаху не більше 28°C, в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при займанні яких в приміщенні розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху, який перевищує 5 кПа; Із можливих елементів системи пожежного захисту обов'язковими є первинні засоби пожежогасіння. Перелік обов'язкових засобів пожежогасіння подано в таблиці 8.5

Таблиця 8.5 Перелік обов'язкових засобів пожежогасіння [59].

Приміщення	Площа, м ²	Первинні засоби пожежогасіння (тип)	Кількість
Цех виготовлення емалі	100	Порошкові ВП-1, ВПС-6, ВПС-10	6
		Вуглекислотні ВВК-2, ВВК-5, ВВК-8	4

8.6 Водопостачання і каналізація

Характер системи водопроводу об'єднаний: виробничий, пожежний, господарсько-побутовий. У лабораторії джерелом водопостачання є міський водопровід. Також використовується господарсько-побутова каналізація.

8.7 Охорона навколишнього середовища.

При виробництві емалі ХВ-16 відбувається сильне пилення пігментів у місцях завантаження й розважування. У цих місцях передбачене потужне витяжне устаткування, яке вловлює пил і подає на аероциклони. Додатково використовують мокрий скруббер. Уловлені пігменти повертаються назад у цикл виробництва. Також при виході з шарового млина утворюються пари розчинників, які також уловлюються витяжними пристроями [60].

ВИСНОВКИ

Внаслідок проведення роботи в напрямку розробки інноваційних матеріалів, що відповідають сучасним техніко-економічним та екологічним вимогам до лакофарбових матеріалів, зроблено наступні висновки:

1. Синтезовані нові функціональні наповнювачі з протикорозійними і бактерицидними властивостями інтеркаляційним методом з застосуванням натрій оксалату.

2. Досліджені властивості функціональних наповнювачів методами фізико-хімічного аналізу з метою ідентифікації і встановлення чистоти вихідних речовин, збереження шаруватої структури алюмосилікату – монтморилоніту та вивчення характеру взаємодії монтморилоніту з натрій оксалатом, ADBAC.

3. Визначені фізико-технічні властивості синтезованих бентонітових функціональних наповнювачів, значення яких повністю відповідають техніко-економічним та екологічним вимогам до наповнювачів у складі лакофарбових матеріалів.

4. Одержано нанокompозиційний лакофарбовий матеріал – індустриальну протикорозійну нанокompозиційну хімічно стійку емаль, в якій застосовані синтезовані функціональні наповнювачі.

5. Проведено порівняльний аналіз властивостей матеріалів і покриттів, що дозволяє зробити висновок щодо відповідності одержаних характеристик ТУ У 20.3-34328580-006:2020.

6. Визначено фактори, які обумовлюють покращення показників відносної твердості покриттів, стійкості до удару, хімічної стійкості, зменшення часу тверднення покриттів.

7. Розроблено заходи з ресурсо та енергозбереження в технології одержання нанокompозиційної індустриальної протикорозійної хімічно стійкої емалі.

8. Виконані розрахунки матеріального балансу, необхідної кількості устаткування.

9. Розраховано економічний ефект науково-дослідної роботи.

10. Визначено перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників при виробництві емалі, надано характеристику шкідливих речовин, що використовуються у виробництві та передбачені заходи щодо охорони праці та навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Brock T. European Coatings Handbook / T. Brock, M. Groteklaes, P. Mischke. – Hannover: Vincentz Network, 2010. – 548 p.
2. Goldschmidt A. BASF handbook on basics of coating technology / A. Goldschmidt, H.-J. Streinberg. – Munster: Vincentz Network, 2007. – 792 p.
3. Poth U. Polyester and Alkyd Resins / U. Poth. – Hannover: Vincentz Network, 2005. – 233 p.
4. Deligny P. Resins for surface coatings. Alkyds and Polyesters / P. Deligny, N. Tuck. – Weinheim: Wiley, 2001. – 161 p.
5. Madbouly S.A. Bio-based plant oil polymers and composites / S.A. Madbouly, C. Zhang, M.R. Kessler. – Amsterdam: Elsevier, 2016. – 217 p.
6. Осейко, М. І. Технологія рослинних олій : підручник / М. І. Осейко. – Київ: Варта, 2006. - 280 с.
7. Гетьманчук Ю.П. Хімія та технологія полімерів (підручник) / Ю.П. Гетьманчук, М.М. Братичак. – Львів: «Львівська політехніка», 2009. – 420 с.
8. «Технічний регламент щодо обмеження викидів летких органічних сполук унаслідок використання органічних розчинників у лакофарбових матеріалах для будівель та ремонту колісних транспортних засобів». (Режим доступу: <http://surl.li/mqxaj>).
9. «Технічний регламент обмеження використання свинцю у лакофарбових матеріалах і сировинних компонентах». (Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-2021-%D0%BF#Text>).
10. Stoye D. Paints Coatings and Solvents / D. Stoye, W. Freitag. – Weinheim: Wiley, 2007. – 528 p.
11. Bieleman J. Additives for Coatings / J. Bieleman. – Weinheim: Wiley, 2000. – 372 p.
12. Фарби та лаки. Терміни та визначення понять: ДСТУ ISO 4618 : 2014.– [Чинний від 16. 09. 2014]. – Офіц. вид. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. – 51 с.

13. Плівкоутворювачі для фарб та лаків. Алкідні смоли. Частина 1. Загальні методи випробувань: ДСТУ EN ISO 6744-1:2022. – [Чинний від 31. 12. 2023].– Офіц. Вид. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2023.–12 с.

14. Naseem, R. Removal of Pb (II) from aqueous/acidic solutions by using bentonite as adsorbent / R. Naseem, S.S. Tahir// Wat. Res. – 2001. – Vol. 35, №16. – P. 3982–3986.

15. Eren, E. Removal of basic dyes using raw and acid-activated bentonite samples / E. Eren, B. Afsin // J. of Hazard.Mat. – 2009. – Vol. 166, №2. – P. 830–835.

16. Саввова О. В. Інноваційні матеріали та речовини в хімічній інженерії: конспект лекцій для студентів 1 курсу денної форми навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія / О. В. Саввова; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 105 с.

17. Основи біоматеріалознавства : навч. посіб. / О. В. Саввова, Г. К. Воронов, О. І. Фесенко, О. І. Пилипенко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 202 с.

18. Саввова О. В. Інноваційні матеріали та речовини в хімічній інженерії : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія / О. В. Саввова, О. В. Бабіч ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 92 с.
<https://eprints.kname.edu.ua/73237/>

19. Воронов Г. К. Енерго- та ресурсозбереження у хімічних виробництвах : конспект лекцій для студентів для студентів 1 курсу денної форми навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія. Г. К. Воронов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 118 с.

20. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року. Указ Президента України, № 722/2019, від 30.09.2019. Режим

доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>, (дата звернення – 19.09.2024 р.).

21. Цілі сталого розвитку: Україна: національна доповідь. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf>, (дата звернення – 19.09.2024 р.).

22. План відновлення України. URL: <https://recovery.gov.ua/> (дата звернення: 11.11.2024).

23. Гуріна Г.І., Каратєєв А.М. Спосіб вибілювання бентоніту. Патент на корисну модель № 114543. Заявка № u201609681 від 19.09.2016

24. Breen, C. Acid-activated organoclays: preparation, characterization and catalytic activity of polycation-treated benton-ites / C. Breen, R. Watson // Appl. Clay Sci. – 1998. – Vol. 12, №6. – P. 479–494.

24. Караваєв Т. А., Осика В. А., Комаха В. О., Калуга Н. В., Ткачук В. В., Сікорський О. О. Процеси хімічної взаємодії в системі мінеральний наповнювач–модифікатор–плівкоутворювач. Питання хімії та хімічної технології. 2019. № 6. С. 83–91. DOI: 10.32434/0321-4095-2019-127-6-83-91

25. Christidis, G.E. Acid activation and bleaching capacity of bentonites from the islands Milos and Chios, Aegean, Greece / G.E. Christidis, P.W. Scott, A.C. Dunham // Appl. Clay Sci. – 1997. – Vol. 12, №4. – P. 329–347.

26. Eloussaief, M. Efficiency of natural and acid-activated clays in the removal of Pb (II) from aqueous solutions / M. Elous-saief, M. Benzina // J. of Hazard. Mat. – 2010. – Vol. 178, №1–3. – P. 753–757.

27. Hart, M.P. Surface acidities and catalytic activities of acid-activated clays / M.P. Hart, D.R. Brown // J. of Molecular Catalysis A: Chemical. – 2004. – Vol. 212, №1–2. – P. 315–321.

28. Suarya, R. Interkalasi tetraetil ortosilicate (TEOS) para lempung teraktifasi asam sulfat dan pemanfaatannya sebagai adsorben warna limbah garmen / R. Suarya, A.A. Bawa Putra, dan Devi Wisudawan // Jurnal Kimia. – 2010. – Vol. 1, №4. – P. 43–48.

29. Novaković, T. Synthesis and characterization of acid-activated Serbian smectite clays obtained by statistically designed experiments / T. Novaković, L. Rozić, S. Petrović et al. // J. Chem. Eng. – 2008. – Vol. 137, №2. – P. 436–442.

30. Адсорбційні характеристики нанопористого монтморилоніту, активованого фосфорною кислотою/ Л.І. Бельчинська, К.О. Козлов, С.С. Читечан // Фізикохімія поверхні та захист металів. – 2008. – Т. 44, №3. – С. 295–299.

31. Salem, A. Physicochemical variation in bentonite by sulfuric acid activation / A. Salem, L. Karimi // Korean J. Chem. Eng. – 2009. – Vol. 26, №4. – P. 980–984.

32. Characterization of acid activated montmorillonite clay from Tuulant (Mongolia) / J. Temuujin, Ts. Jadambaa, J. Burmaa et al. // Ceramics International. – 2004. – Vol. 30, №2. – P. 251–255.

33. Breen, C. Acid activated organoclays: preparation, characterization and catalytic activity of acid treated tetraalkylammonium exchanged smectites / Breen C., Watson R., Madejová J. et al. // Langmuir. – 1997. – Vol. 13, №24. – P.6473–6479.

34. Heyding, R.D. Acid activation of montmorillonite / R.D. Heyding, R. Ironside, A.R. Norris // Can. J. Chem. – 1960. – Vol.38, №4. – P. 1003–1015.

35. Sadek, O.M. Ca-montmorillonite clay as thermal energy storage material // O.M. Sadek, W.K. Makhamer // Thermochim. Acta. – 2000. – Vol. 363, №1–2. – P. 47–54.

36. Гуріна Г. І., Кот А. Г., Довгопол А. В., Карасава С. О., Лакофарбові матеріали для захисту металоконструкцій від корозії, Бекетівські хімічні читання. Теорія та практика кризових ситуацій : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищ. освіти і молодих учених, Харків, 12–14 лют. 2025, с.88–91, м. Харків

https://chem.kname.edu.ua/images/Beketov_konf/2025/BHC_2025.pdf

25. Гуріна Г. І., Кот А. Г., Довгопол А. В., Казанська Н. О. Технології нових функціональних матеріалів на основі алюмосилікатів шаруватої структури, Бекетівські хімічні читання. Теорія та практика кризових ситуацій : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищ. освіти і молодих учених, Харків, 12–14 лют. 2025, с.41-46, м.Харків
https://chem.kname.edu.ua/images/Beketov_konf/2025/BHC_2025.pdf

26. Гуріна Г. І., Довгопол А. В., Шупрова І. В, Дослідження наноконпозиційних лакофарбових матеріалів, XVII Всеукраїнська наукова конференція студентів та аспірантів "Хімічні Каразінські читання - 2025" (ХКЧ'25), (29 квітня 2025 року, м. Харків),тези доповідей, с. 17-19
<https://chemistry.karazin.ua/files/Abstracts%20%D0%A5%D0%9A%D0%A7%2025.pdf>

27. Gurina G., Dovgopol A., Kot A. TECHNICAL ASPECTS OF PAINT AND VARNISH MATERIALS BASED ON LAYERED ALUMINOSILICATES
 // Future of science: innovations and perspectives. Proceedings of the 4th International scientific and practical conference. SSPG Publish. Stockholm, Sweden. 2025. Pp. 95-99.
 URL: <https://sci-conf.com.ua/iv-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-future-ofscience-innovations-and-perspectives-23-25-02-2025-stokgolm-shvetsiya-arhiv/>.

28. Abdullah S., Azizi A., Yahya E., Sauki A., Ghazali N. A., Jamaludin S. K., Mohamad Daud A. R. The Effects of Particle Size and Viscosity on Settling Behaviour and Rheological Performance of Isopropyl Laurate Drilling Fluid. Advanced Materials Research. 2015. Vol. 1113. P. 161–167. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amr.1113.161.

29. Abramenzov A. D. et al. Research on diffusion of Mo substrate atoms into Ti and Cr thin films by secondary ion-ion emission method. National Scientific Centre Kharkov Institute of Physics and Technology. 2012. 3 p.

30. Akpan E. U., Enyi G. C., Nasr G. G. Enhancing the performance of xanthan gum in water-based mud systems using an environmentally friendly

biopolymer. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2020. DOI: 10.1007/s13202-020- 00837-0.

31. Arai K., Shikata T. Hydration/Dehydration Behavior of Hydroxyethyl Cellulose Ether in Aqueous Solution. Molecules. 2020. Vol. 25. № 20. P. 4726. DOI: 10.3390/molecules25204726.

32. Bellotti N., Deyá C. Waterborne functional paints to control biodeterioration. Handbook of Waterborne Coatings. 2020. P. 155–179. DOI: 10.1016/b978-0-12- 814201-1.00007-x.

39. Kosenko I.V., Shapoval V.M., Dovgopol A.S, Resource conservation in SW-material technologie, Матеріали XVIII Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції «Сталий розвиток міст:поствоєнний період» (90-а науково-технічна конференція ХНУМГ ім. О. М. Бекетова) 2025 р., с.198-200 https://science.kname.edu.ua/images/dok/konferentsii/stalyirozvytok2019/2025/C%202_Energeticna%20informacijna%20ta%20transportna%20infrastruktura_25.pdf

40. Kosenko I.V., Shapoval V.M., Dovgopol A.S, Gurina G.I., Paint materials for military equipment, Матеріали XVIII Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції «Сталий розвиток міст:поствоєнний період»2025 р., ЧАСТИНАII,с.208-210 https://science.kname.edu.ua/images/dok/konferentsii/stalyirozvytok2019/2025/C%202_Energeticna%20informacijna%20ta%20transportna%20infrastruktura_25.pdf

41. Gurina G., Druzhynin Ye, Innovative functional paint materials, Science and society: modern trends in a changing world. Proceedings of the 12th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Vienna, Austria. 2024. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/xii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-science-and-society-modern-trends-in-a-changing-world-28-30-10-2024-viden-avstriya-arhiv/>

42. Гуріна, Г.І., Кот, А. Г., Капліна К. В., Владико О,О. Окисно-відновний механізм видалення Fe(III) оксиду з монтморилоніту, Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Інноваційні дослідження у наукових робо-тах студентів Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. :

Innovation researches in students' scientific work : зб. наук. пр. – Харків : ХТУ "ХПІ", 2023. – № 2. – С. 48-57. <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2023.02.07>

43.. K.V., B., Shirvanimoghaddam, K., Rajan, G. S., Ellis, A. V., & Naebe, M.: Surface treatment of Basalt fiber for use in automotive composites. *Materials Today Chemistry* 17, 100334 (2020).

44. Dittanet, P., & Pearson, R. A.: Effect of silica nanoparticle size on toughening mechanisms of filled epoxy. *Polymer* 53(9), 1890-1905 (2012).

45. Neal R. Brodnik, Chun-Jen Hsueh, Katherine T. Faber, Blaise Bourdin, Guruswami Ravichandran, Kaushik Bhattacharya: Guiding and Trapping Cracks With Compliant Inclusions for Enhancing Toughness of Brittle Composite Materials. *J. Appl. Mech. Mar.* 87(3) (2020).

46. Lajtai, E. Z.: A theoretical and experimental evaluation of the Griffith theory of brittle fracture *Tectonophysics*, 11 (2), 129-156 (1971)

47. H.A. Visser, F. Caimmi, A. Pavan.: Characterising the fracture toughness of polymers at moderately high rates of loading with the use of instrumented tensile impact testing. *Eng Fract Mech* 101, 67-79 (2013)

48. M.H. Kothmann, R. Zeiler, A. Rios de Anda et al. Fatigue crack propagation behaviour of epoxy resins modified with silicananoparticles. *Polymer* 60, 157-163 (2015)

49. Sapronov O.O., Buketov A.V., Zinchenko D.O., Yatsyuk V.M.: Features of structural processes in epoxy composites filled with silver carbonate on increase in temperature. *Composites: Mechanics, Computations, Applications. An International Journal.* 8(1), 47-65 (2017).

50. Владико О.О., Головка А.О., Білик Г.В. Комплексний інгібітор корозії на основі ферум (II) фосфату. Матеріали XVI Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції «Сталий розвиток міст», 21-22 квітня 2023 р., ХНУМГ, м. Харків с. 233-235

51. Владико О.О., Головка А.О., Білик Г.В. Дослідження впливу складу нанокмпозиційних матеріалів на їх властивості. Матеріали XVI Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції «Сталий розвиток міст», 21-22 квітня 2023 р., ХНУМГ, м. Харків с. 231-232

52. Гуріна Г.І., Білик Г.В., Лиска А.С. Синтез гібридних пігментів на основі бентоніту та полімеинових барвників.. XVIII Всеукраїнська наукова конференція студентів та аспірантів "Хімічні Каразінські читання - 2026"(ХКЧ'26),с.17-19

53. Gurina G.I., Bilyk G., Lyska A. Hammer paints with bactericidal effect developmet and properties. Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій в умовах кризових ситуацій та сучасних викликів : матеріали Міжнар. науково-практичної інтернет-конф., Харків, 14–16 квітня 2026 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госпва ім. О. М. Бекетова. – 2026. – С.46-50.

54. Gurina G.I., Kot A. G., Bilyk G. Prospects for the Use of Polymer Composites in High-Performance Coating Systems Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій в умовах кризових ситуацій та сучасних викликів : матеріали Міжнар. науково-практичної інтернет-конф., Харків, 14–16 квітня 2026 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госпва ім. О. М. Бекетова.-2026- С.184-188.

55..Економічна теорія / Під редакцією Предборського В. А. – Київ : Кондор, 2003. – 492 с.

56. Економіка підприємства : підручник / під заг. ред. д.е.н., проф. Ковальської Л.Л. та проф. Кривов'язюка І.В. – Київ : Видавничий дім «Кондор», 2020. – 700 с.

57. Бойчик І. М. Економіка підприємства: підручник. / І. М. Бойчик. – Київ : Видавництво «Кондор», 2016. – 378 с.

58. Закон України " Про охорону праці" від 21 листопада 2002 року № 229-IV

59. НАПБ Б 07.005 - 86. Визначення категорій приміщень та будівель по вибухо-пожежебезпеці та пожежній небезпеці.

60. ДБН В.1.1 -7 - 2002 Пожежна безпека об'єктів.

61. НПАОП 40.1 – 1.32 – 01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.

62. НПАОП 40.1 – 29 Правила захисту від статичної електрики.

ДОДАТОК А

ПУБЛІКАТИВНА АКТИВНІСТЬ ЗДОБУВАЧА

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДУ НАНОКОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ

Владико О.О., Головка А.О., Білик Г.В.

Науковий керівник – Гуріна Г.І., канд. хім. наук, доцент

Одержано лакофарбові наноконпозиційні матеріали на основі вуглецевих нанотрубок як каталізаторів, шаруватих алюмосилікатів як наповнювачів, протикорозійних пігментів та агентів реології, детонаційних наноалмазів як наповнювачів водно дисперсійних матеріалів для покращення теплостійкості, зносостійкості покриттів, аеросилу як наповнювача декоративних органорозчинних матеріалів.

Досліджено фізико-механічні, реологічні, оптичні властивості матеріалів та покриттів і сформульовані рекомендації щодо сфер застосування наноконпозиційних лакофарбових матеріалів.

Встановлено, що застосування водних середовищ з вуглецевими нанотрубками у кількості 1% для процесу емульсійної полімеризації при одержанні акрилових водних дисперсій дозволяє зменшити термін полімеризації в 1.5 рази порівняно з часом полімеризації акрилових мономерів при застосуванні води без вуглецевих нанотрубок. Вплив вмісту вуглецевих нанотрубок на зміну фізико-механічних властивостей пігментованих водно-дисперсійних лакофарбових матеріалів та покриттів не виявлений при різних концентраціях нанотрубок від 0.1 до 0.5%.

Розроблено технологію одержання наповнювачів для лакофарбових матеріалів білого кольору із застосуванням комових природніх бентонітових глин як сировинних компонентів при видаленні сполук Fe^{+3} та Fe^{+2} шляхом відновлення у кислому середовищі при $pH \leq 3$ та нейтралізації водних суспензій наповнювачів такими речовинами як NaOH, $NaHCO_3$, $(-CH_2=CH_2NH-)_n$ [1].

Вивчено вплив добавок наповнювачів на основі монтморилоніт вмісних шаруватих алюмосилікатів на властивості таких пігментованих матеріалів як ПФ-115, ПФ-266, ГФ-021, ГФ-0119 при заміні рецептурних кількостей традиційних наповнювачів новими.

Рисунок А1 – «Сталий розвиток міст»: матеріали XVI Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції, 21-22 квітня 2023 р., ХНУМГ, м. Харків с. 231-232

https://science.kname.edu.ua/images/dok/konferentsii/staliyrozvytok2019/2023/Ch2_Bydivnyctvo_1-421.pd

КОМПЛЕКСНИЙ ІНГІБІТОР КОРОЗІЇ НА ОСНОВІ ФЕРУМ (II) ФОСФАТУ

Владико О.О., Головка А.О., Білик Г.В.

Науковий керівник – Гуріна Г.І., канд. хім. наук, доцент

Орієнтація лакофарбової галузі на випуск екологічно чистих матеріалів обумовлює необхідність застосування нових екологічно безпечних протикорозійних пігментів та наповнювачів [1].

Розробка методу синтезу протикорозійних пігментів на основі природних бентонітів України є актуальною задачею. Новизна роботи полягає в активації комової бентонітової глини ортофосфорною кислотою з наступною нейтралізацією одержаних фосфат модифікованих бентонітів амінами різної природи.

До групи протикорозійних відносять пігменти, що знижують інтенсивність корозійного процесу на межі «покриття – металева поверхня», як самі по собі, так і за рахунок зменшення дифузії корозійних агентів (води, кисню та інших корозійно-активних газів - Cl_2 , SO_3 , H_2S) з навколишнього середовища до поверхні металів, що фарбують. Здатність пігментів гальмувати корозійний процес на межі метал - покриття обумовлено гальмуванням анодного, катодного або одночасно обох процесів електрохімічної корозії. Гальмування корозійного процесу досягається за рахунок або збільшення поляризації електродних процесів, або утворення пасивних плівок фазового або адсорбційного характеру. В останньому випадку, плівка, яка утворюється, зменшує енергію Гібса системи метал - покриття і ускладнює іонізацію металу, тобто, перехід атомів з кристалічної решітки металу в розчин електроліту. Пігменти - інгібітори анодного процесу ускладнюють або запобігають процесу іонізації металу. Вони здатні виділяти іони, які утворюють на поверхні анодних ділянок пасивуючі плівки, які ізолюють поверхню металу. Утворення пасивуючої плівки відбувається в результаті адсорбції іонів, які виділяються пігментом, з іонами металу. До такого роду пігментів відносяться свинцеві та цинкові крони, силікохромат свинцю, свинцевий сурик, які містять токсичні катіони Pb^{2+} та Cr^{6+} .

До перспективних пігментів протикорозійного призначення відносяться мало вивчені, з'єднання, що не містять токсичних і за забруднюючих довокіль компонентів, таких, як хром (VI) і свинець.

Рисунок А2 - «Сталий розвиток міст»: матеріали XVI Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції, 21-22 квітня 2023 р., ХНУМГ, м. Харків с. 233-235

https://science.kname.edu.ua/images/dok/konferentsii/stalyirozvytok2019/2023/Ch2_Bydivnyctvo_1-421.pdf

СИНТЕЗ ГІБРИДНИХ ПІГМЕНТІВ НА ОСНОВІ БЕНТОНІТУ ТА ПОЛІМЕТИНОВИХ БАРВНИКІВ

Гуріна Г. І., Білик Г. В., Лиска А. С.

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова

Galyna.Gurina@kname.edu.ua

Сучасні дослідження у галузі функціональних матеріалів спрямовані на створення стабільних, екологічно безпечних та високоефективних пігментів [1-3]. Особливу увагу привертають гібридні органо-неорганічні системи, сформовані на основі органічних барвників та мінеральних матриць, які не містять свинець у своєму складі, що актуально у зв'язку євроінтеграційними процесами в економіці України і заборобою використання свинцевмісних пігментів у складі лакофарбових матеріалів [3]. Поліметинові барвники є одним з найпоширеніших класів синтетичних органічних барвників завдяки інтенсивному забарвленню, високій світлостійкості та широкому спектру застосувань. Водночас їх недоліками є низька термічна стабільність, розчинність та схильність до вимивання, що обмежує їх використання у вигляді пігментів. Одним із перспективних підходів до вирішення цієї проблеми є іммобілізація барвників у структурі шаруватого алюмосилікату монтморилоніту, що забезпечить стабілізацію молекул барвника та формування гібридних пігментних систем.

Метою цієї роботи є синтез гібридних пігментів на основі поліметинових барвників і монтморилоніту, дослідження їх властивостей та створення лакофарбових матеріалів із їх використанням. У роботі як органічні компоненти

Рисунок А5 - XVIII Всеукраїнська наукова конференція студентів та аспірантів "Хімічні Каразінські читання - 2026" (ХКЧ'26) (28 квітня 2026 року, м. Харків)
с. 17-19 https://chemistry.karazin.ua/files/HKCH_2026.pdf

UDC 667.6

**HAMMER PAINTS WITH BACTERICIDAL EFFECT: DEVELOPMENT
AND PROPERTIES****Gurina G.I.**

candidate of chemical sciences, associate professor, associate professor;

Bilyk G.V.

Student

Lyska A.S.

Student

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Galyna.Gurina@kname.edu.ua

The increasing prevalence of pathogenic microorganisms on work surfaces has stimulated intensive research into antimicrobial coatings. Decorative and protective coatings with bactericidal properties are particularly important in public places, healthcare facilities and industrial environments. Hammer paints are widely used for metal protection due to their high strength, corrosion resistance and textured surface that masks defects in the surface to which the paint is applied. This work analyzes the possibility of creating hammer paints with bactericidal effect by incorporating antimicrobial additives, such as metal ions and nanoparticles. The study summarizes the technological aspects of coating formulation and potential practical applications. It is shown that the integration of bactericidal components into hammer coatings can significantly improve hygienic safety while maintaining the mechanical and decorative properties of the material.

Surface contamination by microorganisms plays a crucial role in the transmission of infectious diseases. Frequently touched surfaces in hospitals, public transportation, and industrial facilities can serve as reservoirs for bacteria and viruses.

Рисунок 6А - Gurina G.I., Bilyk G., Lyska A. Hammer paints with bactericidal effect developmet and properties. Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій в умовах кризових ситуацій та сучасних викликів : матеріали Міжнар. науково-практичної інтернет-конф., Харків, 14–16 квітня 2026 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госпва ім. О. М. Бекетова. – 2026. – С.46-50.
<https://eprints.kname.edu.ua/76322/>

UDC 667.6

PROSPECTS FOR THE USE OF POLYMER COMPOSITES IN HIGH-PERFORMANCE COATING SYSTEMS

Gurina G.I.,

candidate of chemical sciences, associate professor, associate professor;

Kot A. G.,

Executive director Algol Chemicals, Latvia;

Bilyk G. V.

Student

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Galyna.Gurina@kname.edu.ua

Modern industrial development requires advanced protective and functional materials capable of withstanding harsh environmental conditions. Polymer composite materials are increasingly used in high-performance coating systems due to their improved mechanical, chemical, and barrier properties. The integration of functional fillers, nanomaterials, and hybrid organic-inorganic structures significantly improves the efficiency of coating systems. This article analyzes the potential for using polymer composites in high-performance coating systems, focusing on their structural features, advantages, and current research trends. The study highlights the role of nanocomposite technologies, functional fillers, and advanced polymer matrices in enhancing the corrosion resistance and versatility of coatings.

Protective coatings play a crucial role in modern mechanical engineering, aviation, construction, aerospace, automotive, and chemical industries. Their primary function is to protect surfaces from corrosion, wear, chemical degradation, and environmental influences. Traditional coating systems often have limitations related to durability, adhesion, thermal stability, and resistance to aggressive environments.

Рисунок 7А - Gurina G.I., Kot A. G., Bilyk G. Prospects for the Use of Polymer Composites in High-Performance Coating Systems Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій в умовах кризових ситуацій та сучасних викликів : матеріали Міжнар. науково-практичної інтернет-конф., Харків, 14–16 квітня 2026 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госпва ім. О. М. Бекетова.-2026- С.184-188.<https://eprints.kname.edu.ua/76322/>

ДОДАТОК Б

 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК БІСЕРНОГО МЛИНА

Дані введені в програму

теплоємкість бісеру прийнята (кДж/кг*К) .796

Дані пасти для диспергування

Компоненти, віссоток в пасті, теплоємкість Кдж/кг*К

См 188 26.59

ДБФ 11.15

ТКФ 11.15

Тальк 9.29

ZnO 4.65

TiO₂ 37.17

Температура диспергування, град.С 40

Маса контейнера з мішалкою, кг 200

***** ДАНІ РОЗРАХУНКУ *****

Тепло, що витрачається на виготовлення 1т емали, кДж 7877.585

Тепло на нагрів бісеру, кДж 1560160

Тепло на нагрів контейнера з мішалкою, кДж 1407.84

Загальна кількість тепла з надлишком 10% втрат, кДж 1726390

Кількість води, необхідна для охолодження суспензії,

Для 1т емалі в кг-39140.57

Теплоємкість суспензії 1.674657

Потужність Е/Двигуа, кВт 2164.335

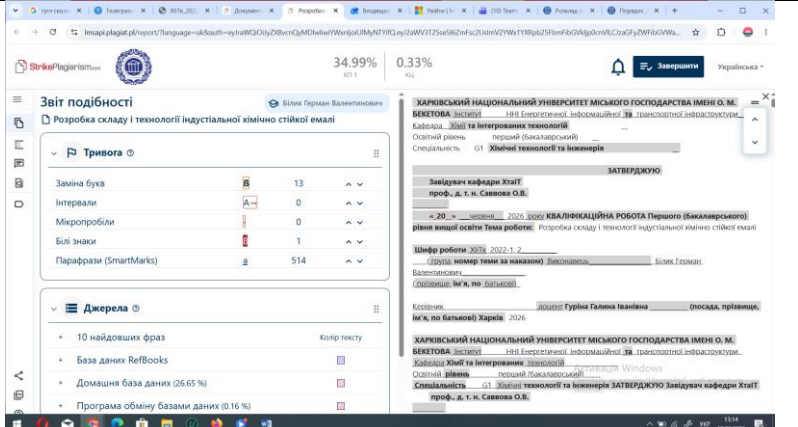
Енергія Е/дв, що витрачається на тепловтрати, кДж 86400

ДОДАТОК В

ДОВІДКА

щодо перевірки кваліфікаційної роботи студента
в інформаційній онлайн-системі «StrikePlagiarism»

Дані про кваліфікаційну роботу студента

1	П.І.Б. студента	Білик Герман Валентинович
2	Група, курс, інститут	XIIТк 2022-1
3	Спеціальність, освітня програма, форма навчання	161 Хімічні технології та інженерія, Хімічні технології та інженерія, денна
4	Назва роботи	Розробка складу і технології індустріальної хімічно стійкої емалі
5	Ідентифікаційний код в системі	334322370
6	Керівник роботи	Гуріна Галина Іванівна
7	Дата перевірки	15 червня 2026 р.
8	За результатами перевірки оригінальний текст в роботі складає (%)	65
9	Копія з екрану	

2. Пояснення щодо відсотку тексту, який не є оригінальним
– елементи правомірних запозичень

Виявлені запозичення	Відмітка про наявність
Регламентовані компоненти оформлення роботи (титульний аркуш, бланк завдання; встановлені назви розділів; назви ЗВО, кафедри тощо)	так
Власні назви установ, організацій; власні імена; назви програмних продуктів; торгові марки обладнання; матеріалів та речовин тощо	так
Загальноприйняті наукові положення, основоположні теоретичні принципи	так
Усталені словосполучення або описи процесів, характерні для сфери знань відповідно до тематики розділів роботи	так
Бібліографічні посилання на джерела	так
Цитування, оформлене відповідно до вимог, в тому числі раніше опублікованих власних досліджень автора	ні
інше	ні

– елементи неправомірних запозичень, що є академічним плагіатом

Виявлені запозичення	Відмітка про наявність
Цитування, яке не оформлене відповідно до вимог, в тому числі раніше опублікованих власних досліджень автора	ні
Подання колективної роботи як індивідуальної або роботи іншого автора як власних досліджень; використання чужих висновків або аналізу без відповідного цитування	ні
Підміна оригінальних джерел вигаданими; спотворення джерел або даних для підтвердження думки чи гіпотези автора; видалення небажаних результатів із набору даних	ні
Переклад іноземних джерел без посилання	ні
Наявність текстових спотворень для маскування цитування без посилання (парафраз, синонімізація, зміна структури тексту при збереженні змісту)	ні
інше	ні

* наявність хоча б одного елементу неправомірних запозичень, що є академічним плагіатом, розглядається як підстава для направлення кваліфікаційної роботи для доопрацювання або відхилення залежно від коефіцієнту оригінальності

Довідку склав
15.06.2026 р.



Скрипинець Анна Василівна

Склад комісії: (з врахуванням недопущення конфлікту інтересів):
Голова комісії:

завідувачка кафедри хімії та інтегрованих технологій Саввова Оксана Вікторівна.

Члени комісії:

доцент кафедри хімії та інтегрованих технологій Скрипинець Анна Василівна,
доцент кафедри хімії та інтегрованих технологій Пилипенко Олексій Іванович;
доцент кафедри хімії та інтегрованих технологій Бабіч Олена Вікторівна;
здобувачка вищої освіти другого (магістерського) рівня Яковлева Поліна Єгорівна.