

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання курсової роботи
з навчальної дисципліни

«ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ОДЕРЖАННЯ
ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ»

(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності G1 – Хімічні технології та інженерія)

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2026

Методичні рекомендації до виконання курсової роботи з навчальної дисципліни «Теорія та практика одержання хімічних речовин і матеріалів» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності G1 – Хімічні технології та інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : О. В. Бабіч, Г. К. Воронов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2026. – 64 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. О. В. Бабіч,
канд. техн. наук, доц. Г. К. Воронов

Рецензент

О. В. Саввова, доктор технічних наук, професор кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою хімії та інтегрованих технологій,
протокол № 2 від 11.09.2025*

Методичні рекомендації призначені для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності G1 – Хімічні технології та інженерія. Подано теоретичний та практичний матеріал, список рекомендованих джерел.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Зміст курсової роботи.....	6
2 Склад розрахунково-пояснювальної записки	7
2.1 Вступ	7
2.2 Аналітичний огляд.....	7
2.3 Технологічна частина	8
2.4 Розрахункова частина	9
2.5 Висновки.....	9
3 Розрахункова частина курсової роботи.....	10
3.1 Основні відомості про складання матеріального балансу виробництва.....	10
3.2 Матеріальний баланс виготовлення керамічних виробів.....	11
3.3 Матеріальний баланс виробництва скловиробів.....	38
3.4 Техніко-економічне обґрунтування хімічного виробництва	49
3.4.1 Розрахунок собівартості.....	51
3.4.2 Розрахунок економічного ефекту.....	57
4 Правила оформлення розрахунково-пояснювальної записки	58
Список рекомендованої літератури.....	59
Додатки.....	61

ВСТУП

Курсова робота є одним із різновидів самостійної роботи здобувачів, що виконується на основі аналізу матеріалів лекцій і практичних занять, а також на базі самостійного вивчення підручників, навчальних посібників, монографій, періодичної і нормативної літератури тощо.

Під час виконання курсової роботи здобувачі повинні сформувати здатність:

- самостійно здійснювати пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їхній основі, систематизувати, аналізувати та оцінювати відповідну інформацію;

- засвоїти основні вимоги до сировини для виготовлення різних видів силікатних матеріалів, навчитися характеризувати сировину й визначати принципову можливість її використання в конкретному виробництві, а також пропонувати альтернативні види сировинних матеріалів, базуючись на виборі недефіцитної сировини та промислових відходів;

- оволодіти методами розрахунків складів сировинних сумішей для виготовлення різних силікатних матеріалів (кераміки, вогнетривів, скла, емалей, полив);

- оцінювати технічні і економічні характеристики результатів наукових досліджень, дослідно-конструкторських розробок, технологій та обладнання хімічних виробництв;

- здійснювати техніко-економічне обґрунтування хімічного виробництва, володіти методами удосконалення технологічного процесу, розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та керування виробництвом;

- навчитися складати технологічні схеми виробництва силікатних матеріалів;
- оформлювати пояснювальні записки відповідно до вимог чинних стандартів.

Ці методичні рекомендації до виконання курсової роботи з навчальної дисципліни «Теорія та практика одержання хімічних речовин і матеріалів» призначені для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності G1 – Хімічні технології та інженерія. Метою виконання курсової роботи є розширення і закріплення теоретичних знань і практичних навичок здобувачів, поглиблене вивчення матеріалу та його систематизація у сфері технології матеріалів на основі кераміки та скла, аналіз найважливіших характеристик, властивостей, особливостей технології виробництва та економічного обґрунтування одержання хімічних речовин і матеріалів.

1 ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Тему курсової роботи визначає викладач з урахуванням пропозицій здобувача і видає здобувачу у вигляді завдання на початку семестру. Тематика курсових робіт повинна охоплювати різні технології силікатних архітектурно-будівельних матеріалів і враховувати сучасний стан розвитку силікатної промисловості як у нашій країні, так і за її межами.

За змістом і складом курсова робота частково наближається до технологічної інструкції. Перед здобувачем постає задача в межах запропонованої теми

1) провести аналітичний огляд науково-технічної літератури, аналіз ринку за темою роботи та на їхній основі обрати та обґрунтувати хімічний склад матеріалу;

2) запропонувати й охарактеризувати основну і допоміжну сировину;

3) описати технологічний процес виробництва за окремими стадіями;

4) скласти технологічну схему виробництва;

5) на підставі розрахунків шихти навести склад сировинної суміші для виготовлення матеріалу;

6) навести схему розташування основного виробничого обладнання (цеху, ділянки, лінії тощо) та виконати економічний аналіз.

Результати виконання курсової роботи на кожному із зазначених етапів відображаються у відповідних розділах розрахунково-пояснювальної записки.

Після завершення та оформлення роботи здобувач повинен її захистити у визначений навчальним планом строк (не пізніше залікового тижня). Захист роботи відбувається у присутності двох викладачів, одним з яких є викладач-консультант. На захисті здобувач робить доповідь (не більше 5-ти хвилин), у якій коротко обґрунтовує обрану технологію виробництва і відповідає на питання викладачів. Формою звітності за виконану курсову роботу є диференційований залік.

2 СКЛАД РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Розрахунково-пояснювальна записка є навчальним текстовим документом, який оформлюється відповідно до вимог чинних стандартів. Загальний обсяг записки не повинен перевищувати 25 сторінок. Розрахунково-пояснювальна записка до курсової роботи містить такі обов'язкові розділи: вступ, аналітичний огляд, технологічну частину, розрахункову частину, висновки. На початку записки наводять завдання до курсової роботи, зміст роботи, наприкінці – список використаних джерел (список посилань) і додатки (якщо вони є). Графічна частина роботи може бути відображена у вигляді презентації. Нижче подано рекомендації щодо змісту кожного з розділів розрахунково-пояснювальної записки.

2.1 Вступ

Обсяг – 1 сторінка. У розділі коротко викладають перспективні напрямки розвитку галузі, аналіз ринку, з якими пов'язана тема курсової роботи, сфери використання цих виробів і матеріалів та їхня значущість для України.

2.2 Аналітичний огляд

Основою курсової роботи є теоретична частина. У цьому розділі необхідно систематизовано висвітлити стан теми, якій присвячено роботу, сучасний стан на ринку, викласти загальну технологічну схему конкретного виробництва навести існуючі досягнення і недоліки у конкретній технології виробництва, проаналізувати можливі шляхи їх вирішення та визначити обладнання, що застосовується для реалізації обраної технології. Для ґрунтовного висвітлення досліджуваної теми, здобувач опрацьовує не менше 10–15-ти літературних джерел.

2.3 Технологічна частина

Цей розділ містить три підрозділи:

- аналіз ринку;
- характеристику сировинної бази виробництва;
- обґрунтування і вибір способу виробництва.

Характеристика сировинної бази виробництва

Обсяг підрозділу – 4–5 сторінок. У підрозділі необхідно навести вибраний здобувачем або запропонований викладачем типовий хімічний склад матеріалу або якісний склад сировинної суміші для його виготовлення (залежно від виду матеріалу). Відповідно до наведеного вище складу матеріалу здобувач пропонує основну та допоміжну сировину і характеризує її властивості. Під час вибору сировинної бази виробництва необхідно максимально використовувати вітчизняну сировину та промислові відходи.

Характеризуючи сировину, здобувач повинен зазначити:

- аналіз ринку виробництва;
- хімічний склад сировинного матеріалу з вказівкою допустимих для цього виробництва норм вмісту тієї, чи іншої шкідливої домішки;
- гранулометричний склад сировинного матеріалу із зазначенням розміру домішок;
- мінералогічний склад сировинного матеріалу із зазначенням мінералів та шкідливих домішок, які містяться у переважній кількості;
- для глинистих матеріалів – пластичність, чутливість до сушіння, значення повітряної та вогневої усадки, температурний інтервал, вогнетривкість;
- родовище сировинного матеріалу (для природної сировини) або імовірне джерело постачання (для технічних продуктів);
- ступінь токсичності сировини.

Дані щодо сировини, краще оформлювати у вигляді таблиць. У списку посилань необхідно обов'язково наводити джерела, з яких ці дані було взято. На підставі характеристики сировини робиться висновок про можливість її використання в цьому виробництві, у разі неможливості використання пропонується альтернативна сировина.

Обґрунтування і вибір способу виробництва

Обсяг підрозділу – 7–8 сторінок. У розділі розробляється технологічна схема виробництва з урахуванням обраної сировини. Необхідно порівняти можливі способи виробництва з урахуванням досвіду провідних підприємств, обґрунтувати вибраний варіант та стисло описати його за основними стадіями – від підготовки сировини до отримання готової продукції. В описі необхідно зазначити ключові технологічні параметри (вологість, температуру сушіння, формування, термічної обробки тощо) та основне обладнання без наведення технічних характеристик. Технологічну схему виробництва подають на окремій сторінці підрозділу.

2.4 Розрахункова частина

Під час оформлення розрахунків необхідно дотримуватись такого правила: викладати лише основні етапи розрахунків, не перевантажуючи їх зайвими арифметичними діями. Після оформлення цієї частини її обсяг не повинен перевищувати 3–4 сторінки.

2.5 Висновки

Обсяг підрозділу – 1 сторінка. У розділі подаються основні результати роботи, що відображають особливості розглянутого виробництва. Інформацію доцільно викладати стисло та послідовно, зокрема щодо хімічного складу матеріалу, обраної сировини, технології виготовлення, економічної оцінки та складу сировинної суміші для виробництва заданої кількості продукції.

3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА КУРСОВОЇ РОБОТИ

Цей розділ містить відомості про порядок проведення матеріального балансу виробництва та техніко-економічного розрахунку. Наведені приклади виконання матеріального балансу конкретних виробництв.

3.1 Основні відомості про складання матеріального балансу виробництва

Матеріальним балансом виробництва називається розраховане співвідношення між кількістю сировини та допоміжних матеріалів, які надходять у виробництво, і готовою продукцією, що відвантажується споживачу, з урахуванням механічних втрат і втрат за рахунок перебігу фізичних і хімічних процесів на усіх стадіях технологічного процесу.

Результати складання матеріального балансу за технологічними стадіями і за підприємством загалом слугують вихідними даними для підбору основного та допоміжного технологічного обладнання, розрахунку складських приміщень для зберігання сировини та допоміжних матеріалів, готових виробів і тари, визначення місткості бункерів, а також розрахунок витратних коефіцієнтів сировини та допоміжних матеріалів на одиницю товарної продукції.

Для складання матеріального балансу підприємства (цеху, дільниці) необхідні такі вихідні дані:

- річна продуктивність підприємства за готовою продукцією (в асортименті та загалом), яка обирається відповідно до завдання;
- технологічна схема виробництва;
- основні нормативні дані про вологість сировини, технологічних сумішей, напівфабрикатів до та після сушіння;
- процент браку і механічних втрат сировини, напівфабрикатів і готової продукції на окремих стадіях технологічного процесу, а також ступінь їхнього повернення у виробництво (ці дані обираються згідно з нормами технологічного проєктування цехів і заводів відповідної галузі);

– шихтовий склад матеріалів, хімічний склад готової продукції, хімічний склад основної та допоміжної сировини.

У таблицях А.1 – А.4 додатка А наведені дані про втрати окремих видів сировини під час її підготовки та технологічні показники деяких керамічних виробництв. Стосовно шихтового складу матеріалу необхідно зазначити, що він може бути розрахований з огляду на дані про хімічний склад матеріалу (це стосується таких видів силікатних матеріалів, як скло, емалі, поливи, деякі види вогнетривів), а може задаватися з огляду на необхідність дотримання вимог до формувальних властивостей керамічної маси, реологічних властивостей керамічного шлікеру (груба будівельна та тонка кераміка). Щодо хімічного складу готової продукції, то він може регламентуватися відповідною нормативно-технічною документацією (електроізоляційна кераміка, скло, емалі), але найчастіше він розраховується на підставі даних про шихтовий склад матеріалу і хімічний склад сировини.

Розрахунок матеріального балансу обов'язково має закінчуватися складанням підсумкової таблиці, яка містить дві статті – прибуткову та витратну. До статті «Прибуток» у річному розрізі належать усі види сировини і допоміжних матеріалів, необхідних для випуску продукції, до статті «Витрати» – готова продукція, усі види побічних продуктів, а також механічні та фізико-хімічні втрати, які утворюються на різних стадіях технологічного процесу і не повертаються у виробництво. Відхилення балансу не повинно перевищувати 0,5 %, що буде свідчити про правильний облік сировини і матеріалів під час планування виробництва.

3.2 Матеріальний баланс виготовлення керамічних виробів

Для ілюстрації порядку проведення розрахунків матеріального балансу керамічних виробництв наводимо варіант, який відображає

найбільш поширені технології виготовлення виробів кераміки, зокрема виробництва електроізоляційного фарфору (фарфорових ізоляторів).

Першим кроком під час складання матеріального балансу виробництва є вибір технологічної схеми, в якій досить детально подані усі стадії підготовки кожного з сировинних матеріалів, а також етапи виготовлення технологічної суміші, формування напівфабрикату та термообробки виробів. Необхідними є також відомості про обраний склад шихти, хімічний склад сировини, а також втрати на різних стадіях технологічного процесу виготовлення виробів.

*Розрахунок матеріального балансу підприємства з виготовлення
електроізоляційної кераміки*

Технологічні схеми процесів виробництва наведені на рисунках 3.1–3.3.

Завдання: розрахувати матеріальний баланс виробництва фарфорових ізоляторів. Вихідні дані та особливості виробництва:

1. Проектна потужність заводу складає 7 000 тон фарфорових ізоляторів на рік (маса надана тільки для ізоляційної деталі без урахування ваги металевої арматури). Планується, що підприємство вироблятиме широку номенклатуру ізоляторів: лінійні підвісні ізолятори тарілкового типу, лінійні штирові ізолятори та лінійні стрижневі ізолятори (разом 2 000 т), опорно-стрижневі ізолятори, прохідні ізолятори для внутрішніх та зовнішніх установок та ізолятори-покришки (разом 5 000 т).

2. Керамічна маса для виготовлення ізоляторів має такий шихтовий склад: глина дружківська – 16 %, каолін – 34 %, пегматит – 30 %, кварцові відходи збагачення первинних каолінів – 17 %, фарфоровий бій – 3 %.

3. Вироби обов'язково вкриватимуться прозорою поливою. У разі середньостатистичної товщини поливного шару на ізоляторі (0,2 мм) і середньої товщини ізолятора (1 см) маса поливи на виробі становить 2 % від маси кераміки.

Тоді загальна маса поливи для виробництва 7 000 т ізоляторів становитиме:

$$7\,000 \cdot 0,02 = 140 \text{ т,}$$

а маса фарфорового матеріалу:

$$7\,000 - 140 = 6\,860 \text{ т.}$$

Дані про шихтовий склад керамічної маси і поливи, вологість сировинних матеріалів і технологічних сумішей, а також норми технологічних втрат будуть наведені нижче на відповідних етапах розрахунків.

Враховуючи багатоетапність і складність технологічного процесу виготовлення електроізоляційної кераміки, у цьому завданні доцільним буде складання двох окремих матеріальних балансів – для фарфорового матеріалу і для поливи. Результати цих розрахунків за окремими видами сировини в разі необхідності можуть підсумовуватися.

Основою для складання балансів є технологічні схеми виробництва фарфорових ізоляторів та поливи, наведені на рисунках 3.1–3.3. Розрахунки виконуються з урахуванням втрат матеріалів на усіх етапах виготовлення виробів згідно з технологічною схемою виробництва (у зворотному порядку). Почнемо з розрахунку матеріального балансу фарфорових ізоляторів.

На складі готової продукції має знаходитися 6 860 т фарфорового матеріалу на рік. Ізолятори потрапляють на склад після їх вибраковки під час електромеханічних випробувань. Вважаємо, що за таких ретельних випробувань брак становитиме 3 %. З урахуванням цього браку на вибірку та сортування виробів має надійти:

$$\frac{6\,860 \cdot 100}{100 - 3} = 7\,072 \text{ т.}$$

Брак виробів на цих стадіях у натуральному вираженні становитиме:

$$B_1 = 7\,072 - 6\,860 = 212 \text{ т.}$$

З урахуванням 3-відсоткових втрат у разі випалу напівфабрикатів необхідно мати перед випалом:

$$\frac{7\,072 \cdot 100}{100 - 3} = 7\,291 \text{ т.}$$

Брак випалу становить:

$$B_2 = 7\,291 - 7\,072 = 219 \text{ т.}$$

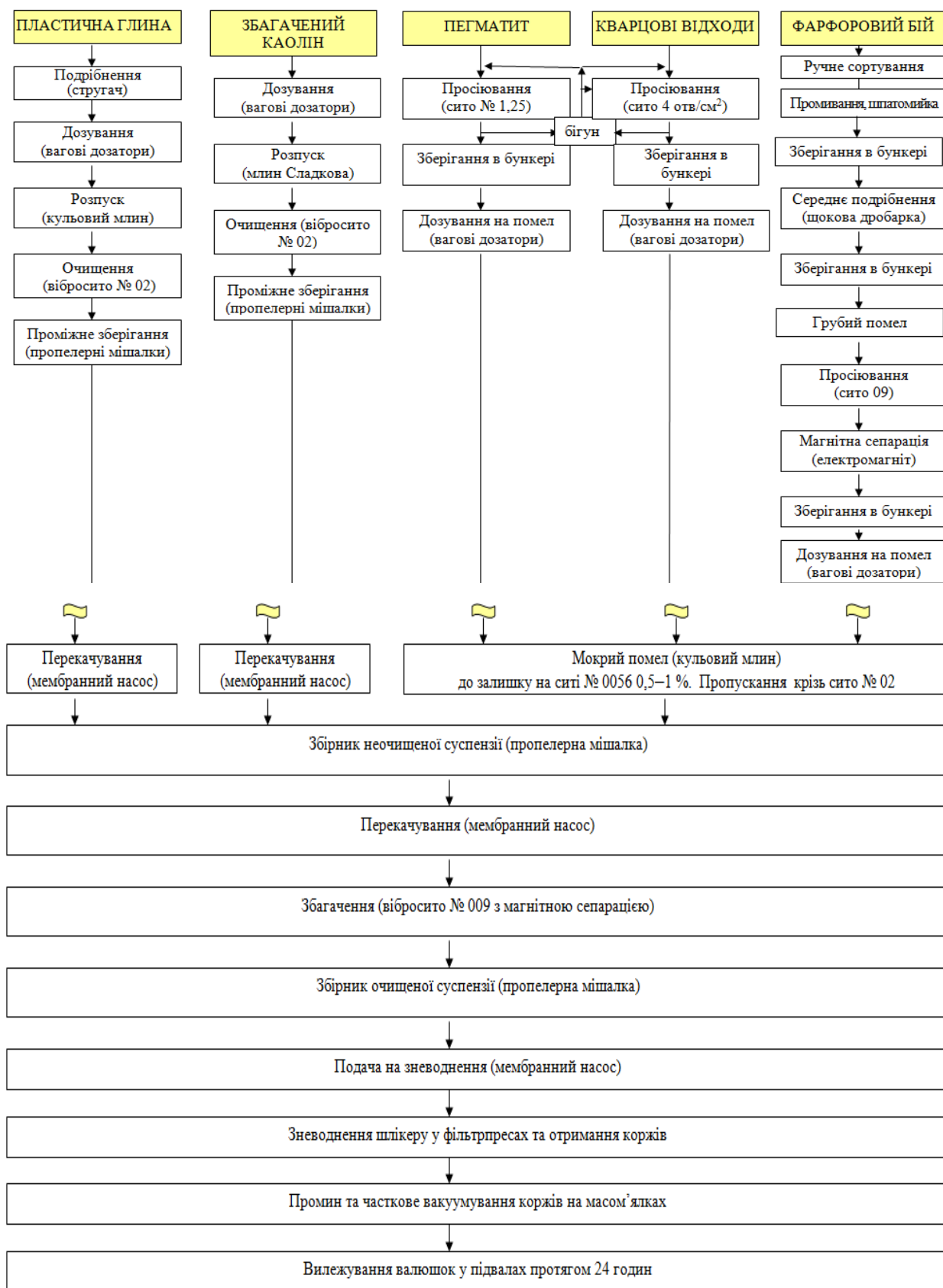


Рисунок 3.1 – Технологічна схема підготовки керамічної маси

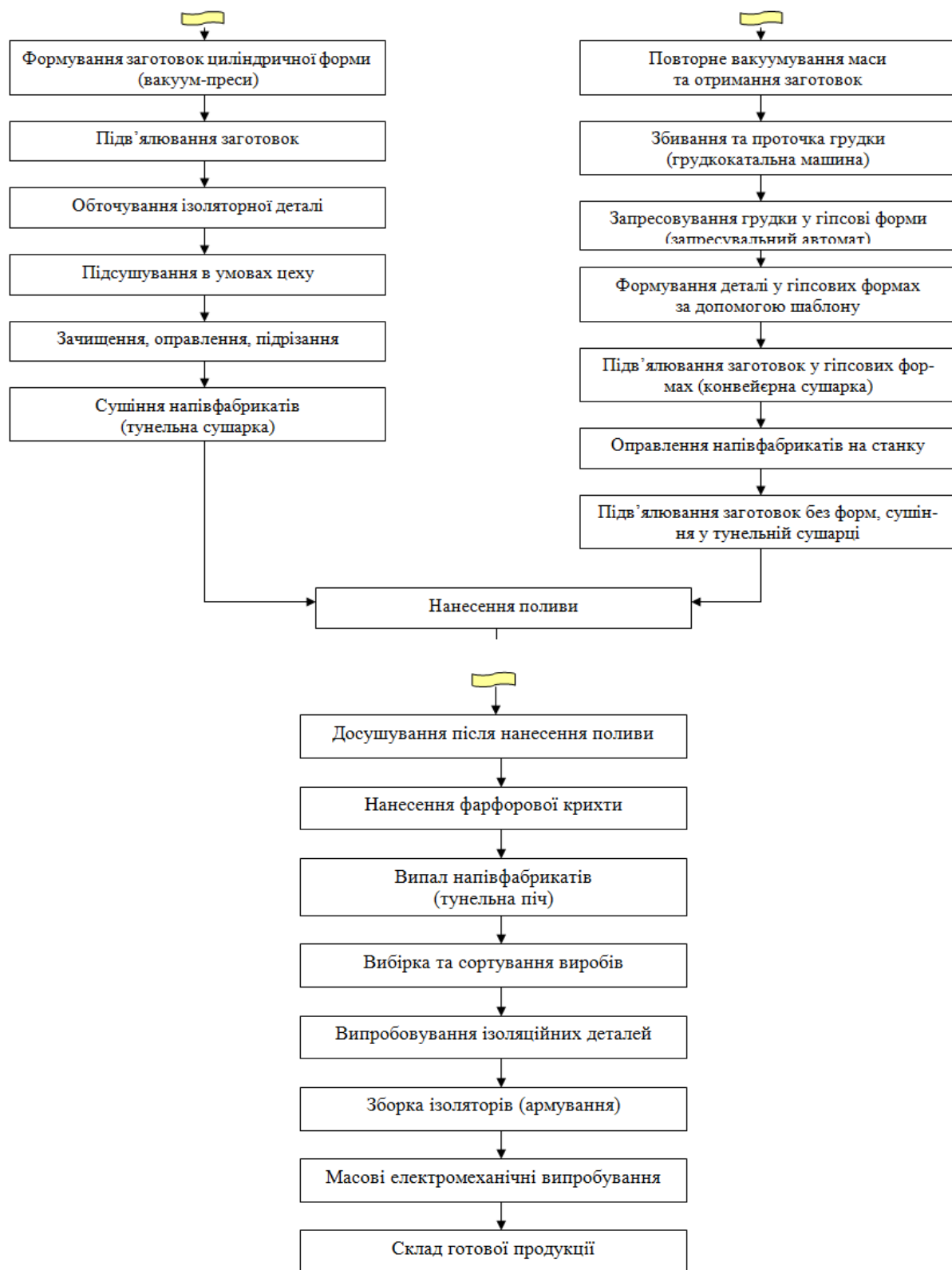


Рисунок 3.2 – Технологічна схема виробництва керамічних напівфабрикатів

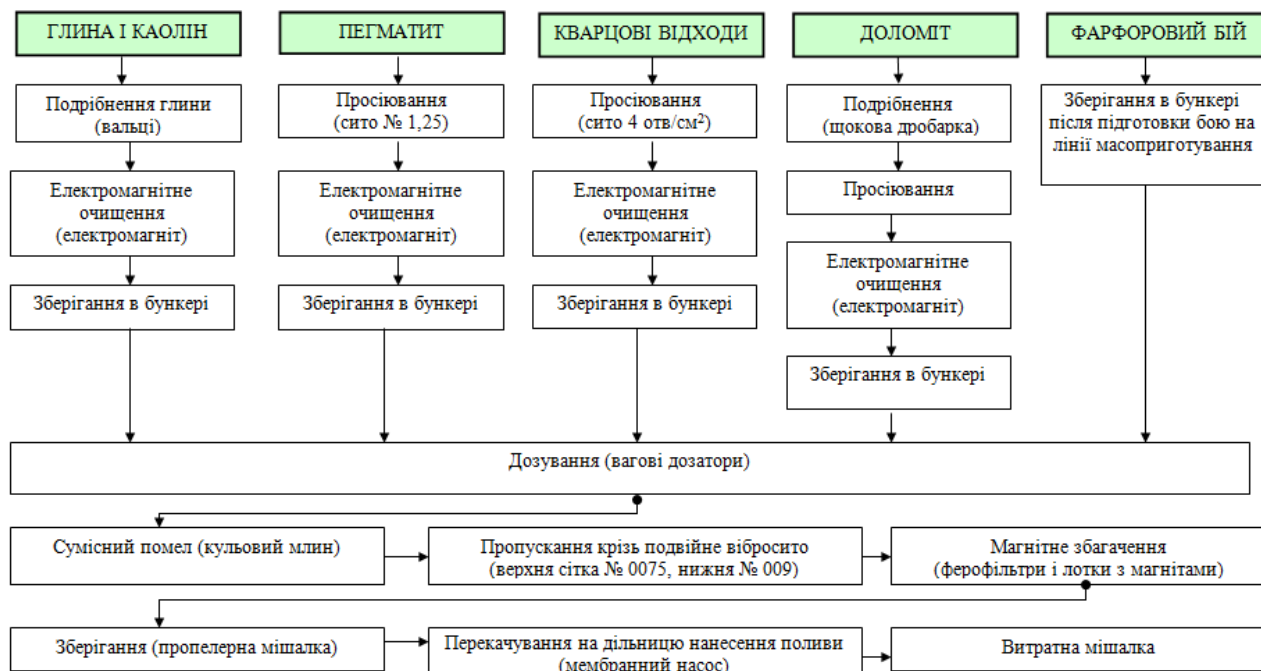


Рисунок 3.3 – Технологічна схема виробництва поливи

Втрати під час прожарювання керамічного матеріалу (в. п. п.) залежать від втрат під час прожарювання сировини та її вмісту в шихті. Втрати під час прожарювання сировини становлять, мас. %: для глини – 12; для каоліну – 13,5; для пегматиту – 0,21; для кварцових відходів – 1,5. Бою випалених виробів втрат під час прожарювання немає.

З огляду на шихтовий склад керамічної маси та втрати під час прожарювання сировини, загальні втрати маси, пов'язані з фізико-хімічними процесами, що відбуваються в разі випалу, будуть такими:

$$\text{в. п. п.}_{\text{маси}} = 16 \cdot 0,12 + 34 \cdot 0,135 + 30 \cdot 0,0021 + 17 \cdot 0,015 = 6,83 \, \%.$$

З урахуванням цих втрат маса матеріалу, який надходитиме на випал, становить:

$$\frac{7291 \cdot 100}{100 - 6,83} = 7826 \, \text{т.}$$

У натуральному вираженні втрати під час прожарювання маси складають:

$$П_1 = 7\,826 - 7\,291 = 535 \text{ т.}$$

З урахуванням остаточної вологості сирцю після сушіння 2 % на випал у тунельну піч повинно потрапляти фарфорових напівфабрикатів:

$$\frac{7\,826 \cdot 100}{100 - 2} = 7\,986 \text{ т.}$$

Маса видаленої під час випалу води: $Б_1 = 7\,986 - 7\,826 = 160 \text{ т.}$

Сушіння напівфабрикатів проводиться у тунельній сушарці. Цьому процесу передують технологічні стадії, послідовність яких залежить від виду ізоляторів і способу їх формування – пресування у гіпсових формах чи, наприклад, обточки. Тому на цьому етапі розрахунків доцільно розділити потоки напівфабрикатів залежно від способу їх формування.

У завданні зазначено номенклатуру виробів, з якої виходить, що методом формування у гіпсових формах будуть вироблятися лінійні підвісні ізолятори тарілкового типу, лінійні штирові ізолятори та лінійні стрижневі ізолятори, що становить разом 2 000 т (28,6 % від загальної кількості виробів).

Методом екструзії заготовки з наступною обточкою вироблятимуться опорно-стрижневі ізолятори, прохідні ізолятори для внутрішніх та зовнішніх установок та ізолятори-покришки, маса яких разом становить 5 000 т (71,4 % від загальної кількості виробів).

Отже, після сушіння на випал буде надходити:

– фарфорових напівфабрикатів із вологістю 2 %, отриманих методом формування у гіпсових формах:

$$7\,986 \cdot 0,286 = 2\,284 \text{ т;}$$

– фарфорових напівфабрикатів з вологістю 2 %, отриманих методом екструзії та обточки:

$$7\,986 \cdot 0,714 = 5\,702 \text{ т.}$$

Далі розглядаються приклади розрахунку для випадку виготовлення фарфорових напівфабрикатів методом формування у гіпсових формах.

На підв'ялювання заготовок без гіпсових форм та їхнє наступне сушіння у тунельній сушарці має надійти заготовок із вологістю 12 %:

$$Q_{w=12\%} = \frac{2\,284 \cdot (100 - 2)}{100 - 12} = 2\,544 \text{ т.}$$

Під час підв'ялювання заготовок та їхнього сушіння від вологості 12 % до 2 % видалиться вологи:

$$B_2 = 2\,544 - 2\,284 = 260 \text{ т.}$$

З урахуванням браку під час сушіння 1,5 % на сушіння має надходити заготовок із вологістю 12 %:

$$\frac{2\,544 \cdot 100}{100 - 1,5} = 2\,583 \text{ т.}$$

Брак сушіння становить: $B_3 = 2\,583 - 2\,544 = 39 \text{ т.}$

На підв'ялювання заготовок у гіпсових формах та їхнє наступне опрацювання має надійти заготовок із вологістю 16 %:

$$Q_{w=16\%} = \frac{2\,583 \cdot (100 - 12)}{100 - 16} = 2\,706 \text{ т.}$$

Під час підв'ялювання заготовок від вологості 16 % до вологості 12 % видалиться вологи:

$$B_3 = 2\,706 - 2\,583 = 123 \text{ т.}$$

Аналогічні розрахунки здійснюємо для фарфорових напівфабрикатів, отриманих методом екструзії та обточки.

На сушіння у тунельній сушарці після зачищення та оправлення має надійти заготовок із вологістю 12 %:

$$Q_{w=12\%} = \frac{5\,702 \cdot (100 - 2)}{100 - 12} = 6\,350 \text{ т.}$$

Під час сушіння заготовок від вологості 12 % до вологості 2 % видалиться вологи:

$$B_4 = 6\,350 - 5\,702 = 648 \text{ т.}$$

З урахуванням браку під час сушіння 1,5 % на сушіння повинно надійти заготовок із вологістю 12 %:

$$\frac{6\,350 \cdot 100}{100 - 1,5} = 6\,447 \text{ т.}$$

$$\text{Брак сушіння становить: } B_4 = 6\,447 - 6\,350 = 97 \text{ т.}$$

Після підсушування в умовах цеху на зачищення, оправлення та підрізання з урахуванням 1 % втрат на цій стадії повинно надійти заготовок із вологістю 12 %:

$$\frac{6\,447 \cdot 100}{100 - 1} = 6\,512 \text{ т.}$$

$$\text{Брак на цій стадії складає: } B_5 = 6\,512 - 6\,447 = 65 \text{ т.}$$

Визначаючи кількість матеріалів, які надходять на формування напівфабрикатів, спочатку проведемо розрахунки для фарфорових напівфабрикатів, отриманих методом формування у гіпсових формах.

Після повторного вакуумування маси її вологість має становити 23 %. Кількість керамічної маси з такою вологістю становить:

$$Q_w = 23 \% = \frac{2\,706 \cdot (100 - 16)}{100 - 23} = 2\,952 \text{ т.}$$

Під час підв'ялювання сформованих заготовок до вологості 16 % видалиться волога:

$$B_5 = 2\,952 - 2\,706 = 246 \text{ т.}$$

З урахуванням 3 % загальних втрат керамічної маси на стадіях повторного вакуумування, збивання грудки, запресування заготовки у форми та формування напівфабрикатів необхідно мати масу з вологістю 23 %:

$$\frac{2\,952 \cdot 100}{100 - 3} = 3\,043 \text{ т.}$$

Втрати у натуральному виразі на цій стадії складають:

$$П_2 = 3\,043 - 2\,952 = 91 \text{ т.}$$

Аналогічно розраховуємо кількість маси, що надходить на формування фарфорових напівфабрикатів, отриманих методом протягування і обточування. На обточування ізоляторної деталі подається маса з вологістю 17 %. З такою вологістю має надійти маси:

$$Q_w = 17 \% = \frac{6\,512 \cdot (100 - 12)}{100 - 17} = 6\,904 \text{ т.}$$

Після підсушування обточених заготовок в умовах цеху з вологості 17 % до вологості 12 % видалиться вологи:

$$B_3 = 6\,904 - 6\,512 = 392 \text{ т.}$$

З урахуванням відходів маси під час її обточування (10 %) на обточку має надійти маси з вологістю 17 %:

$$\frac{6\,904 \cdot 100}{100 - 10} = 7\,671 \text{ т.}$$

Відходи маси під час обточування у натуральному виразі становлять:

$$П_3 = 8\,122 - 6\,904 = 767 \text{ т.}$$

Циліндричні заготовки надходять на підв'ялювання з вологістю 21 %, тоді маси з такою вологістю необхідно мати:

$$Q_{w=21\%} = \frac{7671 \cdot (100 - 17)}{100 - 17} = 8\,059 \text{ т.}$$

Під час підв'ялювання заготовок з вологості 21 % до вологості 17 % видалиться вологи:

$$B_7 = 8\,059 - 7\,671 = 388 \text{ т.}$$

З урахуванням втрат під час формування циліндричних заготовок на вакуум-пресах (1,5 %) на цю стадію має надійти маси з вологістю 21 %:

$$\frac{8\,059 \cdot 100}{100 - 1,5} = 8\,182 \text{ т.}$$

Втрати під час формування у натуральному виразі становлять:

$$П_4 = 8\,182 - 8\,059 = 123 \text{ т.}$$

Далі визначаємо кількість матеріалів, які беруть участь під час виготовлення фарфорової маси. Для фарфорових напівфабрикатів, отриманих методом формування у гіпсових формах, маса валюшок із вологістю 24 % після їх вилежування у підвалі має становити:

$$Q_w = 24 \% = \frac{3\,043 \cdot (100 - 23)}{100 - 24} = 3\,083 \text{ т.}$$

Під час повторного вакуумування маси видалиться вологи:

$$B_8 = 3\,083 - 3\,043 = 40 \text{ т.}$$

Вагова кількість коржів з вологістю 25 % після зневоднення шлікеру має становити:

$$Q_w = 25 \% = \frac{3\,083 \cdot (100 - 24)}{100 - 24} = 3\,124 \text{ т.}$$

Під час проминання та часткового вакуумування коржів видалиться вологи:

$$B_9 = 3\,124 - 3\,083 = 41 \text{ т.}$$

З урахуванням 0,5 % втрат коржів під час їх проминання на масом'ялках коржів із вологістю 25 % необхідно мати:

$$\frac{3\,124 \cdot 100}{100 - 0,5} = 3\,140 \text{ т.}$$

Втрати маси під час проминання у натуральному виразі становлять:

$$П_5 = 3\,140 - 3\,124 = 16 \text{ т.}$$

Аналогічні розрахунки здійснюємо для фарфорових напівфабрикатів, отриманих методом екструзії. Маса заготовок із вологістю 22 % після їх вилежування має становити:

$$Q_{w=22\%} = \frac{8\,182 \cdot (100 - 21)}{100 - 22} = 8\,287 \text{ т.}$$

Під час екструзії заготовок у вакуум-пресах видалиться вологи:

$$B_{10} = 8\,287 - 8\,182 = 105 \text{ т.}$$

Вагова кількість коржів з вологістю 23 % після зневоднення шлікеру має становити:

$$Q_{w=23\%} = \frac{8\,227 \cdot (100 - 22)}{100 - 23} = 8\,395 \text{ т.}$$

У разі часткового вакуумування коржів видалиться вологи:

$$B_{11} = 8\,395 - 8\,287 = 108 \text{ т.}$$

З урахуванням 0,5 % втрат коржів під час їх проминання на масом'ялках коржів із вологістю 23 % необхідно мати:

$$\frac{8\,395 \cdot 100}{100 - 0,5} = 8\,437 \text{ т.}$$

Втрати маси під час проминання в натуральному виразі становлять:

$$П_6 = 8\,437 - 8\,395 = 42 \text{ т.}$$

Далі необхідно визначити кількість матеріалів, які використовуються під час приготування керамічного шлікеру з вологістю 50 %. З огляду на те, що шлікер зневоднюється до різних значень вологості для виробів, які формуються методом пластичного формування у гіпсових формах і

методом обточки, визначимо кількість шлікеру для кожного потоку виробів окремо.

Для виробів, що отримуються методом формування у гіпсових формах, вагова кількість шлікеру з вологістю 50 % становитиме:

$$Q_{w=50\%} = \frac{3\,140 \cdot (100 - 25)}{100 - 50} = 4\,710 \text{ т.}$$

Кількість води, яка видалиться під час зневоднення шлікеру, складає:

$$B_{12} = 4\,710 - 3\,140 = 1\,570 \text{ т.}$$

Для виробів, що отримують методом обточки, вагова кількість шлікеру з вологістю 50 % становитиме:

$$Q_{w=50\%} = \frac{8\,437 \cdot (100 - 23)}{100 - 50} = 12\,993 \text{ т.}$$

Кількість води, яка видалиться під час зневоднення шлікеру, становить:

$$B_{13} = 12\,993 - 8\,437 = 4\,556 \text{ т.}$$

Разом шлікеру з вологістю 50 % повинно бути:

$$4\,710 + 12\,993 = 17\,703 \text{ т.}$$

З урахуванням 0,5 % втрат шлікеру під час перекачування, збагачення та зберігання у мішалках його має бути:

$$\frac{17\,703 \cdot 100}{100 - 0,5} = 17\,792 \text{ т.}$$

Втрати шлікеру становлять:

$$П_7 = 17\,792 - 17\,703 = 89 \text{ т.}$$

Визначення необхідної кількості сухих компонентів фарфорової маси

Суха частина шлікеру з вологістю 50 % становить:

$$17\,792 \cdot 0,5 = 8\,896 \text{ т.}$$

У складі керамічної маси (на суху речовину) міститься, мас. %: глини пластичної – 16; каоліну – 34; пегматиту – 30; кварцових відходів – 17; фарфорового бою – 3. Звідси у 8 896 т буде міститися така кількість означених сухих компонентів:

- глини пластичної: $8\,896 \cdot 0,16 = 1\,423,36 \text{ т};$
- каоліну: $8\,896 \cdot 0,34 = 3\,024,64 \text{ т};$
- пегматиту: $8\,896 \cdot 0,3 = 2\,668,8 \text{ т};$
- кварцових відходів: $8\,896 \cdot 0,17 = 1\,512,32 \text{ т};$
- фарфорового бою: $8\,896 \cdot 0,03 = 266,88 \text{ т.}$

Визначення необхідної кількості технологічної води

Це та кількість води, яка необхідна для розпуску глинистих компонентів маси і мокрого помелу кам'янистих матеріалів. Враховуючи вологість (50 %), у 17 792 т шлікеру буде міститися така кількість води:

$$Q_{\text{води}} = 17\,792 \cdot 0,5 = 8\,896 \text{ т.}$$

У цій загальній кількості води можна визначити її частину, необхідну для мокрого помелу кам'янистих матеріалів.

Знехтувавши вологістю пегматиту (дуже незначна вологість цього матеріалу) і враховуючи нульову вологість фарфорового бою, можна вважати, що ці матеріали завантажуються у млин сухими. Оскільки загальна кількість сухих пегматиту і фарфорового бою становить $2\,668,8 + 266,88 = 2\,935,6 \text{ т}$, то для отримання з цих матеріалів шлікеру з вологістю 50 % необхідно мати води:

$$\frac{2\,935,6 \cdot 100}{100 - 50} - 2\,935,6 = 2\,935,6 \text{ т.}$$

Кварцові відходи в разі завантаження у млин мають вологість 5 %, що має бути враховано під час визначення кількості води для їх помелу. Для отримання шлікеру з вологістю 50 % із сухих кварцових відходів води необхідно мати:

$$\frac{1\,512,32 \cdot 100}{100 - 50} - 1\,512,32 = 1\,512,32 \text{ т.}$$

У разі вологості відходів 5 % їхня вагова кількість, що буде надходити на помел, становитиме:

$$\frac{1\,512,32 \cdot 100}{100 - 5} = 1\,591,92 \text{ т.}$$

У цій кількості кварцових відходів міститься води:

$$1\,591,92 - 1\,512,32 = 79,6 \text{ т.}$$

Отже, на помел потрібно додавати води менше, ніж для сухого матеріалу, а саме:

$$1\,512,32 - 79,6 = 1\,432,72 \text{ т.}$$

Збагачений каолін, що надходить на підприємство, характеризується низькою вологістю, яку можна не враховувати. Тоді для отримання каолінового шлікеру з вологістю 50 % із 3 024,64 т практично сухого каоліну необхідно мати води:

$$\frac{3\,024,64 \cdot 100}{100 - 50} - 3\,024,64 = 3\,024,64 \text{ т.}$$

Пластична глина має природну вологість на рівні 15 % і не висушується в разі її розпуску. Волога у глині на стадії її розпуску має

бути врахована таким чином. Для отримання глинистого шлікеру з вологістю 50 % з сухої глини необхідно мати води:

$$\frac{1\,423,36 \cdot 100}{100 - 50} - 1\,423,36 = 1\,423,36 \text{ т.}$$

У разі вологості глини 15 % її вагова кількість, що буде надходити на розпуск, становитиме:

$$\frac{1\,423,36 \cdot 100}{100 - 15} = 1\,674,54 \text{ т.}$$

У 1 674, 54 т глини, що знаходиться на розпуск, міститься вологи:

$$1\,674,54 - 1\,423,36 = 251,18 \text{ т.}$$

Отже, для розпускання вологої глини потрібно додавати води:

$$1\,423,36 - 251,18 = 1\,172,18 \text{ т.}$$

Нарешті розраховуємо потребу в сировинних матеріалах для виготовлення фарфору. Враховуючи, що втрати фарфорового бою під час його подрібнення складають 2 %, для забезпечення річної продуктивності заводу має бути фарфорового бою:

$$\frac{267 \cdot 100}{100 - 2} = 271,4 \text{ т.}$$

Втрати бою у натуральному виразі становлять:

$$П_8 = 271,4 - 267 = 4,4 \text{ т.}$$

Враховуючи, що вологість кварцових відходів складає 5 %, їх необхідно мати:

$$\frac{1\,512,32 \cdot 100}{100 - 5} = 1\,592 \text{ т.}$$

Річна потреба кварцових відходів з урахуванням 3 % втрат у разі їх підготовки:

$$\frac{1\,592 \cdot 100}{100 - 3} = 1\,641 \text{ т.}$$

Втрати кварцових відходів в натуральному виразі становить:

$$П_9 = 1\,641 - 1\,592 = 49 \text{ т.}$$

Знехтувавши незначною вологістю пегматиту (зазвичай становить до 1 %) і враховуючи 3 % втрат пегматиту під час його підготовки, визначаємо річну потребу в сухому пегматиті:

$$\frac{2\,669 \cdot 100}{100 - 3} = 2\,752 \text{ т.}$$

Втрати пегматиту в натуральному виразі складають:

$$П_{10} = 2\,752 - 2\,669 = 83 \text{ т.}$$

Річна потреба сухого збагаченого каоліну з урахуванням його втрат (2 %) становить:

$$\frac{3\,025 \cdot 100}{100 - 2} = 3\,087 \text{ т.}$$

Втрати каоліну у натуральному виразі складають:

$$П_{11} = 3\,087 - 3\,025 = 62 \text{ т.}$$

Як було зазначено вище, з вологістю глини 15 % її вагова кількість, що буде надходити на розпуск, становить $\approx 1\,675$ т. З урахуванням втрат вологої глини під час підготовки (1,5 %) її необхідно мати:

$$\frac{1\,675 \cdot 100}{100 - 1,5} = 1\,701 \text{ т.}$$

Втрати вологої глини у натуральному виразі складають:

$$П_{12} = 1\,701 - 1\,675 = 26 \text{ т.}$$

Далі необхідно здійснити розрахунок річної потреби у допоміжних матеріалах. Під час розпуску глинистих компонентів для розрідження шлікеру використовують електроліти, з яких частіше за все використовують органічну речовину танін у кількості 1 % за сухою вагою матеріалу. Глину та каолін розпускають в окремих млинах, тому і кількість таніну розрахуємо окремо.

Для розпуску 1 423,36 т ($\approx 1\,424$ т) глини знадобиться таніну:

$$\begin{aligned} 1\,424 - 100 \% ; \\ X - 1 \%. \end{aligned}$$

Звідси $X = 14,24$ т.

Так само знаходимо кількість таніну, необхідну для розпуску 3 024,64 т ($\approx 3\,025$ т) каоліну, яка складе 30,35 т. Разом таніну знадобиться:

$$14,24 + 30,35 = 44,59 \text{ т} \approx 45 \text{ т.}$$

Під час випалу напівфабрикатів танін як органічна речовина розкладатиметься та вигорятиме. Ці втрати належать до статті (фізико-хімічні втрати) підсумкової таблиці. На завершення розрахунку матеріального балансу виробництва визначають величину відхилення балансу. У таблиці 3.1 наведено придбання та витрати основних та допоміжних матеріалів.

Таблиця 3.1 – Придбання та витрата матеріалів

Придбання, т		Витрати, т	
Матеріал	Кількість, т	Матеріал	Кількість, т
1. Сировина на складі:		1. Товарна продукція	
– дружківська глина;	1 701	2. Брак виробництва:	6 860
– каолін;	3 087	– брак під час випробувань (Б ₁);	212
– пегматит;	2 752	– брак випалу виробів (Б ₂);	219
– кварцовий відхід;	1 641	– загальний брак під час сушіння:	136
– фарфоровий бій	271,4	(Б ₃ + Б ₄);	65
2. Технологічна вода:		– брак зачистки, оправлення та	
– для розпуску глини;	1 172,2	підрізання (Б ₅)	
– для розпуску	3 024,6	3. Виробничі втрати:	
каоліну;		1) загальні втрати маси під час	
– для мокрого помелу	1 432,7	проминання;	1 039
кварцових відходів;		2) коржів, отриманні заготовок та	89
– для мокрого помелу	2 935,6	формуванні	4,4
пегматиту і фарфорового		(П ₂ + П ₃ + П ₄ + П ₅ + П ₆):	49
бою	45	– шлікеру (П ₇);	83
3. Допоміжні матеріали:		– фарфорового бою (П ₈);	62
– танін		– кварцових відходів (П ₉);	26
		– пегматиту (П ₁₀);	535
		– каоліну (П ₁₁);	160
		– глини (П ₁₂)	
		4. Фізико-хімічні втрати:	
		– під час прожарювання маси (П ₁)	
		випаровування вологи в разі випалу	8 477
		(В ₁)	45
		– видалення вологи під час	
		вакуумування	
		маси, зневоднення шлікеру,	
		підв'ялювання та сушіння	
		напівфабрикатів:	
		(В ₂ + В ₃ + В ₄ + В ₅ + В ₆ + В ₇ + В ₈	
		+ В ₉ + В ₁₀ + В ₁₁ + В ₁₂ + В ₁₃)	
		– розкладання та вигоряння таніну	
Разом 18 062,5 т		Разом 18 061,4 т	

За даними розрахунків відхилення матеріального балансу виробництва фарфорових ізоляторів незначне і становить:

$$\frac{|1\,862 - 18\,061,4|}{18\,062,5} \cdot 100 = 0,006 \%$$

Наступним кроком розрахунку матеріального балансу виробництва електрофарфору є розрахунок балансу під час виготовлення поливи, який здійснюється таким чином. Як зазначалося, на складі готової продукції безпосередньо на výroбах має знаходитися 140 т поливи. Брак у разі вибраковування ізоляторів під час випробувань ізоляційних деталей та під час електромеханічних випробувань ізоляторів після їхнього збирання становить 3 %, брак у разі випалу матеріалу становить 3 %. З урахуванням цих видів браку поливи має бути (у вигляді покриття на výroбах):

$$\frac{140 \cdot 100}{100 - 6} = 148,94 \text{ т.}$$

Втрата поливи на цих стадіях у натуральному виразі становитиме:

$$B_1 = 148,94 - 140 = 8,94 \text{ т.}$$

Втрати під час прожарювання (в. п. п.) поливи залежать від її шихтового складу та в. п. п. сировинних матеріалів. Шихтовий склад поливи становить, мас. %: глина дружківська – 5; каолін просянівський – 5; пегматит єлисеївський – 32; кварцові відходи – 27; доломіт – 9; фарфоровий бій – 22. Втрати під час прожарювання сировини становлять для: глини – 12 %, каоліну – 13,5 %, пегматиту – 0,21 %, кварцових відходів – 1,5 %, доломіту – 43,6 %. Бою випалених виробів втрат під час прожарювання немає. Звідси маємо:

$$\begin{aligned} & \text{в. п. п. поливи} \\ & = 5 \cdot 0,12 + 5 \cdot 0,135 + 32 \cdot 0,0021 + 27 \cdot 0,015 + 9 \cdot 0,436 \\ & + 22 \cdot 0 = 5,67 \%. \end{aligned}$$

З урахуванням втрат під час прожарювання поливи її суха маса, яка буде надходити на випал, становитиме:

$$\frac{148,94 \cdot 100}{100 - 5,67} = 13 \text{ т.}$$

У натуральному вигляді втрати під час прожарювання поливи складають:

$$П_1 = 157,89 - 148,94 = 8,95 \text{ т.}$$

Полива надходить на випал з остаточною вологістю 2 %. Маса вологої прозорої поливи, яка буде надходити на випал, становитиме:

$$\frac{157,89 \cdot 100}{100 - 2} = 161,1 \text{ т.}$$

Тоді волога, яка видалятиметься на першій стадії випалу, становить:

$$В_1 = 161,1 - 157,89 = 3,21 \text{ т.}$$

Під час підсушування заготовок після нанесення поливи брак на цій стадії становить 0,1 %. Тоді поливи з вологістю 2 % необхідно мати:

$$\frac{161,1 \cdot 100}{100 - 0,1} = 161,26 \text{ т.}$$

У натуральному виразі брак становить:

$$Б_1 = 161,26 - 161,1 = 0,16 \text{ т.}$$

Поливна суспензія, яка наноситься на теплий виріб, має вологість 45 %. Під час нанесення суспензії волога частково потрапляє у верхні шари виробу і частково випаровується, а отже, вологість шару поливи зменшується приблизно на 50 %. На підсушування після нанесення поливи буде надходити виріб із вологістю поливного шару приблизно 22 %.

Тоді на стадію підсушування після нанесення поливи буде надходити полива з вологістю шару 22 %:

$$Q_w = 22 \% = \frac{161,26 \cdot (100 - 2)}{100 - 22} = 202,61 \text{ т.}$$

Кількість води, яка видалиться під час підсушування поливного шару поливи, становить:

$$В_2 = 202,61 - 161,26 = 41,35 \text{ т.}$$

Як вже зазначалося, поливна суспензія, що наноситься на виріб, має вологість 45 %. З огляду на це, необхідно мати поливної суспензії:

$$Q_{w = 45 \%} = \frac{202,61 \cdot (100 - 22)}{100 - 45} = 287,34 \text{ т.}$$

Кількість води, яка увійде з поливної суспензії у верхні шари висушеного сирцю, становить:

$$B_3 = 287,34 - 202,61 = 84,73 \text{ т.}$$

Під час нанесення поливи втрати суспензії становлять 1,5 %. З урахуванням цього поливної суспензії необхідно мати:

$$\frac{287,34 \cdot 100}{100 - 1,5} = 291,7 \text{ т.}$$

Тоді втрати суспензії складають:

$$П_2 = 291,7 - 287,34 = 4,36 \text{ т.}$$

На стадії переробки та зберігання керамічної суспензії після помелу можливі втрати суспензії, які оцінюються у 3 %. З огляду на це, суспензії необхідно мати:

$$\frac{291,7 \cdot 100}{100 - 3} = 300,72 \text{ т.}$$

Втрати суспензії у натуральному виразі складають:

$$П_3 = 300,72 - 291,7 = 9,02 \text{ т.}$$

Далі визначаємо кількість матеріалів для отримання поливної суспензії на стадії помелу сировини. У 300,72 т суспензії з вологістю 45 % міститься сухої речовини:

$$\frac{300,72 \cdot (100 - 45)}{100} = 165,4 \text{ т.}$$

Кількість технологічної води, яку необхідно додати на помел сировини в разі отримання поливної суспензії, становить:

$$П_1 = 300,72 - 165,4 = 135,32 \text{ т.}$$

Далі визначаємо кількість сухої сировини для виготовлення поливи. З огляду на шихтовий склад поливи, кількість сухих компонентів у 165,4 т сухої частини шлікеру становитиме:

- глина дружківська: $165,4 \cdot 0,05 = 8,27$ т;
- каолін просянівський: $165,4 \cdot 0,05 = 8,27$ т;
- пегматит єлисеївський: $165,4 \cdot 0,32 = 52,93$ т;
- кварцові відходи: $165,4 \cdot 0,27 = 44,66$ т;
- доломіт: $165,4 \cdot 0,09 = 14,89$ т;
- фарфоровий бій: $165,4 \cdot 0,22 = 36,39$ т.

Уточнюємо кількість технологічної води, необхідної для помелу з урахуванням природної вологості сировини. Для отримання поливної суспензії деякі види сировини використовуються зі своєю природною вологістю.

До такої сировини належить глина (вологість 15 %), кварцові відходи (вологість 5 %) та доломіт (вологість 8 %). Ця волога, яка додається означеною сировиною до суспензії, має бути врахована під час визначення остаточної кількості технологічної води. Інша сировина має незначну вологість, якою можна знехтувати.

Таким чином, для отримання поливи з використанням дружківської глини з природною вологістю 15 % необхідно мати:

$$\frac{8,27 \cdot 100}{100 - 15} = 9,73 \text{ т.}$$

У цій кількості міститься води:

$$9,73 - 8,27 = 1,46 \text{ т.}$$

Для отримання поливи з використанням кварцових відходів із природною вологістю 5 % необхідно мати:

$$\frac{44,66 \cdot 100}{100 - 5} = 47,01 \text{ т.}$$

У цій кількості відходів міститься вологи:

$$47,01 - 44,66 = 2,35 \text{ т.}$$

Для отримання поливи з використанням доломіту з природною вологістю 8 % необхідно мати:

$$\frac{14,89 \cdot 100}{100 - 8} = 16,18 \text{ т.}$$

У цій кількості доломіту міститься вологи:

$$16,18 - 14,89 = 1,29 \text{ т.}$$

Разом із вологими матеріалами у суспензію увійде вологи:

$$1,46 + 2,35 + 1,29 = 5,1 \text{ т.}$$

Отже, на помел потрібно додавати води менше, ніж для сухого матеріалу, а саме:

$$T1 - 5,1 = 135,32 - 5,1 = 130,22 \text{ т.}$$

Нарешті розраховуємо потреби у сировинних матеріалах для приготування поливи.

З урахуванням втрат під час підготовки сировинних матеріалів та їхнього дозування на помел (3 %) для отримання поливи необхідно мати сировини:

- глини дружківської з вологістю 15 %: $\frac{9,73 \cdot 100}{100 - 3} = 10,03 \text{ т};$
- практично сухого каоліну просянівського: $\frac{8,27 \cdot 100}{100 - 3} = 8,52 \text{ т};$
- практично сухого пегматиту елисеївського: $\frac{52,93 \cdot 100}{100 - 3} = 54,57 \text{ т};$
- кварцових відходів з вологістю 5 %: $\frac{47,01 \cdot 100}{100 - 3} = 48,46 \text{ т};$
- доломіту з вологістю 8 %: $\frac{16,18 \cdot 100}{100 - 3} = 16,68 \text{ т};$
- фарфорового бою: $\frac{36,39 \cdot 100}{100 - 3} = 37,52 \text{ т};$

Втрати сировини під час її підготовки в натуральному виразі становлять:

$$B_4 = (10,03 - 9,73) + (8,52 - 8,27) + (54,47 - 52,93) + (48,46 - 47,01) + (16,68 - 16,18) + (37,52 - 36,39) = 5,27 \text{ т.}$$

Завершуючи розрахунок матбалансу виготовлення поливи, визначаємо величину відхилу балансу. У таблиці 3.2 наведено придбання та витрати основних та допоміжних матеріалів, які необхідні для виготовлення поливи.

За даними розрахунків відхил матеріального балансу становить:

$$\frac{|306 - 305,99|}{306} \cdot 100 = 0,003\%.$$

Таблиця 3.2 – Придбання та витрата матеріалів під час виробництва поливи

Придбання, т		Витрати, т	
Матеріал	Кількість, т	Матеріал	Кількість, т
1. Сировина на складі:		1. Товарна продукція	140
– глина	10,03	2. Брак виробництва:	
Дружківська;	8,52	– брак під час випробувань та	
– каолін;	54,57	випалу виробів (Б ₁);	8,94
– пегматит;	48,46	– брак під час підсушування	
– кварцовий відхід;	16,68	напівфабрикатів;	
– доломіт;	37,52	– після нанесення поливи (Б ₂)	0,16
– фарфоровий бій		3. Виробничі втрати:	
2. Технологічна вода:		– поливної суспензії під час	4,36
– вода для помелу	130,22	нанесення поливи (П ₂);	
сировини		– поливної суспензії під час її	9,02
		зберігання та обробки (П ₃);	5,27
		– сировини під час підготовки	
		поливи (В ₄)	8,95
		4. Фізико-хімічні втрати:	
		– під час прожарювання шару	3,21
		поливи (П ₁);	
		– випаровування вологи з поливи в	41,35
		разі випалу виробів (В ₁);	
		– випаровування вологи під час	84,73
		підсушування;	
		– напівфабрикатів (В ₂);	
		– випаровування вологи під час	
		нанесення	
		поливи на підігріті вироби (В ₃)	
Разом 306 т		Разом 305,99 т	

На наступному етапі розрахунків проводиться визначення витратних коефіцієнтів для основних та допоміжних матеріалів. За наведеними розрахунковими даними матеріального балансу виробництва фарфорового матеріалу та поливи для кожного виду сировини та допоміжних матеріалів визначаються витратні коефіцієнти на тону готової продукції:

- для глини дружківської: $\frac{1\,701 + 10,03}{7\,000} = 0,244$ т/т продукції;
- для каоліну просянівського: $\frac{3\,087 + 8,52}{7\,000} = 0,442$ т/т продукції;
- для пегматиту єлисеївського: $\frac{2\,752 + 54,57}{7\,000} = 0,4$ т/т продукції;
- для кварцового відходу: $\frac{1\,641 + 48,46}{7\,000} = 0,24$ т/т продукції;
- для доломіту: $\frac{16,68}{7\,000} = 0,002$ т/т продукції;
- для фарфорового бою: $\frac{271,4 + 37,52}{7\,000} = 0,044$ т/т продукції;
- для таніну: $\frac{45,00}{7\,000} = 0,006$ т/т продукції;
- для технологічної води: $\frac{8\,565,1 + 130,22}{7\,000} = 1,24$ т/т продукції.

Отримані витратні коефіцієнти використовуються в економічному обґрунтуванні проекту під час визначення собівартості продукції.

3.3 Матеріальний баланс виробництва скловиробів

Розрахунок матеріального балансу виробництва скловиробів проводиться для таких видів продукції: листове скло (загартоване, поліроване, безпечне), а також скло тарне, медичне, хіміко-лабораторне. Для сортового скла, а також спеціальних видів скла (електровакуумного, світлотехнічного, антибактеріального, біосумісного) втрати чітко регламентуються. Особливо це стосується таких сировинних матеріалів, як PbO , As_2O_3 , CeO_2 , V_2O_5 , CdO , ZnO тощо.

Втрати на окремих технологічних етапах визначаються використовуюваною на підприємстві сучасною технологією.

Розрахунок матеріального балансу виробництва скловиробів здійснюється за такими вихідними даними:

- вид продукції;

- продуктивність виробництва;
- склад скла та шихти;
- втрати на окремих етапах виробництва.

На першому етапі необхідно обрати технологічну схему виробництва.

У тому випадку, якщо відомий лише склад скла, необхідно провести розрахунок шихти для його отримання. Порядок розрахунку складу шихти скловиробів за хімічним складом скла та сировинних матеріалів наведений у методичних рекомендаціях до проведення практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Теорія та практика одержання хімічних речовин та матеріалів» зі спеціальності G1 – Хімічні технології та інженерія.

Необхідно також визначити кількість скла, що виготовляється відповідно до заданої продуктивності, у ваговому еквіваленті. Якщо розглядається виробництво тарного, медичного або хіміко-лабораторного скла, розрахунки здійснюються за такою формулою (3.1):

$$A = m_{\text{виробу}} \cdot N, \quad (3.1)$$

де m – вага одиниці продукції, кг;

N – річна продуктивність виробництва, шт.

Якщо ж розрахунок стосується виробництва листового, полірованого, армованого або візерунчастого скла, річну продуктивність у ваговому еквіваленті розраховують, враховуючи вагу 1 м² скла, яка визначається за такою формулою:

$$m = \rho \cdot s \cdot h, \quad (3.2)$$

де m – вага 1 м² скла;

ρ – щільність скла, кг/м³;

s – площа скла, що виробляється, м²;

h – товщина стрічки скла, м.

Тоді формула (3.3) для визначення продуктивності виробництва у натуральному виразі набуває такого вигляду:

$$A = m \cdot N = \rho \cdot s \cdot h \cdot N, \quad (3.3)$$

де N – річна продуктивність виробництва, м^2 .

У подальшому розрахунок матеріального балансу виробництва різних скловиробів відбувається ідентично з тією лише різницею, що в кожному окремому розрахунку використовують відомості про втрати матеріалів на різних технологічних етапах для конкретного виробництва. Порядок розрахунку полягає у наступному.

Визначаємо вагу скла, яке надходить на сортування (A_1), з урахуванням втрат від бою скла (X_1) за такою формулою:

$$A_1 = \frac{A \cdot 100}{100 - X_1}, \text{ т скла.} \quad (3.4)$$

Кількість склобою B_1 у натуральному виразі має такий вигляд:

$$\dot{A}_1 = A_1 - A, \text{ т скла.} \quad (3.5)$$

Визначаємо вагу скла, яке надходить на механічну обробку, з урахуванням втрат на цій стадії (X_2):

$$A_2 = \frac{A_1 \cdot 100}{100 - X_2}, \text{ т скла.}$$

Кількість браку скла під час механічної обробки B_2 у натуральному виразі має такий вигляд:

$$\dot{A}_2 = A_2 - A_1, \text{ т скла.} \quad (3.6)$$

Визначаємо вагу скломаси, яка надходить на формування виробів і відпал скла (з урахуванням втрат на цій стадії X_3) за такою формулою:

$$A_3 = \frac{A_2 \cdot 100}{100 - X_3}, \text{ т скла.} \quad (3.7)$$

Кількість браку під час формування виробів і випалу B_3 у ваговому виразі визначається за такою формулою:

$$\dot{A}_3 = A_3 - A_2, \text{ т скла.} \quad (3.8)$$

Для визначення кількості сухої шихти (A_4) необхідно звернутися до даних про шихтовий склад скла. Зокрема, треба знати сумарну кількість шихти для отримання 100 мас. ч. скла $C_{ш}$. Приклад розрахунку наведений у розділі 2 (п. 2.4) методичних рекомендацій до виконання практичної та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Теорія та практика одержання хімічних речовин та матеріалів»:

$$\begin{aligned} C_{ш} &= 100 \text{ мас. ч. скла;} \\ 100 \text{ мас. ч. шихти} &= C_c \text{ мас. ч. скла.} \end{aligned}$$

З урахуванням отриманого виходу скла C_c розраховуємо кількість сухої шихти, що подається у піч A_4 :

$$\begin{aligned} 100 \text{ мас. ч. шихти} &= C_c \text{ мас. ч. скла;} \\ A_4 \text{ т шихти} &= A_3 \text{ т скла.} \end{aligned}$$

Втрати під час варіння скломаси B_4 у натуральному виразі становитимуть за формулою 3.9:

$$\dot{A}_4 = \dot{A}_4 - \dot{A}_3, \text{ т шихти.} \quad (3.9)$$

Визначаємо загальну кількість сухих сировинних матеріалів, які надходять до дозувально-змішувального відділення складального цеху (з урахуванням втрат на цій стадії) X_4 за формулою 3.10:

$$A_5 = \frac{A_4 \cdot 100}{100 - X_5}. \quad (3.10)$$

Втрати в натуральному виразі складають за формулою 3.11:

$$\dot{A}_5 = \dot{A}_5 - \dot{A}_4, \text{ т шихти.} \quad (3.11)$$

Визначаємо вагову кількість кожного із сировинних матеріалів у сухому стані у складі шихти, які повинні надійти до дозувально-змішувального відділення, складаючи і вирішуючи відповідні пропорції.

Наприклад, для визначення кількості сухого піску така пропорція матиме вигляд:

$$\frac{C_{\text{ш}}}{\text{кількість сухої шихти } A_5} = \frac{X}{\text{сухого піску}}.$$

Аналогічним чином розраховуємо кількість усіх сировинних матеріалів у сухому стані.

У подальшому визначаємо річні витрати природної сировини, яка надходить до підготовчого відділення складового цеху з урахуванням кар'єрної вологості. Наприклад, для піску за формулою 3.12:

$$B_{\text{піску}} = \frac{X_{\text{сух.піску}} \cdot 100}{100 - X_{\text{піску}}}. \quad (3.12)$$

Аналогічним чином розраховуємо річні витрати для решти сировинних матеріалів.

Загальна кількість вологої сировини визначається за такою формулою:

$$\dot{A}_6 = \sum B_3. \quad (3.13)$$

Далі визначається кількість вологої сировини, яка надходить до підготовчого відділення складального цеху з урахуванням втрат під час транспортування та сушіння, наведених у таблиці 3.3. Для синтетичної сировини високої вартості (наприклад, свинцевий сурик, цинкові білила, кріоліт тощо), а також тих матеріалів, що використовуються як допоміжні (барвники, освітлювачі, глушники, знебарвлювачі), втрати у підготовчому відділенні складального цеху не перевищують 0,05 % та 0,01 % відповідно.

Таблиця 3.3 – Річні витрати сировини у підготовчому відділенні складального цеху

Назва матеріалу	Річні витрати вологої сировини, т	Втрати під час транспортування		Втрати під час сушіння		Загальні річні витрати сировини з урахуванням втрат, т
		%	т	%	т	
Пісок	B_1	20	T_1	2	C_1	P_1
Доломіт	B_2	8	T_2	7	C_2	P_2
Глинозем	B_3	10	T_3	–	C_3	P_3
Сода	B_4	4	T_4	–	C_4	P_4
Крейда	B_5	9	T_5	8	C_5	P_5
Всього	A_6		T		C	A_7

На наступному етапі розрахунків необхідно розрахувати річні витрати кожного виду сировини з урахуванням відповідних втрат. Наприклад, для піску вони становлять (за формулами 3.14 –3.16):

$$T_1 = \frac{B_1 \cdot 20}{100} \quad (3.14); \quad C_1 = \frac{T_1 \cdot 2}{100} \quad (3.15); \quad P_1 = B_1 + T_1 + C_1 \quad (3.16).$$

Аналогічним чином розраховуємо річні витрати інших видів сировини з урахуванням втрат під час транспортування й сушіння.

Загальні річні витрати сировини з урахуванням втрат сировини під час транспортування й сушіння визначають за такою формулою:

$$A_7 = P_1 + P_2 + \dots + P_n. \quad (3.17)$$

Отже, для виробництва віконного скла з продуктивністю N , m^2 на рік, загальна кількість сировинних матеріалів з урахуванням втрат від браку виробів та технологічних втрат становить A_7 .

Тоді втрати під час транспортування та сушіння B_6 у натуральному виразі визначаються за такою формулою:

$$\dot{A}_6 = \dot{A}_7 - \dot{A}_6, \quad (3.18)$$

Втрати від браку виробів: $B_1 + B_2 + B_3$, т скла.

Втрати під час склоутворення (вигорання шихти): B_4 , т шихти.

Втрати під час підготовки сировини та складання шихти: $B_5 + B_6$, т сировини.

Втрати від браку виробів на стадії сортування, механічної обробки та відпалу мають бути повернені у виробництво у вигляді склобою. Це дозволить істотно знизити загальні втрати під час виробництва продукції.

Приклад розрахунку

Розрахувати матеріальний баланс заводу з виробництва листового скла 10 млн m^2 на рік. Склад шихти, мас. %: сода – 27,3; доломіт – 17,8; крейда – 6,8; пісок кварцовий – 71,73; технічний глинозем – 0,153. Кількість шихти для виготовлення 100 мас. ч. скла $C_{ш} = 123,8$ мас. ч.

Для цього прикладу обрано таку технологічну схему виробництва листового скла (рис. 3.4).

Визначаємо вагу скла, яке повинно знаходитися на складі готової продукції. Для цього спочатку визначаємо масу 1 m^2 скла за формулою 3.2:

$$m = \rho \cdot v = 1 m^2.$$

У разі щільності скла $\rho = 2\,200$ $кг/м^3$ і товщині $h = 5$ мм маса 1 m^2 буде дорівнювати:

$$m = 2\,200 \cdot s \cdot h = 0,011, \text{ т/м}^2 \text{ скла.}$$

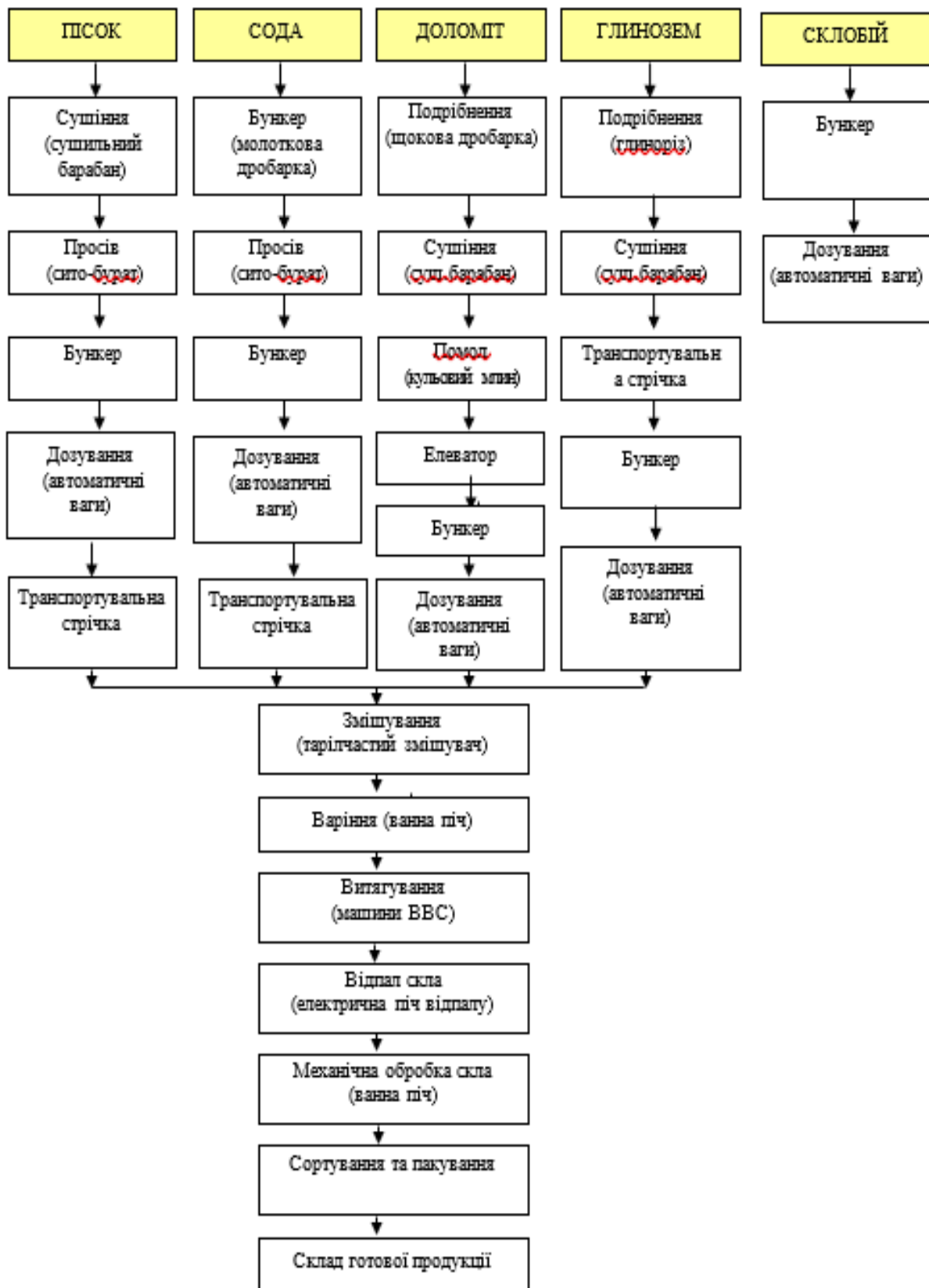


Рисунок 3.4 – Технологічна схема виготовлення листового скла

Визначаємо вагу скла, яке виробляється згідно із заданою продуктивністю за формулою 3.3:

$$A = 0,011 \cdot 10\,000\,000 \text{ м}^2 = 110\,000, \text{ т скла.}$$

Визначаємо вагу скла, яке повинно потрапити на сортування A_1 , якщо врахувати, що 10 % продукції втрачається від бою скла ($X_1 = 10\%$):

$$A_1 = \frac{A \cdot 100}{100 - X_1} = \frac{110\,000 \cdot 100}{100 - 10} = 122\,000, \text{ т скла.}$$

Вагова кількість склобою B_1 становитиме:

$$A_1 - A = 122\,000 - 110\,000 = 12\,000 \text{ т скла.}$$

Визначаємо вагу скла, яке надходить на механічну обробку з урахуванням втрат на цій стадії ($X_2 = 3\%$):

$$A_2 = \frac{A_1 \cdot 100}{100 - X_2} = \frac{122\,000 \cdot 100}{100 - 3} = 126\,000, \text{ т скла.}$$

Кількість браку скла під час механічної обробки у натуральному виразі B_2 становить:

$$B_2 = A_2 - A_1 = 126\,000 - 122\,000 = 4\,000 \text{ т скла.}$$

Визначаємо вагу скломаси, яка потрапляє на формування виробів і відпал скла з урахуванням втрат на цих стадіях ($X_3 = 5\%$):

$$A_3 = \frac{A_2 \cdot 100}{100 - X_3} = \frac{126\,000 \cdot 100}{100 - 5} = 133\,000 \text{ т скла.}$$

Кількість браку під час формування виробів і випалі у ваговому виразі B_3 :

$$B_3 = A_3 - A_2 = 133\,000 - 126\,000 = 7\,000, \text{ т скла.}$$

Для визначення кількості сухої шихти A_4 необхідно знати вихід скла C_c , який розраховуємо, розв'язуючи пропорцію

$$\begin{aligned} 123,8 &- 100 \text{ мас. ч. скла;} \\ 100 \text{ мас. ч. шихти} &- C_c \text{ мас. ч. скла.} \end{aligned}$$

Звідси $C_c = 80,8$.

З урахуванням виходу скла розраховуємо кількість сухої шихти, що подається у піч A_4 :

$$\begin{aligned} 100 \text{ мас. ч. шихти} &- 80,8 \text{ мас. ч. скла;} \\ A_4 \text{ т шихти} &- 133\,000 \text{ т скла.} \end{aligned}$$

Звідси $A_4 = 166\,250$ т шихти.

Втрати на вигорання шихти в натуральному виразі складуть:

$$B_4 = A_4 - A_3 = 166\,250 - 133\,000 = 33\,250 \text{ т.}$$

Визначаємо загальну кількість сухих сировинних матеріалів, які надходять до дозувально-змішувального відділення складального цеху з урахуванням втрат на цій стадії ($X_4 = 5\%$):

$$A_5 = \frac{A_4 \cdot 100}{100 - X_5} = \frac{166\,250 \cdot 100}{100 - 5} = 175\,000 \text{ т шихти.}$$

Втрати матеріалів на цій стадії в натуральному виразі складають:

$$B_5 = A_5 - A_4 = 175\,000 - 166\,250 = 8\,750 \text{ т.}$$

Визначаємо кількість кожного із сировинних матеріалів у сухому стані, які потрапляють до дозувально-змішувального відділення, у відповідних пропорціях. Наприклад, для піску:

$$\begin{aligned} 123,8 \text{ мас. \%} &- 71,73 \text{ мас. \%;} \\ 175\,000 \text{ т шихти} &- X \text{ т піску.} \end{aligned}$$

Звідси $X = 101\,395,39$ т піску.

Аналогічним чином розраховуємо для решти сировинних матеріалів:

- доломіту – 24 184,78 т;
- глинозему – 207,87 т;
- соди – 37 092,23 т;
- крейди – 9 239,09 т.

Далі треба визначити загальну кількість природної сировини, яка потрапляє до підготовчого відділення складового цеху з урахуванням кар'єрної вологості. Для піску кар'єрна вологість може становити 10 %, для доломіту – 10 %, для глинозему – 0,5 %, для соди – 7 %, для крейди – 15 %.

Розраховуємо загальну кількість (річні витрати) сировини з урахуванням вологості матеріалів. Наприклад, для піску:

$$B_1 = \frac{X_{\text{т.піску}} \cdot 100}{100 - W} = \frac{X_{\text{т.піску}} \cdot 100}{100 - 10} = 112\,661,54 \text{ т}$$

Аналогічним чином розраховуємо річні витрати для решти матеріалів:

- доломіту – 26 871,97 т;
- глинозему – 208,91 т;
- соди – 39 884,11 т;
- крейди – 10 869,5 т.

Таким чином, загальна кількість вологої сировини становить:

$$A_6 = 112\,661,54 + 26\,871,97 + 208,97 + 39\,884,11 + 10\,869,5 = \\ = 190\,496,04 \text{ т.}$$

Визначаємо кількість вологої сировини, яка потрапляє до підготовчого відділення складального цеху з урахуванням втрат під час транспортування та сушіння. Результати розрахунків зводимо до таблиці (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Річні витрати сировини з урахуванням втрат

Матеріал	Річні витрати вологої сировини, т	Механічні втрати		Втрати при сушінні		Загальні річні витрати сировини з урахуванням втрат, т
		%	т	%	т	
Пісок	112 661,54	20	22 532,3	2	450,706	135 646
Доломіт	26 871,97	8	2 149,75	7	150,48	29 172,2
Глинозем	203,91	10	20,391	–	–	225,3
Сода	39 884,11	4	1 595,36	–	–	41 481
Крейда	10 869,5	9	978,225	8	78,258	11 927
Всього	190 496,04		27 276,05		679,444	218 451,5

Загальні річні витрати сировини з урахуванням втрат складають:

$$A_7 = 135\,646 + 29\,172,2 + 225,3 + 41\,481 + 11\,927 = 218\,451,5 \text{ т.}$$

Втрати під час транспортування та сушіння складають:

$$B_6 = A_7 - A_6 = 218\,451,5 - 190\,496,04 = 27\,955,46 \text{ т.}$$

Отже, для виробництва віконного скла на заводі з продуктивністю 10 млн м² на рік загальна кількість сировинних матеріалів з урахуванням втрат від браку виробів та технологічних втрат становить 235 861,72 т шихти.

Втрати від браку виробів: $B_1 + B_2 + B_3 = 21,0$ т скла.

Втрати під час склоутворення (вигорання шихти): $B_4 = 33\,250$ т шихти.

Втрати під час підготовки сировини та складанні шихти: $B_5 + B_6 = 8\,750$ т сировини.

3.4 Техніко-економічне обґрунтування хімічного виробництва

Хімічна промисловість є важливою частиною промислового комплексу України. Вона характеризується багатoproфільністю, оскільки продукує як готові вироби, так і напівпродукти, що використовуються в інших галузях. Важливою рисою цієї галузі є широке використання різноманітної сировини – як природного походження (корисні копалини),

так і вторинної, зокрема техногенних відходів побутового та промислового характеру. Сучасна хімічна промисловість виступає базою для забезпечення сировиною практично всіх сфер виробництва матеріальних благ – від харчової промисловості до фармацевтики й оборонного комплексу.

До ключових характеристик хімічного виробництва належать його висока залежність від наукових розробок (наукомісткість), значні витрати енергоресурсів та сировини, а також підвищений рівень екологічного навантаження.

Важливою складовою є техніко-економічний аналіз, що дозволяє обґрунтувати економічну доцільність проєктованого або вдосконаленого виробництва. Такий розрахунок передбачає визначення собівартості одиниці продукції, що є основою для ухвалення рішень щодо впровадження технологій або процесів. Залежно від поставленої задачі, економічні розрахунки можуть мати різні цілі:

1. Порівняння вартості реалізації декількох варіантів технологічного процесу з метою вибору найефективнішого.
2. Аналіз змін у собівартості після модернізації процесу з метою визначення доцільності нововведень.
3. Визначення собівартості інноваційного або унікального технологічного процесу для обґрунтування його практичного впровадження.

Розрахунок та проєктування існуючого виробництва або вдосконалення чи дослідження нового процесу виготовлення певної хімічної продукції або матеріалу

Техніко-економічний розрахунок має на меті визначення собівартості випуску одиниці продукції виробництвом і, таким чином,

обґрунтування його економічної доцільності. Виконання такого розрахунку може мати різні цілі, а саме:

- 1) розрахунок собівартості та 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 економічне обґрунтування передбачає проведення оцінки науково-технічного рівня науково-дослідної роботи. Така оцінка є необхідною для порівняння прогнозованої значущості наукових досліджень.

3.4.1 Розрахунок собівартості

Витрати, до яких належить вартість, класифікують відповідно до їхнього економічного змісту за такими елементами:

- матеріальними витратами;
- витратами на оплату праці;
- відрахуванням на соціальні заходи;
- амортизацією основних фондів і нематеріальних елементів;
- іншими витратами.

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 всіх видів, яка витрачається на технологічні потреби організації;
- інші витрати.

Кількість необхідних матеріалів встановлюється з огляду на кількість дослідів, проведених протягом виконання експерименту, і необхідні витрати матеріалів (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Розрахунок витрат на матеріали

Назва матеріалу	Одиниці вимірювання	Необхідна кількість матеріалу, B_i	Ціна одиниці матеріалу, C_i , грн/од.	Сума, грн
Разом, грн				

Розрахунок вартості матеріалів здійснюється за такою формулою:

$$B_m = B_i \cdot C_i \cdot 1,1, \quad (3.19)$$

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.

Після розрахунку калькуляцію наводять у вигляді таблиці (табл. 3.5).

Розрахунок енергетичних витрат

Хімічні виробництва належать до енергоємних. Основні витрати енергії пов'язані з процесами подрібнення сировини або з тими, що відбуваються за високих температур (сушіння, плавлення, прожарювання, спікання тощо). Для забезпечення енергетичних витрат використовуються електроенергія або енергія спалювання природних корисних копалин (газ, вугілля). Наведемо розрахунок енергетичних витрат на прикладі використання електроенергії.

Витрати на електроенергію розраховують за такою формулою:

$$B_e = P_{усті} \cdot n_i \cdot m_i \cdot k_n \cdot C_e, \quad (3.20)$$

де $P_{усті}$ – електрична потужність i -го устаткування, 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 витрат електроенергії наводять у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Значення потужності, часу роботи обладнання та вартості використаної електроенергії

Обладнання	Електрична потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Використана електроенергія, кВт·год	Вартість використаної електроенергії, грн
Разом, грн				

Розрахунок витрат на воду

Витрати на воду для технічних цілей розраховуються за такою формулою:

$$B_v = V_i \cdot m_i \cdot C_v, \quad (3.21)$$

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

m_i – тривалість роботи обладнання, год;

C_v – вартість 1 м³ води, грн.

Значення витрат води, тривалості роботи обладнання (операції) та вартості використаної води наводять у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – 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
Разом, грн				

Розрахунок амортизації основних фондів і нематеріальних активів

Амортизаційні відрахування розраховуються за такою формулою:

$$A = (C_{об} \div 12) \cdot t_i, \quad (3.22)$$

де $C_{об}$ – вартість обладнання, грн (табл. 3.8);

t_i – тривалість роботи обладнання, місяців (табл. 3.6).

У випадку технологічного обладнання тривалість його використання розраховують згідно з обраною схемою роботи виробництва (одно- або двозмінна, періодична, безперервна).

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

Таблиця 3.8 – Вартість обладнання та амортизаційні відрахування

Обладнання	Вартість обладнання, грн	Тривалість роботи, міс.	Амортизація, грн
Разом, грн			

Розрахунок витрат на малоцінні та витратні матеріали

Витрати на малоцінні матеріали, лабораторний посуд, захисний одяг тощо обирають у розмірі 8 % від вартості обладнання (табл. 3.8).

Витрати на оплату праці і відрахування на соціальні заходи

Для розрахунку витрат на заробітну плату робітників виробництва, цеху, ділянки необхідно скласти таблицю (табл. 3.9). Заробітну плату вносять до таблиці повністю, без відрахувань на податки.

Таблиця 3.9 – Заробітна плата виконавців науково-дослідної роботи

Посада	Кількість робітників	Заробітна плата (оклад + премія / надбавки), грн	Час роботи, міс.	Коефіцієнт участі у роботі	Сума, грн
Разом, грн					

Преміальний фонд обирається у розмірі 20 % від окладу. Сума надбавок обирається відповідно до норм організації. Для науково-педагогічних та наукових працівників до окладу необхідно додати відповідні надбавки (за науковий ступінь, вчене звання, стаж роботи тощо).

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

Витрати на науково промислово-відрядження обирають у розмірі 12 % від фонду заробітної плати. Контрагентські роботи та послуги зі сторони становлять 10 % від фонду заробітної плати. Накладні витрати, включно з витратами на господарські потреби, освітлення тощо, становлять 10 % від фонду заробітної плати.

Кошторис витрат на проведення науково-дослідної роботи

Кошторис виробництва продукції дозволяє провести аналіз витрат та намітити шляхи скорочення витрат. Необхідно зазначити, що хімічні виробництва є безальтернативними та їхня економічна оцінка поступається соціальній, політичній, екологічній значущості.

Загальна сума витрат на роботу наведена у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Кошторис витрат на проведення науково-дослідної роботи

Номер	Статті витрат	Сума, грн
1	Заробітна плата	
2	Преміальний фонд	
3	Витрати на відрядження	
4	Витрати на матеріали	
5	Витрати на електроенергію	
6	Витрати на воду	
7	Амортизаційні відрахування	
8	Витрати на малоцінні та витратні матеріали	
9	Витрати на контрагентські та сторонні роботи	
10	Накладні витрати	
Разом, грн		

Загальні витрати на проведення роботи $V_{\text{ндр}}$ визначаються за такою формулою:

$$V_{\text{ндр}} = C_{\text{ндр}} \cdot 1,2, \quad (3.23)$$

де $C_{\text{ндр}}$ – загальна сума витрат на проведення роботи за всіма статтями;

1,2 – коефіцієнт, який враховує планові накопичення.

3.4.2 Розрахунок економічного ефекту

Економічний ефект впровадження роботи $E_{\text{еф.}}$ визначають за такою формулою:

$$E_{\text{еф}} = C_1 \cdot O - (C_2 \cdot O + B_{\text{ндр}}), \quad (3.24)$$

де C_1 – собівартість продукції до впровадження, грн/(ум. од.);

ум. од. – умовна одиниця випуску продукції (кілограм, тон, м², штук тощо);

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

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

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

4 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Записку оформлюють на білих аркушах формату А4 із розмірами 297 мм × 210 мм. З усіх боків необхідно залишити береги: розмір лівого, нижнього та верхнього берегів – не менше 20 мм, правого – не менше 10 мм.

Текст записки виконують на одному боці аркуша одним зі способів, наприклад, машинним (за допомогою комп'ютерної техніки): рекомендований шрифт – Times New Roman Cyr; кегль 12–14; інтервал – 1,5.

Назви розділів виконують великими літерами та розташовують симетрично до тексту. Назви підрозділів і пунктів виконують малими літерами з першою великою і розташовують з абзацу. Після номера розділу, підрозділу крапка не ставиться. Крапка наприкінці назви розділу, підрозділу також не ставиться. Кожний розділ документа рекомендується починати з нового аркуша.

Сторінки записки нумерують арабськими цифрами, які проставляють у правому верхньому куті аркуша без будь-яких розділових знаків. На першому титульному аркуші номер не ставлять, але додають його до загальної нумерації сторінок. Рисунки і таблиці, які розташовані на окремих аркушах, список посилань, додатки (якщо вони є) також входять до загальної нумерації сторінок. Нумерація повинна бути наскрізною.

Титульний аркуш, який є першою сторінкою записки, повинен бути оформлений за зразком, наведеним у додатку Б. Другою сторінкою записки є завдання до курсової роботи, яке було видано викладачем. Третьою сторінкою записки є зміст. У ньому послідовно перераховують найменування розділів і підрозділів, список посилань, додатки і зазначають номери сторінок, на яких вони розташовані. Далі послідовно розташовують вступ, технологічну частину, розрахункову частину, висновки, список посилань, додатки.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Воронов Г. К. Теорія та практика одержання хімічних речовин і матеріалів [Електрон. ресурс] : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності G1 – Хімічні технології та інженерія / Г. К. Воронов, О. В. Бабіч ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2026. – 163 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/75056/>, вільний (дата звернення: 27.01.2026). – Назва з екрана.

2. Структура склокерамічних матеріалів [Електрон. ресурс] : монографія / О. В. Саввова, Г. К. Воронов, О. І. Фесенко [та ін.] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 152 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/63861/>, вільний (дата звернення: 27.01.2026). – Назва з екрана.

3. Суббота І. С. Хімічна технологія кераміки : підручник для студ. спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія / І. С. Суббота, Л. М. Спасьонова, В. Ю. Тобілко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 178 с.

4. Теоретичні основи технології кераміки та скла : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія за освітньою програмою «Хімічні технології неорганічних в'язучих речовин, кераміки, скла та полімерних і композиційних матеріалів» / І. С. Суббота, Л. М. Спасьонова. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 206 с.

5. Історія та розвиток керамічного виробництва : навч. посіб. / О. В. Саввова, Г. К. Воронов, О. І. Фесенко [та ін.] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 182 с.

6. Хімічна технологія тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів у прикладах і задачах : навч. посіб. у 2-х ч. Ч. 2 / О. Ю. Федоренко, Я. М. Пітак, М. І. Рищенко [та ін.] ; [за заг. ред. М. І. Рищенко]. – Харків : НТУ «ХПІ», 2013. – 326 с.

7. Ящишин Й. М. Технологія скла : підручник у 3-х ч. Ч. 2 / Й. М. Ящишин. – Львів : Бескид Біт, 2004. – Технологія скляної маси. – 250 с.

8. Економічна теорія / [за заг. ред. В. А. Предборського]. – Київ : Кондор, 2003. – 492 с.

9. Ковальська Л. Л. Економіка підприємства : підручник / Л. Л. Ковальська, І. В. Кривов'язюк. – Київ : Видавничий дім «Кондор», 2020. – 700 с.

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

ДОДАТОК А

Довідкові дані для розрахунків матеріального балансу виробництв

Таблиця А.1 – Норми механічних втрат основних сировинних матеріалів під час виробництва кераміки та вогнетривів

Технологічна операція	Втрати матеріалів, %				
	Глина грудкова, збагачений каолін	Шамот кусковий	Магнезит овий порошок	Матеріали для приготування полив	Матеріали для приготування шлікерів для тонкої кераміки
Розвантаження та зберігання сировини на складі	1,2	0,5	0,5	0,8	0,8
Подрібнення та розсіювання сировини	0,5	0,3	0,1	0,2	0
Помел сировини	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2
Транспортування сировини у процесі переробки	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Перемішування сировини	0,4	0,3	0,3	0,1	0
Втрати сировини в аспіраційних установках	1,2	0,3	0,8	0,5	0

Таблиця А.2 – Норми механічних втрат основних матеріалів під час виробництва вогнетривких виробів

Технологічна операція	Втрати сировини, %				
	Мелена глина	Кусковий шамот	Магнезит (порошок)	Випалений доломіт	Хроміт
Розвантаження сировини	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Розбирання і сортування	—	0,3	—	0,3	1,0
Подрібнення і фракціонування	0,3	0,3	0,1	0,3	0,2
Помел	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Вилежування	—	—	0,1	—	—
Транспортування під час переробки	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Змішування і формування	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Випал виробів, сортування	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

Таблиця А.3 – Технологічні показники виробництва деяких видів керамічних виробів

Найменування норм	Одиниці вим.	Види продукції			
		Личкувальна плитка	Плитка для підлоги	Фасадна плитка	Санітарно-технічні вироби
Брак у разі випалу виробів:	%				
Випал у тунельних печах:					
1) утильний	%	0	0	4	7,5
2) политий	%	0	0	4	5,5
Конвеєрні лінії (сушіння та випал)	%	10	4	4	0
Брак під час формування виробів	%	1	1	1	3
Втрати сировини на складі та в процесі попередньої переробки	%	2	2	2	2
Втрати в процесі масоприготування	%	3	3	3	3
Втрати в аспіраційних установках, зокрема у розпилювальних сушарках	%	3	3	2	0,5
Втрати сировини в процесі приготування поливи	%	2	2	2	2
Вологість шлікеру	%	40	50–55	40–45	30–32
Вологість прес-порошку	%	6–8	6–8	6–8	0
Вологість напівфабрикатів, що надходять на сушіння	%	6–8	6–8	6–8	18

Таблиця А.4 – Норма механічних втрат під час випалу вогнетривкої сировини

Технологічна операція	Втрати сировини, %		
	Глина та каолін	Магнезит	Доломіт
Розвантаження сировини	0,5	0,5	0,5
Зберігання сировини на складі	1,0	1,0	1,0
Подрібнення і фракціонування	0,3	0,3	0,3
Транспортування в процесі переробки	0,2	0,2	0,2
Подрібнення і фракціонування випаленого матеріалу	0,1	0,1	0,1
Упаковка і відвантаження	0,1	0,1	0,1

ДОДАТОК Б

Зразок оформлення титульного аркуша курсового проєкту

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни «Теорія та практика одержання хімічних речовин і
матеріалів»

на тему: «Технологія одержання облицювальної плитки»

Виконав: ст. гр. МХІТк 2025-1

Максименко І. С.

Перевірив: доцент кафедри хімії та
інтегрованих технологій

Бабіч О. В.

Харків 2026

Електронне навчальне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання курсової роботи
з навчальної дисципліни

«ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ОДЕРЖАННЯ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ»

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності G1 – Хімічні технології та інженерія)*

Укладачі: **БАБІЧ** Олена Вікторівна,
ВОРОНОВ Геннадій Костянтинович

Відповідальний за випуск *О. В. Бабіч*
Редактор *Б. О. Хільська*
Комп'ютерне верстання *О. В. Бабіч, І. В. Волосожарова*

План 2025, поз. 596М

Підп. до друку 21.04.2026. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 3,7.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 8386 від 14.07.2025.