

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
**ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

«На правах рукопису»

УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О. В. Гондляр

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**  
**на здобуття ступеня магістра**  
**зі спеціальності 133 - Галузеве машинобудування**  
**на тему: «Млин трубний з модернізацією міжкамерної перегородки»**

Виконав:

студент VI курсу, групи ЛП-82мп  
Мироненко Максим Андрійович

\_\_\_\_\_

Керівник: к.т.н

Шаповал Андрій Андрійович

\_\_\_\_\_

Консультант з розділу модернізація  
доцент каф. ХПСМ,  
д.т.н., доц. Щербина В.Ю.

\_\_\_\_\_

Рецензент

\_\_\_\_\_

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

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2019

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут**  
**імені Ігоря Сікорського»**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 133 - Галузеве машинобудування

Спеціалізація - Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
**Мироненко Максим Андрійович**

1. Тема дисертації «Млин трубний з модернізацією міжкамерної перегородки»

науковий керівник дисертації Шаповал Андрій Андрійович к.т.н.,

затверджені наказом по університету від « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом дисертації \_\_\_\_\_

3. Об'єкт дослідження Трубний млин

4. Вихідні дані

*Внутрішній діаметр барабана, м*

$$D_0 = 4$$

*Довжина барабана, м*

$$L_0 = 13.5$$

*Товщина обичайки барабана, м*

$$\delta = 0.05$$

*Число обертів млина, об/хв*

$$N = 16.67$$

*Ступінь завантаження тілами, що мелють*

$$\varphi = 0.3$$

*Середня насипна вага тіл, що мелють, кН/м<sup>3</sup>*

$$45.6$$

*Середній розмір частинок до подрібнення, мм*

$$d_n = 12$$

*Середній розмір частинок після подрібнення, мкм*

$$d_k = 12$$

*Відстань між осями підшипників, м*

$$L = 14.7$$

*Маса кульового завантаження, т*

$$m_{zk} = 210$$

*Маса корпусу з футеровкою, загрузочною та*

$$m_z = 202437$$

*розвантажувальною частинами і діафрагмою, т*

6. Перелік завдань, які потрібно розробити Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації, розділ «Охорона праці та навколишнього середовища», «Монтаж і експлуатація обладнання», стартап-проект, «Розрахунки» мають включати: розрахунки які підтверджують працездатність та основні геометричні розміри: на міцність, кінематичні та параметричні, що підтверджують надійність, висновки.

7. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

ЛП82мп.063123.000-70ВЗ – Технологічна лінія виготовлення керамічних плиток

ЛП82мп.063123.001-70ВЗ – Трубний кульовий млин

ЛП82мп.063123.002-70СК – Класифікуюча перегородка базовий вид

ЛП82мп.063123.003-70СК – Модернізована класифікуюча перегородка

ЛП82мп.063123.004-70СК – Розвантажувальна частина

ЛП82мп.063123.005-70СК – Завантажувальна частина

ЛП82мп.063123.006-70ПЛ – Побудова 3д моделі класифікуючої перегородки

ЛП82мп.063123.007-70РР – Розрахунок базової конструкції

ЛП82мп.063123.008-70РР – Розрахунок модернізованої конструкції

ЛП82мп.063123.009-70ПЛ – Робота розробленого програмного забезпечення на мові AutoLISP

7. Орієнтовний перелік публікацій: IX Всеукраїнської науково-практичної конференції: «Модернізація класифікуючої перегородки трубного кульового млина»; «Автоматизована система для проектування розвантажувальної кришки млина»; «Напружено деформований стан класифікуючої перегородки трубного кульового млина»; Международный научный журнал "Интернаука" «напружено-деформований стан класифікуючої перегородки трубного кульового млина»

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Монтаж і експлуатація обладнання	Борщик С.О.		
Загальний	Прізвище, ініціали та посада	модернізація	
Перевірка	Щербина В.Ю., д.т.н., проф.		

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Керівник дисертації

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

## **ПЕРЕЛІК ВИКЛАДЕНЬ**

Реферат з ключовими словами (українська мова)

Реферат з ключовими словами (іноземна мова)

Перелік позначень

I Пояснювальна записка /ПЗ/

II Розрахунки /РР/

Додатки

## РЕФЕРАТ

Розроблено магістерську дисертацію на тему «Млин трубний з модернізацією міжкамерної перегородки» загальним обсягом: \_\_ с., \_\_рис., \_\_табл., \_\_ додатків, \_\_ джерел.

Мета роботи – розробка і проектування нової конструкції міжкамерної перегородки, трубного млина, на основі існуючих промислових аналогів; визначення можливостей та недоліків і здійснення модернізації вузла млина.

При розробці і проектуванні трубного млина, на основі аналітичного огляду науково-технічної літератури, нормативної та конструкторської документації, патентних досліджень, інженерно-технічних розрахунків, виконано наступне: 1) вивчено принцип роботи і конструкцію промислового трубного млина для подрібнення будівельної глини, проаналізовано технічні параметри і характеристики трубного млина; 2) виконано ряд інженерних розрахунків, необхідних для розробки і проектування трубного млина 3) на основі виконаних патентних досліджень модернізовано класифікуючу перегородку; 4) розроблено і спроектовано трубний млин для подрібнення будівельної глини з модернізованою класифікуючою перегородкою; 5) виконано розділ з рекомендації що до технології монтажу та експлуатації машина; 6) виконано розробку програмного забезпечення для автоматичного креслення вузла трубного млина.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МІЖКАМЕРНА ПЕРЕГОРОДКА, ТРУБНИЙ КУЛЬОВИЙ МЛИН, БАРАБАННИЙ МЛИН, КЛАСИФІКАЦІЯ МАТЕРІАЛУ, ПОМЕЛ.

## ABSTRACT

A Master's thesis on "pipe mill with modernization of the inter-chamber partition" with the total volume: \_\_ p., \_\_ Fig., \_\_ table., \_\_ applications, \_\_ sources.

The purpose of the work is to develop and design a new design of the inter-chamber partition, pipe mill, based on existing industrial analogues; identify opportunities and disadvantages and implement modernization of the mill unit. In the drafting and design of pipe mill based on the analytical review of scientific and technical literature, normative and design documentation, patent research, engineering calculations performed the following: 1) studied the principle of operation and design of industrial tube mills for grinding clay for construction, analyzed technical parameters and specifications of tube mills; 2) executed a series of engineering calculations needed to design a tube mill 3) on the basis of the patent research upgraded classification partition; 4) developed and designed pipe mill for grinding construction clay with upgraded classifying partition; 5) performed section recommendations to the technology of installation and operation of the machine; 6) software development for automatic drawing of Pipe mill assembly is performed.

**KEY WORDS:** INTER-CHAMBER PARTITION, TUBULAR BALL MILL, DRUM MILL, MATERIAL CLASSIFICATION, GRINDING.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

### Умовні позначення:

$D$  – діаметр, м;

$F$  – сила, Н;

$f$  – коефіцієнт тертя матеріалу;

$G$  – вага, Н;

$i$  – коефіцієнт продуктивності;

$l$  – ширина, м;

$M$  – момент, Н·м;

$N$  – потужність, кВт;

$n$  – частота обертання, об./с. ;

$P$  – стискаюче зусилля, МН

$R$  – еквівалентне навантаження;

$U$  – передавальне відношення приводу;

$V$  – коефіцієнт збереження;

$\beta$  – центральний кут, рад;

$\delta$  – товщина, мм;

$\gamma$  – густина, т/м<sup>3</sup> ;

$\eta$  – ККД;

$\mu$  – коефіцієнт розрихлення;

$v$  – швидкість, м/с;

$Pr$  – продуктивність, т/год;

$\rho$  – густина, т/м<sup>3</sup> ;

$\sigma$  – границя міцності матеріалу на стирання, Па;

$[\tau]$  – максимально допустиме напруження, Па;

$\omega$  – кутова швидкість, с<sup>-1</sup>

## ЗМІСТ

	с
ВСТУП .....	4
1 ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТРУБНОГО МЛИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КЕРАМІЧНИХ ПЛИТОК.....	6
1.1 Опис і обґрунтування конструкції трубного млина .....	7
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТРУБНОГО МЛИНА .....	11
3 ПАТЕНТНО-ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ТА ОБґРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТРУБНОГО МЛИНА .....	12
3.1 РЕЗУЛЬТАТИ ПАТЕНТНОГО ПОШУКУ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ КЛАСИФІКУЮЧОЇ ПЕРЕГОРОДКИ .....	12
4 ОБґРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВАРІАНТУ УДОСКОНАЛЕННЯ КЛАСИФІКУЮЧОЇ ПЕРЕГОРОДКИ РОЗРОБЛЮВАНОВОГО ТРУБНОГО МЛИНА .....	24
5 ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК МЛИНА.....	25
5.1 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРУБНОГО МЛИНА .....	25
5.1.1 Розрахунок частоти обертання млина.....	25
5.1.2 Визначення зразкової кутової швидкості барабану .....	25
5.1.3 Розрахунок найкращого заповнення барабану кулями .....	29
5.1.4 Розрахунок потужності приводу трубного млина.....	30
5.1.5 Розрахунок продуктивності млина.....	34
5.2 РОЗРАХУНОК КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ .....	35
5.2.1 Підбір електродвигуна.....	35
5.2.2 Розрахунок муфти приводу .....	37
5.3 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ МЛИНА.....	38
5.3.1 Розрахунок корпусу млина.....	38
5.3.2 Розрахунки основних підшипників млина .....	42



5.3.3	Розрахунок змащення підшипників .....	43
5.3.4	Розрахунок болтового кріплення торцевої кришки з фланцями корпусу.....	45
<b>6 МОДЕРНІЗАЦІЯ МІЖКАМЕРНОЇ ПЕРЕГОРОДКИ ТРУБНОГО МЛИНА .....</b>		<b>49</b>
6.1	ПОБУДОВА БАЗОВОЇ ТА МОДЕРНІЗОВАНОЇ 3Д МОДЕЛІ КЛАСИФІКУЮЧОЇ ПЕРЕГОРОДКИ .....	49
6.1.1	Побудова базової 3д моделі класифікуючої перегородки ....	49
6.1.2	Побудова модернізованої 3д моделі класифікуючої перегородки .....	53
6.2	РОЗРАХУНОК ПОБУДОВАНИХ 3Д МОДЕЛЕЙ .....	58
6.3	ПІДТВЕРДЖЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ОБРАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	62
6.4	РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ АВТОМАТИЧНОГО КРЕСЛЕННЯ ВУЗЛА МАШИНИ.....	64
6.4.1	Завдання до розробки системи .....	64
6.4.2	Структура системи.....	66
6.4.3	Опис роботи системи .....	69
6.4.4	Результати використання програми.....	73
<b>7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>		<b>75</b>
7.1	Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів .....	75
7.2	Повітря робочої зони .....	76
7.3	ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.....	77
7.4	РОЗРАХУНОК ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ .....	79
7.5	БЕЗПЕКА ВПЛИВУ ЧАСТИН, ЩО РУХАЮТЬСЯ І ОБЕРТАЮТЬСЯ .....	81
7.6	Шум.....	82
7.7	ВІБРАЦІЇ .....	82
7.8	ПРОМИСЛОВЕ ОСВІТЛЕННЯ .....	83
7.9	ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА .....	83
<b>8 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ .....</b>		<b>85</b>
8.1	ОПИС ІДЕЇ ПРОЕКТУ .....	85

8.2 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОМПАНІЮ.....	86
8.3 АНАЛІЗ РИНКОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАПУСКУ СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....	86
8.4 АНАЛІЗ ФАКТОРІВ МАКРОМАРКЕТИНГОВОГО СЕРЕДОВИЩА .....	88
8.5 АНАЛІЗ ФАКТОРІВ МІКРОМАРКЕТИНГОВОГО СЕРЕДОВИЩА .....	93
9 МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТРУБНОГО МЛИНА.....	96
ВИСНОВОК.....	116
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	119
ДОДАТОКИ.....	121

## ВСТУП

Основною тенденцією розвитку хімічної, гірничо переробної промисловості та сучасної будівельної індустрії є підвищення економічної ефективності обладнання, необхідного як для удосконалення виробництва будівельних матеріалів на базі наукових і дослідно-конструкторських розробок, так і для поліпшення систем управління і маркетингу.

Метою магістерської роботи є розробка та конструювання трубного кульового млина з класифікуючою перегородкою нової конструкції, обґрунтування необхідності модернізації перегородки, з метою покращення працездатності нового обладнання.

Для виробничої реалізації методів грубого і тонкого помелу будівельних матеріалів застосовують трубні млини. Основний процес подрібнення вихідних матеріалів у трубному млині відбувається шляхом, удару і частковим стиранням матеріалу об вільно падаючи тіла (металеві кулі), що мелють в обертовому барабані.

Кульові млини мають велику різноманітність конструкцій: з коротким і довгим барабаном, без перегородок і з перегородками, з різними подрібнювальними тілами. Млини можуть працювати у відкритому чи замкнутому циклі. У млинах можна подрібнювати матеріал як сухим, так і мокрим способом.

До технічних переваги використання трубних млинів [1] відносять: 1) можливість отримувати постійну тонкість помелу; 2) проста конструкція; 3) надійність в експлуатації; 4) різноманітність матеріалів для подрібнення; 5) можливість зміни розмірів кінцевого продукту.

До певних недоліків трубних млинів відносять: 1) значну витрату електроенергії; 2) відносно велику матеріаломісткість; 3) великий пусковий момент; 4) сильний шум під час роботи; 5) низька ефективність процесу класифікації матеріалу в класифікуючій перегородці; 6) значна маса та габарити

Створення нових сучасних конструкцій трубних млинів має велике значення для розвитку вітчизняного машинобудування та будівельної промисловості.

Основним завдання є розробка нової конструкції міжкамерної перегородки для покращення процесу класифікації матеріалу в трубному млині та збільшення його продуктивності.

## 1 ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТРУБНОГО МЛИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КЕРАМІЧНИХ ПЛИТОК

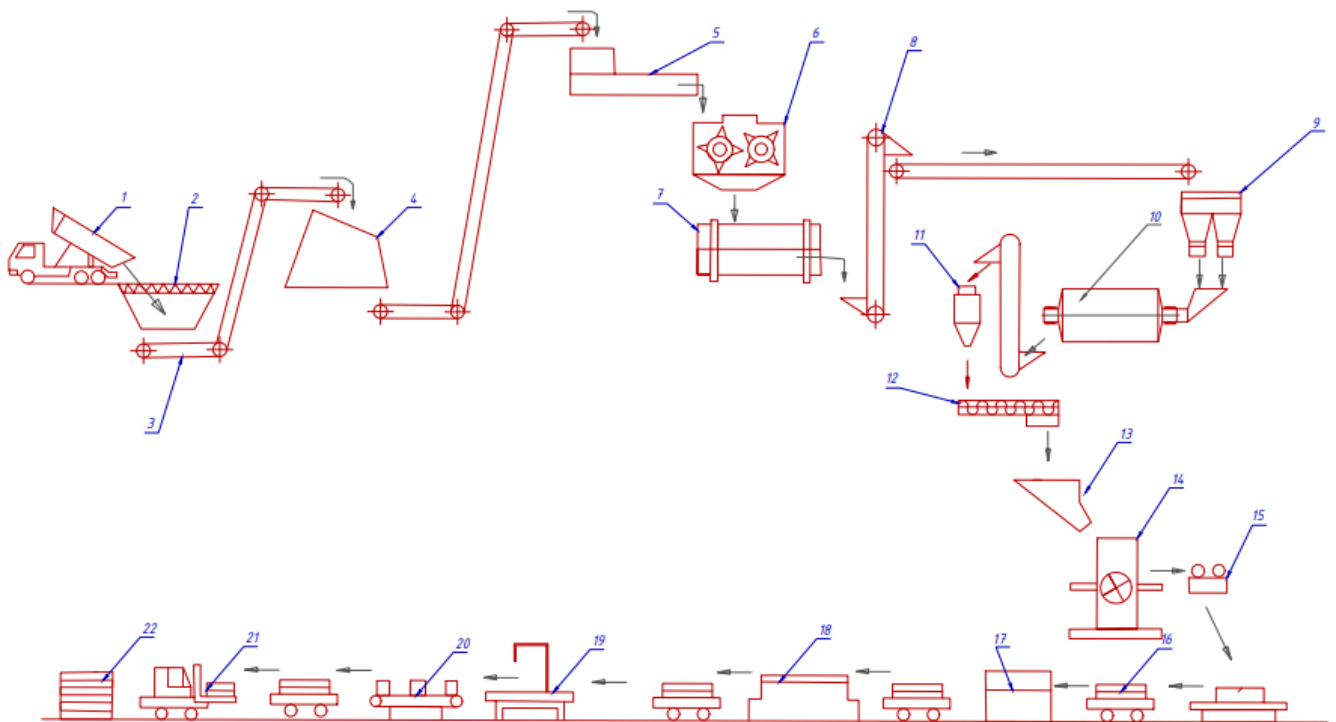
Згідно технічними вимогами керамічні плитки повинні мати відносно велику щільність, відносно великий опір щодо стирання, достатньо високу механічну міцність [2]. Завдяки таким властивостям плитки широко застосовують у виробничих та побутових приміщеннях з підвищеною вологістю, також у багатьох виробничих приміщеннях, у закладов суспільного харчування, лабораторіях.

Можливість надання плиткам різних кольорів дозволяє використовувати їх для декоративного оформлення архітектурних елементів приміщень. Внаслідок високої кислотостійкості такі керамічні плитки можливо застосовувати для настилу підлоги в хімічних цехах. Керамічні плитки для підлоги відрізняються, високими санітарно-гігієнічними якостями, довговічністю.

Технологічну схему з використання базової машини трубного млина наведено на (Рисунок 1.1).

Сировина яка надійшла на виробництво за допомогою залізничного або автомобільного транспорту потрапляє до бункера 2 з якого вона транспортується за допомогою стрічковому конвеєрі до складу сировини 4. Зі складу сировини матеріал потрапляє на двох валкову зубчасту дробарку 6 за допомогою стрічкового конвеєра. Попередньо подрібнений матеріал потрапляє до сушильного барабану 7. За допомогою елеватора і стрічкового конвеєра підсушений матеріал потрапляє до двох тарілчастих живильників 8. Матеріал за допомогою двох тарілчастих живильників потрапляє до трубного млина де відбувається остаточне подрібнення та перемішування матеріалу з іншими компонентами. Подрібнений матеріал потрапляє до сепаратора 11, з допомогою гвинтового конвеєра, який відокремлює непотрібні домішки. Подрібнений матеріал потрапляє до витратного бункера 13 який забезпечує безперервну роботу пресу 14. Бракована і недопресована плитка відбраковується за допомогою автомата 15. У візках 16 готовий продукт проходить тунельну сушку 17 і піч

випалу 18. Після випалу готовий продукт сортується за допомогою маніпулятора 19, далі подається на пакування 20 і відправляється до складу готового продукту 22, з допомогою автотранспорту 21.



- 1 – транспортування сировини; 2 – бункер; 3 – стрічкові конвеєри;  
 4 – склад сировини; 5 – ящиківий живильник; 6 – двох валкова зубчаста дробарка; 7 – сушильний барабан; 8 – елеватори; 9 – тарілчасті живильники;  
 10 – трубний млин; 11 – сепаратор 12 – гвинтовий конвеєр; 13 – бункер;  
 14 – прес; 15 – автомат очищення плиток; 16 – вогнетривкі плити;  
 17 – тунельна сушарка; 18 – тунельна піч; 19 – автомат для сортування плиток;  
 20 – стіл пакування; 21 – автотранспорту; 22 – склад.

Рисунок 1.1 – Технологічна лінія виробництва керамічних плиток

### 1.1 Опис і обґрунтування конструкції трубного млина

Процес помелу матеріалу з добавками є важливою стадією виробництва, що передуює одержанню готового продукту. Багатокамерний трубний млин

призначений для тонкого і грубого подрібнення вапняку, мергелю, клінкеру, вугілля, хімічних та керамічних сировини, а також інших матеріалів і природних руд, як по сухому, так і по мокрому способі подрібнення матеріалу.

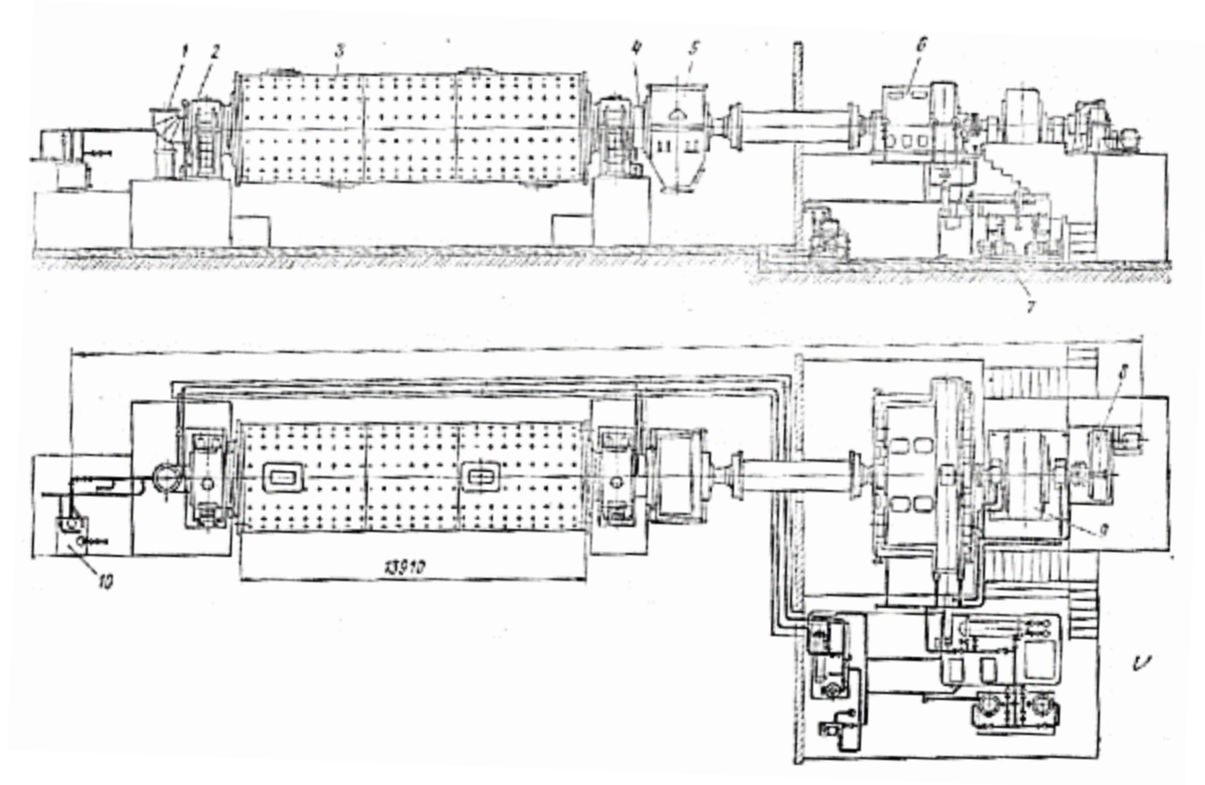
Трубний млин представляє [3] з себе циліндричний горизонтально розташований обертовий барабан, частково заповнений тілами, що мелють (сталевими кулями). До барабана на болтах приєднуються торцеві кришки завантажувальна та розвантажувальна, виконані заодно з порожнистими цапфами, які опираються на два підшипника. Вкладиші підшипників залиті бабітом і мають водяне охолодження. Матеріал надходить з бункера до тарілчастих живильників які дозують матеріал в певній кількості, до млина матеріал потрапляє через порожнисту цапфу, де захоплюється лопатами, потрапляє в перш камеру млина.

У першій камері млина відбувається подрібнення матеріалу кулями розміром Ø100, Ø90, Ø60. Подрібнений матеріал проходить через отвір міжкамерної перегородки і надходить у другу камеру млина, де подрібнення проводиться кулями меншого діаметру. Готовий матеріал, що пройшов через вихідну решітку, захоплюється лопатами і піднімається вгору, сповзаючи по внутрішній стінці днища і зовнішньої стінки розвантажувального конуса. Далі він потрапляє в розвантажувальний патрубок, через отвір в ньому провалюється на обертається разом з млином сито і виходить в розвантажувальний кожух.

Трубний млин 4х 13,5 м (Рисунок 1.2) складається з барабана 3, завантажувального 1 і розвантажувального 4 пристрою, камери розвантаження 5, головного 6 і допоміжного 8 приводів і мастильної системи (7) рідкого мастила вузлів млини. Головний привід включає в себе циліндричний двоступінчастий редуктор, з'єднаний проміжним валом з млином і еластичною муфтою з електродвигуном.

Допоміжний привід служить для повертання млини під час ремонтних робіт. Барабан млина зварено із сталевих листів товщиною 45 мм. З торців барабан закритий кришками, що переходять в порожнисті цапфи. Цапфи спираються на цапфові підшипники, сприймають навантаження від маси барабана і передають її на фундамент.

Кришки (днище) кріплять до циліндричної частини барабана болтами по всьому діаметру і з внутрішньої сторони облицьовують плитами з марганцевої сталі.



- 1 – завантажувальна частина; 2 – підшипник; 3 – барабан;  
 4 – розвантажувальна частина; 5 – розвантажувальний кожух; 6 – привід;  
 7 – система мастила; 8 – допоміжний привід.

Рисунок 1.2 – Трубний кульовий млин 4x13,5

Товщина плит 50-110 мм. Для завантаження тіл, що мелють, монтажу та зміни плит в корпусі барабана передбачені люки. По довжині барабан розділений міжкамерною перегородкою на дві камери помелу матеріалу.

Футеровка млинів оберігає поверхню барабана від зношування і має велике значення підчас подрібнення матеріалу. Футеровка являє собою плити з марганцевистої або хромової сталі високої твердості. Барабан футеровано поздовжніми, а днище – поперечними плитами.



Цапфові підшипники, призначені для утримання барабана млина, складаються з рами, корпусу вкладиша і кришки. Корпус підшипника і вкладиша сполучаються по сферичних поверхнях, що забезпечує центрування підшипника при роботі млина.

Внутрішню поверхню вкладиша заливають бабітом. Цапфовий підшипник змащують з допомогою примусово-циркуляційної мастильної системи. Для охолодження вкладиша в його тілі встановлено змійовик. У нього по трубі надходить холодна вода, яка, нагріваючись, виходить назовні.

## 2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТРУБНОГО МЛИНА

На сьогоднішній день в промисловості будівельних матеріалів застосовують ряд трубних млинів різних конструкцій [3]. Млини відрізняються технічними характеристиками. У таблиці 1 основні технічні характеристики і параметри трубного млина 13.5×4 який розроблено в дипломному проекті.

Таблиця 1 – Технічні характеристики трубного млина

Продуктивність, т/год.	120
Зовнішній діаметр корпусу, м	4
Довжина корпусу, м	13,5
Довжина камери підсушила, м	1,5
Частота обертання млина від приводу, об/хв	
головного	16,6
допоміжного	0,2
Потужність електродвигуна приводу, кВт;	
головного	4000
допоміжного	55
Частота обертання електродвигуна, об/хв	750
Маса, т:	
млини без електроустаткування і тіл, що мелють	486,5
завантаження тілами, що мелють, т	До 226
Крутний момент на осі млина (розрахунковий) кН м :	
від головного двигуна	1842
від допоміжного	2030

### **3 ПАТЕНТНО-ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ТА ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТРУБНОГО МЛИНА**

Метою і задачею проведення патентно - літературного дослідження є пошук нової науково-технічної інформації, необхідної для модернізації об'єкту, що розроблюється, а саме класифікуючої перегородки;

З метою усунення недоліків (низької ефективності процесу класифікації матеріалу в класифікуючій перегородці) існуючих типових конструкцій маятникового млина розроблюваного типу виконано патентно-літературний огляд щодо вищезазначених робочих вузлів млина. Також метою даного огляду стали пошуки можливостей удосконалення конструкції класифікуючої перегородки.

#### **3.1 Результати патентного пошуку для модернізації класифікуючої перегородки**

Метою винаходу авторів [5] є підвищення продуктивності. Запропонована авторами конструкція млина, згідно з патентом (Рисунок 3.1) складається з перфорованого 1 з класифікуючими отворами 2 і суцільного 3 кільцевих дисків, перфорованих 4 з класифікуючими отворами 5 і суцільних лопатей 6, зовнішньої 7 і внутрішньої 8 усічених конусних обичайок, пружин 9. Між перфорованим і суцільним кільцевими дисками розташовані перфоровані лопаті 4, прикріплені до них через пружини 9, встановлені радіально і паралельно поздовжній осі футерованого барабана і чергуються з ними суцільні лопаті 6, нерухомо прикріплені до кільцевих дисків 1 і 3, розташовані між ними радіально і без зазорів по відношенню до них і футеровці барабану, що примикають в радіальному напрямку у перфорованого кільцевого диска. Зовнішня 7 і внутрішня 8 конусні обичайки з'єднані нерухомо один з одним підставами, встановлені коаксіально до футеровки барабану з утворенням конусоподібної камери 12 між собою. Зовнішня 7 і внутрішня 8 конусні обичайки утворюють розвантажувальний пристрій, обмежене площинами, що проходять по поверхнях

кільцевих перфорованого та суцільного дисків, зверненим відповідно в камеру грубого помелу і наступну за нею камеру.

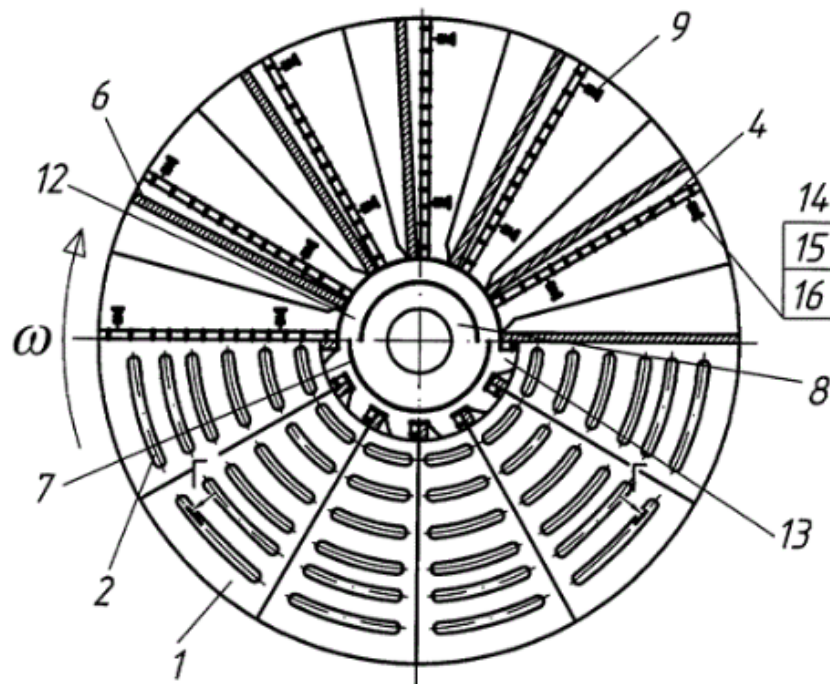


Рисунок 3.1 – Класифікуюча перегородка з пружинами

Перфоровані лопаті 4 прикріплені до кільцевих дисків 1 і 3 через пружини 9 загальновідомими способами, наприклад, через пластини 14, приварені до кільцевих дисків, шайби 15 і болти 16. перфоровані лопаті розташовані по відношенню до кільцевих дисків, футеровані барабану і зовнішньої конусної обичайки 7 з зазорами, що не перевищують мінімальний розмір їх класифікують отворів 5, а по відношенню до чергується з ними суцільним лопатей, в місці примикання у перфорованого кільцевого диска, розташовані з зазорами, що перевищують амплітуду коливань перфорованих лопатей. Передні камери повідомляються з кільцевих зазором 13. Задні камери повідомляються, наприклад через порожнини 22 в зовнішньої конусної обичайки 7, з конусоподібної камерою 12. Обсяги передніх камер 20 перевищують обсяги задніх камер 21.

Використання [6] запропонованої конструкції трубного млини дозволить знизити металоемність, питомі енерговитрати, отримати готову продукцію

необхідної дисперсності на будь-якому типорозмірі млинів, реалізувати при цьому всі різновиди млинів періодичної і безперервної дії.

Трубний млин (Рисунок 3.2) містить корпус 1 з броне-плитами 2, вхідний 3 і розвантажувальний 4 пристрій, камери 5, перегородки 6, мелючі тіла 7, регулюючі пристрої подачі матеріалу 8 і вивантаження 9.

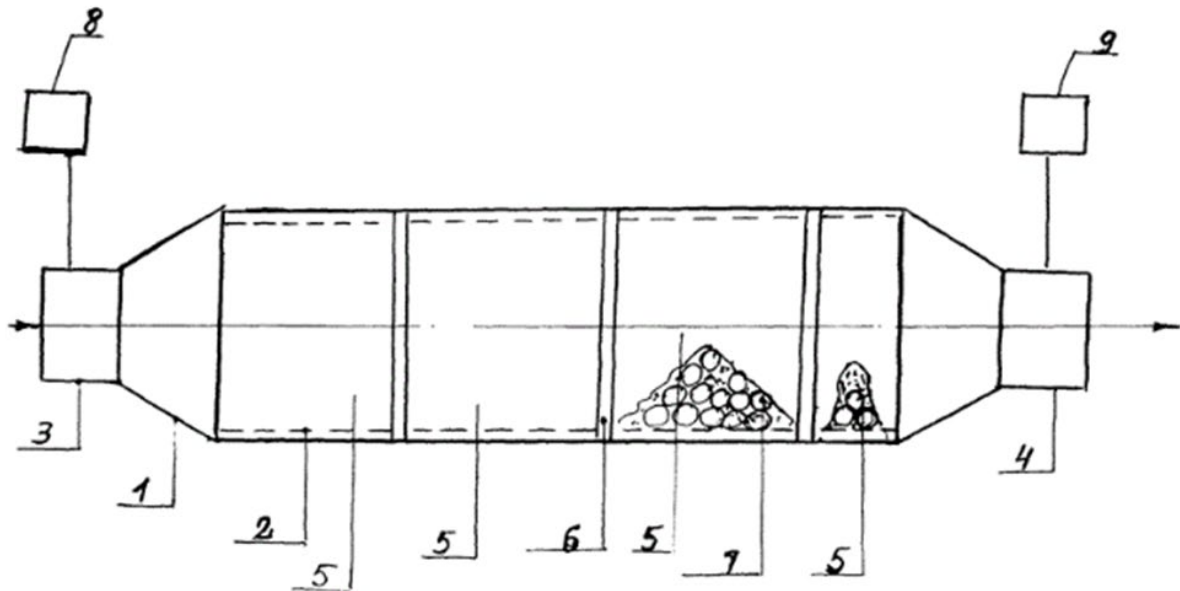


Рисунок 3.2 – Трубний млин з багатьма зонами помелу

Млин працює наступним чином. Матеріал, що надходить на подрібнення через вхідний пристрій 3, проходить послідовно через камери 5 млини, завантажені тілами, що мелють 7, і потрапляє в останню камеру перед розвантажувальним пристроєм, довжина якої дорівнює 0,5 -3,0 діаметра зони подрібнення попередньої камери, а співвідношення ваги тіл, що мелють до матеріалу становить 0,01 - 1,0.

Частина матеріалу з цієї камери повертається в попередню диференційовано по довжині цієї камери. Відбувається внутрішній рецикл частини матеріалу, причому рецикловий потік за своїми фізико-хімічними та фізико-механічними властивостями відповідає основному потоку, що виходить з млина.

Зміна подачі матеріалу здійснюється пристроєм регулювання, яке дозволяє здійснювати будь-яку форму подачі (імпульсну, безперервну) Зміна вивантаження матеріалу здійснюється аналогічним пристроєм регулювання, яке дозволяє

змінювати форму і параметри вивантаження матеріалу. Цими пристроями забезпечується оперативне регулювання часу перебування матеріалу в млині для отримання заданої дисперсності. Робота цих пристроїв повинна бути жорстко узгоджена.

Винахід [7] призначений для тонкого подрібнення твердих матеріалів по сухому способі подрібнення матеріалу. Трубний млин містить (Рисунок 3.3) барабан 1, міжкамерну перфоровану перегородку 2 і розвантажувальну перфоровану перегородку 3, встановлену на виході барабана 1 і жорстко прикріплену до нього, наприклад, за допомогою зварювання.

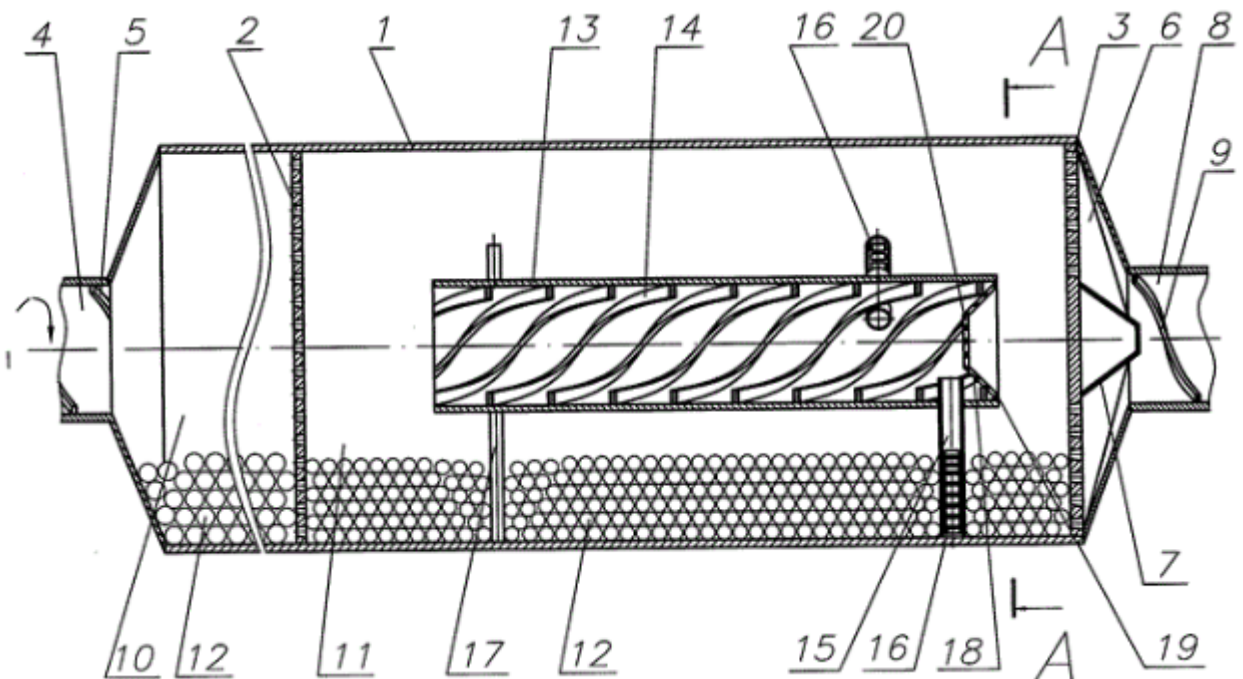


Рисунок 3.3 – Трубний млин з рециклом

Завантажувальний пристрій може бути виконано будь-яким відомим способом, наприклад, у вигляді порожнистої цапфи 4, відлитими заодно з днищем барабана 1, розташованим на його вході, причому порожниста цапфа обладнана по внутрішній поверхні гвинтовими лопатями 5. Розвантажувальне пристосування може бути виконано також будь-яким відомим способом, наприклад, у вигляді лопатей 6, усіченого конуса 7 і порожнистої цапфи 8. Лопаті 6 і усічений конус 7 жорстко закріплені на розвантажувальній перфорованій перегородці 3 в порожнині днища барабана 1, розташованого на його виході, усічений конус 7

розташований по центру розвантажувальної перфорованої перегородки, а лопаті 6 радіально по відношенню до конусу 7. Порожня цапфа 8 відлита заодно з днищем барабана 1, розташованим на його виході, і обладнана гвинтовими лопатями 9. Усічений конус меншим своїм підставою входить в порожнину порожнистої цапфи 8.

Міжкамерна перфорована перегородка 2 розділяє барабан 1 млини на дві камери, камеру 10 грубого і камеру 11 тонкого помелу.

Камери грубого 10 і тонкого 11 помелу частково заповнені тілами, що мелють 12. Коефіцієнт завантаження барабана 1 тілами, що мелють 12 в камері 10 грубого помелу дорівнює 0,28-0,3, в камері 11 тонкого помелу дорівнює 0,26-0,28. У камері 11 тонкого помелу коаксіально барабану 1 встановлена труба 13 рецикла (зворотного ходу). Труба рецикла відкрита з обох торців. Між торцевими сторонами труби 13 рецикла, міжкамерної 2 і розвантажувальної 3 перфорованими перегородками є вільні простору. Вільний простір між торцем труби 13 рецикла і розвантажувальної перфорованої перегородкою 3 необхідно для ремонту і обслуговування розвантажувальної перфорованої перегородки 3, а вільний простір між торцем труби 13 рецикла і міжкамерної перфорованої перегородкою 2 необхідно в динаміці для розвантаження труби рецикла.

Винахід [8] дозволяє інтенсифікувати процес подрібнення в трубному млині за рахунок виключення нераціонального впливу великих куль, що мелють на дрібно-фракційний матеріал в камері грубого помелу шляхом виділення подрібненого матеріалу і інтенсифікації виділення з матеріалу, що подрібнюється в камері грубого помелу матеріалу фракцій певних розмірів і транспортування їх в камеру тонкого помелу.

Це досягається тим, що в трубної млині (Рисунок 3.4), що містить циліндричний футерований барабан, розділений межкамерними перегородками на камеру грубого помелу зі стрижневим завантаженням, виконану у вигляді розташованої концентрично барабану футерованої перфорованої циліндричної обичайки з зовнішнім діаметром, меншим внутрішнього діаметра барабана, і

камер тонкого помелу, опорні цапфи з розташованими в них завантажувальним і розвантажувальним пристроями, привід, згідно запропонованого рішення в барабані у футерованій перфорованій обичайці з боку завантажувального пристрою і з зазором по відношенню до нього нерухомо встановлена міжкамерна перегородка з центральним отвором, а футерування обичайки виконана перфорованою.

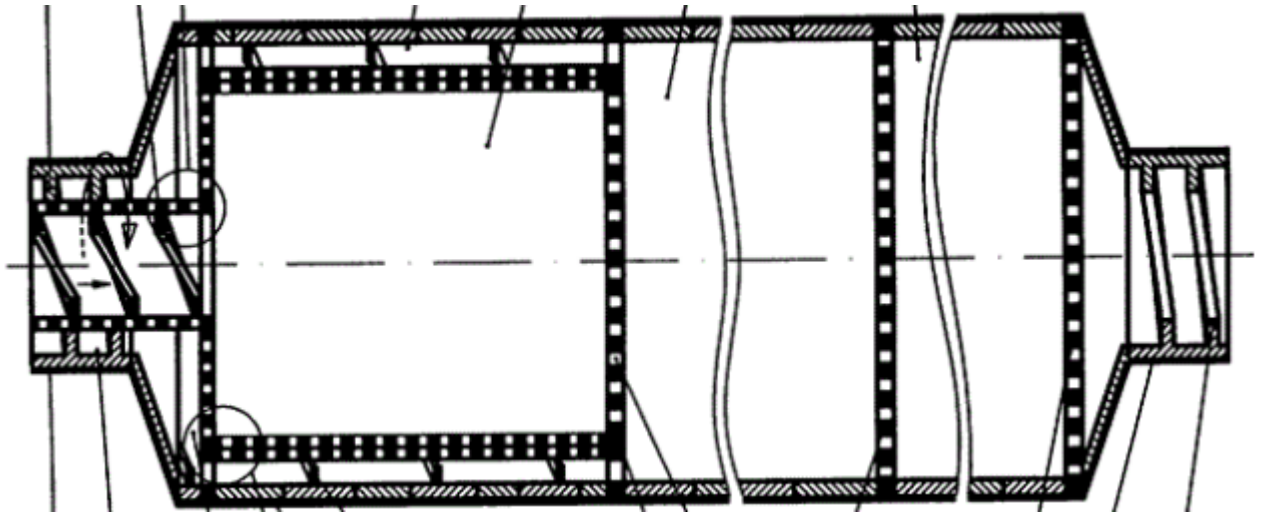


Рисунок 3.4 – Млин з футерованою перфорованою обичайкою

У середині завантажувального пристрою, нерухомо і з зазором по відношенню до нього встановлено перфорований класифікує-падаючий пристрій, конструктивно повторює завантажувальний і примикає співвісно, з суміщенням центральних отворів, до міжкамерної перегородки, встановленої у завантажувального пристрою. Отвори футерування суміщені з отворами перфорованої обичайки, а їх ширина або діаметр рівні, відповідно ширині або між камерних перегородок, що обмежують камеру грубого помелу.

Використання [9] запропонованої конструкції трубного млини дозволить підвищити процес класифікації матеріалу в класифікуючій перегородці.

На (Рисунок 3.5 )представлена схема конструкції модернізації класифікуючої перегородки дана конструкція складається; завантажувальної 1 і розвантажувальної 2 частин, футерованого барабана 3, розділеного класифікуючою перегородкою 4. Класифікуюча перегородка містить повернуті



відповідно в камеру грубого помелу перший кільцевий диск 9 з наскрізними отворами 10; розташовані радіально між кільцевими дисками перфоровані лопаті 13 з класифікуючими отворами і чергуються з ними суцільні лопаті 15; перфоровані пластини 16 з наскрізними отворами 17; розвантажувальний пристрій 18; передні камери 19; задні камери 20 і 5 пружини 21. Перший і другий кільцевий диски по відношенню до футерованого барабану розташовані співвісно, без зазорів і закріплені нерухомо.

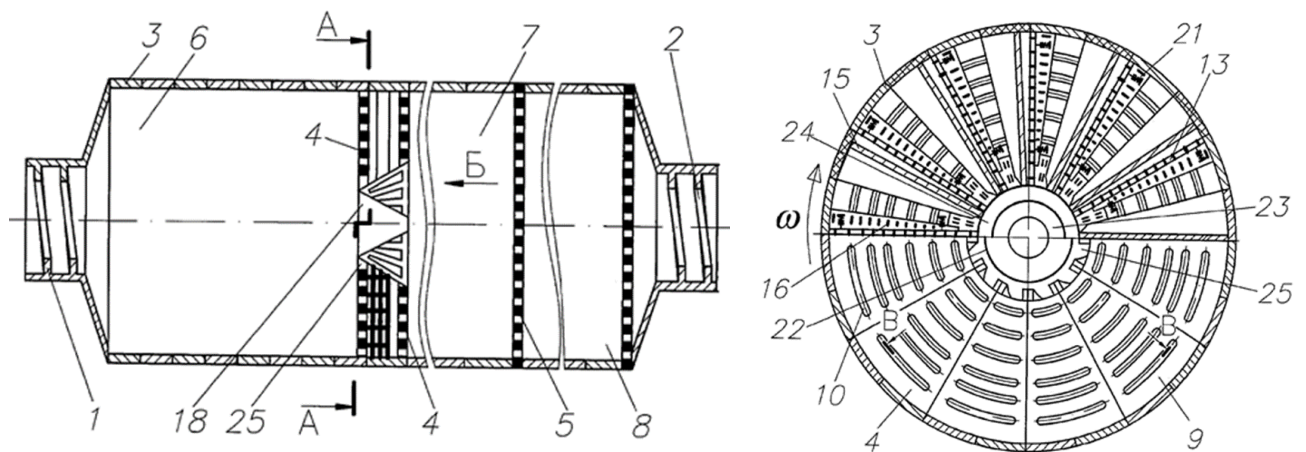


Рисунок 3.5 – Схема конструкції модернізації класифікуючої перегородки

Розвантажувальний пристрій 18 обмежений площинами, що проходять по поверхнях першого кільцевого диска 9 і 10 другого кільцевого диска 11, повернуті відповідно в камеру грубого помелу 6 і камеру домола 7. Зовнішня конусна обичайка 22 спрямована меншою стороною в бік камери грубого помелу 6, без зазорів, нерухомо з'єднана з другим кільцевим диском і розташована з кільцевим зазором 25 по відношенню до першого кільцевого диску 9. Внутрішня конусна обичайка 23 спрямована меншим підставою в бік камери до помелу 7. Перфоровані лопаті 13 прикріплені до першого кільцевого диску 9 і перфорованої пластини 16 через пружини 21, встановлені паралельно поздовжньої осі футерованого барабана, обмежені з боку другого кільцевого диска перфорованими пластинами. Зовнішня поверхня конусної обичайки 22,

розташовані по відношенню до перфорованих лопатей з зазорами, що не перевищують мінімальний розмір класифікуючих отворів.

Винахід авторів [10] (Рисунок 3.6) направлено на підвищення якості готового продукту і ефективності процесу подрібнення матеріалу в трубних млинах замкнутого циклу за рахунок збільшення їх продуктивності і зниження енерговитрат, що досягається подачею матеріалу, виділеної в сепараторі, строго в певне місце в камері тонкого подрібнення, а також на суттєве спрощення конструкції млина.

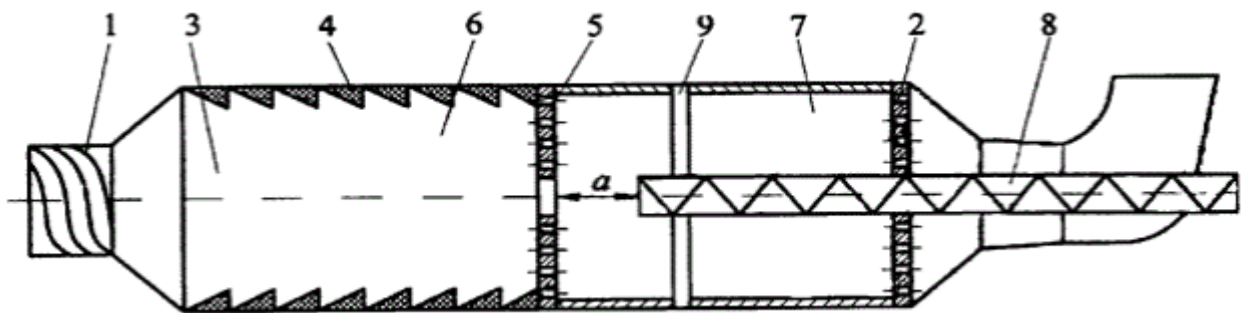


Рисунок 3.6 – трубний млин з сепаратором

Трубний млин складається з завантажувального пристрою 1, виконаного у вигляді трубо-шнек, розвантажувального пристрою, виконаного у вигляді трубо-шнек з вихідний ґратами 2, з'єднаних нерухомо і співвісно, наприклад, на болтах з циліндричним корпусом 3, зсередини футеровані зносостійкими елементами 4, міжкамерної перегородки 5, що ділить внутрішній простір млина на камери грубого 6 і тонкого 7 подрібнення і жорстко, наприклад, на болтах закріпленої на корпусі. Млин оснащений пристроєм для повернення крупки 8, розташоване коаксіально всередині циліндричного корпусу і розвантажувального пристрою і проходить через центральний отвір розвантажувальної решітки 2.

Пристрій для повернення крупки може бути виконано по-різному, наприклад, у вигляді трубо-шнек, що обертається разом в барабан млини і мають напрямок витків в протилежну обертання сторону, або шнека, корпус якого обертається разом з барабаном млини, а сам шнек подає крупку в камеру тонкого

подрібнення. У запропонованому рішенні пристрій для повернення крупки виконано у вигляді трубо-шнек, що обертається разом з барабаном млини і мають напрямок витків в протилежну обертання сторону. Для підтримки вільно підвішеного кінця пристрою в корпусі млина використовуються тяги 9. Це з'єднання здійснюється розбірним за допомогою болтових з'єднань. Пристрій для повернення крупки 8 входить в камеру тонкого подрібнення з боку розвантаження матеріалу. З метою регулювання якості вихідного продукту відстань між міжкамерною перегородкою і торцем пристрою, регулюється. Для цього пристрій для повернення крупки, наприклад, знаходиться на рухомому і переміщається у міру необхідності в осьовому напрямку. Відстань між міжкамерною перегородкою і торцем пристрою регулюється від 0 мм до розміру, що визначається необхідної дисперсністю до кінцевого продукту. У разі необхідності підвищення дисперсних характеристик у торці завантажувального пристрою 1 передбачено ущільнювача пристрій, що запобігає потраплянню пилу в навколишнє середовище при подачі крупки в камеру тонкого подрібнення млини. Другий торець пристрою для повернення крупки 8 виходить за межі розвантажувального пристрою.

Винахід [11] має нескладну конструкцію і високу ефективність подрібнення забезпечує помел високої якості. Млин працює (Рисунок 3.7) наступним чином, матеріал що піддається подрібненню подається з пристрою завантаження 1 через кільцеве вікно 6 в першу секцію обертового барабана 4. Тут відбувається первісне (грубе) подрібнення матеріалу.

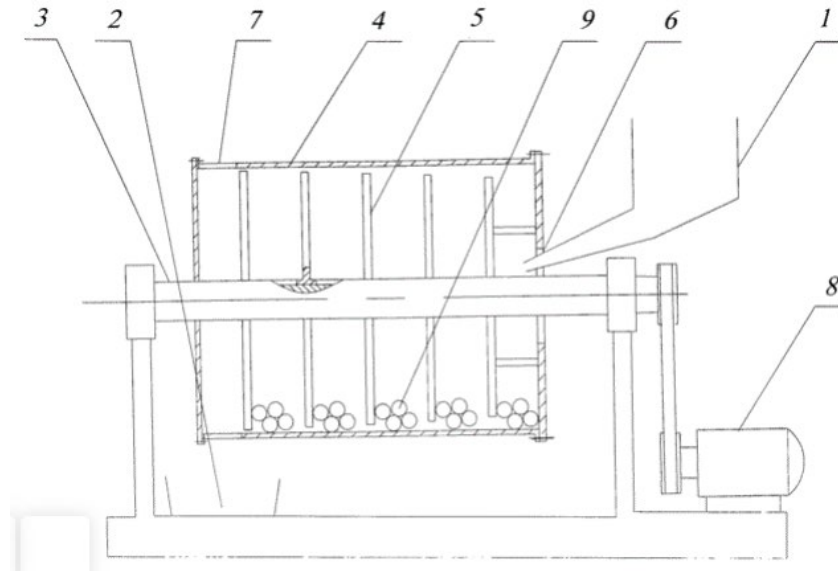


Рисунок 3.7 – Трубний млин з багатьма зонами помелу

Подрібнений до необхідного розміру матеріал проходить в зазорі між стінкою корпусу і диском 5 і потрапляє в другу секцію. При цьому мелючі тіла і неподрібнений матеріал залишаються в першій секції. У другій зоні відбувається наступна стадія помелу - до частин меншого розміру. Подрібнені частинки через зазор надходять в наступну секцію, де процес повторюється. Готовий продукт через отвори для вивантаження готового продукту 7, розташовані в останній секції, подається в пристрій вивантаження 3. У зв'язку з тим, що диски встановлені з можливістю регулювання відстані між ними (переміщення по валу), виникає можливість регулювати розміри і обсяг секцій, що необхідно при багатоступінчастому подрібненні.

Кількість секцій, розміри дисків і відстані між дисками залежать від необхідного ступеня подрібнення і фізико-механічних характеристик матеріалу, що подрібнюється. Для спрямованого руху матеріалу від першої секції до пристрою вивантаження барабан виконаний похилим.

Завдяки тому що діаметр дисків збільшується від пристрою завантаження до пристрою вивантаження, відбувається зменшення зазору між поверхнею барабана і торцем дисків, що дозволяє здійснити поступове (посекційне) подрібнення матеріалу.

Винахід [12] направлено на підвищення ефективності помелу шляхом здійснення внутрімельничної класифікації матеріалу, що подрібнюється, забезпечення своєчасного виведення частинок готового продукту і внутрімельничного повернення великих часток на домел, зниження енергоємності.

Це досягається тим, що в трубному (Рисунок 3.8) барабанному млині, що містить порожнистий футерований барабан, завантажувальний і розвантажувальний пристрої, розвантажувальні перфоровані грати, що встановлені на виході барабана і жорстко прикріплену до нього, трубу рецикла, розташовану коаксіально барабану і жорстко прикріплену до нього. Згідно пропонованого рішення труба рецикла складається з внутрішнього і зовнішнього усічених порожніх конусів, розташованих коаксіально між собою, при цьому внутрішній усічений порожнистий конус жорстко прикріплений до нижнього усіченого конуса і кожен усічений порожнистий конус відкритий з обох торців, усічені порожнисті конуси більшими сторонами спрямовані в протилежні сторони, причому внутрішній усічений порожнистий конус виконаний перфорованим і своїм великим підставою спрямований в бік завантажувального пристрою.

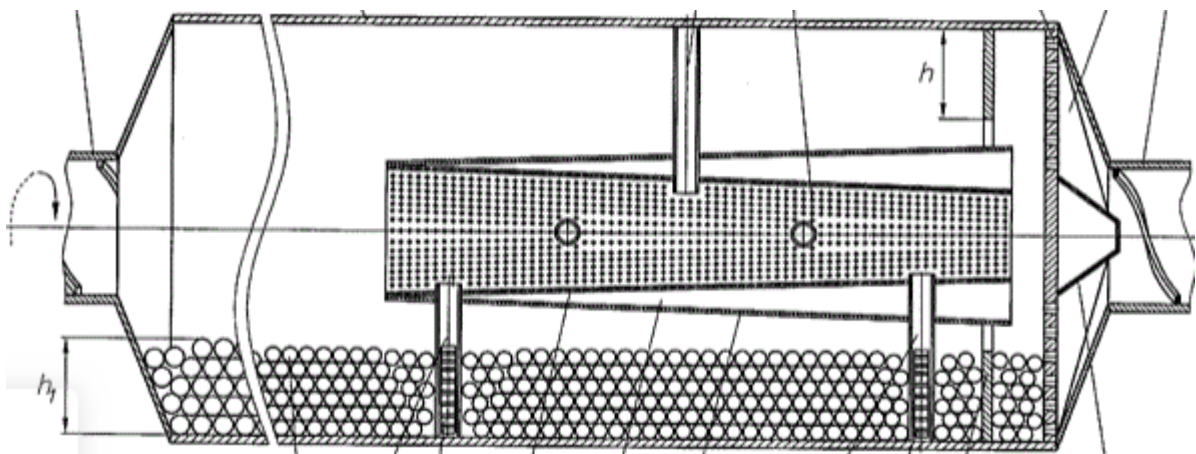


Рисунок 3.8 – трубний млин з внутрішнім рециклом

Розмір отворів в поверхні внутрішнього усіченого полого конуса менше розміру часток матеріалу, що повертається на домел, а пристрій для подачі матеріалу в трубу рецикла виконано у вигляді ліфтерів, розташованих по довжині труби рецикла, при цьому кожен ліфтер одним кінцем входить в порожнину

внутрішнього усіченого полого конуса і жорстко прикріплений до поверхонь обох усічених порожніх конусів, а іншим кінцем жорстко прикріплений до внутрішньої поверхні порожнього футерованого барабана, крім цього, кожен ліфтер з боку його кінця, жорстко прикріпленого до внутрішньої поверхні порожнього футерованого барабана, має отвори для проходження в порожнину ліфтера матеріалу, що подрібнюється. Кожен ліфтер одним кінцем може входити в порожнину внутрішнього усіченого полого конуса на величину не менше 0,25 діаметра внутрішнього усіченого полого конуса в перерізі, в якому закріплено ліфтер.

#### **4 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВАРІАНТУ УДОСКОНАЛЕННЯ КЛАСИФІКУЮЧОЇ ПЕРЕГОРОДКИ РОЗРОБЛЮВАНОВОГО ТРУБНОГО МЛИНА**

Однією з головних задач проекту є розробка нової конструкції класифікуючої перегородки трубного млина. Для рішення даної задачі, на основі проведених патентних досліджень обрано нове технічне рішення, представлене в описі автора патенту [9]. Застосоване у проекті нове технічне рішення забезпечить наступні переваги розроблюваного млина порівняно з існуючими натеper конструкціями аналогічних млинів: 1) підвищення продуктивності; 2) зниження питомої витрати електроенергії при подрібненні матеріалу в трубному млині; 3) якісне виділенням з матеріалу тонко-дисперсних частинок; 4) встановлення робочих сит трубного млина на джералах вібраційних сил (пружини) для пришвидшеного розділення матеріалу.

## 5 ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК МЛИНА

При розробці і конструюванні млинів необхідним є встановлення ряду конструкторських розрахунків.

### 5.1 Розрахунок основних параметрів трубного млина

#### 5.1.1 Розрахунок частоти обертання млина

Частота обертання барабана визначається за формулою (1.1), об/хв

$$n = K \frac{42}{\sqrt{D}}, \quad (1.1)$$

Де  $K$  – відношення критичної частоти обертання до дійсного (0,7 ... 0,75) для млинів з  $D > 3$  м;

$D$  – діаметр млина.

$$n = 15.704 \text{ об/хв}$$

Фактична частота обертання від електродвигуна, становить:

$$n = \frac{n_{\text{двг}}}{i_{\text{ред}}} = \frac{750}{45} = 16,667 \text{ об/хв}$$

#### 5.1.2 Визначення зразкової кутової швидкості барабану

Кутова швидкість обертання барабана визначає характер траєкторії руху тіл, що мелють, від якої, залежить ефективність помелу в млинах. При невеликій кутовій швидкості обертання барабана завантаження буде циркулювати в лівому нижньому квадраті (Рисунок 5.1). Мелють тіла будуть підніматися,





Відрив від стінок барабана (точка А) буде забезпечений за умови:

$$G \cos \alpha \geq F_i \quad (1.3)$$

Або

$$mg \cos \alpha \geq m\omega^2 R \quad (1.4)$$

Кутова швидкість:

$$\omega \leq \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{R}} \quad (1.5)$$

Після відриву першої кулі від стінок барабана вона рухається по параболі, яка описується системою рівнянь (з початком координат в точці А):

$$\begin{aligned} x &= V t \cos \alpha \\ y &= V t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \quad (1.6)$$

де  $t$  - час з моменту відриву кулі, с.

$$V = \omega R = R \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{R}} \quad (1.7)$$

Підставивши в (1.6) рівняння (1.7) окружної швидкості обертання барабана отримаємо значення поточної координати точки D.

$$Y_D = x_D \operatorname{tg} \alpha - \left( \frac{x^2}{2 R \cos^3 \alpha} \right) \quad (1.8)$$

Траєкторія руху куль та стінок барабана (з початком координат в її центрі) описується рівнянням:

$$x_0^2 + y_0^2 = R^2 \quad (1.9)$$

Як, видно, зі схеми (Рисунок 5.1):

$$\begin{aligned} x_0 &= x_D - R \sin \alpha \\ y_0 &= y_D - R \cos \alpha \end{aligned} \quad (1.10)$$

Підставивши значення  $x_0$  і  $y_0$  в формулу (1.9) і вирішивши спільно рівняння, знайдемо ординату точки D

$$y_D = -4R \sin \alpha \cdot \cos \alpha \quad (1.11)$$

Для визначення максимальної висоти падіння необхідно обчислити першу похідну від функції (1.11) і прирівняти її до нуля:

$$y_D' = 8R \sin \alpha \cdot \cos^2 \alpha - R \sin^3 \alpha = 4R \sin \alpha (2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) \quad (1.12)$$

Очевидно, що  $\alpha$  і  $R$  не рівні нулю тоді:

$$2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 0 \quad (1.13)$$

Або

$$\begin{aligned} 2 - \operatorname{tg}^2 \alpha &= 0 \\ \operatorname{tg}^2 \alpha &= 0 \end{aligned} \quad (1.14)$$

З рівняння можна знайти найвигідніший кут відриву куль, який буде дорівнює  $\alpha = 54^\circ 40'$ .

Тоді оптимальна кутова швидкість становить рад/с

$$\omega_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{g \cos 54^{\circ}40'}{R}} = \frac{2,38}{\sqrt{R}} \quad (1.15)$$

При  $R = 1,924$  м,  $\omega_{\text{опт}} = 1,715$  рад/с

### 5.1.3 Розрахунок найкращого заповнення барабану кулями

Положення металевих куль в барабані млини під час роботи це вистроєний шар куль, визначення координат точки відриву та падіння шарів використовують формулу (1.16) (для кожного шару окремо)

$$\begin{aligned} \omega^2 R &= g \cos \alpha \\ \frac{R}{\cos \alpha} &= \frac{g}{\omega^2} \end{aligned} \quad (1.16)$$

Використавши заміну  $\frac{g}{\omega^2} = 2\rho$ , отримаємо рівняння кола у полярних координатах.

$$R = 2 \rho \cos \alpha \quad (1.17)$$

Для знаходження точки падіння шару куль ( точка D) використано кут  $\beta$  (між дугою та радіусом) та радіус.

$$\sin \beta = \frac{y_1}{R} = \frac{4R \sin^2 \alpha \cos \alpha - R \cos \alpha}{R} \quad (1.18)$$

Виконавши перетворення отримаємо

$$\begin{aligned} \sin \beta &= -(4 \cos^3 \alpha - 3 \cos \alpha) \\ \sin \beta &= -\cos 3\alpha = \cos(180^\circ - 3\alpha) \end{aligned} \quad (1.19)$$

Виконавши заміну  $\sin \beta$  на  $\cos(-(90^\circ - \beta))$ , отримаємо

$$\cos(90^\circ - \beta) = \cos(180^\circ - 3\alpha) \quad (1.20)$$

Звідки

$$\beta = 3\alpha - 90^\circ \quad (1.21)$$

Для визначення  $\alpha$  для різних шарів куль використовують

$$\cos \alpha_i = \frac{R_i \omega^2}{g} \quad (1.22)$$

Використовуючи даний принцип можливо отримати траєкторію руху металевих куль та контури завантаження. З практики роботи видно, що за багато металевих куль так сам як і не доповнення погіршують процес подрібнення. Заповнення барабану млина кулями повинно становить 0,3 – 0,35 об'єму барабану.

У подальшому для розрахунку млина будемо використовувати об'єм заповнення кулями рівний 0,3 об'єму барабану.

#### 5.1.4 Розрахунок потужності приводу трубного млин

Для працюючих трубних млинів потужність електродвигуна їде на підйом металевих куль і матеріалу при кожному оберті барабану, бо після падіння металевої кулі їх швидкість дорівнює нулю. Тому при кожному оберті барабану металеві кулі потрібно водити в рух.

Визначимо роботу, необхідну для підйому завантаження:

$$A_1 = m_{ш} g Y_B \quad (1.23)$$

де  $m_{ш}$  - вага тіл, що мелють,  $Y_B$ ; - висота підйому куль від точки падіння до точки відриву.

Вагу металевих куль визначимо по формулі, кг

$$m_{ш} = \varphi \mu \rho \pi R^2 L \quad (1.24)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт заповнення барабану кулями;

$\mu$  – коефіцієнт порожнистості завантаження;

$\rho$  – об'ємна маса молотьних тіл;

$L$  – довжина барабана млина.

$$m_{ш} = 0,3 \cdot 0,53 \cdot 7800 \cdot 3,14 \cdot 1,924^2 \cdot 13 = 187497,33 \text{ кг.}$$

Вагу матеріалу що подрібнюється в млині приймають 0,14 від маси металевих куль.

$$m_M = m_{ш} \cdot 0,14 = 26249,63$$

Загальна маса дорівнює

$$m_{заг} = m_{ш} + m_M = 187497,33 + 26249,63 = 213746,95 \text{ кг} \quad (1.25)$$

Висоту підйому куль від точки падіння до точки відриву  $Y_B$  знайдемо за формулою:

$$Y_B = -4 \cdot R_0 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha \quad (1.26)$$

де -  $R_0$  радіус інерції від центру млина, м;

$\alpha$  - кут відриву.

Радіус інерції від центру млина визначають

$$R_0 = \sqrt{\frac{R^2 + R_1^2}{2}}, \quad (1.27)$$

де  $R$  – радіус барабану (внутрішній);  $R_1$  - радіус від внутрішнього шару заповнення до центру барабана.

Підчас підрахунку оптимального заповнення ми прийняли  $\varphi = 0,3$  то радіус інерції прийmemo  $R_0 \approx 0.86R$

$$R_0 = 1.655 \text{ м}$$

Визначимо кут підйому шару

$$\cos \alpha_0 = \frac{R_0 \omega^2}{g} \quad (1.28)$$

Враховуючи, що  $\omega_{\text{опт}} = \frac{2,38}{\sqrt{R}}$

$$\cos \alpha_0 = \frac{2,38^2 \cdot 0,86}{g} \quad (1.29)$$

Звідки

$$\alpha = 60^\circ 38'$$

Підставивши все в формулу (1.25) отримаємо

$$Y_B = -4 \cdot R_0 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha = 2,547 \text{ м}$$

Тоді робота необхідна для підйому металевих куль становить:

$$A_1 = m_{\text{ш}} Y_B = 213746.956 \cdot 9,8 \cdot 2,547 = 5335252.27 \text{ Дж} \quad (1.30)$$

Визначимо роботу, кінетичної енергію для повідомлення молольних тіл:

$$A_2 = \frac{mv^2}{2} = \frac{m \omega^2 R_0^2}{2} = \frac{m}{2} \left( \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{R_0}} \right)^2 R_0^2 = \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot R_0}{2} \quad (1.31)$$

$$A_2 = \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot R_0}{2} = \frac{229878.80 \cdot 9.8 \cdot \cos(60^\circ 83') \cdot 1.924}{2} = 1007560.40 \text{ Дж} \quad (1.32)$$

Загальна робота, яка витрачається на один цикл завантаження

$$A = A_1 + A_2 = 6342812.67 \text{ Дж} \quad (1.33)$$

За одне обертання барабану, завантаження виконає декілька циклів.

Час одного циклу складає:

$$t = t_1 + t_2 \quad (1.34)$$

де  $t_1$  – час руху по колу;  $t_2$  – час руху по параболі

Час руху по колу розрахуємо ,хв

$$t_1 = \frac{1}{n} \cdot \frac{360 - 4 \alpha}{360} \quad (1.35)$$

При  $n = 16.667$  і  $\alpha = 60^\circ 38'$  час руху по колу  $t_1 = 0.02$  хв

Час руху по параболі розрахуємо ,хв

$$t_2 = \frac{X_B}{v \cos \alpha_2} = \frac{4 R_0 \sin \alpha \cos^2 \alpha}{2 \pi R_0 n \cos \alpha} = 0.017 \text{ хв} \quad (1.36)$$



Загальний час циркуляції становить

$$t = t_1 + t_2 = 0.037 \text{ хв}$$

$$z = \frac{1}{n \cdot t} = 1.642 \quad (1.37)$$

Потужності яку повинен становити привід млина

$$N = \frac{A \omega_{\text{опт}} z}{2\pi 1000 \eta} \quad (1.38)$$

де  $\omega_{\text{опт}}$  – кутова оптимальна швидкість рад/с;

$\eta$  – к.п.д. електродвигуна  $\eta = 0,9$ ;

$A$  – сумарна робота, Дж.

$$N = \frac{6342812,67 \cdot 1,716 \cdot 1,642}{2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot 0,9} = 3160,45 \text{ кВт}$$

### 5.1.5 Розрахунок продуктивності млина

Продуктивність трубного кульового млина визначимо по формулі:

$$Q = 6.45 \cdot V \cdot \sqrt{D_{\text{св}}} \cdot \left(\frac{m}{V}\right)^{0.8} \cdot q \cdot K_{\text{уд.}} \quad (1.39)$$

де  $D_{\text{св}}$  – діаметр млини в світлі, м;

$K_{\text{уд.}}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує тонкість помелу,

$q$  – питома продуктивність, т / кВт-час,

$m$  – маса тіл, що мелють, т;

$V$  – корисний об'єм млина, м<sup>3</sup>.

Корисний об'єм млина вираховуємо с формули

$$V = \frac{\pi \cdot D_{CB}^2 \cdot L}{4} \quad (1.40)$$

де  $L$  – довжина барабана за вирахуванням товщини міжкамерної перегородки

$$V = \frac{3,14 \cdot 4_{CB}^2 \cdot 13}{4} = 163,363 \text{ м}^3$$

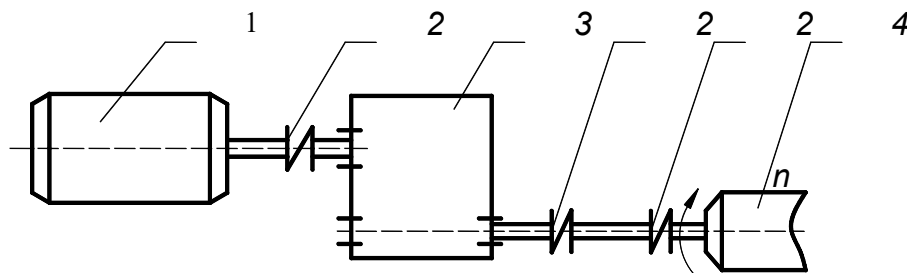
Тоді продуктивність трубного млина становить

$$Q = 6,45 \cdot 163,363 \cdot \sqrt{3,848} \cdot \left(\frac{187,497}{163,363}\right)^{0,8} \cdot 0,06 \cdot 0,9 = 124,622862 \text{ т/год}$$

## 5.2 Розрахунок кінематичних параметрів машини

### 5.2.1 Підбір електродвигуна

Рух трубного кульового млина здійснюється від двигуна 1 через муфту 2, циліндричний редуктор 3 і муфти які з'єднуються з головним валом млина. Схема приводу млина зображена Рисунок 5.2



1 – електродвигун, 2 – муфта, 3 – редуктор, 4 – барабан.

Рисунок 5.2 – Схема приводу млина

Загальний ККД приводу

$$\eta_3 = \eta_p \cdot \eta_M^3 \quad (1.41)$$

де  $\eta_p$  – ККД редуктора;

$\eta_M$  – ККД муфти;  $\eta_M = 0,97$ .

ККД редуктора розрахуємо за даною формулою

$$\begin{aligned} \eta_p &= \eta_{з.п.}^2 \cdot \eta_{под}^6 \\ \eta_p &= 0,97^2 \cdot 0,99^6 = 0,886 \end{aligned} \quad (1.42)$$

Тоді загальний ККД буде становить

$$\eta_3 = 0,88 \cdot 0,97^3 = 0,808$$

Потрібна потужність двигуна

$$P_{дв} = \frac{N}{\eta_o} \quad (1.43)$$

Де  $N$  – розрахована потужність.

$$P_{дв.} = \frac{3160,45}{0,808} = 3909,13 \text{ кВт} \quad (1.44)$$

За допомогою довідників приймаємо двигун СДНЗ 17-59-8 УХЛ4 який має потужність 4000 кВт, з частотою обертання  $n = 750$  об/хв.

Уточнимо передаточне відношення приводу

$$i = \frac{n_{дв}}{n_{раб}} = \frac{750}{17} = 44,11 \quad (1.45)$$

За довідником вибираємо редуктор 1ЦЗУ – 250 – 45 – 12 ЦЦ У1 з передатним відношенням 45.

Визначаємо потужність на кожному валу привода:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= P_{дв} = 4000 \text{ кВт} \\
 P_2 &= P_{дв} \cdot \eta_{муф} = 4000 \cdot 0,97 = 3880 \text{ кВт} \\
 P_3 &= P_2 \cdot \eta_{муф} \cdot \eta_{ред} = 4000 \cdot 0,97 \cdot 0,88 = 3312 \text{ кВт} \\
 P_4 &= P_3 \cdot \eta_{муф} = 4000 \cdot 0,97 = 3212,6 \text{ кВт}
 \end{aligned}
 \tag{1.46}$$

Визначаємо частоту обертання на кожному валу привода:

$$\begin{aligned}
 n_1 &= n_{дв} = 750 \\
 n_2 &= n_1 = 750 \\
 n_3 &= \frac{n_2}{i_{ред}} = \frac{750}{45} = 16,6 \\
 n_4 &= n_3 = 16,6
 \end{aligned}
 \tag{1.47}$$

Визначаємо крутний момент на кожному валу:

$$\begin{aligned}
 T_1 &= 9550 \frac{P_1}{n_1} = 9550 \frac{4000}{750} = 50933 \text{ Н м}, \\
 T_2 &= 9550 \frac{P_2}{n_2} = 9550 \frac{3880}{750} = 49405 \text{ Н м}, \\
 T_3 &= 9550 \frac{P_3}{n_3} = 9550 \frac{3311,9}{16,66} = 1897757 \text{ Н м}, \\
 T_4 &= 9550 \frac{P_4}{n_4} = 9550 \frac{3212,6}{16,6} = 1840824,9 \text{ Н м}.
 \end{aligned}
 \tag{1.48}$$

### 5.2.2 Розрахунок муфти приводу

Муфти вибираємо за значенням номінального крутного моменту

$$T_M = KT_H \quad (1.49)$$

де  $T_M$  - номінальний момент, переданий муфтою, Н · м;

$T_H$  - номінальний тривало діючий момент на валу, Н · м;

$K$  - коефіцієнт режиму роботи. Для млинів  $K = 2 \dots 3,0$  [3, с. 195].

Номінальні моменти, що передаються муфтами дорівнюють:

$$\begin{aligned} T_1 &= 2 \cdot 50933.333 = 101866.6 \text{ Н}\cdot\text{м}, \\ T_2 &= 2 \cdot 49405.333 = 98810.6 \text{ Н}\cdot\text{м}, \\ T_3 &= 2 \cdot 1897757.664 = 3795515.3 \text{ Н}\cdot\text{м}. \end{aligned} \quad (1.50)$$

Виконуємо підбір муфт за довідниками; зубчаста муфта загального призначення типу МЗ - ГОСТ 5006-55, компенсуюча зубчаста муфта по ГОСТ 21424-75, обгона муфта ГОСТ 21424-75

### **5.3 Розрахунки на міцність елементів млина**

#### **5.3.1 Розрахунок корпусу млина**

Розрахунок корпусу трубного млина будемо виконувати як розрахунок балки круглого перерізу. Навантаження яке діє на корпус млина являє собою крутний та згинаючий момент який створюється інерційними та статичними силами. Сили які виникають показано на Рисунок 5.3



Точку в якій потрібно прикласти дві сили, силу тяжіння завантаженої маси  $G_{ЗАГ}$  та відцентрова сила  $P$  визначимо з допомогою радіуса інерції  $R_0 \approx 0.86R$  та кутом  $\varphi$

$$\varphi = \frac{180 - \alpha}{2} = 62^\circ 38' \quad (1.54)$$

$$T = \sqrt{P^2 + G_{ЗАГ}^2 - 2PG_{ЗАГ} \cos(180 - \varphi)} = 1595084.5 \text{ Н} \quad (1.55)$$

Кут між  $G_{ЗАГ}$ ,  $P$  та  $T$  вирахуємо за теоремою синуса.

$$\gamma = \alpha \cos\left(\frac{G_{ЗАГ} + P \cos \varphi}{T}\right) = 14^\circ 29' \quad (1.56)$$

Точка  $C$  в якій прикладена рівнодіюча сили  $T$  та  $G_{ЗАГ}$

$$Q = \sqrt{T^2 + G_{КОН}^2 - 2T G_{КОН} \cos(180 - \gamma)} = 3627183.4 \text{ Н} \quad (1.57)$$

Визначаємо величину розподіленого навантаження від дії рівнодіючої сили  $Q$  в площині  $Z$  (Рисунок 5.4)

$$q = \frac{Q}{L} = \frac{3627183.4}{14,7} = 246747.175 \text{ Н/м} \quad (1.58)$$

де  $L$  – довжина між підшипниками.

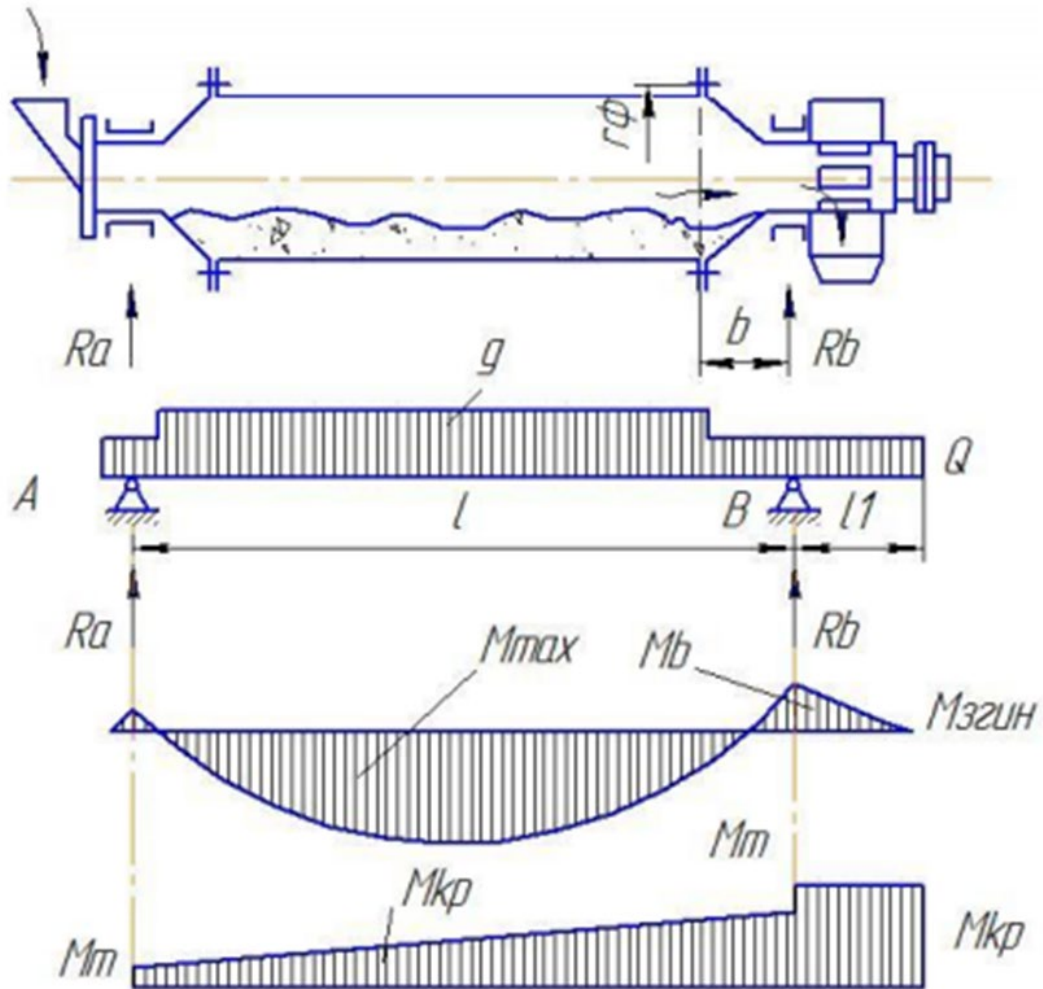


Рисунок 5.4 – Схема розрахунку корпусу млина

Розрахуємо максимальний згинальний момент

$$M_{зг} = \frac{ql^2}{8} = \frac{Ql}{8} = 6664949.631 \text{ Н} \quad (1.59)$$

Визначимо максимальний сумарний момент що діє на корпус

$$M_{\text{мак}} = \sqrt{M_{зг}^2 + T_4^2} \quad (1.60)$$

де  $T_4$  – момент що підводиться від електродвигуна



$$M_{\max} = \sqrt{6664949.63^2 + 1840824,9^2} = 6914491.306 \text{ Н/м}$$

Визначаємо напругу яка виникає в корпусі млина:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{k \cdot W} \quad (1.61)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує ослаблення перерізу;

$W$  – момент опору перерізу.

$$W = \pi \cdot S \cdot R_H^2 = 0.314 \text{ м}^3 \quad (1.62)$$

де  $S$  – товщина стінки барабана, м;  $S = 0,05$  м;

$R_H$  – зовнішній радіус корпусу, м;  $R_H = 2$  м

$$\sigma = \frac{6914491.306}{0,8 \cdot 0,314} = 27511886.7 \text{ Н} = 27.52 \text{ мПа}$$

Допустиме напруження в перетині барабану виготовлено зі сталі М16С (16Д) не повинно перевищувати  $[\sigma]_{\text{пр}} = 31,4$ мПа.

$$27,52 \leq 31,4 \text{ мПа}$$

### 5.3.2 Розрахунки основних підшипників млина

Для розрахунку роботоспособності підшипника скористаємось фактором PV  
Максимальне навантаження що діє на підшипник з боку барабану млина становить  $R_{\max} = 1912$ кН.

Зовнішній діаметр опори цапфи  $d = 1.8$  м.

Кут взаємодії  $\beta = 120^\circ$ .

Матеріал виготовлення підшипників бабіт.

Для визначення тиску  $P$  які діє на підшипник скористаємось формулою

$$P = \frac{R_{max}}{l \cdot d \cdot \sin(\beta)} = \frac{1912 \cdot 10^3}{0.8 \cdot 1.8 \cdot \sin(120)} = 1.533 \text{ МПа} \quad (1.63)$$

Частота обертання цапфи

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot 1.8 \cdot 16.6}{60} = 1.56 \text{ м/с} \quad (1.64)$$

де – n швидкість обертання що передається від двигуна

Добуток навантаження P на частоту обертання V становить

$$PV = = 1.533 \cdot 1.56 = 2.399 \text{ МПа} \cdot \text{м/с} \quad (1.65)$$

Для матеріалу бабіт допустимі значення становлять

$$[P] = 5 \text{ МПа}$$

$$[V] = 6 \text{ м/с}$$

$$[PV] = 5 \text{ МПа}$$

$$(1.66)$$

### 5.3.3 Розрахунок змащення підшипників

Система змащення виконує важливу роль не дає передчасно руйнуватися підшипникам під час запуску та роботи трубного млина. Мастило під тиском P подається до вкладиша підшипників. Оскільки тиск в різних частинах вкладиша змінний від 0 до P тому середній тиск становитиме 0,5P. Враховуємо те що мастило потече в напрямку меншого опору, а це по довжині осі.

З рівняння рівноваги знайдемо тиск мастила для вибору масляного насосу

$$Q = P_1 \cdot l_1 \cdot b_1 + 2 \left( 0.5P_1 \cdot \frac{b - b_1}{2} \cdot l_1 \right) \quad (1.67)$$

де  $R_{\max} = Q = 1.912 \cdot 10^6$

$b = 0.75$  м,  $b_1 = 0,06$  м,  $l_1 = 0,8$  м довжини ланок

Звідки

$$P_1 = \frac{2Q}{(b - b_1) \cdot l_1} = 6.928 \cdot 10^6 \text{ МПа} \quad (1.68)$$

Отримане значення множимо на коефіцієнт запасу  $k = 1.5$  и отримуємо  $P = 10.4$  МПа.

Знайдемо тиск що діє на сам підшипник від реакції опори

$$P = \frac{R_{\max}}{F} = 1.654 \cdot 10^6 \text{ МПа} \quad (1.69)$$

де – площа підшипника  $F = 1.156 \text{ м}^2$

Необхідний найменший масляний шар

$$T_1 = \frac{P}{\mu \cdot \omega} \cdot \left(\frac{dm}{d}\right)^2 \quad (1.70)$$

де  $dm$  – допуск на посадку  $\frac{H_8}{I_8}$  для підшипника з  $d = 1800$  мм  $dm = 0,26$  мм;

$\mu$  – в'язкість,  $\mu = 4 \cdot 10^8$  МПа · с.

$$T_1 = \frac{1.654}{4 \cdot 10^8 \cdot 1,716} \cdot \left(\frac{0,26}{1800}\right)^2 = 0.5 \quad (1.71)$$

тоді

$$H_{\min} = T_1 \cdot dm = 0.125 \text{ мм} \quad (1.72)$$

### 5.3.4 Розрахунок болтового кріплення торцевої кришки з фланцями корпусу

Торцеві кришки до фланців корпусу прикріплюють прізонними болтами, для цього отвори для болтів готують з-під розгортки і тому болти працюють на зріз і розтягання. Зріз болтів відбувається під дією рівнодійної  $F_r$  і кругового зусилля  $P_0$ , прикладеного по колу, що проходить через центри болтів. (Рисунок 5.5)

Кругове зусилля знаходимо за формулою:

$$P_0 = \frac{M_{кр}}{R_б} \quad (1.73)$$

де  $R_б$  – радіус кола кріплення болтів 2,1 м..

$$P_0 = \frac{1840824.934}{2,1} = 875 \text{ кН} \quad (1.74)$$

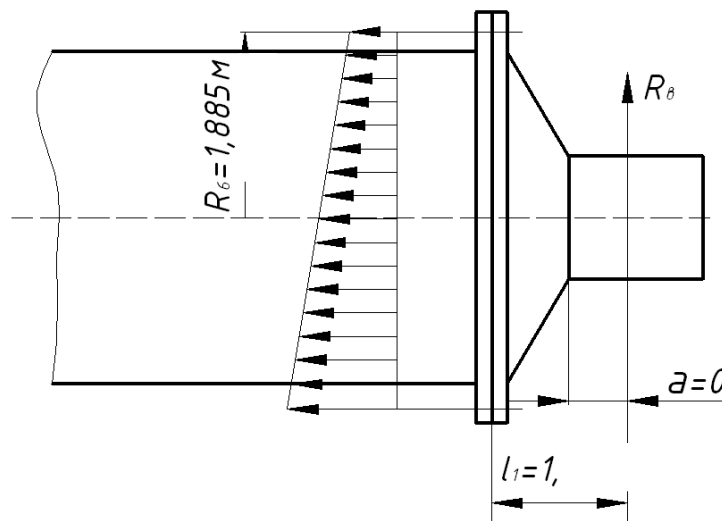


Рисунок 5.5 – Схема для розрахунку болтового з'єднання

Загальна сила зрізу буде становить

$$F_{CP} = F_p \cdot P_0 = 957,4 + 527,7 = 1833 \text{ кН} \quad (1.75)$$

Напруження що виникає від сумарної сили зрізу складає

$$\tau_{cp} = \frac{F_{cp}}{z_1 \cdot F_c} \leq [\tau_{cp}] \quad (1.76)$$

де  $\tau_{cp}$  – напруження зрізу;

$z$  – кількість болтів;  $z = 20$ ;

$F_c$  – площа перерізу болта

Площу перерізу болта вираховуємо з формули

$$F_c = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,060^2}{4} = 0,003 \text{ м}^2 \quad (1.77)$$

тоді

$$\tau_{cp} = \frac{1833 \cdot 10^3}{20 \cdot 0,003} \leq 32,42 \text{ МПа} \quad (1.78)$$

Допустиме напруження зрізу приймаємо  $[\tau_{cp}] = (0,2 \div 0,3)\sigma_T$ , для сталі 20

$\sigma_T = 250 \cdot 10^6 \text{ Па}$  отже  $[\tau_{cp}] = 75 \cdot 10^6 \text{ Па}$

$$32,42 \text{ МПа} \leq 75 \text{ МПа}. \quad (1.79)$$

Умова міцності виконується.

Зусилля розтягу болтів визначимо по формулі

$$P_{p.б.} = K_6 \cdot P_{зг} + P_3 \quad (1.80)$$

де  $K_6$  – коефіцієнт пружності болтового з'єднання;

$P_3$  – зусилля затягування болтів;

$P_{3г}$  – зусилля згинаючого моменту.

Зусилля розтягу яке виникає від згинаючого моменту

$$P_{3г} = \frac{M'_{изг}}{\varepsilon \cdot z_2 \cdot R_6} \Rightarrow \frac{R_B \cdot l_1}{\varepsilon \cdot z_2 \cdot R_6} \quad (1.81)$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт нерівномірності затягу болтів,  $\varepsilon = 0,75$ ;

$l_1$  – відстань від підшипника до площини зєднання;

$R_B$  – реакція опори зі сторони проводу;

$z_2$  – загальна кількість болтів;

$R_6$  – радіус до центра болтів;

$$P_{3г} = \frac{1912 \cdot 10^3 \cdot 1,275}{0,75 \cdot 80 \cdot 1,885} = 21,5 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Крутний момент для затягування болтів розрахуємо за формулою

$$M'_{кр} = F_3 \cdot d_c \cdot k \quad (1.82)$$

де  $F_3$  – зусилля затягування;

$d_c$  – діаметр болта;

$k$  – коефіцієнт запасу;

$$M'_{кр} = 20000 \cdot 0,06 \cdot 1,2 = 1440 \text{ Н/м} \quad (1.83)$$

Дотичне напруження в нарізаній частині болта

$$\tau_H = \frac{M'_{кр}}{d^3} = \frac{1440}{0,058^3} = 7.38 \text{ МПа} \quad (1.84)$$

В ненарізаній частині бота

$$\tau_c = \frac{M'_{кр}}{d^3} = \frac{1440}{0,06^3} = 6.67 \text{ МПа} \quad (1.85)$$

Визначимо загальну силу розтягу що діє на болти

$$P_{р.б.} = 0.3 \cdot 21500 + 20000 = 26466.313$$

тоді напруження розтягу становить

$$\sigma_{H,c} = P_{р.б.}/S_H = 8,82 \text{ МПа} \quad (1.86)$$

Знаходимо нормальні напруження:

$$\begin{aligned} \sigma_H &= \sqrt{\sigma_H^2 + 3\tau_H^2} = 15,53 \text{ МПа} \\ \sigma_c &= \sqrt{\sigma_c^2 + 3\tau_c^2} = 14,53 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (1.87)$$

Порівнюючи допустимі напруги, приймаємо за допустиме значення межу текучості сталі 20 з запасом міцності,  $[\sigma_H] = [\sigma_c] = \sigma_T / (1,3 \div 2,5) = 30 \text{ МПа}$ .

Розраховані дані не перевищують допустимих значень.

## 6 МОДЕРНІЗАЦІЯ МІЖКАМЕРНОЇ ПЕРЕГОРОДКИ ТРУБНОГО МЛИНА

### 6.1 Побудова базової та модернізованої 3d моделі класифікуючої перегородки

#### 6.1.1 Побудова базової 3d моделі класифікуючої перегородки

Побудову 3d моделі було виконано в програмному комплексі «САТІА». Кожний елемент 3d моделі класифікуючої перегородки було виконано у вигляді 2d ескізу та за допомогою необхідних команд перетворено в 3d деталь.

Виконавши послідовну збірку створених необхідних 3d деталей ми отримали 3d модель базової класифікуючої перегородки що продемонстровано на рисунках 6.1 – 6.8

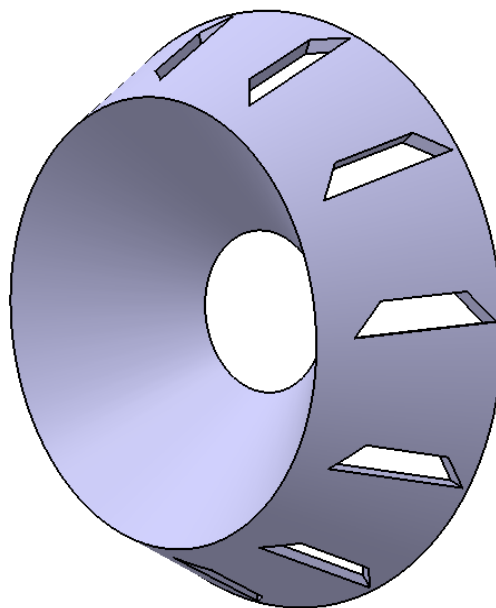


Рисунок 6.1 – Центральний конус класифікуючої перегородки

, До центрального конусу кріпляться опорні кільця, які виконують опорну базу для бокових стінок класифікуючої перегородки (Рисунок 6.2).



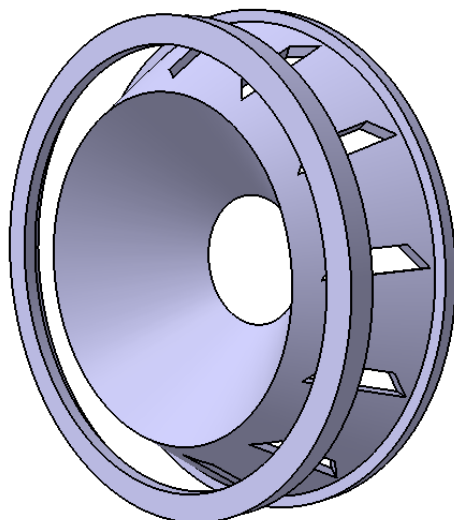


Рисунок 6.2 – Центральний конус з опорними кільцями

В отвори по центральному конусі вставляються жолоби (Рисунок 6.3). Для матеріалу який просіюється крізь сито (Рисунок 6.4) для подальшого переміщення в камеру тонкого помелу

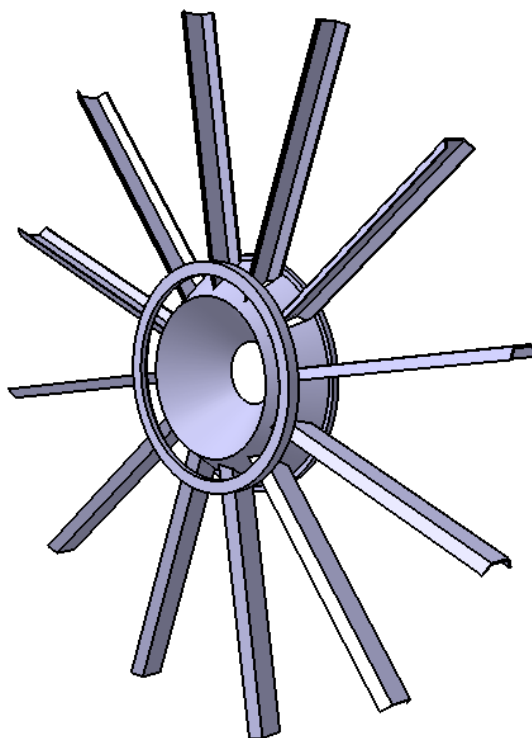


Рисунок 6.3 – Приєднання скідних жолобів

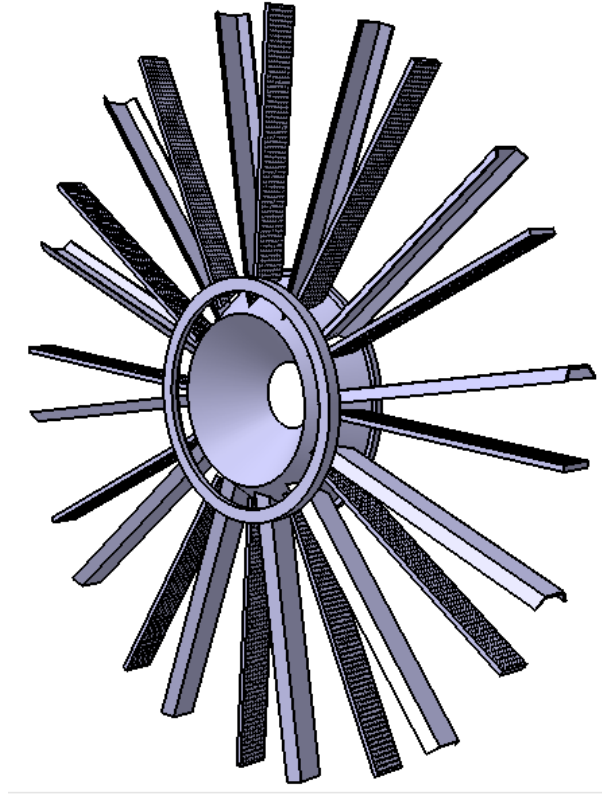


Рисунок 6.4– Центральний конус з приєднаними ситами

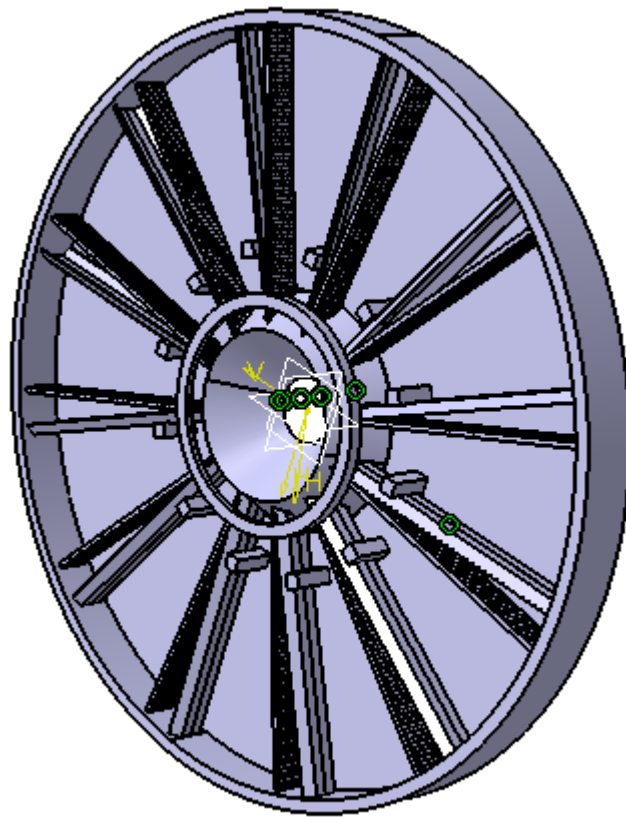


Рисунок 6.5– Приєднання бокової та торцевих стінок

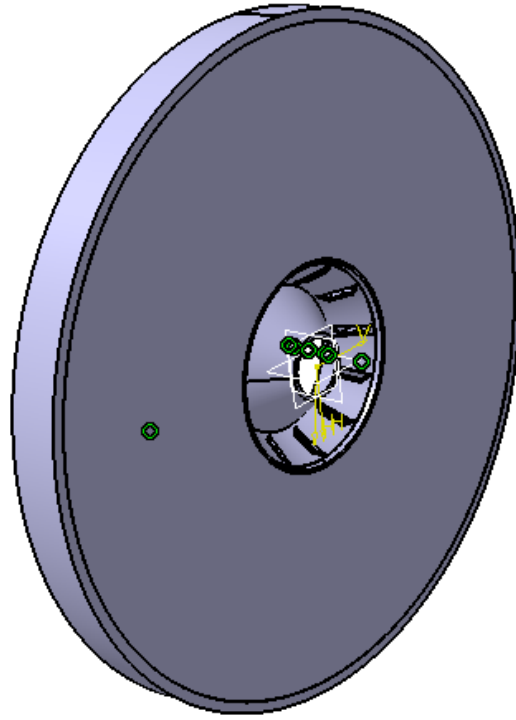


Рисунок 6.6 – Вид перегородки з боку камери тонкого помелу

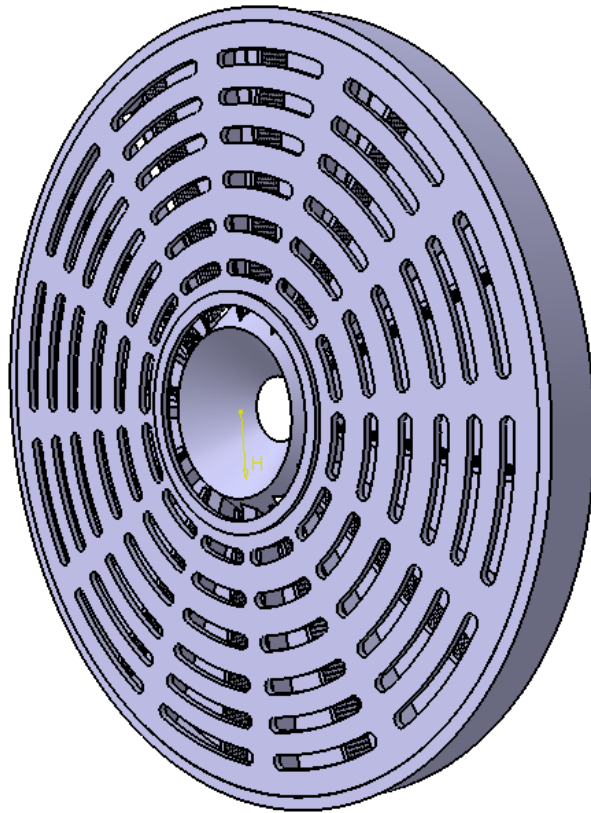


Рисунок 6.7– Вид перегородки з боку камери грубого помелу

Було виконано побудову частин корпусу трубного млина в обох напрямках для зручного закріплення 3d моделі при розрахунку а також для отримання більш достовірних результатів розрахунку на краях класифікуючої перегородки.

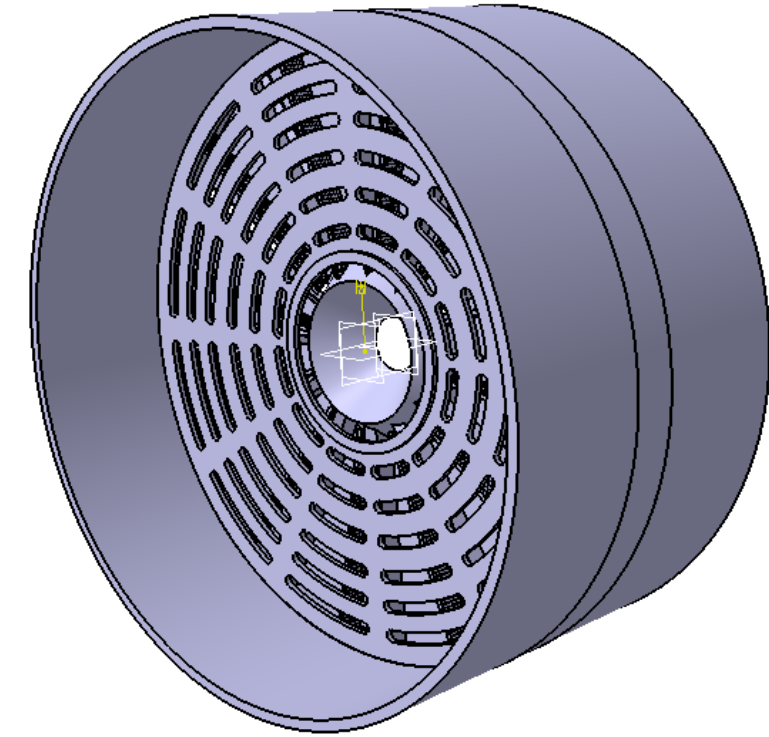


Рисунок 6.8 – Побудована 3d модель базової класифікуючої перегородки

Виконану збірку базової класифікуючої перегородки зберігаємо у файла с розширенням «.stp» для подальшого зручного зберігання та імпорту геометрії 3d моделі до інших програм.

### **6.1.2 Побудова модернізованої 3d моделі класифікуючої перегородки**

Для підтвердження працездатності обраної модернізації, класифікуючої перегородки, потрібно виконати побудову модернізованої 3d моделі для подальшого розрахунку.

Побудову 3d моделі було виконано в програмному комплексі «САТІА». Модернізовані 3d моделі класифікуючої перегородки було виконано у вигляді

2d ескізу та за допомогою необхідних команд перетворено в 3d деталь. Всі інші 3d деталі використано з вже побудованої базової конструкції.

Виконавши послідовну збірку необхідних 3d деталей ми отримали 3d модель класифікуючої перегородки що продемонстровано на рисунках 6.9 – 6.16.

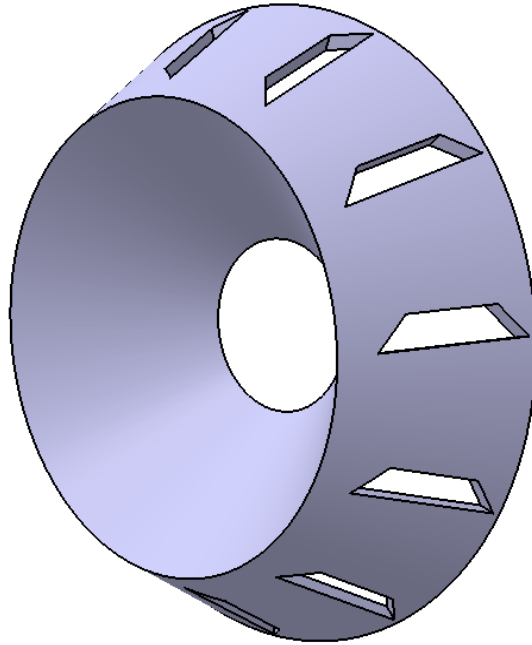


Рисунок 6.9 – Центральний конус класифікуючої перегородки

, До центрального конусу кріпляться опорні кільця, які виконують опорну базу для бокових стінок класифікуючої перегородки (Рисунок 6.10Рисунок 6.9).

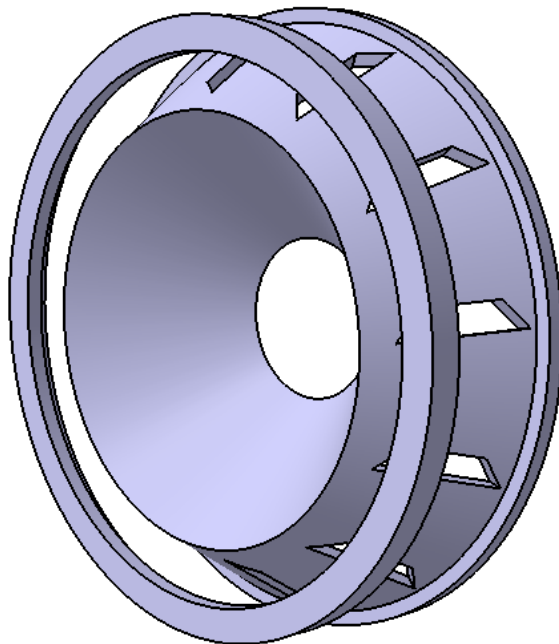


Рисунок 6.10 – Центральний конус з опорними кільцями

В отвори по центральному конусі вставляються жолоби (Рисунок 6.11). Для матеріалу який просіюється крізь сито (Рисунок 6.12) для подальшого переміщення в камеру тонкого помелу

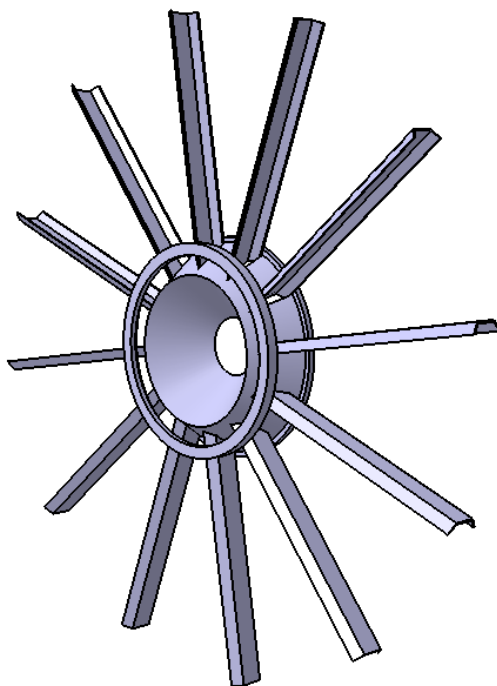


Рисунок 6.11 – Приєднання скидних жолобів

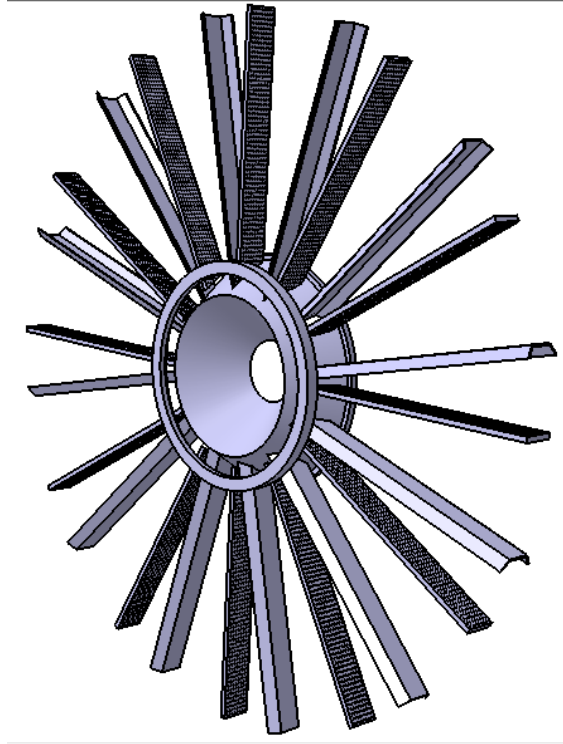


Рисунок 6.12– Центральний конус з приєднаними ситами

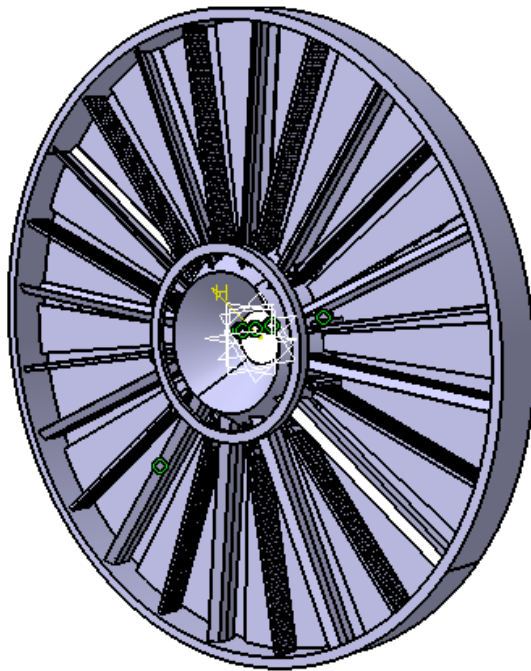


Рисунок 6.13– Приєднання бокової та торцевих стінок з перегородкою

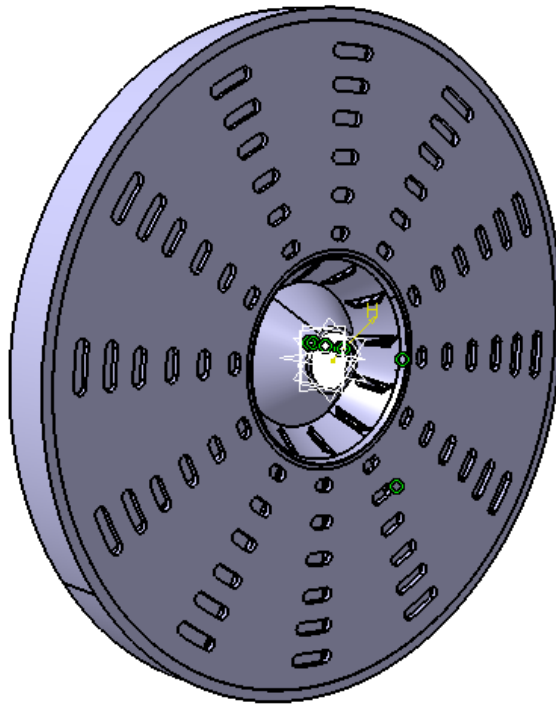


Рисунок 6.14 – Вид перегородки з боку камери тонкого помелу

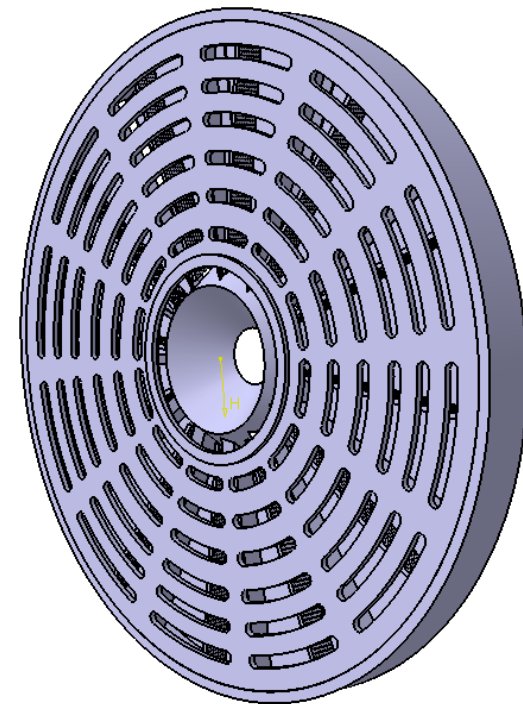


Рисунок 6.15– Вид перегородки з боку камери грубого помелу



Було виконано побудову частин корпусу трубного млина в обох напрямках для зручного закріплення 3d моделі при розрахунку а також для отримання більш достовірних результатів розрахунку на краях класифікуючої перегородки.

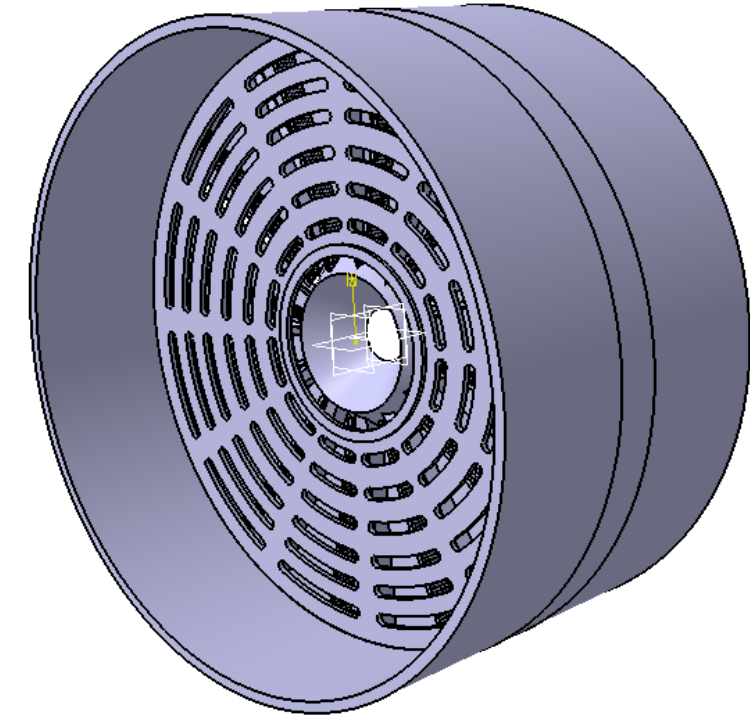


Рисунок 6.16 – Побудована модернізована 3d модель класифікуючої перегородки

Виконану збірку модернізованої класифікуючої перегородки зберігаємо у файла с розширенням «.stp» для подальшого зручного зберігання та імпорту геометрії 3d моделі до інших програм.

## 6.2 Розрахунок побудованих 3d моделей

Розрахунок напружено деформованого стану [14] було виконано методом скінчених елементів в системі «ANSYS». Основним навантаженням на класифікуючу перегородку є тиск матеріалу та мелючих тіл (які знаходяться в камері грубого та тонкого помелу) на бічну поверхню міжкамерної перегородки та стінки барабану млина (Рисунок 6.18). Закріплення міжкамерної перегородки до корпусу млина відбувається жорстко по циліндричній поверхні бічних сторін

міжкамерної перегородки. Скінченно-елементна модель двох конструкцій представлено на Рисунок 6.17

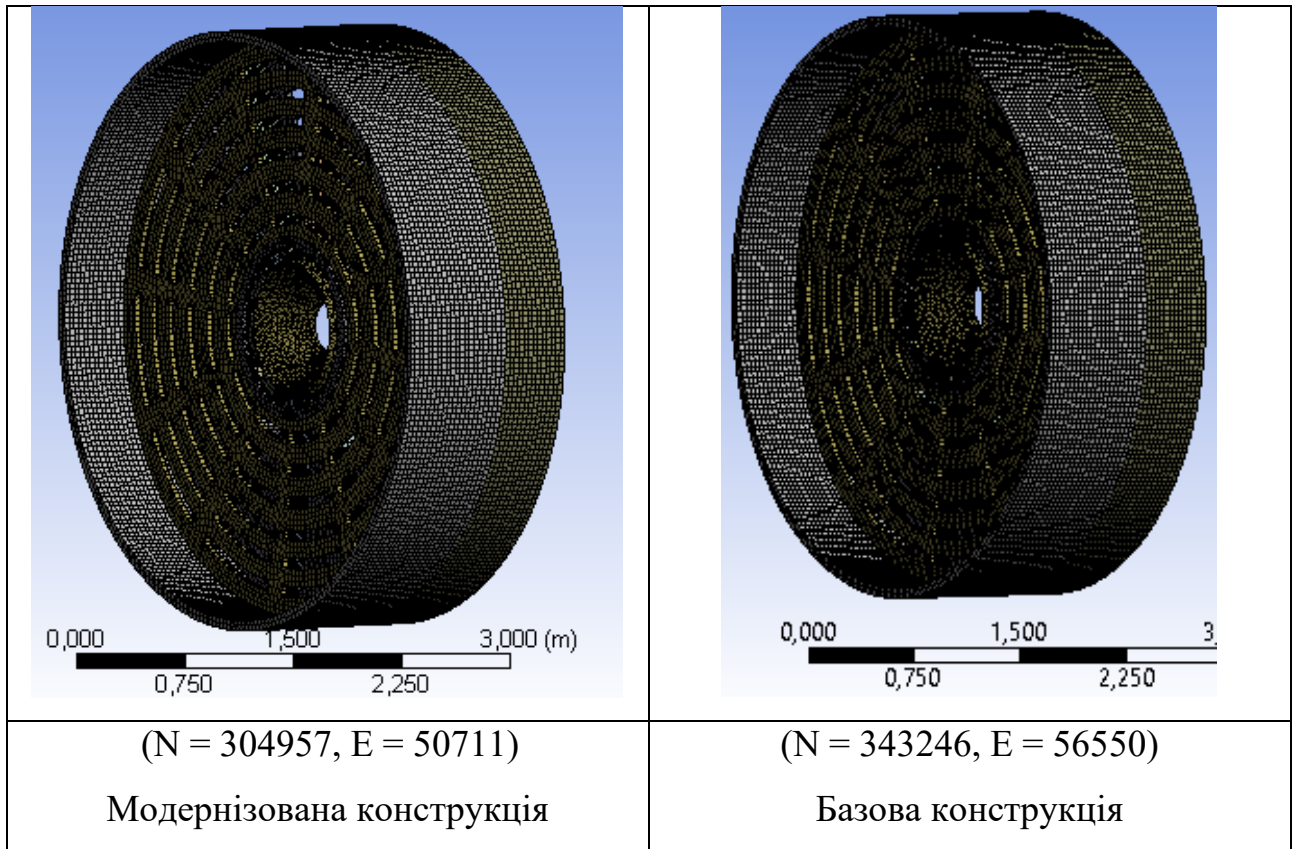


Рисунок 6.17 – Скінченно-елементна модель класифікуючої перегородки

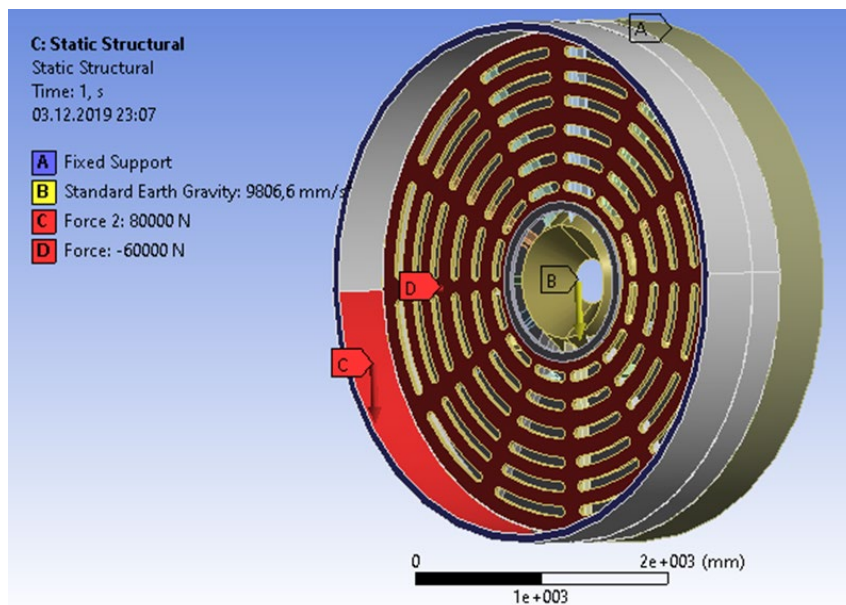
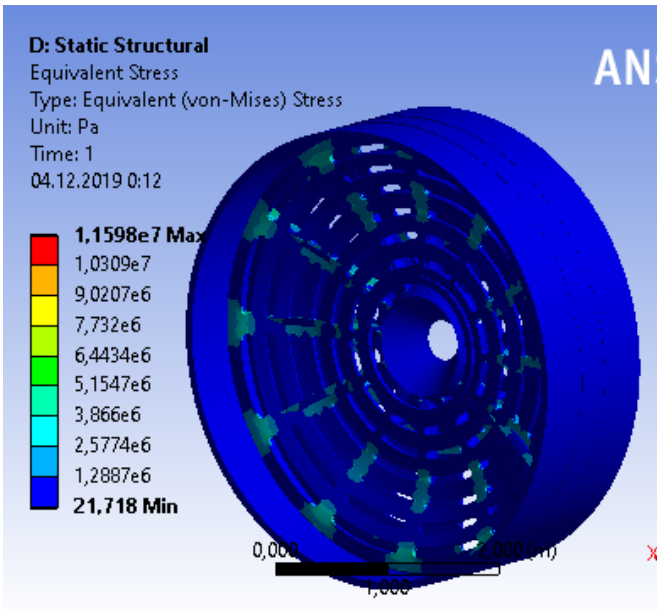


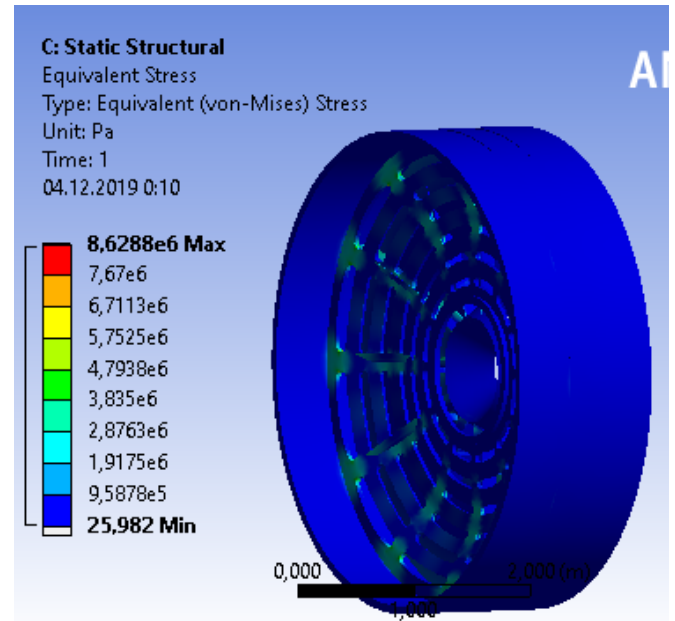
Рисунок 6.18 – Граничні умови

Результат розрахунку програми та варіантні розрахунки.

З врахуванням маси матеріалу на бічну стінку класифікуючої перегородки (рис 6.19 – 6.20)

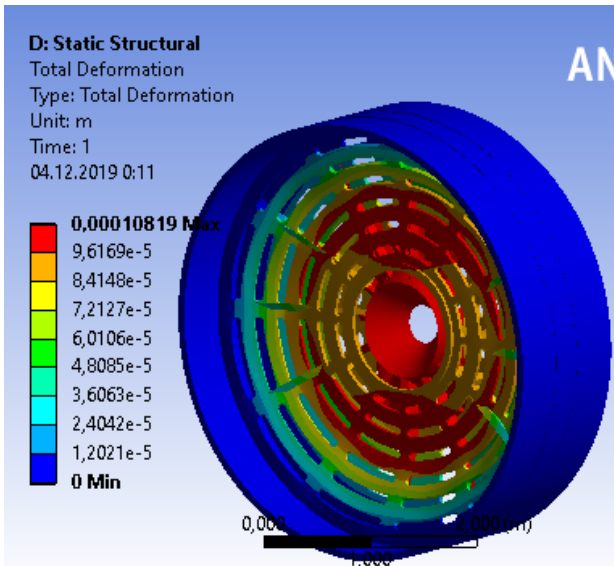


а) модернізована перегородка

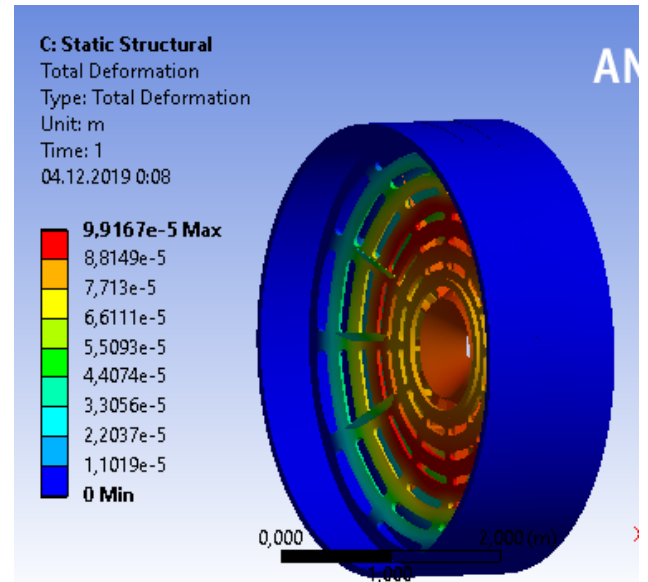


б) базовая перегородка

Рисунок 6.19 – Еквівалентні напруження



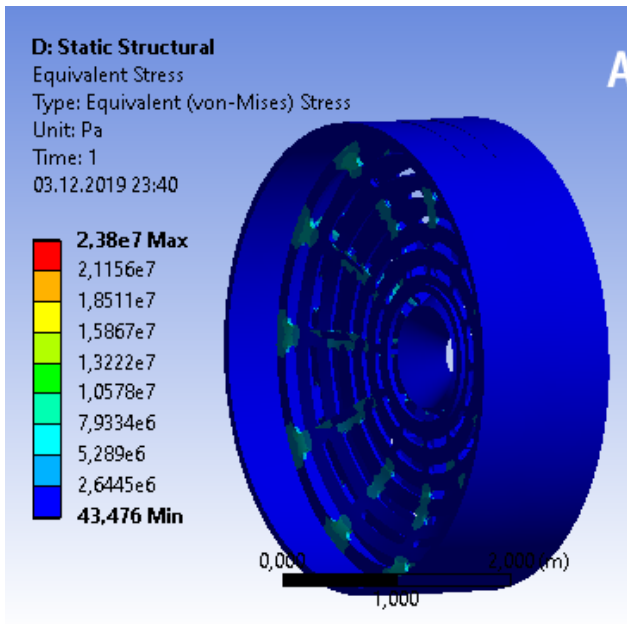
а) модернізована перегородка



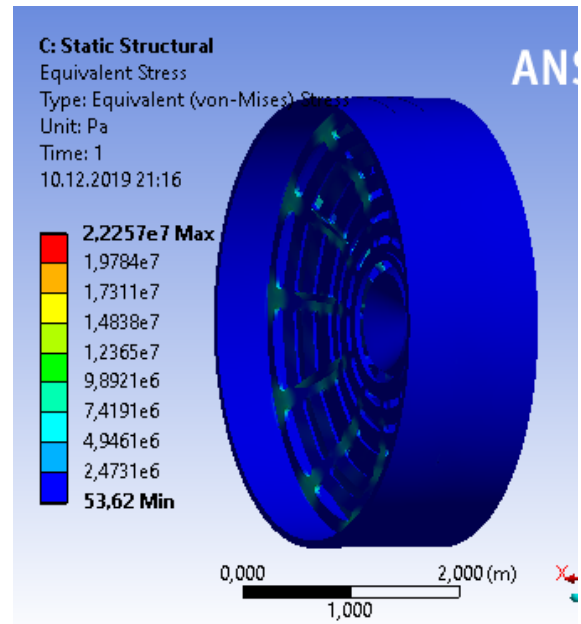
б) базовая перегородка

Рисунок 6.20 – Абсолютна деформація

З врахуванням маси матеріалу на бічну стінку барабану та класифікуючої перегородки а також з врахування власної ваги конструкції (рис 6.21 – 6.22).

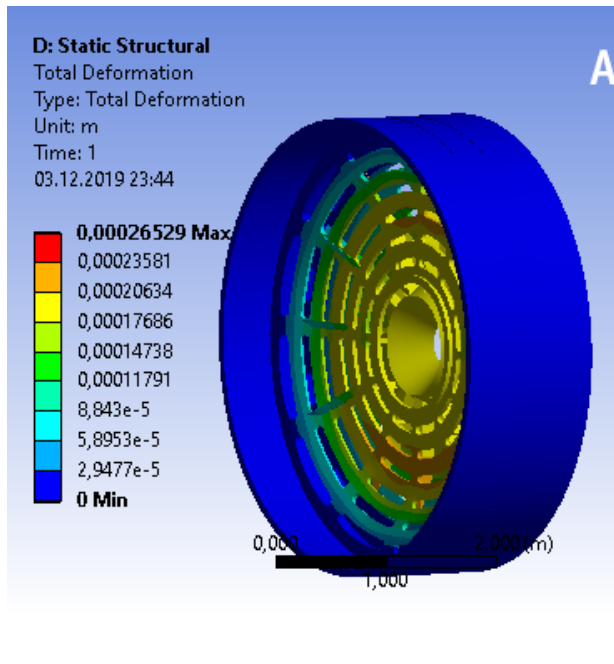


а) модернізована перегородка

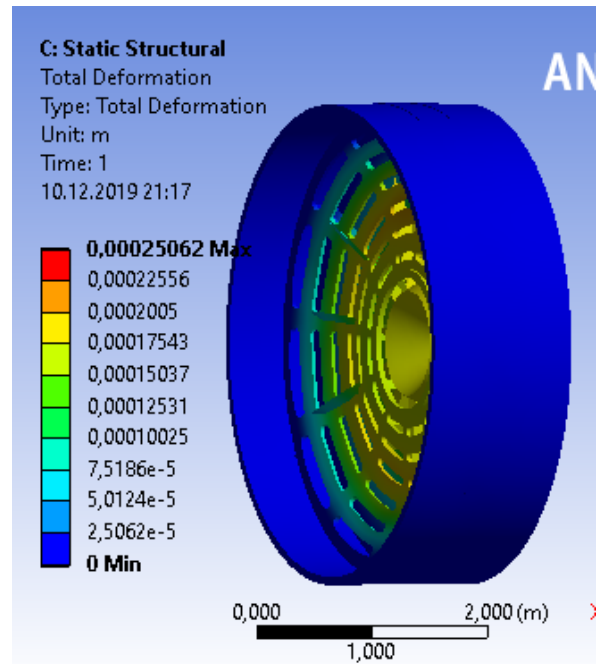


б) базовая перегородка

Рисунок 6.21 – Еквівалентні напруження



а) модернізована перегородка



б) базовая перегородка

Рисунок 6.22 – Абсолютна деформація

### 6.3 Підтвердження працездатності обраної модернізації

Виконано розрахунок конструктивного елементу трубно кульового млина з допомогою програми «ANSYS». Розраховано максимальні еквівалентні напруження та повну деформацію базової і модернізованої конструкцій при врахуванні дії, маси матеріалу на бічну стінку барабану та класифікуючої перегородки а також з врахуванням власної ваги конструкції.

Графік розподілу максимальних переміщень базової та модернізованої конструкції по восьми точкам по бічній стороні класифікуючої перегородки наведено на (

Рисунок 6.23)

Графік розподілу максимальних напружень базової та модернізованої конструкції по восьми точкам по бічній стороні класифікуючої перегородки наведео на (Рисунок 6.24)

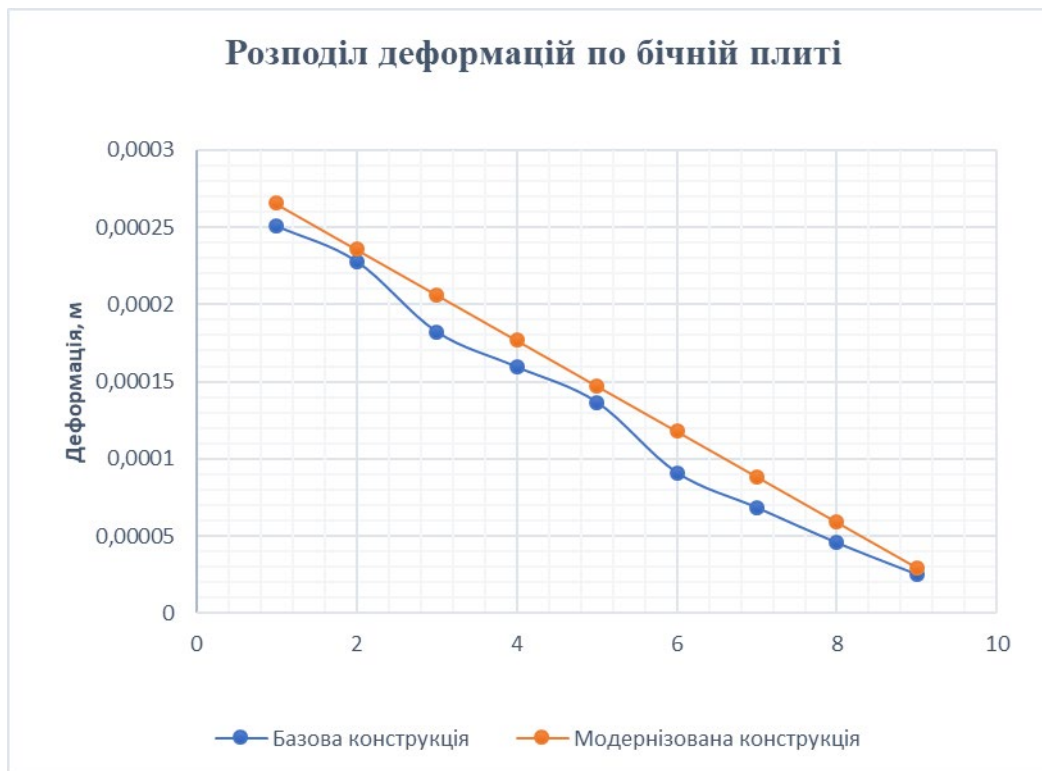


Рисунок 6.23 – Графік розподілу деформацій

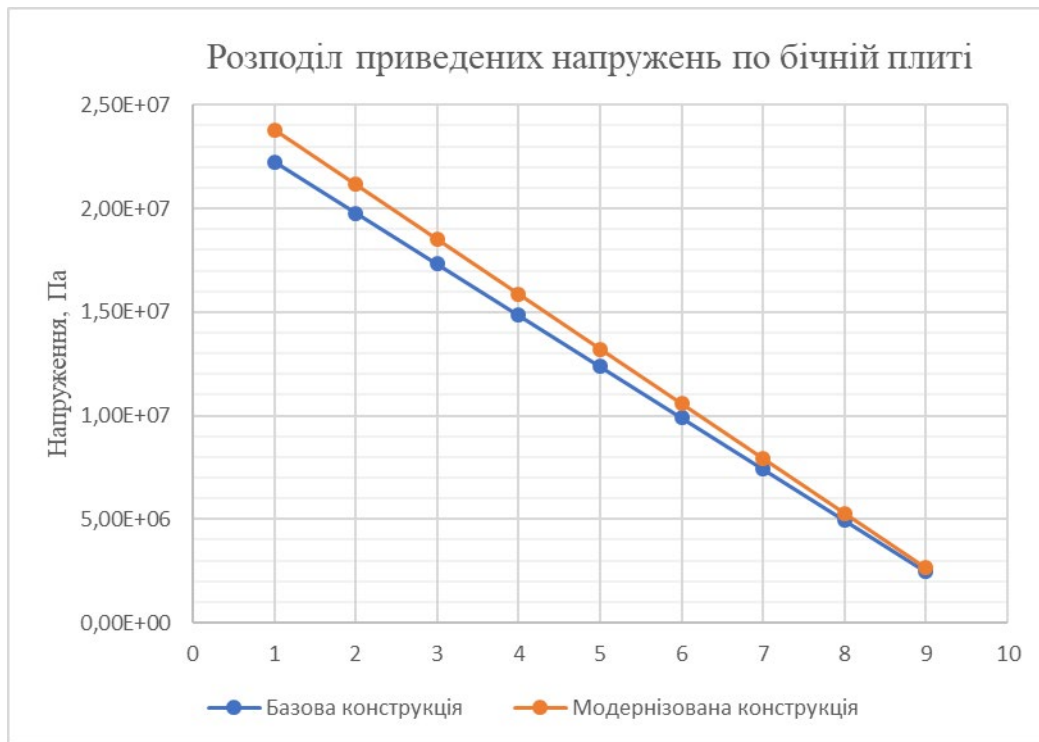


Рисунок 6.24 – Графік розподілу напружень за Мізессом

Висновки: Встановлено що максимальне переміщення становить 0,2652 мм та напруження у розмірі 23.8 МПа. для модернізованої конструкції класифікуючої перегородки. Оскільки еквівалентні напруження модернізованої конструкції вищі на 6% від базової конструкції але не перевищує допустимі межі в 34,8 Мпа ( $k = 4$ ). Запропонована нова конструкція міжкамерної перегородки в свою чергу покращує продуктивність та швидкість класифікації матеріалу в трубному млині тому дану модернізацію можна вважати працездатною.

## **6.4 Розробка програми для виконання автоматичного креслення вузла машини**

### **6.4.1 Завдання до розробки системи**

Метою даної роботи є розробка програмного забезпечення для автоматизованого проектування розгужочної кришки на базі параметризованого креслення представленого на Рисунок 6.25

Програми [13] виконати на функціональній мові AutoLISP в програмному середовищі AutoCAD.

Програмне забезпечення має містити автоматизовану систему що забезпечує:

- 1) інтерактивний ввід вихідної інформації засобами багаторівневого віконного меню або інтерактивних графічних засобів;
- 2) оперативну обробку проектної документації, виконаної в системі AutoCAD;
- 3) можливість доповнення системи програмами для виконання креслень нових деталей без суттєвого доопрацювання системи;
- 4) побудова на основі введених даних твердотільної моделі типу SOLID для оцінки правильності вибору конструкції і погоджень проектувальником зазначених розмірів;
- 5) побудова твердотільної моделі типу SOLID, що імітує форму руху матеріалу в робочому зазорі для подальшого нанесення сіткової області та проведення міцності і гідродинамічних розрахунків;
- 6) запис проміжних і отриманих результатів у відповідні файли і відображення на пристроях друку;
- 7) вихідні тексти програм повинні бути написані на функціональній мові AutoLISP і орієнтовані на використання в середовищі AutoCAD.

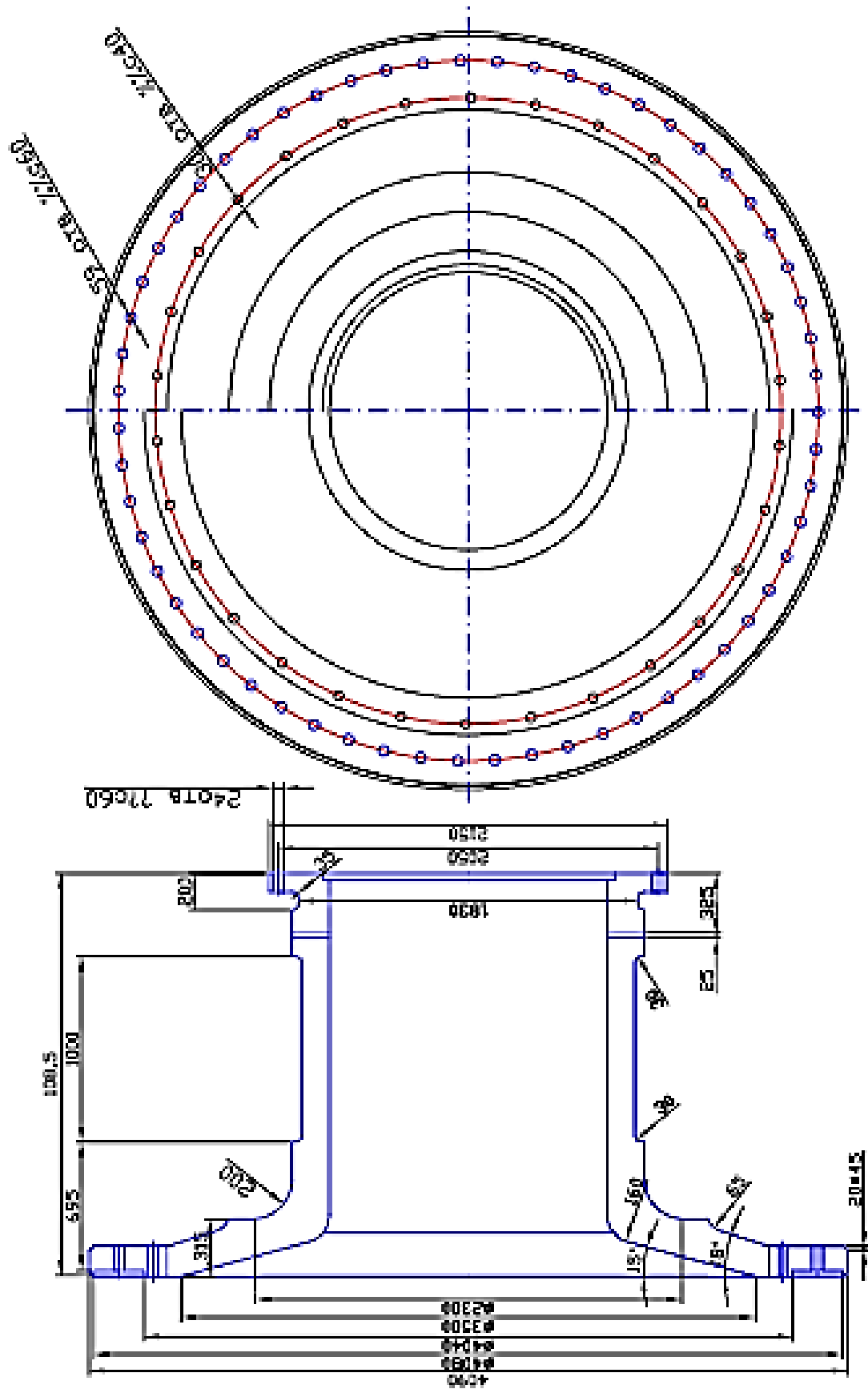


Рисунок 6.25– Креслення деталі



## 6.4.2 Структура системи

### Структура програмного модуля.

Розроблена система надає можливість виконувати параметризовані креслення за допомогою задання значень параметрів або їх корегуванням. Введення і коректування задається інформації здійснюється в інтерактивному режимі з використанням екранного і падаючого меню AutoCAD, а також із середовища графічного редактора.

Введення чисельних величин здійснюється з екрану і рядків підказок.

Система розміщена в на диску E:\. На диску повинні знаходитися файли «dialog.DCL», «KYRSAH.LSP», в яких містяться програми. Крім того в каталозі також знаходяться файл: «ris.sld».

Всі виконувані функції наведені в додатку. У файлі «dialog.DCL» знаходиться програма з «ресурсів» для опису формату діалогового вікна, для виконання креслення

У файлі «KYRSAH.LSP» розміщена програма на мові AutoLISP, яка виконує креслення зображення деталі.

У файлі «ris.sld» розміщено зображення розгрузочної кришки, що передається в діалогове вікно.

У програмах використовуються наступні підпрограми для виконання певних функцій:

1. (data)– введення в основну програму стандартних початкових даних;
2. (2d)– побудова основного креслення конструкції;
3. (point) – розрахунок всіх точок, необхідних для креслення;
4. (3d) – побудова твердотільної деталі;
5. (otp) – повертає координати точки, розміщеної між двома заданими точками на відстані , відображені у точках (в абсолютних одиницях– від 0 до 1) від величини відрізка між двома початковими точками;
6. (sp) – повертає координати точки, симетричній заданій точці відносно горизонтальної лінії, що проходить через базову точку;
7. (ramka) – підпрограма виконує креслення рамки і штампа креслення;

8. (perev) – підпрограма виконує перевірку правильності вводу числових значень змінних;
9. (vinoski) - підпрограма виконує побудову виносок
10. (dial) - підпрограма виконує побудову діалогового вікна.

### **Блок схема програми**

Блок-схема програми приведена на Рисунок 6.26 .

Вона складається з блоків:

1. Введення початкових даних.
2. Виклику діалогового вікна.
3. Розрахунку базових точок.
4. Блок виконання креслення
5. Блок виконання твердо тільної моделі
6. Блок запису результатів
7. Зупинка

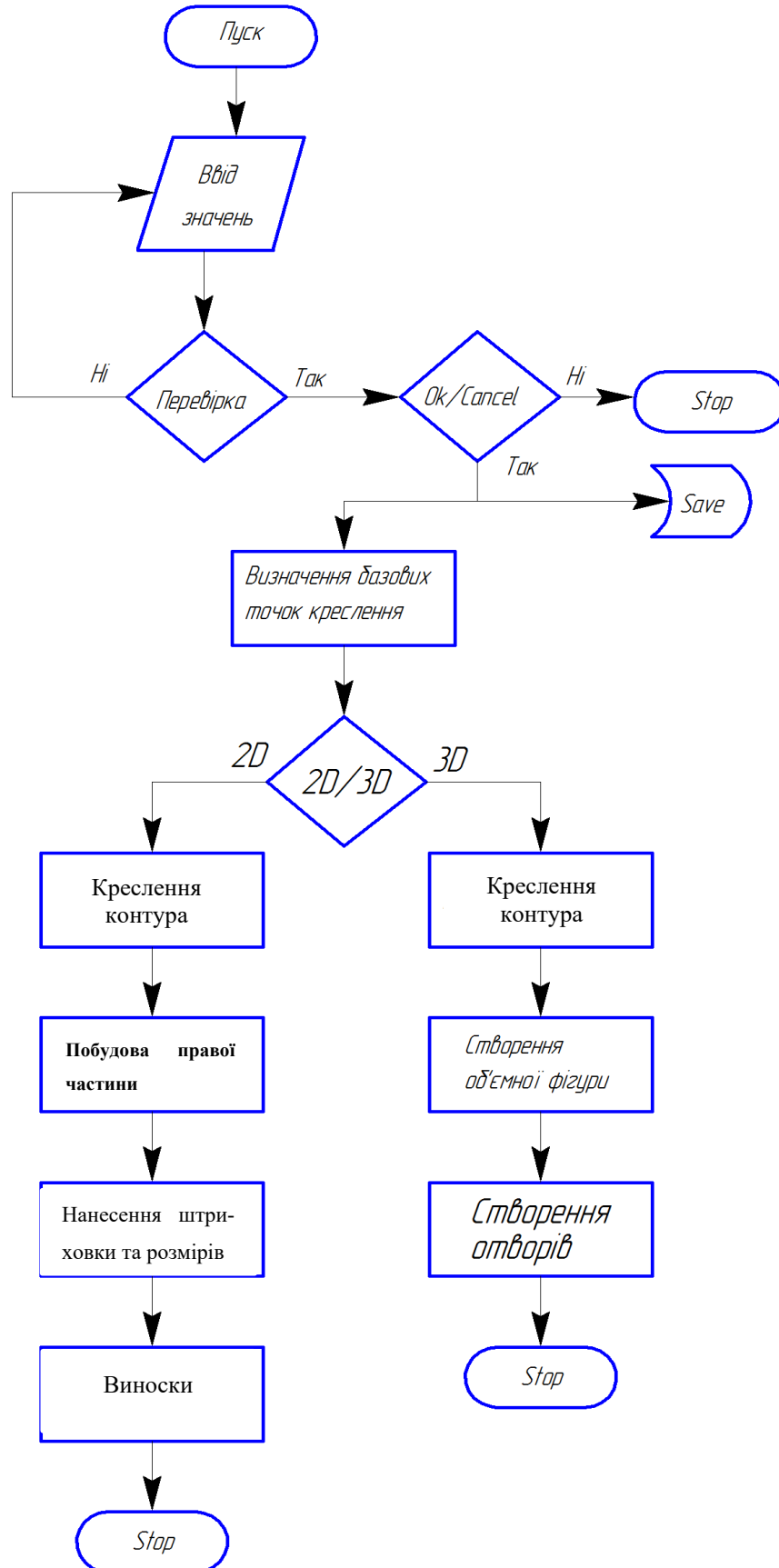


Рисунок 6.26 - Блок схема програми

### 6.4.3 Опис роботи системи

При запуску програми на екрані з'являється діалогове вікно наведене на Рисунок 6.27. Формат цього діалогового вікна визначається в файлі “ dialog.DCL ”.

Вікно складається з трьох основних частин:

1. Ескізу креслення – служить для полегшення вводу формальних параметрів, і відображає їх назву. Використовується слайд, записаний в файлі “ RIS.sld”.
2. «Выполнение» – містить такі клавіші керування: «ПЕРЕВИРКА», «ЗНАЧЕНИЯ ПО УМОЛЧАНИЮ», поле задання масштабу, «2D», «3D», «ОК», і «Cancel»
3. Поля задання розмірів, для зручності керування поділено по групам: «Верт. розмір», «Гориз. розмір», «Інші розміри».

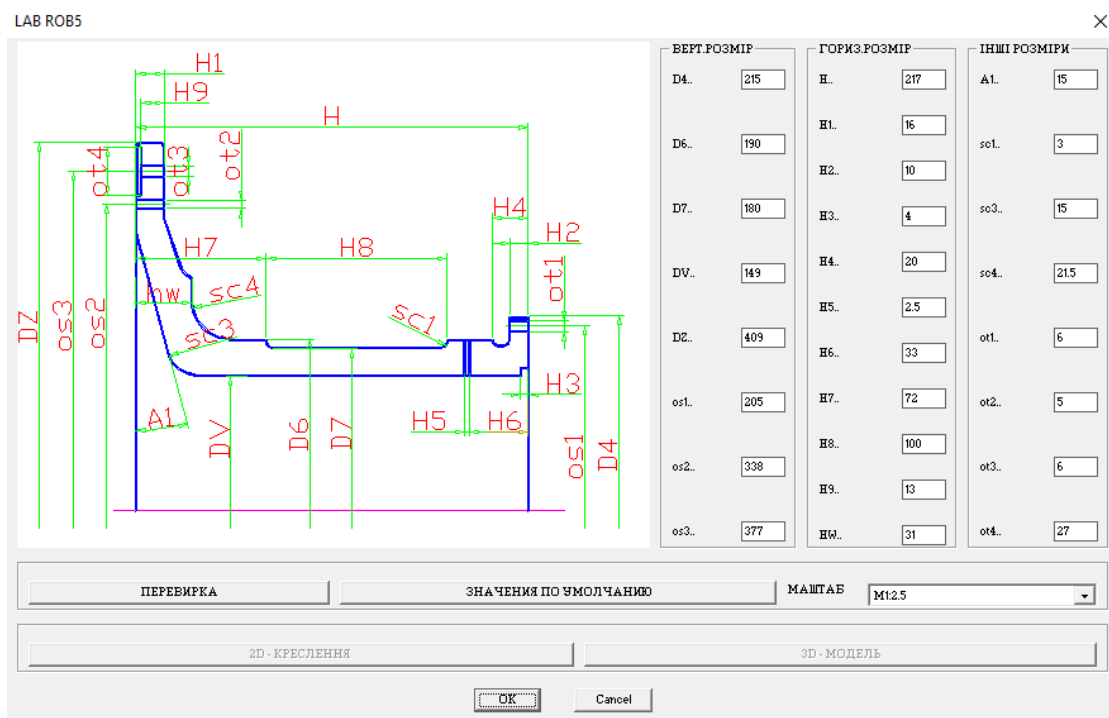


Рисунок 6.27 - Діалогове вікно

Зміна параметрів креслення розгрузочної кришки млина виконується вибором одного з дійсних значень або вводом необхідного значення параметра в відповідне віконце діалогового вікна Рисунок 6.28.. Для зміни параметра в діалоговому вікні потрібно за допомогою "миші" підвести курсор до відповідного

вікна і натиснути ліву клавішу на "миші". Після цього з клавіатури вводиться нове значення. Введене нове значення відображається в відповідному віконці діалогового вікна.

В ці поля задання розмірів вносяться значення діаметрів і довжин в відповідності з слайдом розгрузочної кришки.

ВЕРТ. РОЗМІР		ГОРИЗ. РОЗМІР		ІНШІ РОЗМІРИ	
D4..	<input type="text" value="215"/>	Н..	<input type="text" value="217"/>	A1..	<input type="text" value="15"/>
D6..	<input type="text" value="190"/>	Н1..	<input type="text" value="16"/>	sc1..	<input type="text" value="3"/>
D7..	<input type="text" value="180"/>	Н2..	<input type="text" value="10"/>	sc3..	<input type="text" value="15"/>
DV..	<input type="text" value="149"/>	Н3..	<input type="text" value="4"/>	sc4..	<input type="text" value="215"/>
DZ..	<input type="text" value="409"/>	Н4..	<input type="text" value="20"/>	ot1..	<input type="text" value="6"/>
os1..	<input type="text" value="205"/>	Н5..	<input type="text" value="2.5"/>	ot2..	<input type="text" value="5"/>
os2..	<input type="text" value="338"/>	Н6..	<input type="text" value="33"/>	ot3..	<input type="text" value="6"/>
os3..	<input type="text" value="377"/>	Н7..	<input type="text" value="72"/>	ot4..	<input type="text" value="27"/>
		Н8..	<input type="text" value="100"/>		
		Н9..	<input type="text" value="13"/>		
		Н0..	<input type="text" value="31"/>		

Рисунок 6.28 – Поля задання розмірів

Поле «Масштаб» включає в себе набір, що визначає допустимі масштаби креслення.

МАШТАБ	<input type="text" value="M1:2.5"/>
--------	-------------------------------------

Рисунок 6.29- Поле задання масштабу

За замовчуванням встановлений масштаб (M1:2.5).

В полі керуючих клавіш входять кнопки – «ПЕРЕВІРКА», «ЗНАЧЕННЯ ПО УМОЛЧАНІЮ», «2D – креслення», «3D – модель».

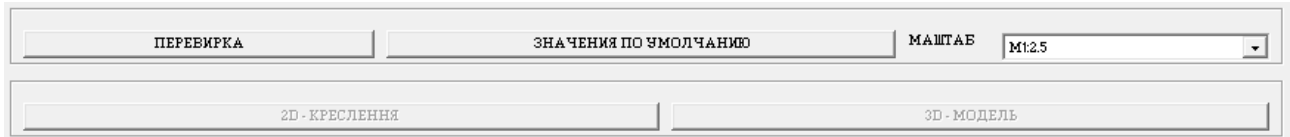


Рисунок 6.30- Поле керуючих клавiш

### Кнопка « ПЕРЕВІРКА »

Якщо натиснути цю кнопку, то виконується перевірка введених значень розмірів, якщо помилок не виявлено, то «розморожуються» кнопки «2D – креслення», «3D– модель». які по замовчуванню «заморожені».

При невірному вводі значень виводиться повідомлення, з зазначеною помилкою, та, як це наведено на Рисунок 6.31.

### Кнопка «ЗНАЧЕНИЯ ПО УМОЛЧАНИЮ»

Якщо натиснути цю кнопку, то виконується скидання значень розмірів на стандартні, тобто які задані за умовою в програмі.

### Кнопка «2D – креслення».

Якщо натиснути цю кнопку, то виконується побудова креслення розгрузочної кришки по введеним значенням параметрів.

### Кнопка «3D – модель».

Якщо натиснути цю кнопку, то виконується побудова тривимірної розгрузочної кришки за введеним значенням параметрів.

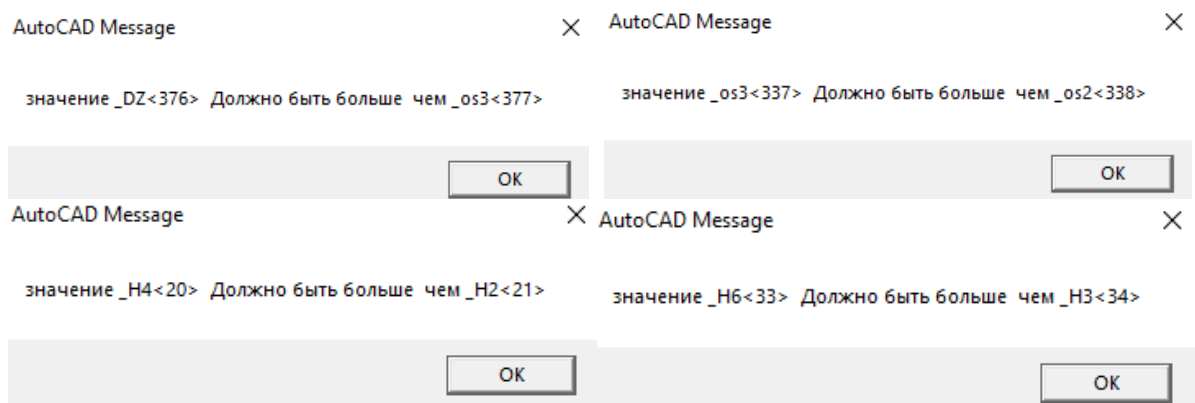


Рисунок 6.31- Повідомлення про помилку

#### 6.4.4 Результати використання програми

##### Креслення розгрузочної кришки

При виконанні креслення розгрузочної кришки з базовими даними приведеними в таблиця 1 та використанні масштабу М1:2.5 отримаємо креслення приведенне на Рисунок 6.32. Креслення виконується після перевірки введених даних кнопця «Перевірка» та виконання креслення – кнопка «2D».

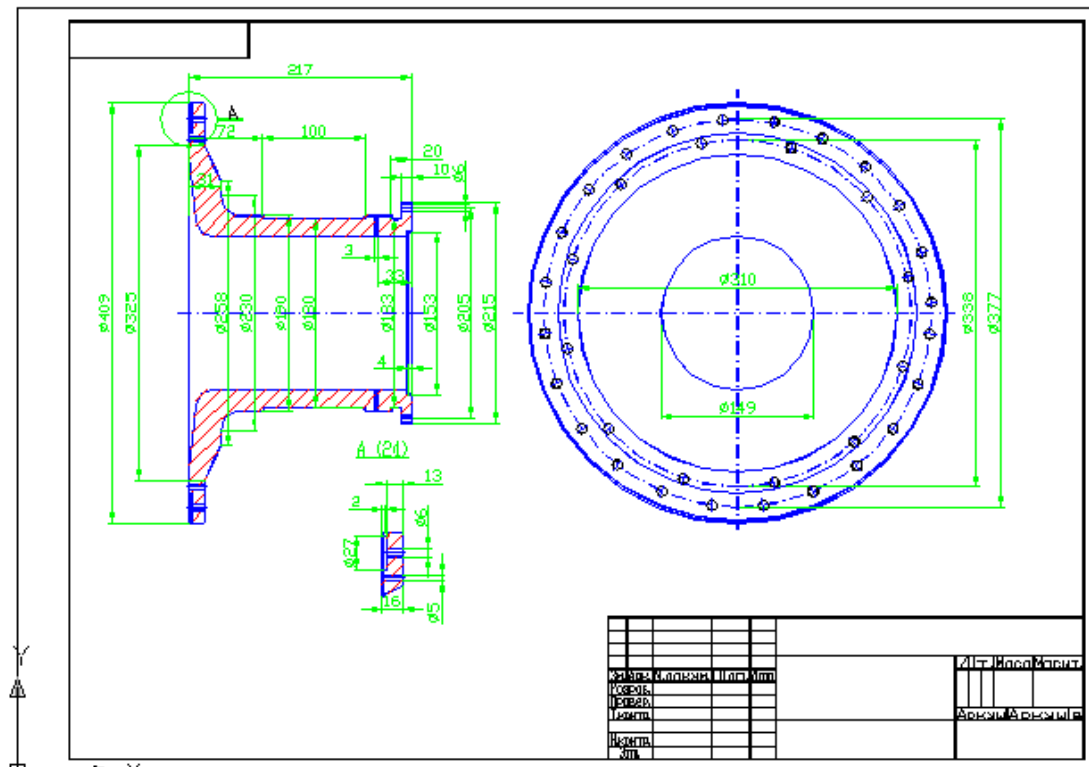


Рисунок 6.32 – Креслення розгрузочної кришки з базовими даними

##### Твердотільна модель осі для упорного ролика

Після ініціалізації кнопки «3D Модель» виконання твердотільного моделювання за даними введеними при задані даних для креслення.

За точками геометрії визначається контур і будується твердотільна модель шляхом обертання контура на кут  $360^{\circ}$  (рис.15.). Модель може бути побудована незалежно від креслення, оскільки має власний алгоритм розрахунку упорних точок.



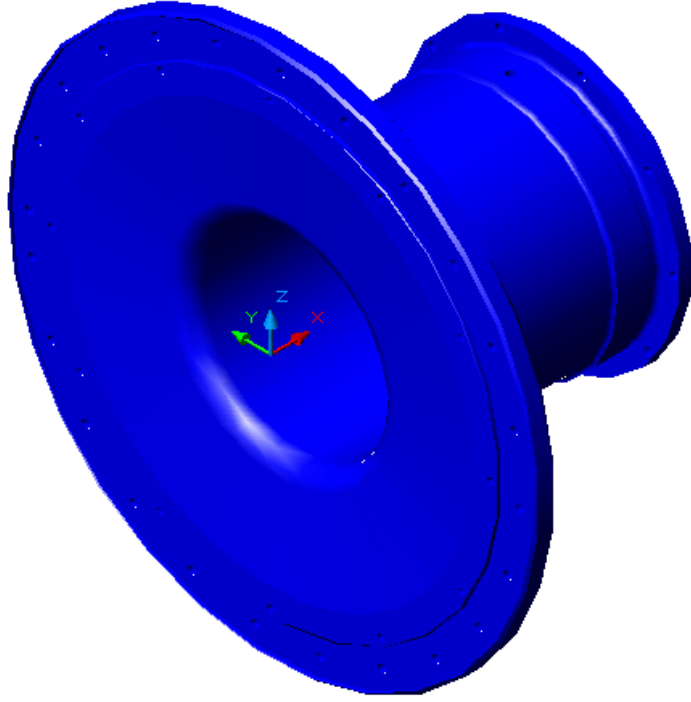


Рисунок 6.33 – Твердотіла модель

## **7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Охорона праці містить у собі питання безпеки праці, попередження травматизму і професійних захворювань; пожеж і вибухів на виробництві; питання правової охорони праці.

Згідно закону про охорону праці України на нові машини, механізми, обладнання необхідно розробити нешкідливі і безпечні умови їх експлуатації обслуговуючим персоналом, необхідно оформити сертифікат на безпечну експлуатацію, згідно з встановленими зразками.

Технічне завдання дипломного проектування передбачає розрахунок і проектування трубного млина. Установку параметрів технологічного процесу і контроль здійснює оператор. Пульти оператора знаходяться в виробничому приміщенні. Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві обумовлюють необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того щоб на стадії проектування намітити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу. При проектуванні нової техніки повинні цілком враховуватися вимоги діючого законодавства по охороні праці [15-16].

### **7.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів**

Автоматизована лінія призначена для подрібнення матеріалу. Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні машини являються:

- повітря робочої зони;
- ураження електричним струмом;
- рухомі та обертаючі частини обладнання;
- виробничий шум;
- вібрації;

- промислове освітлення;
- пожежонебезпека.

## 7.2 Повітря робочої зони

Робота оператора по обслуговуванню лінії відноситься до категорії легких фізичних робіт по ГОСТ 3.3.6.042-99.

Енерговитрати людини в цеху досягають 150 ккал/г (172 Дж/с ). Так як в процесі роботи вузли лінії піддаються інтенсивному охолодженню водою, то робочі поверхні нагріваються не вище 45°C. Оптимальні і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні зводимо в [таблицю 2](#)

Таблиця 2

Період року	Категорія роботи – легка					
	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Допустим.	Фактич.	Допустим.	Фактич.	Допуст.	Факт.
Холодний	19÷21	20÷23	60÷40	60÷50	0,2	0,2
Теплий	21÷23	22÷25	60÷40	60÷40	0,2	0,2

Фактичні параметри умов відповідають нормам і забезпечуються наступними заходами:

в холодну пору року підігрів приміщення батареями з теплоносіями води, яка нагріта до температури 50÷60°C;

в теплу пору року – вентиляцією через верхні отвори

Під час роботи млина відбувається виділення токсичних речовин - парів, пилу з відкритих ємностей шляхом виходу пилу через нещільність технологічного обладнання. Для видалення шкідливих компонентів встановлена місцева

вентиляція, в цеху встановлена також загально обмінна вентиляція. Тому фактична концентрація цементу ГДК – 2 – 3 мг/м<sup>3</sup>

Ефективна робота зонти можлива лише в тому випадку, якщо об'єм піднімаючої течії повітря менше об'єму відсмоктуючого повітря, при двократному повітрообміні.

### 7.3 Електробезпека

Виробниче приміщення, у якому встановлений пункт керування млином, відповідно до діючих правил (ПУЕ) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом.

Для живлення установки використовується трифазна напруга 220/380 В, з частотою 50 Гц і ізольованою нейтраллю.

Причини враження обслуговуючого персоналу можуть бути наступні:

- помилкове вмикання установки;
- пробій на корпус;
- дотик людей до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;
- старіння ізоляції і втрата її ізоляційних властивостей;
- дотик до частин установки, що можуть виявитися під напругою у випадку короткого замикання.

Трифазні ланцюги згідно “Правилам устрою електроустановок” (ПУЕ), при напрузі до 1000 В приймаються як трьохпровідні ланцюги з ізольованою нейтраллю.

Для трьохпровідної мережі з ізольованою нейтраллю при режимі роботи у випадку дотику до однієї фази струм через людину дорівнює:

$$I_4 = \frac{U_\phi}{R + \frac{r}{3}} \quad (1.88)$$

$$I_4 = \frac{220}{1200 + \frac{80000}{3}} = 0.0078 \text{ A}$$

де  $U = 220\text{В}$  – фазна напруга;

$R_{\text{ч}} = R_{\text{мч}} + R_{\text{о}} + R_{\text{н}} + R_{\text{кн}} = 800 + 250 + 100 + 50 = 1200 \text{ Ом}$  - опір людини;

$R$  – опір мережі.

Таким чином, небезпека враження для людини визначається опором ланцюга людини. Зі зменшенням цих опорів ця небезпека збільшується.

Як величину тривалої враження струмом при нормальних умовах застосовують силу струму  $I=0,01 \text{ А}$ . При тривалому влученні під напругу силу струму, що допускається, приймають рівній силі струму, не зухвалих порушень у режимі ритму роботи серця.

Припустиму величину напруги дотику визначають як:

$$U_g = I_4 \cdot R_4$$

$$U_g = 0.01 \cdot 1200 = 12 \text{ В}$$

Для короткочасного перебування під напругою

$$U = I_{\text{ч}} \cdot R_4$$

$$U = 0.065 \cdot 1200 = 78 \text{ В}$$

де  $I_{\text{ч}}=0,065 \text{ А}$  - сила струму, що допускається, при дії в плині 1 сек.

Безпека експлуатації устаткування забезпечується поруч організаційних і технічних мір захисту: застосуванням малих напруг, захисним поділом мереж, контролем і профілактикою ушкодження ізоляції, подвійною ізоляцією,

забезпеченням неприступності струмоведучих частин, захисним заземленням, захисним зануленням, захисним відключенням, застосуванням засобів індивідуального захисту й ін.

З метою запобігання травм рекомендується вживати наступних заходів обережності:

- рубильники включення установки повинні знаходитися в спеціальній шафі;
- силові кабелі помістити в спеціальні захисні металеві рукава;
- передбачити спеціальне захисне відключення установки у випадку влучення людини під напругу;
- на панелі управління передбачити спеціальні лампи включення установки;
- вузли установки, що можуть виявитися під напругою, постачити затисками для підключення заземлення.

Заземлення установки виконується відповідно до ГОСТ 12.1. 030-81.

Біля датчиків заземлення нанести незмивний фарбою знаки «Земля» за ГОСТ 12.1.030-81.

Електрична міцність ізоляції перевіряється на іспитовій напрузі 200 В с частотою 50 Гц у плинні 1 хвилини.

Опір ізоляції повинен бути не менш 0,5 мОм.

Електрична апаратура, встановлена усередині робітників приміщень, повинна мати ступінь захисту Ір-51 ГОСТ 14254-80.

Ізоляція провідників виміряється мегаамперметром П044ТУ25-0.4-1970-80.

#### **7.4 Розрахунок захисного заземлення**

Оскільки установка живиться напругою 380 В і існує можливість попадання обслуговуючого персоналу під напругу, тому необхідно заземлити установку (рис. 6.1). Допускається заземлення з опором  $R_d = 4 \text{ Ом}$ .

При улаштуванні штучних заземлень, їхній опір повинен задовольняти умові:

$$R_u < |R| \quad (1.89)$$

Як заземлення використовуємо сталеві стрижні  $d=0.014\text{м}$ .

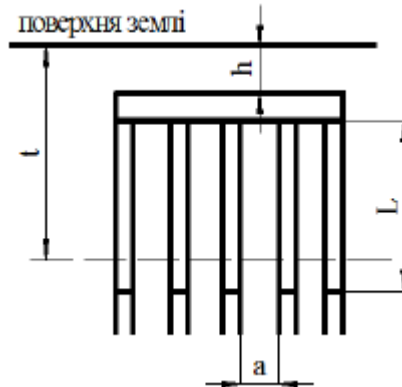


Рисунок 7.1 – Схема до розрахунку захисного заземлення

Опір розтікання струму з одного вертикального електрода:

$$R_1 = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right)$$

$$R_1 = \frac{30}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0.0142} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 25 + 3}{4 \cdot 25 - 3} \right) = 10.1 \text{ Ом} \quad (1.90)$$

де  $t$  – відстань від центра електрода до поверхні землі, м;

$l$  – довжина стрижня, м;

$R$  – питомий опір ґрунту.

Опір одного сталевого електрода більше припустимого, тому включаємо кілька рівнобіжних електродів.

Їхню кількість визначаємо:

$$n = \frac{R_1}{V \cdot R_u} = \frac{10}{0.7 \cdot 3.3} = 4.4 \quad (1.91)$$

де  $V$  – коефіцієнт взаємного екранування.

Приймаємо  $n = 5$ .

З'єднання вертикальних електродів будемо виконувати металевою смугою перетином  $4 \times 40$  мм.

Довжина смуги:

$$l_n = a \cdot (n - 1) = 1.5 \cdot (5 - 1) = 6 \text{ м} \quad (1.92)$$

де  $a = 1.5$  м - відстань між електродами опору, рівна відстані з'єднувальною смуги:

$$R_n = \frac{R_{\text{гр}}}{2 \cdot \pi \cdot l_n \cdot V} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{6 \cdot l_n} = \frac{30}{2 \cdot 3.14 \cdot 6 \cdot 0.7} \cdot \ln \frac{2 \cdot 3^2}{6 \cdot 0.7} = 1.65 \text{ Ом} \quad (1.93)$$

Еквівалентний опір заземлення:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_n}{R_1 + (R_n \cdot V \cdot n)} = \frac{10.1 \cdot 1.65}{10.1 + (1.65 \cdot 0.7 \cdot 5)} = 1.05 \text{ Ом} \quad (1.94)$$

Тому що еквівалентний опір заземлення  $R_g = 1,05$  Ом менше припустимого значення  $R_g = 4$  Ом, та умова виконується.

## 7.5 Безпека впливу частин, що рухаються і обертаються

Обертаючими механізмами в лінії являються муфти, барабан, шестерні, вали, деталі привода. Ці механізми є небезпечними, так як можливе нанесення механічних травм людині. Для застерігання травм використовують огороження (зварені з лозин у виді ґрат екран), обертові механізми двигунів і муфт встановлені в нерухомих кожухах. Для аварійної зупинки лінії передбаченні аварійні кнопки відключення. На електродвигунах встановленні аварійні вимикачі.



## 7.6 Шум

Джерелом шуму при роботі лінії є:

- електродвигун;
- редуктор;
- вентилятори і система охолодження;
- ротори.

В результаті замірів при експлуатації обладнання значення шуму 70 дБА, а нормативне значення по ДСН 3.36.037–99 складає 75 дБА. Це означає прийняття наступних обмежень захисту від виробничого шуму:

- змащування всіх поверхонь, що труться, також належність прокладочних матеріалів;
- застосування захисних кожухів,
- футеровки, що знижують рівень шуму на 6 – 8 дБ.

## 7.7 Вібрації

Джерелом вібрації являються: електродвигун і обертаючі частини лінії. Зусилля вібрації починається з неточності установки обертаючих частин, з нещільного з'єднання корпусів обертаючих частин до фундаменту.

У даному випадку спостерігається технологічна вібрація, яка переходить через опорні поверхні на оператора. Робітник слабо піддається вібрації, бо знаходиться далеко від основи машини – біля пульту управління. Таким чином спільна вібрація не діє на організм оператора. Рівень технологічної вібрації в виробничому приміщенні не перевищує 90 дБ при частоті 4 Гц, що відповідає ДСН 3.36.039–99.

Зниження вібрації досягається прийняттям наступних мір:

- шляхом установки лінії на фундамент; за рахунок використання амортизаторів;
- за рахунок додаткових ребер жорсткості;

покриття корпусів редукторів: жорстких, металічних, на основі алюмінію (тому що спостерігаються вібрації низьких частот).

Сумарний час роботи в контактi з вiбрацiєю не перевищує 2/3 робочої змiни. Тривалiсть неперервної дiї вiбрацiї не перевищує 15-20 хв. При такому режимi обiдня перерва не менше 40 хвилин.

### **7.8 Промислове освiтлення**

Важливу роль у справi створення безпечних умов працi грає освiтлення. Розрiзняють природне, штучне i сполучене освiтлення. Санiтарнi норми вимагають максимально можливого використання природного освiтлення примiщень, тому що останнє пiдвищує захиснi функцiї органiзму, стимулює i нормалiзує роботу рiзних його систем.

У денний час виробниче примiщення освiтлюється природним свiтлом. Для цього вибирається бiчне освiтлення, через свiтловi прорiзи в зовнiшнiх стiнах. Згiдно СНиП II-4-79, робота з обслуговування устаткування вiдноситься до VI роздiлу пiдроздiлу "а", тобто загальне спостереження за технологiчним процесом. При цьому робоче мiсце оператора повинне мати освiтленiсть робочої зони  $E_{нор}=150$  лк

### **7.9 Пожежна безпека**

У виробництвi може горiти: електроiзоляцiя, дерев'янi матерiали, горючi речовини. Категорiя пожежної небезпеки цеху - В (згiдно ОНТП 24-86), ступiнь вогнестiйкостi II (згiдно СНиП 2.01.02-85). Основними причинами виникнення пожеж при виробництвi є:

несправнiсть електроустаткування (коротке замикання, великi перехiднi опори, перевантаження);

розряд атмосферної i статичної електрики; самозаймання промасленого устаткування.

Заходи щодо пожежної безпеки пiдроздiляються на органiзацiйнi, технiчнi й експлуатацiйнi.

Органiзацiйнi заходи передбачають: правильну експлуатацiю устаткування, правильний змiст примiщення, протипожежний iнструктаж робiтників.

До технічних заходів відносять дотримання протипожежної безпеки, правил і норм при проектуванні будинку, при установці електроустаткування, опалення, освітлення і вентиляції.

Експлуатаційні заходи – це своєчасний огляд і ремонт технологічного устаткування.

Для гасіння пожежі застосовуються вуглекисневі вогнегасники ОУ-5 (4 шт).

Будинок обладнаний запасним виходом (0,8 м) згідно СНиП 2.09.02-85. Під час виникнення пожежі передбачена пожежна сигналізація – теплові оповіщуючі пристрої типу ДТП. Інформація від оповіщувачів надходить в приймальну станцію. При виникненні пожежі, люди повинні залишити приміщення. Відповідно до СНиП 2.09.02–85 в приміщенні знаходяться два еваковиходи. Сам цех – це приміщення, яке розташоване на першому поверсі. Ширина шляхів евакуації не менше одного метру, а дверей на шляху евакуації – не менше 0,8 м.

## 8 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

### 8.1 Опис ідеї проекту

Одним з перспективних напрямків розвитку стартап проекту в Україні є будівельна галузь. У світі постійно відбувається будівництво різноманітної інфраструктури а отже постійно буде потрібен матеріал для будівництва.

У нашого часа [17] цемент є основним з будівельних матеріалів який, при взаємодії з водою або іншою рідиною, утворює пластичну масу яка з часом твердіє. Найчастіше цемент використовують для виготовлення будівельних розчинів або бетону. Бетон є найбільш використовуваний будівельний матеріал в світі. В даний час, в рік приблизно 13 мільярдів кубічних метрів бетону виготовляється з 4 мільярдів тон цементу, виготовленого по всьому світу.

Стартап проект полягає у використанні барабанних млинів не тільки для подрібнення а і якісного перемішування матеріалів для різноманітних галузей України.

Основною перевагою використання барабанних млинів є: простота використання та ремонту; у випадку необхідності легко і швидко піддається модернізації, значна продуктивність.

Опис ідеї стартап-проекту наведено в таблиці 3.

Основною аудиторією на яка розрахований даний стартап це пересічний покупець а потім уже підприємства та різноманітні галузей виробництва.

Таблиця 3 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виготовлення сухих якісно перемішаних сумішей цементу різних марок з додаванням піску, щебню, та інших компонентів.	Використання в різноманітних будівництвах де використовується цемент.	Відпадає необхідність в покупці всіх необхідних компонентів для виготовлення бетону.
		Відпадає необхідність в дозуванні окремих компонентів.
		Простота у використанні
		Менша ціна

## 8.2 Загальна інформація про компанію

### Етапи розвитку виробництва

- I. Створення та будівництво підприємства;
- II. Запуск заводу та виробництва;
- III. Пошук постійних покупців;
- IV. Реклама в різних її проявах;
- V. Експорт продукції.

### Асортимент товарів які представляє завод

- 3 Виготовлення якісно перемішаних сумішей у різноманітній тарі та вазі;
- 3 Виготовлення апаратів для якісного перемішування сировини;
- 3 Експорт виготовленої продукції;
- 3 Ремонт апаратів для змішування.

## 8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Товар, якому присвячено аналіз маркетингового середовища можна описати як:

–Розглядаються три рівні товару, його особливості. Товар за задумом: варіативність конструкцій та матеріалів. Товар у реальному виконанні: задалегідь виготовлена продукція. Товар з підсиленням: фото продукції з розміщенням її на біг-бордах та рекламою його в мережі Інтернет.

–Ринкова історія товару: з популяризацією і розвитком нових технологій і дизайнерських ідей. Велику популярність почали набирати товари, які більш відрізняються один від одного.

–Визначення етапу життєвого циклу товару:

**Узагальнено розглядається динаміка розвитку галузі:**

–Основні оператори ринку: 1) LafargeHolcim; 2) CNBM; 3) Anhui Conch ; 4) HeidelbergCement

–Економічні та соціальні тенденції ринку: Ринок можна описати як стабільний та такий, що потребує вливання нових сил та ідей.

–Характеристики ринку: ринок даної продукції в Україні є великим та має тенденцію до подальшого збільшення, а більшість його споживачів розміщені в великих містах України або за кордоном.

–Конкуренція на цьому ринку велика, але використання нових ідей суттєво її зменшує.

### **Організаційно-правова інформація:**

- форма власності – приватна;
- організаційно-правова форма – товариство з обмеженою відповідальністю;
- керівництво – демократичний.

### **Ресурси:**

Ресурси які необхідні:

- фінансові – вкладення інвесторів, державний кредит.
- виробничі та складські потужності – придбання лінії виробництва.
- технології – удосконалення існуючих.
- інформаційні – використання послуг рекламних агентств.
- трудові – постійні професійні працівники (80%) та наймані (20%).

- інтелектуальні – людські ресурси.
- правові – всі продукти і розробки охороняються законами про авторське право

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія</i>	<i>Відмінності поведінці потенційних цільових клієнтів у різних групах</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
Безпека	Будівельні промисловості, цементна галузь, будівництво доріг	Ціна Якість Різноманіття в виборі продукції	До продукції: Співвідношення ціна/якість До компанії Швидкість, якість виробництва та доставки

Визначаємо основні фактори можливостей та загроз:

- внутрішнього маркетингового середовища підприємства
- фактор політико-правового середовища
- фактор економічного середовища
- фактор науково-технічного середовища
- фактор природного середовища
- вплив споживачів
- вплив постачальників
- вплив конкурентів

#### **8.4 Аналіз факторів макромаркетингового середовища**

Фактори внутрішнього маркетингового середовища підприємства занесено в таблицю 5.

Таблиця 5

Внутрішні фактори	Вплив фактору		Симптоми проблеми/ можливості
	Можливості	Загрози	
Цільовий ринок	Високі ціни на кінцевий продукт	Потребує великих вкладів для входу на ринок	Збільшення кількості клієнтів за рахунок зменшення цін конкурентами.
Територіальне базування компанії		Потребує велике приміщення	Відсутня можливість перенести офіс компанії будь-коли і будь-куди
Професійно-кваліфікаційний склад працівників	Не має потреби в великій кількості висококваліфікованих працівників	Висококваліфіковані кадри потрібні і мають бути добре забезпечені	За рахунок загальної економії на кваліфікації більшості співпрацівників забезпечити високі з/п кваліфікованим кадрам
Характер Устаткування	Виробництво більш якісно	Вихід із ладу агрегат	Великі затрати. початкові

Фактори політико-правового середовища занесено в таблицю 6.



Таблиця 6

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Антимонопольні закони	Неможливість захоплення всього ринку однією компанією	Неможливість захоплення моєю компанією цілого ринку	Нааявне місце на ринку для розвитку нових представників, можливість зміни роботи ринку за рахунок нових технологій.
Міжнародні відносини з іншими країнами	Україна перебуває в гарних відносинах з більшістю країн	Ринки деяких країн закриті для збуту	Переміщення офісу в інші країни, зацікавленість інвесторів з інших країн.
Допомога держави	Нові споживачі	-	Збільшення кількості кінцевих споживачів продукції
Закон України про рекламу	Дозволяє використовувати рекламу для додаткового доходу	-	Шляхом рішення може бути пошук недосконалостей і подальше їх використання.
Податки на капітал з закордону	-	Може відштовхнути інвесторів з інших країн	Рішенням може бути перекладання частини податків на себе.
Податкова система	Покращення матеріального стану країни	Грошові втрати	Пошук альтернативних доходів. Можливе перенесення в іншу країну.

Фактори економічного середовища занесено в таблицю 7.

Таблиця 7

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Висока середня ціна, встановлена на ринку	Збільшує прибуток для компанії та дає змогу оперувати цінами.	Низька ціна може відштовхнути клієнта.	Можливість збільшувати ціну без значного збитку з боку клієнтів. Гарна реклама для приваolenня клієнтів.
Платоспроможна Цільова аудиторія	Велика кількість можливого від прибутку замовників	Фінансова неспроможність населення	Замовник готовий платити великі суми.
Висока конкуренція	Після зайняття свого місця в індустрії, впевненість в своїх силах.	Велика кількість конкурентів	Потрібно сконцентруватися на рекламі. Залежність від великих компаній
Високий вхідний капітал	Отримання держ. кредиту	Необхідність в великій кількості інвесторів	високий вхідний капітал
Термін окуплення	-	-	В залежності від кількості замовлень

Фактори науково-технічного середовища занесено в таблицю 8.

Таблиця 7

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Використання революційних ідей.	Новітні технології, менш затратні та більш продуктивні.	Постійне оновлення та покращення технологічного комплексу	Використання заощаджених коштів для оновлення.
Дорога автоматизація агрегату	Вища якість продукції	Висока ціна для купівлі готової системи	Аналіз ринку розробка нових конструкцій.
Постійний розвиток технологій	Покращення Роботи з її оновленням	Додаткові витрати для оновлення технологій	Може покращити якість

Фактори природного середовища занесено в таблицю 9.

Таблиця 8

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Природні катаклізми	Залежить від природних проблем	Вихід із ладу електромережі	Необхідність встановлення додаткових генераторів
Зміна клімату	-	Затрати на комунальні послуги.	Покращення технологій виготовлення виробів
Забруднення навколишнього середовища	Попит на матеріал відповідного характеру	Встановлення додаткових очисних фільтрів	Інвестування в розвиток «чистих» технологій.

## 8.5 Аналіз факторів мікроркетингового середовища

Фактори впливу споживачів занесено в таблицю 10.

Таблиця 9

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Зацікавленість споживачів в продукті.	Збільшення доходу	Велика кількість конкурентів	Зацікавленість як замовників так і споживачів кінцевого продукту веде до збільшення діапазону цін. Покращення реклами.
Великий попит на товар	Завжди замовники	Конкуренція	
Безпосередній контакт з споживачем	Корегування якості продукту	Відмова від виробу	Пряме покращення продукції з огляду на споживача.

Фактори впливу постачальників занесено в таблицю 11

Таблиця 10

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Постачальник матеріалу	Збільшення випуску готової продукції	Втрати по виготовленню продукції	Заручитися підтримкою декількох постачальників
Електроцентрально	Альтернативні джерела енергії	Відмова роботи всієї мережі	Зменшення загальної кількості використаної енергії.

Фактори впливу конкурентів занесено в таблицю 12.

Таблиця 11

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Велика конкуренція на ринку	Підвищення ціни на продукт	Витіснення з ринку. Втрата клієнтів.	Покращення продукту, збільшення частки реклами.
Висока якість	Перевага для замовника, порівняно з іншими конкурентами	-	Зменшення ціни за рахунок використання нових технологій.
Більший час на ринку	Аналіз ринку для уникнення помилок конкурентів	Повільний розвиток	Закріплення на ринку у ролі лідерів

### Особливості конкурентного середовища:

- Тип конкуренції – олігополія
- За рівнем конкурентної боротьби – національна
- За галузевою ознакою – внутрішньогалузева
- Конкуренція за видами товарів – товарно-родова
- товарно-видова
- За характером конкурентних переваг – нецінова
- За інтенсивністю – не марочна

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером наведено в таблиці 13.

Таблиця 13

Складові і аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари заміників
	LafargeHolcim CNBM Anhu Conch HeidelbergCement	Заводи виробництва цементу бетону	Компанії з видобування кlinkеру, гіпсу, вапняка, глини доменного шлаку, нефелінового шламу, мергелю.	Будівельні Промисловість, цементна галузь будівництво доріг	Паркет, ламінат, в деяких випадках не можливо замінити

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності наведені в таблиці 14

Таблиця 14

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Ціна	За рахунок прибутку можливість варіювати ціну
2	Якість кінцевого продукту	Якість продукту збільшується за рахунок впровадження нової технології
3	Якість компонентів	Більшість компаній економлять на цьому аспекті
4	Швидкість виробництва	Майже не відрізняється
5	Реклама	Для швидкого виходу на ринок важлива

Висновок: так як в даній галузі уже присутні компанії які мають великий вплив на ринок, вихід на даний ринок буде важким але реальним, оскільки жодна з компаній не використовує подібної технології виробництва до запропонованої а отже не може виготовляти настільки якісну продукцію. Клієнтська база є дуже великою так як в деяких випадках дана продукція просто не замінна.

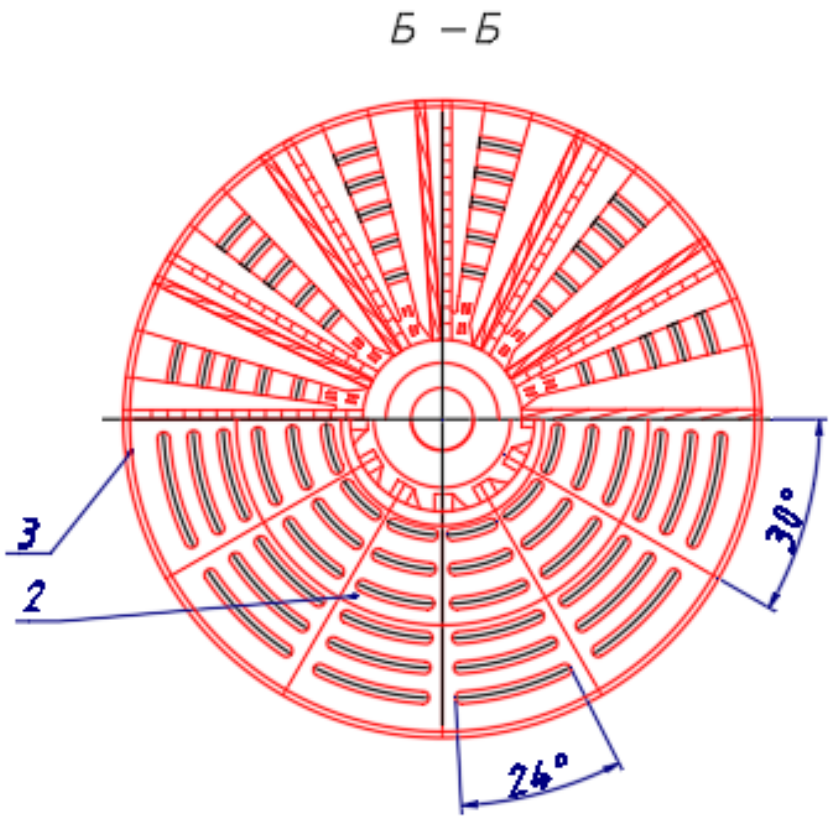
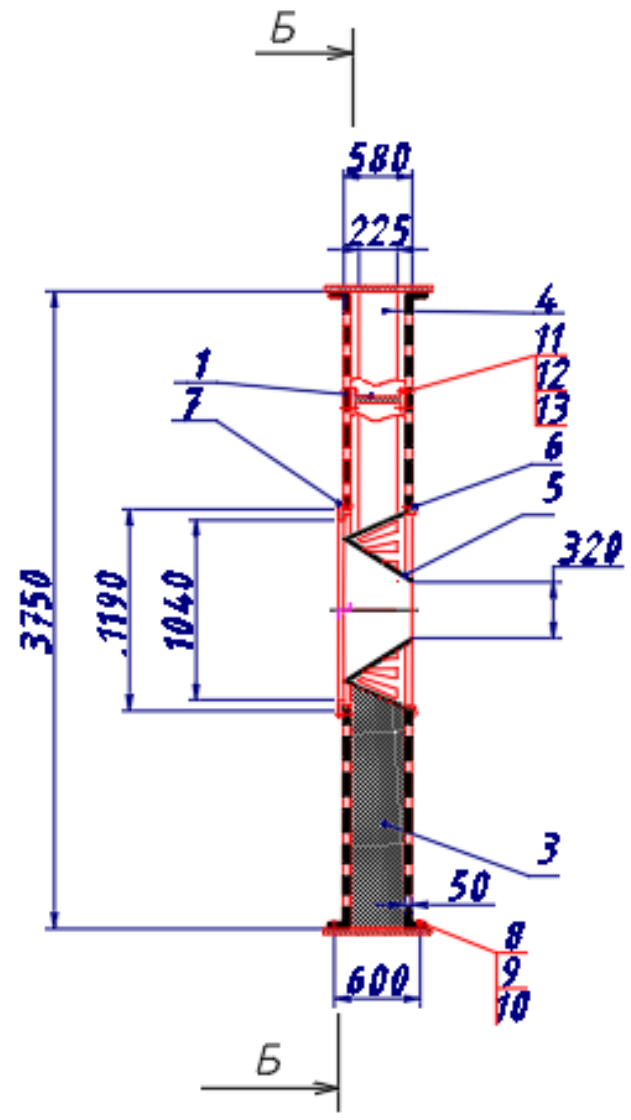
## 9 МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТРУБНОГО МЛИНА

В даному розділі розроблено ряд рекомендації по монтажу і експлуатації трубно млина; 1) розроблено схему збирання модернізованої міжкамерної перегородки та операційні карти для її збирання; 2) виконано план-схема розміщення фундаментних болтів для монтажу трубно млина на об'єкті використання; 3) розроблено рекомендації щодо змащення вузлів трубно млина. Всі вище названі етапи приведені нижче

Змін.	Арк..	№ док.ум.	Підпис	Дата

Міжкамерна перегородка

Арк..





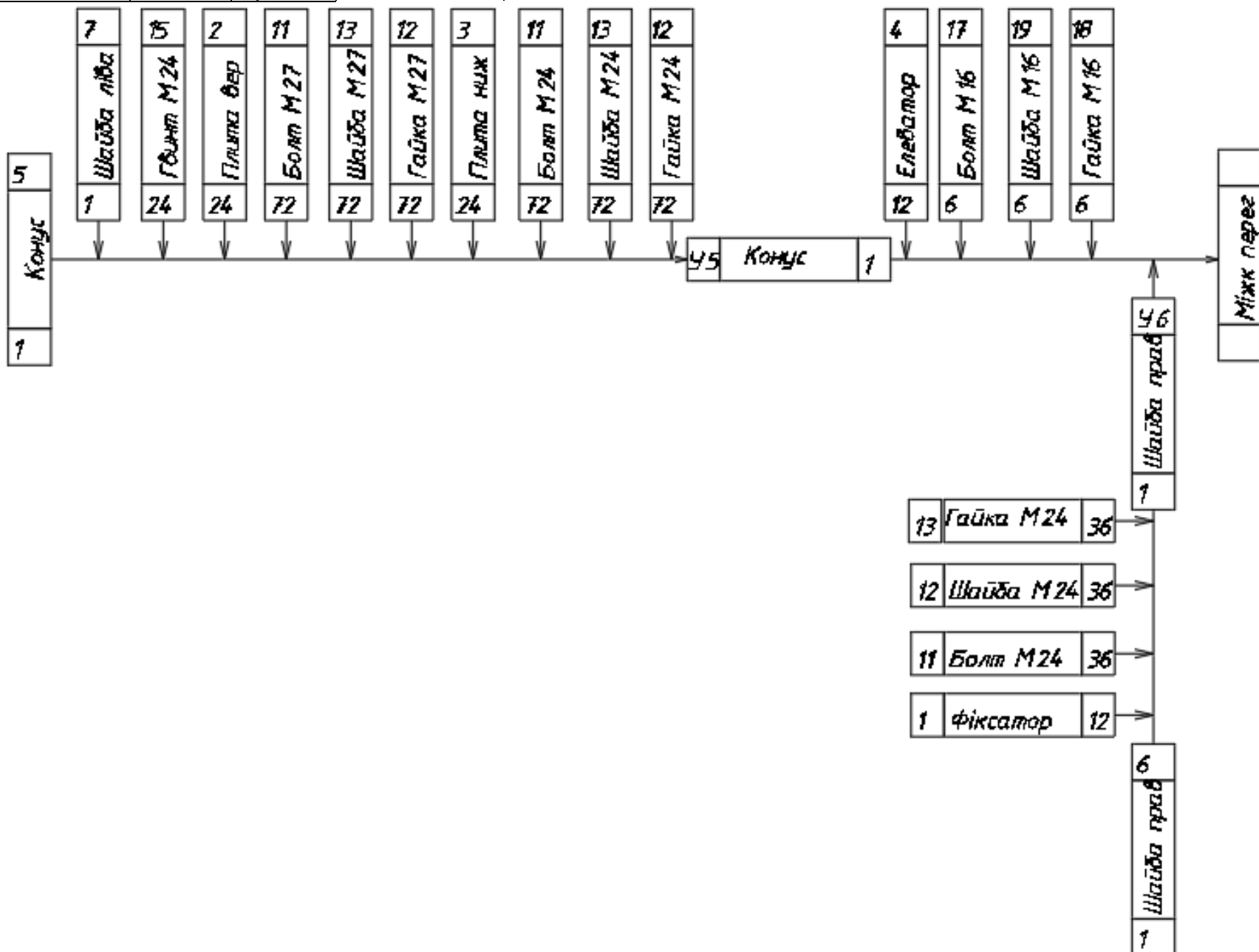
Формат	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примечание			
			<u>Документація</u>					
			Складальне креслення	1				
			<u>Деталі</u>					
	1		Фіксатор	12				
	2		Плита верхня	24				
	3		Плита нижня	24				
	4		Елеватор	12				
	5		Конус	1				
	6		Шайба права	1				
	7		Шайба ліва	1				
			<u>Стандартні вироби</u>					
	8		Болт М48					
			ГОСТ 5915-70	48				
	9		Гайка М48					
			ГОСТ 5915-70	48				
	10		Шайба 48.01.05					
			ГОСТ 6958-68	48				
	11		Болт М24					
			ГОСТ 7805-70	108				
	12		Гайка М24					
			ГОСТ 5915-70	108				
	13		Шайба 24.01.05					
			ГОСТ 6958-68	108				
	14		Болт М36					
			ГОСТ 7805-70	48				
	15		Гвинт 2М16 х 1,25					
			ГОСТ 1491-72	24				
м.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				
Розроб		Мироненко			Міжкамерна перегородка			
Перев.		Борщик				Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник		Шаповал					1	2
Н.контр.								
Затвердив		Гондляр						



Эмб.	Инв. № подл.	Подпись и дата	взам. и нв №	Инв. № дубл.	Подпись и дата
------	--------------	----------------	--------------	--------------	----------------

Арк.	№ докум.	Подпис	Дата
------	----------	--------	------

## Схема збирання вузла



Арк.



Инв.№ подл.	Подпись и дата	взам.ин в №	Инв.№ дубл.	Подпись и дата												
Номер переход	Зміст переходу								Технологический режим	Приспособление (код, наименование)		Инструмент (код, наименование)		То,х в		
									М24 54, гайка 13 М24 14							
4.	У конус У5 встановити елеватор 4, стопорити болтами								елеватор 4 10, болт 10Гх060 20, шплінт16 3Гх10				30			
5.	На шайбу праву 7 встановити сектор 1, встановити на болти 11 шайби 12 і загвинтити гайками 13.								Шайба права 7 1 сектор 1 27		Ключ гайковий S=24		37			
6.	Конус у зборі У5 з'єднати з шайбою правою у зборі У6, встановити на болти 8 шайби 9 і загвинтити гайками 10.								Болт 8 М48 27, шайба 9 М48 27, гайка 10 М48 27		Ключ гайковий S=48		45			
Лист																
2																
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Лист. примеч.

Справ. №

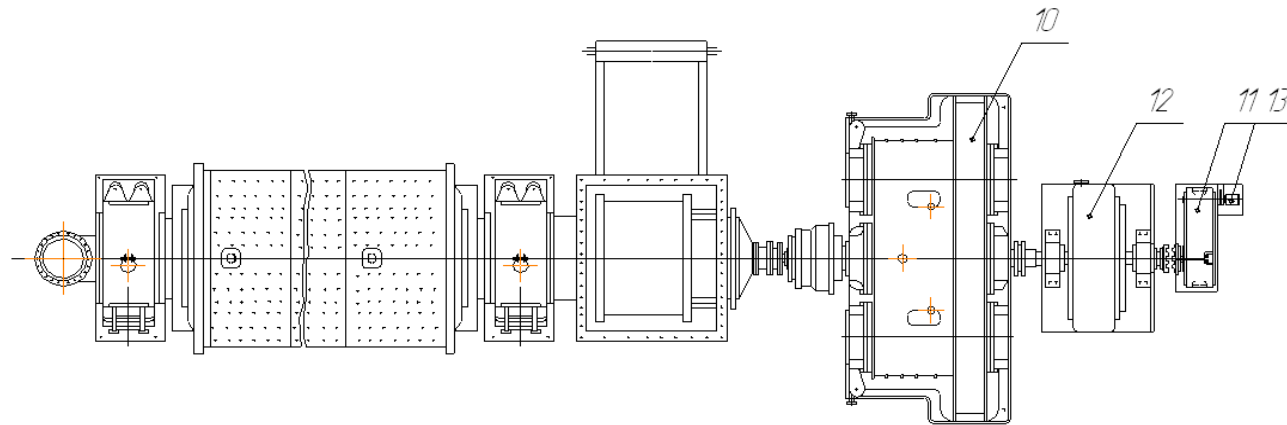
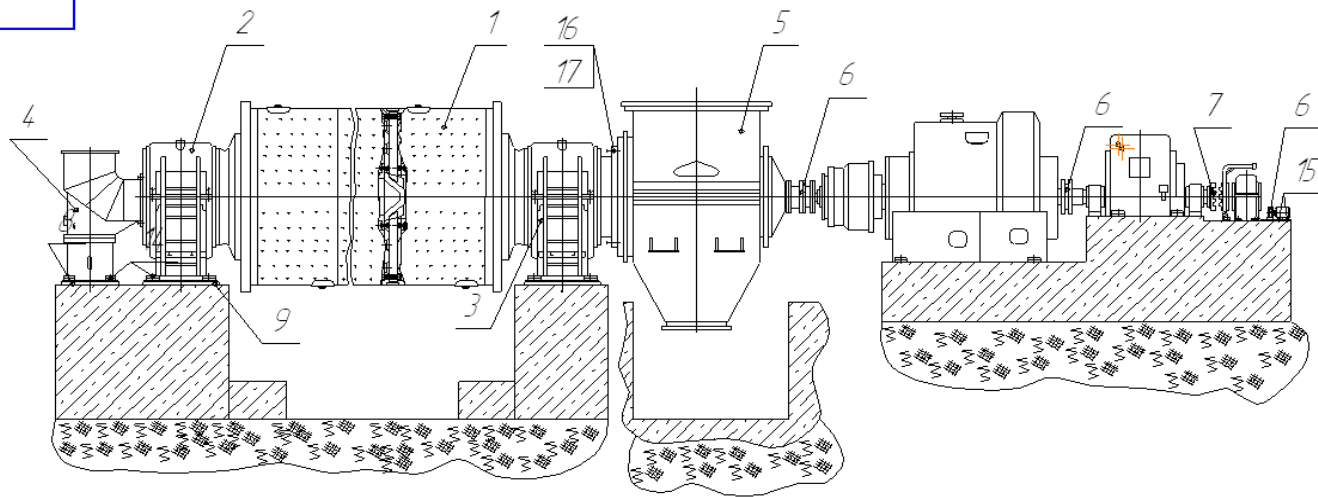
Лист и дата

Инд. № докум.

Взам. инв. №

Лист и дата

Инд. № лист.



Изм.	Лист	№ докум.	Лист	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
							1:1
Разраб.					Лит.	Листов	1
Пров.							
Т.контр.							
И.контр.							
Утв.							

Загальний вигляд

Копіював

Формат А3

Форма	Вид	Позиція	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Барaban у зборі з лівим і правим днищем	1	
		2		Верхній полупідшипник	2	
		3		Нижній полупідшипник	2	
		4		Завантажувальний	1	
		5		Розвантажувальний	1	
		6		Шліцьова муфта	3	
		7		Зубчата муфта	1	
		8		Підставка допоміжна	1	
		9		Підставка основна	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		10		Основний редуктор	1	
		11		Допоміжний редуктор	1	
		12		Приводний електродвигун	1	
		13		Допоміжний електродвигун	1	
		14		Болт М36		
				ГОСТ 9150-59	20	

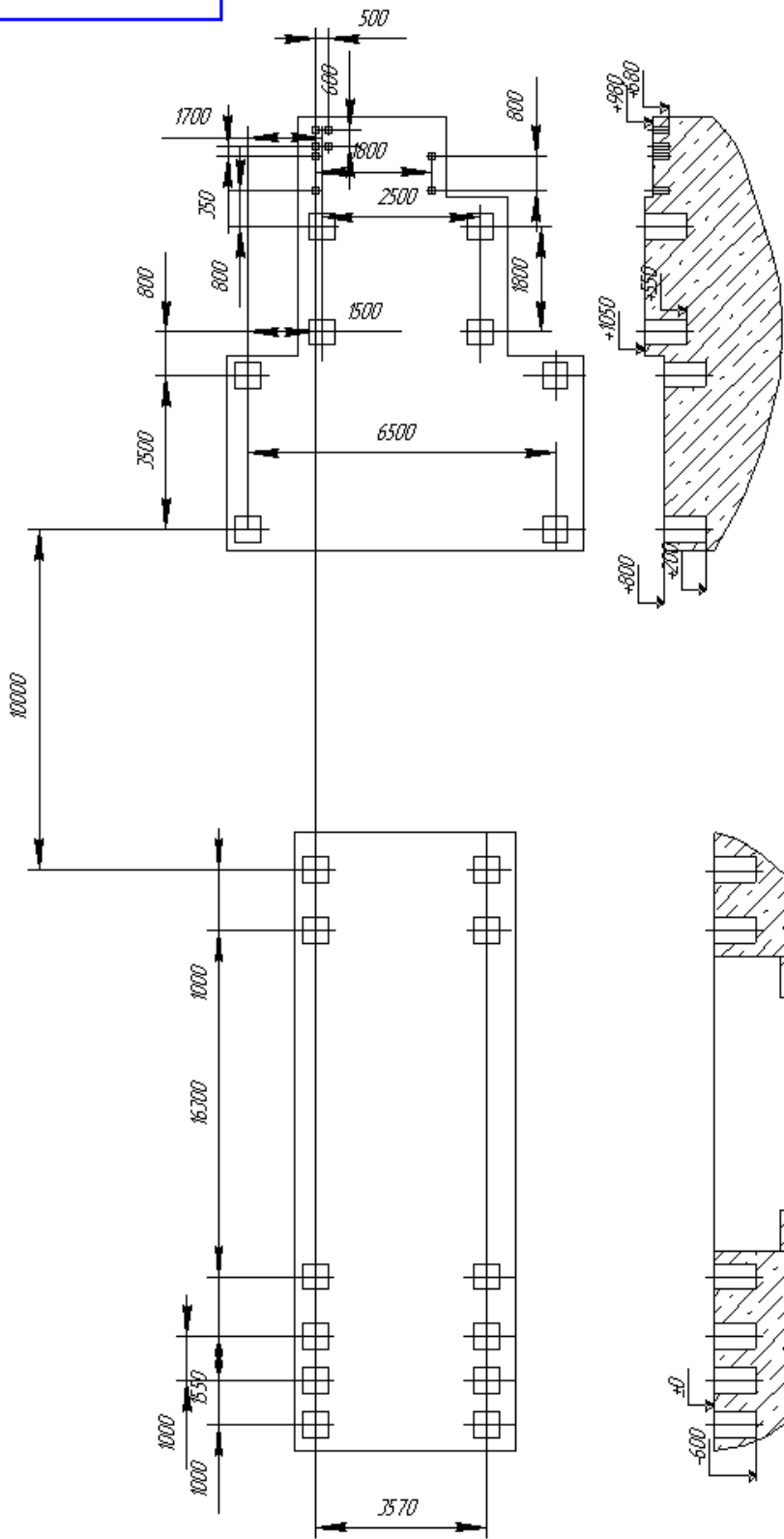
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Аркуш	Аркушів
Розроб.							
Перев.						1	2
Керівник							
Н.конт							
Затв.							





Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

## План розміщення фундаментних болтів



Взам. лист	№ докум.	Подп.	Дата
------------	----------	-------	------

Лист

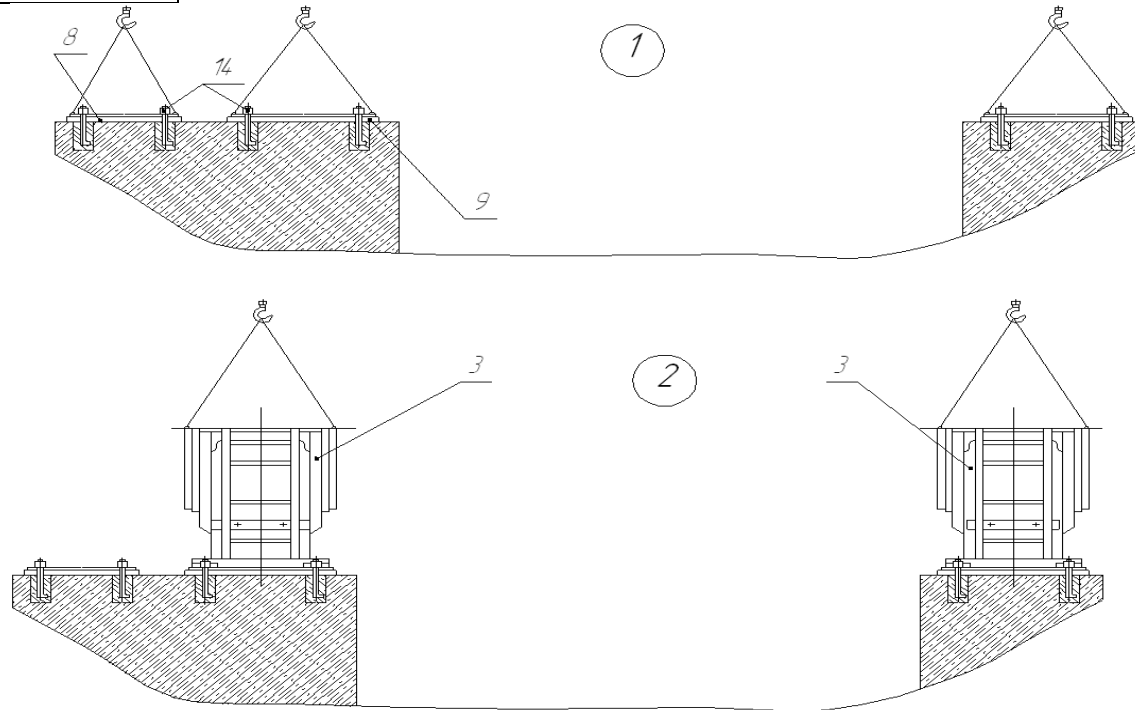
Копіював

Формат А4

<i>Інв. № дубл</i>	<i>Підпис і дата</i>	<i>Втч. Інв. №</i>	<i>Інв № дубл</i>	<i>Підпис і дата</i>	

*Карта ескізів*

<i>Номер операції</i>
1,2



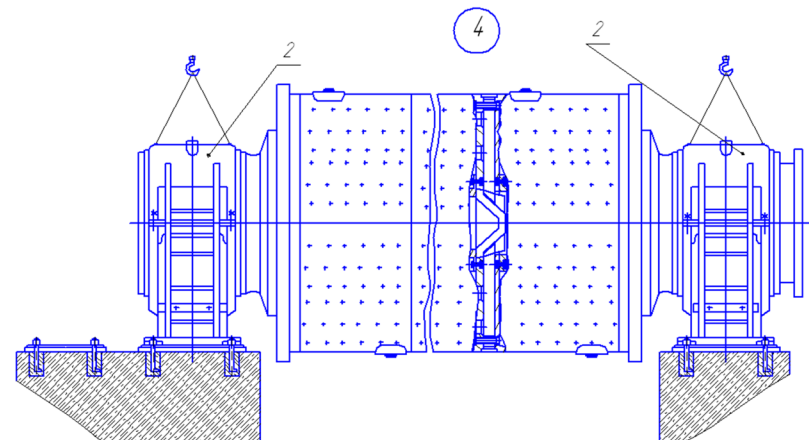
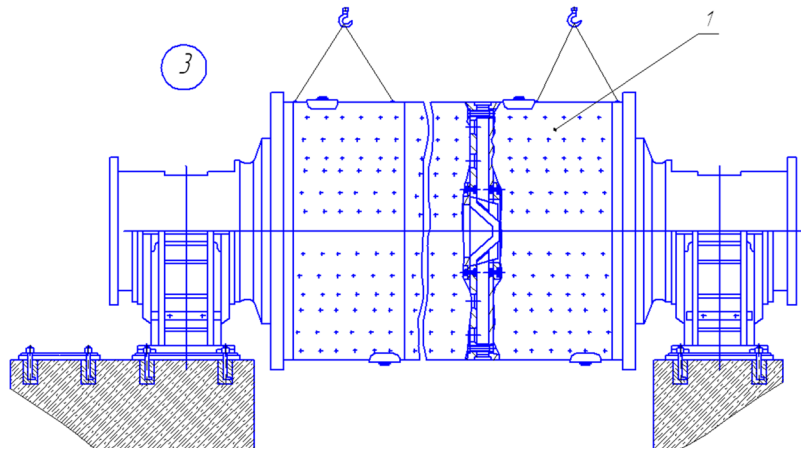
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>З м</i>	<i>Арк</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Н.Конт р</i>					

<i>Інв. № дубл</i>	<i>Підпис і дата</i>	<i>Втч. Інв. №</i>	<i>Інв № дубл</i>	<i>Підпис і дата</i>	

*Карта ескізів*

*Номер операції*

*3,4*



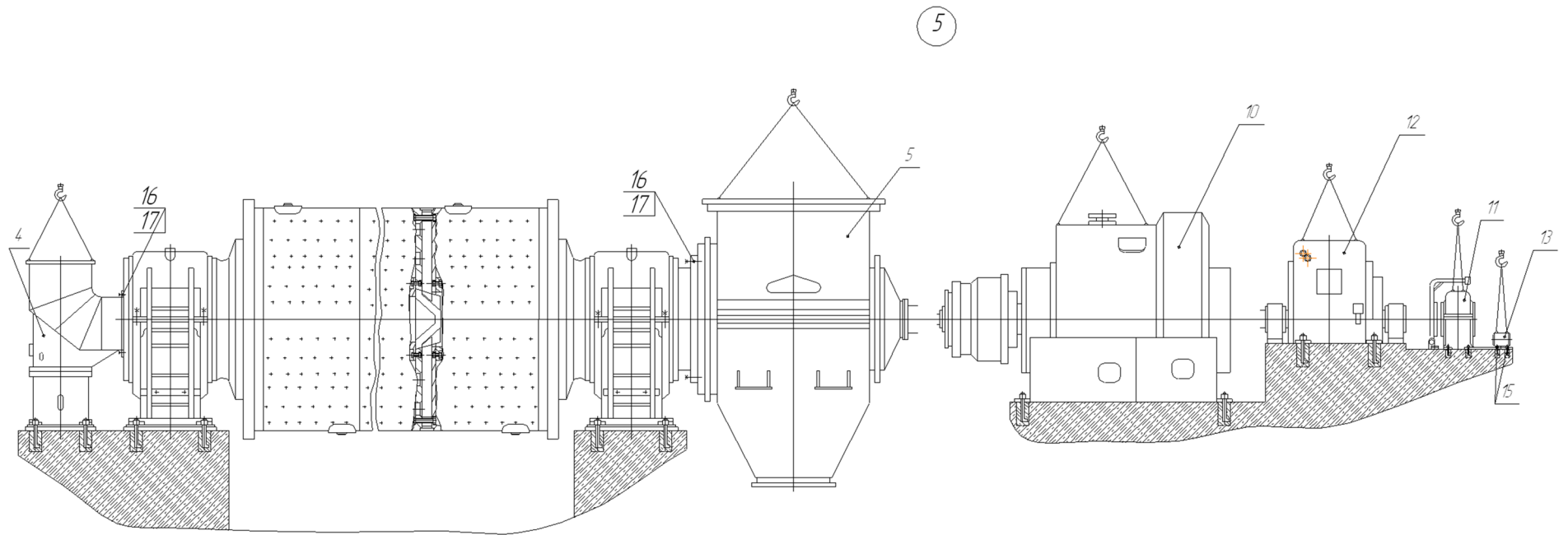
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпи</i>	<i>Дата</i>	<i>З</i>	<i>Арк</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Н.Конт</i>				
.			<i>с</i>		<i>м</i>					<i>р</i>				

<i>Інв. № дубл</i>	<i>Підпис і дата</i>	<i>Втч. Інв. №</i>	<i>Інв № дубл</i>	<i>Підпис і дата</i>	

*Карта ескізів*

*Номер операції*

5



<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Н.Контр</i>				

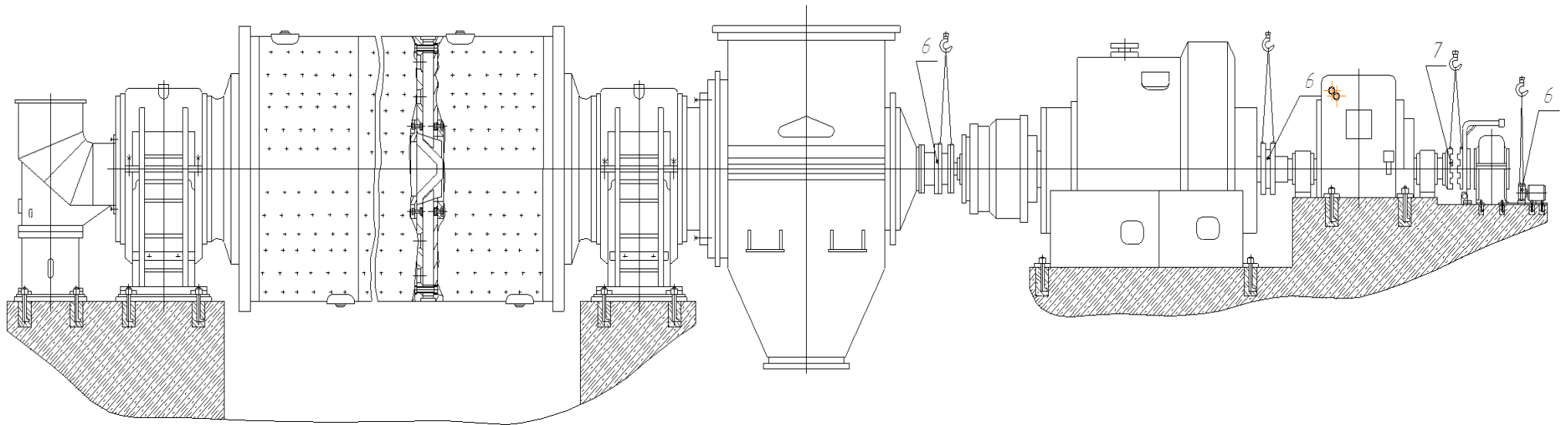
<i>Инв. № дубл</i>	<i>Підпис і дата</i>	<i>Втч. Инв. №</i>	<i>Инв № дубл</i>	<i>Підпис і дата</i>	

*Карта ескізів*

*Номер операції*

6

6



<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Н.Контр</i>				

Инв.№дубл.		Підпис і дата		взам.інв №		Инв.№ дубл.		10 Підпис і дата										
найменування операції				Обладнання (найменування, модель)														
Монтаж трубного млина				кількість														
Номер цеха	Номер уч-ка	Номер доуол-ката	Номер операції	Зміст переходу				Технологічний режим.	Кіль-ть	Пристосування (код, найменування)	Інструмент (код, найменування)	То, хв						
				1 Застропити, підняти підставку основну 9. Наживити фундаментні болти 14 на підставку основну 9 і опустити підставку основну з болтами за місцем 1.				Підставка 9	2	Кран підйомний		12						
								Фундаментний		Q=5т	Гайковий ключ							
								Болт 14	4		S=36							
				2 Застропити, підняти підставку допоміжну 8. Наживити фундаментні болти 14 на підставку допоміжну 8 і опустити підставку допоміжну з болтами за місцем 2.				Підставка 8	1	Кран підйомний		12						
								Фундаментний		Q=5т	Гайковий ключ							
								Болт 14	4		S=36							
				3 Застропити і підняти нижній полупідшипник 3 і наживити Фундаментні болти 14, опустити нижній полу підшипник з болтами за місцем				полупідшипник 3	2	Кран підйомний		20						
										Q=5т								
										Раз роб.		Арк..						
												Арку						
				Зм.	Арк..	№ докум	Підпис	Дата	Зм.	Арк..	№ докум	Підпис	Дата	Н. контр.				

Инв.№подл	Підпис і дата	взам.інв №	Инв.№ дубл.	11 Підпис і дата												
Номер переходу	Зміст переходу									Технологічний режим	Кіль-ть	Пристосування (код, найменування)	Інструмент (код, найменування)	То, хв		
	4	Застропити, підняти і встановити на нижній полупідшипник 3 барабан 1 у зборі з лівим і правим днищем.									Барабан 1	1	Кран підйомний		30	
												Q=5т				
5	Застропити, підняти і встановити верхні полупідшипники 2.									Полупідшипник2	2	Кран підйомний		25		
	закріпити половини підшипника, встановити болти 16									Болт 16	4	Q=5т	Гайковий ключ			
	загвинтити гайками 17									Гайка 17	4		S=20			
6	Застропити, підняти завантажувальний пристрій 4 і									Завантажувальний		Кран підйомний		25		
	Наживити фундаментні болти 14, опустити завантажувальний пристрій									Пристрій 4	1	Q=5т				
	Пристрій з болтами за місцем. Приєднати завантажувальний									Болт 16	4		Гайковий ключ			
	Пристрій, вставити болти 16 і загвинтити гайками 17									Гайка 17	4		S=20			
7	Застропити, підняти і встановити розвантажувальний									Розвантажувальний		Кран підйомний		25		
	пристрій 5. Встановити болти 16 і загвинтити гайки 17.									Пристрій 5	1	Q=5т				
										Болт 16	4		Гайковий ключ			
										Гайка 17	4		S=20			
														Арк..		
	Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Зм.	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	

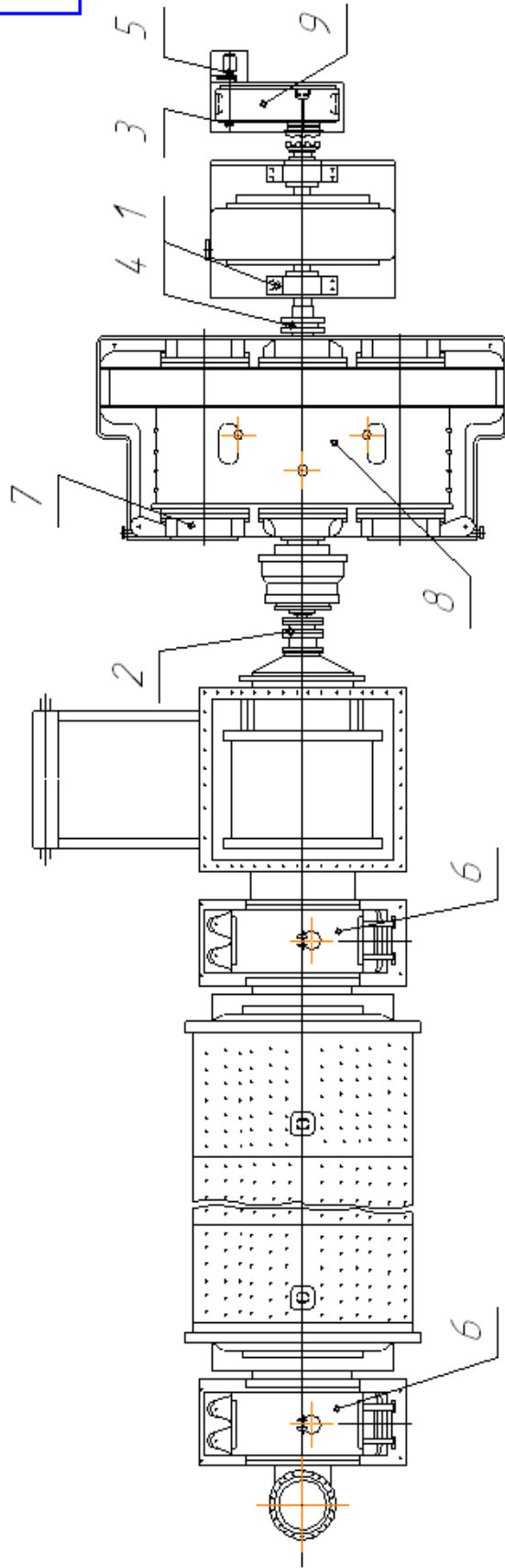
Інв.№подл	Підпис і дата	взам.інв №	Інв.№ дубл.	12 Підпис і дата												
Номер переходу	Зміст переходу								Технологічний режим	Кіль-ть	Прийомлення (код, найменування)		Інструмент (код, найменування)		То, хв	
	8	Застропити, підняти і встановити основний редуктор 10.									Осн. Редуктор 10	1	Кран підйомний		Гайковий ключ	
	Прикріпити його до фундаменту болтами 14.								Фунд. Болт 14	4	Q=5т		S=36			
9	Застропити, підняти і встановити приводний електродвигун								Привод. Двигун 12	1	Кран підйомний		Гайковий ключ		20	
	12, прикріпити його до фундаменту болтами 14.								Фунд. Болт 14	4	Q=5т		S=36			
10	Застропити, підняти і встановити допоміжний редуктор 11.								Допом. Редуктор 11	1	Кран підйомний		Гайковий ключ		15	
	Прикріпити його до фундаменту болтами 15.								Фунд. Болт 15	4	Q=5т		S=16			
11	Застропити, підняти і встановити допоміжний електродвигун								Допом.Двигун 13	1	Кран підйомний		Гайковий ключ		12	
	13, прикріпити його до фундаменту болтами 15.								Фунд.Болт 15	4	Q=5т		S=16			
12	З'єднати вхідний вал розвантажувального пристрою 4 з								Шліцева		Кран підйомний				30	
	Вихідним кінцем основного редуктора 10 шліцьовою муфтою 6.								Муфта 6	1	Q=5т					
13	З'єднати вхідний вал основного редуктора 10 з вихідним								Шліцева		Кран підйомний				30	
	валом приводного електродвигуна 12 шліцьовою муфтою 6.								Муфта 6	1	Q=5т					
Арк..																
	Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Зм.	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	



Инв.№под л.	13 Підпис і дата	взам.інв №	Инв.№ дубл.	14 Підпис і дата												
Номер переходу	Зміст переходу									Технологічний режим	Кіль-ть	Прийомування (код, найменування)	Інструмент (код, найменування)	То, хв		
14	З'єднати вхідний вал приводного електродвигуна 12 з									Зубчата		Кран підйомний		30		
	Вихідним валом допоміжного редуктора 11 зубчатою муфтою 7									Муфта 7	1	Q=5т				
15	З'єднати вхідний вал допоміжного редуктора 11 з вихідним									Шліцева		Кран підйомний		30		
	Валом допоміжного електродвигуна 13 шліцьовою муфтою 6.									Муфта 6	1	Q=5т				
16	Забезпечити фундаментні колодці і відстань між															
	Фундаментом. Затягнути фундаментні болти після															
	Затвердіння бетону.															
17	Завантажити мелючі тіла по камерах, в барабан 1 у зборі															
	З лівим і правим днищем.															
18	Закрити люки на камерах в барабані 1 у зборі з лівим і													20		
	Правим днищем.															
														Арк..		
	Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Зм.	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дудл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



Копировал

Формат А4

Лист

Таблиця змащування.

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

## ВИСНОВОК

Під час виконання магістерської дисертації на тему: «Млин трубний з модернізацією класифікуючої перегородки» виконано наступне.

Для загального розуміння машини та принципу її роботи, першим кроком було вибрано технологічну схему, з виробництва керамічних плиток, у якій застосовується трубний млин. Ознайомилися та вивчили принцип роботи трубного млина. Також ознайомилися з конструкцією трубного млина. Проаналізувавши технічні параметри і характеристики трубного млина визначено його технічні переваги й недоліки.

Розглянули шляхи вдосконалення класифікуючої перегородки трубного млина. В роботі описано вісім варіантів вдосконалення процесу класифікації матеріалу але серед розглянутих модернізацій, була обрана модернізація на основі патенту [9] для удосконалення класифікуючої перегородки трубного млина згідно якої знизяться питомі витрати електроенергії та покращиться процес класифікації матеріалу.

В інженерно-технічних розрахунках параметрів і характеристик трубного млина визначено основні параметри і розміри робочих органів і вузлів.

Виконано параметричний розрахунок, кінематичний розрахунок з встановлення потрібної потужності приводу а саме 4000кВт для забезпечення нормальної роботи трубного млина з подальшим підбором муфти та редуктора.

Проведено розрахунки на міцність корпусу млина, підшипників і його змащення а також болтових кріплень торцевої кришки. Всі інші розміри робочих органів машини будуть визначені конструктивно або прийняті такими як у базової машини.

Розроблено програму на функціональній мові програмування AUTOLISP для автоматичного креслення вузла конструкції трубного млина.

Виконано розрахунок з допомогою програми ANSYS. Встановлено що максимальне переміщення становить 0,2652 мм та напруження у розмірі 23.8 МПа. для модернізованої конструкції класифікуючої перегородки.

Виконано розділи щодо «Охорони праці», «Розробка стартап-проекту та «Монтаж та експлуатація»

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Машиностроение. Энциклопедия/ ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Горные машины. Т. IV-24 / Ю.А. Лагунова, АЛ. Комиссаров, В.С. Шестаков и др.; под общ. ред. В.К. Асташева, 2011. - 496 с.: ил.
2. Пацинський А.А., Толчинський А.Р. Основи конструювання і розрахунку хімічної апаратури: Довідник / під ред.: Н.Н. Логинова. 2-і вид., перероб. і доп.- Л.: Машинобудування, ЛО, 1970, 752с.
3. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.
4. Бауман В. А. и др. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. Учебник для вузов. М., «Машиностроение», 1975. – 351 с.: ил.
5. Щербина В.Ю. Розвиток теорії та удосконалення технологічних процесів при виробництві будівельних матеріалів у високотемпературних агрегатах: диссертация ... доктора технических наук: 05.17.08 / Щербина Валерій Юрійович; - Київ, 2017. -393 с. URL:<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/21630>
6. Пат. RU 74313 B02C 17/18 (2006.01) Ханин Сергей Иванович (RU), Богданов Василий Степанович (RU), Ханина Ольга Сергеевна (RU), Воронов Виталий Павлович (RU) № 2008100993/22, 09.01.2008
7. Пат. RU 2 150 324 B02C 17/06 (2000.01) Рубежанский А.В., Лапшин В.М., Вердиян А.М., Резчикова Д.А., Брыжик Т.Г. № 99119062/03, 09.09.1999
8. Пат. RU 2 246 355 B02C 17/06 (2000.01) Богданов В.С. (RU), Фадин Ю.М. (RU), Латышев С.С. (RU), Шишков В.В. (RU), Хлудеев В.И. (RU), Гунько А.И. (RU), Неростенко В.З. (RU), Брик А.А. (RU), Лузгин А.Ф. (RU) № 2003132214/03, 03.11.2003
9. Пат. RU 2 236 298 B02C 17/06 (2000.01) Ханин С.И. (RU), Кайдаш В.В. (RU), Чалов А.В. (RU), Солодовников Д.Н. (RU), Ханина О.С. (RU) № 2003113249/03, 05.05.2003
10. Пат. RU 2436634 C1 B02C 17/18 (2006.01) Ханина Ольга Сергеевна (RU), Ханин Дмитрий Сергеевич (RU), Ханин Сергей Иванович (RU) № 2010121478/13. 26.0

11. Пат. RU 2320416 B02C 17/06 (2006.01) Шарапов Рашид Ризаевич (RU),Ханин Сергей Иванович (RU),Гунько Игорь Иванович (RU) Заявка: 2006129391/03, 14.08.2006
12. Пат. RU 2553240 B02C 17/06 (2006.01) Зайцев Анатолий Иванович (RU),Лебедев Антон Евгеньевич (RU),Капранова Анна Борисовна (RU),Бадоев Владимир Ахметович (RU),Верлока Иван Игоревич (RU) Заявка: 2014106688/13, 21.02.2014
13. Пат. RU 2291746 ( B02C 17/06 (2006.01) Богданов Василий Степанович (RU),Федин Юрий Михайлович (RU),Латышев Сергей Сергеевич (RU),Воронов Виталий Павлович (RU),Богданов Денис Васильевич (RU) Заявка: 2006108360/03, 16.03.2006
- 14.Щербина В.Ю., Сахаров О.С., Гондлях О.В., Сівецький В.І. САПР. Програмування на функціональній мові AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання [Електронний ресурс] /. –К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 156с. <https://cpsm.kpi.ua/publikatsiji/knigi/731>
- 15.Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учеб. пособ. / В.А.Бруйка, В.Г.Фокин, Е.А.Солдусова, Н.А.Глазунова, И.Е.Адеянов. – Самара: Самар.гос. техн. ун-т,2010. – 271 с.:ил.
16. Г.В. Макаров «Охрана труда в химической промышленности», Москва, «Химия», 1989г.
- 17.Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. К.: Основа, 2006, 448 с
- 18.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.

## **ДОДАТКИ**