

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.В.Гондлях**

« _____ » _____ 2021 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 133 – *галузеве машинобудування* на

тему: Млин трубний з модернізацією корпусу

Студентка групи IV к. ЛП-71 Педь Вікторія Олександрівна

(шифр групи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник проекту: кандидат технічних наук, доцент Чемерис А.О.

(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультанти

МОДЕРНІЗАЦІЇ доктор технічних наук, професор **Щербина В.Ю.**

ТЕХ. МАШ. старший викладач **Борщик С.О.**

РЕЦЕНЗЕНТ _____

Засвідчую, що у цьому
дипломному проекті немає
запозичень з праць інших
авторів без відповідних
посилань.
Студентка _____

Київ 2021 рік

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Зі спеціальності – 133 – Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.В.Гондлях

«___» _____ 2021
р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студентці

Педь Вікторії Олександрівні

1. Тема проекту «Млин трубний з модернізацією корпусу», керівник проекту Чемерис Андрій Олегович кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від 26.04.2021 р. № 1071-с

2. Термін подання студентом проекту 11.06.2021 р.

3. Вихідні дані до проекту: об'єкт розробки – млин маятниковий; габаритні розміри: довжина – $L=15,02$ м; діаметр – $S=3,2$ м; маса млина – $M=338600$ кг; кількість камер до модернізації – $z=2$; продуктивність млина $Q=100$ т/год; потужність електродвигуна – $P=1650$ кВт; частота обертання барабана – $n=17$ об/хв.

4. Зміст пояснювальної записки: Пояснювальна записка містить такі текстові частини: «Пояснювальна записка», «Розрахунки» і «Технологія машинобудування», «Загальні висновки», «Перелік посилань», «Додатки». ПЗ включає такі розділи: Вступ; 1 Призначення і галузь застосування млина трубного; 2 Технічні характеристики трубного; 3 Опис конструкції та призначення млина трубного; 4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації ; 5 Охорона праці; 6 Очікувані механіко-економічні показники; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників)

1. Технологічна схема А1; 2. Загальний вигляд машини А1; 3. Вузли та деталі машини А2; 4. Плакат з розрахунками на міцність

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
МОДЕРНІЗАЦІЇ	Щербина В. Ю. д.т.н., професор		
ТЕХ. МАШИНОБУД.	Борщик С. О. ст. викл.		

Дата видачі завдання: 13.04.2021 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання завдання на дипломне проектування.	13.04.2021	
2	Проходження переддипломної практики.	12.04-16.05.2021	
3	Патентно-літературний пошук для здійснення модернізації корпусу. Обґрунтування модернізації.	20-23.04.2021	
4	Виконання кінематичних та параметричних розрахунків.	24-28.04.2021	
5	Підготовка розділу «Пояснювальна записка».	29.04-5.05.2021	
6	Виконання порівняльних розрахунків НДС вузла ролика з використанням програмних продуктів ANSYS.	5-15.05.2021	
7	Підготовка розділу «Розрахунки».	16.05.2021	
8	Підготовка розділу «Технологія машинобудування».	17-22.05.2021	
9	Робота над кресленнями з використанням CAD-системах .	23.-5-3.06.2021	
10	Захист дипломного проекту.	15.06.2021	

Студентка

В.О. Педь

Керівник проекту

А.О. Чемерис

Зміст дипломного проекту

Реферат (укр.)	1
Реферат (англ.).....	1
Перелік позначень	2
Пояснювальна записка	22
Розрахунки	13
Технологія машинобудування	17
Загальні висновки	2
Перелік посилань	2
Додатки	4

РЕФЕРАТ

Бакалаврський дипломний проект на тему «Млин трубний з модернізацією корпусу» в повному обсязі складається з пояснювальної записки та графічної частини: 88 с., 26 рисунків, 5 таблиць, 3 додатків, 21 джерело; 5 креслень, 1 плакат.

Об'єкт розробки – млин трубний з модернізацією корпусу.

Мета роботи: розробка та проектування згідно технічному завданню млина трубного для збільшення ефективності машини, для зменшення затрати на процес помелу; здійснення модернізації корпусу.

У дипломному проекті розглянуто принцип роботи та конструкцію млина трубного, який використовується у технологічній лінії помелу клінкеру. На основі аналізу технічних параметрів і характеристик роботи млина трубного, виконано параметричний та кінематичний розрахунок і розрахунок корпусу на міцність в системі ANSYS. Результати розрахунків підтверджують доцільність запропонованої модернізації.

Недолік базової конструкції млина трубного у тому, що для помелу млин використовує велику кількість електроенергії. З метою підвищення ефективності машини проведено літературно-патентний пошук та запропоновано модернізацію корпусу, що полягає у наявності додаткових міжкамерних перегородок для зменшення металоємкості та збільшення ефективності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТРУБНИЙ МЛИН, КОРПУС, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ПОДРІБНЕННЯ, ПОМЕЛ, РОЗРАХУНКИ.

ABSTRACT

Bachelor's thesis project on "Tube mill with the modernization of the casing", which consists in full of an explanatory note and a graphic part: 88 pages, 26 figures, 5 tables, 3 appendices, 21 sources; 5 drawings, 1 poster.

The object of design is a tube mill with modernization of the casing. Purpose: development and design according to the technical task of the tube mill to increase the effectivity of the machine, to reduce costs on the grinding process; implementation of the casing modernization.

The diploma project considers the principle of operation and design of the tube mill, which is used in the technological line of grinding clinker. Based on the analysis of technical parameters and characteristics of the tube mill, performed parametric and kinematic calculation and calculation of the casing for strength in the ANSYS system. The results of the calculations confirm the feasibility of the proposed modernization.

The disadvantage of the basic design of the tube mill is that the mill uses for grinding a lot of electricity. In order to increase the service life of the machine, a literary-patent search was conducted and the modernization of the casing was proposed, which consists in the presence of additional interchamber partitions to reduce the metal consumption of the mill and increase the effectivity of the mill.

KEYWORDS: TUBE MILL, CASING, MODERNIZATION, EFFECTIVITY, DRUM, GRINDING, CALCULATIONS.

Перелік позначень

Умовні позначення:

D – внутрішній діаметр корпусу, м;

F – площа перерізу болта, м²;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

G – маса тіл помелу, т;

k – поправочний коефіцієнт на тонкість подрібнення;

K – коефіцієнт, що враховує яку частину критичного числа обертів становить дійсне число обертів млина;

L – довжина корпусу млина трубного, м;

n – частота обертання, об/с;

N – сила тиску ролика на кільце, Н;

m – кількість болтів, шт;

Q – продуктивність млина трубного, т/год;

R – радіус обертання кулі, м;

S – товщина стінки корпусу, м;

V – внутрішній об'єм корпусу, м³;

W – момент опору перерізу корпусу, Нм;

z – кількість камер млина трубного;

d_0 – діаметр стержня болта, м;

d_n – діаметр нарізної частини болта, м;

D' – умовний діаметр корпусу, м;

$D_{\text{сер}}$ – середній розмір шматка матеріалу, м;

k_I – коефіцієнт запасу міцності;

l_p – довжина ролика, м;

L_1 – відстань між опорами корпусу млина трубного, м;

m_1 – кількість рівномірнозатягнутих болтів, шт;

M_T – обертаючий момент млина трубного, Нм;

$M_{кр}$ – згинаючий момент млина, Нм;

$N_{дв}$ – потужність двигуна млина трубного, Вт;

$P_{окр}$ – зусилля, Н;

P_p – рівнодійна сила, Н;

$P_{сум}$ – сумарна сила зрізу, Н;

Q – розтягуюче зусилля, Н;

$R_б$ – радіус кола центра болтів, м;

T – зусилля затяжки болтів, Н;

α_1 – кут відриву кулі, °;

η_1 – коефіцієнт корисної дії механізмів млина;

η_2 – коефіцієнт збільшення потужності млина із врахування пускового моменту;

μ – коефіцієнт розрихлення завантаження;

γ – питома маса тіл помелу, кг/м³;

φ – коефіцієнт завантажування;

$[\tau_{ср}]$ – допустиме напруження зрізу для сталі, Па;

ω – кутова швидкість обертання корпусу, рад/с.

$\omega_{кр}$ – критична кутова швидкість обертання корпусу, рад/с.

Скорочення:

ІХФ – інженерно-хімічний факультет;

НДС – напружено-деформований стан.

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Млин трубний з модернізацією корпусу»

Київ 2021

ЗМІСТ

Вступ	2
1 Призначення і галузь застосування трубного млина.....	3
2 Технічна характеристика трубного млина.....	4
3 Опис конструкції, її основних частин та принцип дії трубного млина.....	5
4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації	10
4.1 Обґрунтування обраної модернізації.....	13
5 Охорона праці та навколишнього середовища.....	15
6 Очікувані механіко-економічні показники та висновки.....	20
Висновки	21

					<i>ЛП71.163112.01-70ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Млин трубний з модернізацією корпусу КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		
<i>Розроб</i>	<i>Педь</i>						
<i>Керівник</i>	<i>Чемерис</i>						
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затв.</i>							
					<i>Літера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
					<i>у</i>	<i>1</i>	<i>25</i>

ВСТУП

Зменшення частинок чи зерен матеріалу під впливом зовнішніх сил називається дробленням чи подрібненням. Апарати, що виконують цей процес набули великої популярності в промисловій сфері.

Трубні млини зарекомендували себе, як прості в конструкції та роботі машини. Однак, для здійснення помелу вони вимагають великих енерговитрат. Тому сьогодні тема удосконалення та розвиток промислового виробництва, за рахунок збільшення економічної ефективності, є дуже актуальною.

Метою даного бакалаврського проекту є проектування та модернізація трубного млина, який є важливою складовою процесів виготовлення будівельних матеріалів, у гірничорудній та хімічній промисловості.

Для досягнення поставленої мети проведено літературно-патентний пошук та обрано патент, що дозволяє зменшити металоємкість, та розроблено нову конструкцію трубного млина, яка повинна підвищити ефективність його роботи.

					<i>ЛП71.163112.01-70ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ВИКОРИСТАННЯ ТРУБНОГО МЛИНА

Подрібнення матеріалу – це один з найрозповсюджених типів технологічного процесу. Різновидом подрібнення, коли вихідний розмір частинок дорівнює долям міліметра, називають помел. Для здійснення такого процесу використовують кульові (трубні, стрижневі) млини.

Трубний млин використовують для помелу матеріалів до частинок різної величини. Такі машини використовуються в вугільній, металургійній, будівельній, керамічній, інструментальній промисловостях, дробильно-класифікуючих заводах і т.д.

Конструкція трубних млинів залежить від галузі застосування та від властивостей матеріалу помелу. Продуктивність млинів визначається їхнім обсягом і тривалістю помелу, що залежать від виду матеріалу й тонкості помелу.

					<i>ЛП71.163112.01-70ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МАШИНИ

Продуктивність млина	100 т/год
Зовнішній діаметр барабана	3,45 м
Внутрішній діаметр барабана	3 м
Діаметр футеровки барабана	3,2 м
Довжина барабана	15 м
Об'єм барабана	106 м ³
Частота обертання барабана	17 об/хв
Потужність електродвигуна	1650 кВт
Частота обертання електродвигуна	500 об/хв
Привідний механізм	центральний
Маса тіл помелу	140 т
Маса млина	338,6 т
Продуктивність по клінкеру	63 т/год

3. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ, ПРИНЦИПУ ДІЇ ТРУБНОГО МЛИНА

В промисловості будівельних матеріалів зазвичай використовують трубні млини безперервної дії сухого та мокрого помелу, які працюють у відкритому та закритому циклах. На рис. 3.1 зображена схема установки для помелу портландцементу в трубному млині по відкритому циклу.

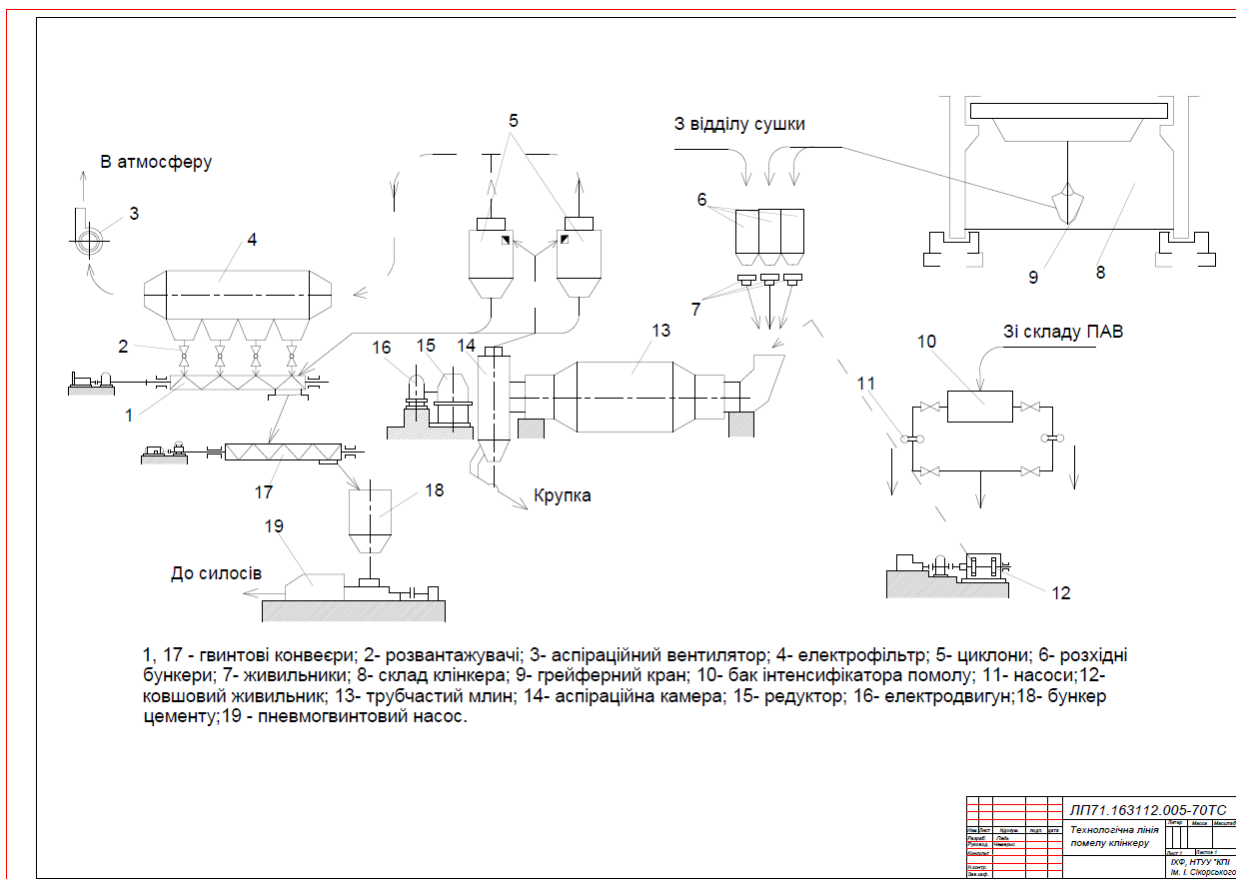


Рис. 3.1 – Технологічна схема помелу клінкеру.

Портландцементний клінкер та гіпс зі складу 8 потрапляють за допомогою грейферного крану 9 до розхідних бункерів 6 млина. В один з бункерів сушильного відділу потрапляють гідравлічні домішки (туф, опока та інші) або гранульований шлак. Живильниками 7 матеріали із розхідних бункерів 6 рівномірно всипаються в трубний млин 13, де вони піддаються сумісному тонкому помелу. Із млина 13 подрібнений матеріал рухається до аспіраційної камери 14, а з неї – до бункеру цементу 18, з якого насосом 19

готовий цемент перекачується на склад в цементні силоси. Виходячи з барабана млина, сильно запилене цементом повітря очищується в аспіраційній камері 14, потім в циклонах 5 та в електрофільтрі 4. Цемент осаджений в циклонах та електрофільтрі, збирається гвинтовим конвеєром 1, направляється в передаточний гвинтовий конвеєр 17, а з нього – в розхідний бункер цементу 18 [1].

Трубні млини складаються з порожнього обертового барабана, в який через завантажувальний пристрій потрапляє матеріал помелу та в якому безпосереднього проходить процес подрібнення частинок за допомогою тіл помелу (кулі, стрижні). Кулі рухатяться по круговій траєкторії повторюючи форму перерізу барабана, а при досяганні максимальної точки – відриваються від стінки та падають вниз по параболі рис.3.2. Помел матеріалу здійснюється в результаті стирання при відносному переміщенні куль помелу і часток матеріалу, а також в результаті удару куль по матеріалу при падінні з висоти [2].

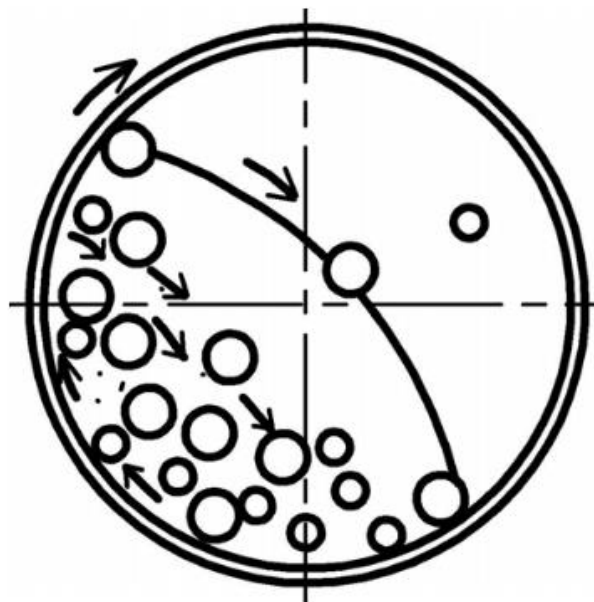


Рис. 3.2 – Схема подрібнення матеріалу в барабанних млинах

Барабанні млини класифікують:

– по режиму роботи - періодичного (рис. 3.3, а) і безперервного (рис. 3.3, б-д) дії;

– по способу помелу - сухого й мокрого помелу;

– по способу завантаження й розвантаження матеріалів:

- із завантаженням і розвантаженням через люк (рис. 3.3, а),
- із завантаженням і розвантаженням через пустотілі цапфи (рис. 3.3, б, д),
- із завантаженням через цапфу й розвантаженням крізь стінки барабана (рис. 3.3, в).

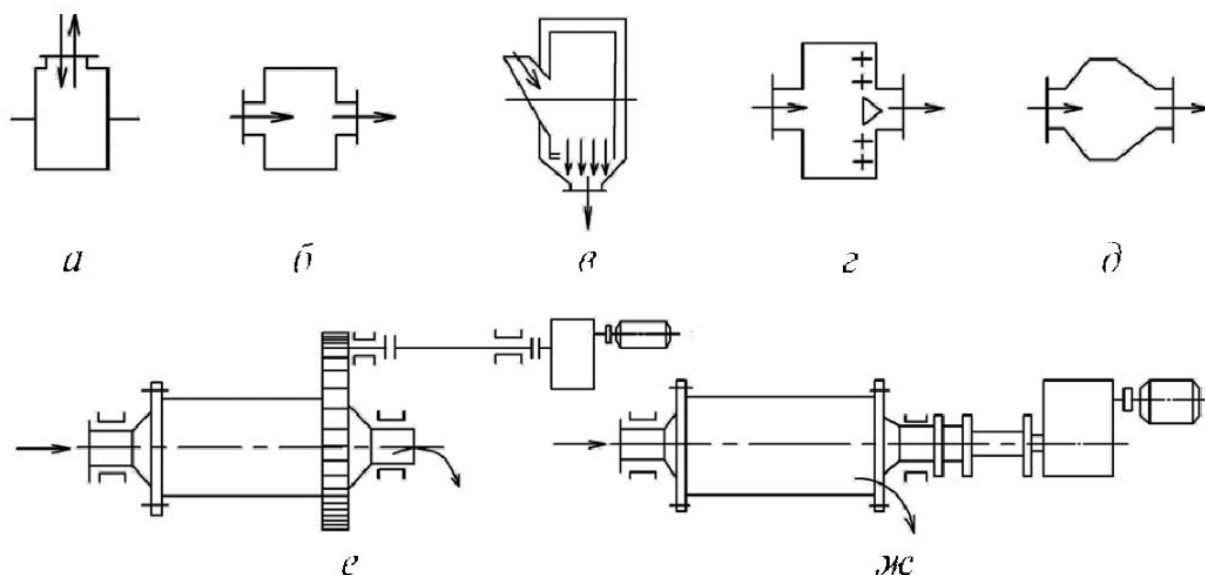


Рис. 3.3 – Основні схеми барабанних млинів.

Барабан млина приводиться в обертання через зубчастий вінець (рис. 3.3, е) або через центральну цапфу (рис. 3.3, ж). Барабанні млини можуть працювати у відкритому або замкнутому циклі. В останньому випадку виведений із млина матеріал, піддається сортуванню (сепарації) і великі частки вертаються в млин на домелення. При такій схемі роботи матеріал, здрібнений до необхідного розміру часток, безупинно видаляється з млина, що підвищує ефективність її роботи [3].

Млини періодичної дії застосовують для помела матеріалів, що важко подрібнюється (у керамічній, інструментальній і іншій промисловості). Продуктивність млинів визначається їхнім обсягом і тривалістю помолу, що залежать від виду матеріалу й тонкості помолу. Питоме завантаження млинів становить 0,35–0,45 об'єму барабана [4].

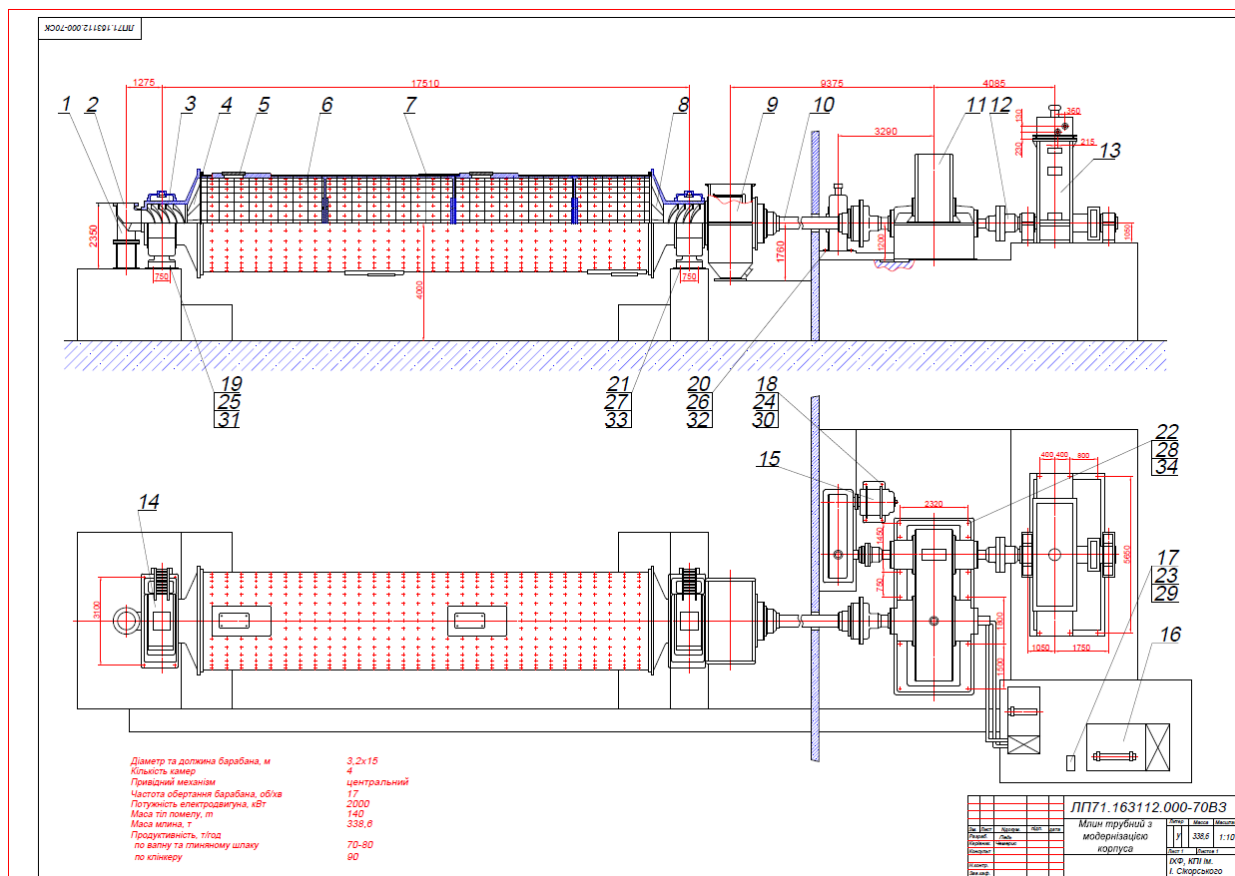


Рис. 3.4 – Млин трубний з модернізацією корпусу.

Конструкція млина складається з наступних основних вузлів (рис. 3.4):

- 1 – тумба; 2 – тічка; 3 – трубошnek; 4 – завантажувальний пристрій;
- 5 – люк завантажувальний; 6 – корпус; 7 – міжкамерна перегородка;
- 8 – розвантажувальний пристрій; 9 – сито; 10 – вал проміжний;
- 11 – редуктор; 12 – муфта; 13 – електродвигун; 14 – підшипник цапфовий;
- 15 – привід допоміжний; 16 – маслостанція.

В процесі роботи матеріал елеваторами подається в приймач завантажувальної частини млина – завантажувальний пристрій . Далі з допомогою шнека через завантажувальну цапфу матеріал транспортується в барабан. По дорозі до барабана в матеріал може добавлятися вода, ПАМ та інші добавки. В барабані матеріал за допомогою мелючих тіл подрібнюється і частки допустимого розміру виходять через діафрагму в розвантажувальну цапфу, де з допомогою шнека доставляються в розвантажувальний бункер, в якому знаходяться класифікуючі сита. Відсортований матеріал елеваторами транспортується в зону збереження.

					<i>ЛП71.163112.01-70ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

4. ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Трубні млини, як і будь-які агрегати мають ряд своїх недоліків та вразливих місць. Наприклад, дана машина потребує високих затрат електроенергії, а також характеризується швидким зношенням конструктивних елементів через постійні удари тіл помелу: футеровка, завантажувальна та розвантажувальна кришки та міжкамерні перегородки. Тому актуально розглянути кілька модернізацій, щоб вдосконалити даний млин.

Автори першої модернізації поставили перед собою мету збільшити інтенсивність помелу та отримувати однорідний склад помелу матеріалу за рахунок того, що в процесі перемелу кожні наступні секції камери мають більший об'єм тому, збільшена заповненість перемелюючими елементами. Тому процес помелу проходить більш інтенсивно, так як збільшується об'єм матеріалу, який перемелюється [5].

Метою наступного патенту було збільшення продуктивності трубного млина та зменшення питомих витрат електроенергії. Ця мета досягалась за рахунок того, що одна з міжкамерних перегородок разом із завантажувальною частиною та футерованим барабаном утворює камеру грубого помелу та складається з перфорованих кільцевих дисків, які встановлені відносно футерованого барабану співвісно та нерухомо, а наступну за нею камеру домелу [6].

Задачею даного патенту є збільшення ефективності помелу шляхом спільних дій натиску і розтирання на матеріал помелу. Ціль досягається тим, що млин, який складається з корпусу, вертикального конусу та встановлений співвісно з ними генератор хвиль з приводом, з яким взаємодіє пластикна трубчаста оболонка [7].

					<i>ЛП71.163112.01-70ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Наступний запропонований винахід направлено на інтенсифікацію процесу подрібнення в трубчастому млині за рахунок виключення нераціонального впливу великими тілами, що мелють дрібнофракційний матеріал в камері грубого помелу шляхом видалення з матеріалу що подрібнюється в камері грубого помелу матеріалу фракцій певних розмірів і транспортування їх в камеру тонкого помелу. Це досягається тим, що в трубному млині розташований та нерухомо закріплений гвинтовий конвеєр, з камерою, розташованою між завантажувальним пристроєм і міжкамерною перегородкою. Напрямок гвинта конвеєра, з боку завантажувального пристрою, протилежний напрямку обертання барабана млина [8].

Мета винаходу - підвищення ефективності подрібнення і зниження енерговитрат. Зазначена мета досягається тим, що трубний млин містить приводний барабан з розташованими по діаметральним площинам поздовжніми перегородки, в яких кожна перегородка має поперечні стінки, що утворюють з перегородкою лоток, причому перегородки розташовані дистанційно, а також перегородки закріплені до барабану одним кінцем, а інший щодо барабана розташований з зазором. У такому млині перегородки піднімають більше елементів помелу та більше матеріалу. Застосування млина підвищить ефективність подрібнення через переміщення по перегородках більшої кількості тіл, що мелють і матеріалу, ніж в прототипі, що призведе до збільшення продуктивності.

Одночасно наявність більшої кількості тіл, що мелють і матеріалу зліва від осі обертання барабана зменшить момент опору, що призведе до економії електроенергії [9].

Метою даного винаходу є підвищення ефективності подрібнення і зниження моменту опору обертання. Зазначена мета досягається тим, що в трубному млині поздовжні перегородки розташовані діаметрально, під прямим кутом з вікнами по обидва боки від центру перетину перегородок,

причому між вікнами на перегородках можуть бути встановлені направляючі призми, а кінці перегородок можуть бути виконані загнутими проти напрямку обертання.

Застосування млина підвищить ефективність подрібнення, так як при переміщенні тіл, що мелють і матеріалу по перегородках відбувається зіткнення потоків, а це збільшить продуктивність. Знаходження перегородок в одній камері під кутом 90 градусів забезпечує зменшення моменту опору обертання, що забезпечить економію електроенергії. Загнуті на кінцях перегородки перешкоджають ударам і підвищують ефективність подрібнення стиранням, що теж підвищує продуктивність [10].

Мета пропонованого винаходу - підвищення ефективності подрібнення, зниження матеріаломісткості, габаритів і питомих енерговитрат в процесі помелу. Суть заявленого технічного рішення полягає в тому, що завдяки вертикальному розміщенню ємності, закріпленої її в опорному майданчику, підвішеною на сталевих тросах до рами, усувається необхідність установки на млині електроприводу великої потужності, так як все вертикальне навантаження від багатотоннажної маси ємності з конусами, заповненої тілами помелу і продукцією помелу, а також опорного майданчика сприймається гнучкими підвісками. Енергія приводного механізму витрачається лише на забезпечення кругових коливань в горизонтальній площині, тобто на процес подрібнення, що дозволяє в значній мірі знизити енерговитрати. Вибрані основні відносні параметри верхнього і нижнього конусів, циліндричної частини корпусу, отворів діафрагм оптимізують геометричні параметри млина, що також підвищить ефективність його застосування [11].

Винахід направлено на підвищення ефективності процесу помелу шляхом здійснення внутрішньоподрібнювальної класифікації матеріалу помелу, забезпечення своєчасного виведення частинок готового продукту і

внутрішньоподрібнювального повернення великих часток на домел. Дана модернізація відбувається за рахунок того, що в трубному млині встановлена труба рецикла, що відкрита з обох торців, між торцевими сторонами труби рецикла, міжкамерної і розвантажувальної перфорованими перегородками є вільний простір, а пристрій просування матеріалу по трубі рецикла виконано у вигляді пересипних гвинтових лопатей, які встановлені по всій довжині труби рецикла і жорстко закріплені на її внутрішній поверхні без зазору між зовнішньою кромкою гвинтових лопатей і внутрішньою поверхнею труби рецикла, висота гвинтових лопатей становить 0,1-0,3 діаметру труби рецикла [12].

Автори даного винаходу поставили перед собою задачу: спростити процес виготовлення агрегату та підвищити інтенсивність помелу. Поставлена задача досягається тим, що барабан виконаний щонайменше із однієї стрічки, зігнутої по прямим лініям, що розміщені під кутом до кромки стрічки з утворенням однакових паралелограмів, розміщених по чергово в протилежні сторони. При цьому стрічка скручена у циліндричні витки, що з'єднані один з одним повздовжніми кромками з утворенням по зовнішній поверхні однонапрямлені ломані гвинтові лінії, а на внутрішній – гвинтові ломані кишені трикутної форми [13].

4.1 Обґрунтування обраної модернізації

Для нашого дипломного проекту ми вибрали патент, метою якого є зменшення металоємності та збільшення ефективності. Ця мета досягається тим, що в камері, що розміщена перед розвантажувальним пристроєм відношення маси тіл помелу до матеріалу помелу дорівнює 0,01-0,1. Довжина цієї камери дорівнює 0,5-0,3 діаметра зони помелу попередньої камери.

					<i>ЛП71.163112.01-70ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Млин може мати пристрій для регулювання подачі матеріалу, цей пристрій розташований на вході камери.

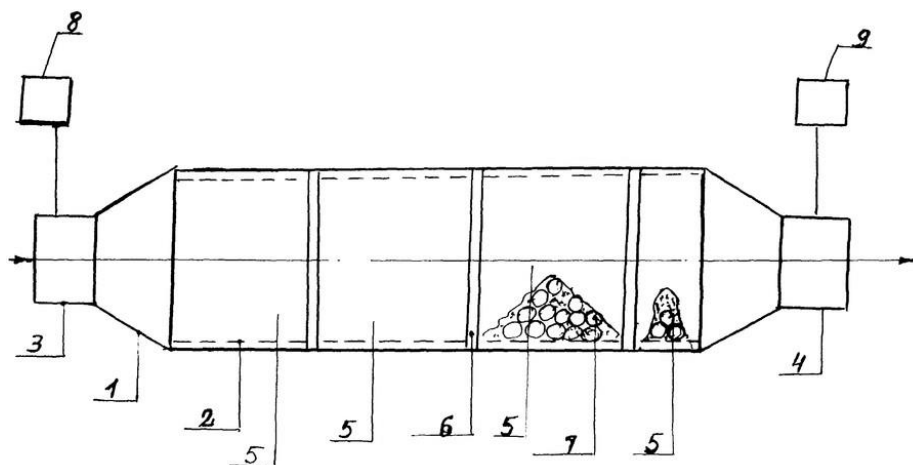


Рис. 4.1 – Млин трубний з модернізацією корпусу.

Матеріал для помелу, що потрапляє в останню камеру перед розвантажувальним пристроєм, створює внутрішній рецикл з попередньою камерою. Це здійснюється за рахунок різниці маси елементів помелу та маси матеріалу помелу в останній камері та попередній.

Зміна подачі матеріалу у млин здійснюється пристроєм для регулювання, який дозволяє здійснювати будь-яку форму подачі з потрібними параметрами для вхідного потоку. Цей пристрій розміщений на вході млина. Зміна вивантажування матеріалу здійснюється подібним пристроєм, який розміщений на виході млина. Ці пристрої забезпечують оперативне регулювання часу перебування матеріалу в млині для отримання заданої дисперсності [14].

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

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

Відповідно до теми проекту «Млин трубний з модернізацією копуса» при роботі лінії переробки клінкеру розроблені заходи для забезпечення безпечних умов праці.

Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві обумовлюють необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того щоб визначити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні машини являються:

- повітря робочої зони;
- електробезпека;
- виробничий шум;
- промислове освітлення;
- пожежна безпека.

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 [15]. Оптимальні і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні зводимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1

Період року	Категорія роботи – середня					
	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Допуст.	Фактич.	Допуст.	Фактич.	Допуст.	Фактич.
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 $50\div 60^{\circ}\text{C}$;
- 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 (допустимі значення ГОСТ 12.1.005–88, для цементу ГДК–6 мг/м³) встановлена місцева вентиляція, в цеху встановлена також загальнообмінна вентиляція. Тому фактична концентрація цементу ГДК – 2 – 3 мг/м³.

Приміщення, де встановлений млин маятниковий, повинне бути забезпеченим пиловловлюючими апаратами, що дозволять повертати значну кількість готового продукту, але і запобігти забрудненню пилом повітряного басейну заводу та прилеглих до нього територій. Перед викидом в атмосферу, повітря повинне очищуватися для зниження у ньому вмісту пилу до установлених законом санітарних норм.

В цеху помелу санітарні норми запиленості виконуються за допомогою розвиненої системи аспірації живильників, місця завантаження та вивантаження, транспортування і помольного обладнання, надійними ущільнювачами з'єднань проводів з матеріалом і газоходів. Пил з висотних

майданчиків збирають за допомогою спеціальних спускних труб, що з'єднані герметичним шляхом з бункерами.

Електробезпека

Виробниче приміщення, у якому встановлений пункт керування млином, відповідно до діючих правил ПУЕ-2017 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 [15].

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.

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 12.1.013-78. Біля датчиків заземлення нанести незмивний фарбою знаки «Земля» за ГОСТ 12.1.013-78.

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

Опір ізоляції повинен бути не менш 0,5 мОм.

Електрична апаратура, встановлена усередині робітників приміщень, повинна мати ступінь захисту Ір-51 ГОСТ 14254-2015.

Ізоляція провідників вимірюється мегаамперметром П044Т Е25-0.4-1970-80.

Виробничий шум

Джерелом шуму при роботі лінії є [16]:

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

В результаті замірів при експлуатації обладнання значення шуму 70 дБА, а нормативне значення по ДСН 3.3.6.037–99 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.

Промислове освітлення

Важливу роль у справі створення безпечних умов праці грає освітлення. Розрізняють природне, штучне і сполучене освітлення. Санітарні норми

вимагають максимально можливого використання природного освітлення приміщень, тому що останнє підвищує захисні функції організму, стимулює і нормалізує роботу різних його систем.

У денний час виробниче приміщення освітлюється природним світлом. Для цього вибирається бічне освітлення, через світлові прорізи в зовнішніх стінах. Згідно ДБН В.2.5-28:2018, робота з обслуговування устаткування відноситься до VI розряд підрозряд "а", тобто загальне спостереження за технологічним процесом. При цьому робоче місце оператора повинне мати освітленість робочої зони $E_{нор}=150$ лк.

Пожежна безпека

На виробництві може горіти: електроізоляція, дерев'яні матеріали, горючі речовини. Категорія пожежної небезпеки цеху - В (згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016), ступінь вогнестійкості II (згідно СНиП 2.01.02-85).

Основними причинами виникнення пожеж при виробництві є [15]:

- несправність електроустаткування (коротке замикання, великі перехідні опори, перевантаження);
- розряд атмосферної і статичної електрики;
- самозаймання промасленого устаткування.

Заходи щодо пожежної безпеки підрозділяються на організаційні, технічні й експлуатаційні.

Організаційні заходи передбачають: правильну експлуатацію устаткування, правильний зміст приміщення, протипожежний інструктаж робітників.

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 вуглекислові вогнегасники ОУ-5 (4 шт).

					<i>ЛП71.163112.01-70ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

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.

					<i>ЛП71.163112.01-70ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

6. ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ВИСНОВКИ

Найбільшим недоліком трубного млина є висока енергозатратність. Це призводить до зменшення ефективності та продуктивності трубного млина.

Конструкція модернізованого вузла передбачає дві додаткові міжкамерні перегородки. Дані перегородки встановлені так, що довжина останньої камери перед розвантажувальним пристроєм дорівнює 0,5 діаметра попередньої камери, а відношення маси тіл помелу в четвертій камері до матеріалу помелу дорівнює 0,1.

Через безперервну подачу частинок в останню камеру утворюється рецикл між нею та попередньою. Це здійснюється за рахунок різниці маси елементів помелу та маси матеріалу помелу цих відсіках.

Використання запропонованої конструкції трубного млина дозволяє значно зменшити його металоємність та збільшити ефективність.

Таким чином підвищуються техніко-економічні показники машини, оскільки зменшуються витрати на її експлуатацію та обслуговування.

ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проекту на тему «Млин трубний з модернізацією корпусу» вивчено призначення та конструкцію млина трубного, який використовується для помелу матеріалів на прикладі лінії помелу клінкеру.

В ході виконання роботи проаналізовано технічні характеристики млина трубного. На основі аналізу виконано літературно-патентний пошук для подальшої модернізації ролика розмельного вузла. Обрано патент №2150324, на основі якого розроблено модернізацію корпусу. Запропонована конструкція значно підвищує ефективність та зменшує металоємкість, що дозволяє збільшити термін експлуатації млина трубного та приведе до позитивного економічного ефекту.

У розділі «Охорона праці та навколишнього середовища» виявлено небезпечні фактори під час роботи млина трубного для персоналу, який обслуговує машину. На основі виявлених шкідливих факторів та небезпек розроблено шляхи їх подолання, що відповідають встановленим санітарним нормам.

Також розглянуто механіко-економічні показники обраної модернізації корпусу, які підтверджують доцільність обраного рішення та його ефективність під час роботи млина трубного.

РОЗРАХУНКИ

ЗМІСТ

1. Параметричний розрахунок млина трубного.....	2
1.1. Розрахунок продуктивності та потужності трубного млина.....	2
1.2. Розрахунок числа обертів трубного млина.....	3
1.3. Розрахунок критичної й оптимальної кутової швидкості барабана.....	4
2. Розрахунок на міцність корпусу трубного млина	8
2.1. Визначення маси тіл помелу.....	8
2.2. Розрахунок на міцність корпусу млина.....	8
2.3. Розрахунок болтів.....	14
2.4. Результати числового аналізу НДС корпусу трубного млина.....	18
ВИСНОВКИ.....	24

					ЛП71163112.01-70PP			
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб	Педь							
Керівник	Чемерис							
Н. Контр.					Літера Лист Листів у 1 26			
Затв.								
					КІІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ			

1. Параметричний розрахунок млина трубного

1.1 Розрахунок продуктивності та потужності трубного млин

Продуктивність трубних млинів, залежить від багатьох факторів: конструкції млина, складу й вигляду тіл, що мелють, властивостей подрібненого матеріалу, виду подрібнення, тонкості здрібнювання й т.д. Врахувати з достатньою точністю ці фактори не представляється можливим.

Продуктивність трубного млина ґрунтується, в основному, енергією удару та тертям куль, що передаються матеріалу помелу. На підйом куль та матеріалу витрачається близько 90% енергії, витраченої на привід млина [3].

Потужність N_k , що є необхідною для підйому куль, можна визначити за формулою, кВт

$$N_k = 6,7 \cdot \sqrt{D} \sqrt{\frac{G}{V}} = 6,7 \cdot \sqrt{3} \sqrt{\frac{140}{106}} = 13,2 ,$$

де D – внутрішній діаметр барабана млина враховуючи футеровку, м

G – маса тіл помелу, т;

V – внутрішній об'єм барабана, m^3 .

Тому після знаходження основних параметрів млина продуктивність (т/год) рекомендується визначати по емпіричних формулах.

Продуктивність трубного млина під час помелу цементного клінкеру на ситі 008 для відсоткового залишку 15 розраховуємо по формулі, т/год.

$$Q = 6,45 V \cdot \sqrt{D} \left(\sqrt{\frac{G}{V}} \right)^{0,8} \cdot q \cdot k = 6,45 \cdot 106 \cdot \sqrt{3} \left(\sqrt{\frac{140}{106}} \right)^{0,8} \cdot 0,04 \cdot 1,21 = 63,2 ,$$

де q – питома продуктивність млина в т на 1 квт/год корисній потужності; для клінкеру $q = 0,035 - 0,04$; для вапняку $q = 0,045$;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП71.163112.01-70PP

Аркуш

1

k – поправочний коефіцієнт на тонкість подрібнення (таб. 1.1).

Таблиця 1.1 – коефіцієнти тонкості подрібнення

Залишок в % на ситі № 008	2	3	4	5	6	7	10	12	15	20
k	0,59	0,65	0,71	0,77	0,82	0,86	1,0	1,09	1,21	1,42

Потужність електродвигуна визначаємо за наступною формулою, л.с.

$$N_{\text{дв}} = \frac{0,0118 \cdot G \sqrt{R}}{\eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{0,0118 \cdot 140 \sqrt{1,5}}{0,95 \cdot 0,95} = 2240 \text{ л.с.} = 1650 \text{ кВт},$$

де η_1 – коефіцієнт корисної дії механізмів млина, що визначається в залежності від конструкції млина та привода (зазвичай $\eta_1=0,90-0,95$).

η_2 – коефіцієнт збільшення потужності млина із врахування пускового моменту (зазвичай $\eta_2=0,85-0,95$).

1.2 Розрахунок числа обертів трубного млина

Число обертів млина визначається по формулі [3], об/хв

$$n = K \frac{42,2}{\sqrt{D'}} = 0,7 \frac{42,2}{\sqrt{2,9}} = 17,$$

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

D' – умовний діаметр млина. $D'=0,95D=2,9 \text{ м}$

Дійсне число обертів млина від головного привода, становить

$$n = \frac{n_{\text{ел.дв.}}}{i_{\text{ред.}}} = \frac{500}{30} = 16,667 \text{ об/хв}$$

1.3 Розрахунок критичної й оптимальної кутової швидкості барабана

Під час роботи млина на невеликих кутовій швидкостях барабана циркуляція «завантаження» не буде інтенсивною, тому що кулі коли піднімаються на оптимальну висоту будуть скочуватись по поверхні контуру корпусу без ударів [3].

Якщо куля рухається занадто швидко на неї діють значні відцентрові сили, тому вона не зможе відірватись від стінки корпусу навіть в максимальній точці С (рис. 1.1), де сила інерції Р більша за силу тяжіння G.

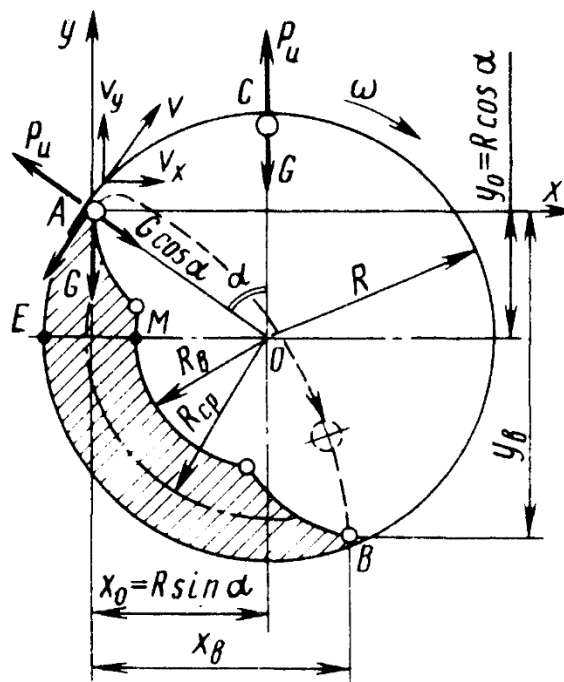


Рис. 1.1 – Сили, що діють на кулю під час руху по круговій траєкторії.

Розрахуємо критичну кутову швидкість, рад/с

$$\omega_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{g}{R}} = \sqrt{\frac{9,81}{1,5}} = 2,6 ,$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

R – радіус обертання кулі, м .

Кутова швидкість вважається оптимальною, коли куля має максимальну висоту падіння H (точка А) і точка зустрічі кулі після падіння (точка В) з окружністю барабана. Відрив кулі від стінок у точці А буде, коли

$$G \cos \alpha \geq P,$$

$$\text{Або } mg \cos \alpha \geq m \omega^2 R.$$

При цьому кутова швидкість, рад/с

$$\omega = \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{R}};$$

Куля під час вільного падіння має траєкторію параболи, вершина якої знаходиться в точці А. Опишемо цей рух системою рівнянь

$$\begin{cases} x = vt \cos \alpha, \\ y = vt \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}; \end{cases}$$

Знайдемо координати точки В

$$y_B = x_B \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v^2 \cos^2 \alpha};$$

$$v = \omega R = \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{R}} R.$$

Підставимо v в попереднє рівняння і отримаємо

$$y_B = x_B \operatorname{tg} \alpha - \frac{x^2}{2R \cos^3 \alpha}.$$

В початковій системі координат $x_0 y_0$ куля має кругову траєкторію, яку можна описати наступним рівнянням

$$x_1^2 + y_1^2 = R^2;$$

Визначимо x_1, y_1 зі схеми зображеної на рис.1.1

$$x_1 = x_B - R \sin \alpha;$$

$$y_1 = y_B - R \cos \alpha.$$

Підставимо ці значення в попереднє рівняння, одержимо

$$x_B + y_B - 2R x_B \sin \alpha - 2R y_B \cos \alpha = 0$$

Провівши математичні перетворення отримаємо

$$\frac{x_B^3}{4R\cos^4\alpha} \left(\frac{x_B}{4R\cos^2\alpha} - \sin\alpha \right) = 0.$$

Корені $x_1 = x_2 = x_3$, що відповідають перетинанню параболи з окружністю в точці А (тобто на початку координат), дорівнюють нулю, тоді залишається вирішити другу частину виразу

$$\frac{x_B}{4R\cos^2\alpha} - \sin\alpha = 0,$$

$$x_B = 4R \cos^2\alpha \sin\alpha,$$

Тоді

$$y_B = -4R \cos\alpha \sin^2\alpha.$$

При найбільшій координаті y_B куля матиме найбільшу енергію удару. Щоб знайти максимальну y_B , потрібно взяти першу похідну її функції.

$$y' = 8R \sin\alpha \cos^2\alpha - 4R \sin^3\alpha = 4R \sin\alpha (2\cos^2\alpha - \sin^2\alpha) = 0$$

Очевидно, що α і R не дорівнюють нулю, тоді

$$2\cos^2\alpha - \sin^2\alpha = 0,$$

Або

					<i>ЛП71.163112.01-70PP</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

$$2 - \operatorname{tg}^2 \alpha = 0,$$

$$\operatorname{tg}^2 \alpha = 2.$$

Звідки отримаємо, що найвигідніший кут відриву кулі $\alpha = 54^\circ 40'$.

Підставимо значення оптимального кута відриву і внутрішній радіус барабана розроблювального млина у формулу, знайдемо оптимальну кутову швидкість барабана, рад/с.

При $R = 1,47$ м,

$$\omega_{\text{опт}} = 1,97 \text{ рад / с .}$$

					<i>ЛП71.163112.01-70PP</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2. Розрахунок корпусу трубного млина на міцність

2.1 Визначення маси тіл помелу

Маса завантажувальних в барабан млина тіл помелу розраховується за формулою [3], кг

$$m = \varphi \cdot \mu \cdot \gamma \cdot \pi \cdot R^2 \cdot L = 0,3 \cdot 0,575 \cdot 7800 \cdot 3,14 \cdot 1,47^2 \cdot 15 = 140000$$

де μ - коефіцієнт розрихлення завантажування, для куль $\mu = 0,575$;

γ - питома маса тіл помелу, $\gamma = 7800 \text{ кг} / \text{м}^3$;

При коефіцієнті завантажування $\varphi = 0,3$.

2.2 Розрахунок корпусу млина на міцність

Після вибору кінематичної схеми приводу млина виконується його силовий розрахунок, який є основним для подальшого розрахунку на міцність основних деталей машини [3], [4].

Корпус млина являє собою циліндричну обгортку, навантажену розподіленими та зосередженими силами і встановлені на дві опори. Розподіленим навантаженням є тіла помелу, матеріал помелу, сила тяжіння міжкамерних перегородок та розвантажувальних пристроїв, сила тяжіння корпусу млина і т.д. Під час розрахунку розподіленого навантаження, що діє на корпус, за розрахункову довжину приймають його повну довжину.

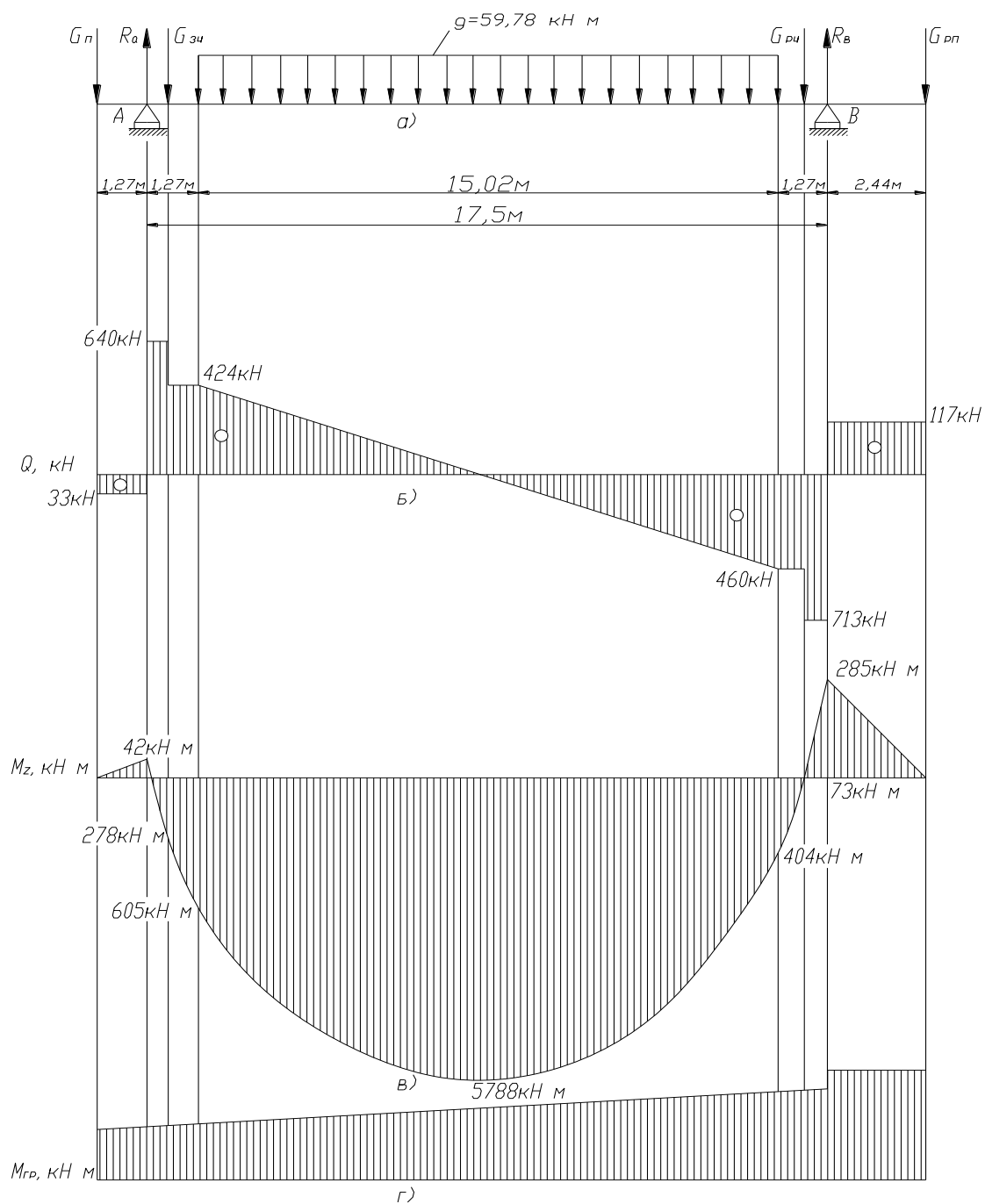


Рис. 2.1 – Розрахункова схема навантаження млина трубного.

Динамічні навантаження викликані відцентровою силою, завдяки тиску падаючих тіл помелу та матеріалу помелу.

Після визначення такого навантаження будується схема навантажень у вертикальній площині та епюри поперечних сил та згинаючих моментів.

У відповідності з отриманими епюрами навантажень визначають величину та будуть епюри поперечних сил та згинаючих моментів, що діють на корпус млина у вертикальній та горизонтальній площинах. Навантаження в горизонтальній площині утворюється тільки горизонтальною складовою відцентрової сили, яка прикладена по довжині корпусу у вигляді рівномірно розподіленого навантаження.

Визначаємо реакції опор, поперечні сили в перерізах та згинаючі моменти

$$\sum M_A = 0$$

$$G_{pn} \cdot 19,94 - R_{\epsilon} \cdot 17,5 + G_{pc} \cdot 17 + G_m \cdot 8,78 + G_{zc} \cdot 0,5 - G_n \cdot 1,27 = 0$$

$$R_{\epsilon} = \frac{19,94G_{pn} + 1,7G_{pc} + 8,78G_m + 0,5G_{zc} - 1,27G_n}{17,5} =$$

$$= \frac{19,94 \cdot 117 + 1,7 \cdot 250 + 8,78 \cdot 898 + 0,5 \cdot 216 - 1,27 \cdot 33}{17,5}$$

$$R_{\epsilon} = 830,48 \text{ кН}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-G_n \cdot 18,77 - R_a \cdot 17,5 + G_{zc} \cdot 17 - G_m \cdot 8,53 + G_{pc} \cdot 0,5 + G_{pn} \cdot 2,44 = 0$$

$$R_a = \frac{18,77G_n + 17G_{zc} + 8,53G_m + 0,5G_{pc} - 2,44G_{pn}}{17,5} =$$

$$= \frac{18,77 \cdot 33 + 17 \cdot 216 + 8,53 \cdot 898 + 0,5 \cdot 250 - 2,44 \cdot 117}{17,5}$$

$$R_a = 673,76 \text{ кН}$$

Ділянка 1 ($0 < x_1 < 1,27$)

					<i>ЛП71.163112.01-70PP</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

$$Q_1 = -G_n = -33 \text{ кН}$$

$$M_{z1} = -G_n \cdot x_1 = -33 \cdot x_1$$

при $x_1 = 0 \text{ м}$, $M_{z1} = 0$

при $x_1 = 1,27 \text{ м}$, $M_{z1} = -33 \cdot 1,27 = -41,9 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Ділянка 2 ($0 < x_2 < 0,5$)

$$Q_2 = -G_n + R_a = -33 + 673,76 = 640,76 \text{ кН}$$

$$M_{z2} = -G_n(1,27 + x_2) + R_a \cdot x_2 = -33(1,27 + x_2) + 673,76 \cdot x_2$$

при $x_2 = 0 \text{ м}$, $M_{z2} = -41,9 \text{ кН} \cdot \text{м}$

при $x_2 = 0,5 \text{ м}$, $M_{z2} = 278,47 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Ділянка 3 ($0 < x_3 < 0,77$)

$$Q_3 = -G_n + R_a - G_{зч} = -33 + 673,76 - 216 = 424,76 \text{ кН}$$

$$M_{z3} = -G_n(1,77 + x_3) + R_a(0,5 + x_3) - G_{зч} \cdot x_3 =$$

$$= -33(1,77 + x_3) + 673,76(0,5 + x_3) - 216 \cdot x_3$$

при $x_3 = 0 \text{ м}$, $M_{z3} = 278,47 \text{ кН} \cdot \text{м}$

при $x_3 = 0,77 \text{ м}$, $M_{z3} = 605,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Ділянка 4 ($0 < x_4 < 15,02$)

$$Q_4 = -G_n + R_a - G_{зч} - g \cdot x_4 = -33 + 673,76 - 216 - 59,78 \cdot x_4$$

при $x_4 = 0 \text{ м}$, $Q_4 = 424,76 \text{ кН}$

при $x_4 = 15,02 м, Q_4 = -473,24 кН$

$$\begin{aligned} M_{z4} &= -G_n(2,54 + x_4) + R_a(1,27 + x_4) - G_{3ч}(0,77 + x_4) - g \cdot x_4 \cdot x_4 / 2 = \\ &= -33(2,54 + x_4) + 673,76(1,27 + x_4) - 216(0,77 + x_4) - 59,78 \cdot x_4^2 / 2 \end{aligned}$$

при $x_4 = 0 м, M_{z4} = 605,5 кН \cdot м$

при $x_4 = 15,02 м, M_{z4} = -32558,5 кН \cdot м$

Ділянка 5 ($0 < x_5 < 52,44$)

$$Q_5 = G_{pn} = 117 кН$$

$$M_5 = G_{pn} \cdot x_5 = 117 \cdot x_5$$

при $x_5 = 0 м, M_{z5} = 0$

при $x_5 = 2,44 м, M_{z5} = 285,48 кН \cdot м$

Ділянка 6 ($0 < x_5 < 0,5$)

$$Q_6 = G_{pn} - R_{\epsilon} = 117 - 830,48 = -713,48 кН$$

$$M_6 = G_{pn}(2,44 + x_6) - R_{\epsilon} \cdot x_6 = 117(2,44 + x_6) - R_{\epsilon} \cdot x_6 = 117(2,44 + x_6) - 830,48 \cdot x_6$$

при $x_6 = 0 м, M_{z6} = 285,48 кН \cdot м$

при $x_6 = 0,5 м, M_{z6} = -71,26 кН \cdot м$

Ділянка 7 ($0 < x_7 < 0,72$)

$$Q_7 = G_{pn} - R_{\epsilon} - G_{пч} = 117 - 830,48 + 250 = 463,48 кН$$

$$M_7 = G_{pn}(2,94 + x_7) - R_{\epsilon}(0,5 + x_7) + G_{пч} \cdot x_7 =$$

$$= 117(2,94 + x_7) - 830,48(0,5 + x_6) + 250 \cdot x_7$$

при $x_7 = 0 \text{ м}$, $M_{z7} = -71,26 \text{ кН} \cdot \text{м}$

при $x_7 = 0,72 \text{ м}$, $M_{z7} = -404,96 \text{ кН} \cdot \text{м}$

$$R_{z \max} = 3258 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$Q_{\max} = 713 \text{ кН}$$

На ділянці від муфти до першого підшипника діє повний обертаючий момент, кНм

$$M_{\text{кр}} = \frac{100 \cdot N_{\text{дв}}}{\omega} = \frac{100 \cdot 1650}{1,97} = 837,56$$

де $N_{\text{дв}}$ – потужність двигуна, кВт;

ω – кутова швидкість, рад/с;

Внаслідок тертя в підшипнику обертаючий момент зменшиться на величину, кНм

$$M_T = R_B \mu \cdot r_{\text{ц}}$$

где R_B – навантаження на підшипник, кН;

μ – коефіцієнт тертя в підшипнику;

r_u – радіус цапфи, м

$$M_T = 830,48 \cdot 0,1 \cdot 0,7 = 58,13$$

По довжині корпусу обертальний момент змінюється по похилій.
Найбільш небезпечний переріз буде в середині прольоту, де прикладений момент, кН·м

$$M_{np} = \sqrt{M_z^2 + M_{кр}^2},$$

де M_z – максимальний згинаючий момент, кН м

$$M_{np} = \sqrt{3258^2 + 838^2} = 3364 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Напруження в цьому перерізі, кН м

$$\sigma = \frac{M_{np}}{kW}$$

де $k = 0,8$ - коефіцієнт, що враховує послаблення перерізу вирізами та отворами для болтів;

W – момент опору перерізу корпусу, м³

$$W = \pi S R^2,$$

де S – товщина стінки барабана, м

R – зовнішній радіус корпусу, $R = 1,64$ м.

$$W = 3,14 \cdot 0,04 \cdot 1,64^2 = 0,34 \text{ м}^3$$

Підставляємо отримане значення в формулу

$$\sigma = \frac{3364}{0,8 \cdot 0,34} = 12368 \text{ кН / м}^2$$

2.3 Розрахунок болтів

Найбільш навантажені болти зі сторони приводу. Болти працюють на зріз та розтяг.

Зріз болтів відбувається під дією рівнодійної P_p маси обертальних частин млина та відцентрової сили інерції, також від зусилля, що створює обертальний момент, що передається від двигуна. Зусилля $P_{окр}$, прикладене по колу, що проходить через центри болтів, направлене по дотичній до цього кола, Н

$$P_{окр} = \frac{M_{кр}}{R_{\sigma}} = \frac{N}{2\pi n R_{\sigma}};$$

де $M_{кр}$ – обертальний момент, кН·м

$$M_{кр} = 837,56 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

R_{ϕ} – радіус кола центра болтів, м

$$R_{\phi} = 1,8 \text{ м}$$

N – потужність електродвигуна, кВт

$$N = 1650 \text{ кВт}$$

n – частота обертання млина, с^{-1}

$$n = 17 \text{ с}^{-1}$$

$$P_{окр} = \frac{994718,39}{1,8} = 552621,32 \text{ Н} = 552,6 \text{ кН}$$

Сумарна сила зрізу буде

$$P_{сум} = P_p + P_{окр}$$

$$P_p = 2324,2 \text{ кН}$$

$$P_{сум} = 2324,2 + 552,6 = 2876,8 \text{ кН}$$

Величина напруження τ_{cp} в болтах під дією сумарної сили зрізу:

$$\tau_{cp} = \frac{P_{сум}}{mF}$$

де m – кількість болтів, шт

$m = 16$ шт.

F – площа перерізу болта, м^2

$F = 0,01131 \text{ м}^2$

$$\tau_{cp} = \frac{2876,8}{16 \cdot 0,01131} = 15897435 \text{ Па} = 16 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження зрізу для сталі Ст 3, $[\tau_{cp}] = 48 \text{ МПа}$

Розтягуюче зусилля Q_{om} від дії згинаючого моменту (рис. 2.2) буде, Н

$$Q = \frac{M_{изг}}{m_1 R_o}$$

де m_1 – кількість рівномірнозатягнутих болтів, шт;

$m_1 = 32$.

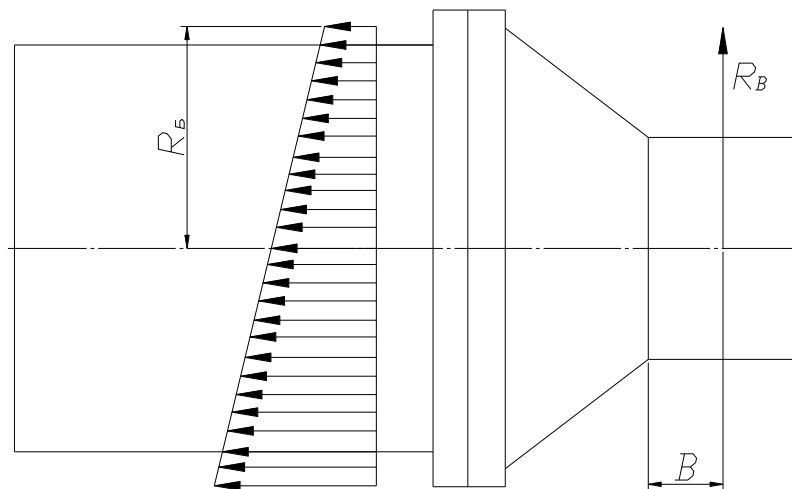


Рис. 2.1 – Схема до розрахунку болтів.

$$Q = \frac{5795348,8}{32 \cdot 1,8} = 100613,7 H = 100,6 kH$$

Зусилля затяжки болтів T , H .

$$T = \sigma_{\text{зат}} \cdot F_1$$

де $\sigma_{\text{зат}} = 120 \text{ МПа}$

$\sigma_{\text{зат}}$ – напруження затяжки, МПа

F_1 – площа перерізу нарізаної частини болта, м^2

$$F_1 = 0,0085 \text{ м}^2$$

$$T = 120 \cdot 0,0085 = 1020 \text{ кН}$$

Сумарна величина розтягуючого зусилля $Q_{\text{сум}}$, H

$$Q_{\text{сум}} = \kappa \cdot Q + T$$

де κ – коефіцієнт, що враховує пружність болта,

$$\kappa = 0,3$$

$$Q_{\text{сум}} = 0,3 \cdot 100613,7 + 1020000 = 1050,1 \text{ кН}$$

Обертаючий момент необхідний для затяжки болта, визначають, $\text{кН}\cdot\text{м}$

					<i>ЛП71.163112.01-70PP</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$M_{кр} = T \cdot d_o \cdot k_1$$

де d_o – діаметр стержня болта, м

$$d_o = 0,06 \text{ м}$$

k_1 – коефіцієнт запасу міцності

$$k_1 = 1,2$$

$$M_{кр} = 10440 \cdot 1,2 = 75,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Дотичне напруження τ_H , що виникає в нарізній частині болта, МПа

$$\tau_H = \frac{M_{кр}}{0,2 d_H^3 m_2}$$

де m_2 – загальна кількість болтів, шт

$$m_2 = 48$$

d_H – діаметр нарізної частини болта, м

$$d_H = 0,052 \text{ м}$$

Дотичне напруження τ_H , що виникає в стержні, МПа

$$\tau_H = \frac{M_{кр}}{0,2 d_H^3 m_2}$$

d_c – діаметр стержня, м

					<i>ЛП71.163112.01-70PP</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$d_c = 0,06 \text{ м}$$

$$\tau_H = \frac{75200}{0,2 \cdot 0,052^3} \cdot \frac{1}{48} = 55,7 \text{ МПа}$$

$$\tau_c = \frac{75200}{0,2 \cdot 0,06^3} \cdot \frac{1}{48} = 36,3 \text{ МПа}$$

2.4 Результати числового аналізу НДС корпусу трубного млина

Геометрична модель вузла корпусу трубного млина побудована в САД-системі Catia V5 (рис 2.3).

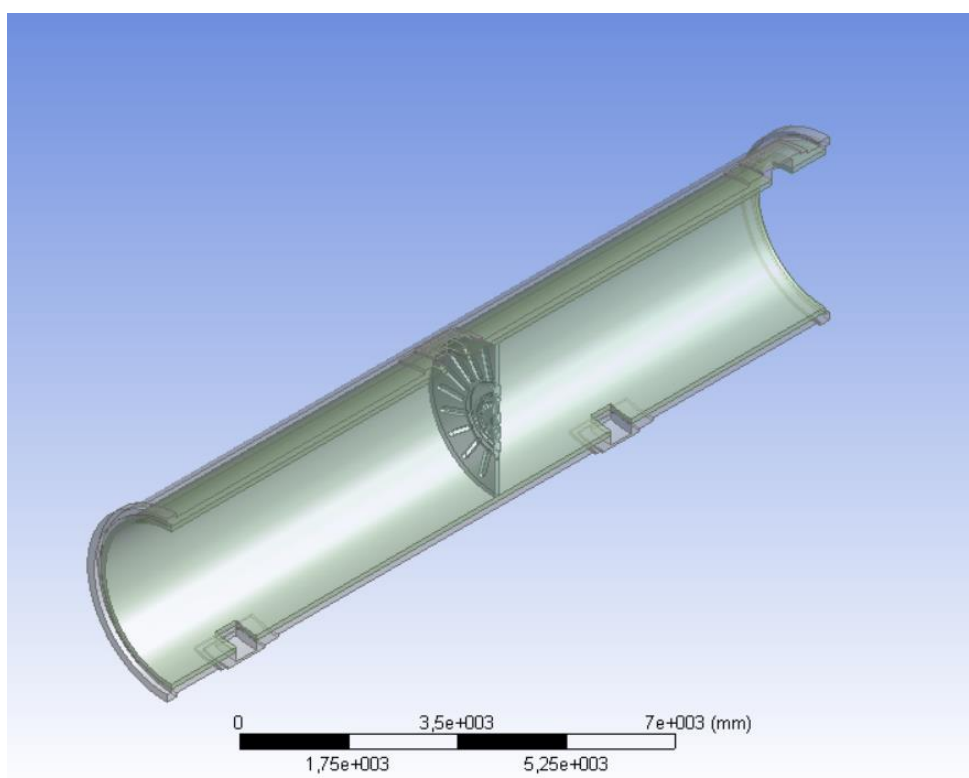


Рисунок 2.3 – Тривимірна модель корпусу.

Розрахунок НДС корпусу виконано з використанням САЕ-системи ANSYS (Static Structural – Design Modeler, Mechanical), що побудовані на базі

числового методу скінченних елементів.

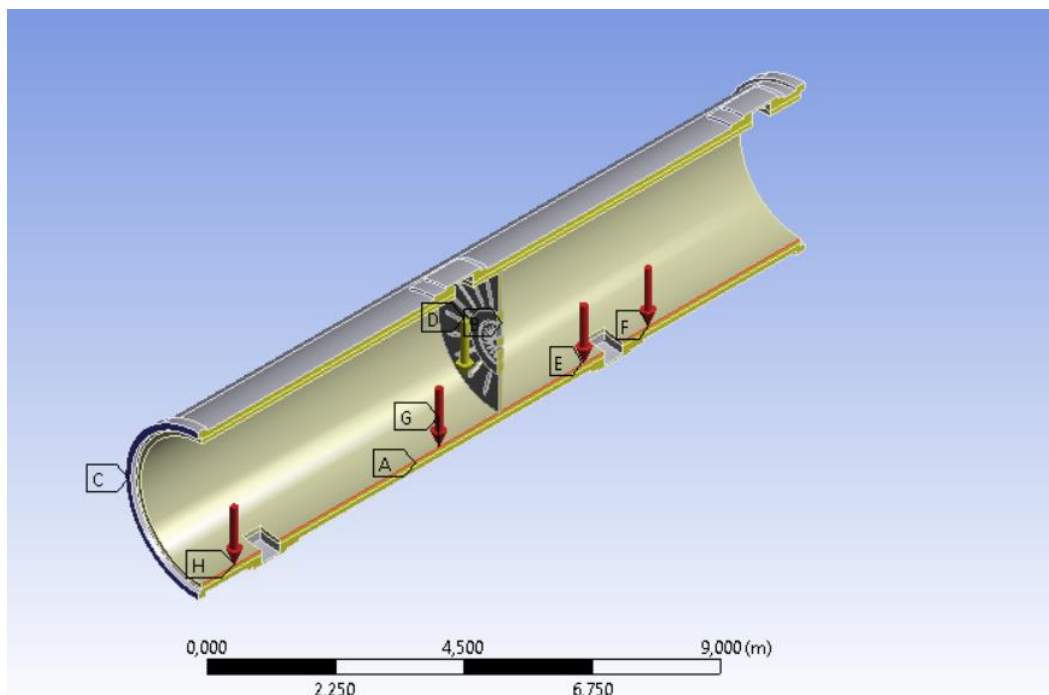


Рисунок 2.4 – Закріплення та навантаження корпусу.

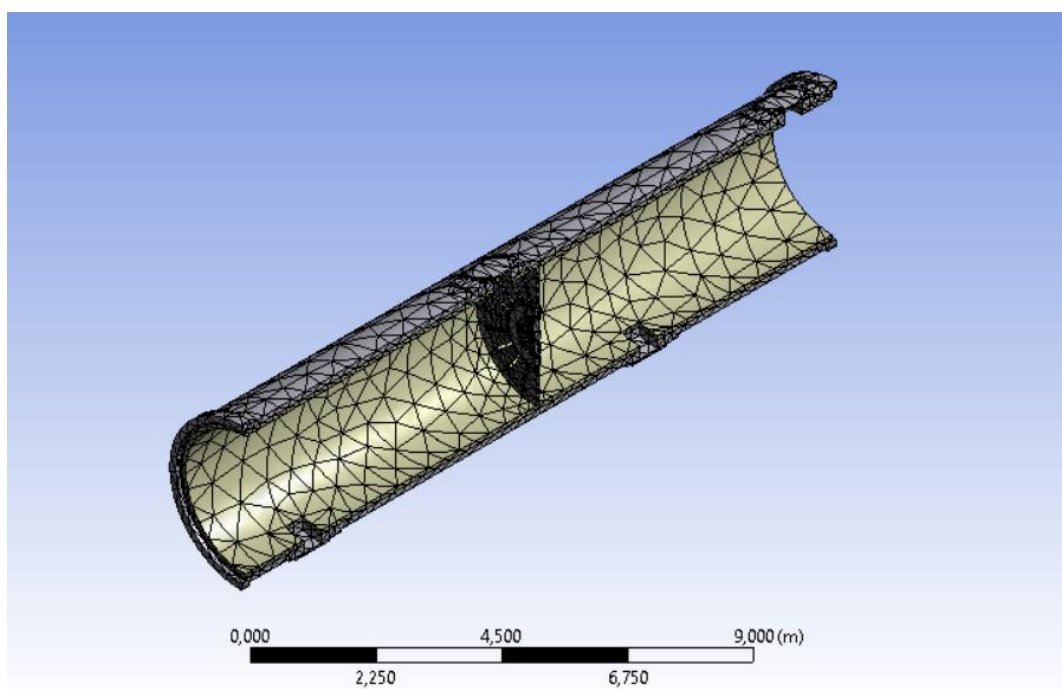


Рисунок 2.5 – Скінченно-елементна модель корпусу.

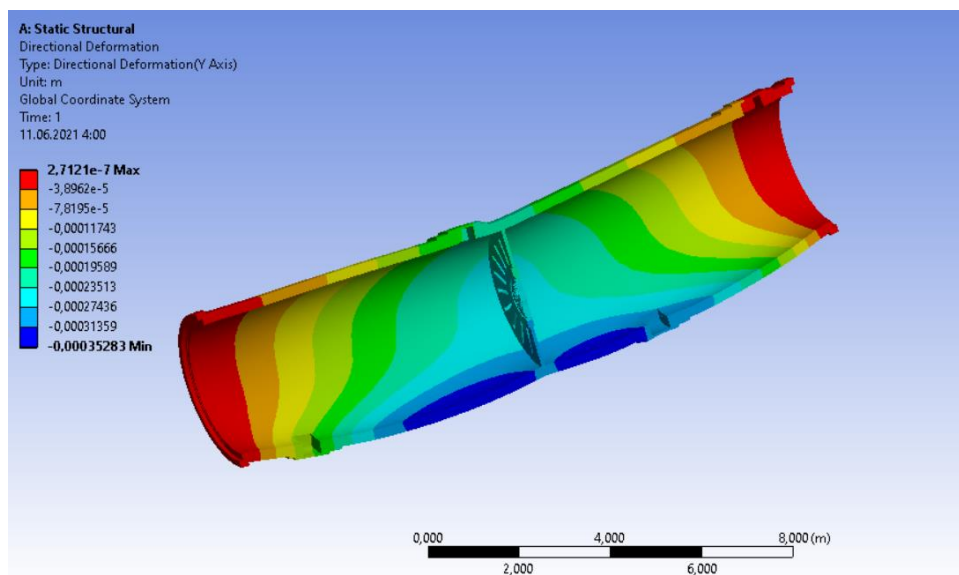


Рисунок 2.6 – Поле сумарних переміщень корпусу.

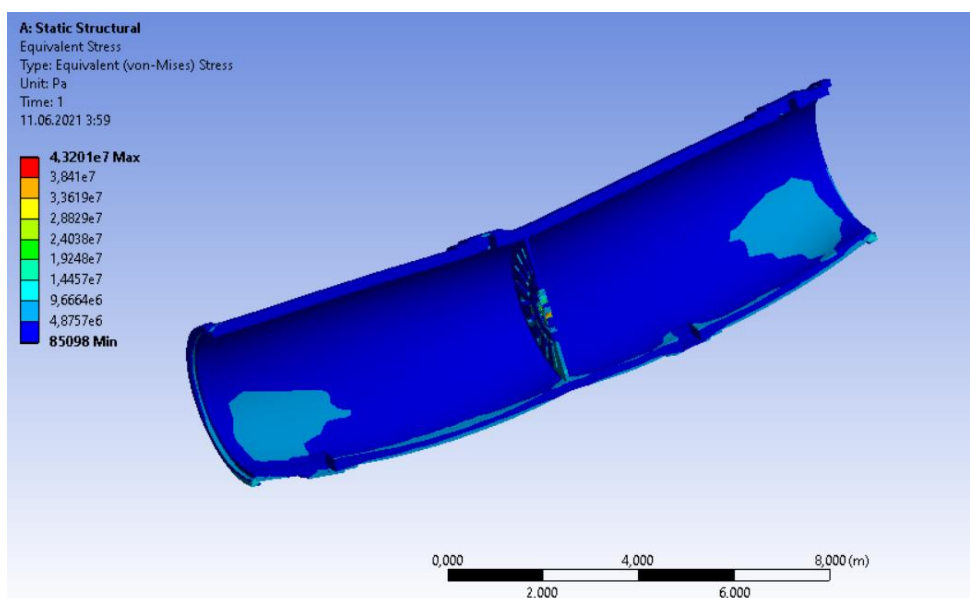


Рисунок 2.7 – Поле еквівалентних напружень за Мізесом.

Виконуємо розрахунок модернізованого. Для цього створюємо тривимірну модель ролика в Catia V5. Задаємо аналогічні навантаження та закріплення.

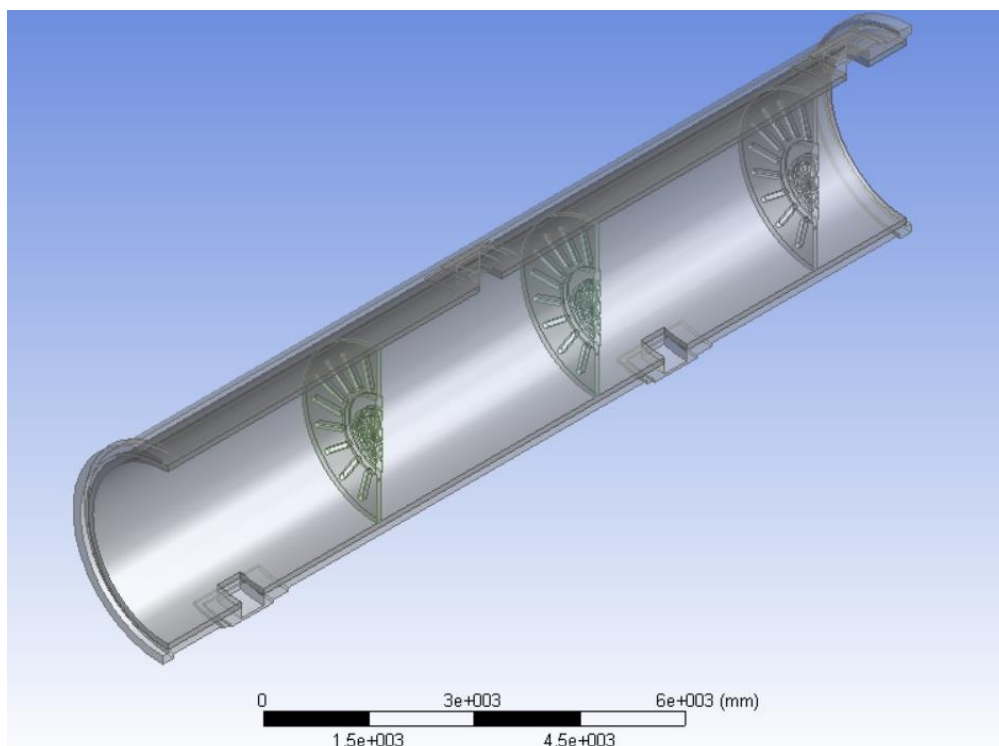


Рис. 2.8 – Тривимірна модель модернізованого корпусу.

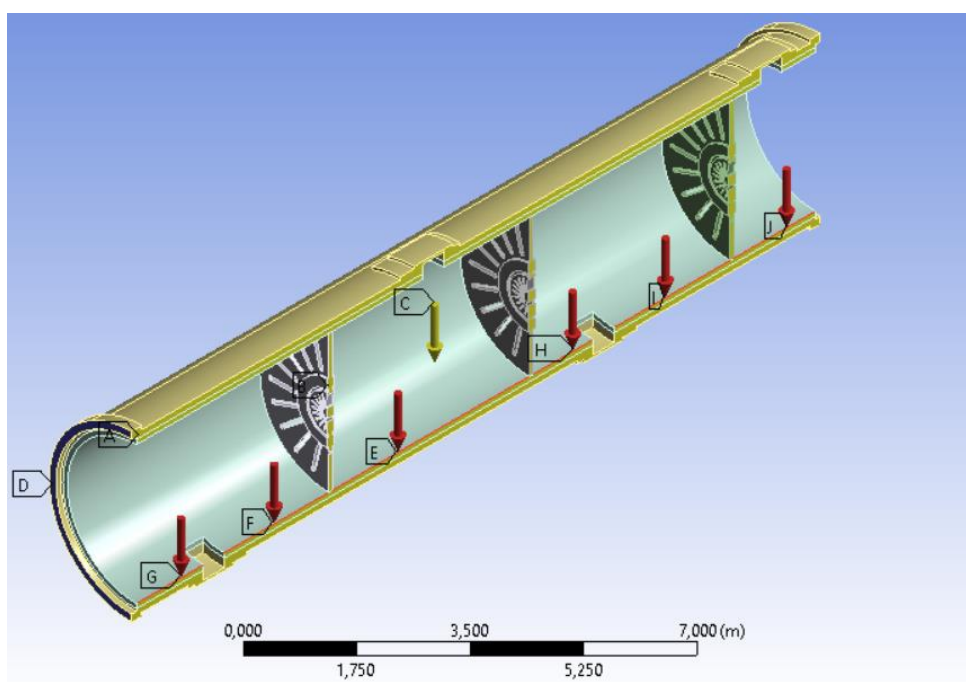


Рисунок 2.9 – Закріплення та навантаження модернізованого корпусу.

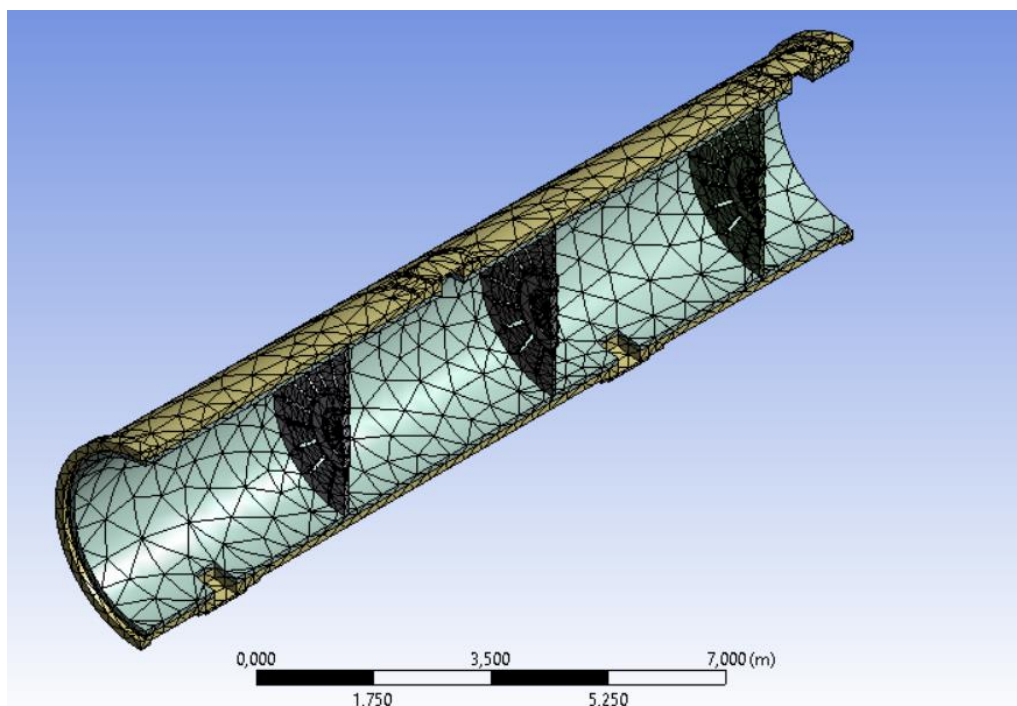


Рисунок 2.10 - Скінченно-елементна модель.

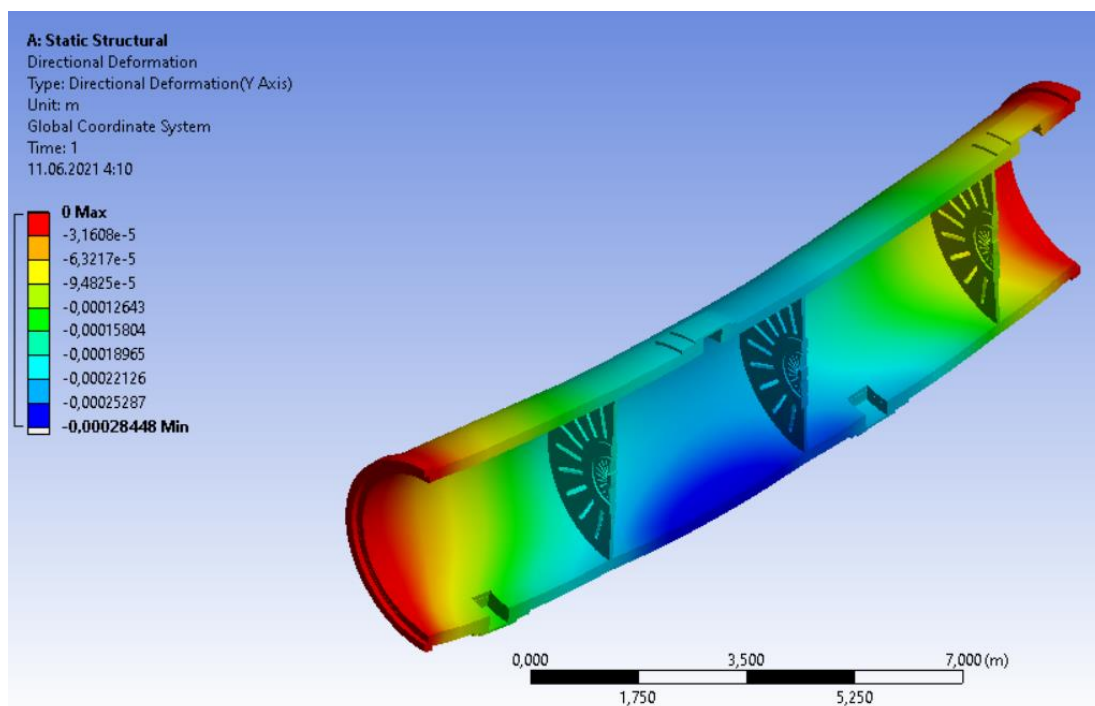


Рисунок 2.11 – Поле сумарних переміщень модернізованого корпусу.

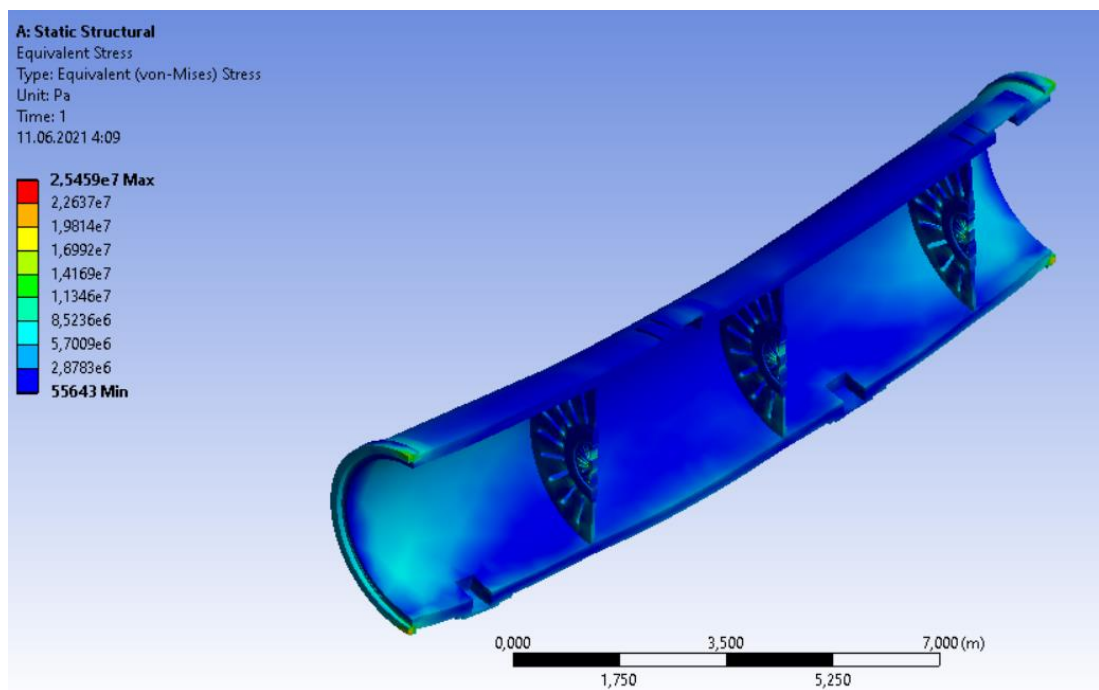


Рисунок 2.12 – Поле еквівалентних навантажень за Мізесом модернізованого корпусу.

ВИСНОВКИ

Виконано параметричний та кінематичний розрахунок млина трубного для визначення основних характеристик і параметрів роботи машини та підтверджено працездатність його вузлів.

За результатами числового аналізу НДС корпусу млина трубного в системі ANSYS отримано та порівняно значення фізичних характеристик корпусу до та після модернізації. В результаті модернізації за патентом №2150324 отримано наступні значення:

- максимальні сумарні переміщення корпусу зменшилися на 19,4%;
- еквівалентні навантаження за Мізесом – на 41 %.

При цьому запас міцності конструкції забезпечує надійну експлуатацію корпусу, що дозволяє використовувати обрані конструкційні матеріали для виготовлення корпусу трубного млина.

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

ЗМІСТ

1. Технологія виготовлення деталі.....	2
1.1 Опис та призначення деталі.....	3
1.2 Вибір заготовки для виготовлення.....	5
1.3 Технологічний процес виготовлення деталі.....	6
2. Вибір та розрахунок пристосування для певної конструкції.....	9
2.1 Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії.....	12
2.2 Розрахунок сил закріплення деталі.....	13

ВИСНОВКИ

Перелік посилань

Додатки

					<i>ЛП71.163112.01-70ТС</i>			
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		Літера	Лист	Листів
Розроб		Педь				у	1	
Керівник		Чемерис						
Н. Контр.								
Затв.						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		

1 Технологія виготовлення деталі

В даному розділі дипломного проекту розроблено технологічний процес виготовлення корпусу муфти та спроектовано технологічне оснащення.

Мета дослідження – отримати практичні навички розв'язання задач, які виникають при розробці технологічних процесів виготовлення деталей та проектуванні технологічної оснастки.

Під час виконання роботи розробляється технологічний процес виготовлення деталі "корпус", що означає вибір методу виготовлення заготовки, призначення послідовності виконання операцій, вибір устаткування і інструмента для кожної операції технологічного процесу.

В цій частині описані порядок і всі етапи розробки технологічного процесу виготовлення корпусу.

Технологічний процес виготовлення втулки наведено в МК, КЕ та ОК.

					<i>ЛП71.163112.01-70ТС</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

1.1 Опис та призначення деталі

Корпусні деталі (рис. 1.1) являються в машинах базовими елементами. Тому формулювання службового призначення деталі може визначати відносні положення інших деталей, що входять в корпус або знаходяться дотикаючись до нього. Також корпусні деталі часто використовуються як резервуари, камери згорання, різні блоки тощо [17].

Технічні вимоги до корпусних деталей впливають з їх службового призначення. Забезпечення технічних вимог означає формування необхідних фізико-механічних властивостей матеріалу корпусу, отримання необхідної геометричної точності деталі та створення умов для забезпечення зручності виконання механічноскладальних та експлуатаційних робіт. Технологічні вимоги, які відносяться до параметрів геометричної точності деталі, забезпечують на різних етапах їх виготовлення.

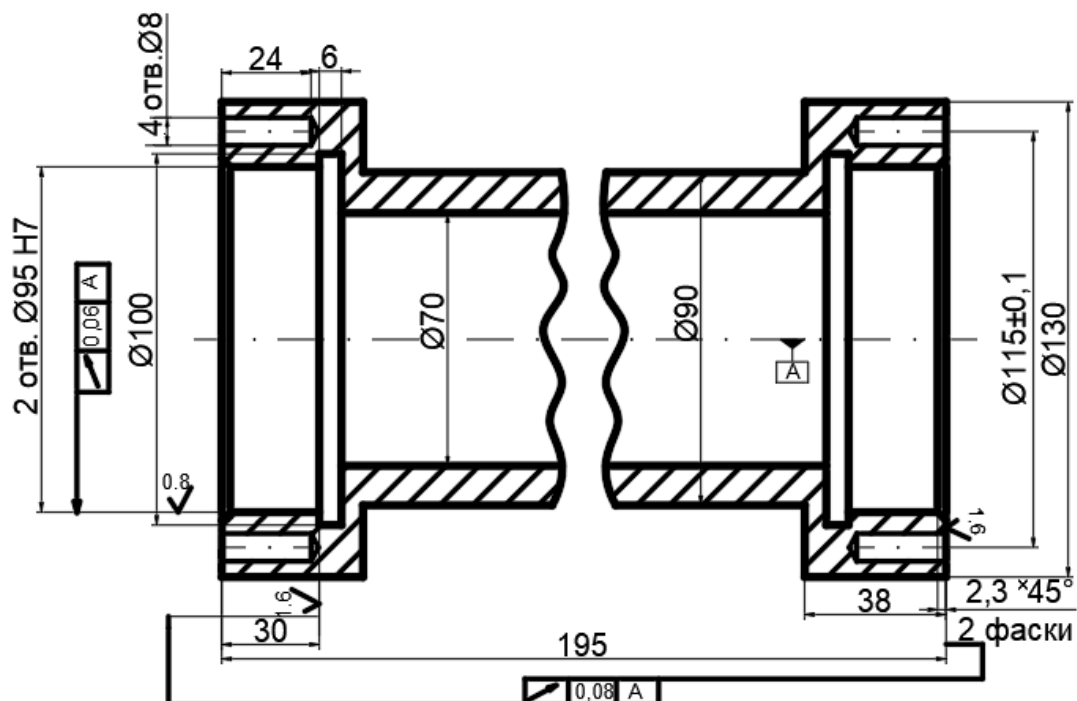


Рис. 1.1 – Креслення деталі «корпус».

Корпусні деталі залежно від їх призначення і умов роботи виготовляють з найрізноманітніших матеріалів: від найпримітивніших пластмас до дорогих високолегованих сталей і сплавів, основна маса корпусів – металеві. Застосування того чи іншого матеріалу залежить від ступеня навантаженості, відповідності розмірів та умов середовища.

Матеріал розглядуваного корпусу – СЧ15, що має такі хімічний склад та фізико-механічні властивості [18]:

Хімічний склад матеріалу СЧ15 ГОСТ 1412 - 85

C	Si	Mn	S	P	Fe
3.5-3.7	2-2.4	0.5-0.8	до 0.15	до 0.2	~ 93

Механічні властивості при T=20°C

Сортамент	Розмер	Напр.	s _B	s _T	d ₅	y	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
Відливки, ГОСТ 1412-85			150					

Фізичні властивості

T	E 10 ⁻⁵	a 10 ⁶	l	ρ	C	R 10 ⁹
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	0.9		59	7000		
100		9			460	

Позначення:

Механічні властивості :

s_b - Межа короточасної міцності, [МПа]

s_T - Межа пропорційності (межа плинності для залишкової деформації), [МПа]

d_5 - Відносне подовження при розриві, [%]

y - Відносне звуження, [%]

KCU - Ударна в'язкість, [кДж / м²]

HВ - Твердість по Брінеллю, [МПа]

Фізичні властивості :

T - Температура, при якій отримані дані властивості, [Град]

E - Модуль пружності першого роду, [МПа]

α - Коефіцієнт температурного (лінійного) розширення (діапазон 20о - T), [1 / Град]

I- Коефіцієнт теплопровідності (теплоємність матеріалу), [Вт / (м · град)]

ρ - Щільність матеріалу, [кг / м³]

C - Питома теплоємність матеріалу (діапазон 20о - T), [Дж / (кг · град)]

R – Питомий опір, [Ом·м]

1.2 Вибір заготовки для виготовлення

Відповідно до вимог креслення і в результаті аналізу конструкції корпусу робимо висновок, що найбільш доцільно використовувати литу заготовку. З усіх способів утворення литих заготовок у розглянутому випадку можна застосувати лиття в піщано–глинисті форми з машинним

					<i>ЛП71.163112.01-70ТС</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

формуванням за металевими моделями, лиття в оболонкові форми, лиття за моделями, які виплавляються, і лиття в металеві форми (кокілі). Три останні способи дозволяють забезпечити більшу якість виливків, ніж лиття в піщано–глинисті форми, але вони вимагають більших затрат на виготовлення ливарного оснащення та організацію ділянки і більш складні. При литті заготовок середніх розмірів з чавуну в металеві форми стійкість форм низька і складає 100–500 виливків [19].

Враховуючи розміри і матеріал корпусу, невисокі вимоги до якості виливків і найменшу вартість лиття в піщано–глинисті форми, заготовку будемо створювати литтям у сирі форми із формувальних сумішей з вологістю від 3,5 до 4,52% і міцністю від 60 до 120 кПа (від 0,6 до 1,2 кгс/см) з рівнем ущільнення до твердості, не нижчої 70 одиниць (див. ГОСТ 26645–85). Формування машинне за металевими моделями [20].

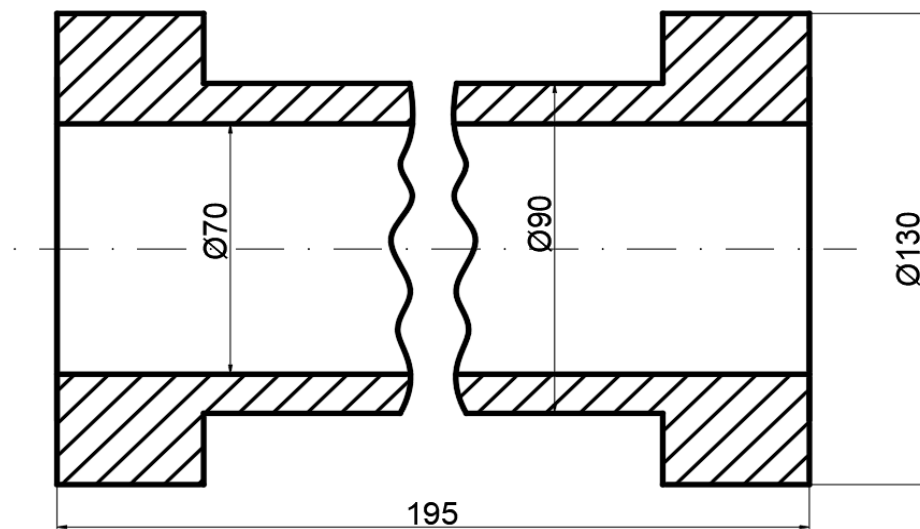


Рис. 1.2 – Заготовка деталі

1.3 Технологічний процес виготовлення деталі

Згідно з класифікацією деталей, заснованою на ідентичності процесів обробки та форми деталей, основне різноманіття деталей можна звести до

					<i>ЛП71.163112.01-70ТС</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

основних класів. Для цих класів представимо типові схеми обробки, які можуть бути основними при розробці технологічних процесів обробки конкретних деталей. В даній роботі розглядаємо деталь типу – корпус.

Базування. Найбільш надійною базою є одна з площин найбільшої протяжності і двох точних отворів. На вказаних базах потрібно виконувати чорнову та чистову обробку всіх поверхонь, включаючи точні, взаємопов'язані розміри з допусками до 0.03 мм. Необхідно використовувати максимально віддалені один від одного отвори. Якщо отвір відсутній, то їх потрібно створити, щоб забезпечити раціональне базування [21].

Перші дві операції механічної обробки повинні бути обробкою базової площини; свердління та розгортання двох отворів на базовій площині.

Подальша обробка виконується в такій послідовності:

1. Чернова та чистова обробка інших значних площин фрезуванням чи протягуванням;
2. Чернова та чистова розточка основних отворів корпусної деталі;
3. Фрезування невеликих другорядних площин за один перехід;
4. Свердління, зенкерування та нарізання різьби, розгортка дрібних отворів з різних сторін деталі;
5. Доведення до кінцевих розмірів основних точних отворів тонкої розточки чи шліфуванням;
6. При потребі строгої перпендикулярності торців до осі точних основних отворів їх доведення виконують фрезуванням, шліфуванням чи проточкою. При цьому базою є точний отвір.

ГОСТ 3.1118-82										Формат									
Дубл.	Взам.	Позн.	Изм.	Лист	№ докум.	Пош.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Пош.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Пош.	Дата		
Разраб. Пров.			Подп. Малафеев			НТУУ "КПІ" ІХФ			КОРПУС										
Утв. ІІ. контр.																			
Сч415 ГОСТ 1058-88																			
М01	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры		КД	МЗ								
М02	-	42	1,5			0,77					1,75								
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			См.	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кип.	Тип.	Типт.		
Б				Код, наименование оборудования															
А03	05	03	01	005	3608	Токарна	20101.02237 ЮП N° 23-82												
Б04	381101	Токарный верстат 16К20					1	15292	313	10	1	1	80000	1	1,67	1,16			
05																			
А06	05	03	01	010	3608	Токарна	20101.02237 ЮП N° 23-82												
Б07	381101	Токарный верстат 16К20					1	15292	313	10	1	1	80000	1	1,67	1,16			
08																			
А09	0	03	02	020	3608	Токарна	20101.02237 ЮП N° 23-90												
Б10	381101	Токарный верстат 16К20					1	15292	313	10	1	1	80000	1	1,67	1,16			
11																			
А12	05	03	01	025	3708	Свердильна	20101.02237 ЮП N° 23-82												
Б13	381101	Радіально-свердильний 2Н53					1	15292	313	10	1	1	80000	1	1,67	1,16			
14																			
А15	06	03	02	030	3708	Свердильна	20101.02237 ЮП N° 23-90												
Б16	381101	Радіально-свердильний 2Н53					1	15292	313	10	1	1	80000	1	1,67	1,16			
МК																			

Рис. 1.3 – Операційна карта виготовлення деталі «корпус».

2. ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ПЕВНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

На основі креслення корпусу та описаного в попередньому розділі типового технічного процесу обирають технологічні бази та розбивають маршрут обробки деталі. При цьому необхідно вибрати мінімальне число операцій та переходів.

- Операція 005. Токарна.

Чорнове та чистове точіння $d=70$ мм довжиною 195 мм.

Деталь закріплюється в трьохкулачковому патроні.

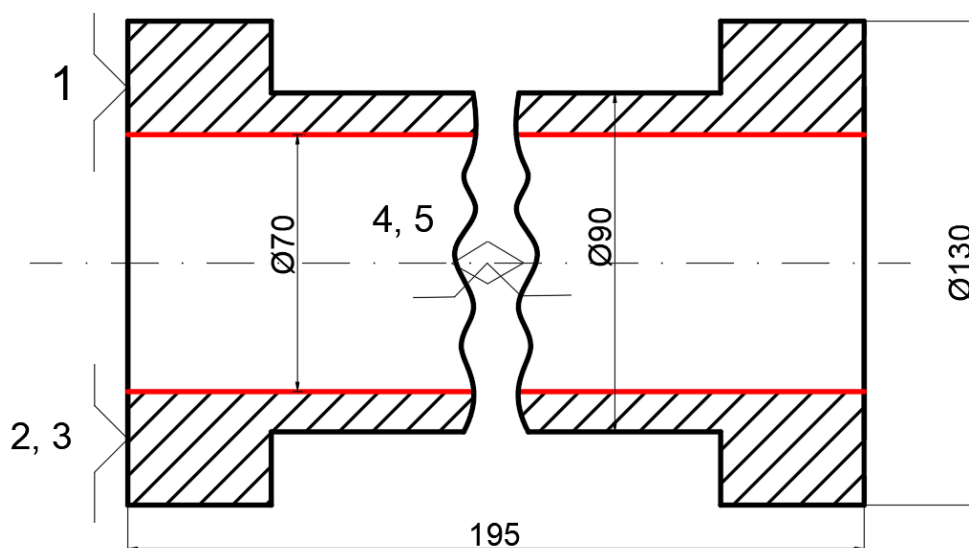


Рис. 2.1 – Графічне зображення токарної операції 005.

- Операція 010. Токарна.

Чорнове та чистове точіння $d=130\text{мм}$ шириною 38 мм.

Для базування деталі використовують оправку.

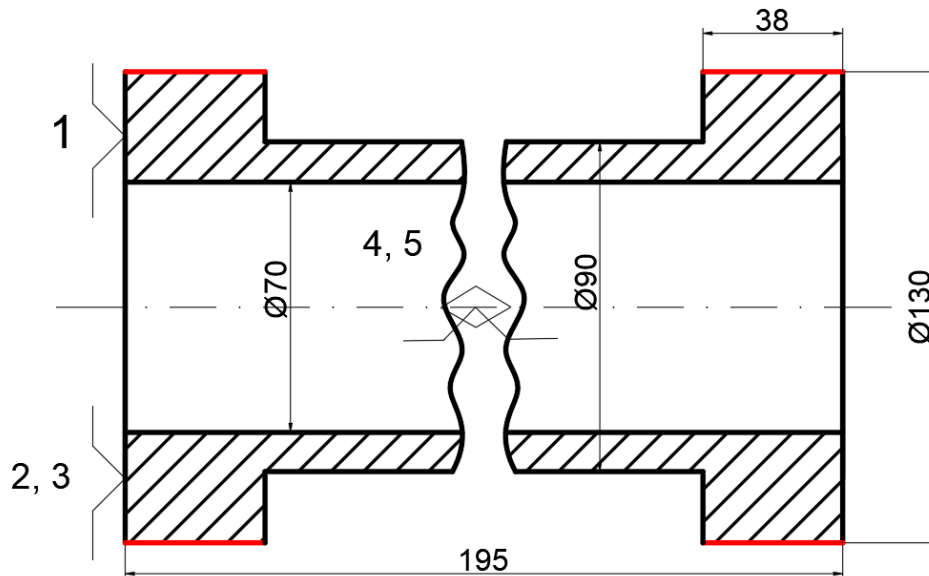


Рис. 2.2 – Графічне зображення токарної операції 010.

- Операція 015. Токарна.

Чорнове та чистове точіння отворів $d=95\text{H7}$ мм.

Чорнове та чистове точіння двох канавок 100×6 з одночасним зняттям фаски. Деталь закріплюється в трьохкулачковому патроні.

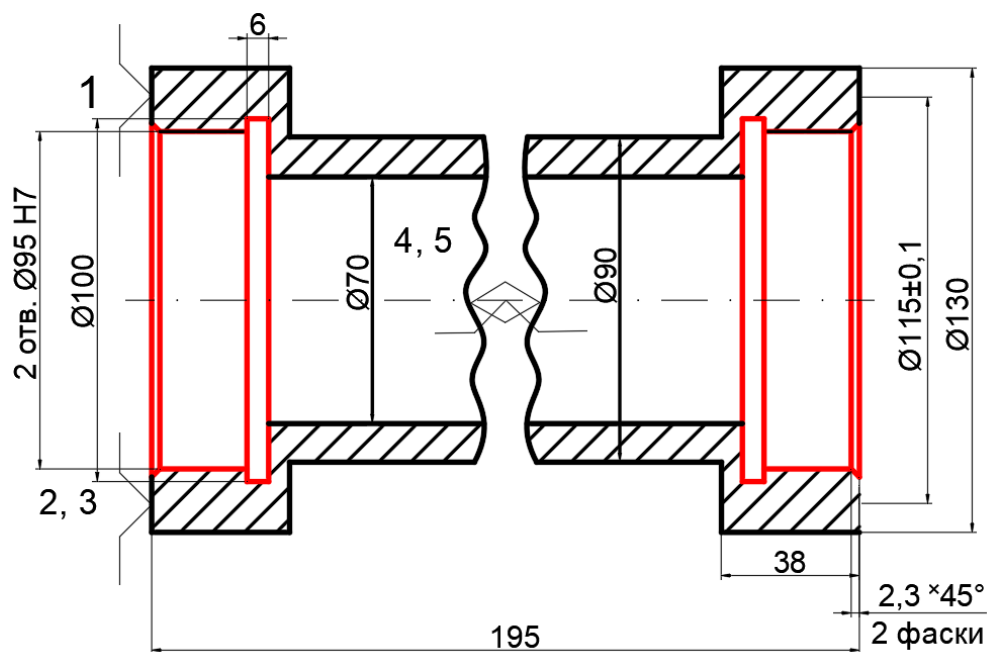


Рис. 2.3 – Графічне зображення токарної операції 015.

- Операція 020. Свердління.

Свердління 2 отворів $d=8$ мм.

Деталь закріплюється у призмі, тому що вона циліндричної форми.

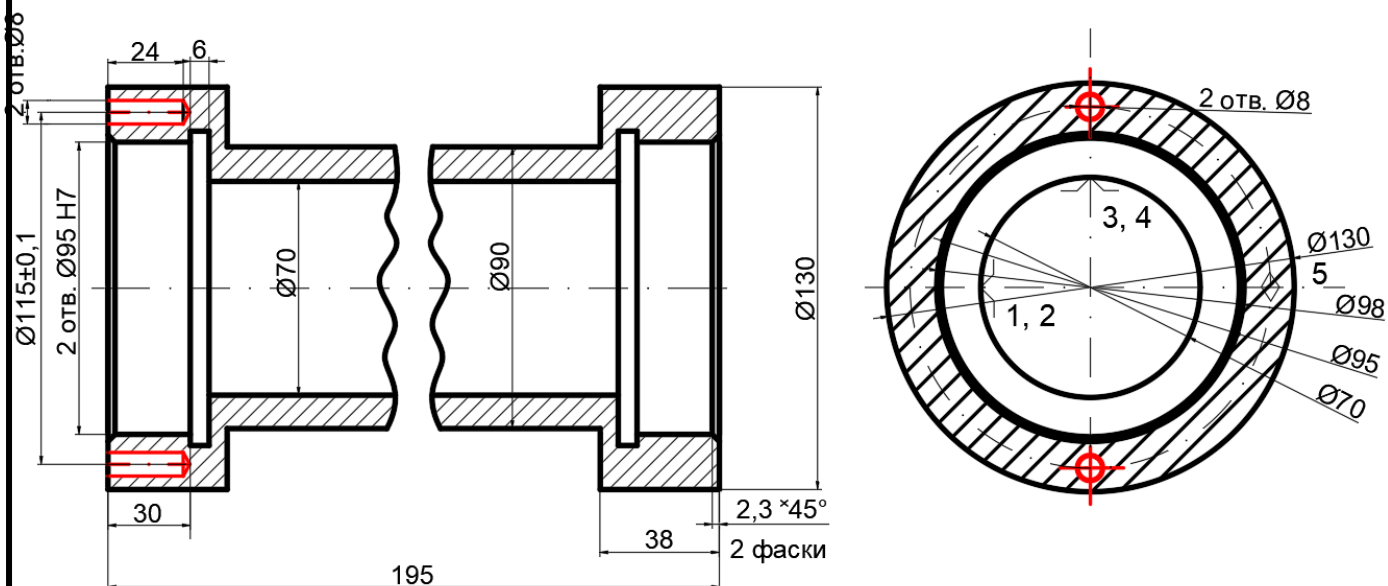


Рис. 2.4 – Графічне зображення свердлильної операції 020.

- Операція 025. Свердління.

Свердління 2 протилежних отворів $d=8$ мм.

Деталь закріплюється у призмі, тому що вона циліндричної форми.

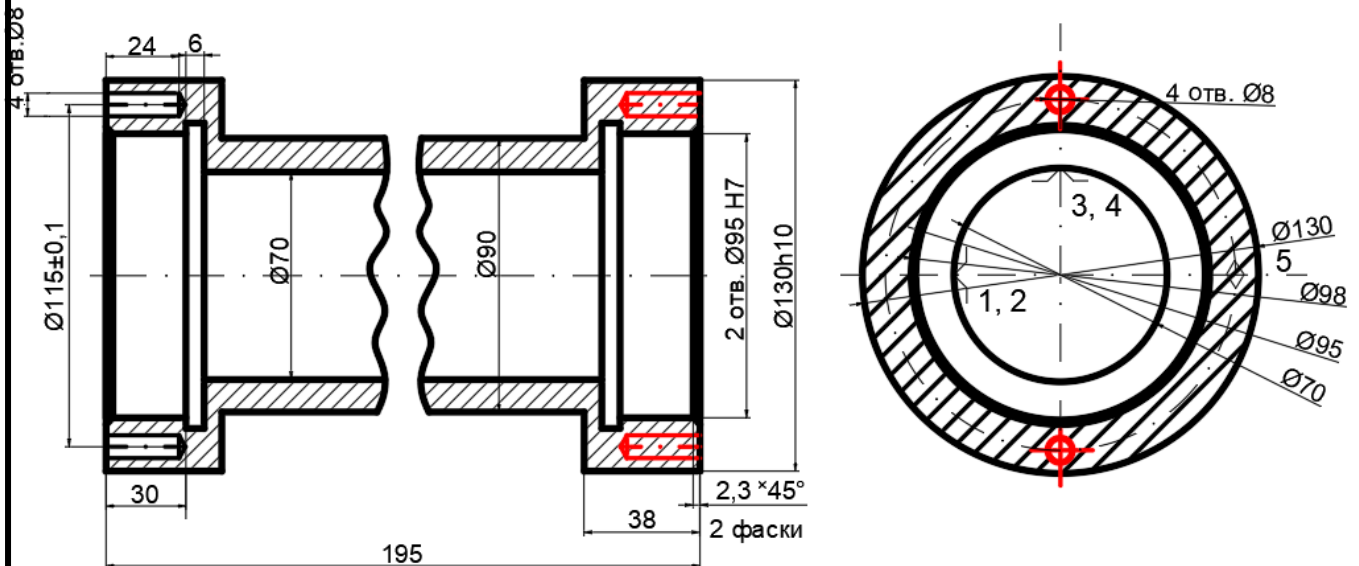


Рис. 2.4 – Графічне зображення свердлильної операції 025.

2.1 Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії

Вибір моделей устаткування, визначення частоти обертання і подачі здійснюють відповідно до рекомендацій. Для середньосерійного виробництва підбирають високопродуктивне універсальне та спеціалізоване устаткування, орієнтуючись на відповідність основних розмірів робочих органів верстата габаритним розмірам оброблюваної заготовки і досягнення необхідної точності, а також на використання мінімальної кількості різних моделей верстатів. Обробку виконують стандартним інструментом [21].

Матеріал різальної частини різців та фрез – сплав ВК6, що рекомендується при обробці різних видів чавунів. Для свердління отворів та

протягування застосовують інструменти із швидкорізальної сталі Р18.

Операції 005-015. Токарна

Виконують її на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16К20 з такими характеристиками : найбільший діаметр обробки над станиною – 400 мм, відстань між центрами – 710; 1000; 1400; 2000 мм, найбільший розмір оброблюваної заготовки над супортом – 220 мм, найбільший діаметр оброблюваного прутка – 50 мм, кількість ступенів частоти обертання шпинделя – 24, частота обертання шпинделя – $12,5 \dots 1600 \text{ хв}^{-1}$, кінець шпинделя 1-6К по ГОСТ 12595-72, найбільший переріз різця різцетримача супорта 25*25 мм, число ступенів подачі: поздовжніх – 22, поперечних – 24, подача на один оберт шпинделя: поздовжніх – 0,05...2,8 мм/об, поперечних – 0,025...1,4 мм/об, потужність електродвигуна – 10 кВт.

Операція 020,025. Свердлильна

Свердління отворів виконують на радіально-свердлильному верстаті моделі 2Н53 з наступними характеристиками: найбільше зусилля подачі $P = 1250 \text{ кг}$; найбільший крутний момент $M = 35,5 \text{ кгс*м}$; потужність електродвигуна $N = 3 \text{ кВт}$; ефективна потужність $N_e = 2,4 \text{ кВт}$, максимальний діаметр свердління 35 мм, отвір в шпинделі – конус Морзе №4. Шпиндель має 21 ступінь швидкостей обертання, число ступенів механічних подач – 12. Для свердління застосовують свердла спіральні із швидкорізальної сталі Р6М5 з нормальним конічним хвостовиком відповідно до ГОСТ 110903-77.

2.2 Розрахунок сил закріплення деталі

Закріплення заготовки в патроні виконується за допомогою затискного гвинта.

Визначаємо силу притискання заготовки P прихватами:

					<i>ЛП71.163112.01-70ТС</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

$$P = \frac{2 \cdot M_{\max} \cdot k}{D \cdot f} = \frac{2 \cdot 35,5 \cdot 3,5}{0,07 \cdot 0,16} = 22187,5 \text{ Н};$$

$M_{\max}$ – максимальний обертовий момент при розточуванні отвору.

$$M_{\max} = 35,5 \text{ Нм}$$

D – діаметр базової поверхні, $D=0,07$ м;

K – коефіцієнт запасу, $k=3,5$ [6]

f – коефіцієнт тертя, $f = 0,16$ [6]

σ – напруження розтягу – стиску матеріалу гвинта, $\sigma = 9 \cdot 10^7 \text{ Па}$ [7].

Діаметр затискного гвинта:

$$d = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma}} = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{22\,187,5}{9 \cdot 10^7}} = 0,022 \text{ м};$$

Приймаємо діаметр гвинта затискаючого механізму Tr 24x2.

ВИСНОВКИ

У розділі дипломного проекту «Технологія виготовлення деталі і монтажу вузла» розроблено технологічний процес виготовлення корпусу. В результаті розроблено маршрутні та операційні карти та карти ескізів для виготовлення корпусу, де підібрано обладнання та металорізальні верстати для його виготовлення.

Розглянуто призначення корпусу та його конструктивні особливості. Обрано пристосування для виконання операцій виготовлення корпусу. Розраховано сили закріплення деталі в патроні трьома прихватами для розточування внутрішньої поверхні корпусу

					<i>ЛП71.163112.01-70ТС</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Загальні висновки

Виконано дипломний проект на тему «Млин трубний з модернізацією корпусу», метою якого було вивчення конструкції, призначення та принципу роботи млина трубного для проведення його модернізації.

Принцип роботи млина трубного розглянуто на прикладі його використання в технологічній лінії помелу клінкеру. Проведено аналіз технологічних характеристик та параметрів роботи млина трубного,, в ході якого визначено переваги та недоліки машини під час її експлуатації.

Визначено, що під час помелу абразивного матеріалу, млин споживає велику кількість електроенергії, що має негативні економічні наслідки. Для вирішення цього недоліку проведено літературно-патентний огляд та обрано патент №2150324, на основі якого запропоновано модернізацію корпусу. Дане рішення дозволяє значно підвищити ефективність роботи млина трубного та зменшити металоємність.

Розроблено розділ «Охорона праці та навколишнього середовища» проаналізовано шкідливі фактори та небезпеки для життя та здоров'я персоналу під час експлуатації млина трубного та визначено шляхи їх усунення.

Проаналізовано механіко-економічні показники, що підтверджують ефективність та доцільність обраної модернізації, а саме збільшення ефективності роботи млина трубного.

Виконано ряд розрахунків млина трубного, які підтверджують працездатність обраної модернізації корпусу. В системі ANSYS виконано розрахунок напружено-деформованого стану корпусу за допомогою задачі статичної пружності. Для ілюстрування доцільності модернізації виконано розрахунок корпусу до та після модернізації.

Отримані результати показують, що:

- максимальні сумарні переміщення корпусу зменшилися на 19,4%;
- еквівалентні навантаження за Мізесом – на 41 %.

При цьому запас міцності конструкції забезпечує надійну експлуатацію корпусу, що дозволяє використовувати обрані конструкційні матеріали для виготовлення корпусу трубного млина.

У розділі «Технологія машинобудування» розроблено технологічний процес виготовлення корпусу муфти, під час якого розроблено операційні та маршрутні карти та карти ескізів процесу, де підібрано обладнання та металорізальні верстати для її виготовлення.

Розглянуто призначення корпусу, її конструктивні особливості. Обрано пристосування для виконання однієї з операцій виготовлення корпусу муфти, а саме патрон з жорстким центруючим елементом і трьома прихватами для розточування внутрішньої поверхні корпусу. Розраховано сили закріплення корпусу в патроні.

За темою дипломного проекту підготовано та опубліковано тези.

Перелік посилань

1. Пашинський А.А. Конструювання зварених хімічних апаратів: Довідник під ред.: А.Р. Толчинського.-А.: Машинобудування, ЛО, 1984. – 382с.
2. Пашинський 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. Сапожников М. Я., Булавін І. А. Машини та апарати силікатної промисловості: Довідник для технічних вузів та факультетів. – 2-ге видавництво, доп. та перероб. – М.: Державне видавництво літератури по будівельним матеріалам, 1955. – 424с.
4. Андреев С. Е., Перов В. А., Зверевич В. В. Дріблення, помел та грохочення корисних копалин. 3-тє вид., доп. та перероб. – М.: Недра, 1980. – 415с.
5. Пат. №95120237/20U / опуб. 17.08.1995 / Автори: Носиков Г.М., Денисов М.Г., Денисов Г.А., Березняк В.М. / B02C.
6. Пат. №2010121478/13 / опуб. 20.11.2011 / Автори: Ханіна О.С., Ханін Д. С., Ханін С.І. / B02C.
7. Пат. №2008089 / опуб. 02.10.1994 / Автори: Григорьев В.Г., Головнин А.А. / B02C.
8. Пат. №2239298 / опуб. 17.06.2004 / Автори: Ханіна О.С., Ханін С.І., Кайдаш В.В., Чалов А.В., Солодовников Д.Н. / B02C.
9. Пат. №2021017 / опуб. 17.06.1994 / Автор: Чурюмов В.А. / B02C.
10. Пат. №2014121 / опуб. 17.06.1994 / Автор: Чурюмов В.А. / B02C.
11. Пат. №2246993 / опуб. 17.06.2005 / Автори: Бікбау М.Я., Мельков Н.Н. / B02C.
12. Пат. №2246355 / опуб. 17.06.2005 / Автори: Богданов В.С., Фадін Ю.С., Латишев С.С. / B02C.

13. Пат. №2005101526/03 / опуб. 17.04.2006 / Авторы: Серга Г.В., Квіткін Д.В., Фоменко А.В. / В02С.
14. Ярощук Л.Д., Тюріна Є.О. "Врахування стратегії сталого розвитку при автоматизації очищення олив та мастил адсорбентами," Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2019. N 1. С. 126-134.
DOI:10.20535/2617-9741.1.2019.171211
15. 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>
16. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни „Технологія машинобудування” для факультету хімічного машинобудування (Укл. С. С. Добрянський, В. К. Фролов, В. Л. Шестаков) – К.: КПІ, 1996. – 78 с.
17. Щербина В.Ю., Методологія проектування. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2018. – 77 с. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25673>
18. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах Т1. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова – 4-е изд. переработанное и дополненное – М.: Машиностроение. 1986г. – 656 с.
19. Справочник технолога-машиностроителя В 2-х томах Т2. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова – 4-е изд. переработанное и дополненное – М.: Машиностроение. 1986г. – 496 с.
20. Справочник приспособления: Справочник. В 2-х томах. Под ред. Б.Н. Вардашкина, Т1: М.: Машиностроение. 1984г. – 592 с.
21. Shcherbina V., Shvachko D., Borshchik S. Heat exchange simulation in energy zones of a rotarykiln with change of heat resistance of the body. Technology audit and production reserves 2019. №6/1(50). pp. 36-41. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.189169>

ДОДАТКИ

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
		19		Болт М30х100	4	
		20		Болт М36х1000	4	
		21		Болт М48х2000	4	
		22		Болт М64х2000	8	
		23		Болт М72х4100	10	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		24		Гайка М12 ГОСТ 15526-70	4	
		25		Гайка М16 ГОСТ 15526-70	8	
		26		Гайка М30 ГОСТ 15526-70	8	
		27		Гайка М36 ГОСТ 15526-70	8	
		28		Гайка М48 ГОСТ 15526-70	8	
		29		Гайка М64 ГОСТ 15526-70	16	
		30		Гайка М72 ГОСТ 15526-70	20	
		31		Шайба 12 ГОСТ 6402-70	4	
		32		Шайба 16 ГОСТ 6402-70	4	
		33		Шайба 30 ГОСТ 6402-70	4	
		34		Шайба 36 ГОСТ 6402-70	4	
		35		Шайба 48 ГОСТ 6402-70	4	
		36		Шайба 64 ГОСТ 6402-70	8	
		37		Шайба 72 ГОСТ 6402-70	10	
Зм.	Лист	Ндокум.	підп.	дата	ЛП71.163112.000-70СП	
					Лист.	2

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Модернізація барабана трубного млина

Педь В.О., студ.
Чемерис А.О., к.т.н., доц.

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

Запропоновано модернізацію барабана трубного млина, що спрямована на підвищення продуктивності виробництва шляхом зменшення металоемності та збільшення ефективності за рахунок за рахунок різниці маси елементів помелу та маси матеріалу помелу в останній камері та попередній.

Подрібнення матеріалу – це один з найрозповсюджених типів технологічного процесу. Різновидом подрібнення, коли вихідний розмір частинок дорівнює долям міліметра, називають помел. Для здійснення такого процесу використовують кульові (трубні, стрижневі) млини.

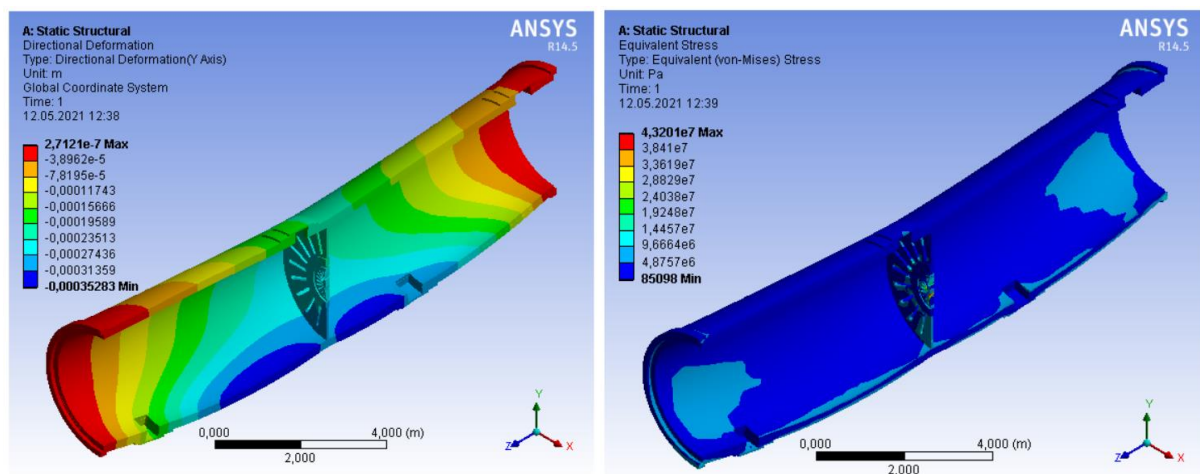
Трубний млин використовують для помелу матеріалів до частинок різної величини. Такі машини використовуються в вугільній, металургійній, будівельній, керамічній, інструментальній промисловостях, дробильно-класифікуючих заводах і т.д.

Дуже важливо покращувати параметричні характеристики трубчастих млинів, тому що модернізація приводить до позитивного економічного ефекту. Для досягнення такої цілі пропонуємо реалізувати патент №2150324.

Сутність модернізації полягає в тому, що матеріал помелу, що потрапляє в останню камеру перед розвантажувальним пристроєм, створює внутрішній рецикл з попередньою камерою. Це здійснюється за рахунок різниці маси елементів помелу та маси матеріалу в останній камері та попередній [1].

Для підтвердження працездатності даного млина, було проведено числове моделювання базової та модернізованої конструкцій машини, а саме розроблено їх 3D-моделі та виконано розрахунки на міцність в системі ANSYS від власної ваги корпусу млина, ваги тіл помелу та матеріалу, що перероблюється.

Аналіз результатів числового моделювання показує, що використання запропонованої модернізації барабана трубного млина з додатковими перегородками позитивно впливає на напружено-деформований стан конструкції. За рахунок збільшення жорсткості барабана



еквівалентні напруження і максимальний прогин в модернізованій конструкції (рис. 2) зменшуються в порівнянні з базовою конструкцією (рис. 1).

Рис. 1 – Розрахунки в системі ANSYS базової конструкції.

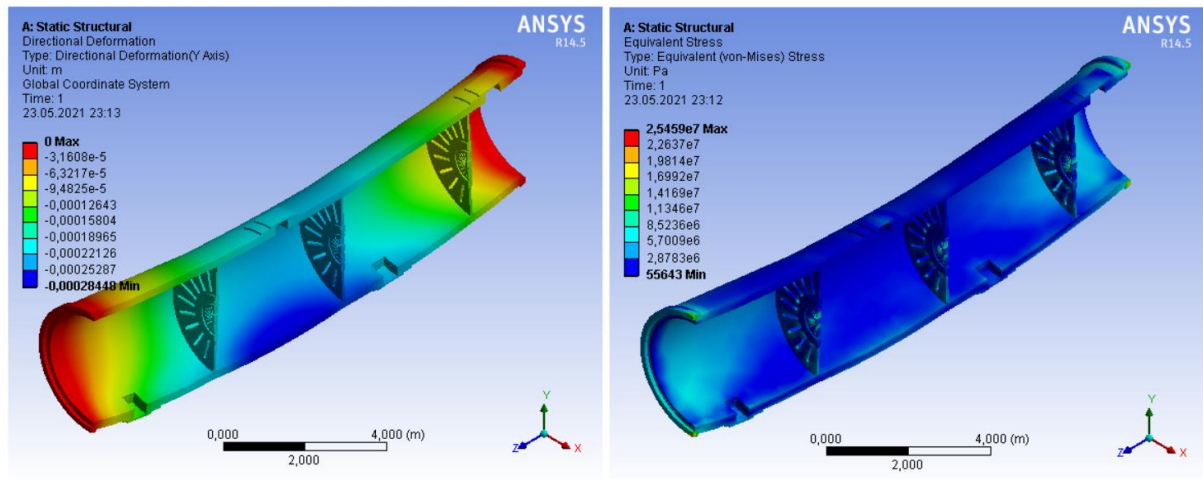


Рис. 2 – Розрахунки в системі ANSYS модернізованої конструкції.

Таким чином запропоновану модернізацію можна використовувати для покращення характеристик трубного млина.

Література

1. Pat. №2150324 Russia, B02C.Tube mill. Application Date 09.09.1999. Publication Date 10.06.2000.

31.05.2021

ИЗ №2150324

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **2 150 324** (13) C1(51) МПК
B02C 17/06 (2000.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 19.09.2011)
Пошлина: учтена за 6 год с 10.09.2004 по 09.09.2005(21)(22) Заявка: 99119062/03, 09.09.1999(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.09.1999

(45) Опубликовано: 10.06.2000 Бюл. № 16

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: БУТТ Ю.М. и др. Технология
вяжущих веществ. - М.: 1965, с.384 и 385.
SU 1039557 A, 07.09.1983. DE 364115 A,
17.11.1922. FR 680766 A, 06.05.1930. FR
2582966 A, 12.12.1986. US 4498634,
12.02.1985. GB 333061 A, 07.08.1930.Адрес для переписки:
125565, Москва, Ленинградское ш. 64-1-44,
Чепкуновой Л.Н.

(71) Заявитель(и):

Вердиян Мэлс Аспандарович,
Тыняников Иван Михайлович,
Брыжик Анатолий Васильевич,
Текучева Елена Васильевна,
Платонов Виктор Степанович

(72) Автор(ы):

Рубежанский А.В.,
Лапшин В.М.,
Вердиян А.М.,
Резчикова Д.А.,
Брыжик Т.Г.

(73) Патентообладатель(и):

Вердиян Мэлс Аспандарович,
Тыняников Иван Михайлович,
Брыжик Анатолий Васильевич,
Текучева Елена Васильевна,
Платонов Виктор Степанович

(54) ТРУБНАЯ МЕЛЬНИЦА

(57) Реферат:

Трубная мельница включает загрузочное и разгрузочное устройства, корпус, футерованный бронеплитами и разделенный межкамерными перегородками на камеры с мелющими телами, при этом в камере, расположенной перед разгрузочным устройством, отношение веса мелющих тел к измельчаемому материалу составляет 0,01-1,0, а длина этой камеры равна 0,5-3,0 диаметра зоны измельчения предыдущей камеры. Мельница может быть снабжена устройствами для регулирования подачи и выгрузки материала. Изобретение позволяет снизить металлоемкость и повысить