

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій
Факультет харчових та хімічних технологій
Кафедра хімічних технологій кераміки, скла та біомедичних матеріалів

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
бакалавр

на тему: «Проект ділянки з виробництва ресторанного посуду HoReCa методом ізостатичного формування»

за освітньою програмою Хімічні технології та інженерія

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія

Виконав студент групи 4-ТС-53: _____ /Владислав ЧАЛИХ/

Керівник: _____ /Олена ХОМЕНКО/

Нормоконтролер: _____ /Олена ХОМЕНКО/

Консультанти:

_____	_____ / _____ /
_____	_____ / _____ /
_____	_____ / _____ /
_____	_____ / _____ /

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

Студент: _____

Дніпро – 2026

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies
Faculty of Food and Chemical Technologies
Department of Chemical Technologies of Ceramics, Glass, and Biomedical
Materials

Explanatory Note
to Bachelor's Thesis

on the topic: «Project of a site for the production of HoReCa restaurant tableware using the isostatic forming method»

according to educational curriculum «Chemical Technologies and Engineering»

in the Speciality: 161 Chemical Technologies and Engineering

Done by the student 4-TS-53 of the group: /Vladyslav CHALIKH/

Scientific Supervisor: /Olena KHOMENKO/

Normative controller: /Olena KHOMENKO/

Supervisors Consultants:

_____ / _____ /

_____ / _____ /

_____ / _____ /

_____ / _____ /

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Харчових та хімічних технологій

Кафедра: Хімічних технологій кераміки, скла та біомедичних матеріалів

Рівень вищої освіти: бакалавр

Освітня програма: Хімічні технології та інженерія

Спеціальність: 161 Хімічні технології та інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ХТКС та БМ

Олександр ЗАЙЧУК

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студенту ЧАЛИХ Владиславу

1. Тема роботи: Проект ділянки з виробництва ресторанного посуду HoReCa методом ізостатичного формування

Керівник роботи: кандидат технічних наук ХОМЕНКО Олена Сергіївна

затверджені наказом від " _____ " _____ 2026 р. № _____

2. Строк подання студентом роботи: _____ .2026 р

3. Вихідні дані до роботи: сировинні матеріали глина (Пятихатська), Каолін (КФН-2), Пісок кварц. (С-070-2), Польов. шпат (ESF501SG), Каолін лужн. (KN-83); метод формування – ізостатичне пресування; продуктивність 2500 т/рік

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Загальна частина: опис асортименту та вимоги стандартів до продукції, опис сировинних матеріалів, розрахунок хімічного складу маси.

4.2 Технологічна частина: вибір та обґрунтування технологічної схеми виробництва, опис технологічних стадій, контроль виробництва та якості готового продукту, розрахунок матеріального балансу:

4.3 Спеціальна частина: вибір та розрахунок основного обладнання; питання охорони праці та навколишнього середовища; економічне обґрунтування доцільності проекту.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Лист 1 Технологічна схема виробництва, Лист 2 – Проект цеху з виробництва посуду методом ізостатичного пресування

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціал та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)
1 Загальна частина	Хоменко О.С., доцент		
2 Технологічна частина	Хоменко О.С., доцент		
3 Спеціальна частина	Хоменко О.С., доцент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна частина		
2	Технологічна частина		
3	Спеціальна частина		
4	Оформлення ПЗ та презентації		
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	10.07.2026	
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	17.06.2026	

Студент _____

Керівник роботи _____

[illegible]

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ				
Вим.	Аркуш	Прізвище	Підпис	Дата					
Розроб.	Чалих В.				Проект дільниці з виробництва ресторанного посуду HoReCa методом ізостатичного формування	Літ.	Арк.	Аркушів	
Консультант	Хоменко О.						5	92	
Керівник	Хоменко О.					4ТС53, УДУНТ, ННІ УДХТУ			
Н. Контр.	Хоменко О.								
Зав.каф.	Зайчук О.								

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра

92 с., 23 рис., 21 табл., 27 джерел.

Об'єкт розробки – технологія виробництва ресторанного посуду методом ізостатичного пресування з використанням гранульованих порошкових мас

Мета роботи – розробка схеми виробництва ресторанного посуду

Ця розрахунково-пояснювальна записка містить в собі три ключові розділи

В першому розділі обрано асортимент ресторанного посуду та проаналізовано основні вимоги до його експлуатаційних властивостей; обґрунтовано вибір сировинних компонентів для приготування прес-порошків, а також розраховано хімічний склад керамічної маси та проведено його порівняльний аналіз із характеристиками світових аналогів.

У другому розділі обрано та обґрунтовано технологічну схему приготування прес-порошку та виробництва ресторанного посуду методом ізостатичного пресування; розглянуто фізико-хімічні основи процесів формування та, з метою визначення потреби у сировинних матеріалах, складено матеріальний баланс виробництва.

У третьому розділі обрано та розраховано основне технологічне устаткування, зокрема ізостатичні преси та автоматизовані лінії, визначено площі складських приміщень, розглянуто методи контролю якості сировини й готового посуду, заходи з охорони праці та навколишнього середовища, а також наведено техніко-економічне обґрунтування проекту.

ПОСУД, ПІДГОТОВКА ЗАГОТОВКИ, ВИВЕДЕННЯ ОКАЛИНИ,
ТЕХНОЛОГІЧНЕ МАСТИЛО, ОЧИЩЕННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	10
1.1 Асортимент та характеристика виробів, вимоги стандарту	10
1.2. Характеристика сировинних матеріалів	15
1.3 Розрахунок хімічного складу маси	19
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	27
2.1 Технологічна схема виробництва та її опис	27
2.1.1 Підготовка та дозування сировинних матеріалів	32
2.1.2 Приготування шлікеру та прес-порошку	33
2.1.3 Ізостатичне пресування	34
2.1.4 Сушіння виробів	36
2.1.5 Утильний випал виробів	37
2.1.6 Приготування глазурі та нанесення глазурі	38
2.1.7 Политий випал виробів	39
2.1.8 Сортування, пакування та зберігання	41
2.2 Фізико-хімічні основи виробництва	42
2.3. Матеріальний баланс виробництва	50
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	61
3.1 Вибір, розрахунок кількості та технічна характеристика устаткування	61
3.2 Контроль хіміко-технологічних процесів	70
3.3 Охорона праці та навколишнього середовища	75
3.4 Техніко-економічне обґрунтування доцільності проекту	85
ВИСНОВКИ	88
ЛІТЕРАТУРА	89
Додатки	92

ВСТУП

HoReCa (абр. від англ. hotel, restaurant, café) являє собою загальноприйняте поняття яке використовують ресторатори, готельєри, виробники та постачальники для умовного позначення продукції пов'язаної з готельно-ресторанним бізнесом. Виробники продукції HoReCa мають різні напрямлення починаючи з звичайного посуду, пакування для їжі на виніс, одноразового посуду, закінчуючи електроприладами для кухні та декоративними меблями для залу. В цій роботі ми детально розглянемо ресторанний посуд, а саме його вимоги до властивостей, різновиди, мінералогічний та хімічний склад [1].

Виробництво ресторанного посуду сьогодні це велика індустрія з жорсткими вимогами до фізико-хімічних властивостей продукту. З набуття незалежності Україна офіційно приймає участь в ISO (International Organization for Standardization) – це міжнародна організація яка установлює стандарти виробництва для всіх країн світу, основна мета цієї організації це дотримання контролю виробництва продукції яка випускається на міжнародний ринок.

Вони забезпечують що всі матеріали які використовують для продукції яка призначена для контакту з їжею, вже контактує з їжею, очікується, що буде контактувати з харчовими продуктами не загрожують здоров'ю людини, не змінюють склад, запах чи смак харчового продукту [2].

Сьогодні на ринку професійного ресторанного посуду домінують закордонні виробники, переважно з Китаю, які забезпечують масове постачання продукції стандартної якості за низькою ціною.

Український сегмент кераміки здебільшого представлений малими та середніми підприємствами (зокрема Decor Ceramics, КерамКлуб), що орієнтовані на індивідуальний дизайн та обмежені тиражі. Водночас великі вітчизняні заводи, такі як ТОВ «Новомосковський посуд» (idilia), попри значні

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обсяги, спеціалізуються на інших матеріалах або використовують традиційні методи формування, що поступаються сучасним світовим технологіям за продуктивністю та прецизійною точністю [3].

Єдиним прикладом високотехнологічного виробництва в Україні був Дружківський фарфоровий завод, де вперше в країні було впроваджено метод ізостатичного пресування [4]. Завдяки модернізації ліній та використанню енергоефективного португальського обладнання^[2], підприємство випускало конкурентоспроможну продукцію з місцевої сировини, яка успішно експортувалася. Проте на сьогодні завод припинив свою діяльність, що створило значний дефіцит якісного вітчизняного посуду в сегменті HoReCa

Основна мета цього дипломного про.кту – розробка та обґрунтування технології виробництва високоякісного ресторанного посуду методом ізостатичного пресування в Україні.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Асортимент та характеристика виробів, вимоги стандарту

Професійний керамічний посуд ресторанного типу, являє собою вироби з порцелянових або фаянсових мас, які після випалу покриваються спеціальною механічно стійкою глазур'ю.

Відповідно до технічних характеристик, такі вироби класифікують як пласкі (flatware), якщо їх глибина не перевищує 25 мм і глибокі (hollowware), якщо їх глибина перевищує 25 мм (від нижчої точки до рівня переливу). Залежно від об'єму їх поділяють на три типи [2]:

- малі – місткістю менше 1,1 л (зокрема чашки та кружки для гарячих напоїв);
- великі – місткістю від 1,1 л до 3 л;
- для зберігання – місткістю понад 3 л.

Такий посуд призначений для використання як звичайними споживачами в домашніх умовах так і для інтенсивного використання в закладах громадського харчування, де висувуються підвищені вимоги до гігієнічності та довговічності виробів.

Увесь асортимент продукції який передбачає контакт з їжею обов'язково повинен проходити перевірку на відповідність міжнародних стандартів з безпеки використання.

Основними фізико-хімічними властивостями керамічного посуду є: довготривала експлуатаційна стійкість, безпечний хімічний склад основних компонентів, хімічна стійкість до виділення шкідливих для людини речовин.

Ресторанний посуд, на відміну від домашнього, щодня проходить через десятки циклів миття та нагрівання [4]. Інтенсивне використання в умовах професійної кухні передбачає постійний вплив агресивних мийних засобів, високого тиску води в промислових посудомийних машинах, а також різкі перепади температур під час подачі страв або розігріву в конвекційних печах. Така експлуатація вимагає від виробів не лише гігієнічності, а й особливої

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

структурної витривалості, що регламентується спеціалізованими стандартами безпеки та якості.

Для забезпечення надійної експлуатації такого посуду критично важливим є дотримання двох ключових європейських нормативів: EN 1183:2009 «Матеріали та вироби, що контактують із харчовими продуктами. Методи випробування на термічний удар і термічну тривкість» (табл. 1.1) [5]

Стандарт поширюється на всі види керамічного, скляного та склокерамічного посуду. Його головна мета – переконатися, що при перенесенні виробу з гарячого середовища (печі) у холодне (вода або стіл) матеріал витримає внутрішню напругу.

Під термічної тривкістю мають на увазі здатність виробу витримувати багаторазові, циклічні перепади температур протягом тривалого часу. При кожному нагріванні та охолодженні матеріал «дихає» (розширюється та звужується). Навіть якщо перепад не критичний, з часом у структурі накопичуються мікро дефекти. Це схоже на те, як ви згинаєте металевий дріт туди-сюди: спочатку нічого не відбувається, але згодом він ламається. Методика випробувань полягає в постійному циклі нагрівання та охолодження виробу з поступовим збільшенням різниці температур. Тут важливо не те, чи трісне він один раз, а як довго він зберігатиме свої цілісні властивості при постійному використанні. [5]

Термічний удар – це раптова і різка зміна температури на поверхні виробу. У контексті стандарту це ситуація, коли виріб переміщується з одного температурного середовища в інше за лічені секунди. Коли гарячий посуд різко охолоджується (наприклад, водою), зовнішні шари кераміки стискаються швидше, ніж внутрішні. Це створює величезну напругу розтягування на поверхні.[6]. Якщо ця напруга перевищує міцність матеріалу, виріб миттєво руйнується або глазур вкривається сіткою тріщин.

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Основні відмінності у положеннях стандарту EN 1183:2009 [5]

Характеристика	Термічний удар	Термічна тривкість
Природа впливу	Разова екстремальна дія	Тривала циклічна дія
Основний ризик	Виріб лопне навпіл або одразу	Поступова поява мікротріщин
Тип випробування	Швидке занурення у воду	Почергове нагрівання/охолодження
Для ресторану це:	Коли кухар поставив холодну тарілку в гарячу конвекційну піч	Коли тарілка проходить 1000-й цикл сервірування за рік

Другим основним стандартом який регламентує вимоги до фізичних властивостей ресторанного посуду є EN 12875-1:2008 «Механічна тривкість до дії посудомийної машини» [7]. За весь час роботи поверхня виробу пройде через 1000 циклів миття, що є стандартним критерієм для перевірки професійного посуду на механічну та хімічну стійкість. Згідно з нормативами EN 12875-1, саме після такої кількості циклів у агресивному середовищі промислових посудомийних машин визначається здатність глазури зберігати свій первісний блиск, цілісність декору та гладкість поверхні.

Таким чином, сукупність вимог щодо хімічної безпеки (ISO 6486), термічної стабільності (EN 1183) та механічної витривалості (EN 12875) формує технічний базис для проектування виробів. Однак, окрім функціональної стійкості, не менш важливим аспектом є ергономіка та різноманітність форм, що складають професійний асортимент.

Відповідно з наведеною раніше класифікацією виробів за об'ємом та геометрією, основний модельний ряд ресторанного посуду поділяється на декілька ключових груп:

Пласкі вироби – це основний набір тарілок для подання страв, а саме:

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обідні тарілки великих діаметрів (24 см) для подачі основних страв, десертна тарілка зазвичай меншого діаметру (18 – 20 см) але більш витонченого дизайну, закусочна тарілка призначена для подачі закусок на стіл, невеликого діаметру та без витонченого дизайну.



А)



Б)



В)

Рисунок 1.1 – Приклад стандартного набору тарілок А) обідня; Б) десертна; В) закусочна

Група глибоких виробів малого та середнього об'єму охоплює посуд місткістю до 1,1 л. Сюди відносяться супові тарілки, боули для салатів, а також чашки та кружки для гарячих напоїв. Особливістю цієї групи є необхідність тривалого утримання температури страви.



А)



Б)

Рисунок 1.2 – Приклад стандартного набору тарілок А) супова; Б) боул для салату

Колір, дизайн, форма фінального виробу який буде виготовлятися підбирають згідно вимогам стандарту та замовника.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На лицьовій поверхні виробів (дзеркалі та бортах) не допускаються тріщини, «цек» глазури, а також дефекти, розміри яких перевищують значення, наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Види дефектів на поверхні ресторанного посуду

Вид дефекту	Значення для одного виробу, не більше, мм
Щербини та відколи:	
на краях (бортах) виробу	не допускаються
на підшві (ніжці) виробу	2
Засмічення під глазур'ю:	
загальною площею	1,5

Хімічну стійкість до виділення шкідливих речовин регламентує стандарт ISO 6486 який поділяється на дві основні частини ISO 6486-1 «Посуд керамічний в контакт з їжею. Виділення свинцю та кадмію. Метод випробування» та ISO 6486-2 «Посуд керамічний в контакт з їжею. Виділення свинцю та кадмію. Допустимі межі» [8].

Допустимі межі виділення свинцю та кадмію за стандартом ISO 6486-2 приведені в табл. 1.3

Вироби, що виготовляються методом ізостатичного пресування, мають забезпечувати високу точність геометричних параметрів, що дозволяє їх штабелювання та автоматизовану обробку.

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Допустимі межі виділення свинцю та кадмію за стандартом ISO 6486-2 [8]

Тип посуду	n*	Критерій допустимої межі	Одиниця виміру	Межа для свинцю	Межа для кадмію
Плаский	4	Середнє значення не більше межі	мг/дм ²	0,8	0,07
Малий глибокий	4	Усі зразки не більше межі	мг/л	2,0	0,5
Великий глибокий	4	Усі зразки не більше межі	мг/л	1,0	0,25
Глибокий, для зберігання	4	Усі зразки не більше межі	мг/л	0,5	0,25
Чашки та кружки	4	Усі зразки не більше межі	мг/л	0,5	0,05
Для теплової обробки харчових продуктів	4	Усі зразки не більше межі	мг/л	0,5	0,05
n* – кількість зразків у вибірці для випробувань					

Таким чином, обрано асортимент, визначено основні розміри, види декору та вимоги до якості керамічного ресторанного посуду, що буде виготовлятися у цеху.

1.2. Характеристика сировинних матеріалів

При виробництві ресторанного посуду основним матеріалом є фарфор, що зумовлено його унікальними фізико-хімічними властивостями, які відповідають жорстким вимогам сегменту HoReCa [9]. Реалізація цих

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

властивостей безпосередньо залежить від кількісного та якісного підбору сировинних компонентів. Оптимальне співвідношення інгредієнтів, що забезпечує необхідну міцність та білизну ресторанного фарфору, наведено у таблиці нижче:

Таблиця 1.4 – Шихтовий склад керамічної маси, мас.% [10]

Найменування сировинних матеріалів	Вміст
Суміш глин (П'ятихатське родовище, Дніпропетровської обл.)	25,0
Каолін (марки КФН – 2, ВАТ «Прослянський ГЗК», Прослянське родовище, Дніпропетровська обл.)	18,5
Пісок кварцовий (марки С – 070 – 2, ВАТ «Кварц», Житомирська обл.)	7,0
Череп - бій випалених виробів	5,0
Польовий шпат (марки ESF501SG, фірма «ECZACIBAŞI ESCAN», Туреччина)	21,5
Каолін лужний (марки KN-83, «Турбівський каоліновий завод», каоліновий кар'єр у Глуховецькому регіоні, Вінницька обл.)	23,0
Всього	100,0
Понад 100%	
Сода кальцинована	0,4
Скло натрієве рідке	0,3

Наведений у табл. 1.4 склад шихти є збалансованою системою, де кожен компонент відіграє специфічну роль у формуванні структури майбутнього виробу. Для розуміння того, як саме обрана сировина забезпечує високу якість ресторанного фарфору, необхідно детально розглянути фізико-хімічні особливості та технологічні функції кожного інгредієнта – від пластичних глинистих матеріалів до плавнів та опіснювачів.

Основною глинистою сировиною у виробництві ресторанного фарфору є високо пластичні глини та збагачені каоліни з мінімальним вмістом фарбуючих оксидів Fe_2O_3 та TiO_2 [1, 6]. Глина виступає в ролі основного пластифікатору, контакт глинистих частинок з водою утворює пластичне

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тісто, здатне сприймати задану форму та зберігати її під час подальших маніпуляцій [10].

П'ятихатське родовище багате на вогнетривкі глини, які завдяки своєму мінеральному складу ідеально підходять для створення професійного керамічного черепка. Введення глини та каолінів в склад шихти обумовлено їх підходящим мінералогічним складом. Основним мінералом у цих сировинних матеріалах є каолінит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), який належить до групи природних водних алюмосилікатів. Саме його присутність дозволяє глинистій масі при змішуванні з водою утворювати пластичне тісто, що є критично важливим для формування складних геометричних форм ресторанного посуду.

Окрім каолініту, мінеральний склад включає групу іліту та вкраплення кварцу, які разом створюють стійку структуру матеріалу. Під час випалу ці мінерали проходять через складні фізико-хімічні перетворення, формуючи кристалічну фазу – муліт ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), що забезпечує виробу характерну механічну міцність [6].

Головними компонентами є оксид кремнію (кремнезем) та оксид алюмінію (глинозем), які складають основу керамічної матриці. Вміст оксиду алюмінію у вогнетривких глинах, що використовуються у проекті, становить понад 28%, що гарантує високу термічну стійкість та міцність черепка. Надзвичайно важливим показником для ресторанного фарфору є низький вміст фарбуючих оксидів – заліза та титану. У якісній сировині вміст оксиду заліза обмежений рівнем близько 1,0%, а оксиду титану – 1,5%, оскільки їх надлишок призводить до появи темних точок («мушок») та жовтуватого відтінку, що значно знижує сортність і білизну виробів.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5 – Вимоги стандарту до глинистих матеріалів [11]

Основні ознаки, за якими класифікують глинисті матеріали	Показники
Вогнетривкість, °C	1690
Вміст Al_2O_3 , %	28
Вміст фарбуючих оксидів; мас %:	
- Fe_2O_3	1,0
- TiO_2	1,5
Мінеральний склад	каолінова група, кварц, ілітова група

Наступним видом сировинних матеріалів які необхідні при формуванні складу шихти, будуть опіснювачі (або опіснювальні добавки). В якості опіснюючих матеріалів у проєкті використовуються кварцовий пісок та череп (бій випалених виробів). Введення указаних опіснювачів зменшує усадку керамічного виробу під час випалювання, глини мають підвищену чутливість до сушіння та дають велику усадку при сушінні та випалі, що супроводжується деформацією та розтріскуванням виробів. [9] Кварцовий пісок та череп (бій випалених виробів) виконують роль структурного скелета, який стабілізує розміри керамічної маси. Кварцовий пісок діє як непластичний наповнювач, що зменшує загальний вміст води в суміші, тим самим суттєво знижуючи повітряну усадку під час сушіння.

Також у фарфоровій масі присутні плавні [6]. Плавні, до яких належать пегматити та польові шпати, є лужними алюмосилікатами, що додаються до керамічних мас для формування щільної або частково спеченої структури. На першому етапі підготовки та формування виробів ці матеріали працюють як опіснювачі, знижуючи пластичність маси.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики кварцового піску

Найменування показників	Норма
Вміст SiO_2 , мас % не менше	95,00
Вміст Fe_2O_3 , мас % не більше	0,05
Вміст води, мас %	
-у збагачених пісках	0,50
-у незбагачених пісках	0,70
Вміст, мас% тонкої фракції ($d > 2,9$)мм у збагачених пісках, %	не нормується

Проте основна їхня роль проявляється під час випалу: при нагріванні вони плавляться, утворюючи рідку фазу. Цей розплав завдяки високому поверхневому натягу змочує та стягує між собою кристалічні частинки, що призводить до заповнення пор, зниження водопоглинання та забезпечення характерної просвічуваності матеріалу в тонких шарах [7].

1.3 Розрахунок хімічного складу маси

Перераховуємо шихтовий склад маси (табл. 1.4) без череп-бою, оскільки він за хімічним складом ідентичний складу маси, та з урахуванням добавок електролітів [10].

$$(100 + 0,4 + 0,3) - 5,0 = 95,7\%$$

Для суміш глини

$$\frac{25,0 \cdot 100}{95,8} = 26,12 \text{ мас. \%}$$

Для каоліну (КФН-2):

$$\frac{18,5 \cdot 100}{95,8} = 19,33 \text{ мас. \%}$$

Для каоліну лужного

$$\frac{23,0 \cdot 100}{95,8} = 24,03 \text{ мас. \%}$$

Для соди

$$\frac{0,4 \cdot 100}{95,8} = 0,42 \text{ мас. \%}$$

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для піску кварцового

$$\frac{7,0 \cdot 100}{95,8} = 7,32 \text{ мас. \%}$$

Для польового шпат (ESF501SG)

$$\frac{21,5 \cdot 100}{95,8} = 22,47 \text{ мас. \%}$$

Для скла натрієвого

$$\frac{0,3 \cdot 100}{95,8} = 0,31 \text{ мас. \%}$$

Таблиця 1.7 – Хімічний склад компонентів керамічної маси, мас. %

Матеріали	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	в.п.п.
Суміш глин	53,62	33,56	1,02	0,66	0,35	0,59	0,70	0,4	9,10
Каолін	46,24	36,63	0,41	0,60	0,67	0,39	0,85	0,25	13,96
Пісок кварцовий	97,80	0,80	0,70	0,30	0	0	0	0	0,40
Польовий шпат	71,55	18,32	0,37	0,22	0,86	0,57	0,66	7,13	0,32
Каолін лужний	72,10	17,70	0,60	0,10	0,10	0,20	4,00	0,70	4,50
Сода	–	–	–	–	–	–	–	58,45	41,55
Скло натрієве рідке	33,20	0,25	–	–	0,20	–	–	12,3	54,05

В таблиці 1.7 приведено хімічний склад сировинних матеріалів, які вводяться до складу керамічної маси.

1) Визначаємо кількість оксидів, що вводяться до керамічної маси з сумішшю глин, мас. %:

$$\text{SiO}_2 = \frac{26,12 \cdot 53,62}{100} = 14,0; \quad \text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{26,12 \cdot 33,56}{100} = 8,76;$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{26,12 \cdot 1,02}{100} = 0,27; \quad \text{TiO}_2 = \frac{26,12 \cdot 0,66}{100} = 0,17;$$

$$\text{CaO} = \frac{26,12 \cdot 0,35}{100} = 0,09; \quad \text{MgO} = \frac{26,12 \cdot 0,59}{100} = 0,15;$$

$$\text{K}_2\text{O} = \frac{26,12 \cdot 0,70}{100} = 0,18; \quad \text{Na}_2\text{O} = \frac{26,12 \cdot 0,40}{100} = 0,10;$$

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$\text{в. п. п.} = \frac{26,12 \cdot 9,10}{100} = 2,38$$

2) Визначаємо кількість оксидів, що вводяться до керамічної маси з каоліном, мас. %:

$$\text{SiO}_2 = \frac{19,33 \cdot 46,24}{100} = 8,94; \quad \text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{19,33 \cdot 36,63}{100} = 7,08;$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{19,33 \cdot 0,41}{100} = 0,08; \quad \text{TiO}_2 = \frac{19,33 \cdot 0,60}{100} = 0,12;$$

$$\text{CaO} = \frac{19,33 \cdot 0,67}{100} = 0,13; \quad \text{MgO} = \frac{19,33 \cdot 0,39}{100} = 0,07;$$

$$\text{K}_2\text{O} = \frac{19,33 \cdot 0,85}{100} = 0,16; \quad \text{Na}_2\text{O} = \frac{19,33 \cdot 0,25}{100} = 0,05;$$

$$\text{в. п. п.} = \frac{19,33 \cdot 13,96}{100} = 2,70$$

3) Визначаємо кількість оксидів, що вводяться до керамічної маси з піском кварцовим, мас. %:

$$\text{SiO}_2 = \frac{7,32 \cdot 97,80}{100} = 7,16; \quad \text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{7,32 \cdot 0,80}{100} = 0,06;$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{7,32 \cdot 0,70}{100} = 0,05; \quad \text{TiO}_2 = \frac{7,32 \cdot 0,30}{100} = 0,02;$$

$$\text{в. п. п.} = \frac{7,32 \cdot 0,40}{100} = 0,03$$

4) Визначаємо кількість оксидів, що вводяться до керамічної маси з польовим шпатом, мас. %:

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{SiO}_2 = \frac{22,47 \cdot 71,55}{100} = 16,08; \quad \text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{22,47 \cdot 18,32}{100} = 4,12;$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{22,47 \cdot 0,37}{100} = 0,08; \quad \text{TiO}_2 = \frac{22,47 \cdot 0,22}{100} = 0,05;$$

$$\text{CaO} = \frac{22,47 \cdot 0,86}{100} = 0,19; \quad \text{MgO} = \frac{22,47 \cdot 0,57}{100} = 0,13;$$

$$\text{K}_2\text{O} = \frac{22,47 \cdot 0,66}{100} = 0,15; \quad \text{Na}_2\text{O} = \frac{22,474 \cdot 7,13}{100} = 1,60;$$

$$\text{В. п. п.} = \frac{22,47 \cdot 0,32}{100} = 0,07$$

5) Визначаємо кількість оксидів, що вводяться до керамічної маси з каоліном лужним, мас. %:

$$\text{SiO}_2 = \frac{24,03 \cdot 72,10}{100} = 17,33; \quad \text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{24,03 \cdot 17,70}{100} = 4,25;$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{24,03 \cdot 0,60}{100} = 0,15; \quad \text{TiO}_2 = \frac{24,03 \cdot 0,10}{100} = 0,02;$$

$$\text{CaO} = \frac{24,03 \cdot 0,10}{100} = 0,02; \quad \text{MgO} = \frac{24,03 \cdot 0,20}{100} = 0,05;$$

$$\text{K}_2\text{O} = \frac{24,03 \cdot 4,0}{100} = 0,96; \quad \text{Na}_2\text{O} = \frac{24,03 \cdot 0,70}{100} = 0,17;$$

$$\text{В. п. п.} = \frac{24,03 \cdot 4,50}{100} = 1,08$$

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6) Визначаємо кількість оксидів, що вводяться до керамічної маси з содою, мас. %:

$$\text{Na}_2\text{O} = \frac{0,42 \cdot 58,45}{100} = 0,25 ; \text{ в. п. п.} = \frac{0,42 \cdot 41,55}{100} = 0,17$$

7) Визначаємо кількість оксидів, що вводяться до керамічної маси з рідким натрієвим склом, мас. %:

$$\text{SiO}_2 = \frac{0,31 \cdot 33,20}{100} = 0,10 ; \text{ Al}_2\text{O}_3 = \frac{0,31 \cdot 0,25}{100} = 0,01 ;$$

$$\text{CaO} = \frac{0,31 \cdot 0,20}{100} = 0,01 ; \text{ Na}_2\text{O} = \frac{0,31 \cdot 12,3}{100} = 0,04 ;$$

$$\text{в. п. п.} = \frac{0,31 \cdot 54,05}{100} = 0,17$$

Результати наведені в табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Розрахунковий хімічний склад керамічної маси та випаленого черепку, мас. %

Матеріали	Склад маси	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	в.п.п
Суміш глин	26,12	14,0	8,76	0,27	0,17	0,09	0,15	0,18	0,10	2,38
Каолін	19,33	8,94	7,08	0,08	0,12	0,13	0,07	0,16	0,05	2,70
Пісок кварц.	7,32	7,16	0,06	0,05	0,02	-	-	-	-	0,03
Польов. шпат	22,47	16,08	4,12	0,08	0,05	0,19	0,13	0,15	1,6	0,07
Каолін лужн.	24,03	17,33	4,25	0,15	0,02	0,02	0,05	0,96	0,17	1,08
Сода	0,42	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,17
Скло натрієве рідке	0,31	0,10	0,01	-	-	0,01	-	-	0,04	0,17
Всього на непрожарену речовину, %	100,0	63,61	24,28	0,63	0,38	0,44	0,4	1,45	2,21	6,6
Всього на прожарену речовину, %	100,0	68,12	26,0	0,67	0,40	0,47	0,43	1,55	2,36	-

Для визначення складу прожареної керамічної маси необхідно перерахувати вміст кожного оксиду, що входив до початкової (сирої) суміші. Це розраховується шляхом множення кількості кожного окремого оксиду в сирій речовині на спеціальний поправочний коефіцієнт K .

$$K = \frac{100\%}{(100\% - \text{в. п. п})}$$

$$K = \frac{100\%}{(100\% - 6.6\%)} = 1,071\%$$

Перерахунок на прожарену речовину для SiO_2 , мас. %:

$$\text{SiO}_2 - 63,61 \cdot 1,071 = 68,12$$

Перерахунок на прожарену речовину для Al_2O_3 , мас. %:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 - 24,28 \cdot 1,071 = 26,0$$

Перерахунок на прожарену речовину для Fe_2O_3 , мас. %:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,63 \cdot 1,071 = 0,67$$

Перерахунок на прожарену речовину для TiO_2 , мас. %:

$$\text{TiO}_2 - 0,38 \cdot 1,071 = 0,40$$

Перерахунок на прожарену речовину для CaO , мас. %:

$$\text{CaO} - 0,44 \cdot 1,071 = 0,47$$

Перерахунок на прожарену речовину для MgO , мас. %:

$$\text{MgO} - 0,4 \cdot 1,071 = 0,43$$

Перерахунок на прожарену речовину для K_2O , мас. %:

$$\text{K}_2\text{O} - 1,45 \cdot 1,071 = 1,55$$

Перерахунок на прожарену речовину для Na_2O , мас. %:

$$\text{Na}_2\text{O} - 2,21 \cdot 1,071 = 2,36$$

Наступним етапом проектування є аналіз узгодженості термічного розширення керамічного черепка і глазури. Порівняння температурного коефіцієнта лінійного розширення (ТКЛР) основи та покриття дозволяє прогнозувати їхню технічну погодженість і мінімізувати ризик виникнення дефектів [1] – таких, як «цек» (рис. 1.3). Даний ефект також називається «кракле» і іноді застосовується в декоративній кераміці навмисно, але для

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

побутових виробів це неприйнятно, бо вироби будуть пропускати воду, а в тріщинах – скоплюватись бруд та бактерії.



Рисунок 1.3 – Брак продукції типу «цек»

Розрахунок ТКЛР (α) можна виконати за методом Вінкельмана-Шотта, який заснований на адитивній залежності ТКЛР від оксидного складу керамічної маси та глазури [12]:

$$\alpha = \sum P_i \cdot X_i \quad (1.1)$$

де P_i – вміст оксидів в масі, мас %;

X_i – емпіричні числові фактори, що характеризують розширення оксидів (довідникові величини – табл. 1.9).

Таблиця 1.9 – Емпіричні числові фактори за Вінкельманом-Шоттом, $\alpha_i \cdot 10^6$ град⁻¹ [6]

<i>SiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>Fe₂O₃, FeO</i>	<i>TiO₂</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>
0,027	0,167	0,137	0,137	0,167	0,003
<i>BaO</i>	<i>ZnO</i>	<i>ZrO₂</i>	<i>Na₂O</i>	<i>K₂O</i>	<i>B₂O₃</i>
0,100	0,060	0,083	0,333	0,283	0,003
<i>PbO</i>	<i>P₂O₅</i>				
0,100	0,067				

$$\alpha = (68,12 \cdot 0,027 + 26,0 \cdot 0,167 + 0,67 \cdot 0,137 + 0,40 \cdot 0,137 + 0,47 \cdot 0,167 + 0,43 \cdot 0,003 + 1,55 \cdot 0,283 + 2,36 \cdot 0,025) \cdot 10^{-6} = 6,91 \cdot 10^{-6}$$

За літературними даними [13], ТКЛР черепка високоякісного фарфору повинен знаходитись у межах $(6,5 - 7,0) \cdot 10^{-6} \text{град}^{-1}$, отже вказана маса чітко відповідає значенням ТКЛР

Таким чинм, проаналізовано асортимент професійного ресторанного керамічного посуду, вимоги до його якості, а також обґрунтовано вибір сировинних матеріалів і розраховано хімічний склад керамічної маси для виготовлення фарфорових виробів. Встановлено, що посуд сегменту HoReCa повинен відповідати підвищеним вимогам щодо механічної міцності, термічної стійкості, хімічної безпеки та довговічності в умовах інтенсивної експлуатації.

Обґрунтовано вибір фарфорової маси як основного матеріалу для виготовлення ресторанного посуду. Встановлено, що використання суміші вогнетривких глин, каолінів, кварцового піску, польового шпату та технологічних добавок забезпечує формування щільного, механічно міцного та термічно стійкого черепка. Розглянуто роль кожного компонента у формуванні структури матеріалу та його фізико-хімічних властивостей.

У результаті розрахунку хімічного складу маси визначено вміст основних оксидів у сирій та прожареній речовині. Встановлено, що розроблений склад характеризується високим вмістом SiO_2 та Al_2O_3 , низькою кількістю фарбуючих оксидів і відповідає вимогам до високоякісного ресторанного фарфору. Також виконано розрахунок температурного коефіцієнта лінійного розширення за методом Вінкельмана–Шотта. Отримане значення ТКЛР становить $6,91 \cdot 10^{-6} \text{град}^{-1}$, що знаходиться в межах нормативних значень для фарфорового черепка та свідчить про сумісність основи з глазурним покриттям.

Таким чином, у розділі сформовано науково-технічне обґрунтування вибору асортименту виробів, сировинної бази та складу керамічної маси для виробництва професійного ресторанного посуду з високими експлуатаційними характеристиками.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір технологічної схеми та її опис

Для налагодженого виготовлення ресторанного посуду на масштабному виробництві необхідно сформувавши технологічну карту з усіма етапами виробництва, оскільки вона є фундаментом контролю якості та економічної ефективності. Це не просто перелік кроків, а детальна інструкція, яка мінімізує вплив людського фактора та забезпечує ідентичність кожного виробу в партії.

Технологічна схема наведена на рис. 2.1.

Ізостатичне пресування є найбільш доцільним методом формування ресторанного керамічного посуду, оскільки воно забезпечує високу точність геометричних параметрів, рівномірну щільність черепка та стабільну якість виробів при масовому виробництві. Для професійного посуду сегменту HoReCa ці характеристики є критично важливими через інтенсивні умови експлуатації та підвищені вимоги до механічної й термічної стійкості.

На відміну від традиційного пластичного формування або лиття у гіпсові форми, при ізостатичному пресуванні тиск передається рівномірно по всій поверхні заготовки [1, 6]. Це дозволяє отримати однорідну структуру виробу без локальних перепресованих або недостатньо ущільнених зон. У результаті зменшується внутрішня напруженість матеріалу, що суттєво знижує ризик виникнення тріщин, деформацій та браку під час сушіння і випалу.

Для ресторанного посуду особливо важливою є висока механічна міцність, оскільки вироби щоденно піддаються ударам, штабелюванню та багаторазовим циклам миття у промислових посудомийних машинах. Ізостатичне пресування забезпечує підвищену щільність черепка та меншу пористість [14], завдяки чому зростає стійкість виробів до механічного зношування та дії агресивних мийних середовищ.

Ще однією перевагою технології є висока точність і повторюваність форми виробів [15]. Це дозволяє виготовляти тарілки, чашки та боули з мінімальними відхиленнями за розмірами, що є необхідним для

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автоматизованого штабелювання, транспортування та використання на професійній кухні. Крім того, рівномірна товщина стінок сприяє більш рівномірному нагріванню виробу та підвищує його термічну тривкість.

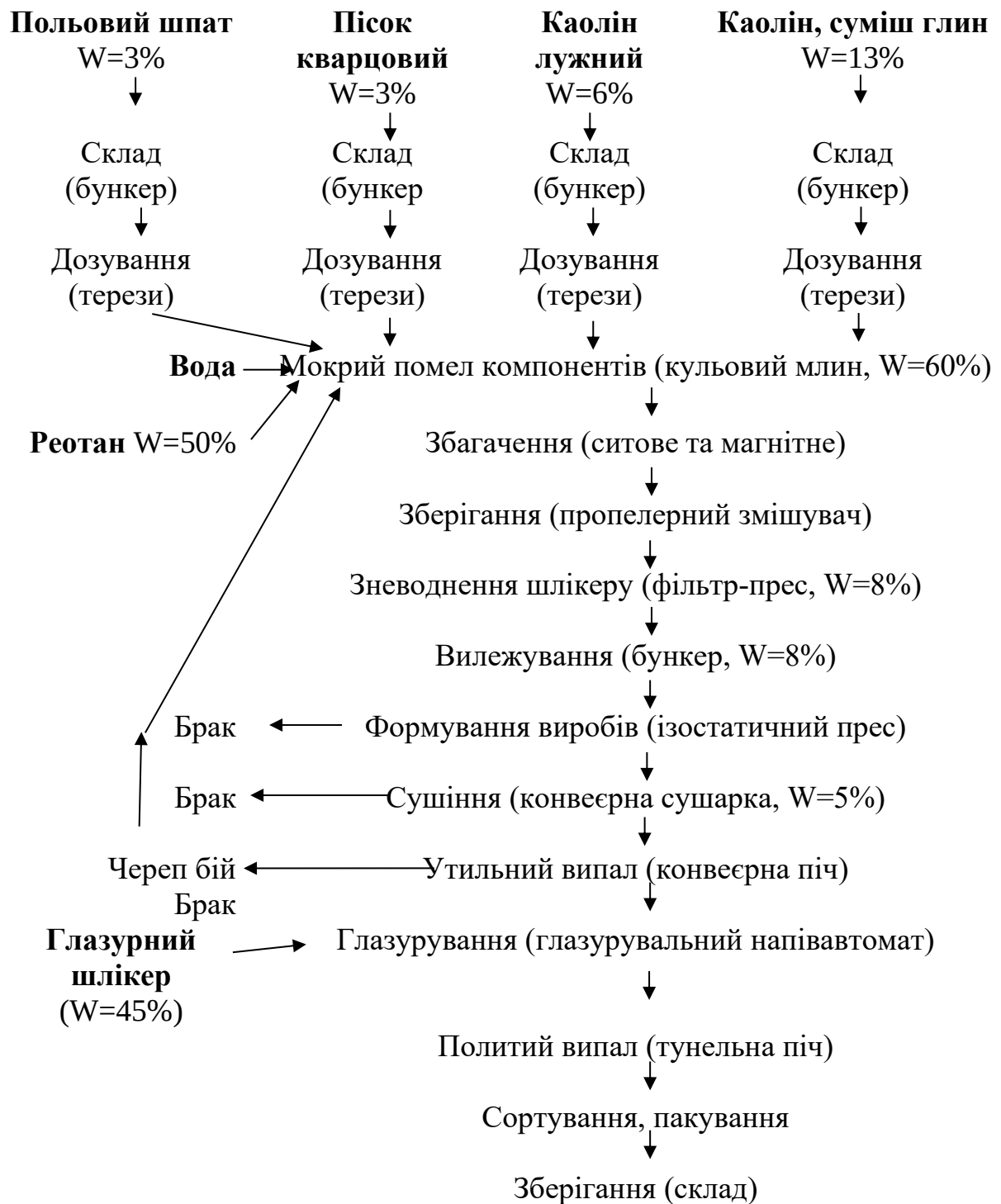


Рисунок 2.1 – Технологічна схема виготовлення фарфорового посуду методом ізостатичного пресування

Важливою перевагою ізостатичного пресування є також можливість автоматизації процесу та забезпечення високої продуктивності виробництва. Це особливо актуально для серійного випуску ресторанного посуду, де необхідно поєднати високу якість виробів із стабільністю технологічного процесу та економічною ефективністю виробництва.

Отже, застосування ізостатичного пресування при виготовленні ресторанного керамічного посуду дозволяє отримати вироби з високою механічною міцністю, низькою пористістю, стабільними геометричними параметрами та підвищеною термічною стійкістю, що повністю відповідає вимогам професійної експлуатації у закладах громадського харчування.

Схема передбачає наступні технологічні операції. На склад (рис. 2.2) виробництва з кар'єру доставляють основні компоненти шихти; суміш глин, каоліни, кварцовий пісок та польовий шпат. На складі мінеральну складову керамічної маси дозують на високоточних вагах та разом з водою, електролітами, браком (череп-бій), відправляють на мокрий помел до кульового млина (рис. 2.3) при відносній вологості $W=60\%$.



а



б

Рисунок 2.2 – Склад сировини (а) та транспортер (б)

Подрібненні матеріали попадають до відсіку ситового збагачення де шляхом механічного очищення маси її пропускають крізь вібросита з дрібними вічками, завдяки цьому маса набуває однорідного стану, та

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відсіюються зерна кварцу або польового шпату, які не подрібнилися в кульовому млині до потрібної фракції.

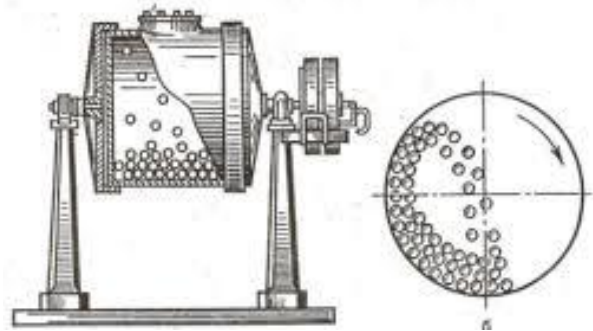


Рисунок 2.3 – Кульовий млин та принцип його роботи

Після цього отриманий очищений шлікер попадає до пропелерного змішувача, де він постійно переміщується для підтримки однорідності складу та запобігання осіданню важких часток на дно резервуара. Однорідно перемішану масу направляють до фільтр-пресу (рис. 2.4 а), під дією високого тиску з шлікеру видаляється зайва волога, рівень вологості падає з 60% до 8%. Масу перетирають за допомогою бігунів (рис. 2.4 б). Зневоднений шлікер поміщають в бункер для витримки маси при постійній вологості у камері $W=8\%$. З бункера прес-порошок подають на станок ізостатичного пресу (рис. 2.5), де безпосередньо створюється форма посуду. Сформовані заготовки подаються в конвеєрну сушарку, де вологість знижується до фінальних 5%.



а



б

Рисунок 2.4 – Фільтр-прес (а) для зневоднення та бігуни (б) для розтирання порошку

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.5 – Ізостатичний прес SAMA

Далі виріб попадає на перший етап випалу, утильний випал, в конвеєрну піч при температурі $t = 1240-1280^{\circ}\text{C}$. Після першого випалу використовуючи глазурувальні напівавтомати на посуд наноситься захисний шар глазури.



Рисунок 2.6 – Тунельна піч для випалу посуду

Фінальним технічним етапом є політий випал у тунельній печі (рис. 2.6), де при температурі $t = 1140-1180^{\circ}\text{C}$ нанесена глазур розплавляється, утворюючи міцне склоподібне покриття. Далі посуд сортують, пакують та відправляють на склад для зберігання

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.1 Підготовка та дозування сировинних матеріалів

Першим етапом підготовки сировини до подальшого використання на виробництві буде налагодження її логістики, переміщення сировинних матеріалів від виробничого кар'єру до заводу виробника. Великі підприємства за часту напряду зв'язані з місцем видобутку залізничною колією, менші – за допомогою автомобільного транспорту. По прибутті сировини на виробництво, комірник та технічна лабораторія негайно ставиться до відома. Комірник реєструє в журналі кожен вагон, в журналі вказується, дата надходження, номер вагона, найменування сировини, постачальник, вага привезеного матеріалу. Технологічна лабораторія проводить вихідний контроль й дає дозвіл на розвантаження сировини. Матеріал, що надходить в упаковці, зберігається в сухих зачинених приміщеннях окремо за видами і марками. На складі підтримується запас основних видів сировини не менше ніж на 15 діб.

Для забезпечення безперебійного приготування керамічної маси використовується автоматизована лінія завантаження, що обслуговує кульові млини безперервної дії. Технологічне оснащення лінії дозволяє гнучко налаштовувати черговість подачі компонентів відповідно до заданої рецептури. Процес починається з транспортування глинистих матеріалів із дільниці зберігання до металевого бункера-дозатора за допомогою електромостового грейферного крану. Точність складу майбутнього виробу гарантується використанням стрічкового конвеєра та ваг безперервної дії, якими обладнаний дозатор. Після завершення завантаження бункера точно відміряною сумішшю сировини здійснюється запуск кульового млина для мокрого помелу та отримання гомогенного шлікеру. Весь цикл підготовки та завантаження шихти координується оператором із центрального пульта управління, який підтримує роботу системи як у ручному, так і в автоматичному режимах.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.2 Приготування шлікеру

У виробництві ресторанного посуду застосовується метод спільного мокрого помелу компонентів шихти для отримання високооднорідного шлікеру. Процес базується на використанні твердих опіснюючих матеріалів (польовий шпат, каолін лужний, кварцовий пісок) та пластичних глинистих матеріалів (каолін, суміш глин).

Сировинні матеріали зі складських бункерів подаються на вагові дозатори (терези) для прецизійного дотримання рецептури, що є критичним для якості. Завантаження компонентів у кульовий млин здійснюється з урахуванням їхньої початкової вологості:

- 1) Польовий шпат та пісок кварцовий: $W = 3\%$.
- 2) Каолін лужний: $W = 6\%$.
- 3) Каолін, суміш глин: $W = 13\%$.

Основний процес подрібнення відбувається в кульовому млині безперервної дії. Для інтенсифікації процесу та зниження в'язкості суспензії одночасно з сировиною до млина додаються:

- 1) Вода для забезпечення вологості шлікеру на рівні 60%.
- 2) Реотан ($W=50\%$) – розчин електролітів, що вводиться для розрідження маси та покращення її текучості.

Помел здійснюється за допомогою помольних тіл до досягнення необхідної дисперсності. Контроль процесу завантаження здійснюється в автоматичному або ручному режимі з пульта управління.

Готова суспензія з млина спрямовується на етап збагачення, який включає:

- 1) Ситове очищення (рис. 2.7 а): Проходження крізь вібросита для видалення крупно-дисперсних часток та недомелу.
- 2) Магнітна сепарація: Видалення залізистих домішок, що забезпечує високу білизну майбутнього посуду та відсутність темних включень («мушок»).

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а

б

Рисунок 2.7 – Вібросито для видалення крупних часток (а) та пропелерний змішувач (б)

Очищений шлікер надходить у пропелерний змішувач (рис. 2.7 а) для зберігання. Постійне перемішування протягом усього часу перебування в басейні запобігає осіданню твердої фази та забезпечує стабільність параметрів шлікеру перед наступними операціями.

Завершальним етапом приготування маси є зневоднення шлікеру на фільтр-пресі та розтирання за допомогою бігунів. Під тиском вологість маси знижується з 60% до 8. Цей напівфабрикат після обов'язкового вилежування в бункерах використовується для подальшого формування виробів методом ізостатичного пресування.

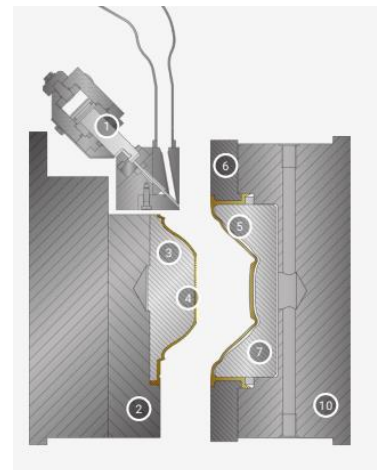
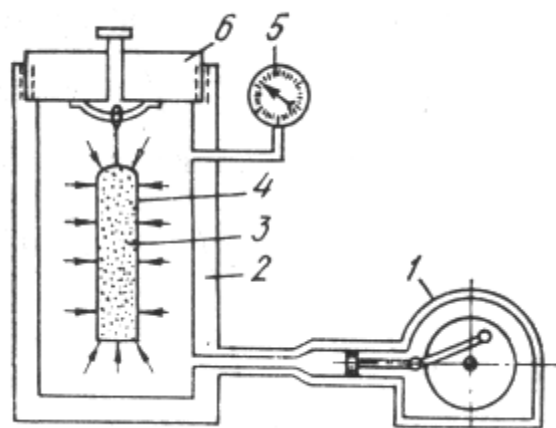
Контроль якості приготовленого шлікеру здійснюється технологічною лабораторією за показниками вологості, текучості та залишку на контрольному ситі, що гарантує стабільність технологічного циклу.

2.1.3 Ізостатичне пресування

Підготовлений прес-порошок з мінімальною вологістю $W=8\%$ завантажується в еластичні форми. Головна особливість процесу ізостатичного пресування полягає в тому, що тиск на масу діє одночасно з усіх

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

боків через робочу рідину (рис. 2.8). В ролі робочої рідини виступає звичайна вода, або газ, при цьому при використанні рідин застосовується термін "гідростатичне пресування". а при використанні газів – "газостатичне пресування". Різні терміни вживаються також залежно від температурного режиму пресування. Якщо пресування проводять за кімнатної температури, то процес називається "холодне ізостатичне пресування" (ХІП), а за підвищеної – "гаряче ізостатичне пресування" (ГІП). Як правило, при ХІП як робоче середовище застосовують рідину, а при ГІП – газ [14]. Порівнюючи два основні види ізостатичного пресування – холодне та гаряче – важливо розуміти, що вони вирішують різні технологічні завдання залежно від стану матеріалу та необхідних характеристик кінцевого виробу.



1 – насос високого тиску; 2 – камера пресування; 3 – порошок; 4 – еластична оболонка; 5 – манометр; 6 – кришка гідростата

Рисунок 2.8 – Принцип холодного ізостатичного пресування

Холодне ізостатичне пресування проводиться при кімнатній температурі, а тиск передається на матеріал через рідке середовище, таке як вода або мастило [16]. Цей метод зазвичай використовується для формування сирих заготовок із порошку. Він є логічним продовженням етапу підготовки прес-порошку, оскільки дозволяє отримати напівфабрикат рівномірної

щільності, який потім потребує окремого етапу спікання в печі. Основна перевага тут – точність форми та відсутність внутрішніх напружень у виробі.

Гаряче ізостатичне пресування, навпаки, поєднує в одному процесі і пресування, і спікання. Воно відбувається при дуже високих температурах, які можуть досягати 2000°C [1], а замість рідини як середовище використовується газ, найчастіше аргон або гелій. Цей метод дозволяє не просто надати форму, а практично повністю усунути пористість матеріалу, досягаючи щільності, максимально наближеної до теоретичної. Гаряче пресування використовується для отримання особливо міцних матеріалів із надзвичайними експлуатаційними властивостями, де неможливо досягти потрібного результату звичайним випалом.

Це дозволяє досягти абсолютно однакової щільності майбутнього посуду по всьому його об'єму, що є критично важливим після попередніх стадій обробки матеріалу.

Завдяки рівномірному розподілу тиску, заготовки тарілок чи професійного ресторанного посуду виходять без внутрішніх напружень. Це гарантує, що під час подальшого випалу виріб не деформується і збереже ідеальну геометрію. Оскільки прес-порошок вже був належним чином підготовлений і має низький вміст вологи, сформовані вироби практично не потребують тривалого сушіння і можуть майже одразу спрямовуватися на наступні стадії.

2.1.4 Сушіння виробів

Процес сушіння є критичним етапом технологічного циклу, оскільки він забезпечує видалення надлишкової вологи з напівфабрикату, надаючи йому необхідну механічну міцність для подальшого глазурування або утильного випалу. Для виробництва ресторанного посуду, що характеризується плоскими формами та підвищеними вимогами до точності геометрії, доцільно використовувати конвеєрні сушарки (рис. 2.9).

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

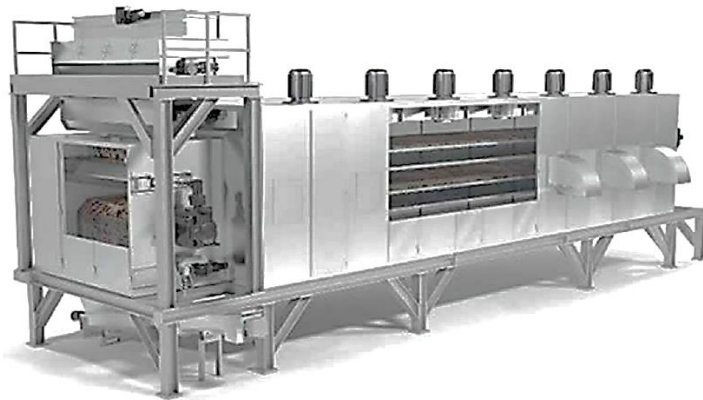


Рисунок 2.9 – Конвеєрна сушарка

Конвеєрні сушарки являють собою камери тунельного типу, всередині яких розташовані транспортери, оснащені потужним вентиляційним устаткуванням. Робота такої сушарки базується на принципі конвекції: матеріал обдувається гарячими струменями повітря при температурі 70-90°C [11], які постійно циркулюють всередині камери. Залишкова вологість плитки після сушіння становить 5 %.

2.1.5 Утильний випал виробів

Проведення утильного випалу, перед етапом глазурування виробу, полягає у наданні виробу необхідної механічної міцності, пористості, а також створення правильної структури черепка. Пройшовши перший етап випалу керамічна маса стає достатньо міцною, щоб її можна було брати руками, транспортувати на глазурувальну лінію [6]. Окрім того, утильний випал дозволяє виявити дефекти виробництва на ранній стадії. Закінчивши цей та минулі два етапи з виробничої лінії відсіюються весь брак і відправляються у «череп бій». Це економічно вигідно, адже на браковані вироби не витрачається

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дорога глазур і енергія на дорожчий політий випал. Таким чином, утильний випал є фундаментом для отримання якісного фінального продукту.

2.1.6 Приготування глазури та нанесення глазури

Процес розпочинається зі зважування та дозування сировинних матеріалів і води відповідно до встановленого рецепта. Сипучі компоненти подаються на ділянку завантаження, де їх зважують на платформенних вагах, а воду додають за допомогою автоматичних лічильників. Для покращення властивостей суспензії у якості розріджувачів використовують електроліти. Усі матеріали завантажуються в кульові млини мокрого помелу періодичної дії, де відбувається подрібнення до стану однорідної тонкої суспензії. Контроль якості на цьому етапі передбачає перевірку тонини помелу (залишок на ситі № 0045), а також параметрів щільності та в'язкості, що мають суворо відповідати рецептурним вимогам. Готова глазурна маса перекачується насосом через вібросито з магнітним уловлювачем у ємності проміжного зберігання, де вона постійно перемішується пропелерними мішалками. Це дозволяє одночасно очистити продукт від грубих частинок та металевих домішок.

Глазурування проводиться згідно з технологічними картами. Перед безпосереднім нанесенням покриття виробу проходять через кабінки щіткової очистки та обдуву для видалення пилу. Для кращого зчеплення глазури з поверхнею, вироби зволожують шляхом рівномірного розпилення води. При цьому важливо дотримуватися температурного режиму виробів у межах 80–110 °С.

Безпосереднє нанесення глазури виконується в автоматизованих камерах методом занурення (рис. 2.10). Матеріал подається з витратної мішалки за допомогою насосів високого тиску до системи пневматичних або безповітряних форсунок. Усередині кабінки форсунки розташовуються під різними кутами, що забезпечує рівномірне покриття виробів складної форми.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.10 – Глазурування посуду методом занурення

Розпилення відбувається шляхом дроблення глазурної суспензії стисненим повітрям на дрібнодисперсні краплі, які утворюють стабільний факел розпилу. Це дозволяє точно регулювати товщину шару глазури шляхом зміни тиску або швидкості конвеєра. Надлишки розпиленого матеріалу, які не потрапили на виріб, виловлюються системою аспірації або осідають на водяній завісі kabіни, після чого направляються на переробку. Такий метод забезпечує високу якість поверхні та економію сировини завдяки можливості тонкого налаштування параметрів подачі.

2.1.7 Политий випал виробів

Политий випал здійснюють в тунельних печах (рис. 2.11). Основна мета политого випалу це розплавлення глазури. Як можна побачити в літературних джерелах [12], найбільш ефективним температурним режимом буде від 150 хвилин до 180 (2,5 – 3 години) при температурі 800 до 1200 °C. Посуд на пічних вагонетках направляють до входу в піч. Температура піднімається повільно, щоб залишки вологи та органічні домішки в глазури вийшли без утворення бульбашок або тріщин.

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

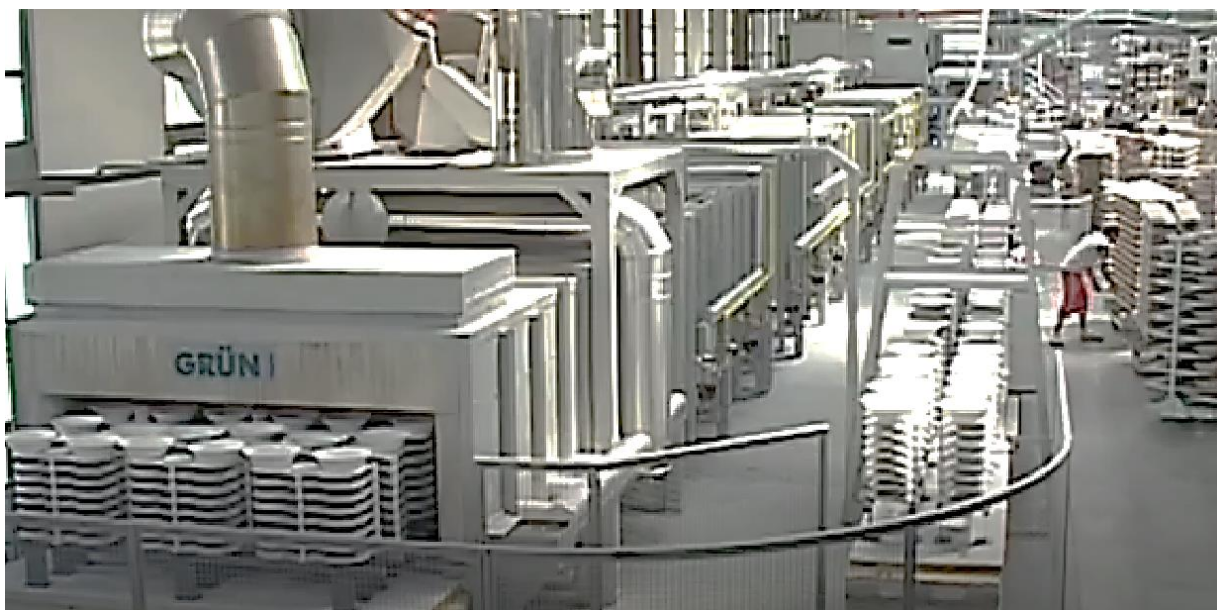


Рисунок 2.11 – Тунельна піч для випалу компанії Grün

При вході в центральну частину печі, температура набуває свого максимуму 1140-1180°C, на цьому етапі глазур в діапазоні 800–1200 °C особливу роль відіграє циркон ($ZrSiO_4$), який часто використовується як глушник для отримання непрозорого білого покриття, що є стандартом для професійного ресторанного посуду. При підвищенні температури до 1000–1150 °C відбувається часткове розчинення дрібних фракцій циркону в силікатному розплаві. Глазур насичується оксидом цирконію. Важливою особливістю $ZrSiO_4$ є те, що він підвищує в'язкість розплаву. Це позитивно впливає на стабільність покриття на вертикальних поверхнях посуду, запобігаючи надмірному стіканню глазури (напливам).

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.8 Сортивання, пакування та зберігання

Після завершення политого випалу готові вироби за допомогою маніпуляторів, оснащених спеціальними вакуумними або м'якими захватами, що запобігають пошкодженню глазури, знімаються з пічних вагонеток. Посуд укладається в спеціальні сітчасті контейнери або на конвеєрну стрічку та транспортується до автоматизованого сортувально-пакувального комплексу.

Візуальний контроль якості глазурованої поверхні та декору здійснюється сортувальником готової продукції. На вироби, що не відповідають вимогам нормативної документації (наявність наколів, "цеку" глазури або засорки), наноситься відповідна мітка спеціальним світлочутливим олівцем у визначеному місці для подальшого відбракування або пересортування.

Далі посуд надходить до автоматичної калібрувальної машини, де перевіряється правильність геометричних параметрів. Здійснюється розсортування виробів за діаметром та висотою борту, а також відбраковування за деформацією (неплощинністю) та овальністю, що є критичним для штабелювання ресторанного посуду.

Сигнал, що надходить з контрольно-калібрувального вузла, направляє кожен виріб у відповідну секцію накопичувача. Тут вироби формуються у стопки, між якими прокладається паперовий або м'який полімерний прошарок для захисту дзеркала глазури від подряпин. Сформовані стопки подаються на пакування в картонні коробки, на які автоматично наноситься маркування з інформацією про тип виробу, сорт та дату виробництва.

Знімання коробок із готовим посудом та їх укладання на дерев'яні піддони (палети) здійснюється згідно з розробленими схемами штабелювання. Для забезпечення стабільності вантажу кожен ярус пакету по горизонталі фіксується поліпропіленовою стрічкою. Після повного формування палета обгортається стрейч-плівкою на обертовій машині та додатково стягується вертикальними пакувальними стрічками.

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стрічки мають бути максимально туго стягнуті за допомогою ручних або напіваавтоматичних пакувальних пристроїв, щоб виключити будь-який зсув коробок всередині пакету під час транспортування. Прийнята відділом технічного контролю (ВТК) продукція спрямовується до складу готових виробів, де розміщується за партіями та артикулами.

2.2 Фізико-хімічні основи виробництва

Фізична основа всього виробництва керамічного ресторанного посуду базується на отриманні високодисперсного та однорідного прес-порошку. За своєю природою порошкоподібні керамічні маси є висококонцентрованими дисперсними глинистими системами, які не володіють зв'язністю [17]. Саме ця відсутність зв'язності обумовлює їхню найбільш характерну властивість – сипучість. Прес-порошки складаються з власне глинистих часток, а також можуть містити різні за формою, твердістю, походженням і розмірами тонкопідрібнені непластичні матеріали, що не володіють зв'язністю, такі як шамот, кварцовий пісок тощо. У ці керамічні порошки обов'язково вводять технологічну зв'язку – воду, оскільки без неї глинисті частки не виявляють своїх пластичних властивостей.

Шлікерний спосіб підготовки таких порошків застосовують у тих випадках, коли основною метою буде досягти особливо ретельного змішування тонкодисперсних компонентів [6], щоб контактували елементарні зерна суміші, а не їхні скупчення чи агрегати. В цьому випадку єдиним способом отримання повністю однорідної суміші є використання шлікеру - суспензії, що складається з керамічних матеріалів. Це маса з малою концентрацією дисперсної фази, частки якої можуть необмежено переміщатися одна відносно одної. Зазвичай шлікери мають вологість 45-60 %, що забезпечує якісне змішування неоднорідних глин, тонкомолотих добавок і барвників.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До складу мас, з яких готується шлікер, входять як пластичні, так і непластичні матеріали, і всі вони проходять відповідну підготовку. Пластичні матеріали після грубого дроблення на стругачах розпускаються у воді в глиноболтушках або пропелерних мішалках з басейном, які підтримують частки у зваженому стані. Мішалка являє собою вал з лопатевим гвинтом на нижньому кінці, який переміщує шлікер вниз. Маса ударяється об дно басейну, піднімається вгору коло стінок і знову потрапляє на лопаті, що поступово подрібнює шматки матеріалу. Для прискорення розпускання, яке зазвичай триває 1–3 години, воду підігрівують до 40–60 °С. Найшвидше розпускаються каоліни, а найповільніше – монтморилонітові глини [17]. Після мішалок глинисту суспензію пропускають через сито з щільністю 400 отв/см².

Непластичні матеріали, такі як кварц, польовий шпат та пегматит, спочатку дроблять на щоккових дробарках, піддають грубому помелу на бігунах і просіву. Іноді перед дробленням ці матеріали випалюють, що суттєво підвищує їхню розмельну здатність і покращує термічні властивості. Далі всі сировинні матеріали, які потрапляють на виробництво, проходять через етап мокрого помелу в кульовому млині. При спільному помелі вся кількість пластичних матеріалів згідно з рецептурою завантажується разом зі спіснювальними компонентами в млин і розмелюється з необхідною кількістю води. Для підвищення продуктивності млинів на 10–20% у них додають невелику кількість (0,5–2%) поверхнево-активних добавок, наприклад, сульфітно-спиртову барду. Маючи сильні полярні групи, ці добавки втягуються в мікротріщини частинок, розклинають їх і тим самим полегшують та прискорюють руйнування матеріалу.

Конструктивно кульовий млин із центральним розвантаженням, що використовується для помелу, дуже схожий на аналогічний стержневий млин. Його основу становить циліндричний барабан, закритий з обох боків торцевими кришками. Зсередини ці елементи захищені від зносу спеціальними сталевими плитами – футеровкою. Барабан спирається на опорні корінні підшипники за допомогою пустотілих цапф, розташованих на кришках, а

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обертання всій конструкції передається від електровідгуна через вінцеву шестерню, закріплену на самому барабані [14].

Для подачі вихідного матеріалу на завантажувальній цапфі встановлено живильник барабанного або комбінованого типу. Обидві пустотілі цапфи всередині обладнані змінними лійками: завантажувальною та розвантажувальною. У млинах невеликих розмірів передбачені спеціальні люки для монтажу та введення футеровки всередину барабана, тоді як у великогабаритних агрегатах ця операція виконується безпосередньо через розвантажувальну цапфу. Сама розвантажувальна цапфа має дещо більший діаметр, ніж завантажувальна, що обумовлює природний нахил дзеркала рідкої пульпи в бік розвантаження у млині.

Помольними тілами млина є чавунні або сталеві кулі різного розміру діаметром від 40 до 150 мм. Загальний об'єм цих куль складає приблизно половину внутрішнього простору млина. Коли барабан обертається, кулі піднімаються, а потім сповзають, скочуються або падають донизу. Подрібнення матеріалу та руди відбувається головним чином у результаті ударів цих помольних тіл, а також частково шляхом стирання і роздавлювання часток між кулями. Весь робочий цикл виглядає безперервним: вихідний матеріал завантажується у млин через завантажувальну цапфу, проходить інтенсивну обробку всередині обертового барабана і вивантажується у вигляді готового подрібненого продукту через протилежну розвантажувальну цапфу.[13]

На завершальному етапі готовий шлікер перекачують з пропелерної мішалки на сито з комірками 0,25 мм для видалення випадкових включень. Якщо в суспензії присутні металеві домішки або залізисті мінерали типу магнетиту, її додатково пропускають через електромагнітний фільтр-сепаратор, де включення затримуються на решітках під дією магнітного поля, а для їх очищення магніт періодично відключають. У випадках, коли шлікер містить забагато розчинних солей, його зневоднюють на фільтр-пресі до стану коржів, які потім знову розпускають у мішалках. Очищений та кондиційний

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шлікер зберігають у спеціальних ємностях, де для підтримки однорідності проводиться постійний барботаж повітрям, після чого маса повністю готова до подальшого перетворення на прес-порошок для виготовлення посуду.

Проведення першого, утильного випалу перед етапом глазурування полягає у наданні виробу необхідної механічної міцності, пористості, а також у створенні правильної структури черепка. Під час цього випалу в керамічній масі протікають складні фізико-хімічні перетворення, які змінюють фазовий склад тонкокерамічного виробу, що призводить до збільшення його щільності та радикальних змін текстури, перетворюючи вхідну масу в керамічний матеріал з новими властивостями (рис. 2.12). Ці процеси відбуваються при поступовому підйомі температури за спеціальним режимом (рис. 2.13).

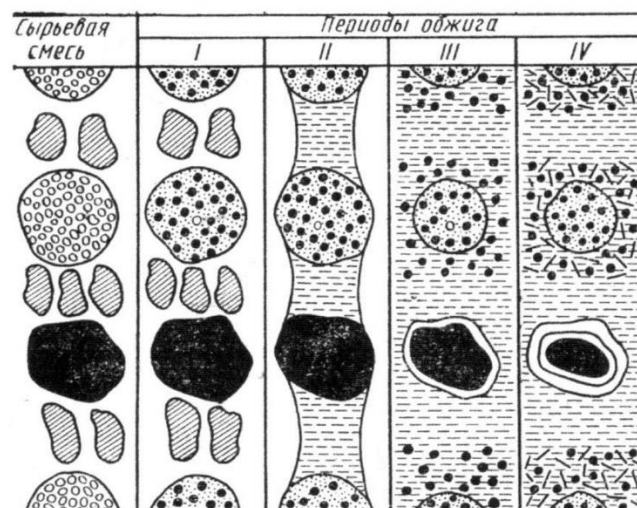


Рисунок 2.12 – Схематичне зображення процесів під час випалу кераміки

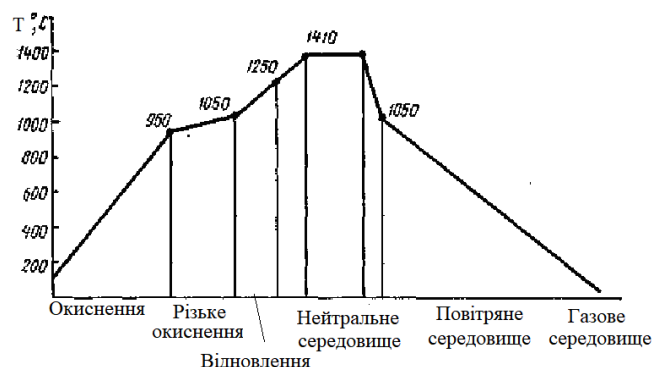


Рисунок 2.13 – Типова крива політого випалу фарфору

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Після видалення гігроскопічної вологи починається етап видалення конституційної води із глинистих мінералів. Цей процес проходить в інтервалі температур 450–850 °С, а повні залишки її видаляються при температурі 1000 °С. Максимум видалення конституційної води каолінів має місце при температурі 580–600 °С.

Паралельно протікають реакції поліморфного перетворення та дегідратації. Поліморфне перетворення бета-кварца в альфа-кварц проходить при температурі 575 °С та супроводжується збільшенням об'єму кварцових зерен майже на 2%. Внаслідок значної пористості матеріалу виробів, що випаляються в цей період, ріст кварцових зерен проходить без виникнення значних напруг в матеріалі виробів, тому тріщини не з'являються. При цьому реакційна здатність кварцу при поліморфному перетворенні різко збільшується.

Наступним важливим процесом є декарбонізація, яка складається з термічної дисоціації карбонатів. Дисоціація магнезійної складової доломіту починається при температурі 500 °С. Вапнякова складова доломіту та вапняк помітно дисоціює при температурі вище 920 °С, і обидві реакції закінчуються практично при 1000 °С. При цьому вуглекислий газ, що виділяється, не викликає пороку в виробах (вздуття), якщо він вільно виходить по капілярам та порам.

Одночасно відбуваються реакції виникнення та видалення вуглецю. Сажистий вуглець, який починає адсорбуватися в порах при температурі 200 °С, інтенсивно вигорає в інтервалі температур 400–1000 °С. При температурі 950–1000 °С з'являється незначна кількість рідкої фази. Якщо в виробах до цього моменту залишається неспалений вуглець або зберігаються залишки невидаленої конституційної води, то може виникнути вздуття (прищі) внаслідок заплавлення рідкою фазою капілярів. Необхідність завершення реакцій вигорання вуглецю, дегідратації та декарбонізації до інтенсивного виникнення рідкої фази вимагає деякої затримки в підйомі температури, тому

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на режимній кривій призначається перша витримка при температурі 920–1040 °С в окиснювальному газовому середовищі.

При температурах 1150–1250 °С проходить перекристалізація первинного муліту з виникненням вторинного муліту, який надає керамічним виробам високу міцність та термічну стійкість. Пройшовши цей етап, маса стає достатньо міцною, щоб її можна було транспортувати, а весь виявлений брак відсіюється і відправляється у «череп бій».

Политий випал проходить у діапазоні температур від 800 до 1200 °С і триває від 150 до 180 хвилин. Основна мета цього етапу – розплавлення глазурі та остаточне спікання керамічної маси, де головною задачею є зміна фазового складу, підвищення щільності та формування експлуатаційних властивостей фарфору. У процесі спікання проходять такі перетворення, як плавлення легкоплавких твердих фаз, дифузійне розчинення в розплаві інших, більш тугоплавких фаз, та кристалізація з розплаву нових, більш термодинамічно стійких фаз. Температура піднімається повільно, щоб залишки вологи та органічні домішки вийшли без утворення дефектів.

При температурах від 1000 до 1250 °С створюються відновлюючі умови шляхом збільшення концентрації оксиду вуглецю в продуктах горіння палива. Це викликає протікання реакцій відновлення оксидних сполук заліза. Оксид заліза відновлюється до закисних сполук, які сприяють більш ранньому виникненню скловидної фази та збільшують інтервал спікання маси. З технічного боку ці реакції важливі тим, що наявність заліза збільшує кількість муліту в черепку та тим самим покращує міцнісні властивості фарфору. Фаяліт, що виникає при взаємодії закису заліза з кремнеземом, та інші безкольорові алюмосилікатні сполуки заліза створюють ефект відбілювання фарфору. Одночасно відновлюються сульфати, внаслідок чого сірковий газ, який виникає і може взяти участь в утворенні вздуття, інтенсивно виділяється. При температурі 1200–1300° С кількість сірки в фарфорі зменшується після цих реакцій приблизно в 10 разів.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У центральній частині печі температура досягає максимуму 1140–1180 °С. Тут протікають реакції, пов'язані з розплавленням польовошпатової складової та розчиненням газів. Роль польових шпатів або їх замінників при спіканні полягає в утворенні рідкої фази, яка в тонкокерамічному виробі діє двояко: фізично (енергією свого поверхневого тяжіння спричиняє зближення часток твердої фази) та хімічно (розчиняючи частки мінералів, таких як метакролініт і кварц, та виділяючи з розплаву нові, більш термодинамічно стійкі кристалічні фази). Реакції розчинення кварцу та метакролініту в розплаві починаються ще при температурі 1100–1150 °С. З підвищенням температури розчинність збільшується, причому розплав альбіту розчиняє сильніше, ніж розплав ортоклазу. Наприклад, при температурі 1300 °С в розплав альбіту розчиняється 25–30% кварцу та 8–15% метакролініту, тоді як в розплав ортоклазу розчиняється лише 15–20% кварцу та 5–10% метакролініту.

На цьому ж етапі в діапазоні 800–1200 °С особливу роль відіграє циркон, який використовується як глушник для отримання непрозорого білого покриття ресторанного посуду. При підвищенні температури до 1000–1150 °С відбувається часткове розчинення дрібних фракцій циркону в силікатному розплаві, і глазур насичується оксидом цирконію. Оскільки циркон підвищує в'язкість розплаву, це запобігає надмірному стіканню глазури (напливам) на вертикальних поверхнях. Також при випалі з кролініту та монтморілоніту утворюється аморфний кремнезем, який частково розчиняється в польовошпатовому розплаві, а частково може перейти в крестобаліт, утворення якого особливо стимулюється наявністю оксиду натрію та є характерним для монтморілонітових глин. Маси для низькотемпературного фарфору мають невеликий інтервал спікання (950–1200 °С) у порівнянні з масами твердого фарфору (1000–1380 °С), тому випал потребує рівномірного розподілу температур, щоб уникнути деформації.

При подальшому охолодженні випалених виробів велике значення мають точка переходу склофази фарфору з розплавленого пластичного в

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

твердий пружний стан та точка затвердіння глазури. Чим більше вміст кремнезему та глинозему в склофазі фарфору, тим точка переходу ближче до температури 800 °С, а в м'якому фарфорі ця точка знижується до 600 °С. Температура переходу склофазу в твердий стан відповідає точці затвердіння глазури на фарфорі. У глазурей твердих фарфорів ця точка лежить в інтервалі температур 700–670 °С, у глазурей м'яких фарфорів — при 570–530 °С. Тому рекомендується уповільнювати швидкість охолодження в цих інтервалах, щоб уникнути появи значних термічних напруг між черепком та глазур'ю. Знання цієї точки важливе, тому що від температури кінцевої витримки до неї інтенсивність охолодження може бути значною, так як термічні напруги гасяться пластичною деформацією склофазу.

Після затвердіння склофазу в фарфорі виникають напруги внаслідок різних значень температурних коефіцієнтів лінійного розширення та модулів упругості кристалічних фаз та скла. Величина цих напруг невелика і становить 2,9–3,9 МПа, але вони можуть бути значно більшими при зворотних реакціях поліморфних перетворень. До них відносяться перехід альфа-кварцу в бета-кварц при температурі 573 °С (супроводжується зміною об'єму близько 2%), а також перехід альфа-кристобаліту в бета-кристобаліт в інтервалі температур 230–175 °С (зі зміною об'єму близько 5%). Практично перехід кварцу при охолодженні не супроводжується повною двовідсотковою зміною об'єму внаслідок сильного розтріскування зерен та наявності біля них ямок реакційної взаємодії, які грають роль буфера та компенсують частину напруг. У зв'язку з цими реакціями при охолодженні тонкокерамічного ресторанного посуду необхідне додаткове уповільнення швидкості вказаних температурних інтервалів, що забезпечує отримання якісного фінального продукту.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Матеріальний баланс виробництва

Матеріальний баланс виробництва складається для визначення кількості сировини, напівфабрикатів, готової продукції та втрат на всіх стадіях технологічного процесу. Його основне призначення полягає у забезпеченні раціонального використання матеріальних ресурсів і контролю ефективності виробництва.

Для керамічного виробництва матеріальний баланс дозволяє:

- розрахувати потребу в сировинних матеріалах (глині, каоліні, кварцовому піску, польовому шпаті тощо);
- визначити кількість добавок, води та допоміжних компонентів;
- врахувати технологічні втрати під час сушіння, випалу, транспортування та механічної обробки;
- встановити вихід придатної продукції та кількість браку;
- забезпечити безперервність роботи обладнання і цехів;
- контролювати економічність виробництва та собівартість продукції;
- виконати підбір і розрахунок продуктивності технологічного обладнання.

У виробництві ресторанного фарфорового посуду матеріальний баланс особливо важливий через значні втрати маси під час сушіння та випалу, а також необхідність точного дотримання рецептури шихти для забезпечення стабільних фізико-хімічних властивостей виробів.

Для розрахунку матеріального балансу технологічної лінії продуктивністю 2500 т/рік приймаємо наступні норми технологічного процесу (табл. 3.1) та склад маси (табл. 1.3).

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Технологічні нормативи виробництва, мас.%

Найменування нормативу	Показник
Брак сортування	2,00
Брак политого випалу	1,00
Втрати при прожарюванні глазурі	7,55
Кількість глазурі на виробах	5,00
Вологість глазурного шлікеру	45,00
Брак утильного випалу	2,00
Втрати при прожарюванні керамічної маси із хімскладу	6,60
Залишкова вологість керамічного напівфабрикату	5,00
Брак при сушінні (зворотній)	3,00
Втрати при вилежуванні	0,50
Вологість виробів, що йдуть на сушіння	8,00
Брак ізостатичного пресування (зворотній)	4,00
Вологість шлікеру, що подається до фільтр-пресу	60,00
Втрати при помелі в кульовому млині та збагаченні	0,20
Втрати сировини при дозуванні та на складі	0,15
Втрати електролітів при дозуванні та на складі	0,10

Всі матеріали подаються в подрібненому стані.

З урахуванням втрат під час сортування (2%), на сортувальну дільницю необхідно подати:

$$\frac{2500 \cdot 100}{(100 - 2)} = 2551.02 \text{ т/рік}$$

Обсяг втрат на етапі сортування становить: $2551.02 - 2500 = 51.02 \text{ т/рік}$

З урахуванням браку після политого випалу (1%), у піч необхідно завантажити таку кількість виробів:

$$\frac{2551.02 \cdot 100}{(100 - 1)} = 2576.78 \text{ т/рік}$$

Технологічні втрати (брак) під час политого випалу складають:

$$2576.78 - 2551.02 = 25.76 \text{ т/рік}$$

Під час политого випалу відбуваються втрати маси глазурі.

Щоб визначити точний обсяг цих втрат, необхідно розрахувати вихідну кількість нанесеної на вироби глазурі. Зазвичай у технологічних нормативах зазначається, що витрата глазурі на покриття керамічної маси становить 5%

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

понад 100%, тому цей показник потребує перерахунку стосовно загальної маси (на 100%).

На 100% випаленого напівфабрикату – йде 5% глазури, тобто:

$$\frac{105\%}{100\%} = \frac{5\%}{x}$$

x - глазури на глазурованих виробах

$$x = 4,76\%$$

Втрати маси при прожарюванні (ВМПІІ) глазури, згідно з вихідними даними, становлять 7,55%. Урахувавши загальну кількість глазури, нанесеної на вироби після утильного випалу, визначаємо величину втрат при прожарюванні в процесі политого випалу:

$$\frac{7.55 \cdot 4.76}{100} = 0.36\%$$

З урахуванням зазначених втрат, що виникають під час политого випалу, загальна кількість глазурованих виробів, яку необхідно виготовити, становить:

$$\frac{2576.78 \cdot 100}{(100 - 0.36)} = 2586.09 \text{ т/рік}$$

Отже втрати при политому випалі складають:

$$2586.09 - 2576.78 = 9.31 \text{ т/рік}$$

Розрахунок необхідної кількості глазури виконуємо в такій послідовності. Оскільки вміст сухої глазури на утильно випалених виробах становить 4,76%, її кількість у масовому (ваговому) еквіваленті дорівнюватиме:

$$2586.09 \cdot 0.0476 = 123.10 \text{ т/рік}$$

Оскільки вологість глазурного шлікеру становить 45%, загальна кількість шлікеру, яку необхідно подати на ділянку глазурування утильно випалених виробів, дорівнює:

$$\frac{123.10 \cdot 100}{(100 - 45)} = 223.81 \text{ т/рік}$$

Кількість води, яка видаляється з глазурного покриття на етапах сушіння та политого випалу, становить:

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$223.81 - 123.10 = 100.71 \text{ т/рік}$$

Таким чином, річний обсяг глазурної суспензії, що має надходити з цеху приготування глазурі, становить: 223.81 т/рік

Кількість утильно випалених виробів (без покриття) визначаємо шляхом віднімання маси сухої глазурі від загальної маси глазурованих виробів, що спрямовуються на політий випал:

$$2586.09 - 123.10 = 2462.99 \text{ т/рік}$$

Згідно з вихідними даними, брак під час утильного випалу становить 2%. З урахуванням цих технологічних втрат, загальний обсяг виробів, який необхідно виготовити, дорівнює:*

$$\frac{2462.99 \cdot 100}{(100 - 2)} = 2513.25 \text{ т/рік}$$

Брак утильного випалу складає:

$$2513.25 - 2462.99 = 50.26 \text{ т/рік}$$

Втрати маси при прожарюванні керамічної маси становлять 6,6%. З урахуванням цих термічних втрат, на утильний випал необхідно подати таку кількість сухого напівфабрикату:

$$\frac{2513.25 \cdot 100}{(100 - 6,6)} = 2731.79 \text{ т/рік}$$

Втрати при прожарюванні керамічної маси складають:

$$2731.79 - 2513.26 = 218.53 \text{ т/рік}$$

Оскільки вироби надходять до печі із залишковою вологістю, яка за вихідними умовами становить 5%, загальна маса напівфабрикату, що подається на утильний випал, має складати:

$$\frac{2731.79 \cdot 100}{(100 - 5)} = 2875.58 \text{ т/рік}$$

Залишкова волога, яка видаляється на початковій стадії випалу, складає:

$$2875.58 - 2731.80 = 143.78 \text{ т/рік}$$

Традиційно в будь-якій технології виробництва кераміки прагнуть мінімізувати обсяги браку для раціонального використання та заощадження

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цінних сировинних компонентів. Оскільки на окремих технологічних етапах (зокрема, під час формування та сушіння) повністю уникнути утворення дефектів неможливо, бракований напівфабрикат повторно залучають у виробничий цикл. Це дозволяє суттєво зменшити витрати первинної сировини. Відповідно до прийнятої технологічної схеми, повернення зворотного браку у виробництво передбачено після етапу сушіння та ізостатичного пресування .

Обсяг зворотного браку, що утворюється на етапі сушіння, становить 3%. З урахуванням необхідності компенсувати цей брак та повернути його в технологічний цикл, загальна кількість напівфабрикату, яку потрібно виготовити, дорівнює:

$$\frac{2875.58 \cdot 100}{(100 - 3)} = 2964.51 \text{ т/рік}$$

Обсяг зворотного браку, що утворюється на етапі сушіння, становить:

$$2964.51 - 2875.58 = 88.93 \text{ т/рік}$$

При вилежуванні в бункері втрати маса дорівнюють 0.50%, тому:

$$\frac{2964.51 \cdot 100}{(100 - 0.50)} = 2979.41 \text{ т/рік}$$

Втрати в бункері при вилежуванні складають:

$$2979.41 - 2964.51 = 14.90 \text{ т/рік}$$

Оскільки вологість напівфабрикату перед сушінням становить 8%, то з урахуванням обсягу води, що видаляється в процесі теплової обробки, до сушарки необхідно подати:

$$\frac{2979.41 \cdot (100 - 5)}{(100 - 8)} = 3076.56 \text{ т/рік}$$

Волога, що видаляється при сушінні виробів, складає:

$$3076.56 - 2979.41 = 97.15 \text{ т/рік}$$

Обсяг зворотного браку на етапі ізостатичного пресування становить 4%. З урахуванням необхідності компенсації цих втрат загальна кількість виробів, яку необхідно сформувати, дорівнює:

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{3076.56 \cdot 100}{(100 - 4)} = 3204.75 \text{ т/рік}$$

Зворотні втрати при ізостатичному пресуванні складають:

$$3204.75 - 3076.56 = 128.19 \text{ т/рік}$$

Вологість шлікеру, що подається до БРС складає 60%, тому кількість шлікеру, який необхідно подати до БРС, становить:

$$\frac{3204.75 \cdot (100 - 8)}{(100 - 60)} = 7370.92 \text{ т/рік}$$

Втрати води, що видалиться в фільтр-пресі становить:

$$7370.93 - 3204.75 = 4166.17 \text{ т/рік}$$

Втрати матеріалу під час помелу в кульовому млині та на етапі збагачення становлять 0,20%. З урахуванням цих технологічних втрат, загальний обсяг шлікеру, який необхідно приготувати, дорівнює:

$$\frac{7370.93 \cdot 100}{(100 - 0.20)} = 7385.70 \text{ т/рік}$$

Втрати при помелі та збагаченні становлять:

$$7385.70 - 7370.93 = 14.77 \text{ т/рік}$$

Кількість сухої маси, що знаходиться в кульовому млині становить:

$$\frac{7385.70 \cdot (100 - 60)}{100} = 2954.28 \text{ т/рік}$$

Кількість води складає:

$$7385.70 - 2954.28 = 4431.42 \text{ т/рік}$$

Необхідно врахувати зворотній брак, який повертається до кульового млина (табл.3.3). Обов'язково враховуємо, скільки зі зворотнім браком повертається сухої маси, а скільки – води.

Для етапу сушіння:

$$88.93 \cdot 0.05 = 4.45 \text{ т/рік}$$

сухої маси:

$$88.93 - 4.45 = 84.48 \text{ т/рік}$$

Для етапу ізостатичного пресування:

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$128.19 \cdot 0.08 = 10.26 \text{ т/рік}$$

сухої маси:

$$128.19 - 10.26 = 117.93 \text{ т/рік}$$

Таблиця 3.3 – Розрахункова кількість сухих матеріалів та води, що повертається зі зворотнім браком, т/рік

Найменування	Вологість, мас.%	Кількість браку	Води	Сухих виробів
При сушінні	5	88.93	4,45	84.48
При ізост. пресуванні	8	128.19	10.26	117.93
Сума		217.12	14.71	202.41

Отже, під час завантаження до кульового млина зі зворотнім браком, повертається 202.41 т/рік сухого матеріалу та 14.71 т/рік води.

З урахуванням цього, до кульового млина необхідно звантажити:

$$\text{Сухого матеріалу: } 2954.28 - 202.41 = 2751.87 \text{ т/рік}$$

$$\text{Води: } 4431.42 - 14.71 = 4416.71 \text{ т/рік}$$

Далі визначаємо, скільки треба вводити кожного сировинного матеріалу. Кожний сировинний матеріал надходить з певною вологістю, оскільки в кожної сировини своя адсорбційна здатність, різні умови залягання в природі, здобування та ін. Тому кожний сировинний матеріал буде вносити певну кількість води, і, щоб додержуватись заданої за рецептом вологості, необхідно скорегувати кількість води, яку ми вводимо в шлікер.

Для суміші глин:

В абсолютно сухому стані треба:

$$\frac{2751.87 \cdot 26,12}{100} = 718.79 \text{ т/рік}$$

Вологої суміші глин треба:

$$\frac{718.79 \cdot 100}{(100 - 30)} = 1026.84 \text{ т/рік}$$

Кількість води, що вноситься сумішю глин:

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$1026.84 - 718.79 = 308,05 \text{ т/рік}$$

Для каоліну:

В абсолютно сухому стані треба:

$$\frac{2751.87 \cdot 19,33}{100} = 531.94 \text{ т/рік}$$

Вологого каоліну треба:

$$\frac{531.94 \cdot 100}{(100 - 6)} = 565,89 \text{ т/рік}$$

Кількість води, що вноситься каоліном:

$$565,89 - 531.94 = 33.95 \text{ т/рік}$$

Для кварц. піску:

В абсолютно сухому стані треба:

$$\frac{2751.87 \cdot 7.32}{100} = 201,44 \text{ т/рік}$$

Вологого кварц. піску треба:

$$\frac{201,44 \cdot 100}{(100 - 3)} = 207,67 \text{ т/рік}$$

Кількість води, що вноситься кварц. піском:

$$207,67 - 201,44 = 6.23 \text{ т/рік}$$

Для польового шпату:

В абсолютно сухому стані треба:

$$\frac{2751.87 \cdot 22.47}{100} = 618.35 \text{ т/рік}$$

Вологого польового шпату треба:

$$\frac{618.35 \cdot 100}{(100 - 3)} = 637,47 \text{ т/рік}$$

Кількість води, що вноситься польовим шпатом:

$$637,47 - 618.35 = 19,12 \text{ т/рік}$$

Для лужного каоліну:

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В абсолютно сухому стані треба:

$$\frac{2751.87 \cdot 24.03}{100} = 661,27 \text{ т/рік}$$

Вологого лужного каоліну треба:

$$\frac{661,27 \cdot 100}{(100 - 6)} = 703,48 \text{ т/рік}$$

Кількість води, що вноситься лужним каоліном:

$$703,48 - 661,27 = 42,21 \text{ т/рік}$$

Для соди:

В абсолютно сухому стані треба:

$$\frac{2751.87 \cdot 0.42}{100} = 11,56 \text{ т/рік}$$

Вологої соди треба:

$$\frac{11,56 \cdot 100}{(100 - 2)} = 11,80 \text{ т/рік}$$

Кількість води, що вноситься содою:

$$11,80 - 11,56 = 0.24 \text{ т/рік}$$

Для рідкого скла:

В абсолютно сухому стані треба:

$$\frac{2751.87 \cdot 0.31}{100} = 8,53 \text{ т/рік}$$

Вологого рідкого скла треба:

$$\frac{8,53 \cdot 100}{(100 - 50)} = 17,06 \text{ т/рік}$$

Кількість води, що вноситься рідким склом:

$$17,06 - 8,53 = 8,53 \text{ т/рік}$$

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Розрахункова кількість сировини з природною вологістю, т/рік

Найменування сировини	Кількість у складі маси, мас.%	Кількість абсол. сух. матеріалу	Вологість матеріалу, мас.%	Кількість вологого матеріалу	Кількість внесеної води
Суміш глин	26,12	718,79	30	1026,84	308,05
Каолін	19,33	531,94	6	565,89	33,95
Пісок кварц.	7,32	201,44	3	207,67	6,23
Польовий шпат	22,47	618,35	3	637,47	19,12
Каолін лужн.	24,03	661,27	6	703,48	42,21
Сода	0,42	11,56	2	11,80	0,24
Рідке скло	0,31	8,53	50	17,06	8,53
Сума	100	-	-	-	418.33

З урахуванням води, що вноситься з сировиною, у кульовий млин необхідно додати:

$$4416.71 - 418.33 = 3998.38 \text{ т/рік}$$

Загальні втрати сировини при дозуванні, додатковому подрібненні, транспортуванні на стрічковому транспорті, завантаження у живильник складають 0,15% для кожного матеріалу. Реотан, рідке скло та сода проходять менший технологічний цикл, тому втрати приймаємо 0,1% (табл.3.5).

Таблиця 3.5 – Розрахункова кількість сировини з урахуванням втрат на дільниці, т/рік

Найменування сировини	Кількість вологих сиров. матер.	Кількість втрат на дільниці, мас.%	Необхідна кількість сировини з урахуванням втрат	Втрати
Суміш глин	1026,84	0,15	1028,38	1,54
Каолін	565,89	0,15	566,74	0,85
Пісок кварц.	207,67	0,15	207,98	0,31
Польовий шпат	637,47	0,15	638,43	0,96
Каолін лужн.	703,48	0,15	704,54	1,06
Сода	11,80	0,1	11,81	0,01
Рідке скло	17,06	0,1	17,08	0,02
Сума	-	-	-	4,75

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Матеріальний баланс виробництва представлений в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Матеріальний баланс виробництва

Прибуток	т/рік	Видаток	т/рік
Суміш глин	1028,38	Готові вироби	2500
Каолін	566,74	Втрати при сортуванні	51,02
Пісок кварцовий	207,98	Брак политого випалу	25,76
Польовий шпат	638,43	Втрати при прожарюванні глазури	9,35
Каолін лужн.	704,54	Волога, що видаляється із глазури при сушінні та випалі виробів	100,71
Сода	11,81	Брак утильного випалу	50,26
Рідке скло	17,08	Втрати при прожарюванні маси	218,53
Вода	3998,38	Втрати залишкової вологи напівфабрикатів	143,78
Глазурний шлікер	223,81	Волога, що видаляється із виробів при сушінні	97,15
		Втрати при вилежуванні маси	14,90
		Втрати вологи при зневодненні шлікеру	4166,17
		Втрати при помелі та збагаченні	14,77
		Втрати сировини на складі та при транспортуванні	4,75
Сума	7397,15	Сума	7397,15

Отже, на основі проведених розрахунків встановлено, що матеріальний баланс не має розбіжностей. Сумарна кількість введених сировинних компонентів, з урахуванням втрат при прожарюванні та технологічних добавок, відповідає розрахунковому складу готової керамічної маси. Отримані результати підтверджують правильність вибору рецептури, коректність виконаних розрахунків та можливість забезпечення стабільного технологічного процесу при виробництві ресторанного фарфорового посуду.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Вибір, розрахунок кількості та технічна характеристика устаткування

Розрахунок корисної площі складу

Корисну площу, яку займають незатаровані матеріали, визначаємо за формулою:

$$F_i = \frac{P_i \cdot n}{N \cdot h \cdot \gamma \cdot \eta} \quad (3.1)$$

де P_i – річна потреба в матеріалі, т;

n – норма запасу матеріалу на складі, діб;

N – термін роботи основного агрегату за рік, діб;

h – висота насипки матеріалу, висота бункера, м;

γ – насипна маса матеріалу, т/м³;

η – коефіцієнт заповнення (0,8-0,9).

Корисна площа, яку займає суміш глин:

$$F = \frac{1028,38 \cdot 90}{350 \cdot 5 \cdot 1,9 \cdot 0,8} = 34,79 \text{ м}^2$$

Корисна площа, яку займає каолін:

$$F = \frac{566,74 \cdot 90}{350 \cdot 5 \cdot 1,9 \cdot 0,8} = 19,18 \text{ м}^2$$

Корисна площа, яку займає кварцовий пісок:

$$F = \frac{207,98 \cdot 90}{350 \cdot 5 \cdot 1,9 \cdot 0,8} = 7,04 \text{ м}^2$$

Корисна площа, яку займає польовий шпат:

$$F = \frac{638,43 \cdot 90}{350 \cdot 5 \cdot 1,9 \cdot 0,8} = 21,60 \text{ м}^2$$

Корисна площа, яку займає каолін лужний:

$$F = \frac{704,54 \cdot 90}{350 \cdot 5 \cdot 1,9 \cdot 0,8} = 23,84 \text{ м}^2$$

Приймаємо ширину відсіку 4 м, довжину 6 м.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

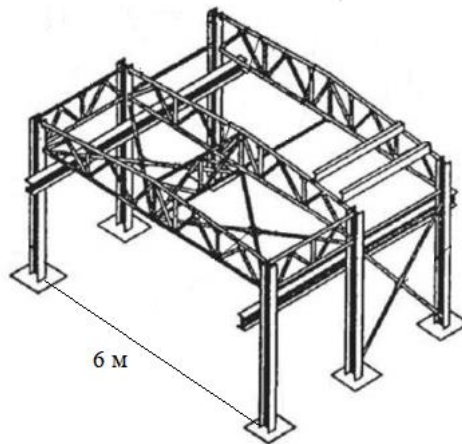


Рисунок 3.1 – Відстань між колонами на складі

Розраховуємо кількість відсіків для сировинних матеріалів, шт.:

Кількість відсіків для суміші глин складає:

$$Пс. г. = 34,79/24 = 1,45$$

Кількість відсіків для каоліну складає:

$$Пк = 19,18/24 = 0,80$$

Кількість відсіків для кварцового піску складає:

$$Пк. в. = 7,04/24 = 0,29$$

Кількість відсіків для польового шпату складає:

$$Пп. ш. = 21,60/24 = 0,90$$

Кількість відсіків для лужного каоліну складає:

$$Пл. к. = 23,84/24 = 0,99$$

Тому корисна площа для зберігання всіх незатарених матеріалів складе:

$$F_{кор.} = 6 \cdot 24 = 144 \text{ м}^2$$

Розрахунок кульового млина для мокрого помелу

Визначаємо потрібну продуктивність млина (рис. 2.3), якщо необхідно $(4431,42 + 2954,28) = 7385,70$ т/рік шлікера. Із літературних даних обираємо млин з наступною технічною характеристикою:

Довжина барабана 4,50 м

Робоча швидкість 10 об/хв.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Ємкість барабана	15000 л
Маса корисної загрузки	8200 кг
Потужність двигуна	25 кВт
Розміри: довжина	8,0 м
Ширина	4,0 м
Висота	4,0 м

Розрахунок кількості млинів виконуємо, використовуючи дані продуктивності млина:

$$Q = \frac{8200}{7} = 1170 \text{ кг/рік}$$

або 1,17 т/рік

Розраховуємо потребу в млині:

$$n = \frac{Q}{O} = \frac{1,17}{1,00} = 1,17$$

$$O = \frac{7385,70}{7350} = 1.00 \text{ т/год}$$

Приймаємо 1 млин , та 1 резервний.

Розрахунок басейну з пропелерною мішалкою для керамічної маси

Річна потреба в шлікері складає 7385,70 т/рік, корисний об'єм мішалки 8 м³, об'ємна маса шлікера (d) – 1,8 т/м³, річний фонд робочого часу відділення 8400 годин (для 3-х змін), час зберігання τ=24 години.

Продуктивність мішалки:

$$Q = \frac{V \cdot d}{t} = \frac{8 \cdot 1,8}{24} = 0,6 \text{ т/год}$$

Необхідна кількість мішалок:

$$n = \frac{7385,70}{0,6 \cdot 8400} = 146$$

Приймаємо 3 мішалки (рис. 3.2) та 1 резервну з наступною технічною характеристикою:

Резервуар: глибина, м – 2,5

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

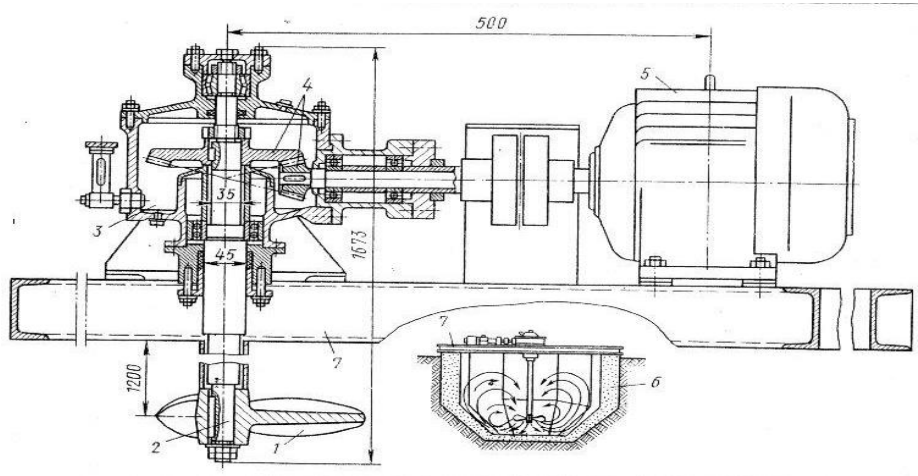
діаметр, м – 1,8

ємкість, м³ – 8

Гвинт: діаметр, мм – 900

число лопатей – 3

кутова швидкість, об/хв – 160



1 – трьохлопастний гвинт; 2 – вертикальний вал; 3 – масляна вана;

4 – конічні шестерні; 5 – електродвигун; 6 – резервуар; 7 – балки

Рисунок 3.2 – Пропелерна мішалка

Розрахунок фільтр-пресу

Знайдемо добову потребу у шлікері за формулою:

$$Q = \frac{7385,70}{365-10} = 21 \text{ т/добу} \quad (3.2)$$

Для визначення кількості фільтр-пресів переводимо продуктивність 21 т/добу у м³/добу:

$$V = \frac{21}{1,72} = 12 \quad (3.3)$$

Тоді кількість фільтр-пресів дорівнює:

$$n = \frac{12}{1 \cdot 8,3} = 1,4 \text{ шт.} \quad (3.4)$$

Отже, приймаємо 2 фільтр-преси (рис. 3.3), з характеристикою:

Діаметр щита, мм 800

Кількість камер, шт 80

Об'єм пресу при товщині пласта 25 мм, л 830

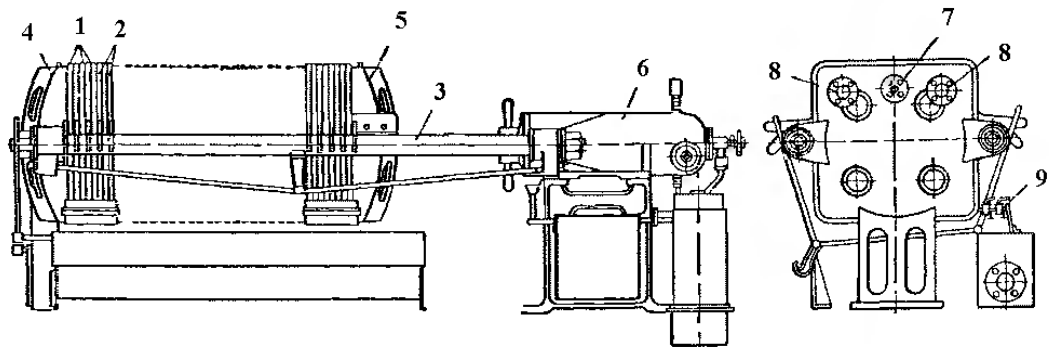
					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маса машини, кг

9900

Габаритні розміри: (LxBxH), м

6130x1850x1330



1, 2, 6, 8, 9 – канали, 3 – простір, 4 – плити, 5 – рама, 7 – крани

Рисунок 3.3 – Загальний вид фільтр-пресу

Бункер для зберігання прес-порошку

У бункері прес-порошок повинен зберігатися протягом 8 годин для зрівнювання вологості прес-порошку ($W = 8\%$), його об'єм повинен забезпечувати роботу однієї зміни, тобто 8 годин.

Розраховуємо необхідну ємність силосу:

$$\frac{3204.75 \cdot 8}{365 \cdot 24} = 2,93 \text{ т}$$

Насипна маса прес-порошку $1,5 \text{ т/м}^3$

Об'єм силосу повинен бути з урахуванням коефіцієнту заповнення (0,85):

$$V = \frac{2,93}{0.85 \cdot 1,5} = 2,30 \text{ м}^3$$

Приймаємо 2 бункери об'ємом по $1,5 \text{ м}^3$.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прес для ізостатичного пресування

Для ізостатичного пресування посуду використовують преси компанії SAMA (рис. 3.4, рис. 3.5) [22].

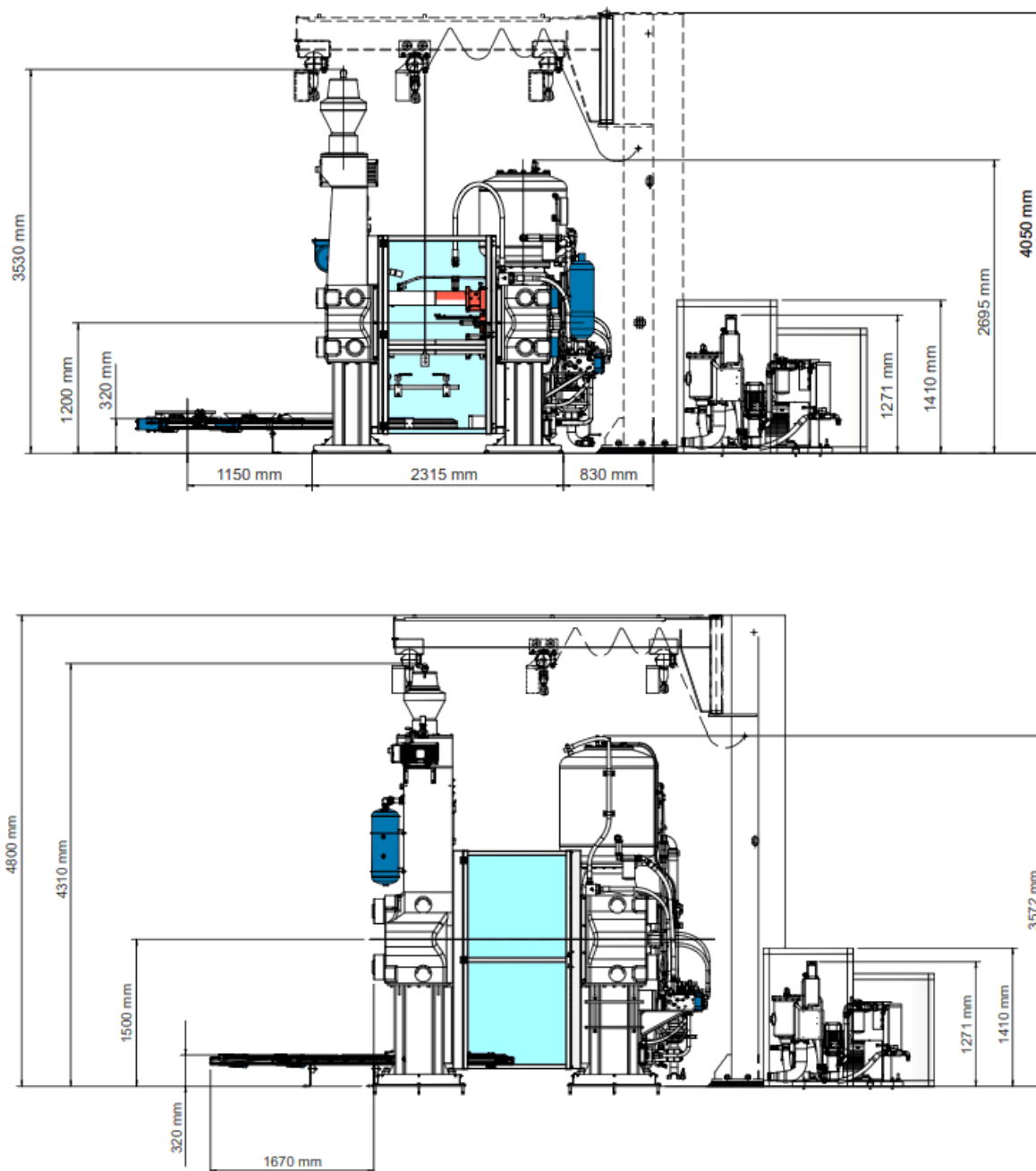


Рисунок 3.4 – Схема пресу ізостатичного пресування компанії SAMA

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічна характеристика пресу РНО451:

Максимальна продуктивність	до 500 виробів/год
Максимальна висота виробу	110 мм
Діаметр виробів у сирці	110–380 мм
Максимальний діаметр плоских виробів	390 мм
Тиск пресування	300 бар
Зусилля замикання	4500 кН
Кількість форм	до 2 форм одночасно
Тип маси	Розпилений гранулят фарфорової маси
Система керування	Siemens SPS
Особливості	Енергозберігаюча гідросистема, висока

стабільність пресування, можливість роботи зі складними формами виробів

Кількість прес-порошку

$$Q = \frac{3204}{365-10}=9 \text{ т/добу або } 9000 \text{ кг/добу}$$

На 1 виріб в середньому 0,825 кг

За добу треба зробити $9000/0,825=10909$ шт./добу

Один прес за 8 годин здатний виготовити $500 \cdot 8=4000$ шт./ зміна

Для забезпечення необхідного об'єму треба $10909/4000=2,7$ шт.

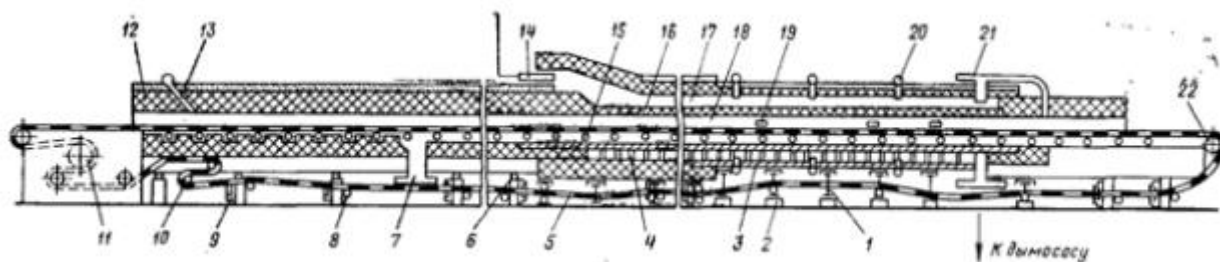
Тобто приймаємо 3 преси.

Вибір печей для випалу виробів

Прямі тунельні печі звичайно, одинарні та різь – спарені, являються печами безперервної дії, в яких напівфабрикат випалюється на вагонетках, що пересуваються вздовж печі [23]. За відмінністю від кільцевих, тунельні печі забезпечують більш високу продуктивність за виробами з 1 м³ пічного каналу, умови праці різко покращуються, збільшуються й інші техніко-економічні показники.

Для утильного випалу обираємо піч конвеєрну муфельну (рис. 3.5).

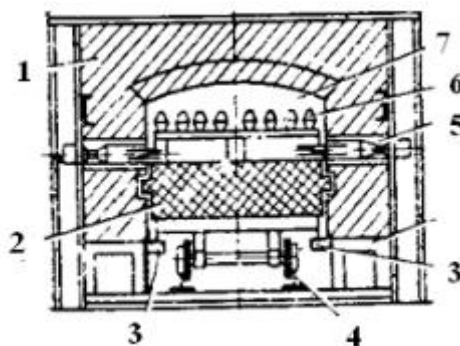
					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – металічний каркас, 2 – залізобетонна опора, нижній газохід, 4 – шамотний стовпчик, 5 – металічна стрічка, 6 – опора коливання, 7 – опора прямокутного перерізу, 8,15 – підтримуючі ролики, 9 – направляючі ролики, 10 – натяжна станція, 11 – привідна станція, 12 – під'ємний шибер, 13 – нахильний отвір, 14 – форсунки, 16 – карборундова плита, 17 – верхній газохід, 18 – робочий канал, 19 – вікна відбору парів води, 20 – золотник, 21 – коробка відбору, 22 – поворотний ролик

Рисунок 3.5 – Конвеєрна муфельна піч

Для пологого випалу виробів пропонується обрати тунельну піч (рис. 3.6).



1 – футеровка печі; 2 – футеровка вагонетки, 3 – пісчаний затвір; 4 – рейковий шлях; 5 – пальники, 6 – вироби, що випалюються, 7 – робочий канал

Рисунок 3.6 – Поперечний переріз тунельної печі

Довжина робочого тунелю печі залежить від виду та розміру виробів та коливається від 45 до 160 м, а ширина в світлі 1,7-3,1 м. Висота тунелю від головки колії до замку склепіння 1,5-2,5 м. Площа поперечного перерізу тунелю 2,9-6,0 м², а об'єм 180-700 м³.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тунельну піч з вагонетками розраховуємо наступним чином:

$$Q=m \times n, \quad (3.5)$$

де m – маса виробів, що вміщуються на вагонетку, т;

n – час проходження вагонетки по печі, ваг./год.

$$Q=0,2 \cdot 0,526=0,11$$

Технічна характеристика тунельної печі

Довжина печі, м	93,5
Ширина пічного каналу, м	1,5
Висота пічного каналу, м	1,7
Висота підставок під капсулі, м	0,34
Довжина вагонеток, м	1,85
Ширина рами вагонеток, м	1,59
Ширина колій, м	0,9
Кількість вагонеток у печі	50
Потужність двигуна безперервної дії, кВт	70

Розрахунок площі складу для зберігання готової продукції

Плануємо, що на складі продукція буде зберігатись 0,5 місяці. Площу складу розраховуємо вважаючи, що кожний виріб затарюється у картонні коробки розміром $0,25 \times 0,25 \times 0,25$ м і важить в середньому 1,5 кг :

$$S = \frac{2500 \cdot 0,25 \cdot 0,25 \cdot 0,25 \cdot 0,5}{12 \cdot 2,5 \cdot 0,0015} = 520 \text{ м}^2$$

Враховуючи площу на проїзди

$$S = 520 + 520 \cdot 0,4 = 728$$

При ширині складу $B=18$ м, довжина буде складати :

$$\alpha = \frac{728}{18} = 40,5 \text{ м}$$

Приймаємо $\alpha = 40$ м, тоді загальна площа складає :

$$S = 40 \cdot 18 = 720 \text{ м}^2$$

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Контроль якості продукції

Для гарантування безпеки гостей, увесь ресторанний інвентар, що контактує з їжею, повинен відповідати суворим міжнародним регламентам. Підготовка до випробування починається з ретельного відбору та огляду зразків. Для дослідження беруть певну кількість абсолютно нових виробів, зазвичай не менше чотирьох штук однієї моделі. Один або кілька екземплярів обов'язково залишають недоторканими як контрольні еталони для подальшого візуального порівняння. Хімічну безпеку контролює стандарт ISO 6486, термічну стійкість визначає EN 1183, а механічну витривалість регулює норматив EN 12875. Посуд має бути повністю нетоксичним і стійким до виділення шкідливих елементів під час експлуатації.

Оцінку хімічної безпеки проводять за стандартом ISO 6486, який складається з методології тестування (рис 3.7) та чітких лімітів. Під час випробувань беруть обов'язкову вибірку з чотирьох випадкових зразків, ретельно їх очищують, заповнюють 4% розчином оцтової кислоти та залишають на добу за температури 22 ± 2 градуси Цельсія. Після цього аналізують відібрані проби й вимірюють рівень свинцю та кадмію за допомогою атомно-абсорбційної або оптико-емісійної спектрометрії.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

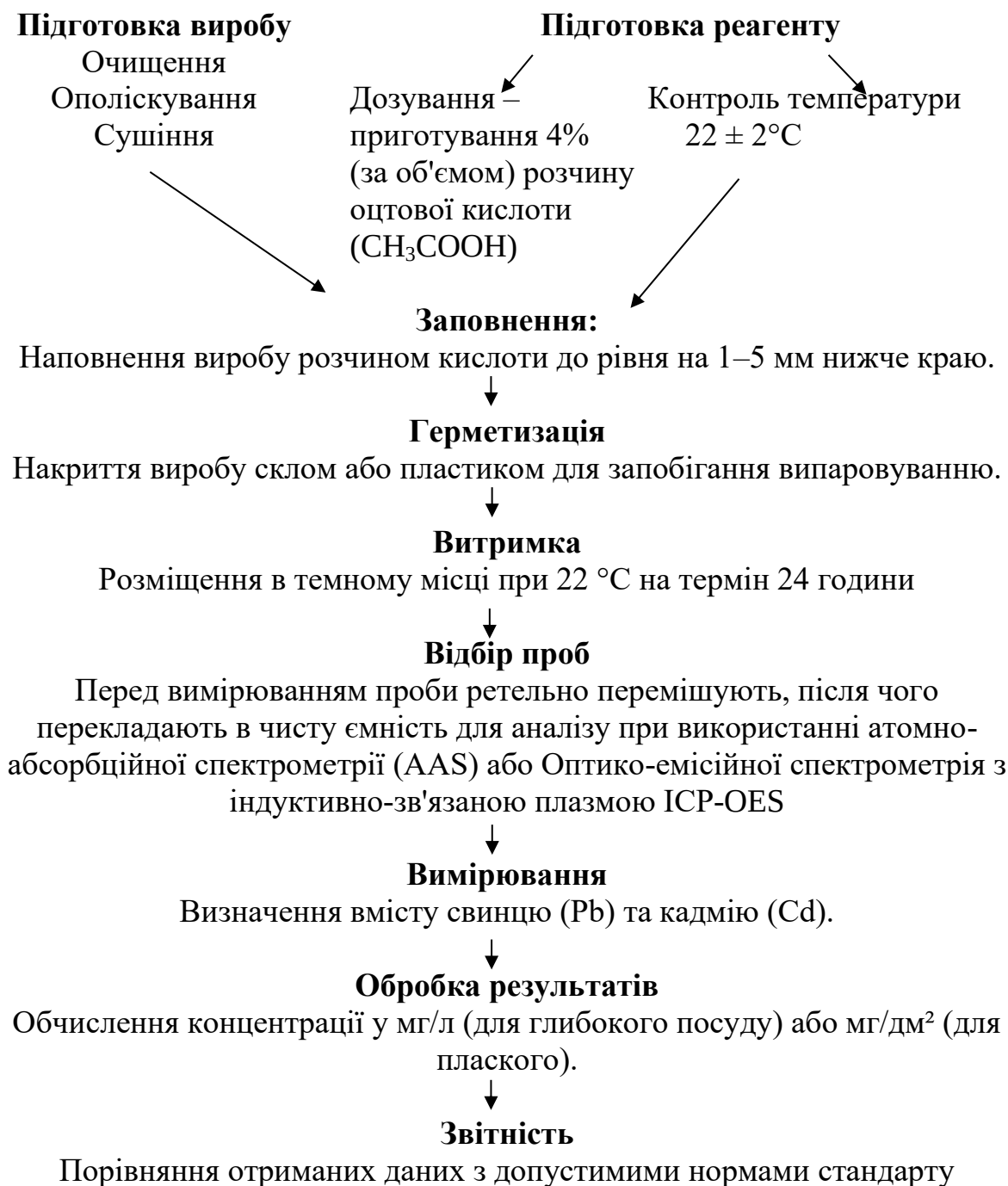


Рисунок 3.7 – схема методики випробувань керамічних виробів згідно стандарту ISO 6486-1 [8]

Для плаского посуду головним критерієм оцінки є середнє значення по всій тестовій вибірці, яке не повинно перевищувати 0,8 мг/дм² для свинцю та 0,07 мг/дм² для кадмію. У випадку з глибоким посудом вимоги стають значно суворішими й оцінюються індивідуально для кожного предмета. Для малого глибокого посуду ліміт становить не більше 2,0 мг/л свинцю та 0,5 мг/л кадмію

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для кожного окремого зразка, тоді як для великого глибокого посуду ці показники обмежуються до 1,0 мг/л свинцю та 0,25 мг/л кадмію. Кожен зразок глибокої тари, призначеної для зберігання, має виділяти не більше 0,5 мг/л свинцю та 0,25 мг/л кадмію. Найжорсткіші правила діють для чашок, кружок, а також для посуду, який використовують під час термічної обробки продуктів, де гранична межа для абсолютно кожного досліджуваного предмета встановлена на рівні не більше 0,5 мг/л свинцю та 0,05 мг/л кадмію.

Здатність матеріалу витримувати температурні коливання визначається європейським нормативом EN 1183. Тут розділяють два критичні поняття: раптовий шок та тривале навантаження. Термічний удар є миттєвою екстремальною дією, наприклад, коли холодну тарілку одразу ставлять у розігріту піч. Це створює сильне внутрішнє напруження на поверхні й загрожує миттєвим руйнуванням матеріалу. Натомість термічна тривкість показує довгострокову стійкість матеріалу до регулярного розширення та звуження під час щоденного циклічного використання, що дозволяє посуду працювати роками без накопичення мікродефектів і тріщин.

Механічна міцність ресторанного посуду під час інтенсивного використання оцінюється за стандартом EN 12875. Професійний виріб зобов'язаний успішно витримати щонайменше 1000 циклів у жорсткому середовищі промислових посудомийних машин. Саме після такої серйозної перевірки визначають, чи здатна глазур зберігати свій первісний блиск, цілісність нанесеного декору та ідеальну гладкість поверхні.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Випробування посуду на механічну міцність

Назва етапу	Тривалість	Температурний режим	Використовувані засоби та пропорції	Опис процесу та додаткові умови
Попереднє миття	5 хвилин	-	Чиста вода	Машина заповнюється водою, яка циркулює протягом усього етапу, після чого повністю зливається помпою.
Основне миття	30 хвилин загалом (20 хв з підігрівом + 10 хв без підігріву)	60 °С (з подальшим охолодженням)	Стандартний лужний мийний засіб: 24 грами хімікату на кожні 6 літрів води	Вода підігрівається до 60 °С і активно циркулює з мийним засобом 20 хвилин. Потім підігрів вимикається, і циркуляція триває ще 10 хвилин для поступового охолодження. Наприкінці розчин зливається.
Проміжне полоскання	3 хвилини	Кімнатна температура	Чиста вода	Проводиться циркуляція чистої води для ефективного видалення залишків лужного розчину. Етап завершується черговим зливом води.
Фінальне полоскання	До досягнення цільової температури	Нагрівання до 65 °С (внесення ополіскувача при 40–45 °С)	Спеціальний ополіскувач: від 2.5 до 3.0 грамів на 6 літрів води.	Чиста вода починає циркулювати та нагріватися. При досягненні 40–45 °С автоматичний дозатор додає ополіскувач. Циркуляція триває до нагрівання води до 65 °С, після чого вона остаточно відкачується.
Сушіння	40 хвилин загалом (10 хв + 30 хв)	Природне охолодження та випаровування	-	Посуд залишається всередині машини: перші 10 хвилин із щільно закритими дверцятами, а наступні 30 хвилин з повністю відкритими дверцятами для випаровування залишків вологи.

Окрім фізико-хімічних випробувань, важливим етапом контролю якості ресторанного керамічного посуду є візуальний та геометричний контроль виробів після випалу. На даному етапі перевіряють відповідність форми, розмірів, кольору та стану глазурованої поверхні вимогам нормативної документації. Особлива увага приділяється відсутності дефектів типу тріщин, відколи, деформацій, здуттів, засмічень під глазур'ю та дефекту «цек».

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поверхня виробів повинна бути рівномірно глазурованою, гладкою, без матових зон і сторонніх включень.

Для ресторанного посуду критично важливим є контроль геометричної точності, оскільки вироби повинні забезпечувати можливість штабелювання та автоматизованого миття у професійному обладнанні. Відхилення за діаметром, висотою та кривизною борта можуть призводити до пошкодження виробів під час транспортування та експлуатації. Тому після випалу проводять контроль стабільності форми та перевірку відповідності габаритних розмірів технічним вимогам.

Додатково оцінюється водопоглинання черепка, яке є одним із основних показників ступеня спікання фарфору. Для професійного ресторанного посуду водопоглинання повинно бути мінімальним, оскільки наявність відкритої пористості погіршує механічну міцність, сприяє накопиченню забруднень і знижує довговічність виробів. Випробування виконують шляхом насичення зразків водою після попереднього висушування та визначення приросту маси.

Важливим показником якості також є механічна міцність виробів. Для цього проводять випробування на ударну та статичну міцність, що дозволяє оцінити здатність посуду витримувати навантаження під час транспортування, штабелювання та щоденного використання в закладах громадського харчування. Особливе значення має міцність країв і бортів виробів, які найчастіше зазнають механічних пошкоджень.

Контроль якості глазури включає оцінку її хімічної стійкості до дії кислот, лугів і мийних засобів. Після проведення циклів випробувань поверхня не повинна втрачати блиск, змінювати колір або вкриватися мікротріщинами. Це забезпечує збереження естетичного вигляду посуду протягом тривалого терміну експлуатації.

У розділі розглянуто основні методи контролю якості ресторанного керамічного посуду відповідно до міжнародних стандартів ISO 6486, EN 1183 та EN 12875. Встановлено, що безпечність та експлуатаційна надійність виробів визначаються комплексом фізико-хімічних, термічних і механічних

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випробувань. Проведення контролю виділення свинцю та кадмію дозволяє підтвердити санітарно-гігієнічну безпечність виробів для контакту з харчовими продуктами. Випробування на термічний удар і термічну тривкість забезпечують оцінку здатності посуду витримувати різкі та циклічні перепади температур без утворення тріщин і дефектів глазури.

Дослідження механічної стійкості за стандартом EN 12875 підтверджує придатність виробів до тривалої експлуатації в умовах інтенсивного використання у закладах громадського харчування. Додатковий контроль геометричних параметрів, водопоглинання, якості глазури та зовнішнього вигляду дозволяє забезпечити стабільність технологічних властивостей і високий рівень якості готової продукції. Таким чином, комплексна система контролю якості є необхідною умовою виготовлення конкурентоспроможного ресторанного посуду з високими показниками довговічності, безпечності та експлуатаційної надійності.

3.3 Охорона праці та навколишнього середовища

Виробництво ресторанного порцелянового посуду методом ізостатичного пресування є сучасним високотехнологічним процесом, який потребує суворого контролю в галузі екологічної безпеки та впровадження ефективних природоохоронних заходів. Основним джерелом екологічного навантаження на атмосферне повітря є швидкісні роликові печі, які під час утильного та политого випалу виділяють значні обсяги вуглекислого газу та оксидів азоту. Окрім цього, на етапах транспортування, дозування та пресування сухої сировини виникає загроза забруднення робочих зон неорганічним пилом силікатної сировини. Для мінімізації цього впливу та забезпечення високого рівня екологічної безпеки на підприємстві впроваджується комплексна система екологічного менеджменту відповідно до жорстких вимог міжнародного стандарту ISO 14001:2015 «Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосовування».

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стандарт пропонує чіткий план дії при виникненні конфліктів зв'язаних з нанесенням шкоди навколишньому середовищу. ISO 14001:2015 використовує класичну схему управлінського циклу PDCA (Plan-Do-Check-Act). У своїй книзі «Організація як система. Принципи побудови сталого бізнесу Едвардса Демінга» Генрі Нів детально аналізує фундаментальну концепцію безперервного вдосконалення, відому як цикл PDCA (Plan-Do-Check-Act) або Plan-Do-Study-Act (PDSA).

Хоча Демінг згодом наполягав на використанні слова Study (Вивчай) замість Check (Перевіряй), щоб підкреслити глибокий аналіз, а не просто механічний контроль, класична аббревіатура PDCA залишається стандартом у міжнародних системах управління.

Генрі Нів описує цей цикл як динамічний процес здобуття нових знань і постійного поліпшення якості:

1. Plan (Плануй): Формулювання цілей, визначення методів їх досягнення та планування змін або експериментів, спрямованих на вирішення проблем.
2. Do (Роби): Впровадження запланованих змін, найчастіше у невеликому масштабі (пілотний проект), для перевірки теорії на практиці.
3. Check/Study (Перевіряй/Вивчай): Аналіз результатів тестування, оцінка ефективності дій, порівняння отриманих даних із очікуваними.
4. Act (Дій): Прийняття остаточного рішення. Якщо зміни успішні, новий метод стандартизується. Якщо ні - цикл повторюється з урахуванням отриманих уроків та нових гіпотез [24].

У контексті екологічного менеджменту цей цикл став ядром міжнародного стандарту ISO 14001:2015. Він допомагає організаціям не просто усувати наслідки екологічних інцидентів, а й системно запобігати шкоді навколишньому середовищу (забрудненню повітря, води, ґрунту) через ідентифікацію екологічних аспектів та управління ризиками.

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Система вирішення проблем пов'язаних з шкодою навколишньому середовищу згідно з ISO 14001:2015[25]

Етап PDCA	Вимоги ISO 14001	Практичний зміст та дії щодо вирішення проблеми	Результат
1	2	3	4
PLAN <i>(Плануй)</i>	1. Ідентифікація можливого впливу на екологію	Організація аналізує свою діяльність (виробництво, логістику тощо) і визначає, як саме вона взаємодіє з довкіллям (наприклад: викиди газів, скидання стічних вод, утворення токсичних відходів). Оцінюється потенційна шкода (забруднення, вичерпання ресурсів).	Реєстр суттєвих екологічних аспектів; оцінка екологічних ризиків.
	2. Встановлення екологічних цілей та планування	Визначаються вимірювані екологічні цілі (наприклад, зменшити викиди CO ₂ на 15% або зменшити обсяг шкідливих відходів). Розробляються детальні програми дій: призначаються відповідальні, виділяються ресурси та встановлюються терміни.	Екологічна політика підприємства; Програма досягнення екологічних цілей.
DO <i>(Роби)</i>	3. Впровадження та контроль	Реалізація запланованих заходів. Модернізація обладнання, встановлення очисних споруд (фільтрів), перехід на менш токсичну сировину. Проведення навчання для персоналу щодо правильного поводження з хімікатами чи відходами.	Інструкції з екологічного менеджменту; протоколи навчання співробітників.
	4. Готовність до аварійних ситуацій	Розробка та тестування алгоритмів дій на випадок техногенних інцидентів, які можуть завдати шкоди природі (наприклад, план ліквідації розливу нафтопродуктів або хімічних речовин).	Плани ліквідації аварійних ситуацій (ПЛАС); звіти про навчальні тривоги.

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4
CHECK <i>(Перевіряй)</i>	5. Моніторинг та вимірювання	Постійний контроль екологічних показників. Проводяться лабораторні аналізи стічних вод, заміри концентрації шкідливих речовин у викидах в атмосферу, облік утилізованих відходів. Порівняння фактичних даних із нормативами законодавства та цілями компанії.	Звіти з екологічного моніторингу; журнали обліку відходів.
	6. Внутрішній аудит	Проведення регулярних внутрішніх перевірок Системи екологічного менеджменту на відповідність вимогам ISO 14001 та внутрішнім регламентам.	Звіти про результати внутрішнього екологічного аудиту.
ACT <i>(Дій)</i>	7. Усунення невідповідностей та корегувальні дії	Якщо виявлено відхилення від норм (наприклад, перевищення ліміту викидів або витік мастила), компанія негайно шукає першопричину проблеми, усуває її наслідки та впроваджує корегувальні дії, щоб запобігти повторенню.	Акти про невідповідність; задокументовані корегувальні дії.
	8. Аналіз з боку вищого керівництва	Топменеджмент переглядає результати функціонування системи за звітний період, оцінює ефективність витрат, загальний екологічний слід і приймає рішення щодо подальшого стратегічного розвитку та постійного покращення (<i>Continual Improvement</i>).	Протокол аналізу системи екологічного менеджменту керівництвом.

Метою цієї дипломної роботи є розробка проекту промислового підприємства, що спеціалізується на випуску високоякісного ресторанного посуду. Оскільки цей виробничий процес є потенційним джерелом забруднення атмосферного повітря неорганічним пилом та діоксидом вуглецю, для підвищення рівня екологічної безпеки виникає гостра потреба у впровадженні комплексних природоохоронних заходів. Вони передбачають

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

організацію безперервного моніторингу та ухвалення ефективних рішень, спрямованих на зниження обсягів шкідливих викидів.

Тверді відходи на підприємстві формуються у вигляді технологічного браку на етапах пресування, сушіння, зачистки, глазурування, випалу та газового контролю, проте всі ці матеріали підлягають повторній переробці, що дозволяє зменшити потребу в первинній сировині.

Для забезпечення потреб заводу функціонують дві ізольовані системи водопостачання, а саме виробнича та господарсько-питна. Оскільки до якості технологічної води висуваються помірні вимоги, на підприємстві реалізовано систему її багаторазового використання завдяки зворотному циклу, що гарантує суттєву економію свіжих водних ресурсів. Основні критерії та вимоги до параметрів технологічної води детально відображені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Основні вимоги до якості технологічної води

Показники	Значення
Загальна жорсткість, екв/м ³	0,012
Вміст, г/ м ³ : діоксиду кремнію	50
Вміст, г/ м ³ : заліза	0,1
РН	6,2-8,3
Кольоровість, град.	20

Утворення промислових стічних вод відбувається під час підготовки та переробки сировинних матеріалів, а також у процесі промивання кульових млинів. Гранично допустимі концентрації хімічних речовин, які можуть міститися у таких рідких відходах, зафіксовані у табл. 3.6.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.6 – ГДК хімічних речовин в стічних водах

Найменування хімічних речовин	Норма, мг/л
Залізо (Fe^{2+} , Fe^{3+})	Дл 350
Хлориди (Cl^-)	До 500
Сульфати (SO_4^{2-})	До 0,3
Кальцій (Ca^{2+})	30-180
Магній (Mg^{2+})	10-40
Окислювальність	До 12
Сухий залишок	До 1000
Цинк (Zn^{2+})	До 5
Барій (Ba^{2+})	До 4
Нітриди (NO_3^-)	До 10
Нітрати (NO_2)	До 0,002

Водні об'єкти визнаються забрудненими у тих випадках, коли під дією виробничої діяльності змінюються їхні природні властивості та склад, через що вони стають непридатними для подальшого споживання. Виробничі стоки, що виникають під час формування та глазурування виробів, направляються на спеціальні очисні споруди, де вони проходять через фільтр-преси та піддаються механічному очищенню в акриламідному відстійнику, після чого очищена вода знову залучається до технологічного процесу. Водночас господарсько-питна вода, яка за якістю відповідає державним стандартам і надходить із міської мережі за першою категорією надійності, використовується виключно для пиття, роботи душових, туалетів, миття підлоги та підігріву побутових приміщень. Норма споживання становить 25 літрів на особу, а для душових передбачено 500 літрів на одну сітку при тривалості роботи сорок п'ять хвилин. Побутові стоки забруднюються мінеральними та органічними сполуками і відводяться за допомогою колекторів.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Промислові викиди в повітряне середовище складаються з пилоаерозольних сумішей, газів та пари. Основними джерелами забруднення є масозаготівельна дільниця, де пил виділяється під час подрібнення сировини, та дільниця випалу, яка генерує вуглекислий газ. Належний стан атмосфери забезпечується будівництвом очисних комплексів, зокрема використанням циклонів і рукавних фільтрів для вловлювання пилу. Значення середньодобових гранично допустимих концентрацій речовин в атмосферному повітрі наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – ГДК_{сс} речовин в атмосферному повітрі

Хімічна речовина	ГДК _{сс} , мг/ м ³
CO ₂ ,	3,0
Сажа	0,15

Шкідливі речовини у повітрі негативно впливають на людей, викликаючи головний біль, нудоту, слабкість, а також ушкоджуючи органи зору та дихальних шляхів. Безпека праці на підприємстві організована відповідно до чинної директиви ЄС 2006/42/ЄС. У відділеннях підготовки шлікеру, глазурі, сушіння та випалу присутні небезпечні виробничі фактори, серед яких рухомі механізми, незахищені елементи конвеєрів, підвищена запиленість, напруга в електромережі, електричні та електромагнітні поля, а також високий рівень шуму. Тривалий вплив шуму може призвести до розвитку шумової хвороби, що супроводжується погіршенням слуху, зміною тиску та порушенням координації. Захист забезпечується встановленням обладнання на віброізолюючих фундаментах з амортизаторами, монтажем шумозахисних екранів та винесенням робочих місць в окремі приміщення з дистанційним керуванням. Класифікація шкідливих речовин за ступенем впливу на організм здійснюється згідно з CLP (Регламент ЄС № 1272/2008) і відображена в таблиці 3.8.

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.8 – Перелік виділених шкідливих речовин

Матеріал	Токсичні речовини, які входять до складу	Характер дії на організм людини	ПДК, мг/м ³	Клас небезпеки
Глина	Силікати	Хронічний бронхіт, силікоз	7,0	3
Кварцові відходи	Силікати	Хронічний бронхіт, силікоз	1,0	3
Сода кальцинована	Na ₂ CO ₃	Захворювання органів дихання	2,0	3
Глазур	ZnO	Погіршення слуху, безсоння, погіршення пам'яті	0,6	2
	Al ₂ O ₃	Захворювання верхніх дихальних шляхів	6	3
	ZrO ₂	Біль в області серця	0,3	2

Хімічно шкідливим фактором у процесі виготовлення посуду є також пил із камери зачистки напівфабрикату, який має гранично допустиму концентрацію 6 мг/м³ та належить до третього класу небезпеки, оскільки може викликати пневмокониоз, силікоз та дерматити. Для протидії цим чинникам роликова газова піч працює повністю в автоматичному режимі та обладнана системами дистанційного контролю, регулювання й аварійного блокування, а розвантажувальна частина печі оснащена аспіраційними кожухами. Всі рухомі вузли захищені суцільними або сітчастими огорожами у вигляді щитів. За рівнем небезпеки ураження струмом цех випалу віднесено до першої категорії приміщень з підвищеною небезпекою. На заводі використовується змінний струм частотою 50 Гц із силовою напругою 220/380 В, а опір ізоляції становить 1000 Ом на 1 В робочої напруги. Електробезпека гарантується постійним контролем ізоляції, захисним відключенням та контурним заземленням обладнання згідно з ДСТУ EN 60204-1:2015 «Безпечність машин.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги».. Для устаткування з напругою до 100 В максимальний опір заземлення не перевищує 4 Ом. Заземлювальний контур складається зі сталевих труб довжиною 4 метри, з'єднаних сталевими штабами прямокутного перерізу. Таке ж заземлення передбачено для захисту від статичної електрики. Персонал забезпечується засобами індивідуального захисту, черговими комплектами електрозахисних пристроїв, а всі підняті майданчики обладнані перилами висотою 1 метр.

Оцінка освітлення базується на вимогах СНіП II-4-79. Оскільки більшість інформації сприймається зором, незадовільне світло викликає втому. Роботи в цеху відносяться до розряду VIII б, тому тут поєднується природне бокове освітлення через вікна та загальне штучне із використанням ламп ДРЛ-125 потужністю 125 Вт та світильників РПП 01-125. Також передбачено аварійне освітлення на сходах та проходах із мінімальною освітленістю робочих поверхонь від 2 Лк, а на майданчиках – не менше 0,5 Лк. Вентиляція та опалення приміщень здійснюються відповідно до санітарних вимог ДСТУ EN 16798-3:2019 «Вентиляція будівель. Ефективність вентиляційних систем».. При цьому сам цех випалу не потребує штучного опалення завдяки значним виділенням тепла від печі, через що розрахунок загальнообмінної механічної припливно-витяжної вентиляції ведеться за надлишковим тепловиділенням. Природне провітрювання здійснюється через канали та вікна, а штучне – за допомогою вентиляторів, організованих за схемою «знизу-вгору». Свіже повітря подається на висоті 1,2–1,5 метра від підлоги у зонах найменшого забруднення, а видалення повітря відбувається ближче до джерел виділення шкідливих речовин за допомогою двох витяжних та одного припливного вентилятора для збереження негативного балансу.

Розміщення обладнання регламентується ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків»., згідно з яким ширина проходу між устаткуванням і стіною становить не менше 0,8 метра, між самими агрегатами – не менше 1 метра, а для рухомих частин відстань збільшується до 1,5 метра. Зазор між

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стіною та транспортером дорівнює 0,4 метра, ширина проходів біля робочих місць становить не менше 8 метрів, а проходи між габаритами механізмів та майданчиками обслуговування мають ширину від 0,8 метра. Внутрішньозаводські перевезення максимально забезпечуються електротранспортом. Для створення належних умов праці передбачені гардероби, душові, апарати з газованою водою, а також їдальня, буфет та кімната для відпочинку під час регламентованої 30-хвилинної перерви.

Відповідно до норм ОНТП 24-86 масозаготівельне відділення підприємства відноситься до категорії Д за вибухопожежною небезпекою, а цех випалу – до категорії Г. Використовувані сировинні матеріали, як-от глина, каолін, пегматит і пісок, разом із готовим ресторанним посудом згідно з ДСТУ 8829:2019 «Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація» належать до групи негорючих речовин. Проте зона прямиків печі за класифікацією ПУЕ належить до пожежонебезпечних класів II та III через використання систем змащування рухомих деталей. Основними причинами пожеж можуть стати несправності електромереж, замикання проводки, статична електрика або порушення дисципліни. Загальні протипожежні заходи відповідають ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Основні вимоги», а будівля має II ступінь вогнестійкості. Захист забезпечується герметизацією комунікацій, автоматизацією процесів, наявністю двох евакуаційних виходів, дверей шириною 1,5 метра та коридорів шириною 3 метри. Евакуаційні шляхи обладнані світловими покажчиками «Вихід» та аварійним освітленням. На підприємстві діє телефонний зв'язок, сирени та сигналізація типу ЕПС, а електропроводка прокладена у тунелях із протипожежними перегородками. Для відведення статичних зарядів застосовується заземлення обладнання щонайменше у двох місцях, встановлюються перемички на трубопроводах та монтується блискавкозахист. Гасіння пожеж здійснюється піском, вуглекислотою та водою з внутрішнього і зовнішнього водопроводів. Зовнішні гідранти розташовані на відстані 5

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

метрів від стін будівлі та 2,5 метра від дороги, вони додатково укомплектовані будками з рукавами та стволами. Внутрішні крани розміщені в шафах на висоті 1,35 метра, забезпечуючи витрату води не менше 5 літрів на секунду при вільному напорі у мережі низького тиску не менше 10 метрів водяного стовпа. Для ліквідації загорянь на початкових етапах виробничі площі забезпечуються первинними засобами гасіння, серед яких вогнегасники ВХП-10 та ВВ-5, лопати й багри. Біля кожної опори печі встановлюються пожежні щити та ящики з піском, де у кожен комплект входять один вогнегасник 1-ВХП-10, одне азбестове одіяло та одна діжка з водою місткістю 250 літрів.

3.4 Техніко-економічне обґрунтування доцільності проекту

В цьому дипломному проекті було описано повну технологічну базу майбутнього виробництва керамічного посуду сучасним та високоефективним методом ізостатичного пресування. Сучасний ринок українського посуду не здатен конкурувати з імпортними аналогами по якості і ціні фінального продукту. Були описані основні технологічні етапи а підібрані найбільш енергоефективні температурні режими випалу керамічної маси та глазурі.

Технічне вирішення цієї проблеми базується на переході від класичних шлікерного лиття чи пластичного формування до прогресивної технології сухого холодного ізостатичного пресування (ХІП) гранульованих порошкових мас. Це дозволяє забезпечити прецизійну точність геометричних параметрів ресторанного фарфору, усунути внутрішні напруження в сирці та досягти структурної міцності, необхідної для витримання понад 1000 інтенсивних циклів у промислових посудомийних машинах згідно з нормативами EN 12875-1.

Фундаментом проектного виробництва є збалансована багатокомпонентна шихта, розрахована з орієнтацією на доступну вітчизняну сировину. Пластичну основу маси формує суміш глин П'ятихатського родовища (25,0 мас.%) та збагачений каолін марки КФН-2 Просянівського

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

родовища (18,5 мас.%), які доповнюються лужним каоліном Турбівського кар'єру (23,0 мас.%). Як опіснювальні добавки, що знижують усадку та деформацію виробів при сушінні, залучено кварцовий пісок Житомирського родовища (7,0 мас.%) та регенераційний фарфоровий череп у кількості 5,0 мас.%, що оптимізує безвідхідність процесу. Інтенсивне спікання та утворення склоподібної фази забезпечує імпортований польовий шпат марки ESF501SG (21,5 мас.%).

Фізико-хімічна сутність підготовки прес-порошку полягає в сумісному мокрому помелі мінеральних компонентів у кульовому млині безперервної дії при робочій вологості $W = 60\%$. Для інтенсифікації дефлокуляції та зниження в'язкості суспензії вводяться розріджувачі – Реотан, сода та рідке скло. Отриманий гомогенний шлікер проходить обов'язкове ситове очищення від недомелу на віброситах та магнітну сепарацію для видалення залізистих включень, що критично для забезпечення нормативної білизни ресторанного фарфору.

Зневоднення маси та формування сферичних гранул здійснюється в баштовій розпилювальній сушарці, де під дією гарячого повітря вологість падає до $W = 8\%$. Сферична морфологія одержаних частинок є ключовою для забезпечення високої насипної щільності та вільної текучості порошку при автоматизованому заповненні еластичних матриць ізостатичного преса. Під дією всебічного гідростатичного тиску, який передається через робочу рідину (воду), органічні зв'язуючі речовини забезпечують легку деформацію гранул, повністю ліквідуючи міжгранулярну пористість і зліплюючи порошок у монолітний напівфабрикат.

Сформований посуд піддається конвеєрному сушінню до залишкової вологості 5% та направляється на двостадійну термічну обробку:

1. Утильний випал здійснюється в конвеєрній печі за температурного режиму $t = 1240 - 1280\text{ }^{\circ}\text{C}$. На цьому етапі відбувається видалення хімічно зв'язаної води з глинистих мінералів, розкладання карбонатів та первинне

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

структурування керамічного черепка, що надає йому механічної міцності, необхідної для подальшого глазурування.

2. Политий випал проводиться в тунельній печі при знижених температурах $t = 1140 - 1180\text{ }^{\circ}\text{C}$. Під час цього процесу польовий шпат та лужні компоненти плавляться, формуючи рідку фазу. Завдяки високому поверхневому натягу цей розплав змочує та стягує кристалічні часточки, заповнює пори, мінімізує водопоглинання черепка та забезпечує повне розплавлення нанесеного шлікеру глазурі з утворенням блискучого, механічно й термічно стійкого склоподібного покриття.

Шихтовий склад розрахований таким чином, щоб температурний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР) готового фарфорового черепка чітко перебував у межах $(6,5 - 7,0) \cdot 10^{-6} \text{град}^{-1}$. Це гарантує повне термічне узгодження з глазур'ю та забезпечує абсолютну стійкість посуду до термічного удару згідно зі стандартом EN 1183, запобігаючи виникненню цеку (сітки тріщин) при різких перепадах температур у конвектоматах промислових кухонь.

Екологічний та логістичний базис підприємства зорієнтований на промисловий потенціал Дніпропетровської та Донецької областей. Таке територіальне розміщення є оптимальним через безпосередню географічну близькість до основних сировинних кар'єрів (Просянівського та Житомирського родовищ), наявність розвинених транспортних залізничних шляхів та доступність потужного ринку кваліфікованої робочої сили технічного профілю. Проектом передбачено замкнутий цикл використання водних ресурсів: виробничі стоки від формування й глазурування проходять очищення через фільтр-преси та акриламідний відстійник, після чого повністю повертаються у технологічний процес, мінімізуючи екологічне навантаження на регіон.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті розроблено технологічні основи виробництва ресторанного керамічного посуду з фарфорової маси, що відповідає сучасним вимогам закладів HoReCa щодо механічної міцності, термічної стійкості та санітарно-гігієнічної безпечності виробів. Проведено аналіз асортименту професійного посуду, визначено основні вимоги міжнародних стандартів ISO 6486, EN 1183 та EN 12875 до якості та експлуатаційних характеристик продукції.

Обґрунтовано вибір сировинних матеріалів і розроблено шихтовий склад фарфорової маси, який забезпечує формування щільного малопористого черепка з високою механічною міцністю та стабільними термічними властивостями. Виконано розрахунок хімічного складу маси та визначено температурний коефіцієнт лінійного розширення, що підтвердило узгодженість властивостей черепка та глазури й мінімізацію ризику утворення дефекту «цек».

У проєкті обґрунтовано доцільність застосування ізостатичного пресування як основного способу формування виробів, оскільки даний метод забезпечує високу точність геометричних параметрів, рівномірну щільність заготовок і зниження кількості технологічного браку. Розроблено матеріальний баланс виробництва, який підтвердив узгодженість технологічних розрахунків і стабільність виробничого процесу.

Також розглянуто систему контролю якості готової продукції, що включає випробування на хімічну безпечність, термічну стійкість та механічну витривалість. Запропоновані технологічні рішення дозволяють отримати конкурентоспроможний ресторанний посуд із високими експлуатаційними характеристиками, придатний для тривалого використання в умовах інтенсивної експлуатації.

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Суббота І. С., Спасьонова Л. М., Тобілко В. Ю. Хімічна технологія кераміки [Електронний ресурс] : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 178 с. Режим доступу: ELA KPI (дата звернення: 26.05.2026).
2. Архіпов В. В., Русавська В. А. Організація обслуговування у закладах ресторанного господарства [Електронний ресурс]. Київ : Центр учбової літератури, 2009. Режим доступу: Pidru4niki.com (дата звернення: 26.05.2026).
3. Регламент (ЄС) № 1935/2004 Європейського Парламенту та Ради від 27 жовтня 2004 року про матеріали та вироби, призначені для контакту з харчовими продуктами, та про скасування Директив 80/590/ЄЕС та 89/109/ЄЕС
4. Дружківський фарфорний завод / Л. М. Ткаченко // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. — К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2008.
5. ДСТУ EN 1183:2009 Матеріали та вироби, що контактують із харчовими продуктами. Методи випробування на термічний удар і термічну тривкість : European Standard. Brussels : European Committee for Standardization (CEN), 2009. 14 р.
6. Хоменко О.С., Кольцова Я.І. Хімічна технологія кераміки та вогнетривів: навч. пос. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2016. – 192 с.
7. ДСТУ EN 12875-1:2005 Матеріали та вироби, що контактують із харчовими продуктами. Силікатні поверхні. Частина 1. Визначення стійкості до дії мийних засобів у посудомийних машинах для побутових виробів : European Standard. Brussels : European Committee for Standardization (CEN), 2005. 18 р.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. ISO 6486-1:2019 Ceramic ware, glass-ceramic ware and glass dinnerware in contact with food — Release of lead and cadmium – Part 1: Test method. – [Third edition]. – Geneva : ISO, 2019. – 14 p.

9. Фарфор vs кераміка: як вибрати посуд для HoReCa? [Електронний ресурс] // ІнфоКиїв. 2025. Режим доступу: ІнфоКиїв (дата звернення: 26.05.2026).

10. «Хімічні технології тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів»: методичні вказівки до розрахунку хімічного складу маси та матеріального балансу виробництва / Укл.: Т.О. Шевченко, О.С. Хоменко. – Дніпропетровськ: ДВНЗ «УДХТУ», 2012. - 100 с.

11. ДСТУ Б В.2.7-60-97. Будівельні матеріали. Сировина глиниста для виробництва керамічних будівельних матеріалів. Класифікація. Київ : Держкоммістобудування України, 1997. 18 с.

12. Матвеев, М.А. Расчеты по химии и технологии стекла справочное пособие. [Текст] / М.А. Матвеев, Г.А. Матвеев, Б.Н. Френкель -М.: Стройиздат, 239с.

13. ASTM C372-94(2020). Стандартний метод визначення лінійного термічного розширення фарфорових емалей, глазурних фрит та випалених керамічних виробів дилатометричним методом. West Conshohocken : ASTM International, 2020. 4 с.

14. Akimov G. Ya. Cold isostatic pressing as a method for fabricating ceramic products with high physicommechanical properties // Refractories and Industrial Ceramics. 1998. Vol. 39, № 7–8. P. 283–287. DOI: 10.1007/BF02765082

15. Суббота І. С., Спасьонова Л. М. Теоретичні основи технології кераміки та скла. Процеси і методи керамічної технології : навч. посіб. [Електронний ресурс]. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 124 с. URL: ELA KPI (дата звернення: 26.05.2026).

16. Степанчук А. *Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів: навч. посіб.* – Київ: Центр навчальної літератури, 2020. – 336 с.

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. Кондратюк І. В. Фізико-хімічні основи керамічного виробництва: навч. посіб. / І. В. Кондратюк, В. І. Пітак. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – 160 с.
18. Ceramic Processing Rahaman M. N. Ceramic Processing and Sintering. 2nd ed. New York : Marcel Dekker, 2003. 875 p. ISBN 0-8247-0988-8.
19. King A. G. Ceramic Technology and Processing: A Practical Working Guide. Oxford : William Andrew Publishing, 2001. 533 p. ISBN 9780815516330.
20. Sarkar D. Ceramic Processing: Industrial Practices. Boca Raton: CRC Press, 2019. 384 p. ISBN 9780367727062.
21. Emiliani T., Emiliani E. Technology of Ceramic Processes. 3rd ed. Faenza: Techna Group, 2011. 864 p.
22. Isostatic pressing: SACMI-SAMA PHO ISOSTATIC PRESSES https://sacmi.com/sharedcontent/media/documents/ceramics/catalogue/tableware_isostatic-pressing_en-it.pdf
23. Reed J. S. Principles of Ceramics Processing. 2nd ed. New York : Wiley-Interscience, 1995. 658 p.
24. Генри Нив. Організація як система. Принципи побудови стійкого бізнесу Едвардса Деминга = The Deming Dimension. — М.: Альпіна Паблишер, 2011. — 370 с
25. ДСТУ ISO 14001:2015 Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосовування (ISO 14001:2015, IDT) ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків».
26. ДСТУ EN 16798-3:2019 «Вентиляція будівель. Ефективність вентиляційних систем».
27. ДСТУ EN 60204-1:2015 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги».

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ