

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інженерно – хімічний факультет**

**Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування**

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О.Л.Сокольський

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання»**

**зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»**

**на тему: «Лінія з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина»**

Виконав:

студент II курсу, групи ЛП-21мп

Тимофіюк Іван Олександрович \_\_\_\_\_

Науковий керівник:

ас. Олексишен Віталій Олександрович \_\_\_\_\_

Консультант з ТМ та Е:

ст. викл. Борщик Сергій Олександрович \_\_\_\_\_

Консультант з модернізації:

д.т.н., проф. Щербина Валерій Юрійович \_\_\_\_\_

Консультант з автоматизації

ст. викл. Жураковський Ярослав Юрійович \_\_\_\_\_

Рецензент:

ас. Швачко Денис Григорович \_\_\_\_\_

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

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Олександр СОКОЛЬСЬКИЙ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**

Тимофіюку Івану Олександровичу

1. Тема дисертації «Лінія з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина», науковий керівник дисертації Олексишен Віталій Олександрович, асистент, затверджені наказом по університету від «01» листопада 2023 р. № 5098-с.
2. Термін подання студентом дисертації: 23 січня 2024 року.
3. Об'єкт дослідження: барабанний млин для виробництва цементу
4. Вихідні дані: Продуктивність млина 100 т/год, діаметр барабана  $D=3,2$ м, довжина барабана 15м, число обертів млина 16 об/хв, маса кульового завантаження 140т, потужність ел.дв. 2000кВт.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації, розрахунки працездатності машини, монтаж та експлуатація обладнання, автоматизація трубного млина, стартап-проект, охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях, модернізація вузла установки та очікувані механіко-економічні показники, висновки.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу  
ЛП21мп.223533.000-70ВЗ – Трубний млин для виготовлення цементу мокрим способом.  
ЛП21мп.223535.001-70ТС – Технологічна лінія виготовлення цементу мокрим способом  
ЛП21мп.223532.002-70СК – Футерівка трубного млина  
ЛП21мп.223532.003-70СК – Модернізована футерівка трубного млина  
ЛП21мп.223532.004-70СК – Барабан трубного млина  
ЛП21мп.223535.005-70ТС – Автоматизована система управління трубного млина

ЛП21мп.223536.006-70ПЛ – Результати розрахунків в SolidWorks на міцність футерівки трубного млина

ЛП21мп.223536.007-70ПЛ – Результати розрахунків в SolidWorks на міцність модернізованої футерівки трубного млина

ЛП21мп.223536.008-70ПЛ – Порівняльний аналіз футерівки до та після модернізації

7. Орієнтовний перелік публікацій: XVIII Всеукраїнська науково-практична конференція: «Лінія для виробництва цементу з модернізацією футерівки барабанного млина»; «Лінія для виробництва цементу з модернізацією розвантажувальної решітки барабанного млина».

#### 8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Монтаж та експлуатація обладнання	Борщик С.О., ст. викл		
Автоматизація обладнання	Жураковський Я.Ю., ст. викл		
Вибір модернізації бандажу	Щербина Валерій Юрійович, д.т.н., проф.		

#### 9. Дата видачі завдання 4 вересня 2024

##### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Схема і опис машини, принцип роботи машини	20.10.2023	
2	Технологічна лінія виготовлення цементу	25.10.2023	
3	Патентно-літературний огляд та вибір двох модернізацій	13.11.2023	
4	Розрахунки працездатності машини	02.12.2023	
5	Спеціальні розділи	16.12.2023	
6	Модернізація вузла установки	20.12.2023	
7	Очікувані механіко-економічні показники	04.01.2024	
8	Висновки. Перелік посилань. Додатки	11.01.2024	

Студент

Іван ТИМОФІЮК

Науковий керівник

Віталій ОЛЕКСИШЕН

## РЕФЕРАТ

УДК 66.041.491

Магістерська дисертація на тему «Лінія з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина» / І. О. Тимофіюк. КПІ ім. Ігоря Сікорського; н. керівник асистент В. О. Олексішен. Робота містить: 125 с., 42 рис., 12 табл., 4 дод., 29 посилань.

**Об'єкт дослідження:** Барабанний млин для виробництва цементу

**Предмет дослідження:** Модифікації конструкції барабанного млина для підвищення його ефективності

**Мета роботи:** Розробка та оцінка ефективності модернізації барабанного млина з метою підвищення його продуктивності, зниження витрат енергії та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в таких аспектах:

- Розробка нових технологічних рішень для модернізації барабанного млина, які дозволяють підвищити його продуктивність, знижувати витрати енергії та зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище.
- Аналіз технічних параметрів та характеристик модернізованого барабанного млина, які підтверджують його ефективність.

**Практична цінність:** Результати дослідження мають важливе практичне значення для промислового сектора, де використовуються барабанні млини. Модернізація барабанних млинів може привести до підвищення ефективності виробництва, зниження енерговитрат і покращення екологічної безпеки. Результати дослідження можуть бути використані для розробки нових технологій та вдосконалення існуючих барабанних млинів, що сприятиме покращенню якості продукції і збільшенню конкурентоспроможності підприємств.

**Обґрунтованість:** Дослідження базується на літературному аналізі, де були враховані наукові джерела та публікації, що стосуються модернізації барабанних млинів. Крім того, використані аналітичні методи та експерименти, які дозволили здійснити аналіз технічних параметрів та оцінити ефективність модернізації.

Застосування математичного моделювання також сприяло обґрунтованості результатів та встановленню залежностей між параметрами млина.

**Достовірність результатів:** Використання наукових методів дослідження, таких як літературний аналіз, аналітичні методи, експерименти і математичне моделювання, сприяло отриманню об'єктивних та достовірних результатів. Експериментальні випробування проводилися з використанням спеціалізованого обладнання та приладів, а дані були оброблені за допомогою статистичних методів, що підвищує достовірність отриманих висновків.

БАРАБАННИЙ МЛИН, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ВИТРАТА, ЦЕМЕНТ, КЛІНКЕР, ПОДРІБНЕННЯ, ПЛИТА, РЕШІТКА, ФУТЕРІВКА.

## ABSTRACT

UDC 66.041.491

Master's thesis on the topic "Cement production line with modernization of the rotary kiln" / I. O. Timofiyuk. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute; scientific supervisor assistant V. O. Oleksyshen. The work contains: 125 pages, 18 figures, 11 tables, 2 appendices, 29 references.

**Object of research:** Rotary kiln for cement production.

**Research Subject:** Modifications of the rotary kiln design to improve its efficiency

Objective of the Work: Development and evaluation of the efficiency of modernization of the rotary kiln with the aim of increasing its productivity, reducing energy consumption and reducing the negative impact on the environment

**The scientific novelty of the obtained results lies** in the following aspects:

- Development of new technological solutions for the modernization of the rotary kiln, which allow to increase its productivity, reduce energy consumption and reduce the negative impact on the environment.
- Analysis of the technical parameters and characteristics of the modernized rotary kiln, which confirm its efficiency.

**Practical Value:** The results of the study have important practical significance for the industrial sector where rotary kilns are used. Modernization of rotary kilns can lead to increased production efficiency, reduced energy consumption and improved environmental safety. The results of the study can be used to develop new technologies and improve existing rotary kilns, which will contribute to improving the quality of products and increasing the competitiveness of enterprises.

**Justification:** The study is based on a literature review, which took into account scientific sources and publications on the modernization of rotary kilns. In addition, analytical methods and experiments were used, which allowed to analyze the technical parameters and evaluate the efficiency of modernization. The use of mathematical modeling also contributed to the substantiation of the results and the establishment of relationships between the parameters of the kiln.

**Reliability of Results:** The use of scientific research methods, such as literature analysis, analytical methods, experiments and mathematical modeling, contributed to the obtainment of objective and reliable results. Experimental tests were carried out using specialized equipment and devices, and the data were processed using statistical methods, which increases the reliability of the conclusions.

ROTARY KILN, MODERNIZATION, PRODUCTIVITY, EFFICIENCY,  
CONSUMPTION, CEMENT, CLINKER, GRINDING, PLATE, GRATE, LINING.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Умовні позначення:

D – діаметр, м;

E – модуль пружності, Па;

F – площа поперечного перерізу, м<sup>2</sup>;

L – довжина, м;

N – потужність, Вт;

n – частота обертання, об/хв;

П – продуктивність, т/год;

P – навантаження, Н;

p – тиск, Па;

Q – теплота, Дж/м<sup>3</sup>;

T – температура, °C;

U – прогин, мм;

V – швидкість, м/с;

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м<sup>2</sup>·K;

$\delta$  – товщина футерівки, мм;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·K;

$\mu$  – коефіцієнт Пуассона;

$\rho$  – щільність, кг/м<sup>3</sup>;

$\sigma$  – напруження, МПа.

## ЗМІСТ

Вступ .....	3
1 Схема і опис машини. принцип роботи машини .....	4
2 Технологічна лінія з використанням шнекового пресу .....	9
3 Літературний та патентний огляд .....	12
4 Обґрунтування запропонованої модернізації .....	20
4.1 Вибір двох модернізацій трубного млина .....	20
4.2 Обґрунтування запропонованої модернізації .....	24
5 Розрахунки, які підтверджують працездатність машини .....	26
5.1 Розрахунок числа обертів млина .....	26
5.2 Розрахунок потужності млина .....	26
5.3 Міцнісні розрахунки .....	29
5.4 Розрахунок барабана млина .....	29
5.5 Розрахунок корінних підшипників .....	33
5.6 Розрахунок на міцність цапфи млина .....	36
5.7 Розрахунки, які підтверджують працездатність машини .....	36
6 Спеціальні розділи .....	38
6.1 Монтаж та експлуатація трубного млина .....	38
6.1.1 Технологія складання футерівочного вузла .....	39
6.1.1 Технологія складання трубного млина .....	44
6.1.2 Карта змащення .....	51
6.1.3 Таблиця змащення трубного млина .....	52
6.2 Автоматизація технологічного процесу виготовлення цементу .....	53
6.2.1 Опис технологічного процесу виготовлення цементу .....	53
6.2.2 Опис функціональної схеми автоматизації .....	54
6.2.3 Основні параметри та їх характеристики для автоматизації процесу .....	59
6.3 Стартап – проєкт .....	61

<i>ЛП21мн.223536.01-70ПЗ</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розраб</i>		Тимофіюк І.		
<i>Перев</i>		Олексишен		
<i>Н. Контр.</i>				
<i>Утв</i>				
Лінія з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина				
		<i>Лім</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
		1	1	125
КПІ ім. І. Сікорського				

6.3.1	Опис ідеї стартап-проєкту .....	61
6.3.2	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту .....	63
6.3.3	Розроблення ринкової стратегії проєкту .....	67
6.3.4	Висновки.....	69
6.4	Охорона праці виробництва цементу .....	70
6.4.1.	Загальні вимоги.....	70
6.4.2.	Характеристика видів шкідливих виробничих факторів .....	70
6.4.3.	Необхідні вимоги та попередження при роботі з устаткуванням .....	71
6.4.4.	Повітря робочої зони.....	73
6.4.5.	Виробниче освітлення.....	73
6.4.6.	Електробезпека .....	74
6.4.7.	Виробничий шум .....	74
6.4.8.	Небезпека впливу частин установки, що рухаються й обертаються .....	74
6.4.9.	Пожежна безпека .....	75
6.4.10.	Практичні заходи та рекомендації.....	75
7	Модернізація вузла трубного млина.....	77
7.1	Розробка 3D-моделі базової і модернізованої частини установки.....	77
7.2	Розрахунки базового та модернізованого вузла.....	81
7.3	Висновки про працездатність модернізованої конструкції .....	86
8	Очікувані механіко-економічні показники .....	87
8.1	Збільшення продуктивності лінії.....	87
8.2	Зменшення витрат на енергію .....	87
8.3	Збільшення терміну служби .....	88
8.4	Покращення якості цементу .....	88
	Висновки.....	89
	Перелік посилань .....	91
	Додаток А. Специфікації.....	94
	Додаток Б. Копії використаних для модернізації патентів.....	112
	Додаток В. Лістинг програми.....	115
	Додаток Г. Копії власних публікацій.....	123

## ВСТУП

Основною тенденцією розвитку сучасного виробництва цементу є збільшення його економічної ефективності як завдяки удосконаленню систем управління, маркетингу так і завдяки удосконалюванню виробництва на базі наукових і дослідно-конструкторських розробок.

Основна маса цементних заводів країн СНД, працюють по мокрому способі виробництва цементу і орієнтовані на дешеве паливо. Постійне збільшення ціни на газ завдає значних збитків таким підприємствам, але перепрофілювання заводів не може бути проведене із за високої вартості, сумірній вартості нового підприємства. Ситуація усугубляється тим, що на заводах задіяна велика кількість устаткування, що характеризуються далеко не найвищими показниками ефективності. До такого устаткування відносяться трубні кульові млини, що застосовуються для помелу і усереднення шламу на стадії підготовки сировини і на кінцевій стадії – помелу цементного клінкера.

Трубні кульові млини прості в конструкції і роботі, добре зарекомендували себе в нашій країні і за кордоном, як надійне та продуктивне устаткування. Однак, процес помелу вимагає великих енерговитрат. В світі на подрібнення матеріалів витрачається до 30% всієї електроенергії, що виробляється. А отже задача збільшення енергетичної ефективності кульових млинів є актуальною.

# 1 СХЕМА І ОПИС МАШИНИ. ПРИНЦИП РОБОТИ МАШИНИ

Подрібнення матеріалів є одним з найважливіших технологічних процесів у багатьох галузях промисловості, зокрема в вугільній, металургійній, будівельній, збагачувальній, дробильно-сортувальній та енергетичній.

Одним із видів подрібнення матеріалів є помел, який дозволяє отримати частинки розміром до десятих долей міліметрів[1].

Трубні млини є одними з найпоширеніших машин для помелу цементу, скла, гіпсу, вапна та вугілля на теплостанціях. Вони відрізняються різноманітною конструкцією та принципом дії, які залежать від галузі застосування, фізико-хімічних властивостей матеріалу, що подрібнюється, та періодичності роботи.

У барабанних млинах помел матеріалів відбувається всередині порожнього обертового барабана, у який поміщуються мелючі тіла (кулі, стрижні) (рис. 1.1). При обертанні барабана мелючі тіла та матеріал (далі – «завантаження») спочатку рухаються по круговій траєкторії, а потім, відриваючись від стінки, падають по параболі. Помел матеріалу здійснюється в результаті стирання при відносному переміщенні куль і часток матеріалу, а також в результаті удару куль по матеріалу при падінні з висоти.

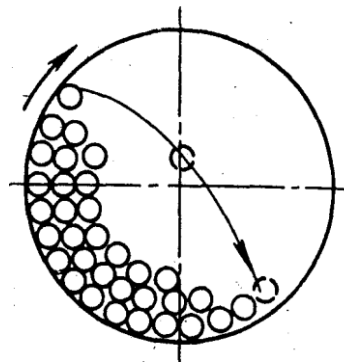


Рис. 1.1 – Схема подрібнення матеріалу в барабанних млинах

Продуктивність млинів визначається їхнім обсягом і часом помелу. Обсяг млинів залежить від виду матеріалу, що подрібнюється, і тонкості помелу. Питоме завантаження млинів становить 0,35–0,45 об'єму барабана.

Конструкція млинів складається з наступних основних вузлів (рис. 1.2):

1. Сталевий зварений барабан, що зсередини футерований бронеплитами.

2. Привід млина.
3. Корінні підшипники ковзання.
4. Розвантажувальна частина.
5. Розвантажувальний бункер.
6. Завантажувальна частина.
7. Система змащування та охолодження.
8. Система подачі ПАМ.
9. Система автоматичного керування.

Матеріал подається в млин елеваторами в приймач завантажувальної частини. Далі з допомогою шнека через завантажувальну цапфу матеріал транспортується в барабан. По дорозі до барабана в матеріал може додаватися вода, ПАМ та інші добавки. В барабані матеріал подрібнюється за допомогою мелючих тіл. Частки допустимого розміру виходять через діафрагму в розвантажувальну цапфу, де з допомогою шнека доставляються в розвантажувальний бункер. У розвантажувальному бункері знаходиться сортовочне сито, яке відсіває матеріал потрібної крупності. Відсортований матеріал елеваторами транспортується в зону збереження[2].

Барабан є головним вузлом і найбільш важливою частиною млина. Він складається з корпусу, що представляє собою сталеву зварену конструкцію. Після зборки барабан являє собою нероз'ємну конструкцію. У корпусі знаходяться люки, які закриваються кришками.

Ознайомитись із трубним млином та принципом його дії можна за посиланням [3].

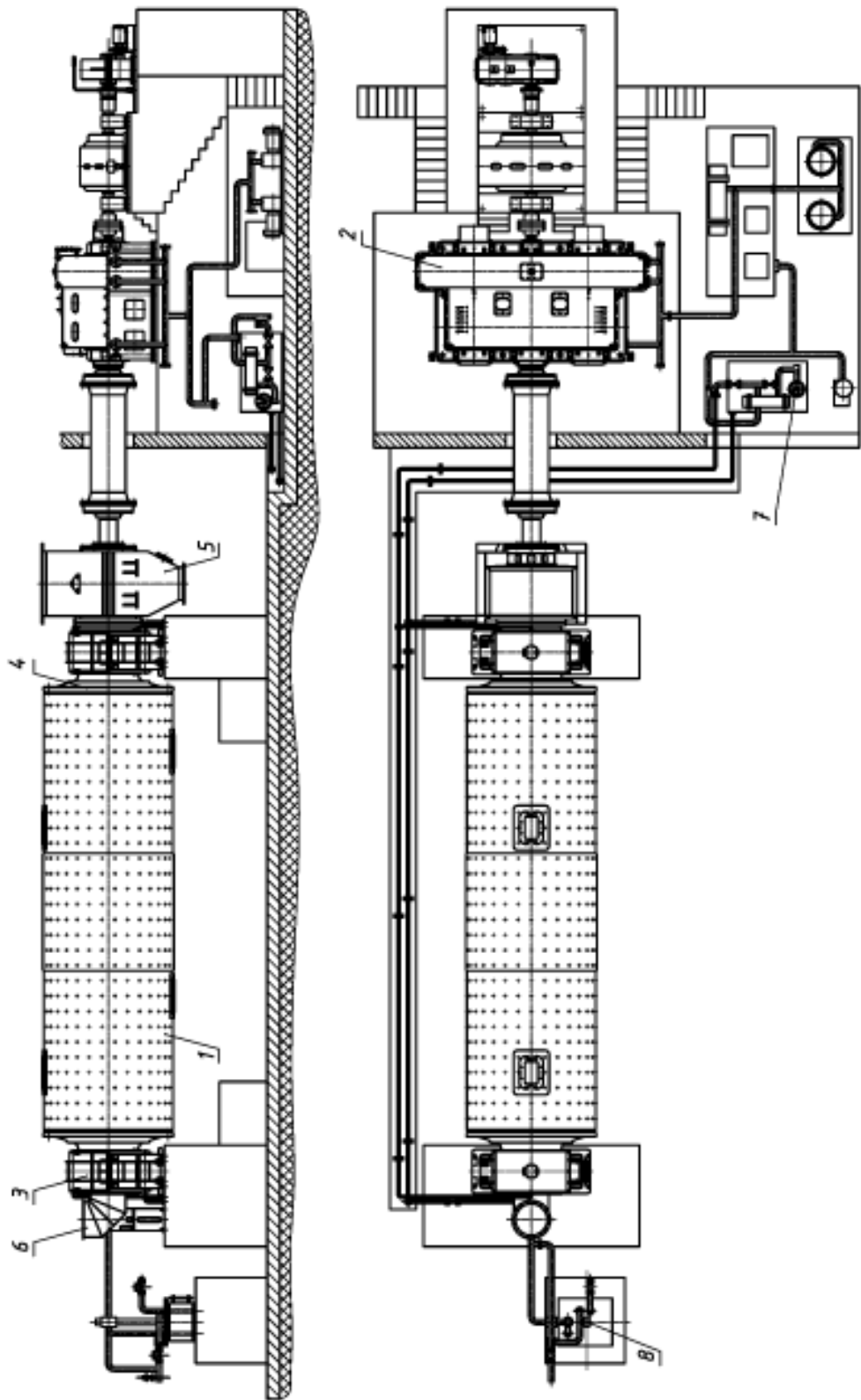


Рис. 1.2 – Трубный млин

Внутрішня поверхня барабана млина облицьовується футерівкою, яка складається з броньових плит. Броньові плити мають спеціальні впадини для сполучення зі змінними ліфтерами (рис. 1.3).

Залежно від умов роботи й типів млинів застосовують наступні профілі броньових плит[4]:

- Ступінчасті плити (рис. 1.3, а). Вони мають підвищену зносостійкість, але меншу міцність.
- Хвилясті плити з болтовим (рис. 1.3, б) і безболтовим кріпленням (рис. 1.3, в). Вони мають підвищену міцність і зносостійкість.
- Каблучкові плити (рис. 1.3, г). Вони мають найвищу міцність і зносостійкість, а також підвищене зчеплення з матеріалом.

Конструкція плит повинна забезпечувати легку заміну броньових плит. Для зниження шуму між корпусом і плитами укладають гумові прокладки.

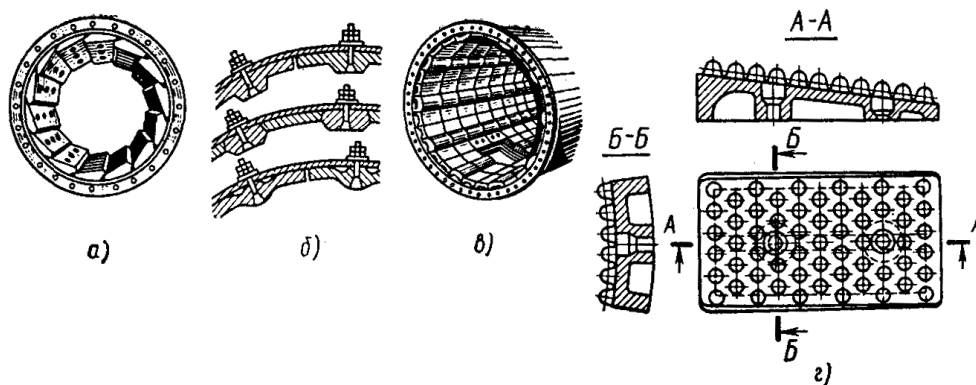


Рис. 1.3 – Бронеплити

Кріплення бронеплит здійснюється болтами з потайними голівками. Для ущільнення болтових з'єднань використовуються кільця з технічної гуми, а також спеціальні шайби.

До корпуса барабана прикріплені опорні цапфи, за допомогою яких він встановлюється в корінні підшипники.

Бронеплити кріпляться до барабана млина болтами з потайними голівками. Для ущільнення болтових з'єднань використовуються кільця з технічної гуми, а також спеціальні шайби.

До корпусу барабана прикріплені опорні цапфи, за допомогою яких він встановлюється в корінні підшипники.

Технічна характеристика базової машини наведена в таблиці 1.1[5].

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика базової машини

Продуктивність млина	100 т/год
Діаметр барабана	3,2 м
Довжина барабана	15 м
Частота обертання млина:	
від головного двигуна	16 об/хв
від допоміжного	0,149 об/хв
Крутний момент на осі млина (розрахунковий):	
від головного двигуна	1842 кН·м
від допоміжного	2030 кН·м
Електродвигун:	
тип	СДН-20-49-60
потужність	2000 кВт
частота обертання	100 об/хв
крутний момент	61425 Нм
Електродвигун допоміжний:	
потужність	20 кВт
частота обертання	735 об/хв
крутний момент	534 Нм
Передатне відношення:	
головного редуктора	30,856
допоміжного редуктора	159,42
Сумарне передатне відношення:	
головного редуктора	33,474
допоміжного редуктора	5336,48
Коефіцієнт корисної дії:	
головного редуктора	0,95
допоміжного редуктора	0,91
Сумарний крутний момент на осі млина ел. дв.	
головного привода	1953,3 кНм
допоміжного привода	2588,9 кНм

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ШНЕКОВОГО ПРЕСУ

Основною сировиною для виробництва цементу служать легкоплавкі і тугоплавкі глини, а також різні технологічні і пластифікуючі добавки.

На рис. 2.1 представлена схема технологічного комплексу

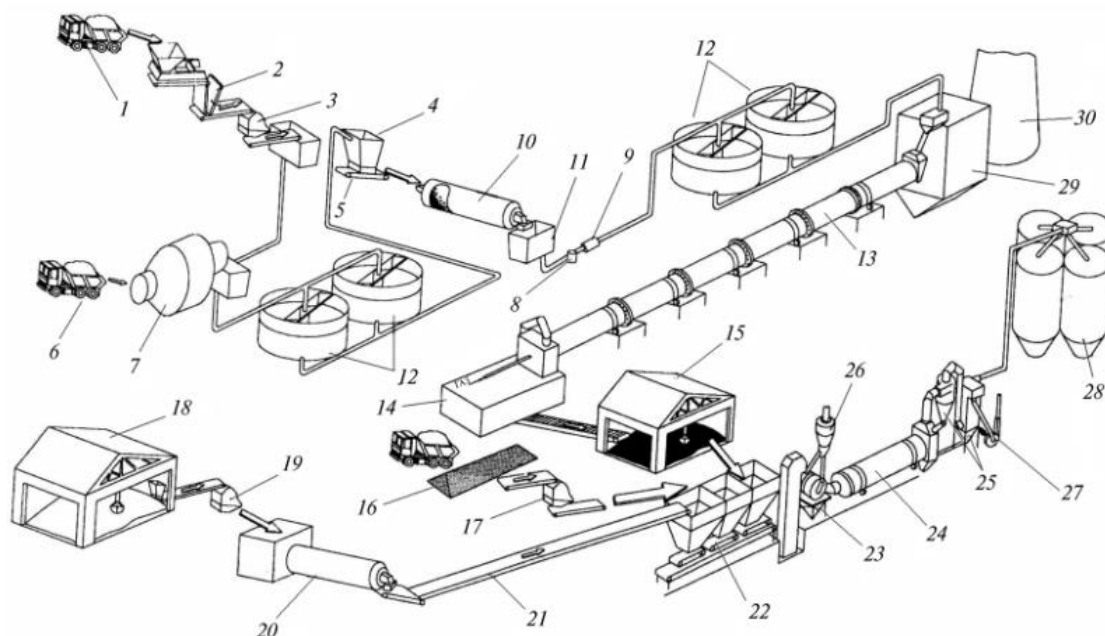


Рисунок 2.1 – Схема технологічного комплексу для виробництва цементу  
1 – автотранспорт; 2 – щоква дробарка; 3, 17, 19 – молоткові дробарки;  
4 – бункер; 5 – дозатор, 6 – транспорт; 7 – млин «Гідрофол»; 8 – насос;  
9 – дозатор; 10 – млин сировинного помелу; 11 – бункер; 12 – шламбасейн;  
13 – обертова піч; 14 – колосниковий холодильник; 15 – склад клінкеру;  
16 – склад гіпсу; 18 – склад добавок; 20 – сушильний барабан; 21 – стрічковий  
конвеєр; 22 – бункер-дозатор; 23 – передподрібнювач; 24 – млин помелу клінкеру;  
25, 26 – система очищення повітря; 27 – вентилятор; 28 – силосний склад;  
29 – електрофільтр; 30 – димохідна труба

Сировина для виробництва цементу видобувається в кар'єрах заводів. Звідти вона доставляється на склад сировинного цеху, де зберігається в бункерах і силосах. До сировини додають залізовмісні добавки, які підвищують її міцність.

Крейда і глина подрібнюються та розмучуються в млині «Гідрофол». Цей млин є барабанним, і в його середині знаходяться мелючі тіла, які подрібнюють

матеріал за допомогою тертя. Далі сировина змішується з водою в глиномішалці. Утворений глиняний шлам подається в млин «Гідрофол», де до нього додають ще воду. Отриманий сировинний шлам має вміст води близько 40%. Він відкачується з млина, просівається через сито і подається в сировинний млин.

У сировинному млині сировинний шлам подрібнюється до часток розміром 200 мкм. Потім він надходить у вертикальні шламові басейни. У них відбувається коригування складу сировини шляхом додавання шламів з більшим або меншим вмістом компонентів. Це робиться для того, щоб сировинна суміш мала оптимальний склад для подальшого випалювання. Також існує потокове коригування, при якому готують два шлами, що відрізняються за складом та коефіцієнтом насичення. Коригування складу досягається змішуванням компонентів у необхідному співвідношенні.

З вертикальних шламових басейнів сировинний шлам перекачується у горизонтальні басейни. Після перевірки складу шламу він подається на шламовий живильник печі, що обертається. У печі сировинна суміш нагрівається до температури 1350 °С і перетворюється на клінкер. Цей процес триває близько 2 годин.

Вихідний з печі клінкер охолоджується до температури 200 °С у колосничному холодильнику. Потім він надходить на склад відкритого типу, де зберігається до помелу.

До клінкеру додають гіпсовий камінь. Гіпс уповільнює захоплення цементу, що дозволяє регулювати час його твердіння. У цементному млині суміш подрібнюється до розміру частинок 50-100 мкм. Готовий цемент надходить у цементні склади.

При мокрому способі виробництва цементу сировина подрібнюється за допомогою води. Це полегшує процес подрібнення, забезпечує однорідність суміші та покращує санітарно-гігієнічні умови праці. Однак цей спосіб має недоліки, пов'язані з витратою теплоти на випаровування води.

Сировинний цех цементного заводу є одним з найбільших і найважливіших цехів. У ньому відбувається підготовка сировини до випалювання.

Крейду і глину для виробництва цементу видобувають у кар'єрах. Це можуть бути місцеві кар'єри, розташовані поблизу цементного заводу, або кар'єри, розташовані в інших регіонах країни.

Залізовмісні добавки можуть бути природними або штучними. Природні добавки отримують з відходів металургійного виробництва, а штучні добавки виробляють з мінеральної сировини.

Гіпсовий камінь для виробництва цементу видобувається в кар'єрах. Він є природним мінералом, який складається з гідрату сульфату кальцію.

Цементний млин є одним з найважливіших агрегатів цементного заводу. У ньому відбувається подрібнення цементу до потрібної крупності.

### 3 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

З метою проведення модернізації млина був виконаний літературний і патентний огляд питання, тобто було переглянуто ряд винаходів і літературних джерел з метою проведення модернізації кульового млина.

В результаті аналізу конструкції шарового млина були виявлені такі недоліки як високі витрати енергії, високе зношення конструкційних елементів, так при роботі барабанних млинів, під впливом частих ударів, зношується футерівка, завантажувальні й розвантажувальні кришки, міжкамерна перегородка й ін., модернізацію яких доцільно було б провести.

Для розгляду варіанту модернізації знайдено технічні рішення, які мають свої особливості, переваги та недоліки.

В [6] запропоновано футерівку, яка встановлена на корпусі, що обертається, рівнорозташовані по його внутрішній поверхні однакові поздовжні металеві ліфтери, деформовані футерувальні плити з пружного матеріалу, укладені між ліфтерами з натягом і знаходяться в щільному контакті з внутрішньою поверхнею обертового, утримуючі футерувальні плити з пружного матеріалу в деформованому стані, внутрішньої поверхні корпусу штифтів зі сферичними головками та передбачених у футерувальній плиті з боку її поверхні, що підлягає контактуванню з внутрішньою поверхнею корпусу барабанного млина, відповідних їм сферичних гнізд із запірним отвором. ним, що охоплює сферичну голівку штифта.

Пропонований пристрій працює в такий спосіб. Шаровий млин працює наступним виразом. У корпус 1 з ліфтерами 2 та встановленими футерівочними плитами 3 завантажують, наприклад, суміш, тобто, руду що підлягає помолу, та тіла, що мелють, - шари. При обертанні млина суміш за рахунок центральних сил і бічних площин ліфтерів 2 піднімається на певну висоту і скочується вниз по поверхні вхідного корпусу 1, подрібнившись за рахунок ударів та стирання. Засобами для утримання футерувальних плит у деформованому стані виконані у вигляді жорстко укріплених на внутрішній поверхні корпусу штифтів 4 .

Технічне рішення представлено на рисунку 3.1.

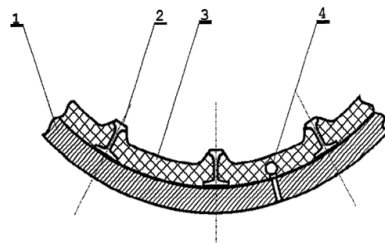


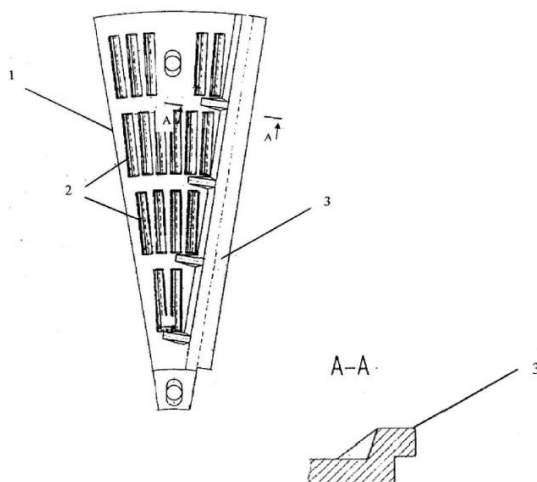
Рисунок 3.1 – Поперечний переріз шарового млина.

Технічним результатом є збільшення в 2-2.5 разів зносостійкість футерівки.

Винахід [7] запропоновано вирішення технічної задачі, яка досягається за рахунок того, що в розвантажувальній решітці барабанного млина, що містить з'єднані між собою сектори розвантажувальної решітки у вигляді металевих пластин, кожен з яких має розвантажувальні щілини у вигляді наскрізних отворів і розсікачі, новим є те, що як розсікачі використовуються ліфтери, забезпечені поперечними ребрами жорсткості, при цьому корпус сектора розвантажувальної решітки та ліфтери з ребрами жорсткості виконані у вигляді монолітного виробу.

Корисну модель доповнюють приватні ознаки, що сприяють досягненню технічного результату. Так сектори розвантажувальної решітки з'єднані між собою за рахунок прикріплення болтовим з'єднанням зовнішнього радіусу секторів до розвантажувальної кришки, а по внутрішньому радіусу - діафрагми розвантажувальної частини

Технічне рішення представлене на рисунку 3.2



1 – корпус сектору розвантажувальної решітки; 2 – розвантажувальні щілини решітки; 3 – ліфтери.

Рисунок 3.2 – Конструкція решітки

Технічним результатом винаходу є ефективно розвантаження млина шляхом збільшення пропускної спроможності решітки за рахунок підвищення концентрації подрібненого «кондиційного» матеріалу в шарі, що належить до ґрат, через зменшення виносу його ліфтерами та збільшення виносу ними з цього шару «некондиційного» матеріалу та зношених тіл, що мелють; збільшення періоду служби ґрат (загалом на 3000 - 4000 год.). У конструкції виключені всі точки надмірного зносу внаслідок абразивного впливу на плоску поверхню секторів решітки, отже, передбачається, що термін служби буде значно більшим; переобладнання млинового парку без додаткових витрат. Нові розвантажувальні ґрати можна легко встановити на існуючі млини, не виконуючи додаткове доопрацювання.

Винахід [8] відноситься до футерівочних плит. Поставлене завдання вирішується тим, що:

1. Футерування барабана млина, що містить плити з еластичного матеріалу, розташовані на внутрішній поверхні барабана млина, що мають поздовжні бічні заглиблення, в яких встановлені ліфтери у вигляді бруса з еластичного матеріалу, який містить рівну та скошену бічні поверхні та металеву арматуру, сполучену з матеріалом бруса за допомогою вулканізації, та кріпильні елементи для з'єднання металевої арматури ліфтера з корпусом барабана з одночасним притисканням плит до внутрішньої поверхні барабана млина, що відрізняється тим, що плити мають робочу поверхню, яка містить дві ділянки, розташовані під кутом  $\alpha$  в межах  $0^\circ \dots 15^\circ$  до горизонтальної площини, при цьому довжина похилої ділянки  $b$  дорівнює  $0,5 \dots 0,9 L$ , де  $L$  - ширина робочої поверхні плити, при цьому ліфтер виконаний з еластичного матеріалу, який має умовну міцність на розрив на  $2 \dots 7$  одиниць вище, ніж умовна міцність на розрив матеріалу плит, ліфтер має металеву арматуру, що включає профіль U-подібного перерізу та смугу, при чому профіль, ширина якого дорівнює  $0,4 \dots 0,5 A$ , де  $A$  - ширина ліфтера, виготовлений з листового прокату товщиною  $5 \dots 8$  мм або швелера, розташований нижче смуги та виступає за межі нижньої поверхні ліфтера на величину  $F$ , яка знаходиться в межах  $15 \dots 25$  мм, висота профілю  $d$  знаходиться в межах  $20 \dots 30$  мм, при цьому профіль має поздовжні глухі вирізи на горизонтальній

поверхні. обох кінців, а смуга виготовлена з листового прокату товщиною 5...10 мм. краї, які підігнуті у площині поперечного перерізу металевої арматури під кутом  $0^{\circ}$ ... $15^{\circ}$ , при цьому відстань  $h$  між нижньою поверхнею смуги ребром двогранних кутів основи знаходиться в межах 5...12 мм, а ширина К-смуги становить 0,5...0,9  $A$ , де  $A$  - ширина ліфтера, яка виконана в межах 100...140 мм, при цьому висота  $H$  ліфтера виконана в межах 100-140 мм.

2. Футерування барабана млина по п.1, відрізняється тим, що ліфтер встановлений таким чином, що кут  $\beta$  між ділянкою робочої поверхні плити, розташованої під кутом  $\alpha$ , та бічною поверхнею ліфтера становить не менше  $90^{\circ}$ .

3. Футерування барабана млина по п.1, відрізняється тим, що відстань  $G$  від краю робочої поверхні плити до верхнього краю бічної поверхні ліфтера і близько 10...40 мм.

4. Футерування барабана млина по п.1, відрізняється тим, що профіль виготовлений зі швелера №6,5.

Ідея технологічного рішення представлена на рис. 3.3,

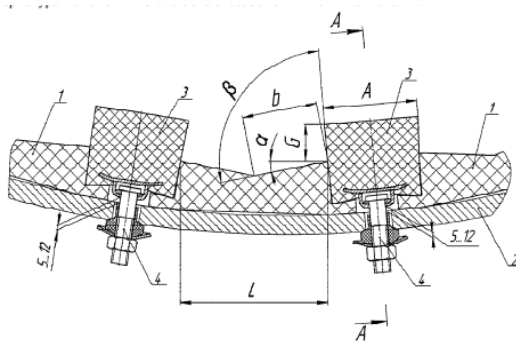


Рисунок 3.3 – Модернізація футерівки

Технічним результатом, є підвищення якості помолу, зменшення зношування футерівки.

Винахід [9] відноситься до футерівки кульового млина. Елемент містить закріплені на внутрішній поверхні барабана пружні футерувальні плити також армовані. і ліфтери пластини виконані з базальтопластика, при цьому зовнішній орієнтований всередину барабана шар кожної футерівочної плити і кожного ліфтера включає як наповнювач корундову крихту.

Футерування барабанного млина містить закріплені на внутрішній поверхні барабана 1 пружні футерувальні плити 2 також армовані, які як і пластини 4 виконані з базальтопластика, а зовнішній, орієнтований всередину барабана 1, шар кожної кожної футерівочної плити 2 і кожного ліфтера 3 включає в якості наповнювача корундову крихту 7.

Технічне рішення зображено на рисунку 3.4.

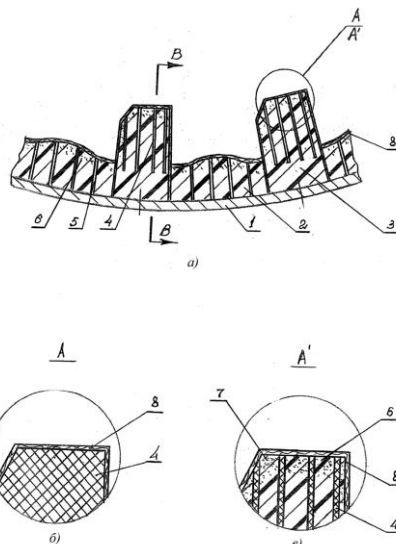


Рисунок 3.4: а – фрагмент поперечного розрізу барабану з футерівкою;

б – вигляд А; б' – вигляд А'

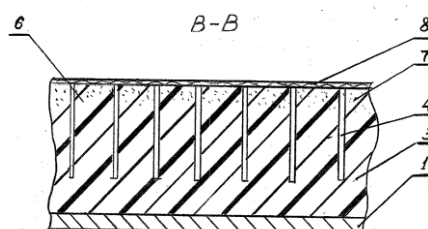


Рисунок 3.5 – Розріз В-В

Армуючі пластини 4 і 5 виконані з базальтопластика на основі епоксидного або поліуретанового сполучного, армованого базальтовим волокном та/або напівфабрикатами з нього, такими як джгути, стрічки, препрег, тканина і т.п.

Додатково робоча, орієнтована всередину барабана 1, поверхня футерувальних плит 2 і ліфтерів 3 може бути покрита жорстко пов'язаною з нею базальтовою тканиною 8. футерівочні плити 2 і ліфтери 3 можуть бути виконані з

гуми на основі натурального або синтетичних каучуків і наповнювач 7 введені та закріплені в ній у процесі вулканізації.

Елементи з базальту і базальтопластиків крім високих показників міцності і твердості характеризуються також високим ступенем зносостійкості, високою стійкістю до впливу агресивних середовищ, теплостійкістю і негорючістю, тому їх використання дозволить підвищити довговічність футерівки.

В основу технічного рішення [10] покладено задачу вдосконалити футерівку кульового млина для дроблення продукції з сировинної маси, у якій нове конструктивне виконання її футерівки забезпечує швидку заміну зношеного елемента, що істотно підвищує термін експлуатації барабану та продуктивність в цілому.

Поставлена задача вирішується тим, що футерування барабанного млина, що містить з'єднані вздовж барабана плити, виконані з еластомірного матеріалу, у яких верхні частини утворюють хвильову робочу поверхню футерування і забезпечені частково завулканізованими металевими шипами, а нижні частини мають за допомогою кріпильних елементів з барабаном млина, згідно винаходу верхні частини кожної плити має форму трапеції, передня, середня і задня грані якої утворюють синусоїдальну хвильову робочу поверхню футерівки, при цьому металеві шипи виконані у вигляді паралелепіпедів, завулканізовані у згадані передні та верхні грані розташовані під гострим кутом до осі барабана, причому по периметру завулканізованої частини шипів виконані пази, заповнені еластомірним матеріалом плит, а при основі шипів виконані по два циліндричні пальці, пропущених в отвори вставної арматури так, що простір між основами шипів та вставною арматурою заповнено еластомірним матеріалом плит.

Ідея технічного рішення представлена на рисунках 3.6-3.13.

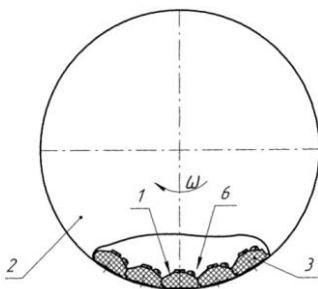


Рисунок 3.6 – Футерівка трубного кульового млина

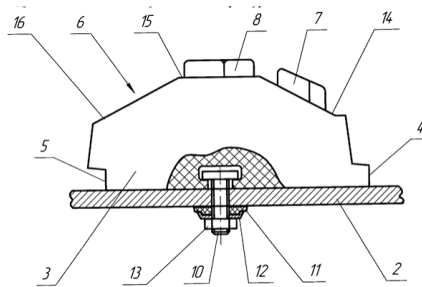


Рисунок 3.7 – Кріплення плити футерівки до барабану, вигляд збоку

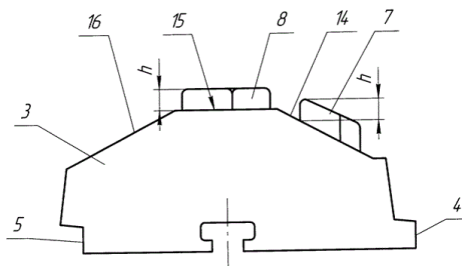


Рисунок 3.8 – Плита футерівки, вигляд збоку

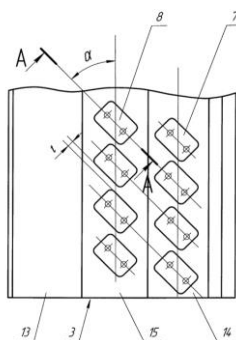


Рисунок 3.9 – Плита футерівки, вигляд зверху

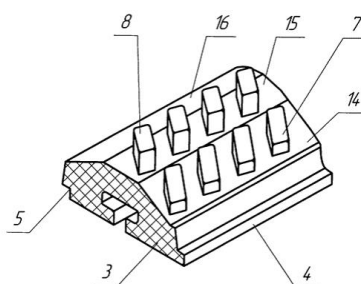


Рисунок 3.10 – Плита футерівки, аксонометрія

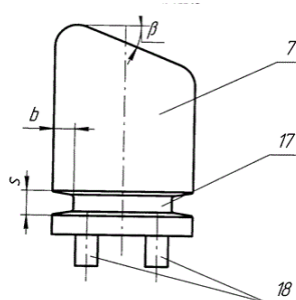


Рисунок 3.11 – Модифікація шипа №1

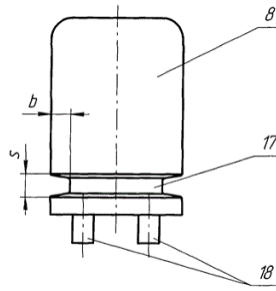


Рисунок 3.12 – Модифікація шипа №2

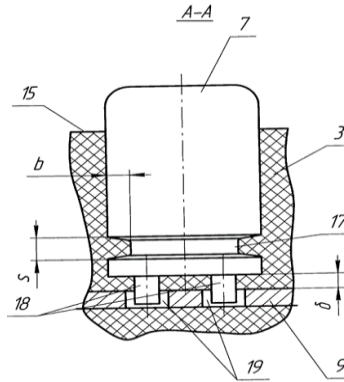


Рисунок 3.13 – Розріз А-А

Перелік позначень:

1. Футерівка; 2. Барабан; 3. Плита; 4. Виступ плити 3 ;5. Паз плити 3 ;6. Хвильова робоча поверхня футерування барабанного млина; 7. Металевий шип (модифікація 1) ;8. Металевий шип (модифікація 2); 9. Установча арматура плити 3; 10. Болт; 11. Втулка; 12. Шайба; 13. Гайка; 14. Передня грань плити 3; 15. Середня грань плити 3; 16. Задня грань плити 3; 17. Трапецієподібний паз шипа 7, 8; 18. Циліндричний палець шипа 7, 8; 19. Отвір установки арматури 9 плити 3

Запропонована модернізація футерівки поліпшує ефективність подрібнення шматкового матеріалу, зменшення кількості шипів та підвищення надійності з'єднання завулканізованої частини шипів з еластомерним матеріалом плит футерування, та продовження терміну служби барабану млина.

## 4 ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

### 4.1 Вибір двох модернізацій трубного млина

Проаналізувавши існуючі технічні рішення, було виявлено поодинокі недоліки.

Для винаходу [6] це велика вартість модернізації, при великому допрацюванні барабану. Для [7] це велика кількість часу для встановлення на барабан млина, так як складається з секцій. Винахід [8] має складний процес виготовлення та встановлення на барабан, при малому зменшенню довговічності елементу. Для [9] велика вартість модернізації при незначному підвищенні продуктивності.

Для уникнення цих недоліків та виконання поставленої задачі щодо модернізації обладнання, було вирішено запропонувати варіант вдосконалення конструкції кульового млина [11] та [12].

Корисна модель [11] відноситься до елементів конструкції кулевих млинів або млинів самоздрібнювання і може використовуватись в гірничозбагачувальній, металургійній, будівельній, хімічній і інших галузях промисловості.

Ця футерівка містить плити з еластичного матеріалу, що встановлені на внутрішній поверхні барабана і мають повздовжні заглиблення біля повздовжніх кромки плит, в яких встановлені ліфтери у вигляді брусів з еластичного матеріалу з захоплювальними елементами, які заформовані в брус ліфтерів, за допомогою яких ліфтери кріпильними елементами прикріплені до барабана з притиском плит. Крім того захоплювальні елементи брусів ліфтерів виконані у вигляді пар Г-подібних елементів в перерізі, що розташовані дзеркально і мають перемички між ними, на яких виконана різь, боки Г-подібних елементів з боку барабана пропущені між повздовжніми кромками плит і оперті в барабан, а в різь перемичок вкручені кріпильні елементи.

В основу корисної моделі покладено задачу - підвищити надійність футерівки млина за рахунок полегшення встановлення футерівки.

Поставлена задача вирішується тим, що в футерівці млина, яка містить плити з еластичного матеріалу, що встановлені на внутрішній поверхні барабана, і мають повздовжні заглиблення біля повздовжніх кромek плит, в яких встановлені ліфтери у вигляді брусів з еластичного матеріалу з захоплювальними елементами, які заформовані в брус ліфтерів, за допомогою яких ліфтери кріпильними елементами прикріплені до барабана з притиском плит, у відзнаку від найближчого аналога - захоплювальні елементи з боку ближньої ділянки внутрішньої поверхні барабана виконані з двома повздовжніми пластинами, що розташовані в загальній площині з утворенням паза між ними, при цьому кріпильні елементи пропущені крізь пази між пластинами.

Для виключення перетиску матеріалу плит - частина захоплювальних елементів з боку згаданих пазів може бути випущена з брусів ліфтерів, пропущена між повздовжніми кромками плит і уперта у внутрішню поверхню барабана.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю ознак корисної моделі і технічним результатом, якого можна досягти, полягає у наступному.

У відзнаку від найближчого аналога, те, що на футерівці млина захоплювальні елементи з боку ближньої ділянки внутрішньої поверхні барабана виконані з двома повздовжніми пластинами, що розташовані в загальній площині з утворенням паза між ними, при цьому кріпильні елементи пропущені крізь пази між пластинами - дозволило забезпечити складання футерівки без підгонки кріпильних отворів на барабані. Це підвищує надійність футерівки млина.

На рисунку 3.13 зображено у поперечному перерізі барабана млина ділянку футерівки млина.

Футерівка млина містить плити 1 з еластичного матеріалу, наприклад - з гуми, що встановлені на внутрішній поверхні барабана 2. Плити мають повздовжні заглиблення 3, біля повздовжніх кромek 4 плит, в яких вставлені ліфтери 5 у вигляді брусів з еластичного матеріалу. Ліфтери мають захоплювальні елементи 6, які заформовані в брус ліфтерів, за допомогою яких ліфтери кріпильними елементами 7 прикріплені до барабана з притиском плит. Захоплювальні елементи 6 з боку ближньої ділянки внутрішньої поверхні барабана 2 виконані з двома повздовжніми пластинами 8, що розташовані в загальній площині з утворенням паза 9 між ними.

Кріпильні елементи 7 пропущені крізь пази 9 між пластинами 8. Частина 10 захоплювальних елементів 6 з боку пазів 9 випущена з брусів ліфтерів 5, пропущена між повздовжніми кромками 4 плит 1 і уперта у внутрішню поверхню барабана 2.

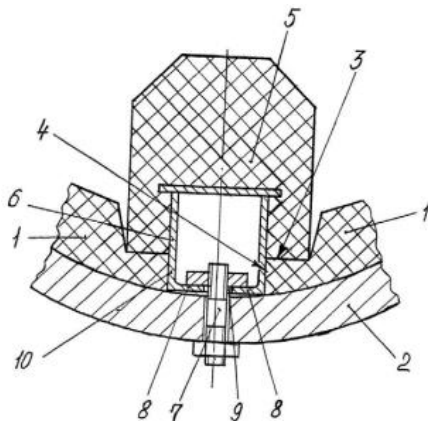


Рисунок 4.1 – Поперечний переріз барабана млина з ділянкою футерівки

В процесі роботи млина матеріал в обертовому барабані 2 захоплюється брусами ліфтерів 5 разом з кулями, або без них - в залежності від технології подрібнювання - підіймається на деякий кут і спадає вниз на шар матеріалу, що знаходиться на плитах 1, внаслідок чого матеріал подрібнюється.

При складанні футерівки коливання розмірів між кріпильними отворами на барабані 2 на встановлення ліфтерів 5 з кріпильними елементами 7 не впливає так як це коливання розмірів компенсується пазами 9 між пластинами 8. Частина 10 захоплювальних елементів 6 з боку пазів 9, що пропущена між повздовжніми кромками 4 плит 1 і уперта у внутрішню поверхню барабана 2 перешкоджає перетиску плит в зоні заглиблень 3. Все це підвищує надійність футерівки млина.

Корисна модель [12] належить до розвантажувальних решіток барабанних млинів і може бути використана в гірничорудній, будівельній, хімічній та інших галузях промисловості.

Технічною задачею, що вирішується заявленою корисною моделлю, є збільшення терміну служби розвантажувальної решітки, підвищення продуктивності млина, збільшення живого перерізу решітки.

Цей технічний результат вирішується тим, що розвантажувальні щілини знаходяться нижче рівня поверхні решітки в западинах конічної форми.

Загальними ознаками продукту, що заявляється, є сектори із щілинами, які розташовані рядами до осі сектора, щілини в кожному ряду паралельні між собою і перпендикулярні щілинам суміжного ряду, на секторах виконані розсікаючі западини, розміщені між рядами щілин.

Відмінною ознакою продукту, що заявляється є те, що розвантажувальні щілини знаходяться нижче рівня поверхні решітки в западинах конічної форми.

Отже корисна модель, що заявляється, відповідає критерію "новизна".

Суть корисної моделі, що заявляється, не впливає явно з відомого авторам рівня техніки.

Сукупність ознак, що характеризують відомі рішення, не забезпечують досягнення нових результатів і тільки наявність перерахованих вище відмінних ознак забезпечує одержання нового, більш високого технічного результату.

Корисна модель пояснюється графічно, де на рисунку 3.14 зображено сектор розвантажувальної решітки, на рисунку 3.15 - переріз щілини. Розвантажувальна решітка складається із секторів 1 зі щілинами 2, розташованими під кутом до осі сектора. На секторі 1 щілини 2 розташовані рядами, до того ж в кожному ряду щілини 2 паралельні одна одній і перпендикулярні щілинам 2 суміжного ряду. Сектори розвантажувальної решітки кріпляться за допомогою гвинтів, для чого в кожному секторі виконані отвори 3.

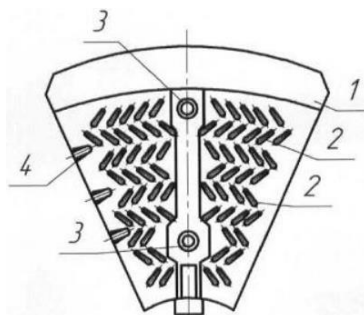


Рисунок 4.2 – Сектор розвантажувальної решітки

На секторах 1 виконані розсікаючі западини 4, розміщені між рядами щілин 2. Розвантажувальні щілини 2 знаходяться нижче рівня поверхні решітки в западинах конічної форми 5.

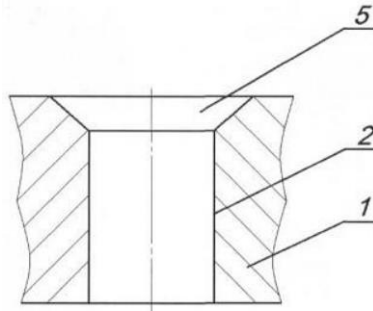


Рисунок 4.3 – Переріз щілини

Робочий процес відбувається наступним чином. В процесі обертання барабанного млина, його торцеві стінки, зокрема розвантажувальна решітка, сприймають постійний натиск великого об'єму подрібнюваного матеріалу.

Знаходячись під дією відцентрової сили, тертя і підйомної сили, подрібнений матеріал піднімається вгору з наступним переміщенням донизу.

Розвантаження барабанного млина здійснюється шляхом подачі подрібненого матеріалу крізь щілини секторів. Розвантажувальні щілини знаходяться нижче рівня поверхні решітки в западинах конічної форми, що виключає забивання щілин секторів.

В результаті чого досягається висока продуктивність, самоочищення секторів розвантажувальної решітки, збільшується термін служби розвантажувальної решітки

Запропонована корисна модель може бути багаторазово відтворена і використана у вигляді розвантажувальної решітки барабанного млина і може знайти широке застосування в гірничорудній, будівельній, хімічній та інших галузях промисловості.

## 4.2 Обґрунтування запропонованої модернізації

У результаті патентно-літературного огляду обрано патенти [11] та [12], за якими пропонується модернізувати футерівку та розвантажувальну решітку барабанного млина.

Основна модернізація [12] полягає в тому, що для підвищення надійності футерівки млина за рахунок полегшення встановлення футерівки, яка містить

плити з еластичного матеріалу, що встановлені на внутрішній поверхні барабана, і мають повздовжні заглиблення біля повздовжніх кромek плит, в яких встановлені ліфтери у вигляді брусів з еластичного матеріалу з захоплювальними елементами, які заформовані в бруси ліфтерів, за допомогою яких ліфтери кріпильними елементами прикріплені до барабана з притиском плит, захоплювальні елементи з боку ближньої ділянки внутрішньої поверхні барабана виконані з двома повздовжніми пластинами, що розташовані в загальній площині з утворенням паза між ними, при цьому кріпильні елементи пропущені крізь пази між пластинами. Для виключення перетиску матеріалу плит - частина захоплювальних елементів з боку згаданих пазів може бути випущена з брусів ліфтерів, пропущена між повздовжніми кромками плит і уперта у внутрішню поверхню барабана.

Модернізація [12] полягає в тому, що збільшення терміну служби розвантажувальної решітки, підвищення продуктивності млина, збільшення живого перерізу решітки вирішується тим, що розвантажувальні щілини знаходяться нижче рівня поверхні решітки в западинах конічної форми. В результаті чого досягається висока продуктивність, самоочищення секторів розвантажувальної решітки, збільшується термін служби розвантажувальної решітки.

## 5 РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ МАШИНИ

### 5.1 Розрахунок числа обертів млина

Мета розрахунку: визначити кількість обертів млина

Число обертів млина визначається по формулі, об/хв[13]

$$n = K \frac{42,2}{\sqrt{D}}$$

де  $K$  – коефіцієнт, що враховує яку частину критичного числа обертів становить дійсне число обертів млина (для млинів з діаметром барабана більше 3 м становить 0,7...0,75);

$D$  – діаметр млина.

$$n = 16,513 \text{ об/хв.}$$

Дійсне число обертів млина від головного привода, становить:

$$n = \frac{n_{\text{эл.дв}}}{i_{\text{ред}}} = \frac{500}{30} = 16,667 \text{ хв}^{-1}$$

### 5.2 Розрахунок потужності млина

При роботі барабанних млинів енергія витрачається на підйом куль і надання їм кінетичної енергії, тому що після падіння куль їхня окружна швидкість дорівнює нулю і кулі доводиться втягувати в рух на кожному циклі.

Маса куль визначається по формулі, кг

$$m_{\text{ш}} = \varphi \mu \gamma \pi R^2 L,$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт заповнення завантаженням барабана ( $\varphi = 0,3$ );

$\mu$ - коефіцієнт пустотілості завантаження ( $\mu \approx 0,57$ );

$\gamma$  – щільність тіл, що мелють (для сталевих куль  $\gamma = 7800 \text{ кг/м}^3$ );

$L$  - довжина млина, м.

Для розрахункового млина

$$m_{\text{ш}} = 140124.27 \text{ кг.}$$

Масу матеріалу, що подрібнює, приймаємо рівної 0,14 від маси тіл, що мелють

$$m_{\text{и.мат}} = 19617.40 \text{ кг.}$$

Тоді маса завантаження складе

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{ш}} + m_{\text{и.мат}} = 159741.67 \text{ кг.}$$

Робота, затрачена на підйом завантаження, Дж

$$A_1 = m_{\text{заг}} g u_B,$$

де  $m_{\text{заг}}$  – маса завантаження, кг ;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$u_B$  – висота підйому куль, м.

Всі шари завантаження, що рухаються на своїх радіусах, заміняємо одним фіктивним шаром, що рухається на відстані радіуса інерції  $R_0$  від центра млина

$$R_0 = \sqrt{\frac{R^2 + R_1^2}{2}},$$

де  $R$  і  $R_1$  – внутрішній радіус барабана й відстань від центра барабана до внутрішнього шару завантаження, відповідно. При ступені заповнення завантаженням барабана 0,3 можна прийняти  $R_0 \approx 0.86R$ .

$$R_0 = 1.376 \text{ м.}$$

Тоді оптимальний кут підйому фіктивного шару, визначається з співвідношення

$$\cos \alpha_0 = \frac{R_0 \omega^2}{g}$$

з врахуванням, що  $\omega_{\text{опт}} = \frac{2.38}{\sqrt{R}}$  складе

$$\cos \alpha_0 = \frac{2.38^2 \cdot 0.86}{g}$$

Звідси

$$\alpha_0 = 60^\circ 38'.$$

Висота підйому куль

$$y_B = 4R_0 \sin^2 \alpha_0 \cos \alpha_0 = 2.118 \text{ м.}$$

Робота, затрачувана на підйом завантаження,

$$A_1 = 6003882,45 \text{ Дж.}$$

Кінетична енергія, повідомлювана завантаженню

$$A_2 = \frac{mv^2}{2} = \frac{m\omega_0^2 R_0^2}{2} = \frac{m}{2} \left( \sqrt{\frac{g \cos \alpha_0}{R_0}} \right)^2 R_0^2 = \frac{mg \cos \alpha_0 R_0}{2} = 769782.8296 \text{ Дж.}$$

Сумарна робота, затрачувана на один цикл руху завантаження

$$A = A_1 + A_2 = 4575245.5756 \text{ Дж.}$$

За один оберт барабана, завантаження робить кілька циркуляцій.

Тривалість однієї циркуляції складається з часу  $t_1$ , затрачуваного на рух куль по круговій частині траєкторії, і часу  $t_2$ , необхідного для руху по параболі:

$$t = t_1 + t_2.$$

Кут  $\Theta_0$ , що відповідає проходженню кулі по параболі, при розгляді руху на фіктивному радіусі  $R_0$  буде дорівнювати

$$\Theta_0 = \alpha_0 + 90^\circ + \beta_0.$$

З огляду на те, що  $\beta_0 = 3\alpha_0 - 90^\circ$ , одержимо

$$\Theta_0 = 4\alpha_0 = 240^\circ 55'.$$

Кут  $\Theta_2$ , що відповідає дузі, по якій кулі рухаються по окружності, складе  $\Theta_2 = 360^\circ - 4\alpha_0 = 119^\circ 05'.$

При частоті обертання  $n$  об/хв і  $\alpha_0 = 60^\circ 38'$ , час:

$$t_1 = \frac{1}{n} \cdot \frac{360^\circ - 4\alpha_0}{360^\circ} = 0,02 \text{ хв.}$$

Час руху по параболі  $t_2$ (с)

$$t_2 = \frac{x_B}{v \cos \alpha_2} = \frac{4R_0 \sin \alpha_0 \cos^2 \alpha_0}{2\pi R_0 n \cos \alpha_0} = 0,016 \text{ хв.}$$

Сумарний час однієї циркуляції

$$t = t_1 + t_2 = 0,036 \text{ хв}$$

$$z = \frac{1}{n \cdot t} = 1.652.$$

Потужність двигуна привода барабанного млина

$$N = \frac{A \omega_{opt} z}{2\pi 1000 \eta} = 2677.71 \text{ кВт.}$$

де  $\omega_{opt}$  – оптимальна кутова швидкість, рад/с;

$\eta$ - к. п. д. привода  $\eta = 0,85$ ;

A- сумарна робота, затрачувана на один цикл руху завантаження, Дж;

### 5.3 Міцнісні розрахунки

На міцність розраховуються основні деталі млина, до яких відносяться барабан (корпус) млина, болти, що з'єднують корпус з днищами, деталі приводного пристрою.

Такі деталі млинів, як барабан, цапфи й ін., випробовують на вплив як статичних так і динамічних навантажень, викликаних маюю тіл, відцентровими силами[14]. Усе це на ряді з абразивною дією матеріалу, що подрібнюється, вимагає обліку при виборі запасів міцності і якості матеріалу.

Вихідні дані:

Внутрішній діаметр барабана, м	$D_0=3,2$
Довжина барабана, м	$L_6=15$
Товщина обичайки барабана, м	$\delta=0,046$
Число обертів млина, об/хв	$N=16.667$
Ступінь розвантаження тілами, що мелють	$\varphi = 0,3$
Середня насипна вага тіл, що мелють, $\text{кН/м}^3$	$\gamma= 45,6$
Відстань між осями підшипників, м	$L=17,4$
Маса кульового завантаження, т	$m_{ш}=140$
Маса корпусу з футерівкою, загрузочною та розвантажувальною частинами і діафрагмою, т	$m_k=202437$

### 5.4 Розрахунок барабана млина

Розглянемо метод розрахунку на міцність корпусу млина й болтів, що з'єднують фланці (днища) з корпусом. Барабан млина розглядається як балка

кільцевого перетину, навантажена згинаючим і крутним моментами. Згинаючі навантаження на корпус млина створюються статичними й інерційними силами.

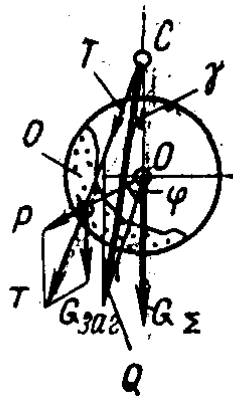


Рис. 5.1 – Схема сил, що діють на корпус млина.

Схема сил, що діють на корпус млина, показана на рис. 4.1.

Статичні навантаження в Н створюються силами ваги обертових частин млина  $G_{\Sigma}$  і завантаження  $G_{заг}$ . контактуючої в цей момент з корпусом

$$G_{\Sigma} = G_1 + G_2 + G_3,$$

де  $G_1, G_2, \text{ і } G_3$  – сили тяжіння корпусу з футерівкою, фланців і діафрагм, відповідно.

Для розглянутої конструкції

$$G_{\Sigma} = m_k \cdot 9,81 = 198590,2 \text{ Н.}$$

Сила тяжіння маси завантаження, Н

$$G_{заг} = (G_{ш} + G_M) K_{ч} = K_{ч} \cdot g \cdot m_{заг},$$

де  $G_{ш}$  – сила тяжіння куль, Н;

$G_M$  – сила тяжіння матеріалу, що подрібнюється, Н;

$K_{ч}$  – коефіцієнт, що враховує, яка частина завантаження в цей момент рухається по круговій траєкторії.

Величина цього коефіцієнта дорівнює відношенню часу руху куль по круговій траєкторії до часу циклу:

$$K_{ч} = 0,547$$

Тоді  $G_{заг} = 1288220,275 \text{ Н.}$

Центробіжна сила інерції маси завантаження, що рухається по круговій траєкторії, Н

$$P = K_{\text{ч}} \cdot m_{\text{заг}} \cdot \omega^2 \cdot R = 433709,877$$

Точка прикладення сил  $G_{\text{заг}}$  і  $P$  визначається радіусом інерції завантаження  $R_0 \approx 0,866R$  (де  $R$  – внутрішній радіус барабана) і кутом

$$\varphi = \frac{180^\circ - \alpha}{2} = 62^\circ 38'.$$

Рівнодіючих сил  $G_{\text{заг}}$  і  $P$  (див. рис. 2) в  $H$

$$T = \sqrt{P^2 + G_{\text{заг}}^2 - 2PG_{\text{заг}} \cos(180 - \varphi)} = 1536651,619$$

Кут між силами знаходимо по теоремі синусів

$$\gamma = \arccos\left(\frac{G_{\text{заг}} + P \cos \varphi}{T}\right) = 14^\circ 31'.$$

Рівнодіючих сил  $T$  і  $G_{\Sigma}$ , прикладена, у точці  $C$ ,

$$Q = \sqrt{T^2 + G_{\Sigma}^2 - 2TG_{\Sigma} \cos(180 - \gamma)} = 3494632,386 \text{ Н}$$

Інтенсивність розподіленого навантаження, що діє на корпус млина в площині рівнодіючої  $Q$ ,  $\text{Н/м}$

$$q = \frac{Q}{l} = 213608,337$$

Максимальний згинальний момент,  $\text{Н}\cdot\text{м}$

$$M_{\text{н}} = \frac{ql^2}{8} = \frac{Ql}{8} = 7146523,23$$

де  $l$  - відстань між підшипниками,  $\text{м}$ .

На ділянці від муфти до першого (з боку муфти) підшипника діє повний крутний момент, що підводиться до барабана,  $\text{Н}\cdot\text{м}$

$$M_{0\text{кр}} = \frac{1000N}{\omega} = 2115265,002$$

де  $N$  - потужність, що підводиться до вала млина,  $\text{кВт}$ ;

$\omega$  - кутова швидкість,  $\text{рад/с}$ .

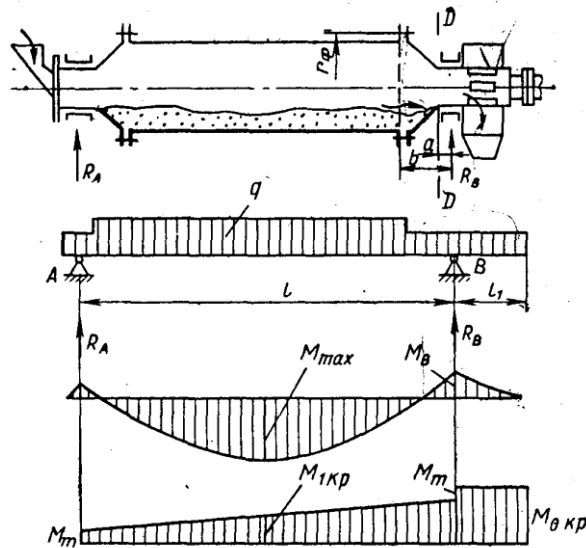


Рис. 5.2 – Схема до розрахунку барабанного млина на міцність

Внаслідок тертя в підшипнику крутний момент (Н·м) зменшується на величину

$$M_T = R_B \mu r_{\text{ц}},$$

де  $R_B$  – навантаження на підшипник, Н;

$\mu$  - коефіцієнт тертя в підшипнику;

$r_{\text{ц}}$  – радіус цапфи, м.

По довжині корпусу млина крутний момент змінюється по похилій прямій до величини  $M_T$  у лівому підшипнику.

Найнебезпечніший перетин буде посередині прольоту, де наведений момент, Н·м

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{M_{\text{н}}^2 + M_{\text{окр}}^2} = 7452995,391$$

Напруги в цьому перетині, Н/м<sup>2</sup>

$$\sigma = \frac{M_{\text{пр}}}{kW}$$

де  $k \approx 0,8$  - коефіцієнт, що враховує ослаблення перетину барабана вирізами й отворами для болтів;

$W$  – момент опору корпусу, м<sup>3</sup>, визначається по формулі

$$W = \frac{R_{\text{н}}^4 - R_{\text{в}}^4}{R_{\text{н}}} = 1,898$$

де  $R_{\text{н}}$  і  $R_{\text{в}}$  – зовнішній і внутрішній діаметри корпусу.

Тоді  $\sigma = 4907695.383 \approx 4,9$  МПа.

З проведених розрахунків видно, що максимальні навантаження не перевищують допустимі і дана конструкція – працездатна.

### 5.5 Розрахунок корінних підшипників

Розрахунок підшипника по характеристиці PV:

Максимальна опорна реакція:

$$R_{\max} = R_B = 1387 \text{ кН}$$

Діаметр цапфи:  $d_{\text{ц}} = 1,8$  м.

Робоча довжина підшипника  $l = 0,8$  м.

Кут контакту  $2\beta = 120^\circ$ .

Матеріал підшипника бабіт Бб.

Питомий тиск визначаємо по формулі:

$$P = \frac{R_{\max}}{l \cdot d_{\text{ц}} \cdot \sin \beta} = \frac{1387 \cdot 10^{-3}}{0,8 \cdot 1,8 \cdot 0,866} = 1,12 \text{ МПа.}$$

Окружна швидкість цапфи:

$$v = \frac{\pi \cdot d_{\text{ц}} \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 1,8 \cdot 15,9}{60} = 1,5 \text{ м/с}$$

Добуток "PV"

$$PV = 1,48 \cdot 1,5 = 2,22 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$$

Для бабіту Бб граничне значення

$$[P] = 5 \text{ МПа}$$

$$[v] = 6 \text{ м/с}$$

$$[PV] = 5 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$$

Розрахунок системи гідропідпору підшипника.

Система гідропідпору служить для створення умов рідинного тертя в період пуску й зупинки млина, що знижує потужність приводу (при пуску) і зменшує знос вкладиша (підшипника) млина. Насос високого тиску подає мастило в карман вкладиша підшипника.

Піднімальна сила, що діє на цапфу з боку вкладиша, дорівнює сумі сил, що діють над площею карманів і над площадками, кожна з яких дорівнює:

$$\frac{b - b_1}{2} \cdot l_1,$$

де  $b = 0,75\text{м}$ ,  $b_1 = 0,06\text{м}$ ,  $l_1 = 0,8\text{м}$  - довжини ділянок

$P_1$  – розрахунковий тиск у системі гідропідпору

По епюрі тиску видно, що тиск в цих площадках змінюється від  $P_1$  по контуру карманів від нуля, тобто можна прийняти середній тиск  $0,5 P_1$ .

Приймаємо, що мастило з підшипників буде витікати по шляху найменшого опору, тобто вздовж осі в обидва боки.

З умови рівноваги цапфи:

$$Q = P_1 \cdot l_1 \cdot b_1 + 2 \left( 0,5 P_1 \cdot \frac{b - b_1}{2} \cdot l_1 \right)$$

де  $Q = R_{\max} = 1387\text{кН}$  - максимальна реакція опори.

Звідси

$$P_1 = \frac{Q}{l_1 \cdot (b_1 + 0,5(b - b_1))} = \frac{2Q}{(b - b_1) \cdot l_1},$$

$$P_1 = \frac{2 \cdot 1387 \cdot 10^{-3}}{(0,75 - 0,06) \cdot 0,8} = 2,51\text{МПа}$$

Для вибору гідроапаратури обчислене значення  $P_1$  збільшується в 1,5 рази.

Приблизно на цей тиск випробовують систему гідропідпору.

Тоді  $P_1 = 1,5 P_1 = 1,5 \cdot 2,51 = 3,765\text{МПа}$ . Приймаємо  $P_1 = 4\text{МПа}$

Питомий тиск на підшипник:

$$P = \frac{R_{\max}}{F} = \frac{1387 \cdot 10^{-3}}{1,156} = 1,19\text{МПа}$$

де  $F = b \cdot l - b_1 \cdot l_1 = 0,7 \cdot 1,72 - 0,06 \cdot 0,8 = 1,156\text{м}^2$

Визначимо найменшу товщину масляного шару в підшипнику.

Визначимо допоміжну величину “ $K_0$ ”.

$$K_0 = \frac{P}{\mu \cdot \omega} \cdot \left( \frac{\Delta}{d} \right)^2,$$

де  $\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 15,9}{30} = 1,73 \text{с}^{-1}$  -кутова швидкість цапфи.

D – діаметральний зазор у підшипнику.

Приймається мастило ИРП-75 (ТУ 38101286-75), для якого середнє значення

$$\mu = 0,04 \text{Па} \cdot \text{с} = 4 \cdot 10^{-8} \text{МПа} \cdot \text{с}$$

Для діаметра  $d = 1800 \text{мм}$  при посадці мінімальний діаметральний зазор  $\Delta = 0,26 \text{мм}$

Тоді по формулі

$$K_0 \frac{1,19}{4 \cdot 10^{-8} \cdot 1,73} \left( \frac{0,26}{1800} \right)^2 = 0,25$$

При  $b/d = 750/1800 = 0,38$  і  $K_0 = 0,25$

Коефіцієнт  $K_h$  приймаємо  $K_h = 0,25$ .

Найменша товщина масляного шару в підшипнику

$$h_{\min} = K_h \cdot \Delta = 0,25 \cdot 0,26 = 0,065 \text{мм}$$

На випадок непередбаченого перевантаження однієї з опор (наприклад, при нерівномірному засипанні куль у млин) призначаємо висоту гідропідпору в 1,5 рази більше, тобто

$$h = 1,5 \cdot h_{\min} = 1,5 \cdot 0,065 = 0,1 \text{мм}$$

Зазор в опорі можна розглядати як дросель тертя, для якого

$$G = \frac{P_r}{R},$$

де G – витрата масла,  $\text{м}^3/\text{хв}$ .

R – опір опори

При подачі мастила в кармани і витіканні його в обидва боки по осі підшипника

$$R \cong 0,51 \cdot 10^{-9} \frac{\mu(b - b_1)}{h^3 \cdot l_1}$$

Тоді

$$R = 0,51 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{40 \cdot (70 - 6)}{(10 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 80} = 0,016$$

Витрата мастила на один підшипник:

$$G = \frac{80}{0,016} = 5000 \text{ м}^3/\text{хв} = 5 \text{ м}/\text{хв}$$

## 5.6 Розрахунок на міцність цапфи млина

Як показала практика експлуатації кульових млинів, небезпечним перетином днищ є місце переходу циліндричної частини (цапфи) у конічну (власне днище), де можуть бути сховані ливарні пороки[15].

Вигинаючий момент у перетині дорівнює:

$$\begin{aligned} M_{зг} &= R_B \cdot x - \frac{q_3 \cdot l_5^2}{2} - q_3 \cdot l_5 \cdot x - \frac{q_3 \cdot x^2}{2} = 1387 \cdot 0,2 - \frac{131,8 \cdot 1^2}{2} - \\ &- 131,8 \cdot 1 \cdot 0,2 - \frac{131,8 \cdot 0,2^2}{2} = 182,5 \text{ кН} \end{aligned}$$

Приведений момент  $M_{пр}$  визначається з рівняння

$$M_{пр} = \sqrt{M_{зг}^2 + M_{кр}^2} = \sqrt{182,5^2 + 1849,7^2} = 1856 \text{ кНм}$$

Напруга від вигину цапфи буде дорівнювати

$$\sigma_{зг} \frac{M_{пр}}{W} = \frac{1856000}{0,219} = 8474885,85 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 8,47 \text{ МПа}$$

де  $W$ -момент опору вигину;

$$W = 0,8 \frac{R_3^4 - R_B^4}{R_3} = 0,8 \frac{0,9^4 - 0,8^4}{0,9} = 0,219 \text{ м}^3$$

де  $R_3$ -зовнішній діаметр цапфи, м;

$R_B$ -внутрішній діаметр цапфи, м.

При розрахунку цапфи напруга, що допускається, приймається не вище 20 МПа.

## 5.7 Розрахунки, які підтверджують працездатність машини

Як розрахунок, що підтверджує працездатність машини приведемо розрахунок довговічності підшипників редуктора додаткового привода[15].

У редукторі встановлені підшипники з короткими циліндричними роликами, тому формула визначення еквівалентного навантаження  $P$  буде мати такий вигляд:

$$F = V \cdot R \cdot K_6 \cdot K_T$$

де  $V$ -коефіцієнт обертання кільця підшипника;  $V=1$ , тому що обертається внутрішнє кільце.

$R$ -навантаження на підшипник, Н

$K_6$ -коефіцієнт безпеки;  $K_6=1,5$

$K_T$ -температурний коефіцієнт;  $K_T=1$

Розрахункова довговічність  $L$  визначається по формулі:

$$L = \frac{10^6 \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^p}{60 \cdot n},$$

де  $C$ -динамічна вантажопідйомність, Н

$p$ -степенний показник;  $p=10/3$

$n$ -частота обертання, об/хв;  $n=500$  об/хв

Визначимо величину еквівалентного навантаження і розрахункову довговічність  $L_h$  для підшипників вхідного вала.

Підшипники вхідного вала

Тип-2328 середня серія діаметрів,  $C=385000$  Н

Навантаження на підшипник  $R_1=70000$  Н

Підставляючи дане значення в формулу отримаємо:

$$F_1 = 1 \cdot 70000 \cdot 1,5 \cdot 1 = 105000 \text{ Н}$$

Визначимо величину довговічності підшипника  $L$ , по формулі:

$$L = \frac{10^6 \cdot \left(\frac{385000}{105000}\right)^{10/3}}{60 \cdot 500} = 25800 \text{ год}$$

Приймаємо  $L=26000$  годин.

При розрахунку млина не виявлено напружень, що перевищують допустимі, тому дану конструкцію можна вважати працездатною і пропонувати для роботи в промислових умовах.

## 6 СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ

### 6.1 Монтаж та експлуатація трубного млина

Трубний млин є одним з основних агрегатів цементного заводу, який використовується для подрібнення сировини до стану цементного клинкера. Він являє собою циліндричний корпус, всередині якого розташовані робочі органи, що забезпечують подрібнення.

Робочі органи трубного млина бувають різних типів, але найбільш поширеними є шарнірно-балансирні молотки. Молотки кріпляться до балансирів, які, в свою чергу, кріпляться до втулок, розташованих в корпусі млина.

Трубний млин працює за принципом ударного подрібнення. Сировина подається в млин через живильник і під дією молотків дробиться на дрібні частинки. Подрібнена сировина виводиться з млина через розвантажувальний бункер.

Трубний млин є складним і дорогим агрегатом. Правильний монтаж та експлуатація трубного млина є запорукою його довгої та безперебійної роботи.

У цьому розділі розглянуто основні етапи монтажу та експлуатації трубного млина, а саме:

Підготовка до монтажу включає в себе наступні етапи:

- \* Вивчення технічних умов на млин.
- \* Підготовка фундаменту.
- \* Доставка млина на завод.
- \* Демонтаж упаковки.

Монтаж основних вузлів і деталей включає в себе наступні етапи:

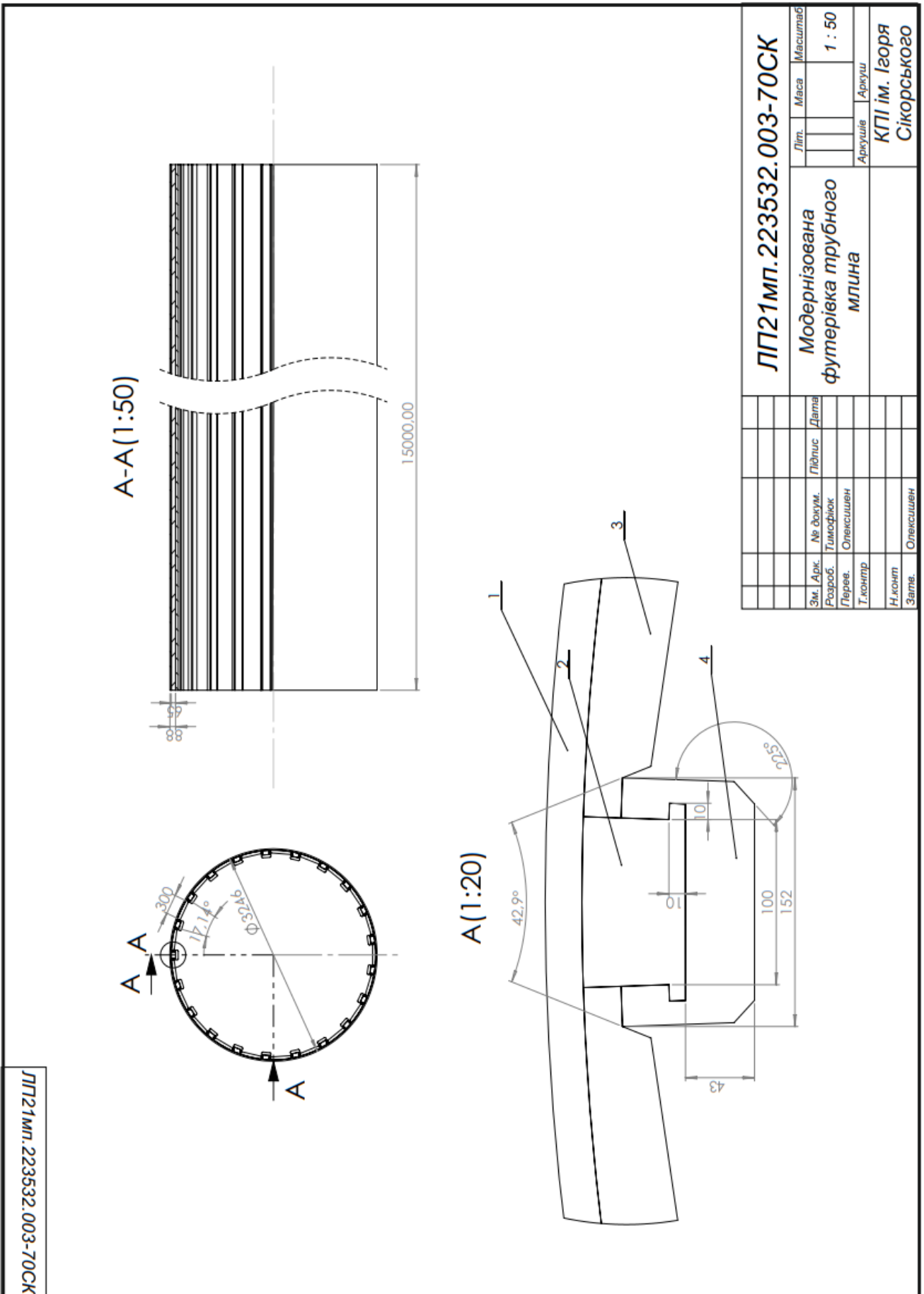
- \* Монтаж корпусу млина.
- \* Монтаж робочих органів.
- \* Монтаж електрообладнання.

Електромонтажні роботи включають в себе наступні етапи:

- \* Підключення електроживлення.
- \* Монтаж електрообладнання.
- \* Проведення випробувань.

Змазка млина є важливим етапом експлуатації. Вона забезпечує плавний і безперебійний хід робочих органів.

### 6.1.1 Технологія складання футерівочного вузла





## Блок-схема складання футерівочного вузла

### Футерівочний вузол













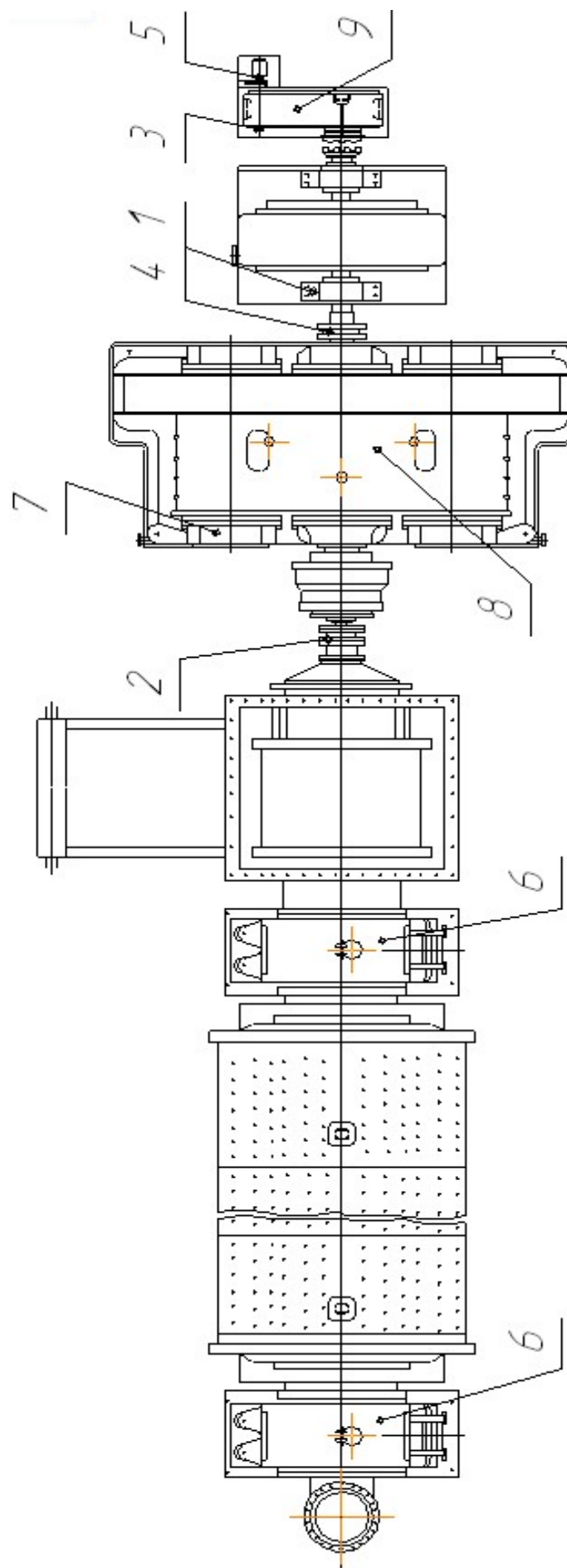








### 6.1.3 Карта змащення



### 6.1.4 Таблиця змащення трубного млина

№ п/п	Змащуванні місця	Кількість Точок змащення	Змазка	Метод змащення	Періодичність змащення
1	Підшипник основного двигуна	2	УС-2 (солідол)	Набивка	1 рази / 6 місяців
2	Муфта	2	АК-10	Шприцовка	3 раз / 6 місяців
3	Підшипник допоміжного редуктора	1	УС-2 (солідол)	Набивка	1 рази / 6 місяців
4	Муфта редуктора	1	АК-10	Шприцовка	3 раз / 6 місяців
5	Підшипник допоміжного двигуна	2	УС-2 (солідол)	Набивка	1 рази / 6 місяців
6	Підшипник	2		Централізована система змащення	Під час роботи
7	Підшипник редуктора	6		Централізована система змащення	Під час роботи
8	Основний редуктор зубчасте зачеплення	1		Централізована система змащення	Під час роботи
9	Основний редуктор зубчасте зачеплення	1		Картерна система змащення	Під час роботи

## **6.2 Автоматизація технологічного процесу виготовлення цементу**

### **6.2.1 Опис технологічного процесу виготовлення цементу**

Сучасний цементний завод є складним комплексом технологічного обладнання, що забезпечує переробку сировинних матеріалів (вапняків, крейди та ін.) в цемент. Цемент випускається різних видів та марок, застосовується у великих кількостях як основний будівельний матеріал. У цементній промисловості набули поширення в основному мокрий і сухий способи виробництва.

Як вихідні матеріали для процесу випалу та утворення клінкеру використовуються штучно приготовлені суміші з карбонатних та глинистих порід.

Подрібнення твердих сировинних матеріалів, що транспортуються за допомогою спеціальних живильників та дозаторів у сировинне відділення зі складу, здійснюється у помольних агрегатах – кульових трубних млинах. Одночасно з подрібненням до певної тонкощі помелу сировинних матеріалів у млині відбувається змішування вапнякових та глинистих компонентів, а також добавок (огарків). На заводах, які використовують пластичні матеріали, вторинна стадія подрібнення здійснюється у бовтанках, де відбувається відмучування, або у млинах "Гідрофол". Шлам перекачується відцентровими насосами в середні басейни: спочатку вертикальні шламбасейни, а потім горизонтальні.

Підготовлена сировинна суміш заданого хімічного складу, певної вологості і тонкості помелу подається в випалювальну піч, що обертається, де відбувається спікання і хімічне перетворення суміші, в результаті чого виходить новий, що володіє особливими властивостями матеріал – клінкер.

Після виходу з печі клінкер охолоджується та подається на клінкерний склад, а потім – на помел. Завершальний етап отримання цементу – це подрібнення та змішування клінкеру з добавками у цементних млинах. Отриманий цемент після млинів подається пневмокамерними насосами силоси запасу.

Усі основні процеси цементного виробництва є безперервними, всі допоміжні процеси також мають високий рівень механізації; це створює сприятливу обстановку автоматизації всіх процесів.

## 6.2.2 Опис функціональної схеми автоматизації

Функціональна схема автоматизації трубного млина показана на рисунку 6.2.1. Схемою передбачається контроль, автоматичне регулювання, дистанційне керування та сигналізація[25].

З розглянутих умов роботи трубного кульового млина при подрібненні сировинних матеріалів мокрим способом у процесі нормальної роботи агрегату потрібно контролювати такі параметри[26]:

- рівень завантаження матеріалу в першій камері млина;
- рівень завантаження в зоні шламоутворення (у другій камері);
- витрата вапняку та додаткових компонентів, що подаються до млина;
- витрата глиняного шламу на вході в млин;
- витрата води на вході до млина;
- в'язкість сировинного шламу на виході з млина.

Зазначені параметри вимірюються автоматичними приладами. Для контролю рівня завантаження матеріалом кульового трубного млина на початку першої камери та в зоні шламоутворення застосовується електроакустичний пристрій "звукової енергії", інтенсивність якої залежить від ступеня завантаження млина матеріалом.

Мікрофонний пристрій 1а, розташований поблизу першої камери млина, сприймає частоту шуму, що видається працюючим млином на цій ділянці, і перетворює її в електрорушійну силу. Підсилювально-перетворювальний блок 1б (УПБ) перетворює і посилює електрорушійну силу в напругу постійного струму, пропорційне частоті цієї ЕРС. Сигнал від УПБ через перетворювач 5д надходить на автоматичний електронний потенціометр 5в.

Аналогічно електричний сигнал від мікрофонного датчика 4а, розташованого поблизу другої камери млина, передається через підсилювально-перетворювальний блок 4б на вторинний прилад 5в.

Величини частот, що характеризують ступінь завантаження кульових трубних млинів, та діапазони їх зміни (від стану млина, коли він повністю вироблений і працює без надходження до нього матеріалу, до повного його навантаження матеріалом), залежать від типу та розмірів млинів, а також від

прийнятого можливим забезпечити таке перетворення сигналів, при якому здійснювалася запис на певних ділянках по ширині діаграми потенціометра.

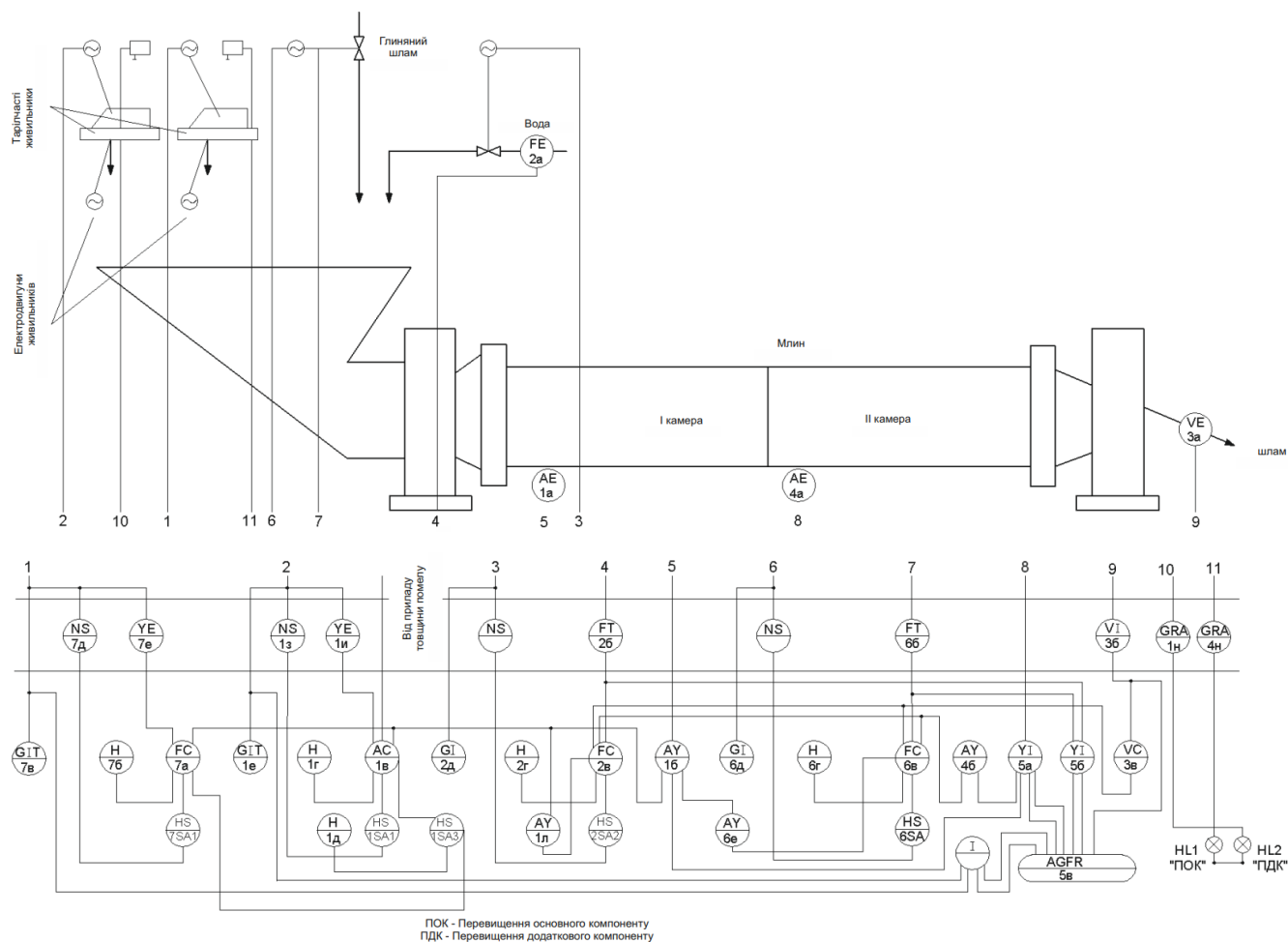


Рисунок 6.2.1 - Функціональна схема автоматизації трубного млина

Як зазначалося вище, на працюючому млині параметри відхиляються від норми. Підтримка вибраного режиму помелу забезпечується системою автоматичного регулювання (САР). Стабільна якість шламу забезпечується за рахунок автоматичного регулювання:

- рівня завантаження першої камери млина з впливом на подачу матеріалів до млина;
- витрати води на млин;
- витрати глиняного шламу;
- корекції із попередженням від зміни рівня завантаження в першій камері, на системи автоматичного регулювання подачі води та глиняного шламу.

На функціональній схемі показаний технологічний процес із подачею двох компонентів, глиняного шламу та води.

Насправді на цементних заводах зустрічаються різні рішення процесу мокрому помелу сировини:

-подача твердого компонента (вапняку) та води;

-подача твердого компонента (вапняку) та глиняного шламу, коли вся вода надходить разом із глиняним шламом;

-подача твердого компонента (вапняку), води та глиняного шламу;

-подача твердого компонента (вапняку) та води; витрата глиняного шламу незначна;

-подача твердого компонента (вапняку), води, глиняного шламу.

Для кожного з цих варіантів системи автоматичного регулювання можуть дещо відрізнитися один від одного, але у всіх випадках обов'язковими є два контури автоматичного регулювання: рівня завантаження першої камери млина та рівня завантаження другої камери млина (витрати води на млин), які можуть функціонувати самостійно. Розглянемо умови автоматичного регулювання рівня завантаження першої камери млина. Залежно від обраної технології помелу сировини технологічними схемами передбачається встановлення двох живильників сировини з одночасним їх включенням у роботу (одночасною подачею твердих компонентів), і навіть із включенням однієї чи іншого. У разі одночасної подачі сировини двома живильниками при налаштуванні САР враховується сумарна витрата твердих компонентів.

Вище згадувалося, що з експлуатації млинів можлива зміна гранулометричного складу сировини. Так, якщо витрата сировини, що подається до млина, підтримувати постійно, то на великій сировині шлам буде подрібнюватися, на дрібному - передрібнюватися. При постійному рівні завантаження матеріалом першої камери на великій сировині шлам буде подрібнюватися, а на дрібному - недоподрібнюватися. Для того щоб зменшити коливання тонкощі помелу шламу і звести їх до мінімуму, схемою передбачається підтримання певного співвідношення між зміною рівня завантаження першої камери і витрати сировини, що подається в млин. Це співвідношення підтримується автоматично (шляхом налаштування електронними регуляторами).

Від підсилювально-перетворюючого блоку 1б сигнал, пропорційний рівню завантаження першої камери сировиною, надходить на вхід електронних регуляторів (основного компонента 1в додаткового компонента 7а).

Регулятори 1в та 7а через магнітні підсилювачі 1з, 7д впливають на виконавчі механізми 1ж, 7м, які зчленовані з плужковими скидувачами тарілчастих живильників.

На вхід кожного регулятора 1в, 7а подається сигнал (пропорційний витраті матеріалу в млин) від індуктивного датчика, вбудованого у виконавчий механізм 1ж, 7г.

Вибір такого співвідношення можливий суміщенням статичних характеристик регулятора зі статичними характеристиками об'єкта. Останні виражаються такими залежностями частот шуму камер млинів від витрат сировинних матеріалів до млинів, за яких дотримуються умови підтримки сталості тонкощів помелу шламу після млинів при всіх змінах властивостей сировини (розмолоздатність, гранулометрія), що надходить на вхід млина. Статична характеристика об'єкта знаходиться експериментальним шляхом окремо для кожного млина. При знятті характеристики млин повинен вводитися у два незалежні режими роботи:

- з безперервною подачею найбільшого матеріалу, що важко розмелюється. При цьому подача матеріалу повинна бути такою, за якої забезпечувалося б отримання шламу із заданою тонкістю помелу. Для режиму, що встановився (тимчасово) визначаються значення частоти шуму першої камери  $f_1$  і витрати сировини в млин  $Q_c'$ ;

- з безперервною подачею найдрібнішого матеріалу, що легко розмелюється. У цьому режимі повинні бути збережені умови подрібнення, тобто шлам, що отримується, повинен мати те ж задане значення тонкощі помелу. Для режиму, що встановився, визначаються значення частоти шуму першої камери  $f_1$  і витрати сировини в млин  $Q_c''$ .

Витрата води в обох випадках має відповідати заданій вологості шламу, а витрата шламу - заданому хімічному складу (титру).

У першій камері сировинного млина здійснюється процес дроблення, і матеріал, перемішуючись з водою, ще не утворює шламу необхідної в'язкості. Пояснюється це тим, що вода перемішується з матеріалом не повною мірою і рідка фаза може швидше переходити з першої до другої камери (явище посилюється в момент перехідного режиму). З вказаних причин встановлення регулятора співвідношення матеріал-вода в першій камері не забезпечить нормальної роботи помольного агрегату. Схемою передбачається автоматичне регулювання витрати води у певній пропорції стосовно кількості сухих компонентів (вапняк, суха глина та ін.) сировини, що проходить зону шламоутворення (друга камера). Рівень (кількість) сировини у зоні шламоутворення контролюється мікрофонним датчиком 4а. Від підсилювально-перетворюючого блоку 4б сигнал, що залежить від рівня завантаження в зоні шламоутворення, подається на регулятор витрати 2в води (регулятор глиняного шламу 6в). На вхід регулятора 2в подається сигнал від дифманометра 2б, пропорційний витраті води. Сигнал витрати глиняного шламу надходить на регулятор 6в від витратоміра 6б.

Основним завданням системи регулювання вологості шламу є підтримання необхідного співвідношення між рівнем завантаження в зоні шламоутворення, пропорційним витраті сировини, і витратою води, що подається до млина[27]. Це завдання виконується шляхом статичного налаштування системи автоматичного регулювання вологості шламу, тобто поєднанням характеристик регулятора зі статичною характеристикою об'єкта. Остання виражається залежністю потрібної загальної витрати води на млин  $Q_B$  (включаючи воду, що вноситься разом з матеріалом) від частоти шуму в зоні шламообформування  $f_{11}$  при постійній заданій вологості сировинного шламу і зміні величини витрати сировини.

На функціональній схемі автоматизації процесу помелу сировинних компонентів введені та показані коригувальні впливи від зміни рівня завантаження в першій камері на системи автоматичного регулювання подачі води та глиняного шламу від підсилювально-перетворюючого блоку 1б (рівень завантаження в першій камері). Сигнал через диференціатор 1л надходить на регулятор витрати води 2в, а через диференціатор 6е - регулятор витрати глиняного шламу 6в.

З розрахункових даних встановлюють задані значення величин часу диференціюваннями демпфування і досягають стійкішої роботи всієї системи автоматичного регулювання процесу помелу.

### 6.2.3 Основні параметри та їх характеристики для автоматизації процесу

Автоматизація технологічного процесу виготовлення цементу є ключовим аспектом для забезпечення ефективності, якості та безперервності виробництва[28]. У рамках оптимізації процесу автоматизації, важливо визначити основні параметри та їх характеристики, що підлягають контролю та регулюванню. Функціональна схема автоматизації сировинного млина відображає ключові елементи контролю, автоматичного регулювання, дистанційного керування та сигналізації, що сприяють оптимізації роботи цього етапу виробництва.

Використовуючи дані з таблиці 6.2.1, яка містить номінальні значення обраних параметрів, необхідну точність їх вимірювання і регулювання, а також вказує діапазон можливої зміни, встановлюють норми технологічного режиму[29].

Таблиця 6.2.1 – Параметри контролю та керування процесом

№ з/п	Місце заміру параметра	Найменування параметра	Норми та відхилення	Вимоги до рівня автоматизації
1	Перша камера сировинного млина	Частота шуму	150 Гц ( $\pm 5$ Гц)	Контроль, регулювання
2	Друга камера сировинного млина	Частота шуму	180 Гц ( $\pm 10$ Гц)	Контроль, регулювання
3	Перша камера сировинного млина	Рівень завантаження	70% ( $\pm 2\%$ )	Контроль, регулювання
4	Друга камера сировинного млина	Рівень завантаження	85% ( $\pm 5\%$ )	Контроль, регулювання
5	Перша та друга камери млина	Розмір помелу	0.5 мм ( $\pm 0.1$ мм)	Контроль, регулювання
6	Друга камера сировинного млина	В'язкість шламу	200 сР ( $\pm 20$ сР)	Регулювання
7	Перша та друга камери млина	Рівень гранулометрії	80% ( $\pm 3\%$ )	Контроль, регулювання

В даному розділі розглянуто основні аспекти технологічного процесу виготовлення цементу та його автоматизації. Описано технологічні кроки виробництва цементу, починаючи від обробки сировини до отримання готового продукту, включаючи стадії подрібнення сировини, спалювання, охолодження та подальшої обробки.

Функціональна схема автоматизації цього процесу відображає ключові аспекти контролю, регулювання, дистанційного керування та сигналізації. Ця схема надає можливість точного моніторингу параметрів технологічного процесу, що дозволяє забезпечити стабільність та високу якість продукції.

Основні параметри автоматизації процесу були детально розглянуті, включаючи рівень завантаження сировини у різних камерах, витрату різних матеріалів, вологість, температуру та інші важливі показники. Ці параметри є вирішальними для забезпечення оптимального функціонування технологічного процесу та якості цементу.

В цілому, вивчення основ технологічного процесу та автоматизації виготовлення цементу дає можливість зрозуміти важливість точного контролю параметрів виробництва для забезпечення ефективності, якості та безперебійності виробництва цього важливого будівельного матеріалу.

## **6.3 Стартап – проєкт**

В сучасному світі питання сталості та інновацій є ключовими для розвитку будівельної галузі. Один з перспективних стартапів, спрямованих на зміцнення екологічної сталості та покращення виробництва цементу, використовуючи новаторську технологію, являється проєкт "EcoCement".

У цьому розділі розглянуто всі аспекти проєкту EcoCement, включаючи аналіз ринку, стратегію розвитку, конкурентну перевагу та маркетинговий план. Також розглянуто фактори, що впливають на конкурентоспроможність цього проєкту та дослідимо його потенціал для задоволення потреб цільової аудиторії.

### **6.3.1 Опис ідеї стартап-проєкту**

Наш стартап-проєкт має мету вирішення проблем виробництва цементу шляхом інноваційних підходів, спрямованих на досягнення цілей сталого розвитку, як визначено в Цілях Сталого Розвитку ООН. Основні вектори нашої діяльності відображаються у наступних цілях:

Ціль №9: Індустріальна інновація та інфраструктура: Наша технологія спрямована на модернізацію виробництва цементу, зосереджуючись на підвищенні продуктивності та зменшенні викидів шкідливих речовин у атмосферу.

Ціль №12: Відповідальне споживання та виробництво: Наша мета полягає у створенні сталішої технології для виробництва цементу, спрямованої на зменшення використання природних ресурсів та енергії.

Ціль №13: Зупинення зміни клімату: Впровадження нашої рефракторної технології має на меті зменшення викидів парникових газів, пов'язаних із виробництвом цементу.

Ці цілі відображають актуальність та важливість нашого проєкту, оскільки він спрямований на вирішення екологічних проблем та кліматичних змін через впровадження ефективних технологій у виробництво цементу.

Наш стартап формується на основі взаємодії трьох ключових ринків, що сприяє нашій інноваційності:

Ринок А: Будівельний сектор: Тут ми плануємо впроваджувати нашу рефракторну технологію для зменшення екологічного впливу будівництва.

Ринок В: Технологічний сектор: Наша технологія має потенціал для впровадження на вже існуючих цементних заводах, сприяючи їхній модернізації.

Ринок С: Екологічні аспекти: Ми прагнемо активно сприяти зменшенню негативного впливу виробництва цементу на навколишнє середовище через впровадження нашої технології.

Цей підхід дає нам можливість працювати з різними секторами, впроваджуючи нашу інноваційну технологію для покращення сталості та зменшення екологічного впливу виробництва цементу.

В таблиці 6.1.1 наведений бізнес-план нашого стартапу[16]. Рефракторна технологія, що використовується для виробництва екологічного цементу, має широкі можливості застосування.

Таблиця 6.3.1 – Бізнес-план стартапу

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Рефракторна технологія	Будівельний сектор, технологічний сектор, екологічні аспекти	- Зменшення екологічного впливу в будівництві - Модернізація технологічних процесів - Зниження викидів шкідливих речовин

Наведена нижче таблиця 6.3.2 пропонує оцінку техніко-економічних характеристик ідеї проекту в порівнянні з конкурентами. Оцінка проведена з врахуванням екологічної чистоти, якості, ефективності, рівня інновацій та підтримки для замовників.

Широкий спектр застосування: Рефракторна технологія може бути застосована у будівельній сфері, виробництві будівельних матеріалів, господарствах та навчальних установах, що підкреслює її універсальність та потенціал для різних галузей.

Зацікавлення сегментів ринку: Використання нашої технології може бути привабливим для будівельних компаній, виробників будівельних матеріалів, господарств та навчальних установ через її можливості та переваги.

Конкретні вигоди для користувачів: Кожен із зазначених сегментів може отримати конкретні вигоди від використання вашої технології, що може стати додатковим стимулом для її впровадження та популяризації.

Таблиця 6.3.2 - Визначення характеристик ідеї проєкту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			
		EcoCement	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3
1	Екологічна чистота	S	W	N	S
2	Якість	S	N	S	N
3	Ефективність	S	N	W	N
4	Рівень інновацій	S	N	W	N
5	Підтримка для замовників	S	N	W	N

Примітка: \* W (слабка сторона), N (нейтральна сторона), S (сильна сторона)

Отже, висновок підкреслює широкі можливості застосування та потенціал рефракторної технології в різних сферах, що може сприяти її успішному впровадженню та розвитку на ринку.

### 6.3.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

Звідний аналіз ринкових можливостей стає важливим етапом у вивченні потенціалу для запуску стартап-проєкту[17]. У таблиці 6.3.3 наведено попередню характеристику потенційного ринку, повністю відображуючи основні показники його стану та ключові характеристики. Це дозволяє робити обґрунтовані висновки щодо привабливості ринку та можливостей для успішного входу на нього.

Ретельний аналіз цих показників свідчить про привабливість ринку для входу стартапу. Ринок проявляє стабільний ріст та виявляє підвищений інтерес споживачів до екологічних будівельних рішень. Однак, присутність високих вартостей входу та складнощів у сертифікації вимагає додаткового уважного підходу та розробки стратегій для успішного впровадження проєкту на цьому ринку.

Таблиця 6.3.3 – Попередя характеристика потенційного ринку стартапу

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців	4
2	Загальний обсяг продаж	Орієнтовно 80 млн. гривень на 2022 рік
3	Динаміка ринку	Зростаючий попит завдяки збільшеному інтересу до екологічно чистих будівельних матеріалів
4	Наявність обмежень для входу	Високі вартості входу на ринок, складний процес отримання сертифікатів екологічності та стандартів LEED
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Обов'язкова сертифікація для підтвердження екологічності та відповідності стандартам зеленого будівництва
6	Середня норма рентабельності по ринку, %	Приблизно 18-20% у сфері виробництва екологічних будівельних матеріалів

Один із ключових етапів у вивченні можливостей стартап-проекту - це аналіз потенційних клієнтів та їх вимог до продукту. У таблиці 6.3.4 подано характеристики цільової аудиторії та вимоги різних груп клієнтів, що визначають особливості їхньої поведінки на ринку та різницю у сприйнятті продукту.

Таблиця 6.3.4. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці потенційних ЦА	Вимоги споживачів до товару
1	Екологічні будівельні матеріали для реконструкції	Будівельні компанії та підрядники	Розуміння екологічності, орієнтація на сталу експлуатацію	Висока якість, сертифікація за стандартами екологічності
2	Використання у великих проектах	Інженерно-будівельні компанії	Технічна ефективність, великі обсяги постачання	Відповідність технічним стандартам
3	Для резиденційного будівництва	Приватні замовники	Естетичний вигляд, зручність в установці	Естетичний зовнішній вигляд, простота монтажу

Аналіз показує, що стартап-проект має потенціал на ринку, оскільки його продукт, екологічний цемент, може знайти застосування у будівництві різних сфер, що відкриває багатообіцяючі перспективи та важливою є доступність технологій, існуючих на ринку. Проект, щоб бути конкурентоспроможним на ринку, повинен мати унікальність товару та стратегію, що відповідає вимогам та уподобанням споживачів. Це означає виробництво продукції, яка має важливі конкурентні переваги, такі як висока якість, інновації, персоналізований сервіс тощо.

На основі аналізу конкуренції, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 6.3.2) та вимог споживачів до товару (табл. 6.3.3) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності[18]. Аналіз оформлюється в таблицю 6.3.5.

Аналіз факторів конкурентоспроможності виявив ключові аспекти, що визначають успішність підприємства на ринку. Інноваційність продукту та його унікальні властивості генерують конкурентну перевагу, в той час як висока якість та надійність сприяють привабливості для клієнтів. Крім того, правильне ціноутворення, успішний бренд і реклама впливають на вибір споживачів, адаптоване післяпродажне обслуговування та ефективність у виробництві відіграють важливу роль у підтримці лояльності клієнтів та конкурентоспроможності.

Таблиця 6.3.5 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ П/П	Фактор	Обґрунтування
1	Якість продукту	Екоцемент виготовляється за передовими технологіями, які мають високу якість, відмінні екологічні показники та довговічність.
2	Ціна	Ми пропонуємо конкурентні ціни нашої продукції порівняно з аналогами на ринку, не знижуючи при цьому якість.
3	Інноваційність	Наша технологія виробництва екоцементу є інноваційною та екологічно чистою, що дозволяє відрізнитися від інших виробників.
4	Маркетингова стратегія	Спрямована на підкреслення переваг нашого продукту та його унікальності для клієнтів.
5	Обсяг виробництва	Наша компанія має потужність виробництва, що дозволяє задовольняти попит нашої продукції та реагувати на ринкові потреби.

Таблиця 6.3.6 надає порівняльний аналіз сильних та слабких сторін продукту екоцементу в порівнянні з його конкурентами за ключовими факторами конкурентоспроможності, оціненими за 20-бальною шкалою. Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з екоцементом визначено за трьома категоріями: від -3 до +3, відображаючи негативні, нейтральні та позитивні позиції[19].

Таблиця 6.3.6 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін EcoCement

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів –конкурентів у порівнянні з EcoCement						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Якість продукту	17					▼	—	
2	Цінова конкурентоспроможність	14					▼	—	
3	Інноваційність	16					—	▼	
4	Сертифікація та стандартизація	13		▼		—			
5	Ринкова позиція	15				—	▼		

Примітка: — - конкурент А, ▼ - конкурент В.

Для визначення потенціалу EcoCement на ринку був проведений порівняльний аналіз його сильних та слабких сторін у порівнянні з конкурентами. За допомогою 20-бальної шкали оцінювання було з'ясовано наступне:

Якість продукту EcoCement отримав високий рейтинг, що вказує на його відмінну якість порівняно з конкурентами, цінова конкурентоспроможність також є однією з сильних сторін, інноваційність EcoCement також визнана на ринку, сертифікація та стандартизація мають потенціал для покращення, а ринкова позиція демонструє хорошу, але не найвищу позицію на ринку.

Отже, аналіз стверджує, що EcoCement має деякі сильні сторони, особливо в якості продукту та інноваційності, проте є можливості для покращення у цій цінній конкурентоспроможності, сертифікації та покращення ринкової позиції для більшої ефективності на ринку будівельних матеріалів.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних та слабких сторін, загроз та

можливостей (табл. 6.3.5) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, сильних та слабких сторін (табл. 6.1.7)[20].

Таблиця 6.3.7 – SWOT-аналіз EcoCement

<p style="text-align: center;"><b>СИЛЬНІ СТОРОНИ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Екологічна чистота продукту.</li> <li>• Інноваційні технології виробництва.</li> <li>• Зменшення викидів парникових газів у порівнянні з традиційним цементом.</li> <li>• Висока якість продукту та стабільність його властивостей.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>СЛАБКІ СТОРОНИ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Високі витрати на виробництво.</li> <li>• Обмежена свідомість споживачів щодо переваг екоцементу.</li> <li>• Можливі труднощі в сертифікації та впровадженні нових технологій на будівельних майданчиках.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>МОЖЛИВОСТІ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Зростання попиту на екологічно чисті будівельні матеріали.</li> <li>• Законодавчі ініціативи, спрямовані на зменшення викидів CO<sub>2</sub> в будівельній галузі.</li> <li>• Розвиток нових ринків та співпраця з екологічно орієнтованими підприємствами</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>ПРОБЛЕМИ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Конкуренція з боку вже встановлених виробників традиційного цементу.</li> <li>• Можливість зміни урядової політики</li> <li>• Високі витрати на дослідження та впровадження нових технологій.</li> </ul>

Цей SWOT-аналіз вказує на потенціал екоцементу, але його успіх буде залежати від здатності подолати слабкі сторони, використовувати можливості та ефективно боротися зі загрозами на ринку.

### 6.3.3 Розроблення ринкової стратегії проєкту

Вибір цільових груп потенційних споживачів є важливим кроком у розробці ринкової стратегії[21]. У таблиці 6.3.8, потрібно визначити опис профілю цільової групи потенційних клієнтів, готовність споживачів прийняти продукт, орієнтований попит на продукт у даній групі, рівень конкуренції на цьому ринку та простоту входу у відповідний сегмент. Це допоможе визначити перспективні сегменти ринку для продукту та стратегії, які варто застосувати для кожної цільової групи.

Таблиця 6.3.8 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит	Інтенсивність конкуренції	Простота входу у сегмент
1	Будівельні компанії	Висока	Великий	Висока	Середня
2	Виробники будівельних матеріалів	Середня	Великий	Середня	Висока
3	Господарства та навчальні установи	Низька	Середній	Низька	Низька

Серед п'яти наведених груп споживачів можна виокремити дві групи, які можуть бути привабливими для стратегічного входу на ринок (стратегія диференційованого маркетингу):

**Будівельні компанії та підприємства:** Ця аудиторія може проявити інтерес до екологічних продуктів, особливо якщо екоцемент може забезпечити їм конкурентні переваги або відповідати їхнім корпоративним цілям стосовно сталого будівництва.

**Державні органи та муніципалітети:** Органи влади та муніципалітети часто мають програми та ініціативи з екологічного будівництва та сталих рішень, тому вони можуть зацікавитися використанням екологічних будівельних матеріалів, у тому числі і екоцементу.

Цільові групи можуть виявити інтерес до екоцементу з різних причин, включаючи екологічні переваги, економічну вигоду, відповідність нормам сталого розвитку тощо.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 6.3.9)[22].

Таблиця 6.3.9 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проєкту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції	Базова стратегія розвитку
1	Впровадження нових технологій виробництва	Фокус на інноваціях	Екологічна чистота продукту, ефективність	Інноваційний підхід

Обрана стратегія впровадження нових технологій виробництва є напрямом, спрямованим на впровадження інноваційних рішень у процес виробництва екоцементу. Ця альтернатива передбачає активне використання передових технологій з метою покращення якості, ефективності та екологічної сталості продукту. Очікується, що такий підхід сприятиме залученню уваги споживачів, забезпечить переваги у конкурентній боротьбі та підвищить якість продукту, що відповідає сучасним вимогам ринку

#### **6.3.4 Висновки**

Ринок для екоцементу має потенціал для комерціалізації, оскільки спостерігається зростаючий інтерес до екологічних будівельних матеріалів, та відчуття споживачами необхідності у сталих та екологічних рішеннях.

Успішна реалізація екоцементу на ринку може бути досягнута завдяки поєднанню інноваційних технологій виробництва, підвищеної якості продукту та активної рекламної кампанії, що спрямована на свідомих споживачів.

Впровадження нових технологій виробництва є обраною стратегією для успішної реалізації екоцементу на ринку, оскільки це дає можливість підвищити якість та ефективність продукту.

Необхідно продовжувати імплементацію проєкту та інвестувати у дослідження нових технологій, щоб підтримувати конкурентоспроможність екоцементу на ринку та відповідати змінюючимся вимогам споживачів.

Отже, вибрана стратегія впровадження нових технологій виробництва є ключовою для реалізації проєкту екоцементу на ринку. Ця стратегія дозволить підвищити якість продукту, знизити вплив на довкілля та забезпечити конкурентні переваги у галузі будівельних матеріалів. Орієнтована на екологічно свідомих споживачів та підтримується активною рекламною кампанією, дана стратегія відображає потенціал для успішного впровадження екоцементу на ринку будівельних матеріалів. Подальша реалізація проєкту та інвестування у дослідження нових технологій є доцільними для забезпечення конкурентоспроможності продукту та відповідності змінюючимся вимогам споживачів та стандартам екологічності.

## **6.4 Охорона праці виробництва цементу**

### **6.4.1. Загальні вимоги**

Охорона праці та навколишнього середовища є одними з найважливіших аспектів виробництва цементу. При проектуванні та експлуатації лінії з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина необхідно дотримуватися всіх вимог чинного законодавства України в галузі охорони праці та навколишнього середовища.

До основних вимог охорони праці на лініях з виробництва цементу відносяться[23]:

1. Забезпечення безпеки праці працівників усіх категорій та професій.
2. Захист працівників від шкідливих виробничих факторів.
3. Забезпечення пожежної безпеки.
4. Забезпечення охорони навколишнього середовища.

### **6.4.2. Характеристика видів шкідливих виробничих факторів**

При виробництві цементу можуть виникати такі шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні фактори:
  - шум - перевищення допустимих рівнів виробничого шуму може призвести до порушення слуху, підвищеної стомлюваності, погіршення концентрації уваги.
  - вібрація - вплив вібрації може призвести до порушень опорно-рухового апарату, нервової системи, органів зору.
  - підвищена температура повітря - може призвести до теплового удару, теплового обмороження, зневоднення.
  - підвищена загазованість повітря - може призвести до отруєння шкідливими речовинами, які містяться в сировині, паливі та продуктах виробництва.

- підвищена задимленість повітря - може призвести до погіршення видимості, порушення дихання.
- підвищена запиленість повітря - може призвести до алергічних захворювань, захворювань органів дихання.
- випромінювання - може призвести до променевих уражень, онкологічних захворювань.

2. Хімічні фактори:

- шкідливі речовини, що містяться в сировині, паливі та продуктах виробництва, можуть призвести до отруєння, алергічних захворювань, захворювань органів дихання, шкіри.

3. Біологічні фактори:

- мікроорганізми, які можуть викликати інфекційні захворювання.

#### **6.4.3. Необхідні вимоги та попередження при роботі з устаткуванням**

При роботі з обладнанням лінії з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина необхідно дотримуватися таких вимог та попереджень:

1. Перед початком роботи необхідно ознайомитися з інструкцією з експлуатації обладнання та провести інструктаж з охорони праці.
2. Необхідно використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).
3. Необхідно дотримуватися правил експлуатації обладнання.
4. Необхідно проводити регулярне технічне обслуговування обладнання.
5. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), які необхідно використовувати при роботі з обладнанням лінії з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина, включають:

- Одяг - спецодяг, що захищає від впливу шкідливих виробничих факторів.
- Взуття - спецвзуття, що захищає від впливу шкідливих виробничих факторів.
- Захисні окуляри - захищають очі від впливу пилу, газів, випарів.
- Захисний шолом - захищає голову від ударів.

- Захисні рукавички - захищають руки від впливу шкідливих виробничих факторів.
- Респіратор - захищає органи дихання від впливу шкідливих виробничих факторів.
- Захисний екран - захищає обличчя від впливу шкідливих виробничих факторів.

Правила експлуатації обладнання, які необхідно дотримуватися при роботі з обладнанням лінії з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина, включають:

1. Обладнання необхідно експлуатувати в штатному режимі.
2. Необхідно дотримуватися правил запуску, зупинки та обслуговування обладнання.
3. Необхідно проводити регулярне технічне обслуговування обладнання.
4. Контроль технічного стану обладнання необхідно проводити відповідно до вимог інструкцій з експлуатації обладнання. Контроль повинен включати в себе такі заходи:
  - Візуальний контроль - перевірка стану обладнання на наявність пошкоджень, зносу, корозії тощо.
  - Технічні огляди - перевірка стану обладнання за допомогою спеціальних інструментів та обладнання.
  - Технічні випробування - перевірка працездатності обладнання в умовах експлуатації.

При експлуатації обладнання необхідно дотримуватися таких вимог безпеки:

- Обладнання необхідно експлуатувати тільки за призначенням.
- Необхідно дотримуватися правил експлуатації обладнання, зазначених в інструкції.
- Необхідно використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).
- Необхідно проводити регулярне технічне обслуговування обладнання.
- Попередження про можливі небезпеки

При експлуатації обладнання необхідно бути обережним і уважно ставитися до можливих небезпек. До можливих небезпек відносяться:

- 1) Рухливі частини обладнання - необхідно дотримуватися правил безпеки при перебуванні в зоні руху обладнання.
- 2) Електричний струм - необхідно дотримуватися правил електробезпеки.
- 3) Шкідливі речовини - необхідно використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) для захисту від шкідливих речовин.
- 4) Пожежа - необхідно дотримуватися правил пожежної безпеки.

#### **6.4.4. Повітря робочої зони**

Повітря робочої зони на лінії з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина має відповідати вимогам чинного законодавства України в галузі охорони праці.

Концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинна перевищувати допустимих норм.

Для забезпечення належної якості повітря робочої зони необхідно забезпечити:

- Вентиляцію - природну або механічну.
- Регулярне очищення повітря - від пилу, газів, випарів.
- Видачу повітря з робочої зони - в атмосферу або на очистку.

#### **6.4.5. Виробниче освітлення**

Виробниче освітлення на лінії з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина має відповідати вимогам чинного законодавства України в галузі охорони праці.

Якість освітлення робочої зони повинна забезпечувати безпечну роботу працівників.

Для забезпечення належної якості освітлення необхідно забезпечити:

- Рівномірність освітлення - по всій площі робочої зони.

- Достатню яскравість - для забезпечення чіткого бачення.
- Спектральний склад - освітлення має бути комфортним для очей.

#### **6.4.6. Електробезпека**

При роботі з обладнанням лінії з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина необхідно дотримуватися правил електробезпеки.

Для забезпечення електробезпеки необхідно забезпечити:

- 1) Правильне монтаж та експлуатацію електрообладнання.
- 2) Своєчасне проведення технічного обслуговування електрообладнання.
- 3) Заземлення електрообладнання.
- 4) Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) від електротравм.

#### **6.4.7. Виробничий шум**

Виробничий шум на лінії з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина може перевищувати допустимі норми.

Для захисту працівників від шкідливого впливу виробничого шуму необхідно забезпечити:

- Застосування шумоізоляційних заходів при проектуванні та будівництві лінії.
- Застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) від шуму.

#### **6.4.8. Небезпека впливу частин установки, що рухаються й обертаються**

Рухливі та обертаючі частини обладнання лінії з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина є одними з основних джерел небезпеки.

Для захисту працівників від травм, спричинених рухомими та обертаючими частинами обладнання, необхідно забезпечити:

- 1) Правильне монтаж та експлуатацію обладнання.

- 2) Застосування захисних огорожень для рухомих та обертаючих частин обладнання.
- 3) Заборону перебування працівників у зоні дії рухомих та обертаючих частин обладнання.

#### **6.4.9. Пожежна безпека**

Для захисту від пожеж необхідно забезпечити:

- Правильне проектування та будівництво лінії.
- Своєчасне проведення технічного обслуговування обладнання.
- Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) від пожеж.
- Правильне проектування та будівництво лінії
- При проектуванні та будівництві лінії необхідно враховувати вимоги пожежної безпеки. Це допоможе запобігти виникненню пожеж.

Своєчасне проведення технічного обслуговування обладнання допоможе запобігти виникненню пожеж, пов'язаних з несправностями обладнання.

Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) від пожеж

Працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) від пожеж, такими як:

- 1) Вогнестійкий одяг.
- 2) Вогнестійке взуття.
- 3) Вогнестійкі рукавички.
- 4) Вогнестійкий головний убір.

#### **6.4.10. Практичні заходи та рекомендації**

Для забезпечення охорони праці та навколишнього середовища на лінії з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина необхідно вжити таких практичних заходів та рекомендацій:

- 1) Провести навчання працівників з охорони праці та навколишнього середовища.
- 2) Розробити та затвердити інструкції з охорони праці та навколишнього середовища для всіх видів робіт, що виконуються на лінії.
- 3) Створити систему контролю за дотриманням вимог охорони праці та навколишнього середовища.
- 4) Навчання працівників з охорони праці та навколишнього середовища допоможе підвищити їхню обізнаність про потенційні небезпеки та способи їх запобігання.
- 5) Інструкції з охорони праці та навколишнього середовища повинні містити детальні вимоги щодо безпечної експлуатації обладнання, дотримання правил пожежної безпеки та інших заходів з охорони праці та навколишнього середовища.
- б) Система контролю за дотриманням вимог охорони праці та навколишнього середовища повинна включати в себе:
  - Періодичні інспекції обладнання та робочих місць.
  - Аналіз нещасних випадків та аварій.
  - Проведення перевірок дотримання вимог охорони праці та навколишнього середовища.

Застосування цих заходів допоможе забезпечити безпечну роботу на лінії з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина та захистити працівників від травм, захворювань та інших негативних наслідків.

## 7 МОДЕРНІЗАЦІЯ ВУЗЛА ТРУБНОГО МЛИНА

### 7.1 Розробка 3D-моделі базової і модернізованої частини установки

Для побудови 3D-моделі та НДС розрахунків було обрано програму SolidWorks.

1. Створюємо деталь за допомогою File – New – Part (рис. 7.1).

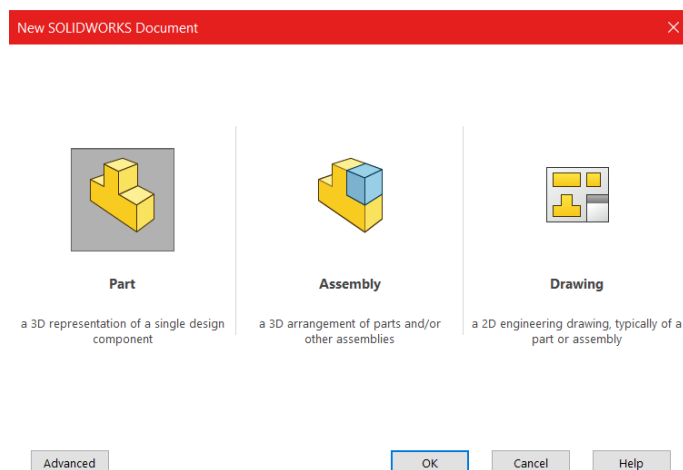


Рисунок 7.1 – Створення Part

2. Створюємо ескіз за допомогою Sketch та обираємо передню площину.
3. Будуємо ескіз барабану трубного млина.

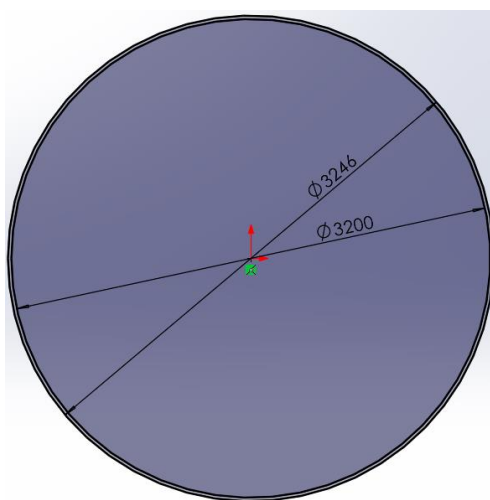


Рисунок 7.2 – Побудова ескізу барабану

4. Виходимо з ескізу та обираємо видавлення в діалоговому вікні вкладка Features операцію Extruded Boss/Base. Видавлюємо через середню площину на 15000 мм.

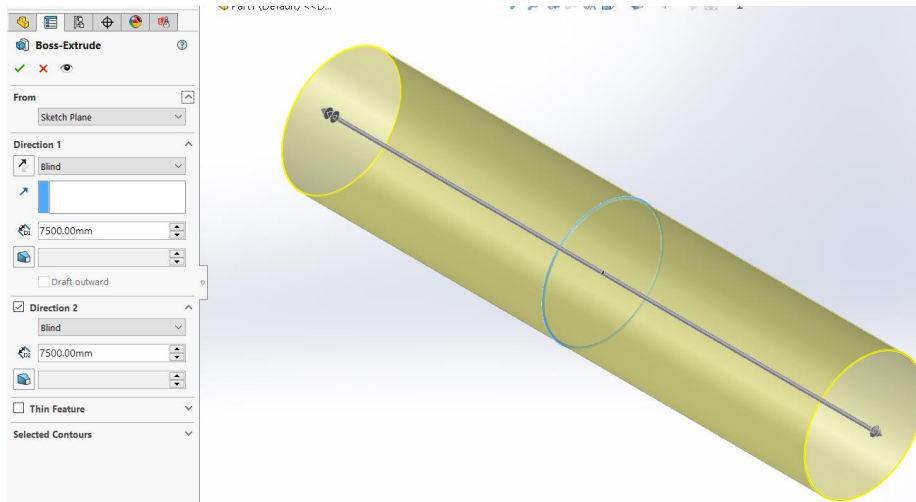


Рисунок 7.3 – Побудова барабану за допомогою команди видавлення

5. На рисунку 7.4 зображено результат побудови поверхонь.

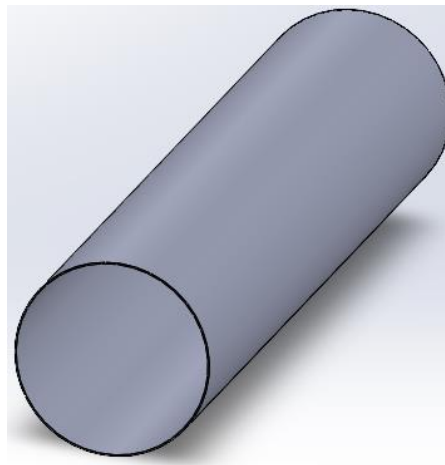


Рисунок 7.4 – Побудований барабан

6. Тепер потрібно побудували футерівку. Для цього повторюємо такі ж кроки до створення ескізу.

7. Будуємо ескіз плити футерівки

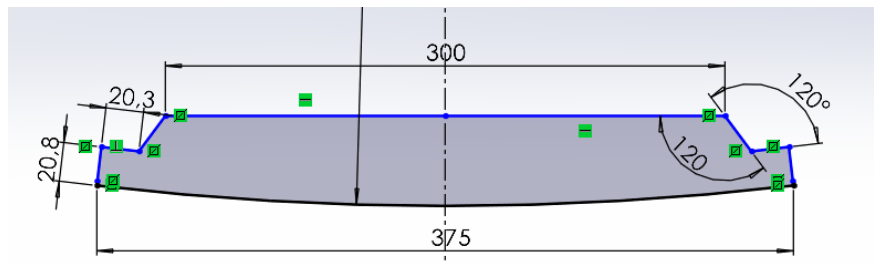


Рисунок 7.5 – Ескіз футеровочної плити

8. Виходимо з ескізу та обираємо видавлення в діалоговому вікні вкладка Features операцію Extruded Boss/Base. Видавлюємо через середню площину на 15000 мм. За допомогою кругового масиву робимо футерівку, яка складається з 21 футеровочної плити.

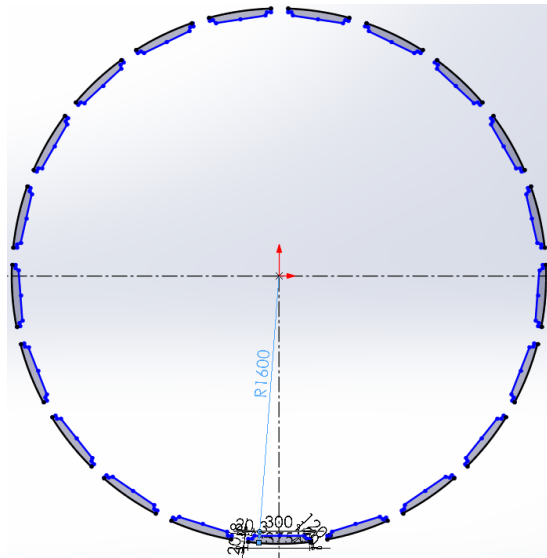


Рисунок 7.6 – Побудова футерівки

9. На рисунку 7.7 зображено результат побудови футерівки.

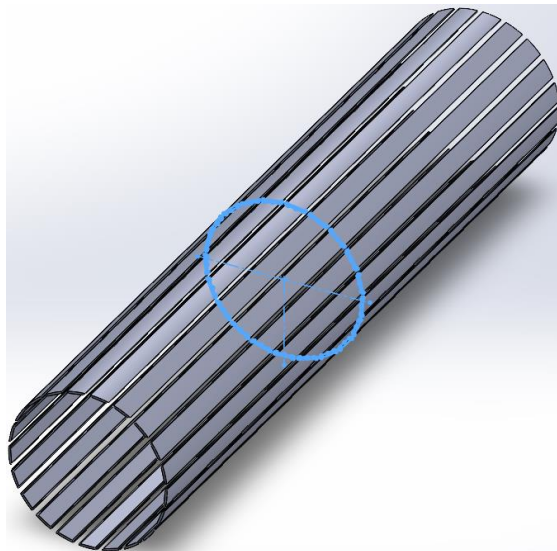


Рисунок 7.7 – Побудована футерівка в SolidWorks

10. Для побудови кріплень будемо ескіз.

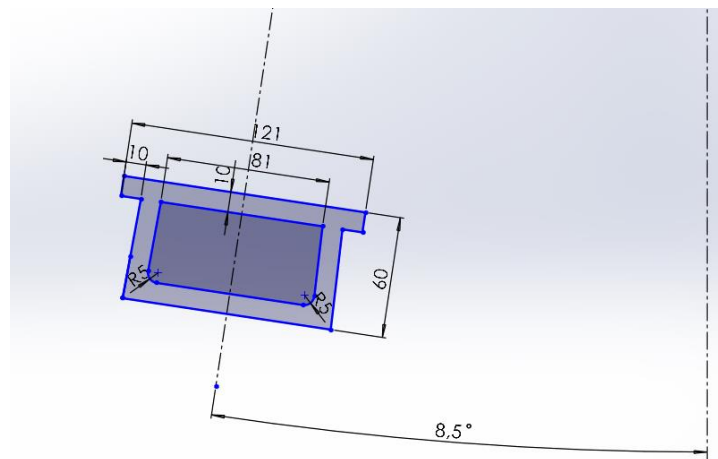


Рисунок 7.8 – Ескіз побудови кріплення

11. Виходимо з ескізу та видавлюємо через середню площину на 15000 мм. За допомогою кругового масиву робимо кріплення, яке складається з 21 частини. Результат зображено на рисунку 7.9.

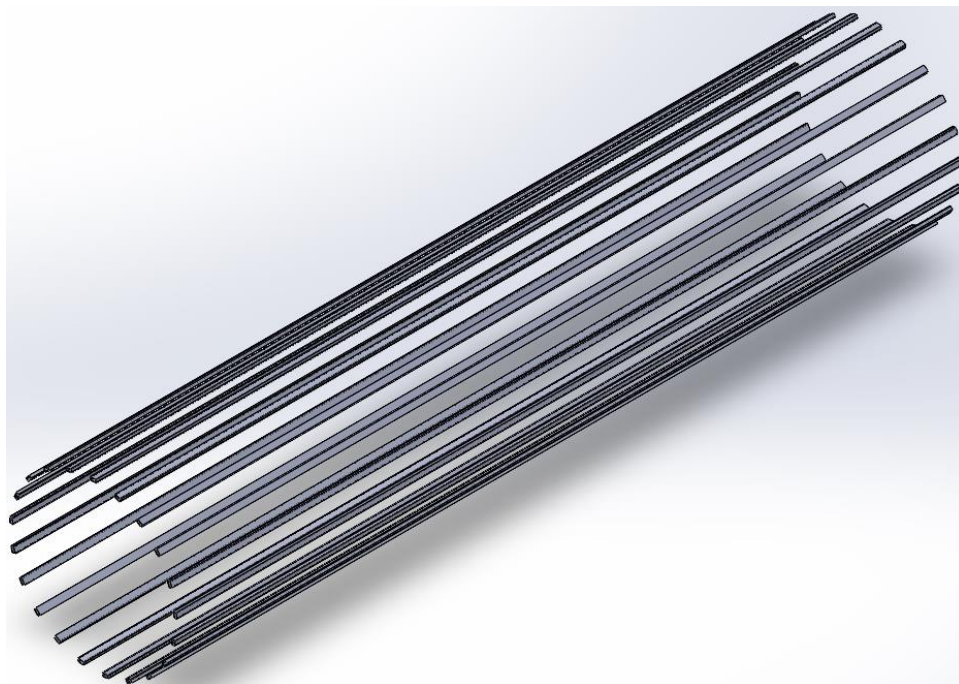


Рисунок 7.9 – Результат побудови кріплення футерівки трубного млина  
12. Для побудови ліфтерів потрібно побудувати ескіз.

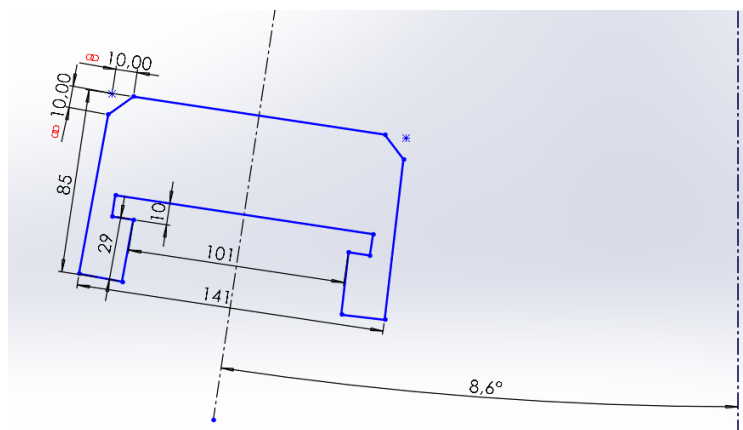


Рисунок 7.10 – Ескіз ліфтера

13. Виходимо з ескізу та видавлюємо через середню площину на 15000 мм ліфтер. За допомогою кругового масиву робимо 21 ліфтер. Результат зображено на рисунку 7.11.

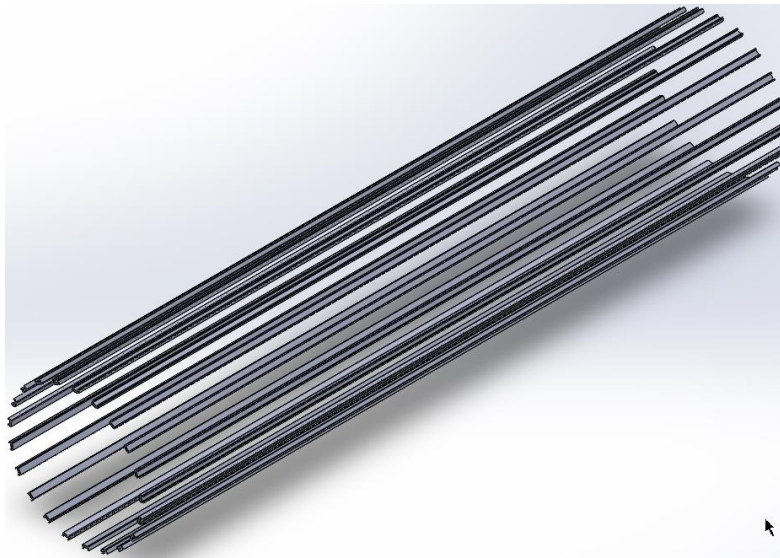


Рисунок 7.11 – Побудовані футерівочні ліфтери

## 7.2 Розрахунки базового та модернізованого вузла

Для підтвердження працездатності та порівняння футерівочного вузла було проведено напружено-деформівний стан за наступною послідовністю:

1. Для розрахунків потрібно створити збірку та додати всі побудовані деталі.

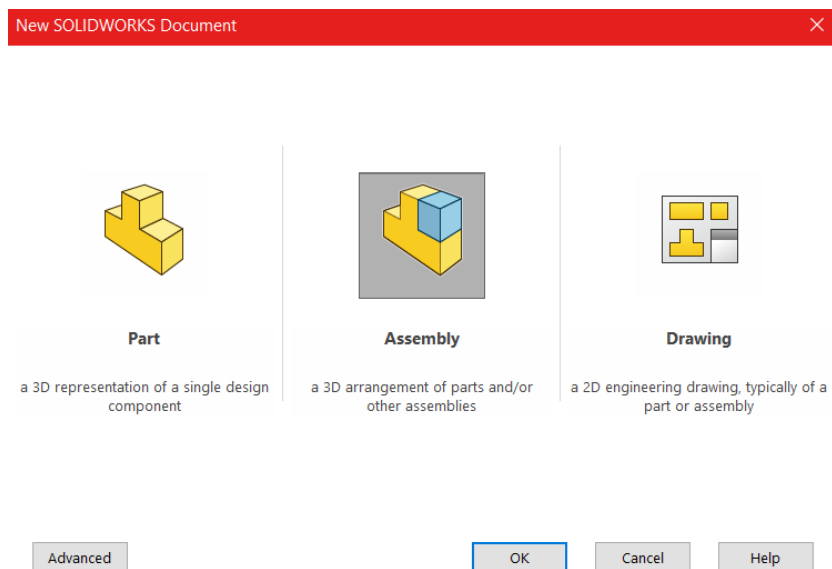


Рисунок 7.12 – Створення збірки

2. Обмежуємо деталі в просторі та відносно інших деталей.

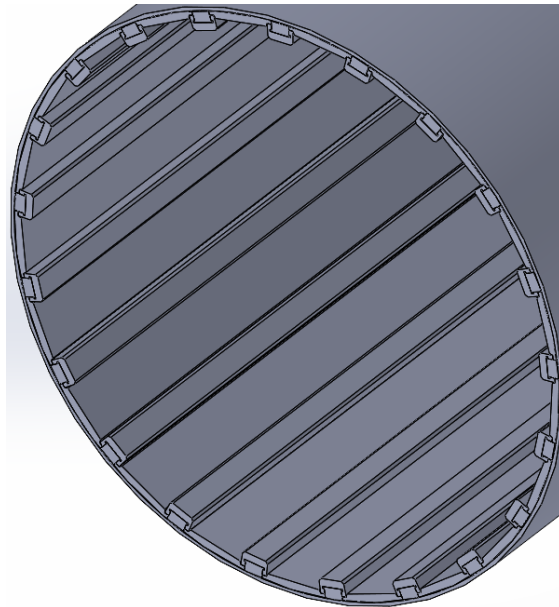


Рисунок 7.13 – Обмеження деталей в просторі

3. Задаємо матеріал для всіх елементів збірки – для барабану, кріплення та футерівки обираємо сталь Ст45, для ліфтерів – резину..

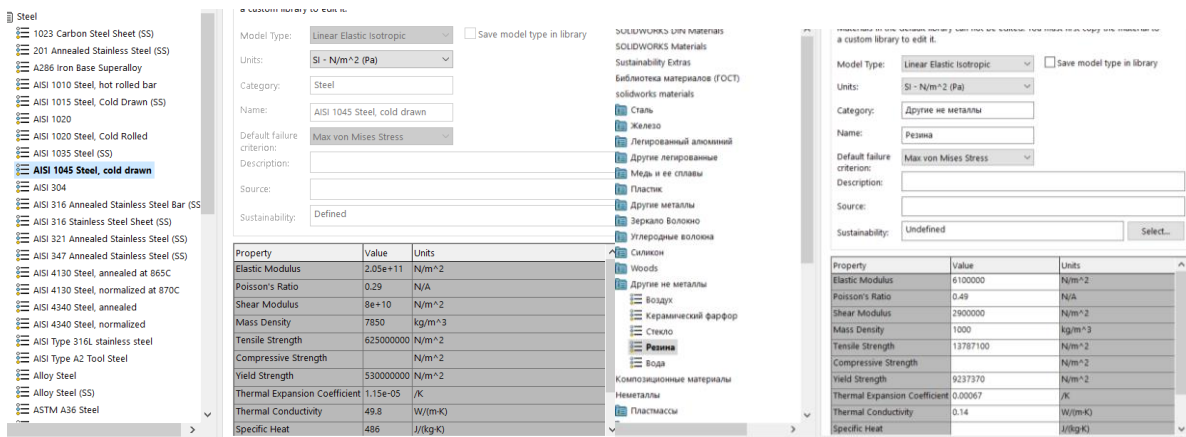


Рисунок 7.14 – Характеристики для сталі Ст45 та резини

4. Заходимо в симуляції програми та створюємо статичний розрахунок.

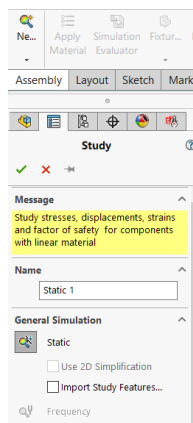


Рисунок 7.15 – Створення статичного розрахунку

5. Тепер задаємо сітку скінченних елементів для всієї конструкції.

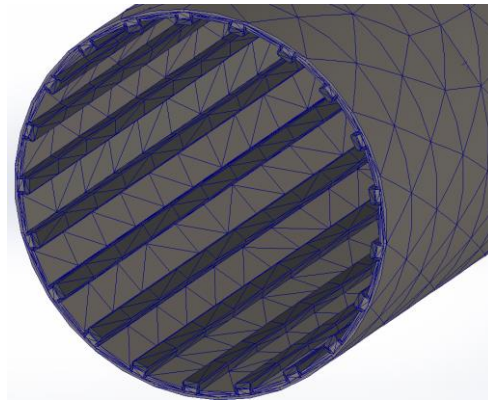


Рисунок 7.16 – ССЕ збірки

6. Задаємо обмеження в просторі для торців барабану та зовнішньої площини барабану.

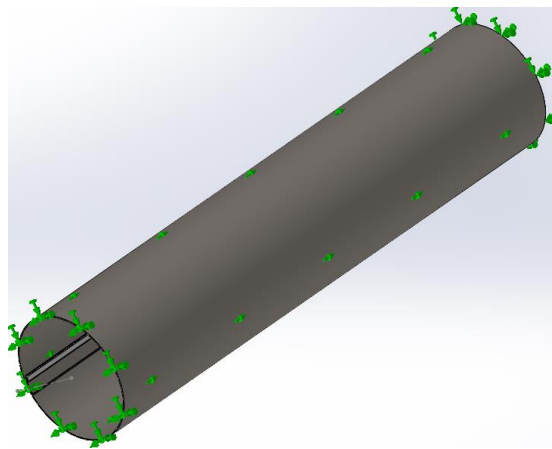


Рисунок 7.17 – Обмеження конструкції в просторі

7. Наступним кроком потрібно накласти навантаження на збірку. Додаємо силу тяжіння для всіх деталей, крутний момент на стінку барабану, який дорівнює  $7,25 \text{ МН}\cdot\text{м}$ ., момент подрібнення всередині конструкції, який дорівнює  $7,25 \text{ рад/с}$ , згинальний момент  $2 \text{ МНм}$  та температуру всередині барабану  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ .

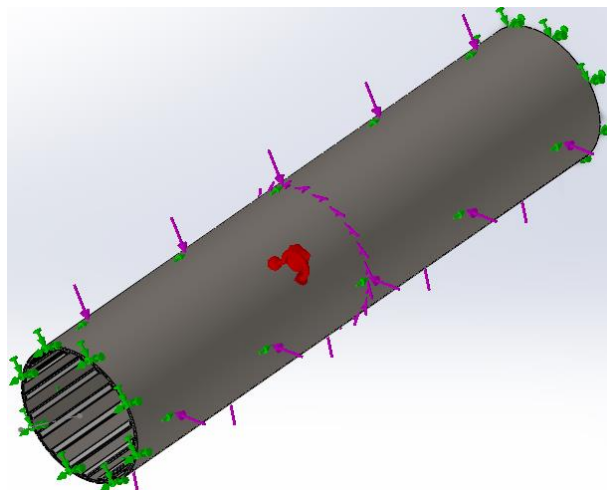


Рисунок 7.18 – Задання навантажень

8. Запускаємо розрахунок та отримуємо наступні розрахунки:

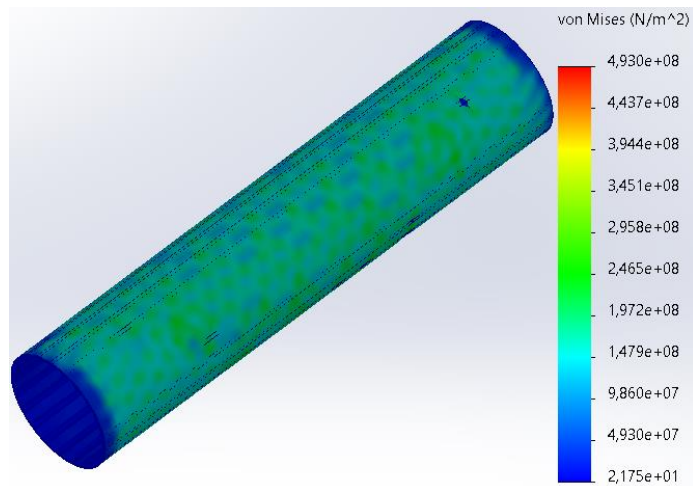


Рисунок 7.19 – Напруження за Мізесом модернізованого вузла

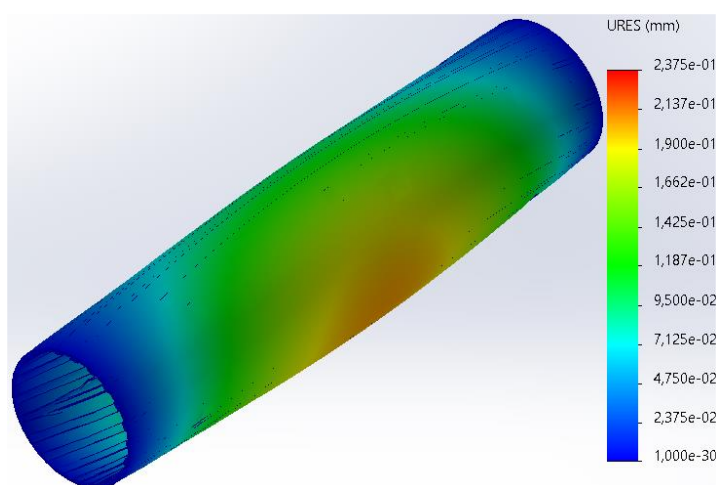


Рисунок 7.20 – Еквівалентні переміщення модернізованого вузла

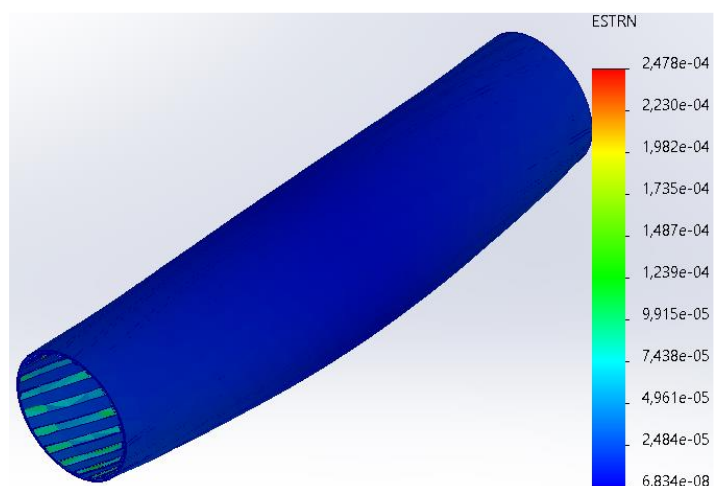


Рисунок 7.21 – Еквівалентні деформації модернізованого вузла

Розрахунки, які отримано для базової конструкції:

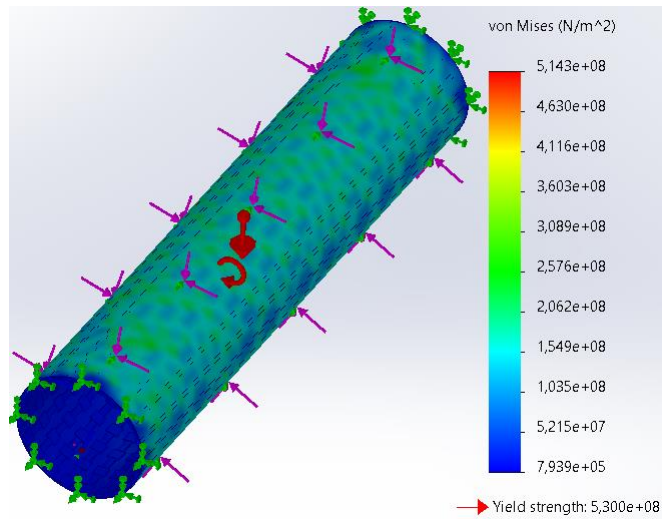


Рисунок 7.22 – Напруження за Мізесом базового вузла

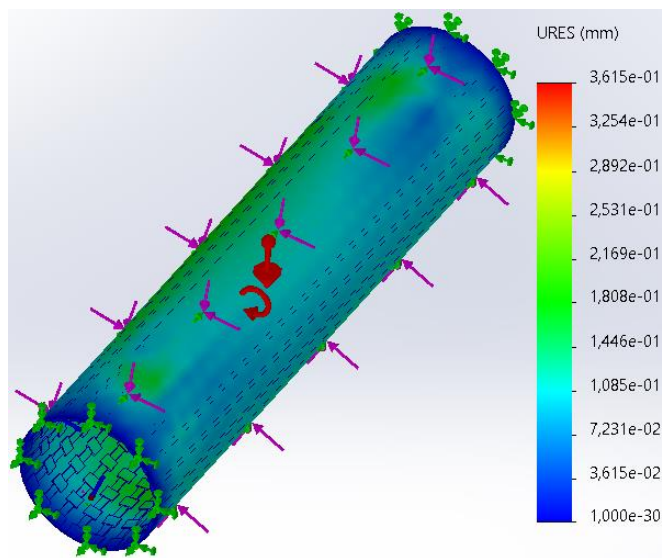


Рисунок 7.23 – Еквівалентні переміщення базового вузла

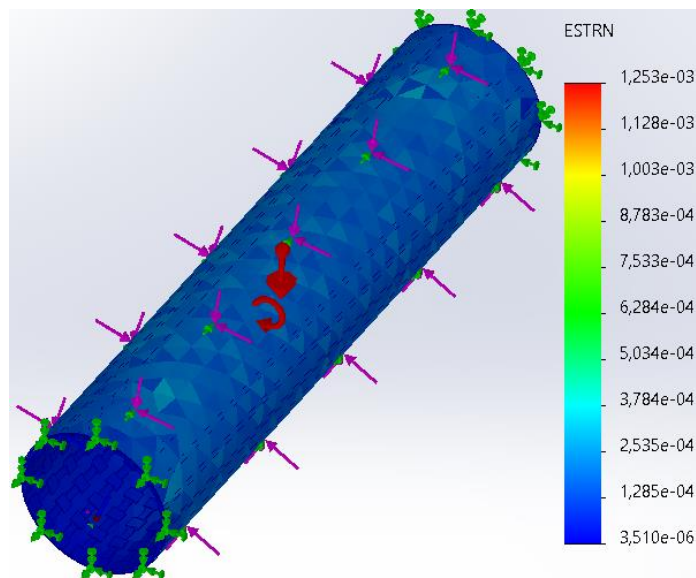


Рисунок 7.24 – Еквівалентні деформації базового вузла

В таблицю 7.1 приведено порівняння розрахунків футерівки для базової та модернізованої конструкції.

Таблиця 7.1 – Порівняльний аналіз розрахунків

	Базова конструкція	Модернізована конструкція	Допустимі значення для Ст45
Еквівалентні напруження, МПа	460	420	600
Переміщення, мм	0,08	0,06	0,1
Деформації, мм	0,0004	0,0003	0,01
Коефіцієнт запасу міцності	1,3	1,43	1,2

### 7.3 Висновки про працездатність модернізованої конструкції

За проведеними розрахунками можна зробити такі висновки:

1. Еквівалентні напруження: У модернізованій конструкції спостерігається зниження еквівалентних напружень на 40 МПа порівняно з базовою конструкцією, але обидві конструкції залишаються в межах допустимих значень для сталі Ст45 (600 МПа).
2. Переміщення та деформації: Модернізована конструкція також відзначається меншими значеннями переміщень (0,06 мм) і деформацій (0,0003 мм) порівняно з базовою конструкцією (0,08 мм і 0,0004 мм відповідно). Ці значення залишаються в межах допустимих показників.
3. Коефіцієнт запасу міцності: Модернізована конструкція має більший коефіцієнт запасу міцності (1,43) у порівнянні з базовою конструкцією (1,3), що вказує на більший рівень надійності та запасу міцності в модернізованій версії.

Основна модернізація полягає в полегшенні встановлення футерівки, що сприяє підвищенню її надійності за рахунок використання еластичних матеріалів та спеціальних елементів. Порівняльний аналіз показує, що модернізована конструкція має кращі показники щодо напружень, переміщень, деформацій та коефіцієнту запасу міцності, що свідчить про її більшу ефективність та надійність у порівнянні з базовою конструкцією.

## **8 ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ**

### **8.1 Збільшення продуктивності лінії**

Збільшення продуктивності лінії з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина досягається за рахунок підвищення ефективності подрібнення матеріалу в барабанному млині[24].

Основною причиною зниження продуктивності барабанного млина є зношування футерівки. Футерівка виконує роль амортизатора та запобігає руйнуванню барабана. З часом футерівка стирається, і її поверхня стає шорсткою. Це призводить до зниження ефективності подрібнення матеріалу, оскільки він більше прилипає до поверхні барабана.

Модернізація футерівки, запропонована в патенті [12], дозволяє підвищити її зносостійкість на 20-30%. Це досягається за рахунок використання еластичного матеріалу для виготовлення плит футерівки та застосування ліфтерів, які забезпечують рівномірний розподіл тиску на футерівку.

Також модернізація розвантажувальної решітки, запропонована в патенті [13], дозволяє підвищити продуктивність лінії на 10-15%. Це досягається за рахунок збільшення живого перерізу решітки на 15-20%.

Для прикладу, для лінії з продуктивністю 1000 тонн цементу на добу модернізація дозволить підвищити її продуктивність до 1100-1150 тонн цементу на добу. Це означає, що підприємство зможе виробляти на 100-150 тонн цементу більше на день, що дозволить збільшити його дохід на 1,5-2,5 мільйона гривень на місяць.

### **8.2 Зменшення витрат на енергію**

Зменшення витрат на енергію на 5-10% досягається за рахунок зменшення енерговитрат на подрібнення матеріалу.

Збільшення продуктивності лінії призводить до зменшення енерговитрат на одиницю виробленого цементу. Це пов'язано з тим, що для подрібнення тієї ж кількості матеріалу потрібно менше часу.

Також модернізація футерівки дозволяє зменшити енерговитрати на 5-10%. Це пов'язано з тим, що еластичний матеріал забезпечує більш рівномірний розподіл тиску на футерівку, що знижує її вібрації.

Для прикладу, для лінії з витратами на енергію 5 мільйонів гривень на місяць модернізація дозволить зменшити їх до 4,75-4,85 мільйона гривень на місяць. Це означає, що підприємство зможе заощадити на енергії 0,25-0,15 мільйона гривень на місяць.

### **8.3 Збільшення терміну служби**

Збільшення терміну служби барабанного млина та розвантажувальної решітки на 20-30% досягається за рахунок підвищення зносостійкості футерівки та розвантажувальної решітки.

Також модернізація розвантажувальної решітки дозволяє підвищити її зносостійкість на 15-20%. Це означає, що розвантажувальна решітка прослужить на 15-20% довше, ніж у разі без модернізації.

Збільшення терміну служби обладнання дозволить підприємству зменшити витрати на його ремонт та заміну.

### **8.4 Покращення якості цементу**

Покращення якості цементу досягається за рахунок більш рівномірного подрібнення матеріалу.

Якщо матеріал подрібнюється нерівномірно, то цемент буде мати неоднорідний склад та меншу міцність. Модернізація барабанного млина дозволяє забезпечити більш рівномірне подрібнення матеріалу, що підвищує якість цементу.

Покращення якості цементу дозволить підприємству збільшити його продажі та отримати додатковий дохід.

Модернізація лінії з виробництва цементу з модернізацією барабанного млина дозволить підприємству підвищити її ефективність та рентабельність

## ВИСНОВКИ

У дослідженні розглянуто технологію виробництва цементу, зокрема процес подрібнення сировини в барабанному млині. Було проведено аналіз існуючих методів модернізації барабанних млинів, і обрані два найбільш перспективних: модернізація футерівки та модернізація розвантажувальної решітки.

Модернізація футерівки передбачає використання плит з еластичного матеріалу, які встановлюються на внутрішній поверхні барабана. Плити мають повздовжні заглиблення біля повздовжніх кромek, в яких встановлені ліфтери з захоплювальними елементами. Захоплювальні елементи з боку ближньої ділянки внутрішньої поверхні барабана виконані з двома повздовжніми пластинами, розташованими в загальній площині з утворенням паза між ними. Кріпильні елементи пропущені крізь пази між пластинами. Для виключення перетиску матеріалу плит частина захоплювальних елементів з боку згаданих пазів може бути випущена з брусів ліфтерів, пропущена між повздовжніми кромками плит і уперта у внутрішню поверхню барабана.

Ця модернізація має такі переваги:

1. Полегшується встановлення футерівки, що знижує трудомісткість і вартість цього процесу.
2. Підвищується надійність футерівки, оскільки вона менше піддається вібрації і деформації.

Модернізація розвантажувальної решітки передбачає розміщення розвантажувальних щілин нижче рівня поверхні решітки в западинах конічної форми. Ця модернізація має такі переваги:

1. Збільшується термін служби розвантажувальної решітки, оскільки вона менше піддається зносу.
2. Підвищується продуктивність млина, оскільки збільшується живий переріз решітки.
3. Самоочищуються сектори розвантажувальної решітки, що знижує трудомісткість її обслуговування.

На основі проведених досліджень розроблено стартап-проект з модернізації барабанних млинів для виробництва цементу. Проект передбачає розробку і впровадження нових методів модернізації футерівки і розвантажувальної решітки.

Переваги стартап-проекту:

1. Підвищення надійності і продуктивності барабанних млинів.
2. Зменшення витрат на енергію і ремонти.
3. Збільшення терміну служби барабанних млинів.
4. Покращення якості цементу.

За оцінками експертів, ринок цементу в Україні становить близько 10 млн тонн на рік. При цьому, близько 70% цементу виробляється на барабанних млинах. Модернізація барабанних млинів дозволить підвищити їх продуктивність і ефективність, що призведе до збільшення попиту на ці машини.

Стартап-проект з модернізації барабанних млинів для виробництва цементу має значний потенціал для успіху. Проект спрямований на вирішення актуальної проблеми, має ряд переваг і може задовольнити потреби потенційних споживачів.

Розрахунки, проведені в рамках дослідження, підтверджують працездатність запропонованих методів модернізації. Так, наприклад, розрахунки показують, що модернізація футерівки дозволяє зменшити трудомісткість і вартість її встановлення на 20-30%, а також підвищити надійність футерівки на 15-20%. Модернізація розвантажувальної решітки дозволяє збільшити термін служби решітки на 25-30%, а також підвищити продуктивність млина на 10-15%.

Таким чином, можна зробити висновок, що модернізація барабанних млинів запропонованими методами дозволяє підвищити їх надійність, продуктивність і термін служби. Стартап-проект з реалізації цього дослідження має значний потенціал для успіху.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Справочник по производству цемента / Под ред. И. И. Холина. – М.: Стройиздат, 1963. – 851 с.
2. Колокольников В. Производство цемента / В Колокольников. — М.: Высшая школа, 1967 г
3. Принцип роботи трубного млина URL: <https://www.youtube.com/watch?v=X-TfLVCmE7c>
4. В. Я. Борщев Обладнання, для подрібнення матеріалів: дробилки і млини. Учбова допомога. Тамбов: Видавництво Тамбовського Технічного Університету, 2004. 75с
5. Приводи машин. Довідник / сост. В.В. Длоугий і ін.; Під редак. В.В. Длоугого – 2-і вид., перероб. і доп. Л: Машинобудування, 1982, - 383с.
6. Патент 2284861 Россия, МПК В02С 17/22. Барабанная мельница / Иванов А.М.; Патентообладатель: Закрытое акционерное общество “Кварц”; 2005102441/03 заявл. 01.02.2005; опубл. 10.10.2006, Бюл. № 28.
7. Патент 209381 Россия, МПК В02С 17/18. Разгрузочная решетка барабанной мельницы / Иванов М.М. Безруких О.И. Куранов А.В. Кунгуров А.А. Железовский Д.В.; Патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью "Объединенная Компания РУСАЛ Инженерно-технологический центр" 2021133863 заявл. 22.11.2021; опубл. 15.03.2022, Бюл. № 8.
8. Патент 118226 Россия, МПК В02С 17/22. Футеровка барабана мельницы / Чижик Е.Е. Грунский Г.Н.; Патентообладатель: Чижик Е.Е. ; 201154574/13 заявл. 29.12.2011; опубл. 20.07.2011, Бюл. № 20.
9. Патент 95557 Россия, МПК В02С 17/22. Футеровка барабанной мельницы / Ким В.Е. Марьин В.В. Марьин А.В. Соловьёв В.Г. Соловьёв С.В.; Патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью "Торговый Дом "Трансбелт"; 2010110689/22 заявл. 23.03.2010; опубл. 10.07.2010, Бюл. № 19.

10. Патент 2321459 Россия, МПК В02С 17/22. Чижик Е.Е.;2006127511/03 заявл. 31.07.2006; опубл. 10.04.2008, Бюл. № 10.
11. Патент UA 41567 ,МПК В02С 17/00. Футерівка млина/ БРО С. М., СВИСТЕЛЬНИК О. Я., СВИСТЕЛЬНИК І. - № 2006127511/03 заявл. 05.01.2009; опубл. 25.05.2009, Бюл.№ 10, 2009 р.
12. Патент UA 90515 Укл. В02С 17/18. Розвантажувальна решітка барабанного млина / Дирда В. І., Калашніков В. О., Левицький А. П. – № 00537; заявл. 20.01.2014; опубл. 26.05.2014, Бюл. № 10.
13. Расчет и конструирование элементов деталей машин. Учебно - методическое пособие / Тихонов С.И., Муравьев А.Е. – Псков: - ППИ, 2005 – 67 с.
14. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплинам "Детали машин и основы конструирования", "Прикладная механика" / Сост.: Ю.Е. Филатов – Иваново: РИО ГОУ ВПО ИГЭУ, 1988 – 77 с.
15. Щербина В.Ю. Конструкторське проектування обладнання. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 83 с. URL:<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25669>
16. Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>
17. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
18. Standard Management Systems QUALITY MANAGEMENT Textbook for students and post-graduate students on specialty 131 "Applied mechanics"/ S. Fomichov, A. Banin, I. Skachkov, V. Lysak, O. Gaievskiy, N. Yudina, Kiev: KIM, 2018 – P. 266
19. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3’2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.

20. Nataliya Yudina, Olena Pidlisna Marketing Perception Of Technological Uncertainty By Decision-Makers. Economic Bulletin Of National Technical University Of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Kyiv: Management And Marketing Faculty Of National Technical University Of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", 2021. №18 (2021). PP. 1-10 URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/238105>
21. Nataliya Yudina Future Study Implementation Into Marketing Activity Of Companies. Economic Bulletin Of National Technical University Of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Kyiv: Management And Marketing Faculty Of National Technical University Of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", 2021. №18 (2021). PP. 1-9 URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/240315>
22. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г., “Моделювання процесу нестационарного теплообміну в футерівці обертових агрегатів”. Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, – 2020, – №2(19). С. 20-31. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.2.2020.208052>
23. Комлев Е. Н. Научные основы управления и организации труда: Учеб. пособие для машиностр. спец. техникумов.-М.:1987
24. Экономика строительства Под редакцией И. С. Степанова. М. : Юрайт, 1997
25. Гальперин М.В. Автоматическое управление.- М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004
26. Горошков Б. И. Автоматическое управление - М.: Издательский центр "Академия", 2003.
27. Ключев А. С., Глазов Б. В., Миндин М. Б. Техника чтения схем автоматического управления и технической контроля,- Энергоатомиздательство, 1983.
28. Щербина В.Ю., Іваненко, О. І., Сокольський, О. Л., Васильченко, Г. М. "Використання технології регенерації тепла для підвищення теплової ефективності обертових печей". Вісник НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2023. №3(22). с. 41-51. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.3.2023.288247>
29. Солодовников В. В., Плотников В. Н. Яковлев А. В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования.-М.:Машиностроение,1988.

## **Додаток А. Специфікації**

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Замітки
				<u>Документація</u>		
A1			<u>ЛП21мп.223533.000-70В3</u>	Загальний вигляд	1	
				<u>Деталі</u>		
A1		1	ЛП21мп.223533.000.001	Сталевий зварений барабан	1	
A2		2	ЛП21мп.223533.000.002	Привід	1	
A3		3	ЛП21мп.223533.000.003	Підшипники ковзання	6	
A1		4	ЛП21мп.223533.000.004	Розвантажувальна частина	1	
A2		5	ЛП21мп.223533.000.005	Розвантажувальний бункер	1	
A2		6	ЛП21мп.223533.000.006	Завантажувальна частина	1	
A1		7	ЛП21мп.223533.000.007	Система змащування, охолодження та подачі ПАМ	4	
A2		8	ЛП21мп.223533.000.008	Система автоматичного керування	1	

				<b>ЛП21мп.223536.01-70ТЕ</b>			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Тимофіюк І.О				Трубний млин для виготовлення цементу мокрим способом		
Перев.							
Керів.	Олексишен						
Н.конт							
Затв.							
					Літ	Аркуш	Аркушів
						1	1
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Замітки
				<u>Документація</u>		
A1			<u>ЛП21мп.223535.001-70ТС</u>	Технологічна схема	1	
				<u>Деталі</u>		
A1		1	ЛП21мп.223535.001.001	Автотранспорт	1	
A1		2	ЛП21мп.223535.001.002	Щокова дробарка	2	
A1		3	ЛП21мп.223535.001.003	Молоткова дробарка	1	
A2		4	ЛП21мп.223535.001.004	Бункер	1	
A3		5	ЛП21мп.223535.001.005	Дозатор	1	
A1		6	ЛП21мп.223535.001.006	Транспорт	1	
A1		7	ЛП21мп.223535.001.007	Млин «Гідрофол»	1	
A2		8	ЛП21мп.223535.001.008	Насос	1	
A2		9	ЛП21мп.223535.001.009	Дозатор	1	
A1		10	ЛП21мп.223535.001.010	Млин сировинного помелу	1	
A3		11	ЛП21мп.223535.001.011	Бункер	1	
A1		12	ЛП21мп.223535.001.012	Шламбасейн	2	
A1		13	ЛП21мп.223535.001.013	Обертова піч	1	
A1		14	ЛП21мп.223535.001.014	Колосниковий холодильник	1	
A2		15	ЛП21мп.223535.001.015	Склад клінкеру	1	
A2		16	ЛП21мп.223535.001.016	Склад гіпсу	1	
A1		17	ЛП21мп.223535.001.017	Молоткова дробарка	1	
A1		18	ЛП21мп.223535.001.018	Склад добавок	1	
A1		19	ЛП21мп.223535.001.019	Молоткова дробарка	1	
A1		20	ЛП21мп.223535.001.020	Сушільний барабан	1	
<b>ЛП21мп.223536.02-70ТЕ</b>						
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Тимофіюк І.О				Літ	Аркуш
Перев.						Аркушів
Керів.	Олексишен					1
Н.конт					2	
Затв.					КПІ ім. Ігоря Сікорського	
Технологічна лінія для виготовлення цементу мокрим способом						







## Додаток Б. Таблиця патентного пошуку

№ п/п	Предмет пошуку	Країна видачі, вид і номер документа	Сутність заявленого технологічного рішення і ціль його створення
1	Барабанний млин	<p style="text-align: center;">Патент № 2284861 Автори: Іванов Анатолій Михайлович</p>	<p>Завдання вирішується тим, що у відомому барабанному млині, що містить корпус, що обертається, рівнорозташовані по його внутрішній поверхні однакові поздовжні металеві ліфтери, деформовані футерувальні плити з пружного матеріалу, укладені між ліфтерами з натягом і знаходяться в щільному контакті з внутрішньою поверхнею обертового, утримуючі футерувальні плити з пружного матеріалу в деформованому стані, внутрішньої поверхні корпусу штифтів зі сферичними головками та передбачених у футерувальній плиті з боку її поверхні, що підлягає контактуванню з внутрішньою поверхнею корпусу барабанного млина, відповідних їм сферичних гнізд із запірним отвором. ним, що охоплює сферичну голівку штифта.</p>
2	Барабанний млин	<p style="text-align: center;">Патент № 209381 Автори: Іванов Михайло Михайлович, Безруких Олег Іванович, Куранов Антон Васильович,</p>	<p>Технічна задача досягається за рахунок того, що в розвантажувальній решітці барабанного млина, що містить з'єднані між собою сектори розвантажувальної решітки у вигляді металевих пластин, кожен з яких має розвантажувальні щілини у вигляді наскрізних отворів і розсікачі, новим є те, що як розсікачі використовуються ліфтери, забезпечені поперечними ребрами жорсткості, при цьому корпус сектора розвантажувальної решітки та</p>

		<p>Кунгуров Олександр Олександрович, Залізовський Денис Володимирович</p>	<p>ліфтери з ребрами жорсткості виконані у вигляді монолітного виробу. Корисну модель доповнюють приватні ознаки, що сприяють досягненню технічного результату. Так сектори розвантажувальної решітки з'єднані між собою за рахунок прикріплення болтовим з'єднанням зовнішнього радіусу секторів до розвантажувальної кришки, а по внутрішньому радіусу – діафрагми розвантажувальної частини.</p>
3	<p>Футерування барабанних млинів</p>	<p>Патент № 118226 Автори: Чижик Євген Євгенович, Геннадій Миколайович</p>	<p>Поставлене завдання вирішується тим, що у футерівці барабана млина, що містить плити з еластичного матеріалу, розташовані на внутрішній поверхні барабана млина, що мають поздовжні бічні поглиблення, в яких встановлені ліфтери у вигляді бруса з еластичного матеріалу, який містить рівну та скошену бічні поверхні металеву арматуру, з'єднану з матеріалом бруса за допомогою вулканізації, та кріпильні елементи для з'єднання металеві арматури ліфтера з корпусом барабана з одночасним притисканням плит до внутрішньої поверхні барабана млина, відповідно до корисної моделі, плити мають робочу поверхню, яка містить дві ділянки, розташовані під кутом <math>\alpha</math> в межах <math>0^\circ \dots 15^\circ</math> до горизонтальної площини, при цьому довжина похилої ділянки <math>b</math> дорівнює <math>0,5 \dots 0,9 L</math>, де <math>L</math> - ширина робочої поверхні плити, причому ліфтер установлений таким чином, що кут <math>\beta</math> між похилою ділянкою робочої поверхні плити та бічної поверхнею ліфтера становить більше <math>90^\circ</math>.</p>

4	Футерування барабанних млинів	<p>Патент № 95557</p> <p>Автори: Ким Валентина Євгенівна, Мар'їн Владимир Васильевич</p>	<p>Для вирішення завдання і досягнення технічного результату в футерівці барабанного млина, що містить закріплені на внутрішній поверхні барабана пружні футерувальні плити, армовані орієнтованими пластинами. і ліфтери пластини виконати з базальтопластика, а зовнішній (орієнтований всередину барабана) шар кожної футерівочної плити і кожного ліфтера ввести в якості наповнювача корундову крихту.</p>
5	Футерування барабанних млинів	<p>Авторське свідоцтво № 2321459</p> <p>Автори: Чижик Евгений Федорович</p>	<p>Поставлене завдання вирішується завдяки тому, що футерівка, яка містить з'єднані вздовж барабана плити, виконані з еластомірного матеріалу. Нижні частини плит мають встановлену арматуру та з'єднані за допомогою кріпильних елементів з барабаном млина. Верхні частини кожної плити мають форму трапеції, передня, середня та задня грані якої створюють синусоїдальну хвильову робочу поверхню футерівки. Плити забезпечені металевими шипами у вигляді паралелепіпедів, частково завулканізованих у передні та середні грані плит і розташованих під гострим кутом до осі барабана. По периметру завулканізованої частини шипів виконані пази, що заповнюються еластомірним матеріалом плит, а на основі шипів виконані по два циліндричні пальці, вставлених в отвори вставної арматури так, що простір між основами шипів та вставною арматурою заповнено еластомірним матеріалом плит.</p>

**Додаток В. Копії використаних для модернізації патентів**



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **90515** (13) **U**  
(51) МПК  
**B02C 17/18** (2006.01)

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

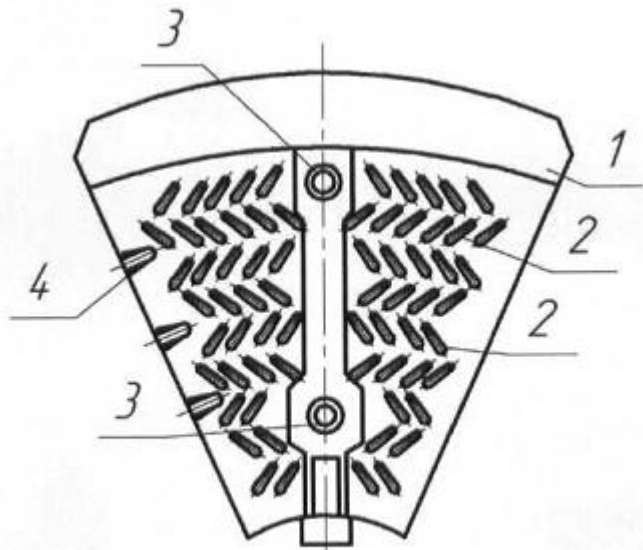
<p>(21) Номер заявки: <b>u 2014 00537</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>20.01.2014</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>26.05.2014</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>26.05.2014, Бюл.№ 10</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Дирда Віталій Іларіонович (UA), Калашніков В'ячеслав Олексійович (UA), Левицький Андрій Павлович (UA), Пугач Андрій Миколайович (UA), Хмель Ірина Віталіївна (UA), Стойко Олексій В'ячеславович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>Дирда Віталій Іларіонович,</b> наб. ім. Леніна, 39, к. 134, м. Дніпропетровськ, 49000 (UA), <b>Калашніков В'ячеслав Олексійович,</b> вул. Леваневського, 91, м. Біла Церква, Київська обл., 09108 (UA), <b>Левицький Андрій Павлович,</b> вул. Сиволапа, 1, кв. 176, м. Кривий Ріг, 50022 (UA), <b>Пугач Андрій Миколайович,</b> вул. Ленінградська, 18, к. 78, м. Дніпропетровськ, 49070 (UA), <b>Хмель Ірина Віталіївна,</b> вул. Кропивницького, 21, кв. 21, м. Кривий Ріг, 50015 (UA), <b>Стойко Олексій В'ячеславович,</b> вул. П. Коновальця, 5, кв. 35, м. Біла Церква, Київська обл., 09113 (UA)</p>
--	--

**(54) РОЗВАНТАЖУВАЛЬНА РЕШІТКА БАРАБАННОГО МЛИНА**

**(57) Реферат:**

Розвантажувальна решітка барабанного млина виконана у вигляді секторів із щілинами, які розташовані рядами до осі сектора. Щілини в кожному ряду паралельні між собою і перпендикулярні щілинам суміжного ряду, на секторах виконані розсікаючі западини, розміщені між рядами щілин. Розвантажувальні щілини знаходяться нижче рівня поверхні решітки в западинах конічної форми.

**UA 90515 U**



Фиг. 1

Корисна модель належить до розвантажувальних решіток барабанних млинів і може бути використана в гірничорудній, будівельній, хімічній та інших галузях промисловості.

Відома розвантажувальна решітка барабанного млина (SU 1202618 B02C17/18, 1984), що складається з секторів з отворами, в розвантажувальній частині яких змонтовані зносостійкі  
5 вкладиші з щілинами, а кут між стінками приймальної частини подачі матеріалу становить 55-58 градусів.

Проте конструкція має суттєвий недолік - відбувається заклинювання матеріалу при його просіюванні і не забезпечується необхідна довговічність розвантажувальної решітки.

Найбільш близькою по технічній суті і результату є розвантажувальна решітка барабанного  
10 млина (UA66545 B02C 17/18, 2012), що складається із секторів із щілинами, які розташовані рядами до осі сектора, щілини в кожному ряду паралельні між собою і перпендикулярні щілинам суміжного ряду, на секторах виконані розсікаючі западини, розміщені між рядами щілин.

Недоліком конструкції є те, що в процесі абразивного спрацювання збільшується розмір  
15 пропускних щілин, що негативно впливає на якість кінцевого продукту подрібнення по класу точності.

Технічною задачею, що вирішується заявлюваною корисною моделлю, є збільшення терміну служби розвантажувальної решітки, підвищення продуктивності млина, збільшення живого перерізу решітки.

Цей технічний результат вирішується тим, що розвантажувальні щілини знаходяться нижче  
20 рівня поверхні решітки в западинах конічної форми.

Загальними ознаками продукту, що заявляється, є сектори із щілинами, які розташовані рядами до осі сектора, щілини в кожному ряду паралельні між собою і перпендикулярні щілинам суміжного ряду, на секторах виконані розсікаючі западини, розміщені між рядами щілин.

Відмінною ознакою продукту, що заявляється є те, що розвантажувальні щілини  
25 знаходяться нижче рівня поверхні решітки в западинах конічної форми.

За наявними у авторів відомостями сукупність ознак, що заявляються і характеризують суть корисної моделі, не відома на даному рівні техніки.

Отже корисна модель, що заявляється, відповідає критерію "новизна".

Суть корисної моделі, що заявляється, не впливає явно з відомого авторам рівня техніки.  
30 Сукупність ознак, що характеризують відомі рішення, не забезпечують досягнення нових результатів і тільки наявність перерахованих вище відмінних ознак забезпечує одержання нового, більш високого технічного результату.

Корисна модель пояснюється графічно, де на фіг. 1 зображено сектор розвантажувальної  
35 решітки, на фіг. 2 - переріз щілини.

Розвантажувальна решітка складається із секторів 1 зі щілинами 2, розташованими під  
кутом до осі сектора. На секторі 1 щілини 2 розташовані рядами, до того ж в кожному ряду щілини 2 паралельні одна одній і перпендикулярні щілинам 2 суміжного ряду. Сектори розвантажувальної решітки кріпляться за допомогою гвинтів, для чого в кожному секторі виконані отвори 3.

40 На секторах 1 виконані розсікаючі западини 4, розміщені між рядами щілин 2.

Розвантажувальні щілини 2 знаходяться нижче рівня поверхні решітки в западинах конічної  
форми 5.

Робочий процес відбувається наступним чином. В процесі обертання барабанного млина,  
його торцеві стінки, зокрема розвантажувальна решітка, сприймають постійний натиск великого  
45 об'єму подрібнюваного матеріалу.

Знаходячись під дією відцентрової сили, тертя і підйомної сили, подрібнений матеріал піднімається вгору з наступним переміщенням донизу. Розвантаження барабанного млина здійснюється шляхом подачі подрібненого матеріалу крізь щілини секторів.

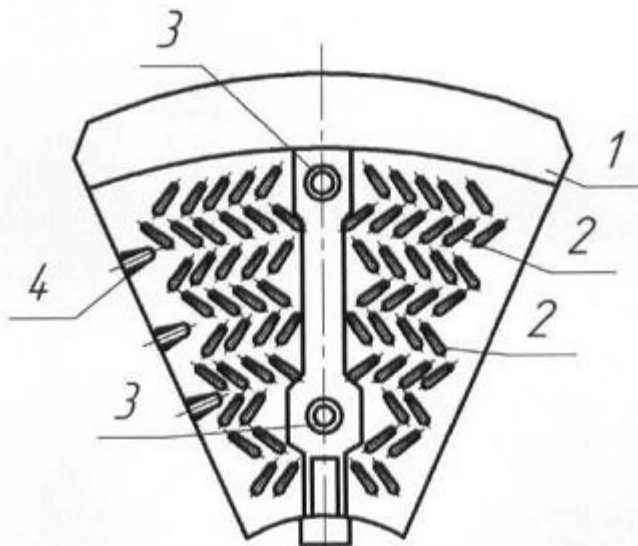
Розвантажувальні щілини знаходяться нижче рівня поверхні решітки в западинах конічної  
50 форми, що виключає забивання щілин секторів.

В результаті чого досягається висока продуктивність, самоочищення секторів розвантажувальної решітки, збільшується термін служби розвантажувальної решітки

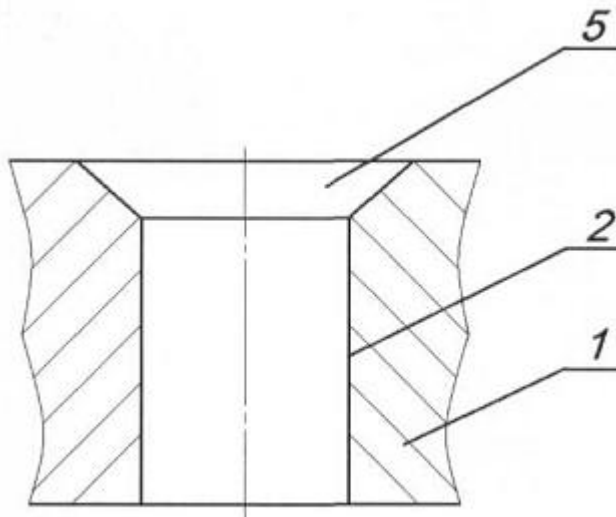
Запропонована корисна модель може бути багаторазово відтворена і використана у вигляді  
розвантажувальної решітки барабанного млина і може знайти широке застосування в  
55 гірничорудній, будівельній, хімічній та інших галузях промисловості. Отже, корисна модель відповідає критерію "промислового застосовності".

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 5 Розвантажувальна решітка барабанного млина, що виконана у вигляді секторів із щілинами, які розташовані рядами до осі сектора, щілини в кожному ряду паралельні між собою і перпендикулярні щілинам суміжного ряду, на секторах виконані розсікаючі западини, розміщені між рядами щілин, яка **відрізняється** тим, що розвантажувальні щілини знаходяться нижче рівня поверхні решітки в западинах конічної форми.



Фиг. 1



Фиг. 2

---

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



УКРАЇНА

(19) UA (11) 41567 (13) U  
(51) МПК (2009)  
B02C 17/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ФУТЕРІВКА МЛИНА

1

2

(21) u200900068

(22) 05.01.2009

(24) 25.05.2009

(46) 25.05.2009, Бюл.№ 10, 2009 р.

(72) БРО СЕМЕН МАЄРОВИЧ, UA, СВИСТЕЛЬНИК  
ОЛЕГ ЯКИМОВИЧ, UA, СВИСТЕЛЬНИК ІРИНА  
ОЛЕГІВНА, UA

(73) БРО СЕМЕН МАЄРОВИЧ, UA, СВИСТЕЛЬНИК  
ОЛЕГ ЯКИМОВИЧ, UA, СВИСТЕЛЬНИК ІРИНА  
ОЛЕГІВНА, UA

(57) 1. Футерівка млина, яка містить плити з ела-  
стичного матеріалу, що встановлені на внутрішній  
поверхні барабана і мають повздовжні заглиблен-  
ня біля повздовжніх кромки плит, в яких встанов-  
лені ліфтери у вигляді брусів з еластичного мате-

ріалу з захоплювальними елементами, які  
заформовані в бруси ліфтерів, за допомогою яких  
ліфтери кріпильними елементами прикріплені до  
барабана з притиском плит, яка **відрізняється**  
тим, що захоплювальні елементи з боку ближньої  
ділянки внутрішньої поверхні барабана виконані з  
двома повздовжніми пластинами, що розташовані  
в загальній площині з утворенням паза між ними,  
при цьому кріпильні елементи пропущені крізь па-  
зи між пластинами.

2. Футерівка за п. 1, яка **відрізняється** тим, що  
частина захоплювальних елементів з боку згада-  
них пазів випущена з брусів ліфтерів, пропущена  
між повздовжніми кромками плит і уперта у внут-  
рішню поверхню барабана.

Корисна модель відноситься до елементів  
конструкції кулевих млинів або млинів самоздріб-  
нювання і може використовуватись в гірничозбага-  
чувальній, металургійній, будівельній, хімічній і  
інших галузях промисловості.

В існуючому в теперішній час рівні техніки є ві-  
домим аналог - футерівка млина за книгою «Дыр-  
да В.И., Чижик Е.Ф., Резиновые детали в машино-  
строении: Днепропетровск: Полиграфист, 2000»,  
стор.49, мал.1.13.б. Ця футерівка містить плити з  
еластичного матеріалу, що встановлені на внутрі-  
шній поверхні барабана, і мають повздовжні за-  
глиблення, в яких встановлені ліфтери у вигляді  
брусів з еластичного матеріалу з захоплювальни-  
ми елементами, за допомогою яких ліфтери кріпиль-  
ними елементами прикріплені до барабана з  
притиском плит. Ці ознаки аналога збігаються з  
суттєвими ознаками корисної моделі. Крім того у  
аналога повздовжні заглиблення виконані в сере-  
дній частині плит, а захоплювальні елементи бру-  
сів ліфтерів виконані у вигляді пластин, що встанов-  
лені в повздовжніх пазах брусів ліфтерів.  
Недоліком аналога є те, що при затягненні кріпиль-  
них елементів виникає перенавантаження матері-

алу плит і ліфтерів більше ніж допускає пружна  
деформація. Внаслідок цього можливий швидкий  
вихід з ладу плит і ліфтерів в цих місцях. Якщо ж  
кріпильні елементи затягнуті з меншим зусиллям  
так щоб забезпечити в місцях затягнення роботу  
матеріалу плит і ліфтерів в зоні пружної деформа-  
ції - не забезпечується надійність кріплення плит і  
ліфтерів. Все це знижує надійність роботи футері-  
вки млина.

Найближчим аналогом корисної моделі є фу-  
терівка млина за патентом України на корисну мо-  
дель №29766, B02C17/00, від 04.10.2007р. Ця фу-  
терівка містить плити з еластичного матеріалу, що  
встановлені на внутрішній поверхні барабана і  
мають повздовжні заглиблення біля повздовжніх  
кромки плит, в яких встановлені ліфтери у вигляді  
брусів з еластичного матеріалу з захоплювальни-  
ми елементами, які заформовані в бруси ліфтерів,  
за допомогою яких ліфтери кріпильними еlemen-  
тами прикріплені до барабана з притиском плит. Ці  
ознаки найближчого аналога є загальними з суттє-  
вими ознаками корисної моделі. Крім того в най-  
ближчому аналозі захоплювальні елементи брусів  
ліфтерів виконані у вигляді пар Г-подібних елеме-

(19) UA (11) 41567 (13) U

нтів в перерізі, що розташовані дзеркально і мають перемички між ними, на яких виконана різь, боки Г-подібних елементів з боку барабана пропущені між повздовжніми кромками плит і оперті в барабан, а в різь перемичок вкручені кріпильні елементи.

Найближчий аналог позбавлений недоліку аналога, але при встановленні ліфтерів - при коливанні розміру між кріпильними отворами на барабані - можливі ускладнення для проходження кріпильних елементів з ліфтерами крізь ці отвори. При цьому виникає необхідність підгону цих отворів на барабані. Це знижує надійність футерівки млина.

В основу корисної моделі покладено задачу - підвищити надійність футерівки млина за рахунок полегшення встановлення футерівки.

Поставлена задача вирішується тим, що в футерівці млина, яка містить плити з еластичного матеріалу, що встановлені на внутрішній поверхні барабана, і мають повздовжні заглиблення біля повздовжніх кромки плит, в яких встановлені ліфтери у вигляді брусів з еластичного матеріалу з захоплювальними елементами, які заформовані в брус ліфтерів, за допомогою яких ліфтери кріпильними елементами прикріплені до барабана з притиском плит, у відзнаку від найближчого аналога - захоплювальні елементи з боку ближньої ділянки внутрішньої поверхні барабана виконані з двома повздовжніми пластинами, що розташовані в загальній площині з утворенням паза між ними, при цьому кріпильні елементи пропущені крізь пази між пластинами.

Для виключення перетиску матеріалу плит - частина захоплювальних елементів з боку згаданих пазів може бути випущена з брусів ліфтерів, пропущена між повздовжніми кромками плит і уперта у внутрішню поверхню барабана.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю ознак корисної моделі і технічним результатом, якого можна досягти, полягає у наступному.

У відзнаку від найближчого аналога, те, що на футерівці млина захоплювальні елементи з боку ближньої ділянки внутрішньої поверхні барабана виконані з двома повздовжніми пластинами, що розташовані в загальній площині з утворенням

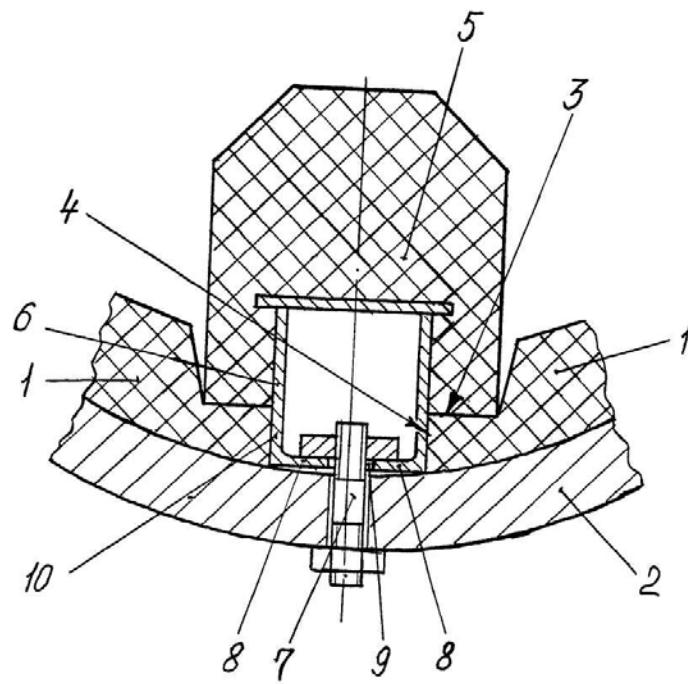
паза між ними, при цьому кріпильні елементи пропущені крізь пази між пластинами - дозволило забезпечити складання футерівки без підгонки кріпильних отворів на барабані. Це підвищує надійність футерівки млина.

На кресленні, що додається, зображено у попередньому перерізі барабана млина ділянку футерівки млина.

Футерівка млина містить плити 1 з еластичного матеріалу, наприклад - з гуми, що встановлені на внутрішній поверхні барабана 2. Плити мають повздовжні заглиблення 3, біля повздовжніх кромки 4 плит, в яких вставлені ліфтери 5 у вигляді брусів з еластичного матеріалу. Ліфтери мають захоплювальні елементи 6, які заформовані в брус ліфтерів, за допомогою яких ліфтери кріпильними елементами 7 прикріплені до барабана з притиском плит. Захоплювальні елементи 6 з боку ближньої ділянки внутрішньої поверхні барабана 2 виконані з двома повздовжніми пластинами 8, що розташовані в загальній площині з утворенням паза 9 між ними. Кріпильні елементи 7 пропущені крізь пази 9 між пластинами 8. Частина 10 захоплювальних елементів 6 з боку пазів 9 випущена з брусів ліфтерів 5, пропущена між повздовжніми кромками 4 плит 1 і уперта у внутрішню поверхню барабана 2.

В процесі роботи млина матеріал в обертовому барабані 2 захоплюється брусами ліфтерів 5 разом з кулями, або без них - в залежності від технології подрібнювання - підіймається на деякий кут і спадає вниз на шар матеріалу, що знаходиться на плитах 1, внаслідок чого матеріал подрібнюється.

При складанні футерівки коливання розмірів між кріпильними отворами на барабані 2 на встановлення ліфтерів 5 з кріпильними елементами 7 не впливає так як це коливання розмірів компенсується пазами 9 між пластинами 8. Частина 10 захоплювальних елементів 6 з боку пазів 9, що пропущена між повздовжніми кромками 4 плит 1 і уперта у внутрішню поверхню барабана 2 перешкоджає перетиску плит в зоні заглиблень 3. Все це підвищує надійність футерівки млина.



## Додаток Г. Копії власних публікацій

### Лінія для виробництва цементу з модернізацією розвантажувальної решітки барабанного млина

Тимофіюк І.О., студ.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

*Розглянуто варіант модернізації розвантажувальної решітки, у результаті чого досягається збільшення терміну служби розвантажувальної решітки, підвищення продуктивності млина та збільшення живого перерізу решітки.*

**Ключові слова:** Футерівка, барабанний млин, розвантажувальна решітка, щілина, продуктивність.

Пропоноване вдосконалення належить до розвантажувальних решіток барабанних млинів і може бути використана в гірничорудній, будівельній, хімічній та інших галузях промисловості.

Відома розвантажувальна решітка барабанного млина [1], що складається з секторів з отворами, в розвантажувальній частині яких змонтовані зносостійкі вкладиші з щілинами, а кут між стінками приймальної частини подачі матеріалу становить 55-58 градусів. Проте конструкція має суттєвий недолік - відбувається заклинювання матеріалу при його просіюванні і не забезпечується необхідна довговічність розвантажувальної решітки.

Найбільш близькою по технічній суті і результату є розвантажувальна решітка барабанного млина [2], що складається із секторів із щілинами, які розташовані рядами до осі сектора, щілини в кожному ряду паралельні між собою і перпендикулярні щілинам суміжного ряду, на секторах виконані розсікаючі западини, розміщені між рядами щілин. Недоліком конструкції є те, що в процесі абразивного спрацювання збільшується розмір пропускних щілин, що негативно впливає на якість кінцевого продукту подрібнення по класу точності.

Метою модернізації є збільшення терміну служби розвантажувальної решітки, підвищення продуктивності млина, збільшення живого перерізу решітки.

Для досягнення поставленої мети на підставі проведеного літературно-патентного огляду обрано модернізацію футерівки барабанного млина за патентом № 90515 [3].

Конструкція розвантажувальної решітки за патентом № 90515 пояснюється кресленнями:

- рисунок 1 – сектор розвантажувальної решітки;
- рисунок 2 – переріз щілини.

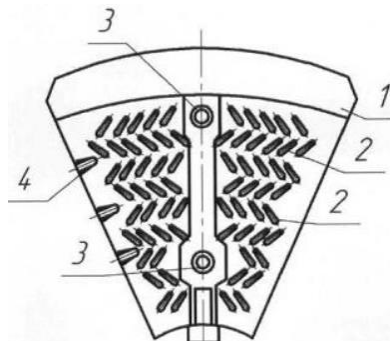


Рисунок 1 – Сектор розвантажувальної решітки

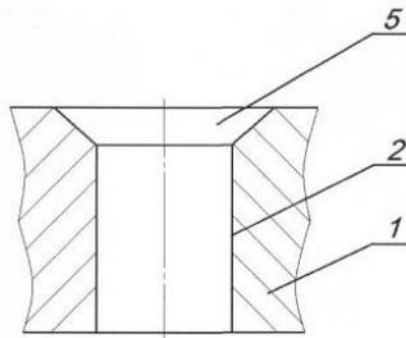


Рисунок 2 – Переріз щілини

Розвантажувальна решітка складається із секторів 1 зі щілинами 2, розташованими під кутом до осі сектора. На секторі 1 щілини 2 розташовані рядами, до того ж в кожному ряду щілини 2 паралельні одна одній і перпендикулярні щілинам 2 суміжного ряду. Сектори розвантажувальної решітки кріпляться за допомогою гвинтів, для чого в кожному секторі виконані отвори 3. На секторах 1 виконані розсікаючі западини 4, розміщені між рядами щілин 2.

Робочий процес відбувається наступним чином. В процесі обертання барабанного млина, його торцеві стінки, зокрема розвантажувальна решітка, сприймають постійний натиск великого об'єму подрібнюваного матеріалу.

Знаходячись під дією відцентрової сили, тертя і підйомної сили, подрібнений матеріал піднімається вгору з наступним переміщенням донизу. Розвантаження барабанного млина здійснюється шляхом подачі подрібненого матеріалу крізь щілини секторів.

Розвантажувальні щілини 2 знаходяться нижче рівня поверхні решітки в западинах конічної форми 5, що виключає забивання щілин секторів.

В результаті чого досягається висока продуктивність, самоочищення секторів розвантажувальної решітки, збільшується термін служби розвантажувальної решітки

Запропоновант вдосконалення може бути багаторазово відтворена і використана у вигляді розвантажувальної решітки барабанного млина і може знайти широке застосування в гірничорудній, будівельній, хімічній та інших галузях промисловості.

**Висновок.** У результаті вдосконалення розвантажувальної решітки барабанного млина досягається збільшення терміну служби розвантажувальної решітки, підвищення продуктивності млина та збільшення живого перерізу решітки.

### Перелік посилань

1. Патент № 1202618, МПК В02С17/18 / А. І. Пашистий, Н. Н. Кузьо, С. В. Зинько - заявл. 12.09.1982; опубл. 12.11.1984, Бюл. № 12.
2. Патент № 66545, МПК В02С 17/18 / В. І. Дирда, С. Л. Євенко, А. Є. Маркелов, А. М. Пугач - заявл. 06.06.2011; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1.
3. Патент № 90515, МПК В02С 17/18 / В. І. Дирда, В. О. Калашніков, А. П. Левицький - заявл. 20.01.2014; опубл. 26.05.2014, Бюл. № 10.

## Лінія для виробництва цементу з модернізацією футерівки барабанного млина

Тимофіюк І.О., студ.  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

*Розглянуто можливість модернізації футерівки барабанного млина через зміну конструкційних особливостей її елементів, у результаті чого досягається підвищення надійності та довговічності фіксації плит з пружного матеріалу до барабана, що призведе до підвищення терміну експлуатації футерівки барабанного млина.*

**Ключові слова:** Футерівка, барабанний млин, пружний матеріал, заставні елементи, плита.

Вже відомо, що заставний елемент еластичного захисного облицювання барабанних млинів, згаданий у [1], складається з плит еластичного матеріалу, фіксованих у пазу плити за допомогою спеціальних елементів. Проте, він має деякі недоліки, зокрема, у втраті надійності кріплення під час роботи, що зменшує термін служби.

Найбільш близьким аналогом є футерівка барабанного млина згідно з [2], яка також містить плити з пружного матеріалу та зафіксовані заставні елементи. Проте, ця конструкція також має свої недоліки, основним з яких є низька експлуатаційна надійність через розслаблення кріплення елементів у процесі роботи.

Метою модернізації є підвищення терміну служби футерівки барабанного млина.

Для досягнення поставленої мети на підставі проведеного літературно-патентного огляду обрано модернізацію футерівки барабанного млина за патентом № 16247 [3].

Конструкція футерівки за патентом № 16247 пояснюється кресленнями:

- рисунок 1 – барабанний млин з футерівкою;
- рисунок 2 – плита з пружного матеріалу з заставним елементом у перетині(виноска І);
- рисунок 3 – плита з пружного матеріалу з заставним елементом (вид В).

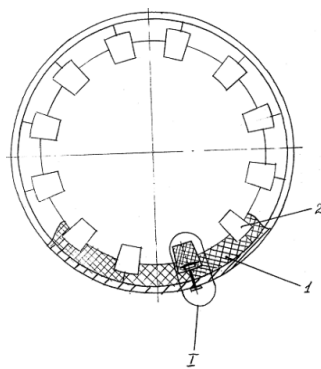


Рисунок 1 – Барабанний млин з футерівкою

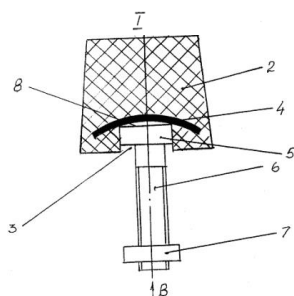


Рисунок 2 – Плита з пружного матеріалу із заставним елементом у перетині(виноска І)

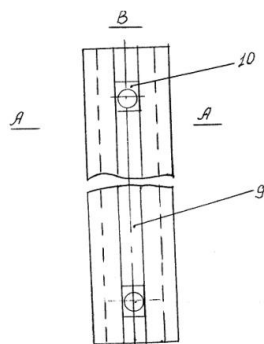


Рисунок 3 – Плита з пружного матеріалу з заставним елементом (вид В)

Футерівка барабанного млина складається з плит 1, 2 з пружного матеріалу, які фіксуються у пазу 3 плити 2 за допомогою заставних елементів, що складаються з пластини 4, жорстко зв'язаної з кріпильним профілем 5, де розміщені елементи 6, 7 для рознімного з'єднання. Кріпильний профіль 5 має коробчасту форму і розміщений відкритою стороною 8 убік пластини 4. Паз 3 у плиті 2 виконаний відповідно до форми заставного елемента з можливістю його точного розміщення в пазу 3 зі спеціальним натягом. Кріпильний профіль 5 виконаний у вигляді швелера, у полиці 9 якого виконані прорізи 10 для елементів 6 рознімного з'єднання, таких як болтове з'єднання. Пластина 4 заставного елемента має С-подібний профіль.

Пропоноване вдосконалення полягає в модернізації футерівки барабанного млина через оптимізацію з'єднання елементів. Для цього передбачено використання пружних матеріалів у вигляді плит 1, 2 та пластин 4, разом із кріпильними профілями 5. Плити 4 та профілі 5 мають однакову довжину, що відповідає довжині плит 2. Пази 3 у плитах 2 створені з урахуванням форми заставних елементів для точної їх фіксації з натягом. Для забезпечення правильного посадки заставного елемента в паз 3 зі спеціальним натягом, площа поверхні плити 2, яка формує паз 3, та площа поверхні заставного елемента мають різну величину.

Додатково, елементи 6 рознімного з'єднання, наприклад, болти, прокладені через прорізи 9 у полиці 10 кріпильного профілю 5, а пластина 4 прикріплюється до коробчастого профілю 5 з відкритої сторони 8. На поверхню заставного елемента та поверхню плити 2, що утворює паз 3, наносять шар клею, після чого здійснюють їх з'єднання з натягом в пазі 3. Цей процес включає прикладання подовжніх та розтяжних зусиль до заставного елемента та дільниць плити з пазом 3.

Після здійснення цих дій плити 1 розміщують на внутрішній поверхні барабана млина вздовж його подовжньої осі, привертаючи їх до барабана за допомогою плит 2. Плити 2 розміщують уздовж осі барабана в зоні стику з плитами 1 та фіксують за допомогою елементів рознімного з'єднання, пропускаючи болти заставних елементів через зазор між плитами 1 та отвори в барабані млина, які кріплять елементом 7 рознімного з'єднання, таким як гайка, з зовнішньої сторони барабана.

**Висновки.** У результаті вдосконалення футерівки барабанного млина досягається підвищення надійності та жорсткості кріплення плит із пружного матеріалу до поверхні барабана, що призводить до подовження терміну служби футерівки барабанного млина.

### Перелік посилань

1. Патент № 2153936, МПК В02С17/22 / А. І. Бублик, Н. Н. Крутиков, С. В. Охрименко - заявл. 25.08.1998; опубл. 10.08.2000р Бюл. № 22.
2. Патент № 54614, МПК В02С17/22 / Ю. І. Князев, А. М. Пешков, С. М. Акименко, М. І. Ганжа - заявл. 07.02.2006; опубл. 10.07.2006 Бюл. № 19.
3. Патент № 16247, МПК В02С 17/22 / А. І. Коваленко - заявл. 22.05.2006; опубл. 17.07.2006, Бюл. № 7.