

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи за темою
«Матеріальні розрахунки в технологічних процесах
виробництва лакофарбових матеріалів»

для студентів спеціальності
161 «Хімічні технології та інженерія»

Затверджено
Вченою радою
Навчально-наукового інституту
хімічних технологій та інженерії
протокол № 5 від 26.01.2023

Харків
НТУ «ХП»
2023

Методичні вказівки до самостійної роботи за темою «Матеріальні розрахунки в технологічних процесах виробництва лакофарбових матеріалів» для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»/уклад. Корягін А.Г., Крамаренко В. Ю., Нескорожена Г. Д. – Харків : НТУ «ХП», 2023. – 26 с.

Укладачі: А. Г. Корягін
В. Ю. Крамаренко
Г. Д. Нескорожена

Рецензент О. Й. Міхедькіна

Кафедра органічної хімії, біохімії, лакофарбових матеріалів та покриттів

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Ознакою стану лакофарбових технологій України є сталий розвиток виробництва та застосування сучасних лакофарбових матеріалів (ЛФМ); розширення їх асортименту з метою одержання високоякісних захисно-декоративних покриттів широкої сфери застосування.

Виробництво ЛФМ розподіляється на два основні типи технологічних процесів:

- виробництво плівкоутворювачів та плівкоутворювальних систем на їх основі;

- виробництво пігментованих ЛФМ (фарби, емалі, ґрунтовки, шпаклівки).

Початок виробництва будь-якого нового типу ЛФМ передбачає цілу низку обов'язкових процедур, зокрема, складання технологічного регламенту виробництва.

Однією зі складових технологічного регламенту виробництва є матеріальні розрахунки, які полягають у складенні матеріального балансу виробництва ЛФМ.

Основною метою складання матеріального балансу є визначення витратних норм сировинних компонентів рецептури ЛФМ на виробництво одиниці продукції – 1000 кг.

Результати розрахунку у вигляді витратних норм виробництва є основою для проведення економічних розрахунків, зокрема, собівартості продукції за сировинними компонентами.

З технологічної точки зору матеріальні розрахунки дозволяють проаналізувати матеріальні потоки, втрати та відходи виробництва, проблемні місця технологічного процесу, тощо.

Матеріальні розрахунки щодо виробництва ЛФМ є застосовними в навчальному процесі під час виконання розрахунково-графічних завдань, курсових робіт та дипломних проектів.

2. СКЛАДАННЯ МАТЕРІАЛЬНИХ БАЛАНСІВ ВИРОБНИЦТВА ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1. Вихідні дані до розрахунків та форма представлення матеріального балансу виробництва

Матеріальний баланс виробництва ЛФМ складається на основі таких вихідних даних: технологічна схема виробництва ЛФМ із зазначенням стадій технологічного процесу та об'єму основних типів технологічного обладнання; завантажувальні рецептури за стадіями технологічного процесу; передбачувані постадійні втрати.

Матеріальний баланс складається на один технологічний цикл (виготовлення однієї партії продукції із застосуванням даної технологічної схеми виробництва). При цьому на кожній стадії технологічного процесу за завантажувальною рецептурою визначається кількість компонентів, що завантажуються, втрати та вихід за матеріальними потоками виготовлення кінцевого продукту. Дані розрахунків оформлюються у вигляді таблиці, форма якої наведена у додатку А (таблиця А.1).

На основі матеріального балансу виробництва продукції за один технологічний цикл розраховуються витратні норми сировинних компонентів на виробництво 1000 кг готової продукції. Результати розрахунків представляються у формі зведеної таблиці матеріального балансу (додаток А, таблиця А.2).

2.2. Особливості складання матеріальних балансів залежно від типу технологічного процесу

Для технологічних процесів, у межах яких рух матеріальних потоків відбувається з одного типу обладнання до іншого, при цьому поступово вводяться ті чи інші сировинні компоненти, матеріальний баланс складається наскрізно (послідовно за стадіями технологічного процесу із залученням відповідних типів технологічного обладнання).

У лакофарбових технологіях до таких типів відносяться технологічні процеси одержання плівкоутворювачів та плівкоутворювальних систем на їх основі.

Для технологічних процесів із розгалуженою технологічною схемою з виготовленням в окремих типах обладнання напівпродуктів для подальшого складання кінцевого продукту, реалізується інший підхід до складання матеріального балансу виробництва.

На кожен етап виготовлення напівпродуктів (на кожен тип відповідного обладнання) складається свій матеріальний баланс на один технологічний цикл, із подальшим перерахунком витрат на 1000 кг напівпродукту (визначення витратних норм). Ці витратні норми враховуються під час складання зведеної таблиці матеріального балансу виробництва кінцевого продукту.

У лакофарбових технологіях до таких типів відносяться технологічні процеси виробництва пігментованих лакофарбових матеріалів, які передбачають одержання пігментних паст як напівпродуктів.

2.3. Підходи до визначення втрат протягом технологічного процесу виробництва

Втрати під час виробництва розподіляються на прямі втрати сировинних компонентів, втрати у вигляді побічних продуктів під час синтезу певних типів плівкоутворювачів, втрати під час переміщення, фільтрування та фасування продукції, тощо.

Прямі втрати сировинних компонентів мають місце під час завантаження на певних стадіях технологічного процесу. Ці втрати залежать від низки чинників: кількості завантажувального сировинного компонента; його агрегатного стану; ємності тари, в якій надходить сировина; в'язкості та леткості рідкої сировини.

Існують наступні підходи до визначення прямих втрат під час завантаження твердих сировинних компонентів:

- втрати твердої сипкої сировини, що надходить на виробництво у паперових або поліетиленових мішках вагою до 50 кг, можуть складати 200 ± 50 г на кожен мішок;
- втрати твердої сировини, що надходить у гумово-кордових контейнерах, у два рази менше у перерахунку на одну тону сировини;
- втрати твердої сировини, що підлягає здрібненню перед завантаженням, приймають у два-три рази більшими, ніж у разі її надходження в сипкому вигляді в мішках;
- у разі попереднього топлення твердої сировини перед завантаженням, її втрати приймають відповідними втратами сипкої сировини в мішках.

Підходи до визначення прямих втрат під час завантаження рідких сировинних компонентів:

- у разі надходження сировини в залізничних цистернах із наступним перекачуванням її зі складу до виробництва трубопроводом, втрати становлять біля двох кілограмів на одну тону;

- у разі надходження сировини в бочках ємністю 200-300 літрів втрати становлять 5-10 кг на одну тону;

- втрати сировини з підвищеною в'язкістю (олії, гліцерин, тощо) можуть складати 2-3 кг на бочку за рахунок неповного спорожнення тари;

- втрати летких рідин (розчинників) у разі завантаження трубопроводом із застосуванням рідинних лічильників становлять 2-5 кг та тону сировинного компонента.

Прямі втрати сировинних компонентів у технологічних процесах виробництва плівкоутворювачів можуть виникати також на стадії їх синтезу.

Ці втрати мають індивідуальний характер, що пов'язано з природою рецептурних компонентів, умовами проведення синтезу (температура та тривалість витримки реакційної маси під час синтезу). Типовий приклад – технологічний процес одержання поліестерних плівкоутворювачів.

Втрати рецептурних компонентів пов'язані або з їх вилученням із зони реакції з реакційною водою (гліколі, фталевий ангідрид), або з можливою їх деструкцією (поліоли та рослинні олії під час синтезу алкідних олігомерів на стадії переестерифікації).

Втрати гліколей досягають 7-10%; втрати фталевого ангідриду залежать від способу вилучення реакційної води і можуть становити 15-20% під час вилучення води вакуумуванням, 1-3% під час азеотропного способу вилучення води. Під час синтезу алкідів втрати на стадії переестерифікації можуть становити 3-5%.

Загальні підходи до зниження втрат – оптимізація процесів синтезу з метою зменшення температурних параметрів; конструктивні особливості постачання реакторів системою конденсаторів, тощо.

До загальних втрат відносяться побічні продукти реакції. Наприклад, для технологічних процесів одержання поліестерів це реакційна вода, кількість якої розраховується за співвідношенням реакційних компонентів.

Під час постадійного переміщування за матеріальними потоками втрати продукту складають не більш 0,2-0,5 % (наприклад, під час вивантаження олігомеру з реактора до змішувача).

Під час фільтрування готових продуктів втрати залежать від чистоти, в'язкості та можуть становити 0,5-2%.

Специфічні втрати мають місце в технологічних процесах виробництва пігментованих ЛФМ на стадії диспергування пігментних паст із застосуванням бісерних млинів. Це пов'язано з необхідністю періодичної заміни здрібнювальних тіл (бісеру). Втрати залежать від потужності бісерного млина (об'єму

здрибнювального контейнера) та його конструкції (горизонтальний чи вертикальний). Загалом втрати можуть становити 3-5% на 1000 кг пігментної пасти.

2.4. Складання матеріального балансу в технологічних процесах виробництва плівкоутворювачів

Складання матеріального балансу виробництва плівкоутворювача наводиться на прикладі технологічного процесу виробництва напівфабрикатного алкідного лаку.

Вихідні дані до розрахунків:

- рецептура алкідного олігомеру та лаку на його основі;
- перебіг хімічних реакцій одержання алкідного олігомеру;
- технологічна схема виробництва;
- об'єм основних типів обладнання згідно стадій технологічного процесу.

Згідно схеми технологічного процесу (додаток Б) основними є наступні стадії виробництва:

- синтез алкідного олігомеру в реакторі об'ємом 5 м³ (поз. Р);
- розчинення алкідного олігомеру та поставлення лаку «на тип» у змішувачі об'ємом 10 м³ (поз. З);
- фільтрування та фасування алкідного лаку.

Складання матеріального балансу відбувається за матеріальним потоком, який починається із завантаження рецептурних компонентів на стадії синтезу олігомеру та закінчується фасуванням готової продукції.

На початку складання матеріального балансу на основі вихідної рецептури алкідного олігомеру (таблиця 1) розраховується завантажувальна рецептура до реактора об'ємом (*V*) 5 м³.

Таблиця 1 – Рецептура алкідного олігомеру та алкідного лаку

Назва рецептурних компонентів	Кількість, % мас		Густина (ρ) компонентів, кг/м ³
	на алкідний олігомер	на лак	
Пентаеритрит (ПЕ)	21,47	10,09	1394
Фталевий ангідрид (ФА)	23,82	11,20	1530
Жирні кислоти соєвої олії (ЖКСО)	43,28	20,34	950
Пара-трет-бутилбензойна кислота (ПТББК)	11,43	5,37	1045
Уайт-спирит	-	53,00	790
Усього:	100,0	100,0	

Для розрахунку завантажувальної рецептури визначається наступне:

- робочий об'єм реактора (V_p) з урахуванням завантажувального коефіцієнта (φ):

$$- V_p = V \cdot \varphi = 5 \cdot 0,75 = 3,75 \text{ м}^3;$$

- об'єм, який займає 1000 кг вихідних компонентів рецептури ($V_{1000 \text{ кг}}$), складається з суми об'ємів кожного компонента:

$$V_{1000 \text{ кг}} = \frac{G_{\text{ПЕ}}}{\rho_{\text{ПЕ}}} + \frac{G_{\text{ФА}}}{\rho_{\text{ФА}}} + \frac{G_{\text{ЖКСО}}}{\rho_{\text{ЖКСО}}} + \frac{G_{\text{ПТББК}}}{\rho_{\text{ПТББК}}} = \frac{214,7}{1394} + \frac{238,2}{1530} + \frac{432,8}{950} + \frac{114,3}{1045} = 0,874 \text{ м}^3;$$

- розраховується загальне завантаження до реактора (на основі даних щодо робочого об'єму реактора та об'єму 1000 кг компонентів рецептури):

$$\begin{aligned} 1000 \text{ кг} - 0,874 \text{ м}^3 \\ x - 3,75 \text{ м}^3 \quad x = 4310 \text{ кг}; \end{aligned}$$

- визначається завантаження за кожним компонентом рецептури (на основі рецептури алкідного олігомеру за даними табл. 1):

кількість ПЕ:	100 – 21,47	
	4310 – x	x = 925,36 кг;
кількість ФА:	100 – 23,82	
	4310 – x	x = 1026,64 кг;
кількість ЖКСО:	100 – 43,28	
	4310 – x	x = 1865,37 кг;
кількість ПТББК	100 – 11,43	
	4310 – x	x = 492,63 кг.

Дані щодо завантаження компонентів зводяться до таблиці 2.

Таблиця 2 – Завантажувальна рецептура до реактора

Назва рецептурних компонентів	Рецептура, кг
Пентаеритрит (ПЕ)	925,36
Фталевий ангідрид (ФА)	1026,64
Жирні кислоти соєвої олії (ЖКСО)	1865,37
Пара-трет-бутилбензойна кислота (ПТББК)	492,63
Усього:	4310,00

Матеріальний баланс виробництва складається у вигляді таблиці 3, яка послідовно заповнюється за потоками (згідно технологічної схеми).

Таблиця 3 – Матеріальний баланс виробництва алкідного лаку за один технологічний цикл

Стадії технологічного процесу та компоненти	Завантажено, кг	Втрати, кг	Вихід, кг
1) Синтез алкідного олігомеру			
1.1) Завантаження до реактора на стадії естерифікації:			
ПЕ	<u>929,06</u>	3,70	925,36
ЖКСО	<u>1874,70</u>	9,33	1865,37
ПТББК	<u>494,60</u>	1,97	492,63
Ітого:	3298,36	15,00	3283,36
1.2) Реакція естерифікації: - реакційна вода	3283,36	169,74	
Ітого:	3283,36	169,74	3113,62
1.3) Поліестерифікація: - завантаження ФА - втрати ФА (1,5%) - реакційна вода	3113,62 <u>1030,64</u>	4,00 15,40 111,68	
Ітого:	4144,26	131,08	4013,18
2) Розчинення алкідного олігомеру та поставлення лаку «на тип»:			
2.1) Завантаження розчинника	<u>4524,48</u>	8,00	
2.2) Завантаження олігомеру	4013,18	8,00	
2.3) Поставлення «на тип»		0,5	
Ітого:	8537,66	16,50	8521,16
3) Фільтрування та фасування готової продукції	8521,16	42,60	
Ітого:	8521,16	42,60	8478,56
Разом:	8853,48	349,92	8478,56

Завантаження рецептурних компонентів відбувається з урахуванням втрат (до реактора потрапляє рецептурна кількість). Завантаження розчинника розраховується на основі рецептури алкідного лаку (таблиця 1).

Для розрахунку реакційної води враховують наступне:

- реакційна вода розраховується за кислотними компонентами рецептури;
- під час розрахунку враховується кінцева кислотне число поліестеру (естеру);

- якщо кислотне число дорівнює 0,5-1 мгКОН/г, то вважають, що всі кислотні компоненти у повному обсязі вступили до реакції поліестерифікації (естерифікації) і відповідно до цього розраховується кількість реакційної води;

- якщо кислотне число має кінцеве значення, то кількість реакційної води розраховується з урахуванням того, скільки кислотного компонента залишається у вигляді кислого естеру в структурі олігомеру.

Для даного технологічного процесу реакційна вода розраховується на стадії естерифікації за участі ЖКСО та ПТББК, які повністю вступають до реакції, та на стадії поліестерифікації, за якої вода вилучається за участі ФА з урахуванням кінцевого кислотного числа олігомеру (8,5 мгКОН/г).

Розрахунок реакційної води на стадії естерифікації:

- вода, що утворюється за участі у реакції ЖКСО (за участі одного моля ЖКСО виділяється один моль води)

$$280 - 18$$

$$1865,37 - x \quad x = 119,92 \text{ кг};$$

- вода, що утворюється за участі у реакції ПТББК

$$178 - 18$$

$$492,63 - x \quad x = 49,82 \text{ кг}.$$

Загальна кількість реакційної води на стадії естерифікації становить 169,74 кг.

Розрахунок реакційної води на стадії поліестерифікації (кислотне число алкідного олігомеру 8,5 мгКОН/г):

- кількість ФА у вигляді кислого естеру в складі 1000 кг олігомеру

$$148 \cdot 8,5 / 56 = 22,46 \text{ кг};$$

- кількість ФА у вигляді кислого естеру в складі олігомеру

$$1000 - 22,46$$

$$(1026,64 + 3113,62) - x \quad x = 92,99 \text{ кг};$$

- кількість ФА, що вступив до реакції поліестерифікації

$$1026,64 - 15,4 - 92,99 = 918,25 \text{ кг};$$

- вода що утворюється на стадії поліестерифікації

$$148 - 18$$

$$918,25 - x \quad x = 111,68 \text{ кг}.$$

Загальне підсумкове значення завантаження складається з компонентів, що завантажуються вперше (під їх кількістю наводиться риска); загальні втрати складаються з поетапних втрат за матеріальними потоками. Різниця між завантаженням та втратами відповідає кількості одержаного продукту.

На основі даних матеріального балансу розраховуються витратні норми виробництва алкідного лаку за сировинними компонентами, які зводяться до таблиці 4.

Таблиця 4 – Витратні норми виробництва алкідного лаку

Компоненти	На одне завантаження, кг			На 1000 кг		
	Завантажено, кг	Втрати, кг	Вихід, кг	Завантажено, кг	Втрати, кг	Вихід, кг
Пентаеритрит	929,06	25,40	903,66	109,58	3,00	106,58
Фталевий ангідрид	1030,64	131,62	899,02	121,56	15,52	106,04
Жирні кислоти соєвої олії	1874,70	134,82	1739,88	221,11	15,90	205,21
Пара-трет-бутил-бензойна кислота	494,60	52,24	442,36	58,33	6,16	52,17
Уайт-спирит	4524,48	30,84	4493,64	533,64	3,64	530,00
Разом	8853,48	374,92	8478,56	1044,22	44,22	1000,00

Втрати сировинних компонентів на одне завантаження (за один технологічний цикл) розраховуються з матеріального балансу (табл. 3) і складаються з прямих втрат під час завантаження, можливих прямих втрат під час синтезу (15,4 кг ФА); кількості компонента у втратах олігомеру (8 кг), втратах лаку (43,1 кг). Втрати компонентів у складі олігомеру та лаку розраховуються за відповідними рецептурами (табл. 1).

Специфічними є втрати кислот та поліолів у складі реакційної води. В утворенні молю води поліол приймає участь своїм воднем, а кислота ОН-групою. Відповідно до цього реакційна вода розподіляється на втрати поліолу та кислоти.

Наприклад, у складі 119,92 кг води, що виділяється на стадії естерифікації за участі ПЕ та ЖКСО, втрати ПЕ становлять:

$$\begin{array}{r} 18 - 1 \\ 119,92 - x \quad x = 6,66 \text{ кг;} \end{array}$$

втрати ЖКСО становлять:

$$\begin{array}{r} 18 - 17 \\ 119,92 - x \quad x = 113,26 \text{ кг.} \end{array}$$

На основі даних таблиці 4 щодо даних завантаження, втрат і одержаного продукту за один технологічний цикл, розраховуються витратні норми виробництва алкідного лаку за сировинними компонентами.

Наприклад, кількість ПЕ у завантаженні для виготовлення 1000 кг лаку становить:

$$8478,56 - 929,06$$

$$1000 - x \quad x = 109,58 \text{ кг};$$

втрати при цьому становлять:

$$8478,56 - 25,40$$

$$1000 - x \quad x = 3,00 \text{ кг}.$$

Подібно розраховується решта сировинних компонентів.

Таким чином, за даними таблиці 4 встановлюються витратні норми сировинних компонентів на виготовлення одиниці продукції – 1000 кг алкідного лаку.

2.5. Складання матеріального балансу в технологічних процесах виробництва пігментованих лакофарбових матеріалів

Складання матеріального балансу виробництва пігментованого лакофарбового матеріалу наводиться на прикладі технологічного процесу виробництва алкідної емалі.

Вихідні дані до розрахунків:

- технологічна схема виробництва;
- рецептура пігментної пасти на стадії диспергування, рецептура складання емалі;
- об'єм основних типів обладнання згідно стадій технологічного процесу.

Згідно схеми технологічного процесу (додаток В) основними є наступні стадії виробництва:

- диспергування пігменту із застосуванням стаціонарного дисольвера (підготовки пігментної пасти до диспергування) об'ємом 1,1 м³ (поз. Д) та бісерного млина (поз. БМ);
- складання емалі та поставлення «на тип» у змішувачі об'ємом 3,2 м³ (поз. З);
- фільтрування та фасування емалі.

Складання матеріального балансу виробництва емалі починається зі складання матеріального балансу виробництва напівпродукту – пігментної пасти (на стадії диспергування пігменту).

Попередньо на основі рецептури емалі (таблиця 5) розраховується рецептура пігментної пасти для диспергування «методом концентрованих паст» (таблиця 6).

Таблиця 5 – Рецептура алкідної емалі

Назва рецептурних компонентів	Рецептура, % мас.	Густина (ρ) компонентів, кг/м ³
Алкідний лак	65,50	938
Оксид хрому	18,30	5210
Сикатив	6,90	750
Протиплівкова добавка	0,60	920
Добавка регулювання розливу	0,20	910
Уайт-спирит	8,50	790
Усього:	100,00	-

Таблиця 6 – Рецептура пігментної пасти для диспергування

Рецептурні компоненти	Рецептура, % мас
Алкідний лак	27,05
Оксид хрому	49,81
Уайт-спирит	23,14
Усього:	100,00

Для розрахування завантажувальної рецептури до дисольвера визначається наступне:

- робочий об'єм дисольвера (V_p) з урахуванням завантажувального коефіцієнта (φ):

$$V_p = V \cdot \varphi = 1,1 \cdot 0,6 = 0,66 \text{ м}^3;$$

- об'єм, який займає 1000 кг вихідних компонентів рецептури пігментної пасти ($V_{1000 \text{ кг}}$), що складається з суми об'ємів кожного компонента:

$$V_{1000 \text{ кг}} = \frac{498,1}{5210} + \frac{270,5}{938} + \frac{231,4}{790} = 0,68 \text{ м}^3,$$

за даними $V_{1000 \text{ кг}}$ пігментної пасти розраховується її густина

$$\rho = \frac{1000}{0,68} = 1470 \text{ кг/м}^3,$$

значення якої буде необхідне під час розрахунку матеріального балансу на стадії складання емалі;

- загальне завантаження до дисольвера (на основі даних щодо робочого

об'єму дисольвера та об'єму 1000 кг компонентів рецептури):

$$1000 - 0,68$$

$$x - 0,66 \quad x = 970,59 \text{ кг};$$

- завантаження за кожним компонентом рецептури (на основі рецептури пігментної пасти за даними табл. 6):

кількість алкідного лаку

$$100 - 27,05$$

$$970,59 - x \quad x = 262,55 \text{ кг};$$

кількість оксиду хрому

$$100 - 49,81$$

$$970,59 - x \quad x = 483,45 \text{ кг};$$

кількість уайт-спириту

$$100 - 23,14$$

$$970,59 - x \quad x = 224,59 \text{ кг}.$$

Дані щодо завантаження компонентів зводяться до таблиці 7.

Таблиця 7 – Завантажувальна рецептура до дисольвера

Рецептурні компоненти	Рецептура, кг
Алкідний лак	262,55
Оксид хрому	483,45
Уайт-спирит	224,59
Усього:	970,59

Матеріальний баланс виробництва пігментної пасти складається у вигляді таблиці 8.

Таблиця 8 – Матеріальний баланс виробництва пігментної пасти

Стадії технологічного процесу та компоненти	Завантажено, кг	Втрати, кг	Вихід, кг
1) Завантаження до дисольвера:			
- алкідний лак	264,15	1,60	262,55
- уайт-спирит	225,06	0,47	224,59
- оксид хрому	485,38	1,93	483,45
Ітого:	974,59	4,00	970,59
2) Перемішування в дисольвері та перекачування до змішувача – накопичувача	970,59	0,50	970,09
3) Перекачування до бісерного млина	970,09	0,50	969,59
4) Диспергування в бісерному млині та перекачування до змішувача – накопичувача	969,59	3,00	966,59
Ітого:	970,59	4,00	966,59
Разом:	974,59	8,00	966,59

Далі розраховуються витратні норми виробництва пігментної пасти (таблиця 9).

Таблиця 9 – Витратні норми виробництва пігментної пасти

Компоненти рецептури	На одне завантаження, кг			На 1000 кг		
	Завантажено, кг	Втрати, кг	Вихід, кг	Завантажено, кг	Втрати, кг	Вихід, кг
Алкідний лак	264,15	2,68	261,47	273,28	2,77	270,51
Уайт – спирт	225,06	1,40	223,66	232,84	1,45	231,39
Оксид хрому	485,38	3,92	481,46	502,16	4,06	498,10
Разом:	974,59	8,00	966,59	1008,28	8,28	1000,00

Втрати за кожним компонентом на одне завантаження розраховуються з матеріального балансу (табл. 8) і складаються з прямих втрат під час завантаження та кількості компонента у втраті пігментної пасти (4 кг), яка розраховується за рецептурою пігментної пасти (табл. 6).

Наприклад, втрати алкідного лаку становлять:

- прями втрати під час завантаження 1,6;

- втрати у пігментній пасти

$$100 - 27,05$$

$$4 - x \quad x = 1,08 \text{ кг};$$

- загальні втрати алкідного лаку $1,6 + 1,08 = 2,68$ кг.

Подібно розраховуються втрати за іншими компонентами.

Далі розраховуються витратні норми виробництва пігментної пасти.

Наприклад, кількість алкідного лаку в завантаженні для виготовлення 1000 кг пігментної пасту становить:

$$\begin{aligned} 966,59 - 264,15 \\ 1000 - x \quad \quad x = 273,28 \text{ кг;} \end{aligned}$$

втрати при цьому становлять:

$$\begin{aligned} 966,59 - 2,68 \\ 1000 - x \quad \quad x = 2,77 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Подібно розраховується решта рецептурних компонентів пігментної пасту. Вихід визначається за різницею завантаження та втрат.

Далі розраховується матеріальний баланс на стадії складання емалі, для чого попередньо розраховується рецептура складання емалі (таблиця 10).

Таблиця 10 – Рецептура складання емалі

Рецептурні компоненти	Рецептура, % мас
Пігментна паста	36,74
Алкідний лак	55,56
Сикатив	6,90
Протиплівкова добавка	0,60
Добавка регулювання розливу	0,20
Разом:	100,00

Для розрахунку завантажувальної рецептури до змішувача об'ємом 3,2 м³ (V) визначається наступне:

- робочий об'єм змішувача (V_p) з урахуванням завантажувального коефіцієнта (φ):

$$V_p = V \cdot \varphi = 3,2 \cdot 0,8 = 2,56 \text{ м}^3;$$

- об'єм, який займає 1000 кг вихідних компонентів рецептури складання емалі (V_{1000 кг}), що складається з суми об'ємів кожного компонента:

$$V_{1000 \text{ кг}} = \frac{367,4}{1470} + \frac{555,6}{938} + \frac{69,0}{750} + \frac{6,0}{920} + \frac{2,0}{910} = 0,94 \text{ м}^3;$$

- загальне завантаження до змішувача (на основі даних щодо робочого об'єму змішувача та об'єму 1000 кг компонентів рецептури складання емалі):

$$1000 \text{ кг} - 0,94 \text{ м}^3$$

$$x - 2,56 \text{ м}^3 \quad x = 2723,40 \text{ кг};$$

- завантаження за кожним компонентом рецептури (на основі рецептури складання емалі за даними табл. 10):

- кількість пігментної пасти

$$100 - 36,74$$

$$2723,40 - x \quad x = 1000,58 \text{ кг};$$

- кількість алкідного лаку

$$100 - 55,56$$

$$2723,40 - x \quad x = 1513,12 \text{ кг};$$

- кількість сикативу

$$100 - 6,90$$

$$2723,40 - x \quad x = 187,91 \text{ кг};$$

- кількість протиплівкової добавки

$$100 - 0,60$$

$$2723,40 - x \quad x = 16,34 \text{ кг};$$

- кількість добавки регулювання розливу

$$100 - 0,20$$

$$2723,40 - x \quad x = 5,45 \text{ кг}.$$

Дані щодо завантаження компонентів зводяться до таблиці 11.

Таблиця 11 – Завантажувальна рецептура до змішувача

Рецептурні компоненти	Рецептура, кг
Пігментна паста	1000,58
Алкідний лак	1513,12
Сикатив	187,91
Протиплівкова добавка	16,34
Добавка регулювання розливу	5,45
Разом:	2723,40

Матеріальний баланс складання емалі представляється у вигляді таблиці 12.

Таблиця 12 – Матеріальний баланс складання емалі

Стадії технологічного процесу та компоненти	Завантажено, кг	Втрати, кг	Вихід, кг
1)Завантаження компонентів рецептури:			
- пігментна паста	1003,58	3,00	1000,58
- алкідний лак	1518,12	5,00	1513,12
- сикатив	188,91	1,00	187,91
- протиплівкова добавка	16,64	0,30	16,34
- добавка регулювання розливу	5,55	0,10	5,45
Ітого:	2732,80	9,40	2723,40
2)Перемішування та поставлення емалі «на тип»	2723,40	1,40	2722,00
3)Фільтрування та фасування	2722,00	13,50	2708,50
Ітого:	2723,40	14,90	2708,50
Разом:	2732,80	24,30	2708,50

На основі матеріального балансу виробництва пігментної пасти та матеріального балансу складання емалі розраховуються витратні норми виробництва емалі за сировинними компонентами, для того складається зведена таблиця матеріального балансу виробництва емалі (таблиця 13).

У перерахунку на вихідну сировину розраховується кількість рецептурних компонентів емалі на одне завантаження.

Завантаження алкідного лаку складається з суми лаку завантаженого до змішувача та лаку в складі завантаженої до змішувача пігментної пасти.

Кількість лаку у пігментній пасті визначається з урахуванням витратних норм її виробництва (дані таблиці 9):

$$1000,00 \text{ кг пасти} - 273,28 \text{ кг лаку}$$

$$1003,58 \text{ кг пасти} - x \text{ кг лаку} \quad x = 274,26 \text{ кг.}$$

загальне завантаження лаку становить $274,26 + 1518,12 = 1792,38$ кг.

Завантаження оксиду хрому відповідає його кількості у складі пігментної пасти з урахуванням витратних норм її виробництва:

$$1000,00 \text{ кг пасти} - 502,16 \text{ кг оксиду хрому}$$

$$1003,58 \text{ кг пасти} - x \text{ кг оксиду хрому} \quad x = 503,96 \text{ кг оксиду хрому.}$$

Завантаження уайт-спириту також відповідає його кількості у складі пігментної пасти з урахуванням витратних норм її виробництва:

- сикатив $1,03 + 1,00 = 2,03$ кг;
- протиплівкова добавка $0,09 + 0,30 = 0,39$ кг;
- добавка регулювання розливу $0,03 + 0,10 = 0,13$ кг.

Загальні втрати пігментної пасти відповідно її рецептури (табл. 6) розподіляються на рецептурні складові:

- втрата алкідного лаку
 $100,00 - 27,05$
 $8,47 - x \quad x = 2,29$ кг;
- подібно втрата оксиду хрому становить 4,22 кг;
- втрата уайт-спириту становить 1,96 кг.

За даними таблиці 13 загальні втрати за сировинними компонентами становлять

$$2741,11 - 2708,50 = 32,61 \text{ кг.}$$

Різниця між втратами на одне завантаження (табл. 13) і загальними втратами матеріального балансу складання емалі (табл. 12) становить сумарну втрату компонентів пігментної пасти, яка виникає внаслідок розрахунку завантаження за компонентами пігментної пасти з урахуванням витратних норм її виробництва. Тому ця різниця ($32,61 - 24,30 = 8,31$ кг) як втрата розподіляється між рецептурними компонентами пігментної пасти (табл. 6):

- втрата алкідного лаку
 $100,00 - 27,05$
 $8,31 - x \quad x = 2,25$ кг;
- подібно втрата оксиду хрому становить 4,14 кг;
- втрата уайт-спириту становить 1,92 кг.

Таким чином, втрати рецептурних компонентів, що не є складовою пігментної пасти (сикатив, протиплівкова добавка, добавка регулювання розливу) відповідають загальним втратам за матеріальним балансом складання емалі (табл. 12).

Втрати компонентів пігментної пасти (алкідний лак, оксид хрому, уайт-спирит) враховують також втрати, які виникають на стадії виробництва пігментної пасти.

Втрати алкідного лаку складаються як із загальних втрат, так і з втрат у складі пігментної пасти.

Вихід сировинних компонентів на одне завантаження розраховується як різниця між завантаженням та втратами.

На основі даних зведеної таблиці матеріального балансу виробництва емалі

щодо завантаження та втрат на одне завантаження розраховуються завантаження та втрати на 1000 кг емалі.

Розрахування завантаження:

- завантаження алкідного лаку

$$2708,50 - 1792,38$$

$$1000 - x \quad x = 661,76 \text{ кг};$$

подібно розраховується завантаження за рештою компонентів рецептури емалі:

- завантаження оксиду хрому становить 186,07 кг;

- завантаження сикативу становить 69,75 кг;

- завантаження протиплівкової добавки становить 6,14 кг;

- завантаження добавки регулювання розливу становить 2,05 кг;

- завантаження уайт-спириту становить 86,27 кг.

Розрахування втрат:

- втрати алкідного лаку

$$2708,50 - 17,82$$

$$1000 - x \quad x = 6,58 \text{ кг};$$

- подібно розраховуються втрати за рештою компонентів рецептури:

- втрати оксиду хрому становлять 3,09 кг;

- втрати сикативу становлять 0,75 кг;

- втрати протиплівкової добавки становлять 0,14 кг;

- втрати добавки регулювання розливу становлять 0,05 кг;

- втрати уайт-спириту становлять 1,43 кг.

Вихід компонентів визначається за різницею завантаження та втрат.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Форма таблиць представлення результатів розрахунку матеріального балансу

Таблиця А.1 – Форма таблиці матеріального балансу виробництва на один технологічний цикл

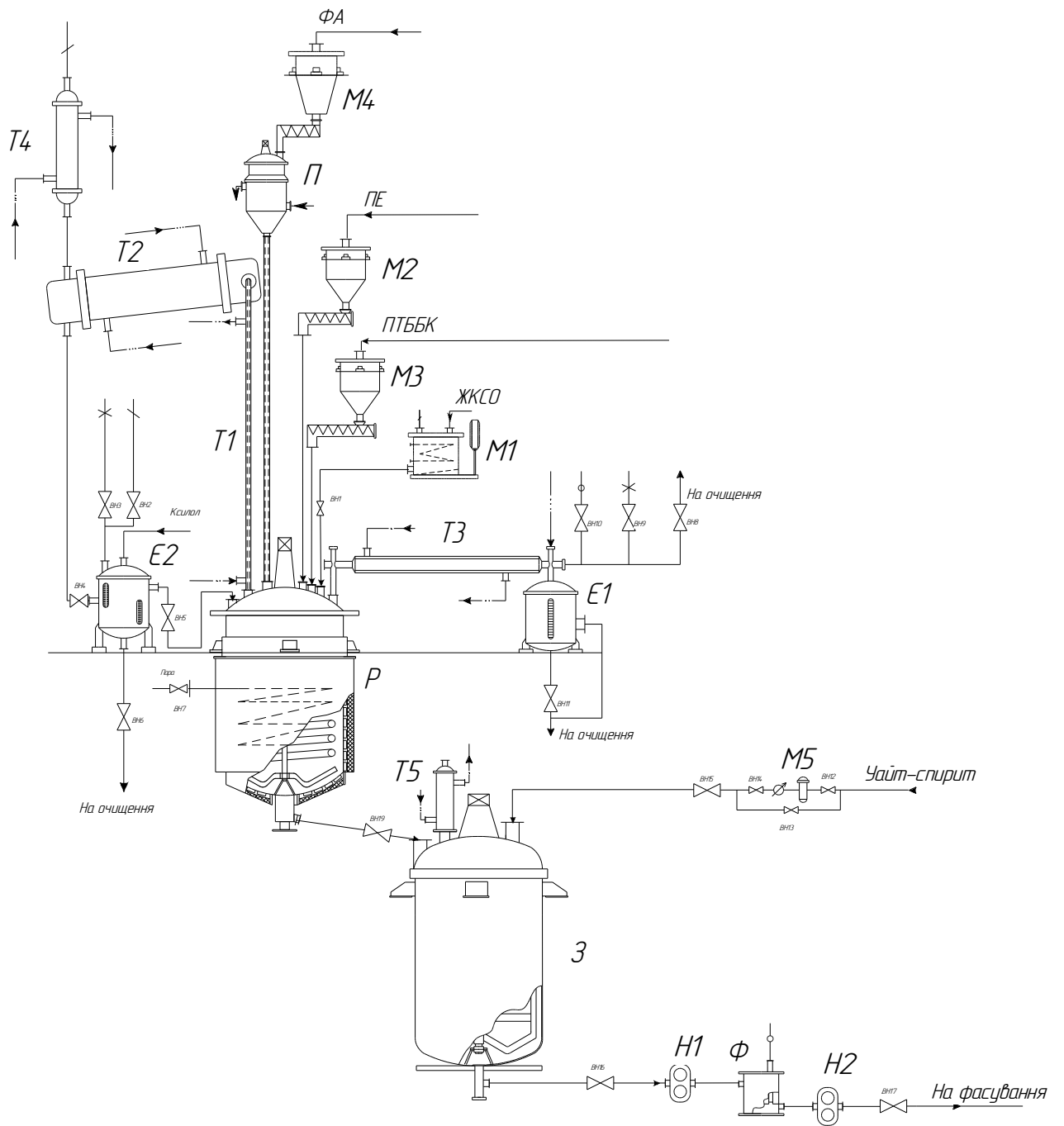
Стадії технологічного процесу та компоненти	Завантаження, кг	Втрати, кг	Вихід, кг
1	2	3	4

Таблиця А.2 – Форма таблиці матеріального балансу виробництва на одиницю готової продукції (1000 кг)

Компоненти	На одне завантаження, кг			На 1000 кг		
	Завантажено, кг	Втрати, кг	Вихід, кг	Завантажено, кг	Втрати, кг	Вихід, кг
1	2	3	4	5	6	7

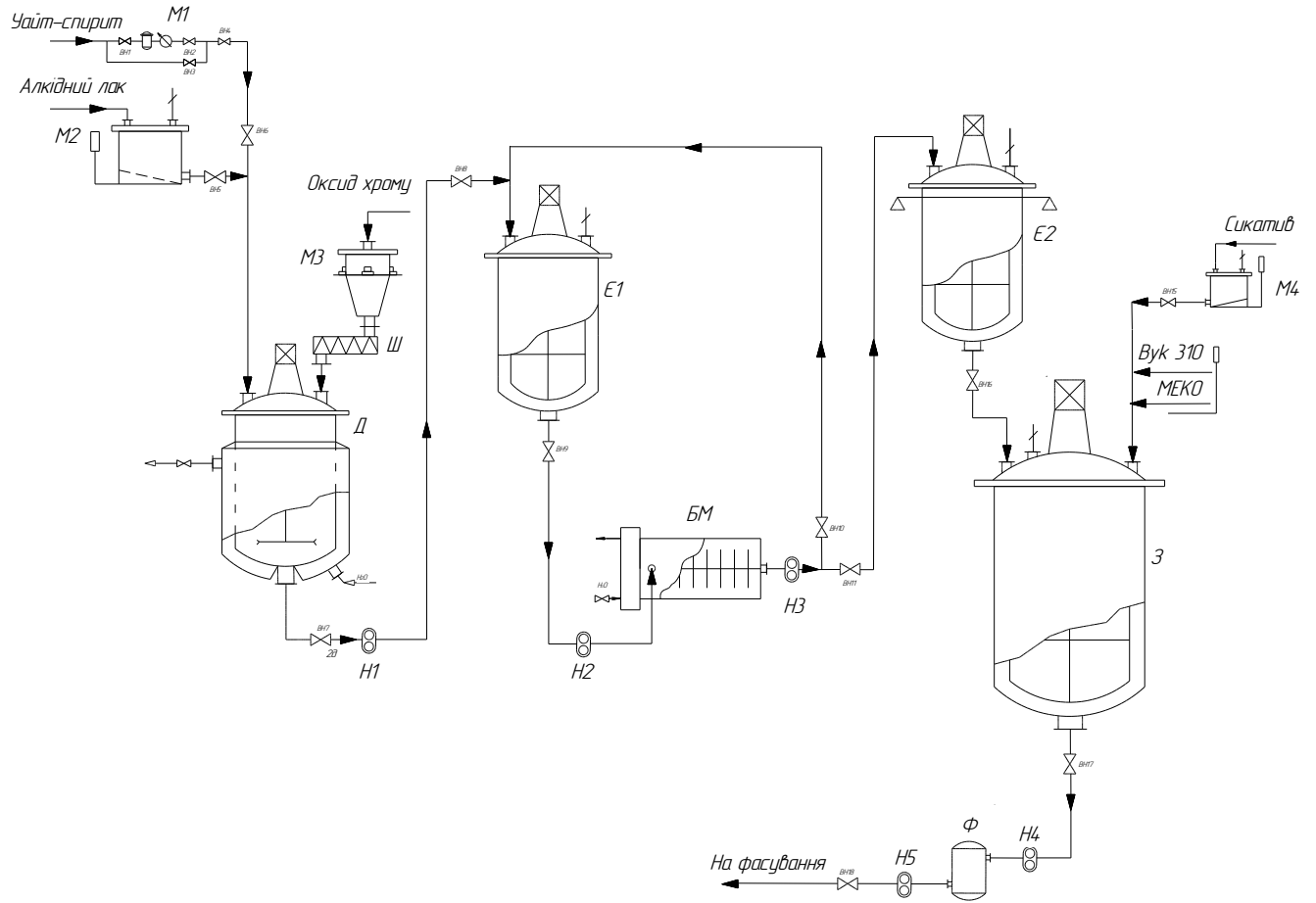
ДОДАТОК Б

Схема технологічного процесу виробництва алкідного лаку



ДОДАТОК В

Схема технологічного процесу виробництва алкідної емалі



СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Брок Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротэклаус, П. Мишке. М.: ООО «Пэйн-Медиа», 2015.- 548с.
2. Пот У. Полиэферы и алкидные смолы / У. Пот. М.: ООО «Пейнт Медиа», 2009. - 232 с.
3. Мюллер Б., Пот У. Лакокрасочные материалы и покрытия. Принципы составления рецептур / Б. Мюллер, У. Пот. М.: ООО «Пейнт –Медиа», 2007. - 237с.
4. Сорокин М.Ф. Химия и технология пленкообразующих веществ / М.Ф. Сорокин, З.А. Кочнова, Л.Г. Шодэ. М. : Химия, 1989. - 476 с.
5. Положення про технологічні регламенти для виробництва продукції на підприємствах (в організаціях) хімічної промисловості СОУ-Н МПП 03.100.50-088:2008. –[Чинний від 08.06.2008]. – Офіц. вид. – Суми : міністерство промислової політики України, 2008. - 37 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки

до самостійної роботи за темою
«Матеріальні розрахунки в технологічних процесах
виробництва лакофарбових матеріалів»

Укладачі: КОРЯГІН Андрій Геннадійович
КРАМАРЕНКО Віктор Юрійович
НЕСКОРОЖЕНА Галина Дмитрівна

Відповідальний за випуск Циганков О. В.
В авторській редакції