

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до бакалаврської кваліфікаційної роботи на тему

**Технологія виробництва багатошамотних вогнетривів напівсухим  
пресуванням продуктивністю 45 тис. т за рік**

Студент групи ХТ-41 Паздерська Мар'яна Степанівна

(шифр, прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

(Ірина ЛУЦЮК)

**Консультанти**

з економіки

(Оксана КОБИЛЮХ)

з охорони праці

(Наталія ВИТРИКУШ)

**Завідувач кафедри ХТС** \_\_\_\_\_ (Ірина ЛУЦЮК)

«23» червня 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

Інститут хімії та хімічних технологій  
Кафедра хімічної технології силікатів  
Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

“ЗАТВЕРДЖУЮ”  
Завідувач  
кафедри хімічної технології  
силікатів  
Ірина ЛУЦЮК  
“23” червня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу (проект) студента групи ХТ-43 ОКР “Бакалавр”**

**Паздерська Мар’яна Степанівна**

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) **Технологія виробництва багатошамотних вогнетривів напівсухим пресуванням продуктивністю 45 тис. т за рік**

затверджена наказом по університету від «30» квітня 2025 р. № 1561-4-08

2. Термін подання студентом закінченої роботи (проекту) “14” червня 2025 р.

3. Вихідні дані для роботи (проекту) продукція – багатошамотні вогнетриви,  
продуктивність – 45 тис. т за рік

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їй належить розробити) Асортимент  
продукції. Характеристика сировинних матеріалів. Обґрунтування вибору способу виробництва  
та опис технологічної схеми виробничого процесу. Технологічна частина. Контроль  
виробничого процесу. Економічно-організаційна частина. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу Технологічна схема виробництва багатошамотних вогнетривів.  
Характеристика сировинних матеріалів. План складу сировинних матеріалів.  
Техніко-економічні показники виробництва

6. Перелік програмних продуктів, які належить використати в процесі розроблення роботи (проекту)

Microsoft Word, Excell, Microsoft Visio, LibreCAD



## АНОТАЦІЯ

Паздерська М. С., Луцюк І. В. (керівник). Технологія виробництва багатошамотних вогнетривів напівсухим пресуванням продуктивністю 45 тис. т за рік. Бакалаврська кваліфікаційна робота. – Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, 2025.

Бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена розробленню технології виробництва багатошамотних вогнетривів методом напівсухого пресування проектною продуктивністю 45 тис. т за рік. Робота має комплексний характер і охоплює технологічні, економічні та організаційні аспекти, необхідні для створення ефективного та стабільного виробничого процесу.

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається зі вступу, семи розділів, загальних висновків та специфікації. Список використаних літературних джерел включає 18 найменувань. Основна частина роботи викладена на 59 сторінках. Текст роботи супроводжується 1 рисунком і 25 таблицями.

В умовах зростання вимог до якості вогнетривкої продукції та необхідності енергозбереження актуальним є впровадження технологій, які поєднують високу продуктивність із зниженими енерговитратами. Метод напівсухого пресування, обраний у цьому проєкті, дозволяє зменшити витрати на сушіння, покращити формувальні властивості маси та забезпечити високу точність геометричних параметрів готових виробів. Такий підхід є доцільним як з технічної, так і з економічної точки зору.

У роботі запропоновано оптимальний склад шихти з використанням сировини вітчизняного походження: каоліну Данилівського родовища та глини Пологівського родовища. Проаналізовано хімічний склад сировинних компонентів та здійснено розрахунок складу маси на прожарену речовину, що дозволяє досягти вмісту  $Al_2O_3$  не менше ніж 28 %, відповідно до вимог до багатошамотної продукції. Такий склад забезпечує високу термостійкість і механічну міцність вогнетривів, необхідних для експлуатації в умовах високих температур та агресивних середовищ.

Розроблена технологічна схема включає всі основні етапи: підготовку сировини, сушіння, подрібнення, магнітну сепарацію, дозування, змішування, формування маси, пресування, сушіння сирівцю, випалювання готових виробів та контроль якості на кожному етапі. Для забезпечення стабільної якості запропоновано карту контролю технологічного процесу, що регламентує параметри, методи та періодичність контролю. Також виконано техніко-економічне обґрунтування проєкту, яке підтверджує його рентабельність та конкурентоспроможність у межах сучасного виробництва вогнетривких матеріалів.

Особливу увагу приділено питанням охорони праці: проведено аналіз потенційно небезпечних факторів на кожному етапі виробничого циклу, розроблено заходи з мінімізації ризиків, зокрема у зонах підвищеного теплового навантаження, пиловиділення та шуму.

Результати кваліфікаційної роботи свідчать про те, що запропонована технологія є перспективною для впровадження у промислових умовах. Вона забезпечує оптимальне поєднання якості продукції, технологічної гнучкості та економічної ефективності, що відповідає сучасним вимогам до вогнетривких матеріалів для металургійної, хімічної, цементної та інших галузей промисловості.

У графічній частині наведено технологічну схему отримання багатошамотних вогнетривів методом напівсухого пресування та креслення плану складу сировинних матеріалів.

**Ключові слова:** багатошамотні вогнетриви, напівсухе пресування, каолін, глина, алюмінію оксид, технологічна схема, сировина, контроль якості, карта контролю, охорона праці, техніко-економічне обґрунтування.

## ABSTRACT

Pazderska M. S., Lutsiuk I. V. (supervisor). The technology for the production of multi-chamotte refractory materials by semi-dry pressing with the capacity of 45 thousand tons per year. Bachelor's thesis. – Lviv Polytechnic National University, Lviv, 2025.

The bachelor's qualification thesis is devoted to the development of a production technology for high-grog refractory products using the semi-dry pressing method, with a projected annual output of 45,000 tonnes. The thesis has a comprehensive character, encompassing technological, economic, and organisational aspects necessary for establishing an efficient and stable production process.

The structure of the thesis includes an introduction, seven chapters, general conclusions, and a specification. The list of references comprises 18 sources. The main body of the work spans 59 pages and is accompanied by 1 figure and 25 tables.

Given the growing demands for refractory product quality and the increasing necessity for energy efficiency, the implementation of technologies that combine high productivity with reduced energy consumption is particularly relevant. The semi-dry pressing method selected for this project enables a reduction in drying costs, improves the moulding properties of the mass, and ensures high precision in the geometric parameters of the final products. This approach is justified from both a technical and economic perspective.

The thesis proposes an optimised batch composition using domestically sourced raw materials: kaolin from the Danylivske deposit and clay from the Polohy deposit. The chemical composition of the raw components has been analysed, and the formulation of the batch based on calcined material has been calculated to ensure an  $\text{Al}_2\text{O}_3$  content of no less than 28%, in accordance with the requirements for high-grog refractory products. This composition provides the necessary thermal stability and mechanical strength for use under high-temperature and aggressive operating conditions.

The developed technological process flow includes all key stages: raw material preparation, drying, grinding, magnetic separation, dosing, mixing, mass preparation, pressing, green body drying, firing of finished products, and quality control at each stage. To ensure consistent product quality, a process control chart has been proposed, regulating parameters, control methods, and inspection frequency. In addition, a techno-economic feasibility study has been conducted, confirming the profitability and competitiveness of the proposed solution within the modern refractory materials industry.

Special attention is given to occupational health and safety issues. A detailed analysis of potentially hazardous factors at each stage of the production cycle has been carried out, and risk mitigation measures have been developed, particularly for areas with elevated thermal loads, dust emissions, and noise levels.

The findings of this qualification thesis indicate that the proposed technology is promising for industrial implementation. It provides an optimal balance of product quality, technological flexibility, and economic efficiency, meeting the current demands for refractory materials in metallurgical, chemical, cement, and other industrial sectors.

The graphical section includes a technological flowchart for the production of high-grog refractory products by the semi-dry pressing method, as well as a layout drawing of the raw material storage facility.

**Keywords:** high-grog refractories, semi-dry pressing, kaolin, clay, aluminium oxide, process flowchart, raw materials, quality control, control chart, occupational health and safety, techno-economic feasibility.

## ЗМІСТ

	Ст.
ВСТУП	8
1. Асортимент продукції та вимоги до неї	11
2. Функціональне призначення та характеристика сировинних матеріалів	16
3. Обґрунтування вибору способу виробництва та опис технологічної схеми виробничого процесу	22
4. Технологічна частина	28
4.1. Режим роботи заводу	28
4.2. Розрахунок потреби сировинних матеріалів	29
5. Контроль виробничого процесу	36
6. Економічно-організаційна частина	43
7. Охорона праці	59
ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	65

## ВСТУП

Виробництво вогнетривких матеріалів і виробів є ключовою стратегічною галуззю промисловості, що впливає на загальний рівень економічного розвитку держави. Сучасні високотемпературні технологічні процеси – топлення металів, випалювання кераміки, клінкеру для отримання портландцементу, варіння скла тощо – неможливі без використання теплових агрегатів, для яких вогнетривкі матеріали слугують основним конструкційним елементом. Вогнетриви забезпечують термічну стійкість, жароміцність, хімічну інертність та механічну міцність обладнання, що працює в екстремальних умовах. Їхня якість та властивості прямо впливають на ефективність, безпеку та довговічність промислових установок. Без вогнетривких матеріалів неможливе функціонування основних промислових секторів – металургії (чорної й кольорової), енергетики, машинобудування, хімії, атомної енергетики, а також космічної галузі та інших важливих сфер. У зв'язку з активним розвитком промисловості зростає потреба в розширенні асортименту й удосконаленні властивостей вогнетривів, що сприяє впровадженню передових технологій [1].

В умовах глобальної конкуренції та високих вимог до енергоефективності, сталого розвитку й екологічної безпеки, актуальним є питання удосконалення властивостей вогнетривких матеріалів та розширення їхнього асортименту. Особливої ваги набуває розробка технологій, що дозволяють використовувати національну сировинну базу з максимальним економічним ефектом та мінімальними витратами енергоресурсів. Україна, маючи потужний мінерально-сировинний потенціал, здатна забезпечити повний цикл виробництва вогнетривів – від видобутку глинозёмовмісної сировини до випуску готової продукції, що відповідає міжнародним стандартам [2].

Вогнетривка промисловість є одним з опорних елементів металургійного комплексу, який, своєю чергою, є підґрунтям для економіки країни. За

офіційними статистичними даними, на частку гірничо-металургійного комплексу України припадає близько 27 % товарного виробництва та понад 40 % валютних надходжень. Основна частина вироблених чорних металів експортується, що забезпечує присутність України на глобальних ринках. Зважаючи на ці обставини, питання забезпечення металургійних підприємств високоякісними, надійними і економічно вигідними вогнетривками залишається одним із пріоритетних напрямів науково-технічного розвитку.

Серед різноманіття вогнетривких матеріалів важливе місце займають багатошамотні вироби, які вирізняються високою термічною стійкістю, низькою теплопровідністю, стабільністю форми при високих температурах і доступністю сировини для їх виготовлення. Завдяки цим властивостям вони широко використовуються у футеруванні сталеплавильних агрегатів, доменних печей, ковшів, коксових батарей та інших високотемпературних зон. Одним із найперспективніших способів формування багатошамотних вогнетривів є напівсухе пресування, що дозволяє досягти високої продуктивності та стабільної якості при оптимальному енергоспоживанні. Цей метод добре підходить для масового виробництва фасонних і нефасонних виробів із заданими розмірами й міцнісними характеристиками [3].

На сьогодні українська вогнетривка промисловість представлена низкою підприємств, зокрема ВАТ “Дніпропетровський вогнетривкий завод” та ПрАТ “Запоріжвогнетрив”, які є лідерами галузі як за обсягами виробництва, так і за рівнем технологічної модернізації. Ці заводи мають широкий асортимент продукції, розвинену виробничу базу, постійно вдосконалюють технології та впроваджують нові рішення відповідно до потреб внутрішнього та зовнішнього ринку. Вони виготовляють високоякісні шамотні та високоглиноземисті вироби, фасонні блоки для футерування, а також неформовані вогнетриви різного призначення. Попри складну економічну ситуацію та наслідки війни, вітчизняна вогнетривка продукція зберігає свою конкурентоспроможність та затребуваність як в Україні, так і за кордоном.

Актуальність обраної теми дипломної роботи зумовлена необхідністю розробки ефективної технології виробництва багатошамотних вогнетривких виробів методом напівсухого пресування, яка дозволить реалізувати потужність у 45 тис. тон продукції на рік. Такий обсяг є достатнім для задоволення потреб як вітчизняної металургії, так і суміжних галузей. У межах роботи розглядатимуться питання підбору сировини, оптимізації параметрів підготовки маси, формування та термообробки виробів, а також забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей готової продукції. Усе це створює підґрунтя для впровадження високопродуктивного, економічно ефективного та конкурентоспроможного виробництва в умовах сучасної промисловості України.

## РОЗДІЛ 1

### АСОРТИМЕНТ ПРОДУКЦІЇ ТА ВИМОГИ ДО НЕЇ

Алюмосилікатні вогнетриви вирізняються поступовим варіюванням співвідношення основних оксидів  $Al_2O_3$  і  $SiO_2$ .

В основі класифікації алюмосилікатних вогнетривів лежить вміст алюмінію оксиду  $Al_2O_3$  у їхньому складі, що дає можливість виділити такі основні групи:

- напівкислі ( $Al_2O_3$  менше ніж 28 %,  $SiO_2$  від 65 до 85 %);
- шамотні ( $Al_2O_3$  від 28 до 45 %);
- мулітокремнеземисті ( $Al_2O_3$  від 45 до 62 %);
- мулітові ( $Al_2O_3$  від 62 до 72 %);
- мулітокорундові ( $Al_2O_3$  від 72 до 90 %);
- корундові ( $Al_2O_3$  більше ніж 90 %)

За кількістю шамоту у масі вогнетриви поділяють на:

- безшамотні і малошамотні (шамоту до 20–30 %);
- шамотні (шамоту від 40 до 65 %);
- багатошамотні (шамоту більше ніж 80 %).

Залежно від вмісту шамоту в масі, вогнетриви поділяють на такі групи:

- безшамотні та малошамотні – містять до 20–30 % шамоту;
- шамотні – містять від 40 до 65 % шамоту;
- багатошамотні – містять понад 80 % шамоту [4].

Структурно-текстурні характеристики вогнетривів значною мірою визначаються способом їхнього формування. Напівсухе пресування забезпечує загальну пористість виробів на рівні 18–20 % за закритої пористості 1–2 %. Для виробів, отриманих методом пластичного формування, характерна вища загальна пористість – 23–28 %, а також дещо більша закрита пористість – 2–4 %.

Границя міцності на стиск регламентується відповідними стандартами і за нормальних умов становить, МПа:

- для шамотних вогнетривів загального призначення – 12,5–20;
- для напівкислих вогнетривів загального призначення – 10–15;
- для високоглиноземистих вогнетривів, призначених для доменних печей – 60–70.

Залежно від фізико-хімічного складу і температури експлуатації шамотні вироби загального призначення поділяють на марки ША, ШБ (табл. 1.1) [4]. Виробництво цих виробів здійснюється відповідно до вимог чинного стандарту України ГОСТ 390–96.

*Таблиця 1.1*

**Властивості шамотних вогнетривів загального призначення**

Показник	Одиниці вимірювання	Значення	
		ША	ШБ
Вогнетривкість, не менше ніж	°С	1750	1750
Масова частка $Al_2O_3$ , не менше ніж	%	38	28
Пористість відкрита, не більше ніж	%	22	23
Границя міцності при стиску, не менше ніж	МПа	40	35
Температура початку розм'якшення, не менше ніж	°С	1430	1430

Марки шамоту специфічного призначення:

– ШПД-39, ШПД-41, ШПД-43 (шамотна доменна цегла) – застосовується для кладки доменних печей;

– ШКУ-32, ШКУ-37, ШКУ-39 (шамотна ківшева цегла) – використовується для футерування сталерозливних ковшів;

– ШАВ, ШАВ-33, ШБВ-30 (ваграночна шамотна цегла) – призначена для футерування вагранок;

– ШСП-32 – застосовується у виготовленні стопорних трубок, пробок і стаканів для розливу сталі з ковша;

– ШГСП (шамотно-графітові пробки і стакани) – також використовуються для розливу сталі з ковша.

Залежно від геометричної форми і розмірів відповідно до ДСТУ ISO 5019-1:2018 вогнетривким виробам присвоюються умовні номери в діапазоні від 1 до 109 (табл. 1.2, рис. 1.1) [5].

*Таблиця 1.2*

**Марки шамотних виробів та їхнє призначення**

Марка шамотного виробу	Номер (цифрове позначення)	Тип форми/призначення
ША	5	Прямокутний стандартний (кладка промислових печей)
ША	8	Подовжений прямокутний
ША	10	Товстостінний прямокутний
ША	44	Трапецієвидний, для склепінчастої кладки
ШБ	5	Як ША-5, але з меншою вогнетривкістю
ШБ	8	Як ША-8, але доступніший варіант
ШВ	3	Великогабаритний виріб
ШУС	28	Сифонний виріб для сталерозливки
ШУС	32	Спеціальна форма для металургії
ШК	1	Клинчастий для склепін

Марка шамотного виробу	Номер (цифрове позначення)	Тип форми/призначення
ШД	1	Для доменних печей
ШЛ	2	Для лотків і жолобів
ШТ	3	Трубчастий виріб



а



б



в



г



д



е

*Рис. 1.1. Шамотні вироби для:*

*а – скловарних печей; б – сифонної розливки сталі;*

*в – керамічної промисловості; г – футерування трубопроводів*

*д – футерування обертових печей; е – футерування тунельних печей*

Марки та основні властивості шамотних виробів спеціального призначення наведено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3

№ з/п	Назва виробів	Марки	Температура застосування, °С	Міцність на стиск, МПа	Водопоглинання, %	Призначення та особливості
1	Вироби вогнетривкі для сифонного розливання сталі	ШУС-28, ШУС-32	до 1700	35–45	≤ 10	Направлений відвід сталі за високих температур, стійкість до термошоку
2	Вироби для футерування сталерозливних ковшів	ШЛ-1, ШЛД-2	до 1680	30–40	≤ 12	Захист ковша від розливу та шлаків, механічна міцність
3	Вироби вогнетривкі для кладки доменних печей	ШД-1, ШДЛ-2	до 1720	40–50	≤ 9	Використання у нижній частині доменних печей, стійкість до агресивного середовища
4	Вироби вогнетривкі для футерування обертових печей	ША-44, ШВ-3	до 1650	25–35	≤ 14	Для цементних печей, опір до зношування
5	Вироби для повітрянагрівачів і повітропроводів гарячого дуття	ШК-1, ША-5, ША-8	до 1650	20–30	≤ 15	Футерування регенераторів, куполів, трубопроводів; теплостійкість

## РОЗДІЛ 2

### ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИННИХ МАТЕРІАЛІВ

У виробництві багатшамотних вогнетривів застосовуються два основних типи сировинних матеріалів: глинисті компоненти та опіснювачі.

Глинисті матеріали. Основними вимогами до глинистої сировини є вміст алюмінію оксиду ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) не менше ніж 28 % у перерахунку на прожарену речовину, а також вогнетривкість, яка має бути не нижчою за 1580 °C [6]. Для отримання високоякісних багатшамотних виробів використовуються глини й каоліни з контрольованим хімічним складом і низьким вмістом домішок.

Оцінка якості глинистих матеріалів здійснюється на основі їхнього хіміко-мінералогічного складу, вогнетривкості, дисперсного складу, пластичних властивостей, зв'язувальної здатності та схильності до спікання [7–9]. У мінералогічному відношенні вогнетривкі глини, що застосовуються у виробництві, здебільшого є каолінітового типу, з обмеженим вмістом оксидів лужних і лужноземельних елементів, а також феруму(III) оксиду ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), що негативно впливають на термостійкість продукції.

До *опіснювальних компонентів* належить попередньо випалена до спікання глина – шамот, який є основним структуроутворюючим наповнювачем у шамотних масах. Через високу собівартість шамоту, яка може у кілька разів перевищувати вартість звичайної глини, частково допускається використання вторинної сировини – подрібненого черепу від браку продукції або демонтованих вогнетривких конструкцій. Однак така вторинна сировина часто містить сторонні включення (шлаки, будівельне сміття) і характеризується підвищеною пористістю, що обмежує її застосування – переважно її використовують у виробництві мертелів, вогнетривких бетонів та як підсипку. Для виготовлення високоякісних відповідальних вогнетривів застосовується виключно первинний шамот.

Ключовим показником якості шамоту є його водопоглинання, яке не повинно перевищувати 5 % для стандартного матеріалу і 2 % – для особливо якісного (у фракції 2–3 мм). На цей показник впливають властивості сировинної глини, умови випалювання та спосіб підготовки формувальної маси.

Для виготовлення багатошамотних вогнетривів напівсухим пресуванням у роботі запропоновано використовувати глину Пологівського родовища (Запорізька область) та Данилівське родовище каоліну (Житомирська область).

*Пологівське родовище глини* (Запорізька область) простягається вздовж берегів річки Конки смугою завдовжки приблизно 30 км і завширшки до 5 км.

Хімічний склад глини наведено в табл. 2.1. Варто зазначити, що вогнетривка глина Пологівського родовища характеризуються вмістом  $Al_2O_3$  від 28 до 38 % і вище на прожарену речовину, що відповідає вимогам для шамотних вогнетривів марок ША та ШБ. Вміст  $Fe_2O_3$  зазвичай невисокий. Однак детальний хімічний аналіз може варіюватися залежно від конкретної ділянки родовища та глибини залягання.

Запаси Пологівського родовища за оцінками різних досліджень:

– станом на 1977 рік становили 17,7 млн тон;

– станом на 2022 рік, загальні балансові запаси вогнетривких глин у Запорізькій області становили 414,495 млн тон, значна частина яких припадає на Пологівське родовище.

– експлуатаційні запаси ТОВ “Гірничодобувна компанія “Мінерал”, яка розробляє родовище, становлять приблизно 25 млн тон (станом на початок 2000-х років).

Розробка Пологівського родовища глин здійснюється відкритим способом у кар’єрах “Західний” і “Центральний”. Для цього використовується екскаваторна техніка (ЕКГ, крокуючі екскаватори ЕШ).

Основним підприємством, що займається видобутком вогнетривкої глини є ТОВ “Гірничодобувна компанія “Мінерал”.

*Данилівське родовище каоліну* розташоване в Житомирській області. Воно є одним із перспективних джерел каолінової сировини, яка активно використовується у виробництві шамотних вогнетривких виробів. Сировина з цього родовища характеризується високою якістю та стабільними фізико-хімічними показниками, що робить її цінною для вогнетривкої промисловості.

Основним мінеральним компонентом каоліну є каолініт, який забезпечує високу термостійкість майбутніх виробів. Вміст алюмінію оксиду ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) у сировині становить у середньому 28–36 %, що відповідає вимогам до вогнетривких матеріалів. Крім того, каолін містить від 45 до 53 % силіцію(IV) оксиду ( $\text{SiO}_2$ ), який відповідає за формування структури під час випалювання. Вміст шкідливих домішок – феруму(III) оксиду ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) та титану оксиду ( $\text{TiO}_2$ ) – є досить низьким і варіюється в межах 0,4–1,2 %, що позитивно впливає на колір і чистоту виробів після термічного оброблення. Такий хімічний склад сприяє отриманню продукції з високою жароміцністю, хімічною інертністю та стабільністю за циклічного нагрівання.

Однією з переваг каоліну є його висока пластичність, яка дає можливість легко формувати вироби перед випалюванням, що важливо для отримання точних геометричних форм і мінімізації дефектів. Завдяки цьому каолін Данилівського родовища широко використовується для виготовлення шамотних виробів, які застосовуються для футерування теплових агрегатів, металургійних ковшів, печей та інших вузлів, що працюють за високих температур [1].

Хімічний склад каоліну наведено в табл. 2.1.

Орієнтовний склад маси, %(мас.):

– каолін – 70;

– глина – 30.

**Хімічний склад глини і каоліну**

Назва сировини	Вміст оксидів, %(мас.)								
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	ВПП
Глина	50–60	0,5–2	20–40	1–5	0,09–0,26	3,1–12,4	0,1–1,0	0,60–0,82	2,68–6,20
Каолін	45–53	0,5–1,1	36	0,45	–	1,3	0,85	–	6–8

1. Розрахунок складу сировинних матеріалів до 100 %.

Для перерахунку хімічного складу матеріалу на стовідсотковий використовується формула:

$$X_i^* = \frac{X_i}{\Sigma X_i} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

де  $X_i^*$  – вміст компонента у складі, нормованого до 100 %;

$X_i$  – вміст компонента у складі, не нормованого до 100 %;

$\Sigma X_i$  – сумарний вміст компонентів, %.

Для зручності перерахунку складу сировинних матеріалів приймаємо їх усереднений хімічний склад (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

**Усереднений хімічний склад глини і каоліну**

Назва сировини	Вміст оксидів, %(мас.)									
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	ВПП	Сума
Глина	54,50	0,25	29,40	3,00	0,17	7,75	0,35	0,41	4,44	100,27
Каолін	51,10	1,20	36,50	0,45	–	1,70	0,85	–	7,70	99,50

Склад сировинних матеріалів, нормований до 100 %, наведено у табл. 2.3.

## Хімічний склад глини і каоліну, нормований до 100 %

Назва сировини	Вміст оксидів, %(мас.)									
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	ВПП	Сума
Глина	54,35	0,25	29,32	2,99	0,17	7,73	0,35	0,41	4,43	100,00
Каолін	51,36	1,21	36,68	0,45	–	1,71	0,85	–	7,74	100,00

2. Перерахунок складу сировинних матеріалів здійснюється на прожарену речовину, тобто з урахуванням виключення втрат після прожарювання. Оскільки хімічний склад матеріалу наведено у вигляді, нормованому до 100 %, для коректних розрахунків застосовується спеціальна формула, яка дає можливість визначити реальний вміст оксидів у прожареній речовині.

$$P_{i \text{ прожж}} = \frac{P_{i \text{ сух}}}{(100 - \text{ВПП})} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

де  $P_{i \text{ прожж}}$  – вміст  $i$ -го компонента у сировинному матеріалі в перерахунку на безвигарний склад, %(мас.);

$P_{i \text{ сух}}$  – вміст  $i$ -го компонента у вихідному складі сухого сировинного матеріалу, %(мас.);

$\Sigma P_{i \text{ сух}}$  – сумарний вміст компонентів у сухому матеріалі за даними хімічного аналізу, %(мас.).

ВПП – втрати після прожарювання матеріалу, які характеризують сумарний вміст компонентів вигару, %.

Приймаємо, що хімічний склад сировинних матеріалів подано на суху речовину.

Склад сировинних матеріалів, перерахований на прожарену речовину наведено у табл. 2.4.

**Хімічний склад глини і каоліну, приведений до 100 %**

Назва сировини	Вміст оксидів, %(мас.)									
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O+ +K <sub>2</sub> O	ВПП	Сума
Глина	56,87	0,26	30,68	3,13	0,18	8,09	0,37	0,43	–	100,00
Каолін	55,67	1,31	39,76	0,49	–	1,85	0,92	–	–	100,00

3. Розрахунок вмісту Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> у складі маси.

$$P(Al_2O_3) = \frac{X \cdot \omega(Al_2O_3)}{100} + \frac{Y \cdot \omega(Al_2O_3)}{100} \quad (2.3)$$

де  $P(Al_2O_3)$  – вміст Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> у складі маси, %(мас.);

$X$  – вміст глини у складі маси, %(мас.);

$Y$  – вміст каоліну у складі маси, %(мас.);

$\omega(Al_2O_3)$  – вміст Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> у матеріалі.

$$P(Al_2O_3) = \frac{30 \cdot 30,68}{100} + \frac{70 \cdot 39,76}{100} = 37,03\%$$

Згідно з проведеними розрахунками хімічний склад маси відповідає вимогам щодо мінімального вмісту алюмінію оксиду (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) – не менше ніж 28 % у сировині після прожарювання. Такий вміст є критично важливим для забезпечення необхідної вогнетривкості та стабільних експлуатаційних характеристик багатошамотних виробів [1].

Запропонований склад є технологічно придатним для застосування методу напівсухого пресування, що має вирішальне значення для формування якісних заготовок із мінімальною кількістю дефектів та точним дотриманням заданих геометричних параметрів майбутніх вогнетривких виробів.

### РОЗДІЛ 3

## ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА ТА ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ

Відповідно до сучасних досліджень і технологічних підходів [10], виробництво багатошамотних вогнетривів здійснюється за двома основними схемами формування виробів:

- напівсухе пресування
- пластичне формування.

Метод напівсухого пресування широко застосовується у виробництві багатошамотних вогнетривів завдяки можливості використання мас із ретельно підібраним зерновим складом, що містять малопластичні або непластичні глини та каоліни [1]. Високий питомий тиск під час формування у поєднанні з випалюванням за підвищених температур забезпечує отримання виробів із високими фізико-механічними характеристиками. Такі вироби характеризуються заданими формою і розмірами, однорідною структурою та підвищеною термостійкістю.

Порівняно з пластичним формуванням, напівсухий метод дає змогу виготовляти вогнетривку продукцію з покращеними експлуатаційними властивостями. Проте його використання доцільне переважно для виготовлення високоякісних і особливо відповідальних вогнетривів. Це зумовлено складнішою технологією, яка передбачає високий вміст шамоту в складі маси, підвищені вимоги до ступеня її підготовки, значне навантаження на обладнання та прес-форми, використання потужних пресів і випалювання за вищих температур. Усе це істотно впливає на собівартість готової продукції, яка є вищою порівняно зі звичайними шамотними виробами [11].

Пластичне формування ґрунтується на використанні тонкодисперсних пластичних глин, які добре взаємодіють з водою та утворюють пластичну масу за відносної вологості приблизно 30 %. Завдяки високій формувальній

здатності таких мас цей метод дає змогу виготовляти вироби складної геометричної конфігурації із застосуванням відносно простого обладнання.

На відміну від напівсухого пресування, що вимагає високих тисків і складних технічних засобів, пластичне формування є більш технологічно гнучким і доцільним для виробництва дрібносерійних або нестандартних виробів. Водночас напівсухий метод для виготовлення аналогічних форм вимагає спеціалізованого устаткування, ефективно лише для великосерійного виробництва [11].

Враховуючи всі переваги і недоліки двох способів формування багатошамотних виробів, у бакалаврській кваліфікаційній роботі запропоновано застосувати спосіб напівсухого пресування.

Технологічна схема отримання багатошамотних вогнетривів напівсухим пресуванням наведена нижче.

*Опис технологічної схеми переробки глини та каоліну для виробництва вогнетривкої продукції – багатошамотних вогнетривів.*

Вихідна сировина – глина та каолін – піддається попередньому обробленню з метою їх підготовки для формування і випалювання вогнетривкої продукції.

Каолін, видобутий у Данилівському родовищі Житомирської області з природною вологістю 11–13 %, постачають на виробниче підприємство залізничним транспортом. Після прибуття сировина розвантажується за допомогою грейферного крану і складається у відповідних відсіках складу.

Глину, що походить із Пологівського родовища Запорізької області і має природну вологість 13–19 %, видобувають відкритим способом за допомогою екскаваторів. Після цього її транспортують автосамоскидами на підприємство, де вона також зберігається в окремих відсіках складу сировини.



Усі сировинні компоненти, призначені для виробництва багатошамотних вогнетривів, зберігаються у критому складському приміщенні. Такий спосіб зберігання забезпечує захист матеріалів від атмосферних опадів та забруднення пилом. Для стабільного виробничого процесу на складі необхідно підтримувати стратегічний запас сировини, який має забезпечувати не менше ніж 30 днів безперервної роботи підприємства.

Із відсіків складу сировини глина та каолін подаються на стадію попереднього подрібнення, що здійснюється у стругачах. Максимальний розмір кусків сировини для завантаження у стругачі становить 400–500 мм, тоді як після подрібнення зменшується до кусків максимального розміру 50 мм.

Отримані подрібнені матеріали за допомогою стрічкових транспортерів подають до бункерів запасу, де зберігаються для подальшого перероблення.

*Лінія підготовки глини.* Із бункера запасу глина подається на сушіння, яке здійснюється у сушильному барабані за схемою прямогоку до досягнення залишкової вологості 4–6 %. Після сушіння матеріал стрічковим транспортером транспортується до дезінтегратора, де відбувається його розмелювання до зернистості 0,5–0,1 мм. Наступним етапом є просіювання подрібненої глини через вібраційне сито з метою відокремлення частинок необхідного розміру. Крім цього, у технологічній схемі передбачено збагачення глини у магнітному сепараторі для видалення залізовмісних включень. Після цього частину сухої глини (приблизно 1/3 від загальної маси глини) зберігають у відповідному бункері запасу до подальшого використання у виробничому процесі. Іншу частину глини (приблизно 2/3 від загальної маси глини) подають у басейн з пропелерною мішалкою, де відбувається її розпускання до шлікера з вологістю 46 %. Для забезпечення заданої вологості глиняного шлікера як електроліти на підприємстві використовують рідке скло, соду, триполіфосфат натрію або вуглелужні розріджувачі.

*Лінія підготовки каоліну.* Технологічний процес підготовки каоліну загалом аналогічний до підготовки глини. Після стадії грубого подрібнення у

стругачі каолін надходить до сушильного барабана, де його вологість зменшується до нормативного рівня 4–6 % за схемою прямоочного сушіння. Після сушіння каолін подрібнюють у дезінтеграторі до заданих розмірів 0,5–0,1 мм та просіюють на вібраційному ситі. З метою очищення від феромагнітних домішок каолін додатково піддається збагаченню у магнітному сепараторі. Після завершення всіх підготовчих операцій оброблений каолін накопичується у бункері запасу до його подальшого використання в основному виробництві.

*Отримання шамоту.* Підготовлений каолін із бункера подається на стадію зволоження, що здійснюється у двовальному змішувачі, де до сировини додається вода або водяна пара для досягнення оптимальної вологості 8–10 %, необхідної для подальшого формування брикетів. Отримана зволожена маса брикетується – у пресі формуються брикети необхідної форми і розмірів. Сформовані брикети транспортуються до обертової печі для випалювання, де за температури 1320–1350 °C відбувається перетворення каоліну у шамот.

*Оброблення шамоту.* Випалений шамот розмелюють у дезінтеграторі до зерен розміром до 5 мм. Для видалення залістистих домішок та уникнення засміченості шамоту під час розмелювання і транспортування над стрічковими транспортерами встановлюють магнітні сепаратори. Розмелений шамот розсіють за допомогою вібраційного сита на дві фракції: 1–5 і 0,2–0,5 мм. Фракціонований шамот зберігають в окремих спеціально призначених витратних бункерах.

*Приготування преспорошку та формування виробів.* Наступним етапом технологічної схеми є дозування компонентів маси згідно з рецептурою на вагах, що забезпечує точне співвідношення компонентів для подальшого змішування. Приготування преспорошку здійснюється у декілька етапів. Спочатку в змішувальні бігуни подають віддозовані фракції шамоту, вводять глинистий шлікер, віддозований об'ємними дозаторами, після чого відбувається їхнє перемішування протягом 3–4 хв. Потім у бігуни вводять порошкоподібну суху глину та перемішують ще протягом 2–3 хв.

Після ретельного змішування преспорошок із вологістю 7,5–8,5 % транспортують до бункера зберігання, звідки подається на пресування. Пресування здійснюється у пресі, де вироби набувають необхідної форми та розмірів. Тиск пресування становить 80–90 МПа.

*Сушіння та випалювання.* Сформовані вироби надходять до тунельної сушарки, де за максимальної температури 180 °С вони висушуються до залишкової вологості 1 %. Висушені вироби подаються до тунельної печі для випалювання за максимальної температури 1400 °С, що забезпечує необхідні експлуатаційні властивості готової продукції.

*Зберігання готової продукції.* Після охолодження готова продукція надходить на склад, звідки вона відвантажується споживачам залізничним або автотранспортом.

## РОЗДІЛ 4

### ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 4.1. Режим роботи заводу

У бакалаврській кваліфікаційній роботі для проєктованого заводу з виробництва багатошамотних вогнетривких матеріалів методом напівсухого пресування обґрунтовано режим його функціонування. Запропонований режим включає раціональний графік експлуатації технологічного обладнання та організації праці персоналу. Розроблення режиму здійснювалася відповідно до чинних норм технологічного проєктування, з урахуванням доцільності створення запасів сировини та напівфабрикатів на окремих етапах виробничого циклу, що сприяє забезпеченню безперервності та ефективності технологічного процесу.

Під час визначення режиму роботи проєктованого заводу враховувалися актуальні обставини, зокрема продовження воєнного стану на території України станом на 01 червня 2025 року до 07 серпня 2025 року. У зв'язку з цим на законодавчому рівні було скасовано додаткові святкові вихідні дні. Відтак планування кількості робочих днів на різних етапах технологічного процесу здійснювалося, виходячи з припущення, що єдиними офіційними вихідними залишаються субота та неділя. Окрім цього, до переліку вихідних було включено загальнодержавні свята: День незалежності України (24 серпня), День захисників і захисниць України (14 жовтня) та Різдво Христове (25 грудня).

Режим роботи заводу з виробництва багатошамотних вогнетривів методом напівсухого пресування наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

**Режим роботи заводу з виробництва багатошамотних вогнетривів**

Технологічна стадія	Кількість			
	робочих днів		змін на добу	годин у зміні
	у році	на тиждень		
1	2	3	4	5
Добування у кар'єрі	155	5	2	8
Подавання сировинних матеріалів на склад	155	5	2	8
Подавання сировинних матеріалів на перероблення	155	5	2	8
Подавання сировинних матеріалів у змішувач	270	5	2	8
Подавання маси у шихтозапасник	270	5	2	8
Формування виробів	350	7	2	12
Сушіння та випалювання виробів	350	7	2	12
Подавання виробів на склад	350	7	2	12

Варто зазначити, що прийнятий режим роботи заводу узгоджується з технологічною схемою виробництва багатошамотних вогнетривів методом напівсухого пресування. Організація роботи окремих цехів і виробничих дільниць спроектована таким чином, щоб максимально знизити необхідність залучення персоналу до роботи у вечірній та нічний час.

**4.2. Розрахунок потреби сировинних матеріалів**

Вихідні дані для проведення розрахунків наведено в табл. 4.2, 4.3 та 4.4.

Таблиця 4.2

### Основні параметри виробництва

Параметри	Позначення	Величина
Продуктивність заводу, т/рік	М	45 000
Маса вогнетривкої цегли, кг	М <sub>Ц</sub>	4,6
Вологість цегли після сушіння, %	W <sub>Ц</sub>	1,5
Формувальна вологість, %	W <sub>Ф</sub>	8,0
Вологість шлікера, %	W <sub>Г</sub>	46
Середня густина формувальної маси, т/м <sup>3</sup>	ρ	1,85

Нормативні показники браку та втрат, що враховуються під час планування виробничого процесу, наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

### Норми браку і втрат

Види браку та втрат	Позначення	Значення, %
Брак під час випалювання	В <sub>В</sub>	0,8
– зокрема зворотні втрати	В <sub>В.з.</sub>	95,0
Брак під час сушіння	В <sub>С</sub>	1,1
– зокрема зворотні втрати	В <sub>С.з.</sub>	95,0
Брак під час формування	В <sub>Ф</sub>	2,2
– зокрема зворотні втрати	В <sub>Ф.з.</sub>	95,0
Втрати в масозаготівельному цеху	В <sub>МЗЦ</sub>	0,1
Втрати на складі сировини	В <sub>С</sub>	0,1

## Склад і характеристика компонентів маси

Компонент маси	Вміст, %(мас.)	Втрати після прожарювання	Вологість, %	Насипна густина, т/м <sup>3</sup>
Глина	30	4,32	16	1,85
Шамот	–	0,00	0,00	1,70
Каолін	70	7,35	12	1,55

## 4.2. Розрахунок потреби сировинних матеріалів

1. Річний випуск цегли становитиме:

– за масою

$$M = 45000 \text{ т/рік}$$

– за кількістю

$$P = \frac{M}{m_{ц}} = \frac{45000 \text{ т/рік}}{4,6 \text{ кг}} = 9782609 \text{ шт}$$

2. Із врахуванням браку під час випалювання (0,8 %) у піч необхідно подати цегли:

$$P_1 = (P \cdot 100) / (100 - B_b) = (9782609 \cdot 100) / (100 - 0,8) = 9,9 \text{ млн штук за рік}$$

за масою:

$$M_1 = (M \cdot 100) / (100 - B_b) = (45 \cdot 100) / (100 - 0,8) = 45363 \text{ т за рік,}$$

брак випалювання становить:

$$B_b = M_1 - M = 45,363 - 45 = 363 \text{ т за рік,}$$

а також зворотні втрати:

$$B_{b.z} = B_b \cdot B_{b.z} / 100 = 363,200 \cdot 95 / 100 = 345,00 \text{ т за рік.}$$

3. Із врахуванням втрат після прожарювання, маса цегли, що подається в піч становить:

$$V_{П\text{маси}} = (C_g \cdot V_g + C_{ш} \cdot V_{ш}) / 100 = (30,00 \cdot 4,32 + 70 \cdot 7,35) / 100 = 6,44 \%$$

за масою:

$$M2 = M1 \cdot 100 / (100 - W_{ПП\text{маси}}) = 45,363 \cdot 100 / (100 - 6,44) = 48486 \text{ т за рік}$$

4. Із врахуванням вологості після сушіння (1,5 %), маса цегли, що подається в піч становить:

$$M3 = M2 \cdot 100 / (100 - W_c) = 48486 \cdot 100 / (100 - 1,5) = 49\,224 \text{ т за рік}$$

5. Із врахуванням браку сушіння (1,1 %) в сушарку необхідно подати цегли:

$$P4 = (P1 \cdot 100) / (100 - W_c) = (9,9 \cdot 100) / (100 - 1,1) = 10,0 \text{ млн. шт за рік}$$

за масою:

$$M4 = (M3 \cdot 100) / (100 - W_c) = (49224 \cdot 100) / (100 - 1,1) = 49772 \text{ т за рік,}$$

брак сушіння становить:

$$B_c = M4 - M3 = 49772 - 49224 = 547 \text{ т за рік,}$$

а також зворотні втрати:

$$B_{c.z} = B_c \cdot W_{c.z} / 100 = 547 \cdot 95 / 100 = 520 \text{ т за рік.}$$

6. Із врахуванням зміни вологості під час сушіння з (8 до 1,5 %) маса цегли, що подається в сушарку становить:

$$M5 = M4 \cdot (100 - W) / (100 - W_{\phi}) = 49772 \cdot (100 - 1,5) / (100 - 8) = 53288 \text{ т за}$$

рік

7. Із врахуванням браку формування (2,2 %), необхідно відформувати цегли:

$$P6 = (P4 \cdot 100) / (100 - W_{\phi}) = (10,0 \cdot 100) / (100 - 2,2) = 23,58 \text{ млн. шт за рік}$$

за масою:

$$M6 = (M5 \cdot 100) / (100 - W_{\phi}) = (53288 \cdot 100) / (100 - 2,2) = 54487 \text{ т за рік,}$$

брак формування становить:

$$B_{\phi} = M6 - M5 = 54487 - 53288 = 1199 \text{ т за рік,}$$

зокрема зворотні втрати:

$$B_{\phi.z} = B_{\phi} \cdot W_{\phi.z} / 100 = 1199 \cdot 95 / 100 = 1139 \text{ т за рік.}$$

8. Кількість маси, яку необхідно подати на пресування (вологість преспорошку 8 %) за абсолютно сухою масою становить:

$$M7 = M6 \cdot (100 - W_{\phi}) / 100 = 50128 \text{ т/рік}$$

9. Відповідно до рецепту потрібно:

– глина  $M8 = 15038 \text{ т/рік}$

– каолін (шамот)  $M9 = 35090 \text{ т/рік}$

10. Розрахунок частки сухої глини , яку необхідно перевести в шлікер вологістю (46 %):

$$M9 = W_{\text{пр.пор}} \cdot 100(100 - W_{\text{шл}}) / (100 \cdot W_{\text{шл}}) = 9,39 \%$$

11. Розрахунок кількості глиняного шлікера, який необхідно приготувати з вологістю (46 %):

– співвідношення між глиною, що вводиться до складу преспорошку в сухому стані та у вигляді шлікера:

– суха глина:

$$M10 = M8 \cdot 100 / 30 = 31,3 \%$$

– глина в складі шлікера:

$$M11 = (30 - 9,39) \cdot 100 / 30 = 68,7 \%$$

– маса глини, що подається в змішувальні бігуни (приготування преспорошку) в сухому стані та у вигляді шлікера:

– суха глина:  $M12 = 4708$  т/рік

– глина в складі шлікера:  $M13 = 10331$  т/рік

12. Розрахунок кількості глини та каоліну врахуванням втрат в МЗВ (0.1%) на перероблення необхідно подати:

– глини  $M14_{\text{Г}} = M8_{\text{Г}} \cdot 100 / (100 - V_{\text{МЗВ}}) = 15038 \cdot 100 / (100 - 0.1) = 15053$  т за рік

– шамоту  $M15_{\text{Ш}} = M9_{\text{Ш}} \cdot 100 / (100 - V_{\text{МЗВ}}) = 35090 \cdot 100 / (100 - 0.1) = 35125$  т за рік

13. Із врахуванням втрат (0,1 %) на складі річні витрати компонентів маси становлять:

– глини  $M16_{\text{Г}} = M14_{\text{Г}} \cdot 100 / (100 - V_{\text{Г}}) = 15053 \cdot 100 / (100 - 0.1) = 15069$  т за рік

– шамоту  $M17_{\text{Ш}} = M11_{\text{Ш}} \cdot 100 / (100 - V_{\text{Ш}}) = 35125 \cdot 100 / (100 - 0.1) = 25169$  т за рік

14. Із врахуванням природної вологості необхідно подати кожного компонента:

– глини  $M18_{\text{Г}} = M16_{\text{Г}} \cdot 100 / (100 - W_{\text{Г}}) = 16069 \cdot 100 / (100 - 16.0) = 17939$  т за рік

$$- \text{шамоту } M_{19\text{ш}} = M_{17\text{ш}} \cdot 100 / (100 - W_{\text{ш}}) = 25169 \cdot 100 / (100 - 12) = 39954$$

т за рік

15. Питомі витрати сировини на 1000 штук умовної цегли становлять :

$$- \text{глини } P_{\text{Г}} = M_{16\text{Г}}/P = 15069/9782609 = 1,54 \text{ кг}$$

$$- \text{шамоту } P_{\text{ш}} = M_{17\text{ш}}/P = 35160/9782609 = 3,59 \text{ кг}$$

На підставі виконаних розрахунків складено таблицю руху сировинних матеріалів, що використовуються у виробництві багатошамотних вогнетривких виробів методом напівсухого пресування (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

**Таблиця руху матеріалів**

Стадія		Режим роботи заводу			Подати матеріалів у				
		днів/рік	змін/доба	год/зм.	рік	місяць	добу	зміну	годину
1. Подати на завод (склад) сировини:		155	2	8					
- глина	т				17 939	1 495	115,7	57,9	7,23
	м <sup>3</sup>				9 697	808,0	62,6	31,3	3,91
- каолін (шамот)	т				39 954	3 330	257,8	128,9	16,11
	м <sup>3</sup>				25 777	2 148,1	166,3	83,2	10,39
2. Подати маси на формування:		270	2	8					
	т				54 487	4 541	201,8	100,9	12,61
	м <sup>3</sup>				29 452	2 454	109,1	54,5	6,82
	шт				10 195 484	849 624	37 761	18 881	2360
3. Подати н/фабр в сушарку:		350	2	12					

	т				49 772	4 148	142,2	71,1	8,89
	шт				9 971 184	830 932	28 489	14 245	1780,57
4. Подати н/фабр в піч:		350	2	12					
	т				49 224	4 102	140,6	70,3	8,70
	шт				9 861 501	821 792	28 176	14 088	1760,98
5. Подати цегли на склад		350	2	12					
	т				45 000	3 750	128,6	64,3	8,04
	шт				9 782 609	815 217	27 950	13 975	1747

## РОЗДІЛ 5

### КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ

Контроль за перебігом технологічного процесу виготовлення керамічних виробів є одним із ключових елементів системи забезпечення якості продукції. Він охоплює всі стадії виробництва – від надходження сировини до отримання готових виробів – і має на меті своєчасне виявлення відхилень від установлених норм та попередження утворення браку.

На підприємствах, що спеціалізуються на виготовленні вогнетривких та інших керамічних виробів, функціонують відділи технічного контролю (ВТК). Їх основним завданням є впровадження комплексного контролю якості на всіх етапах виробничого циклу, що забезпечує відповідність продукції технічним умовам (ТУ) та державним стандартам (ДСТУ) [7].

**Вхідний контроль сировини.** На цьому етапі фахівці ВТК здійснюють перевірку хімічного складу, вологості, гранулометричного складу, а також виявляють наявність механічних домішок у сировинних матеріалах. Вхідний контроль дає можливість виявити невідповідності ще до надходження сировини у виробничий процес, що зменшує ризики подальших втрат.

**Проміжний контроль.** У процесі підготовки шихти контролюється точність дозування компонентів, ступінь подрібнення та однорідність суміші. На стадії формування та пресування перевіряється щільність, цілісність та геометричні розміри заготовок. Під час сушіння та випалювання контролюють дотримання режимів температури, вологості та часу оброблення.

**Заключний (вихідний) контроль.** Готові вироби підлягають візуальному огляду, перевірці на наявність тріщин, сколів, деформацій. Також проводяться випробування на механічну міцність, термічну стійкість, стійкість до дії агресивних середовищ тощо. Результати контролю фіксуються у відповідній технічній документації.

**Відповідальність за якість.** Наявність ВТК не знімає відповідальності з інших працівників підприємства. Начальники цехів, майстри, оператори пресів, сушарок, випалювачі зобов'язані дотримуватись установлених стандартів та технологічних параметрів. Колективна відповідальність за якість продукції є важливою умовою ефективної роботи підприємства.

**Карта контролю технологічного процесу.** Важливим нормативним документом, що регламентує порядок проведення контролю на всіх етапах виробництва, є карта контролю технологічного процесу. Вона затверджується внутрішнім стандартом підприємства і є обов'язковою до виконання. Карта містить перелік контрольованих параметрів, методи вимірювання, періодичність перевірок, а також відповідальних осіб. Її основна функція – уніфікація процесу контролю та забезпечення своєчасного виявлення технологічних порушень.

Отже, ефективна система технічного контролю сприяє стабільному випуску якісної продукції, відповідає вимогам нормативної документації та задовольняє потреби споживачів у надійних і довговічних вогнетривких виробках.

Карта контролю технологічного процесу виробництва багатошамотних виробів напівсухим пресуванням наведена в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

## Карта контролю технологічного процесу виробництва багатшамотних виробів напівсухим пресуванням

Стадія виробництва	Матеріал	Технічний параметр	Одиниця вимірювання	Оптимальна величина параметру	Допустимі відхилення параметра	Період контролю
1	2	3	4	5	6	7
Вхідний контроль	Глина	Хімічний склад	%	SiO <sub>2</sub> – 55	±5	Кожної партії
				Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 30	±2	
				R <sub>2</sub> O+RO – 8	±1	
	Каолін	Хімічний склад	%	SiO <sub>2</sub> – 50	±4	Кожної партії
				Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 37	±2	
				R <sub>2</sub> O+RO – 2	±1	
				Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 1	±0,5	
	Подрібнення (стругач)	Глина	Розмір кусків	мм	40	±10
Каолін		50				

Стадія виробництва	Матеріал	Технічний параметр	Одиниця вимірювання	Оптимальна величина параметру	Допустимі відхилення параметра	Період контролю
1	2	3	4	5	6	7
Сушіння (обертний барабан)	Глина	Температура	°C	250	±10	Постійно (в автоматичному режимі)
		Вологість	%	1	±0,5	2 рази в зміну
	Каолін	Температура	°C	250	±10	Постійно (в автоматичному режимі)
		Вологість	%	1	±0,5	2 рази в зміну
Розмелювання (дезінтегратор)	Глина, каолін	Розмір зерен	мм	0,3	±0,1	1 раз у добу
Випалювання	Каолін	Температура	°C	1400	±15	Постійно

Стадія виробництва	Матеріал	Технічний параметр	Одиниця вимірювання	Оптимальна величина параметру	Допустимі відхилення параметра	Період контролю
1	2	3	4	5	6	7
(обертova піч)						(в автоматичному режимі)
Грубе розмелювання (дезінтегратор)	Шамот	Розмір кусків	мм	фракція 1: 1–4	±0,5	1 раз у добу
				фракція 2: 0,2–0,5	±0,1	
Пресування (прес)	Прес-порошок	Вологість	%	8	±0,5	2 рази в зміну
		Тиск пресування	МПа	85	±5	Постійно
Сушіння виробів (тунельна сушарка)	Напів-фабрикат	Температура сушіння:	°C		±10	Постійно (в автоматичному режимі)
		– на вході		70		
		– максимальна		180		
		– на виході		110		

Стадія виробництва	Матеріал	Технічний параметр	Одиниця вимірювання	Оптимальна величина параметру	Допустимі відхилення параметра	Період контролю
1	2	3	4	5	6	7
		Залишкова вологість	%	1	±0,2	1 раз у зміну
Випалювання виробів (тунельна піч)	Напів-фабрикат	Максимальна температура випалювання	°C	1400	±20	Постійно (в автоматичному режимі)
		Тиск газу	МПа (кгс/м <sup>2</sup> )	0,02	±0,01	Постійно
Сортування	Вироби	Розмір цегли	мм	230×65×65 230×114×65 230×114×40 230×124×65 300×150×65	±3; ±1; ±1	Кожної партії

Стадія виробництва	Матеріал	Технічний параметр	Одиниця вимірювання	Оптимальна величина параметру	Допустимі відхилення параметра	Період контролю
1	2	3	4	5	6	7
				345×150×75		
		Розмір клинової торцевої цегли	мм	230×114×65/55	±3; ±2; ±1	
				230×114×65/45		
				250×124×65/55		
				300×150×65/55		
		Розмір клину ребрового	мм	230×114×65/55	±3; ±2; ±1	
				250×124×65/55		

## РОЗДІЛ 6

### ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

#### 6.1. Характеристика галузі

Багатошамотна вогнетривка цегла є одним з найпопулярніших вогнетривких виробів, застосовується в промисловому будівництві, в побуті, використовується в місцях, де температура може досягати 1800 °, стійка до змін температур, до дії кислот і лугів. Основною сировиною для виробництва алюмосилікатних вогнетривів є глини вогнетривкі і каоліни.

Вогнетривка промисловість є важливою складовою матеріалознавчого комплексу, оскільки забезпечує виробництво матеріалів, здатних витримувати високотемпературні впливи, термічні навантаження та агресивне середовище. Однією з перспективних у цій галузі є виготовлення багатошамотних вогнетривів, які характеризуються підвищеною стійкістю до термошоку та механічної дії.

Завдяки поєднанню високих техніко-експлуатаційних характеристик, стабільності геометричних параметрів і знижених витрат на виробництво, багатошамотні вогнетриви, виготовлені методом напівсухого пресування, набувають все ширшого застосування, зокрема у зонах високих температурних градієнтів та змінного теплового навантаження.

У сучасних умовах галузь поступово впроваджує автоматизовані системи керування, що дозволяє зменшити вплив людського фактора, а також модернізує виробничі лінії з орієнтацією на енерговитратність та екологічну безпеку. Це свідчить про динамічний розвиток напрямку та його вагоме значення для вітчизняної промисловості [12].

### 6.1.1. Стан ринку та збуту продукції

Вогнетривка продукція, зокрема багатошамотні вироби, займає важливе місце в структурі матеріалозабезпечення промислових галузей, пов'язаних із високотемпературними процесами. На сучасному етапі ринок вогнетривів як в Україні, так і у світі зазнає трансформацій під впливом глобальних економічних змін, енергетичних викликів і модернізації промислових виробництв.

Глобальний ринок вогнетривів оцінюється в десятки мільярдів доларів і демонструє зростання з середнім темпом на рівні 3–5% щороку. Основними лідерами є Китай, Індія, Японія, Німеччина та США. Китай зберігає лідерство як за обсягами виробництва, так і за експортом вогнетривів, зокрема шамотної та корундової груп.

Провідні світові компанії, такі як RHI Magnesita (Австрія-Бразилія), Vesuvius (Велика Британія), HarbisonWalker International, активно інвестують у нові технології виготовлення пресованих виробів із мінімальним енергоспоживанням. Зростає попит на багатошамотні вогнетриви в енергетиці, кольоровій металургії та виробництві цементу через високу термостійкість і довговічність таких матеріалів.

Збут відбувається переважно через промислових дистриб'юторів, а також напряду – укладенням довгострокових контрактів із великими підприємствами-споживачами.

В Україні ринок вогнетривів має обмежені масштаби, проте зберігає велике стратегічне значення для вітчизняної металургії, коксохімії та енергетики. Основними виробниками є підприємства вогнетривкової промисловості, а саме підприємство ПрАТ «Запорізький вогнетривкий комбінат», ТОВ «Укрвогнетрив», а також низка менших приватних виробництв.

Попит на багатошамотні вогнетриви в Україні останніми роками залишається нестабільним через зниження обсягів промислового виробництва, бойові дії та часткову втрату промислових регіонів. Утім, у

зв'язку з потребами в реконструкції та модернізації виробничих потужностей, є потенціал для відновлення попиту в середньостроковій перспективі.

Експортна активність українських підприємств є обмеженою, зосередженою переважно на суміжних ринках Східної Європи та СНД. Успішний збут продукції залежить від відповідності міжнародним стандартам, сертифікації та здатності адаптуватися до вимог кінцевих споживачів.

Як на світовому, так і на національному рівні спостерігається поступовий перехід до виробництва високотехнологічних вогнетривів із покращеними характеристиками. Попит концентрується навколо продукції, що має тривалий термін служби, стабільні фізико-механічні властивості та екологічну безпеку. Багатошамотні вогнетриви, виготовлені методом напівсухого пресування, відповідають цим критеріям, що формує позитивну динаміку для їхнього збуту у довгостроковій перспективі.

### **6.1.2. Сегментація ринку**

Глобальний ринок вогнетривів ділиться за рядом характеристик:

- За типом виробів: сформовані (цегла, блоки) та несформовані (монолітні суміші, гідромаси).
- За складом: глиноземисті (шамот, муліт), магнезіальні, цирконові, графітові, тощо.
- За призначенням: матеріали для контактної та безконтактної зон теплових агрегатів.
- За географією: Азійсько-Тихоокеанський регіон — лідер за обсягами, далі – Європа, Америка, Близький Схід.

### **6.1.3. Конкурентний аналіз**

Історично Україна має потужну сировинну базу – насамперед шамотні глини Часів'ярського родовища (Донецька область), які з XIX ст. постачаються на українські та закордонні вогнетривкі комбінати. Через бойові

дії частина цієї бази наразі недоступна, однак працюючі заводи адаптуються за рахунок вторинної переробки та імпорту.

Найбільші виробники:

- ПрАТ «Запорізький вогнетривкий комбінат»
- ТОВ «Укрвогнетрив» (Дніпро)
- Приватні цегельні підприємства з виробництвом спеціалізованих вогнетривів

У 2024 році обсяг виробництва сформованих вогнетривів становив ~96 тис т (+25 % до 2023 р.). Основні споживачі — підприємства групи "Метінвест", АрселорМіттал Кривий Ріг, цементні заводи «HeidelbergCement Україна» та ін.

Імпорт — з Китаю, Польщі, Німеччини, Туреччини. Експорт – у країни СНД, Центральної Азії, частково ЄС.

Висновки щодо ринку наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Показник	Світ	Україна
Обсяг ринку в 2024	≈ 38 млрд USD	~ 100 тис т продукції (Запоріжжя)
CAGR	4,5–6 % (2025–2032)	Позитивна динаміка (~+25 % у 2024)
Географія	Азія > Європа > Америка	Локальна виробнича база + невеликий експорт
Основні сегменти	Shaped vs Unshaped; Alumina vs SiC	Dominant — shaped, alumina-based

#### 6. 1.4. Аналіз ринку ресурсів

Для діяльності підприємства потрібні наступні сировина і матеріали:

- глина;
- каолін (шамот);
- вода;

Вартість сировини, матеріалів та енергоносіїв наведена в табл. 6.2.

Таблиця 6.2

**Вартість сировини, матеріалів та енергоносіїв**

№ з/п	Назва і вид матеріалу	Од. вимір.	Ціна, грн.
1	Сировина:		
	- глина	т	1000
	- каолін	т	2200
2	Матеріали:		
	- вода	м <sup>3</sup>	49,75
3	Енергоносії		
	- електроенергія	грн/кВт	8,51
	- природній газ	грн/м <sup>3</sup>	19,25

Крім підприємств-виробників, у регіоні є постачальники аналогічних матеріалів з інших регіонів.

Постачальники і ціни на сировину і матеріали наведено у табл. 6.3.

Таблиця 6.3

**Постачальники сировини і матеріалів**

№ з/п	Назва сировини і матеріалів	Постачальники	Ціни, грн. за одиницю
1	Глина	ТОВ "Гірничодобувна компанія "МІНЕРАЛ" (Україна)	1000
	Пологівського родовища		
2	Каолін	"ТОВ "Пласт" (Україна)	2200
	Данилівського родовища		

Вода на підприємстві використовується для мелення сировинних матеріалів в кульових млинах, з подальшим утворенням шлікерної маси, а також для побутових потреб. Водопостачання здійснюється з міського водопроводу 7500 м<sup>3</sup> в місяць. Місячні витрати природного газу становлять 370000 м<sup>3</sup>. Витрати електроенергії становлять 560000 кВт.

## **6.2. Інформація про підприємство і його продукцію**

### **6.2.1. Обґрунтування розташування**

Розміщення підприємства є одним із найвідповідальніших та стратегічно важливих рішень, що обирає його майбутню ефективність та конкурентоспроможність. Це особливо актуально для виробництва керамічної продукції, зокрема багатошамотних вогнетривів, що за своєю суттю належить до масштабних виробництв. Такі підприємства вимагають значних виробничих площ, комплексних інженерних рішень та інтегрованої логістики.

Вибір місця для будівництва нового заводу – це багатостадійний процес, який залежить від багатьох взаємопов'язаних чинників. Кожен з цих аспектів має бути ретельно проаналізований, оскільки помилки на цьому етапі можуть призвести до суттєвих операційних витрат та зниження рентабельності проєкту в майбутньому.

При виборі ділянки для розміщення виробничих потужностей враховуються наступні ключові аспекти:

#### **1. Доступність сировинної бази**

Вагомим фактором для виробництва вогнетривів є безпосередня близькість до джерел сировини. Основні компоненти, такі як вогнетривка глина та каолін, є великотоннажними, і їх транспортування на відстані суттєво збільшує собівартість готової продукції, тому необхідно обрати ідеальне розташування заводу. Воно передбачає мінімізацію логістичних витрат на доставку сировини, забезпечуючи при цьому стабільність та безперебійність постачання. Для виробництва багатошамотних вогнетривів критично важливою є близькість до родовищ, а саме Пологівське родовище глини, а також до джерел інших необхідних компонентів такі як каолін що транспортується з Данилівського родовища, що можуть постачатися з віддалених регіонів або імпортуватися.

#### **2. Наявність та доступність енергетичних ресурсів**

Виробництво вогнетривів характеризується високою енергоємністю, особливо на етапах сушіння та випалювання. Тому доступ до природного газу з достатнім тиском та обсягами є пріоритетним. Так само важливим є забезпечення електроенергією для функціонування дробарок, млинів, пресів, конвеєрів та інших механізмів.

### 3. Розвиненість транспортної інфраструктури

Ефективна логістика є основою безперебійної роботи підприємства. Для транспортування великотоннажних обсягів сировини та готової продукції залізничне сполучення є найбільш економічно обґрунтованим. Наявність залізничної гілки поблизу ділянки або можливість її швидкого підведення значно знижує транспортні витрати. Водночас, доступ до якісних автомобільних доріг є важливим для гнучкості постачання та дистрибуції. Якщо планується експорт продукції або імпорт окремих компонентів, близькість до морських портів також може бути значною перевагою.

### 4. Наявність кваліфікованої робочої сили

Забезпечення підприємства кваліфікованим персоналом – від інженерів-технологів до операторів обладнання та робітників – є критичним. Розташування заводу поблизу населених пунктів з достатньою кількістю трудових ресурсів, бажано з досвідом роботи у промисловості, дозволяє уникнути значних витрат на перевезення працівників та адаптацію нових кадрів. Наявність освітніх закладів, що готують технічних спеціалістів, також є позитивним чинником.

### 5. Екологічні та санітарні аспекти

Виробництво керамічної продукції може мати вплив на навколишнє середовище через пилоутворення, шумове забруднення та викиди газів (на етапі випалу). Тому вибір ділянки має враховувати можливість створення необхідної санітарно-захисної зони (СЗЗ), яка забезпечить мінімізацію негативного впливу на житлові райони та прилеглі території. Важливо також оцінити необхідність та вартість впровадження сучасних систем очищення повітря та стічних вод.

## 6. Геологічні та геодезичні умови ділянки

Оптимальна ділянка для будівництва заводу характеризується рівнинним рельєфом, що дозволяє зменшити обсяги земляних робіт. Стійкі ґрунти є необхідними для зведення міцних фундаментів під важке обладнання та споруди. Важливо також враховувати рівень ґрунтових вод та відсутність ризиків підтоплень, зсувів чи карстових явищ, які можуть суттєво збільшити будівельні витрати.

## 7. Наявність існуючої інфраструктури та правові аспекти

Наявність розвинених інженерних мереж (водопровід, каналізація, електромережі, газопровід) та телекомунікаційних ліній поблизу ділянки значно спрощує та здешевлює процес підключення. Окрім технічних аспектів, необхідно ретельно проаналізувати правовий статус земельної ділянки, її ціну (придбання чи оренда) та можливість отримання всіх необхідних дозвільних документів для будівництва промислового об'єкта.

Для розташування підприємства необхідні виробничі приміщення площею 6000 м<sup>2</sup>.

Підприємство буде забезпечене висококваліфікованими співробітниками для якісної роботи.

### **6.2.2. Вимоги до приміщення**

Для ефективного та безпечного функціонування, виробничий цех має бути повністю обладнаний усіма необхідними комунікаціями та системами. Це включає надійне електропостачання, безперебійне водопостачання та ефективну систему каналізації. Крім того, для забезпечення належних умов праці обов'язковою є якісна вентиляція та достатнє освітлення.

З огляду на специфіку виробництва, критично важливим є встановлення антивібраційних та шумопоглинальних засобів для захисту персоналу та обладнання. Також необхідно забезпечити зручні під'їзні автошляхи для логістичних потреб.

### 6.2.3. Вкладений капітал

Щоб впровадити виробництво сучасних технологій в промисловості потрібно залучити 108 589 360 грн коштів. Об'єкти і напрямки залучених коштів вказані в табл. 6.4.

Таблиця 6.4

#### Об'єкти і напрямки використання коштів

№	Напрямки залучених коштів	Сума вкладених коштів, грн
1	Закупівля обладнання	
	Технологічне обладнання:	
	Грейферний кран – 6 шт;	2 400 000
	Стругач – 5 шт;	200 000
	Тунельна сушарка– 4 шт;	1 300 000
	Двовальний змішувач – 6 шт;	900 000
	Вібросито –8 шт;	62 000
	Магнітний сепаратор – 5 шт;	350 000
	Прес – 3 шт;	750 000
	Тунельна піч –6 шт;	1 800 000
	Дезінтегратор – 6шт.	2 100 000
	Всього	9 862 000
	- офісне обладнання	120 000
2.	Монтаж технологічного обладнання (10% від вартості технологічного обладнання)	986 200
3	Витрати на формування обігових коштів:	
	Глина Пологівського 15038 т×1000 грн	15 038 000
	Каолін 35090 т×2200 грн	77 198 000
	Вода 18800 м <sup>3</sup> ×49,45 грн	929 660
	Електроенергія 1170000 кВт×8,51 грн	9 956 700
	Природний газ 284 000 м <sup>3</sup> × 19,25 грн	5 467 000

№	Напрямки залучених коштів	Сума вкладених коштів, грн
4	Поточний ремонт споруди	50 000
5	Профілактичний ремонт обладнання	80 000
	Разом	108 589 360

#### 6.2.4. Характеристика продукції

Основною сировиною для виробництва виступають шамотний порошок, глина-зв'язка, а також технологічні добавки, що покращують термостійкість, міцність і знижують ризик утворення тріщин при температурних коливаннях.

Такі вогнетриви застосовуються в умовах постійного або періодичного нагріву – переважно в металургії, скляній, цементній промисловості, а також для облицювання печей, топок та інших вузлів, які працюють при температурах понад 1300 °С.

*Розрахунок витрат виробництва*

Режим роботи підприємства наведено у табл. 6.5.

*Таблиця 6.5*

#### Запланований робочий режим

№ з/п	Назва показника	Значення
1	Календарний фонд, днів	365
2	Неробочі дні	116
3	Номінальний фонд, днів	249
4	Тривалість зміни, год	8
5	Кількість змін	2
6	Режимний фонд, год	5978
7	Простій у ремонтах, год	185
8	Ефективний фонд, год	5794

Розрахункова продуктивність цеху після виходу на повну потужність наведена в табл. 6.6:

Таблиця 6.6

**Розрахункова продуктивність цеху**

Найменування виробу	Місячна програма, м <sup>2</sup>	Річна програма, м <sup>2</sup>
Багатошамотні вогнетриви	15 667	188 000

**6.2.6. Витрати на оплату праці**

Середньомісячні ставки заробітної плати і штат працівників.

Апарат управління

1. Начальник дільниці	-	2 особи
2. Технолог	-	4 особи
3. Начальник зміни	-	2 особи

Робітники

4. Оператор лінії пресування	-	3 особи
5. Оператор помолу і зливу шлікеру	-	5 осіб
6. Оператор БРС	-	4 особи
7. Оператор грейферного крану	-	6 осіб
8. Пакувальник	-	5 осіб
9. Оператор стругача	-	5 осіб
10. Електрик	-	2 особи
11. Слюсар	-	3 особи

Розрахунок місячного ФОП (грн) наведено в табл. 6.7

Таблиця 6.7

**Розрахунок місячного ФОП**

№ з/п	Персонал	Кількість чол.	З/п в міс., грн	ФОП/міс. грн
1	Начальник дільниці	2	32000	64000
2	Технолог	4	25000	100 000
3	Начальник зміни	2	20000	40 000
4	Оператор лінії пресування	3	18000	54 000

№ з/п	Персонал	Кількість чол.	З/п в міс., грн	ФОП/міс. грн
5	Оператор помолу і зливу шлікеру	5	16500	82 500
6	Оператор БРС	4	15 000	60 000
7	Оператор грейферного крану	6	14 500	87 000
8	Пакувальник	5	13 000	65 000
9	Оператор стругача	5	13 000	65 000
10	Електрик	2	20 500	41 000
11	Слюсар	3	19 000	57 000
	Всього	41		715 500

Розрахунок витрат ФОП на рік, грн.

$$715\,500 \times 12 = 8\,586\,000$$

Нарахування на ФОП у місяць представлені у табл. 6.8.

Таблиця 6.8

### Нарахування на ФОП

№ з/п	Назва фонду	Ставка, %	Сума, грн
1	Єдиний соціальний внесок	22	157 410
2	Військовий збір	5	35 775
Разом:		27	193 185

Комунальний податок (10 % від неоподаткованого мінімуму на особу).

$$17 \times 0,1 = 1,7 \text{ грн/особу}$$

$$\text{на місяць: } 1,7 \times 14 = 23,8 \text{ грн}$$

$$\text{на рік: } 23,8 \times 12 = 285,6 \text{ грн}$$

Разом нарахувань на заробітну плату (всі % фондів і комунальний податок):

$$193\,185 + 23,8 = 193\,208,8 \text{ грн.}$$

$$\text{на рік } 2\,318\,505,6 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію:

Потреба в електроенергії: 5000 кВт/змiна. Тариф на 1 кВт рівний 8,51

грн/кВт, у тому числі ПДВ 0,1 грн. Вартість електроенергії – за зміну:

$$5000 \times 8,51 = 42\,550 \text{ грн.}$$

Розрахунок вартості обладнання та його монтажу представлений в табл. 6.9.

Таблиця 6.9

**Вартість ОФ і витрати на їх монтаж**

№ з/п	Назва технологічного обладнання	Кількість, шт	Вартість обладнання, тис. грн	Вартість монтажу, тис. грн	Разом витрати, тис. грн
1	Грейферний кран	6	2 400,000	240,000	2840,000
2	Стругач	5	200,000	20,000	220,000
3	Тунельна сушарка	4	1300,000	130,000	1430,000
4	Двовальний змішувач	6	900,000	90,000	990,000
5	Вібросито	8	62,000	6,200	68,200
6	Магнітний сепаратор	5	350,000	35,000	385,000
7	Прес	3	750,000	75,000	825,000
8	Тунельна піч	6	1 800,000	180,000	1980,000
9	Дезінтегратор	6	2 100, 000	210,000	2310,000
	Всього	49	9 862,000	986,200	10 848,200

Витрати на рекламу:

На місяць: 50 000 грн

На рік: 600 000 грн

Транспортні витрати:

на місяць: 10200 грн/міс

на рік:  $10200 \times 12 = 122\,400$  грн/рік

Щорічний поточний ремонт споруди:

на рік: 50000 грн/рік

на місяць:  $50\,000 : 12 = 4\,167$  грн/міс

Профілактичний ремонт обладнання:

на рік: 80 000 грн.

на місяць:  $80\,000 : 12 = 6\,667$  грн/міс

План збуту продукції та план виробництва наведено в табл. 6.10.

Таблиця 6.10

**План виробництва і збуту продукції**

Назва показника	1 рік	2 рік	3 рік	4 рік	5 рік
Обсяг виробництва продукції, тон	12 000	14 000	16 000	17 500	18 000
Обсяг збуту продукції, тон	10 000	13 000	15 000	17 000	18 000
Залишок нереалізованої продукції на кінець періоду, тон	2 000	1 000	1 000	500	0

**6.2.7. Розрахунок економічної ефективності**

Розрахунок змінних витрат проводиться за наступною формулою :

$$VC = Ц_{сир} + Ц_{енер} + Ц_{з/п} + ССВ = 83\,520\,234,6 + 18\,136\,200 + 9\,730\,745,6 = 111\,387\,180,0 \text{ грн.}$$

$$FC = 12\,237\,180 + 320\,000 + 187\,300 + 560\,000 + 920\,000 + 330\,000 = 14\,554\,480 \text{ грн.}$$

Тоді фіксовані витрати розраховуються :

$$TC = FC + VC = 125\,941\,660 \text{ грн.}$$

Розрахунок собівартості проводять за наступною формулою :

$$ATC = TC/Q, \text{ Q – кількість продукції виготовленої за рік .}$$

$$ATC = 125\,941\,660 / 188\,000 = 669,9 \text{ грн/м}^2.$$

Бажаний відсоток прибутку рівний 30 % , тому ціна рахується так :

$$P = 669,9 + 669,9 \times 0,3 = 870,87 \text{ грн/м}^2.$$

Розрахунок доходу підприємства :

$$D = P \times Q = 870,87 \times 188\,000 = 163\,723\,560 \text{ грн.}$$

Прибуток :

$$\Pi = Д - TC = 163\,723\,560 - 125\,941\,660 = 37\,781\,900 \text{ грн.}$$

Рентабельність розраховують за наступною формулою :

$$Re = (\Pi/TC) \cdot 100\% = (37\,781\,900 / 125\,941\,660) \times 100 = 29,99\%.$$

Розрахунок терміну окупності :

$$Ток = TC/\Pi = 125\,941\,660 / 37\,781\,900 = 3,33 \text{ роки.}$$

### **Розрахунок крапки безбитковості**

Розраховується за наступною формулою :

$$К_{без} = FC/(P - AVC).$$

$$AVC = VC/Q = 111\,387\,180,0/188\,000 = 592,485 \text{ грн/м}^2.$$

$$К_{без} = 14\,554\,480/(669,9 - 592,485) = 188\,005,9 \text{ м}^2$$

### **6.2.8. План маркетингу**

Підприємство орієнтується на потреби металургійних та будівельних компаній України й ближнього зарубіжжя. Основна маркетингова стратегія – прямі продажі, участь у виставках та просування через галузеві платформи. Продукція позиціонується як якісна, надійна та конкурентоспроможна за ціною. Для постійних клієнтів передбачені індивідуальні умови співпраці. Планується розширення ринку збуту та покращення комунікації з партнерами.

### **6.2.9. Організаційний план**

Організаційна структура підприємства побудована за лінійно-функціональним принципом і включає адміністративне та виробниче управління. Загальне керівництво здійснює директор, якому підпорядковуються головний інженер, економіст, начальник виробничого цеху та менеджер із збуту. У виробництві виділено основні дільниці: підготовка сировини, формування виробів, термічна обробка, контроль якості та склад готової продукції. Для забезпечення ритмічної роботи створено службу постачання, ремонтну групу та лабораторію технічного контролю.



## РОЗДІЛ 7

### ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це невід’ємна частина на підприємстві. Її головною складовою є збереження здоров’я працівників на виробництві, забезпечуючи оптимальні умови для виконання робіт.

Охорона праці направлена не тільки на безпеку трудового процесу, а й на профілактику захворювань, організацію харчування та відпочинку робітників, забезпечення їх спецодягом для комфортних умов праці та засобами гігієни.

Правильно організована охорона праці дозволяє відчувати себе захищеним, внаслідок чого збільшується зацікавленість у роботі та плинність кадрів буде значно меншою.

**Ідентифікація можливих небезпек на підприємстві.** Виробництво багато шамотних вогнетривів методом напівсухого пресування пов’язане з низкою небезпечних факторів, які можуть впливати на здоров’я працівників та безпеку виробничого процесу. Ось основні з них:

- пилоутворення;
- шум;
- вібрація;
- підвищена температура;
- електричний струм;
- падіння предметів.

Для організації безпечних умов праці необхідно розглянути виявлені шкідливі чинники, проаналізувати їх та визначити нормативи і передбачити необхідні заходи для безпечних умов.

**Пилоутворення.** При подрібненні утворюється дрібнодисперсний пил, просіюванні, змішуванні сировини (глини, шамоту, каоліну, зв’язуючих добавок тощо), а також при подачі готового матеріалу в бункери, пресуванні та транспортуванні готових та напівготових виробів. Особливо небезпечним є

пил, що містить вільний діоксид кремнію (кварц), який є основним компонентом багатьох глинистих матеріалів та шамоту. Він є небезпечний для організму, адже не відчутний одразу. Найбільш грізне професійне захворювання, що викликається вдиханням пилу це силікоз, що містить вільний діоксид кремнію. Характеризується розвитком фіброзної тканини в легенях, що призводить до прогресуючого порушення дихальної функції, задишки, кашлю, а в тяжких випадках – до інвалідності та смерті. Тому в таких випадках головним захистом для працівників є захисні маски та спецодяг. Також при частому вдиханні пилу може утворюватися хронічний бронхіт, що також зумовлює кашель, утворення мокротиння, задишки. Небезпекою пил є також і для очей та шкіри, що призводить до дерматиду та кон'юктивіту.

**Шум.** Одним із найпоширенішим фактором, який впливає на людину є шум.

Постійний або періодичний високоінтенсивний звук, що генерується робочим обладнанням, дуже шкодить нашому організму. Він призводить до зменшення слуху, внаслідок тривалого шуму протягом робочої зміни, захворювання нервової системи, головні болі, дратівливість, втота порушення сну, зниження концентрації уваги.

**Вібрації.** Хоча вона може бути менш помітною, ніж шум чи пил, робота з вібростолами для ущільнення суміші чи деякими типами пресів передає постійні коливання на тіло працівника. Це може спровокувати розвиток вібраційної хвороби, що вражає судини, нервові закінчення та опорно-руховий апарат.

**Високі температури.** Підвищена температура – ще один невід'ємний атрибут виробництва багато шамотних вогнетривів, особливо на етапах сушіння та випалу де температура перевищує більше 1500 С. Печі розігріваються до екстремальних температур, і хоча процеси автоматизовані, контакт з гарячими поверхнями, вивантаження розпечених виробів завжди несуть ризик термічних опіків та теплових ударів. Це вимагає не лише відповідного захисного одягу, а й суворого контролю за температурним

режимом на робочих місцях.

**Електричний струм.** Ризик ураження електричним струмом завжди присутній, де є електрообладнання. Несправна ізоляція, перевантаження мережі, ігнорування правил техніки безпеки – все це може призвести до важких травм або навіть летальних випадків. Тому перед роботою всі працівники обов’язково проходять інструктаж техніки безпеки.

Окрім фізичних, на виробництві можуть виникати хімічні небезпеки. Деякі компоненти сировини або використовувані добавки можуть бути токсичними чи подразнюючими. Наприклад, пил, що містить сполуки хрому, може мати канцерогенну дію, а органічні зв’язуючі виділяють випари. Під час випалу також можливе виділення токсичних газів, таких як монооксид вуглецю, оксиди сірки чи азоту, які становлять серйозну загрозу для дихальних шляхів та загального здоров’я.

Дотримання заходів щодо забезпечення пожежної безпеки є актуальним завданням для будь-якого об’єкта житлової, торгової чи промислової нерухомості, адже допомагає зберегти не тільки майно, а й людські життя.

### **Освітленість.**

*Таблиця 7.1*

#### **Основні вимоги до джерел освітлення підприємств**

Тип джерела світла	Температура свічення, К	Світловіддача (Лм/Вт) при індексі кольоропередавання		
		≥ 90 Ra	90 – 80 Ra	80 – 60 Ra
Люмінесцентний	2700 – 6500	-	70	75
Металогалогенний	2700 – 6500	-	70	90
LED	2700 – 3500	75	98 – 75	144 – 98
LED	4000 – 5700	75	98 – 75	144 – 98
LED	5700 – 6500	75	98 – 75	144 – 98

Пожежна профілактика – це комплекс заходів, які спрямовані на запобігання пожежі, запобігання розповсюдженню вогню, передбачення

можливих шляхів евакуації людей і матеріальних цінностей та створення умов для швидкої ліквідації пожеж.

Технічні заходи – планування належної кількості виходів, коридорів потрібної ширини, систем протидимового захисту, виконання будівельних конструкцій з вогнетривких матеріалів, дотримання протипожежної відстані, наявність засобів пожежогасіння, пожежних драбин, водоймищ, під'їздів до будівель, пожежної сигналізації.

Організаційні заходи – це організація навчання правил пожежної безпеки; розробка інструкцій щодо роботи з пожежонебезпечими матеріалами та дій персоналу під час пожежі [11].

**Висновок.** Безпека відіграє вирішальну роль у будь-якому виробничому процесі. Тому, перш ніж працівник розпочне роботу, необхідно переконатися, що його робоче місце відповідає всім нормам заходів безпеки праці та життєдіяльності людини.

Слід чітко усвідомлювати, що під час виконання виробничих завдань можуть виникнути різноманітні ситуації, здатні призвести до негативних наслідків. Саме тому суворе дотримання правил безпеки та регламентів виконання робіт є обов'язковим у процесі всього виробничого циклу.

## ВИСНОВКИ

Під час виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було розроблено ефективну технологію виробництва багатошамотних вогнетривких виробів методом напівсухого пресування, що відповідає сучасним вимогам до якості, енергоефективності та економічної доцільності. Основні результати та досягнення роботи:

1. Обґрунтовано вибір способу формування виробів – напівсухе пресування, яке забезпечує зменшення енерговитрат на сушіння, скорочення виробничого циклу та високу якість готової продукції з чітко визначеними геометричними параметрами.

2. Запропоновано оптимальний склад маси, що складається з 70 % каоліну Данилівського родовища (Житомирська область) та 30 % глини Пологівського родовища (Запорізька область). Сировина відповідає вимогам щодо вмісту  $Al_2O_3$  у готовому виробі (не менше ніж 28 % після прожарювання), що є критичним показником для забезпечення вогнетривкості багатошамотних виробів.

3. Розроблено й описано технологічну схему виробництва багатошамотних вогнетривків, яка включає етапи підготовки сировини, її дозування та змішування, пресування, сушіння та випалювання.

4. Здійснено розрахунок потреби сировинних матеріалів відповідно до заданої річної продуктивності (45 тис. тон), на основі чого розраховано матеріальний баланс виробництва.

5. Складено карту контролю технологічного процесу для виготовлення багатошамотних вогнетривків із врахуванням вимог чинного стандарту України та технічних умов проєктованого підприємства. Карта охоплює критичні параметри якості на всіх стадіях виробництва – від вхідного контролю сировини до вихідного контролю готової продукції, що дає можливість підтримувати належний рівень якості та уникати виробничого браку.

6. Проведено аналіз умов охорони праці на виробництві. Запропоновано комплекс профілактичних заходів з техніки безпеки, спрямованих на захист працівників від впливу шкідливих факторів, пов'язаних із пилом, високими температурами та шумом.

7. Розраховано техніко-економічні показники проєкту, які підтверджують доцільність і конкурентоспроможність запропонованого виробництва.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Хімічні технології вогнетривких матеріалів та виробів : підручник / З. І. Боровець, І. В. Луцюк. – Львів : Растр-7, 2022. – 196 с.
2. Хімічна технологія кераміки та вогнетривів : навч. посіб. / О. С. Хоменко, Я. І. Кольцова. – Дніпропетровськ : ДВНЗ УДХТУ, 2014. – 192 с.3.
3. Теоретичні основи технології кераміки та скла. Керамічні маси в технології виробництва [Електронний ресурс] : навч. посіб. / І. С. Суббота, Л. М. Спасьонова. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 86 с.
4. Хімічна технологія кераміки [Електронний ресурс]: підручник / І. С. Суббота, Л. М. Спасьонова, В. Ю. Тобілко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 178 с.
5. Саввова О. В. Структура та властивості керамічних матеріалів : конспект лекцій / О. В. Саввова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 110 с.
6. Саввова О. В. Нові керамічні та скломатеріали спеціального призначення : конспект лекцій / О. В. Саввова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 106 с.
7. Воронов Г. К. Теорія та практика одержання хімічних речовин і матеріалів : конспект лекцій / Г. К. Воронов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 120 с.
8. Хімічна технологія тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів у прикладах і задачах : у 2-х част. – Ч. I : Технологічні розрахунки в хімічних технологіях тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів : навч. посіб. / [Л. Л. Брагіна, А. М. Корогодська, О. Я. Пітак та ін.]; за ред. М. І. Рищенка. – Харків. : НТМТ, 2010. – 355 с.
9. [https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/1095326/mod\\_resource/content/1/%D0%92%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%B8\\_%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA\\_2023.pdf](https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/1095326/mod_resource/content/1/%D0%92%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%B8_%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA_2023.pdf)

10. <https://online.budstandart.com/ua/catalog/searchdoc.html?request=%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3+ISO+5019-1%3A2018%2C+%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3+ISO+5019-2%3A2018%2C+%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3+ISO+5019-5%3A2018&langbs=ua> ДСТУ ISO 5019-5:2018 Вироби вогнетривкі. Розміри. Частина 5. П'ятова цегла (ISO 5019-5:1984, IDT)
11. <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/bitstream/12345/1623/1/%D0%A6%D0%B8%D0%B1%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%20%D0%9D.%D0%9E..pdf>
12. <https://www.krefractory.com/uk/%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%96-%D1%82%D0%B8%D0%BF%D0%B8-%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B2%D1%96%D0%B2-%D1%97%D1%85-%D0%B7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%B2/>
13. <https://ua.tprefractory.com/news/design-and-application-of-refractory-materials-65379700.html>
14. Солоха І. В. Теплоізоляційні матеріали та вироби для теплових промислових агрегатів : навч. посібник / І. В. Солоха, Х. С. Бесага, І. В. Луцюк. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. – 100 с.
15. ДСТУ 2342-94 Вироби вогнетривкі та високовогнетривкі легковагі теплоізоляційні. Технічні умови.
16. <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/0b5418c2-ddae-4ba6-a5d1-c699b6201755/content>
17. <https://ukraine-oss.com/energoefektyvnist-v-umovah-vijskovogo-stanu-zhyttyeva-neobhidnist-ta-strategiya-rozvytku/>
18. <https://eir.zp.edu.ua/server/api/core/bitstreams/ab49cc0a-25dd-48ca-9e99-5340f7ee30bd/content>