

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

ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ХІМІЧНОГО, ПОЛІМЕРНОГО ТА СИЛКАТНОГО
МАШИНОБУДУВАННЯ

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ (підпис) О.В.Гондляр
(ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації): 133 – Галузеве машинобудування
освітня програма: Інжиніринг обладнання виробництва полімерних та будівельних
матеріалів і виробів

на тему: Млин трубний з модернізацією корпусу

Виконав (-ла): студент (-ка) 2 курсу, групи ЛП-з91мп
(шифр групи)

Соловей Іван Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові) _____ (підпис)

Науковий керівник: ст. викладач Борщик С.О
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Консультанти з: ТМ та Е Борщик С. О
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

Модернізації д.т.н., проф. Щербина В. Ю.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2020

**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: Інжиніринг обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ (підпис) _____ (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Солов'ю Івану Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Млин трубний з модернізацією корпусу

науковий керівник дисертації: Борщик Сергій Олександрович ст. викладач,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 2020 р. № _____

2. Строк подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: Трубний млин з розглядом футерованого корпусу

4. Предмет дослідження (вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою): млин трубний 4,6x10м., розміри барабану млина: внутрішній діаметр – 4600мм, довжина – 10000мм. _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Вступ.Призначення та галузь застосування трубного млина 4,6x10м. Опис конструкції, її основних частин та принципу дії.Літературно-патентний огляд.Рекомендації щодо монтажу та експлуатації. Удосконалення внутрішньої футерованої частини барабана.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Млин трубний 4,6x10м, вигляд загальний А1. Вінець зубчастий А1. Завантажувальна частина А1.

Привід А1. Барабан трубного млина А1. Шестерня вінцева А1. Барабан модернізований А1. Плакат результатів розрахунку млина модернізованого А1.

7. Орієнтовний перелік публікацій 1. Шляхи модернізації корпусу трубних млинів 4,6x10м.

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Модернізація	Щербина В.Ю., проф. каф. ХПСМ		
ТМ та Е	Борщик С.О., ст. викладач каф. ХПСМ		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Опис машини та принципу її роботи.	18.10 – 23.10.2020	
2	Розробка креслення млина. Його технічна характеристика.	24.10 – 29.10.2020	
3	Літературний та патентний огляд і пошук.	30.10 – 02.11.2020.	
4	Параметричні розрахунки та розрахунки на міцність основних частин млина.	03.11 – 09.11.2020	
5	Розробка креслень модернізованих частин.	10.11 – 15.11.2020	
6	Розробка креслень привода, завантажувальної частини.	16.11 – 20.11.2020	
7	Розробка розділу «Монтаж і експлуатація»	21.11 – 24.11.2020	
8	Розробка розділу «Охорона праці»	25.11 – 28.11.2020	
9	Створення розрахункової моделі модернізації в середовищі Ansys.	29.11 – 06.12.2020	
10	Розробка плакату результатів розрахунку модернізації.	07.12 – 09.12. 2020	
11	Оформлення записки магістерської дисертації.	10.12 – 18.12.2020	

Студент

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

Реферат

Магістерська дисертація магістра професійного спрямування на тему «Млин трубний з модернізацією корпусу»/НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»; керівник С.О. Борщик – К., 2020. – 98 с.: іл.. – Викон. І.В. Соловей.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань з 24 найменувань. Записка містить 98 сторінок текстової частини, 50 рисунків, 18 таблиць, 24 джерел інформації та 7 креслень формату А1.

Об'єкт дослідження - трубний млин 4.6x10 метрів.

Метою роботи є проектування млина згідно технічного завдання на основі існуючих промислових аналогів, здійснення модернізації млина, а саме корпусу для підвищення ефективності помелу.

Записка містить опис, призначення та область застосування машини, технічну характеристику, опис і обґрунтування обраної конструкції, розрахунки, які підтверджують працездатність і надійність конструкції, рекомендації з монтажу та експлуатації, очікувані техніко-економічні показники, також присутній розділ охорони праці та навколишнього середовища.

На основі виконаних патентних досліджень здійснено модернізацію корпусу трубного млина.

Ключові слова: млин, мелючі тіла, подрібнення, футеровка, модернізація, працездатність.

Abstract

Master's dissertation of the master of professional orientation on the topic "Pipe mill with modernization of the case" / NTUU "KPI named after Igor Sikorsky"; head S.O. Borshchuk - K., 2020. - 98 pp. : ill. - Performed. I.B. Solovey.

The explanatory note consists of an introduction, eight sections, conclusions and a list of references of 24 items. The note contains 98 pages of text, 50 figures, 18 tables, 24 sources of information and 7 drawings in A1 format.

The object of research is a pipe mill 4.6x10 meters.

The purpose of the work is to design the mill according to the technical task on the basis of existing industrial analogues, to modernize the mill, namely the housing to increase the efficiency of grinding.

The note contains a description, purpose and scope of the machine, technical characteristics, description and justification of the selected structure, calculations confirming the efficiency and reliability of the structure, recommendations for installation and operation, expected technical and economic indicators, and a section on labor and environmental protection.

On the basis of the performed patent researches the modernization of the case of the pipe mill is carried out.

Keywords: mill, grinding bodies, crushing, lining, modernization, workability.

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;

β – центральний кут, рад;

δ – товщина, мм;

γ – густина, т/м³ ;

η – ККД;

μ – коефіцієнт розрихлення;

v – швидкість, м/с;

Pr – продуктивність, т/год;

ρ – густина, т/м³ ;

σ – границя міцності матеріалу на стирання, Па;

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

ω – кутова швидкість, с⁻¹

ЗМІСТ

ВСТУП	2
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТРУБНОГО МЛИНА 4.6X10M.....	4
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЛИНА 4.6X10M.....	6
3 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ	8
4 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД	10
5 РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТІВ БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ	15
5.1 Параметричні розрахунки.....	16
5.2 Розрахунок потужності двигуна млина.....	16
5.3 Розрахунок продуктивності млина	20
5.4 Розрахунок приводу.....	21
5.5 Розрахунки на міцність	22
5.5.1 Розрахунок торцевої кришки	23
5.5.2 Розрахунок болтів торцевої кришки	28
5.5.3 Розрахунок цапфи	30
5.5.4 Розрахунок швидкохідного вала на міцність	32
5.5.5 Розрахунок тихохідного вала	34
5.6 Розрахунок млина за допомогою програмного продукту Ansys	37
5.7 Розрахунки працездатності машини.....	43
6 ПРОГРАМА КРЕСЛЕННЯ БАРАБАНУ МЛИНА	44
6.1 Структура системи.....	46
6.2 Структура програми	46
6.3 Опис роботи програми діалогового вікна	49
6.4 Блок схема програми	55
6.5 Введення вихідних даних.....	56
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
7.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів.	58
7.2 Повітря робочої зони.....	59
7.3 Електробезпека	61
7.4 Безпека впливу частин, що рухаються і обертаються.....	64
7.5 Шум.....	65
7.6 Вібрації.....	67
7.7 Промислове освітлення.....	68
7.8 Надзвичайні ситуації.....	69
ВИСНОВКИ.....	71
ЛІТЕРАТУРА	72

ВСТУП

Подрібнення – процес зменшення розмірів шматків твердого матеріалу під впливом механічної дії - широко застосовується в різних технологічних процесах виробництва будівельних матеріалів.

В залежності від характеру впливу сил на матеріал розрізняють подрібнення роздавлюванням, зломом, розколюванням, стиранням і ударом. Ці види силового впливу в процесі подрібнення проявляються одночасно, однак в залежності від конструкції машини переважає той чи інший спосіб.

Подрібнення матеріалів виконують ударом і стиранням. Подрібнення може бути сухим з пневматичним транспортуванням матеріалу і мокрим; останній спосіб екологічно більш досконалий і більш продуктивний. Однак використання мокрого подрібнення можливе лише у випадках контакту подрібнюваного матеріалу з водою.

Розвиток хімічної промисловості, зокрема будівельної індустрії має величезне значення в житті країни. Необхідність домагатися зростання продуктивності, при тих же витратах, змушує вводити у виробництво нові зразки техніки або займатися модернізацією старого обладнання, що дає так само позитивний ефект.

Об'єктом дослідження магістерської роботи є кульового млин, який входить до складу лінії з виробництва цементу сухим способом. Кульові млини широко застосовуються для грубого й тонкого помелу матеріалу. Принцип дії кульових млинів полягає в подрібненні матеріалу ударом і частковим стиранням вільно падаючих тіл, які мелють матеріал в обертовому барабані.

Кульові млини відрізняються великою різноманітністю конструкцій: з коротким і довгим барабаном, без перегородок і з перегородками, з різними мелючими тілами тощо. Вони можуть бути класифіковані за такими основними ознаками:

- по конструкції барабана і наявності перегородок: циліндричні, конічні, короткі і довгі, з внутрішніми перегородками і без них (одно і багатокамерні);

- за способом роботи: періодичної дії, безперервної дії - з периферичної розвантаженням і з розвантаженням через повну цапфу;

- за родом футерівки і характером мелючих тіл: неметалевої футеровкою і неметалевими мелючими тілами, з металевою футеровкою і металевими мелючими тілами - кульками, короткими циліндрами або стрижнями;

- за родом приводу: з шестерним приводом, з центральним приводом.

Млини можуть працювати у відкритому або замкнутому циклі. Останні більш сучасні, ефективні та перспективні.

У млинах можна подрібнювати матеріал як сухим, так і мокрим способом.

Переваги кульових млинів: отримання високої і сталої тонини помелу і регулювання її; змішування матеріалу в самому млині; простота конструкції, надійність в експлуатації; можливість подрібнення порід різної твердості.

Недоліки: значна витрата електроенергії; велика маса і розміри; великий пусковий момент; сильний шум під час роботи.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТРУБНОГО МЛИНА 4.6X10М.

Барабанні млини широко застосовуються в багатотонажних виробництвах для подрібнення гірничо-хімічної сировини та різних хімічних продуктів. В цих машинах матеріал подрібнюється усередині порожнього футерованого барабана, в який поміщені мелючі тіла (кулі, стрижні). При обертанні барабану з відповідною кутовою швидкістю мелючі тіла і матеріал (далі «завантаження») спочатку рухаються по круговій траєкторії, піднімаються на деяку висоту, а потім, відриваючись від стінки, падають по параболі.

Матеріал подрібнюється під впливом удару, а також роздавлювання і стирання при перекочуванні мелючих тіл. Збільшуючи час перебування матеріалу в подрібнювачі, можна отримати дуже високу ступінь подрібнення, однак при цьому збільшуються енергетичні затрати.

Типорозмір барабанного подрібнювача визначається внутрішнім діаметром D барабану і довжиною L його циліндричної частини.

Барабанні млини класифікують:

За режимом роботи розрізняють барабанні подрібнювачі періодичної (Рис. 1.1, а) і безперервної дії (Рис. 1.1, б-д), а по способу подрібнення – машини сухого і мокрого подрібнення.

По способу завантаження і розвантаження матеріалів — із завантаженням і розвантаженням через люк (Рис. 1.1, а), із завантаженням і розвантаженням через пустотілі цапфи (Рис. 1.1, б, д), із завантаженням через цапфу і розвантаженням крізь стінки барабана (Рис. 1.1, в).

Барабан млина приводиться в обертання через зубчатий вінець (Рис. 1.1, е) або через центральну цапфу (Рис. 1.1, ж).

Енергоємність процесу подрібнення велика. Однак на подрібнення матеріалів витрачається лише частина енергії, споживаної помольною машиною. Значна частина її губиться у вигляді тепла, звуку, а також на

зношування робочих органів і т.д. З огляду на те, що тонкому подрібненню піддаються великі маси матеріалів (сотні мільйонів тонн), стає очевидним економічне значення удосконалювання цього процесу й устаткування.

Барабанні млини можуть працювати у відкритому або замкнутому циклі. В останньому випадку виведений із млина матеріал, піддається сортуванню (сепарації) і великі частки повертаються в млин на домол. При такій схемі роботи матеріал, подрібнений до необхідного розміру часток, безупинно віддаляється з млина, що підвищує ефективність її роботи.

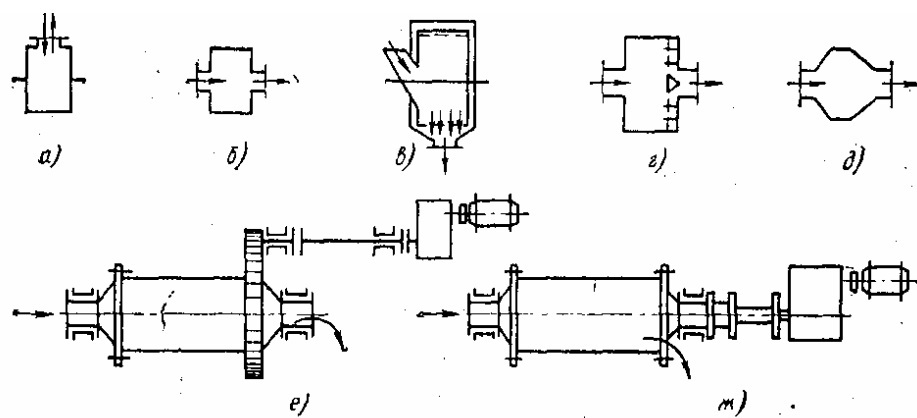


Рис. 1.1. Основні схеми барабанних млинів

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЛИНА 4.6X10M

1. Продуктивність при вологості матеріалу 6%, розмірами кусків до 25 мм, розмолотістю 60 кг/(кВт год), тонкості помолу 15 %, остатку на ситі із сітки 008К ГОСТ 3584-73, вологості готового продукту до 1 % :
 - а) розрахункова, т/год 175
 - б) гарантійна, т/год 160

2. Температура газів, поступаючих в млин, 0С 300-350
3. Розміри барабану млина:
 - внутрішній діаметр, мм 4600
 - довжина, мм 10000

4. Підшипники цапфові :
 - діаметр, мм 2360
 - тип змазки, рідка циркуляційна

5. Частота обертання млина:
 - при роботі на головному приводі, об/хв 15-0.006
 - при роботі на допоміжному приводі, об/хв 0.178

6. Електродвигун головного приводу :
 - потужність встановлена, кВт 3150
 - частота обертання ротора, об/хв 500

7. Загрузка мелючих тіл, т	не більше 160
8. Маса млина загальна, т	460
в тому числі :	
- млин, т	295
- привід, змазка, т	87
- електропривід і електроапаратура, т	88

3 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ

Опис конструкції.

Даний трубний млин (Рис. 3.1) 4,6 x10 м призначений для помелу клінкеру в відкритому циклі, для сухого способу виготовлення цементу. Основними частинами млина є сам трубний млин, його завантажувальна 11 і розвантажувальні частини 3, а також приводи: головний та допоміжний. Завантажувальна частина це трубошнек в який надходить клінкер і при обертанні барабана 7 лопаті трубошнеку транспортують матеріал у барабан млина.

Барабан млина складається з корпусу 6 і броне-футерівки 5, яка захищає корпус. Всередині млина знаходяться мелючі тіла - кулі. Розвантажувальна частина млина являє собою майже такий же трубошнек, як і завантажувальна частина, вона також має сита через які отриманий матеріал надходить на транспортер.

Центральний привід призначений для роботи млина в робочому режимі, він складається з наступних частин: циліндричного одноступінчатого редуктора, проміжного з'єднання, муфти обгону, допоміжного приводу і еластичної муфти.

Проміжне з'єднання призначене для підключення допоміжного приводу і відсікання його при роботі на головному приводі. Допоміжний привід призначений для ремонтних цілей, він складається: з редуктора РМ-500; циліндричного триступінчатого редуктора; зубчастої муфти, що з'єднує вали редукторів пружної муфти, що з'єднує вал редуктора РМ-500 з електродвигуном; гальма ТКТГ-300, насаженого на пружну муфту. Редуктор РМ-500 з двигуном, пружна і зубчасті муфти змонтовані на загальній рамі. Еластична муфта з'єднує вали головного двигуна і редуктора ЦГЗ-240. Допоміжний двигун має потужність 55 кВт, $n = 985$ об / хв. Передаточне відношення головного приводу: 5336,48.

Принцип роботи. Матеріал з бункерів через вагові дозатори 12 по похилій частині потрапляє до приймального живильника, а потім в трубошnek, що знаходиться в пустотілій цапфі завантажувальної кришки барабану млина. При обертанні барабану лопаті трубошneка транспортують матеріал в середину барабану, де він подрібнюється мелючими тілами.

Подрібнений матеріал поступово переміщується в середині робочого простору за рахунок підпору його зі сторони нового живлення матеріалом, який витісняє вміст барабану до розвантажувальної частини млина. Для виникнення необхідного напору рівень поступаю чого матеріалу в завантажувальній частині має бути вищий ніж в розвантажувальній. Для цього в млині внутрішній діаметр розвантажувальної цапфи трохи більший, за діаметр завантажувальної цапфи. За рахунок різниці рівнів відбувається рух матеріалу по барабану.

На розвантажувальній цапфі всередині барабану встановлені барабанні лопаті, за допомогою яких матеріал піднімається вгору, падає на кожух, з якого, через решітки, осипається в трубошnek розвантажувальної частини.

Подрібнений матеріал через після розвантажувальної цапфи направляється в бункер готової продукції, після чого транспортерами направляється на наступні стадії обробки.

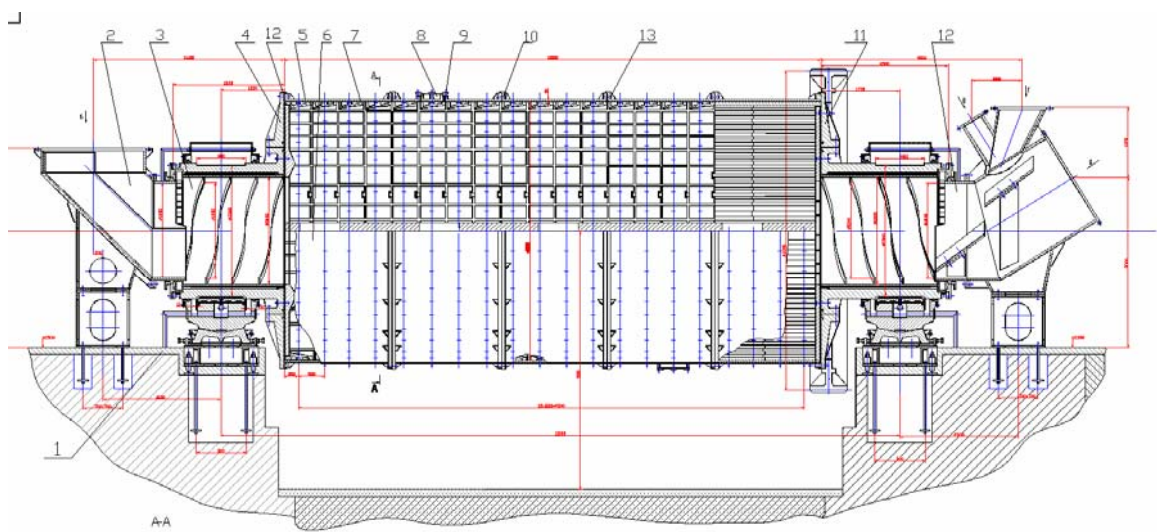


Рис. 3.1. Конструкція трубного млина.

4 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

Розроблюваний млин відноситься до устаткування для тонкого подрібнення різних матеріалів, зокрема до трубних кульових млинів, і може бути використаний в промисловості будівельних матеріалів при виробництві цементу, вапнякового борошна, в енергетичній промисловості при помелі вугілля, а також у гірничорудній і хімічній галузях при подрібненні різних матеріалів. В цих машинах, що відносяться до тихохідних подрібнювачів, помел матеріалу відбувається всередині футерованого барабана тілами, що мелють, що знаходяться у ньому – кулями чи стрижнями. При обертанні барабана з визначеною кутовою швидкістю мелючі тіла, починають рухатися разом з корпусом барабана, піднімаються на деяку висоту і потім падають на шматки матеріалу, що лежать на футеровці. Відбувається так названий стиснутий удар. Матеріал подрібнюється під впливом удару, а також роздавлюванням і стиранням при перекочуванні мелючих тіл. Збільшуючи час перебування матеріалу в подрібнювачі, можна одержати дуже високий ступінь здрібнювання, однак при цьому різко зростають енергетичні витрати.

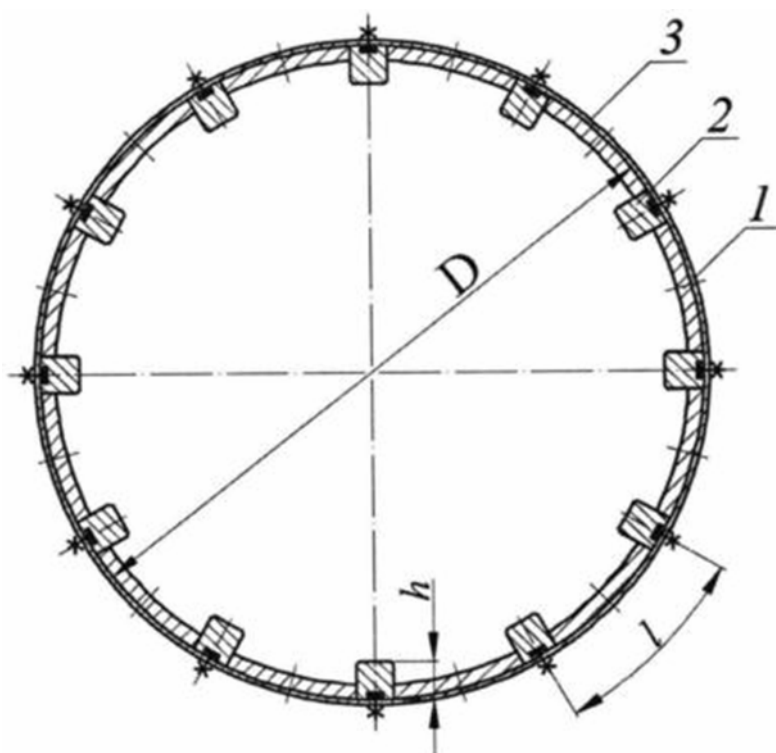
Наведені конструкції мають той недолік, що неможливо підвищити ефективність процесу подрібнення за рахунок зниження малорухливого ядра всередині кульового млина.

Для проведення модернізації окремих деталей, необхідно провести літературний та патентний огляд питання, тобто переглянути ряд винаходів та літературних джерел, після чого зробити висновки про варіант удосконалення тієї чи іншої частини млина. Перед запропонованою модернізацією було переглянуто декілька патентів. Деякі з них представлені нижче.

Переглянувши дані винаходи та деяку літературу, приходимо до висновку, що доцільно зробити модернізацію корпусу трубного млина, складовою частиною якого є броньова футеровка. При цьому броне

футеровка виконується ступінчастою у вигляді гладких ділянок і гребенів, які чергуються між собою згідно патентів [14] і [15]. При цьому ці два варіанти доцільно комбінувати між собою.

В основу корисної моделі [14] поставлена задача, крім підвищення міцності корпусу барабану, забезпечити можливість покращення процесу помелу матеріалу шляхом зниження малорухливого ядра всередині млина. При цьому футеровка всередині корпусу виконується ступінчастою. Ця модернізація пояснюється схемою на рис.4.1.



Фиг. 1

Рис. 4.1. Ступінчаста футеровка корпусу млина.

Поставлена задача вирішується тим, що ступінчаста футеровка корпусу барабанного млина виконується у вигляді по чергово розташованих гладеньких плит 1 і плит з виступами 2, закріплених на корпусі 3. У пропонованому рішенні виступи розташовуються з кроком $25...36$ градусів і висота h кожного складає $(0,8 - 1,1)d$, де d – діаметр середньозваженої кулі. Ступінчаста футеровка трубного млина зменшує величину зношування внутрішньої поверхні корпусу 3 барабана, одночасно передаючи енергію

мелючим тілам. Подрібнення матеріалу здійснюється ударами вільно падаючих куль, а також зтиранням.

Інше технічне рішення [15] по створенню працездатної конструкції футеровки трубної частини корпуса кульового млина ілюструється на рис. 4.2, рис. 4.3, рис. 4.4.

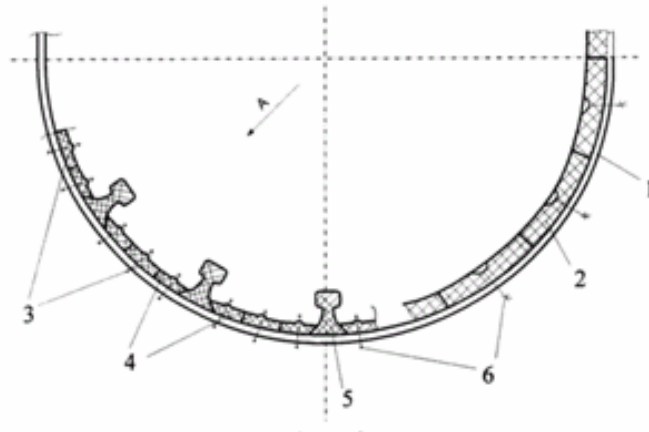


рис. 4.2



рис. 4.3

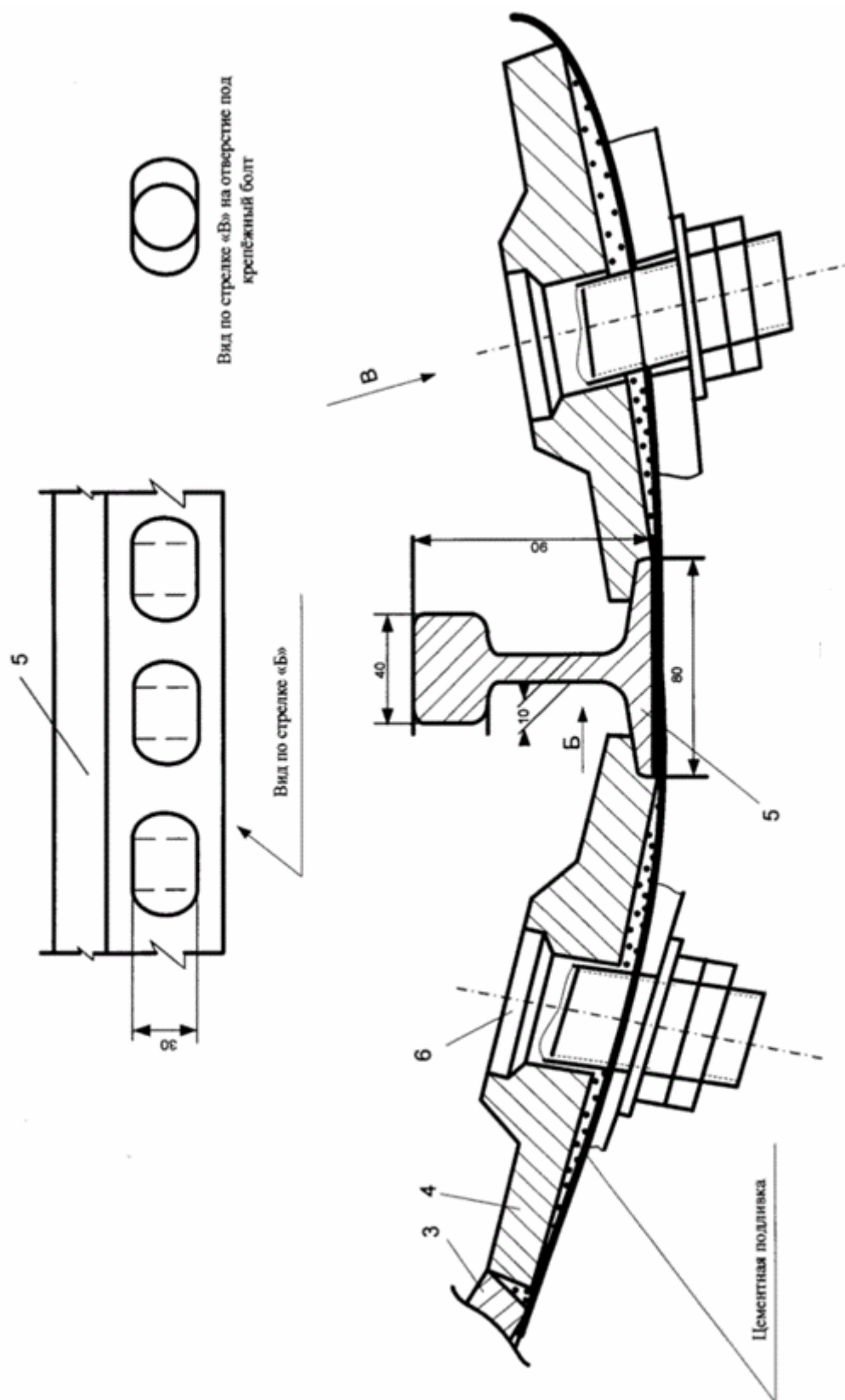


рис. 4.4

Це рішення полягає у створенні працездатної конструкції футерованої частини корпусу млина у вигляді збірного облицювання внутрішньої поверхні зносостійкими броневими елементами, в якості яких застосовані відрізки прокатних профілів безперервного перерізу із наявним куле підйомним рельєфом робочої поверхні, укладеним по вирівнюючій цементній підливці.

5 РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТІВ БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ

ВИХІДНІ ДАНІ

Внутрішній діаметр барабана, м	$D_0=4,6$
Довжина барабана, м	$L=10$
Товщина обичайки барабана, м	$\delta=0,05$
Число обертів млина, об/хв	$n=15,1$
Ступінь завантаження тілами, що мелють	$\varphi=0,23$
Середня насипна вага тіл, що мелють, $\text{кН}/\text{м}^3$	$\gamma=45,6$
Відстань між осями підшипників, м	$L=13,3$
Маса кульового завантаження, т	$m_{\text{ш}}=160$
Маса обичайки, т	$m_0=57,3$
Маса фланця центральної частини обичайки, т	$m_{\text{ф}}=57,3$
Маса футерівки барабана, т	
на довжині $l=8$ м	$m_8=55$
на довжині $l_1=2$ м	$m_8=19$
Маса розвантажувальної цапфи, та її циліндричної частини	
на довжині $l_2=2,19$ м кришки	$m_{\text{р.ц}}=20,1$
на довжині $l_3=0,16$ м	$m'_{\text{р.ц}}=18,4$
Маса торцевого фланця обичайки з футерівкою, т	
розвантажувальної частини	$m_{\text{р}}=10,3$
завантажувальної частини	$m_3=10,3$
Маса завантажувальної цапфи, т	
циліндричної частини	
на довжині $l_4=2,54$ м кришки	$m_{3,\text{ч}}=23,3$
на довжині $l_5=0,16$ м	$m'_{3,\text{ч}}=18,4$

Маса зубчастого вінця, т

$m_B=25$

5.1 Параметричні розрахунки

Оптимальне число обертів млина визначаємо за формулою:

$$n = K \frac{42.2}{\sqrt{D}}$$

де n – робоче число обертів млина за хвилину,

D – діаметр млина,

K – коефіцієнт, що враховує, яку частину критичного числа обертів складає дійсне число обертів млина, що забезпечує умова роботи куль.

Застосовувані за рубежом і у вітчизняній промисловості млини, діаметром понад 3-и метри, мають робоче число обертів 70...75% від критичної швидкості обертання.

Виходячи з цього і з огляду на те, що діаметр млина складає 4,6 м, то швидкість буде така:

$$n = 0,75 \frac{42,2}{\sqrt{4,6}} = 14,8 \text{ об/хв}$$

Дійсне число обертів млина від головного приводу складає:

$$n = \frac{n_{\text{эл.дв}}}{i_{\text{ред}}} = \frac{500}{30,856} = 16,2 \text{ хв}^{-1}$$

Кутова швидкість:

$$\omega = \frac{2,39}{\sqrt{R}} = \frac{2,39}{\sqrt{2,3}} = 1,58 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

де R – внутрішній радіус млина, м

5.2 Розрахунок потужності двигуна млина

При роботі барабаних млинів енергія витрачається на підйом куль і повідомлення їм кінетичної енергії, тому що після падіння куль їхня кутова швидкість дорівнює нулю і кулі приходится втягувати в рух на кожному циклі.

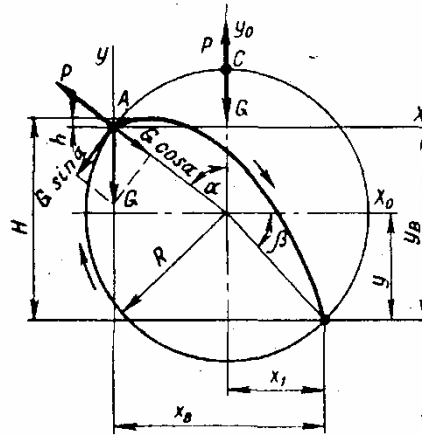


Рис.1. 1. Схема до розрахунку потужності двигуна млина.

Робота, затрачувана на підйом куль, (Дж)

$$A_1 = mgy_B,$$

де m — маса куль, кг ;

g — прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

y_B —висота підйому куль, м.

Усі шари завантаження, що рухаються на своїх радіусах, замінємо одним фіктивним шаром, що рухається на відстані радіуса інерції R_0 від центра млина

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

де R і R_1 — внутрішній радіус барабана і відстань від центра барабана до внутрішнього шару завантаження, відповідно (рис. 1). При ступені заповнення завантаженням барабана 0,3 можна прийняти $R_0 \approx 0.86R$ Тоді оптимальний кут підйому фіктивного шару, обумовлений зі співвідношення

$$\cos \alpha_0 = R_0 \omega^2 / g$$

з обліком, що $\omega_{\text{опт}} = 2,38 / \sqrt{R}$. складе

$$\cos \alpha_0 = \frac{2,38^2 \cdot 0,86}{R/g} \approx 0,5$$

$$\alpha_0 \approx 60^\circ$$

Висота підйому куль

$$Ув = 4R_0 \sin^2 \alpha_0 \cos \alpha_{\text{про}} \approx 1,37R = 1,37 \times 1,9 = 2,603 \text{ м}$$

Робота, затрачувана на підйом куль, (Дж)

$$A_1 = 1,3mg = 1,3 \times 210000 \times 9,81 = 2678130 \text{ Дж} = 2678 \text{ кДж}$$

Кінетична енергія, що повідомляється завантаженню, (Дж)

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

$$\frac{mg \cos 60^\circ R_0^2}{2R_0} = 0,214mgR = 0,214 \cdot 210000 \cdot 9,81 \cdot 1,9 = 837636,6 \text{ Дж} = 838 \text{ кДж}$$

Сумарна робота, затрачувана на один цикл руху куль, (Дж)

$$A = A_1 + A_2 = 2678 + 838 = 3516 \text{ кДж}$$

За один оберт барабана, завантаження робить циркуляції.

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

$$t = t_1 + t_2.$$

Кут Θ_0 , що відповідає проходженню кулі по параболі (рис. 1), при розгляді руху на фіктивному радіусі R_0 буде дорівнює

$$\Theta_0 = \alpha_0 + 90^\circ + \beta_0. \text{ З огляду на, що } \beta_{\text{про}} = 3\alpha_0 - 90^\circ, \text{ одержимо}$$

$$\Theta_0 = 4\alpha_0.$$

Кут Θ_2 , що відповідає дузі, по якій кулі рухаються по колу, складе $\Theta_2 = 360^\circ - 4\alpha_0$.

При частоті обертання n і $\alpha_0 = 60^\circ$

$$t_1 = \frac{1}{n} \cdot \frac{360^\circ - 4\alpha_0}{360^\circ} \approx \frac{0,334}{n} = \frac{0,334}{15,9} = 0,021 \text{ хв}$$

Час руху по параболі (хв)

$$t_2 = \frac{x_B}{v \cos \alpha_0} = \frac{4R_0 \sin \alpha_0 \cos^2 \alpha_0}{2\pi R_0 n \cos \alpha_0} = \frac{0,274}{n} = \frac{0,274}{15,9} = 0,017 \text{ хв}$$

Сумарний час однієї циркуляції (хв)

$$t = t_1 + t_2 = 0,021 + 0,017 = 0,038 \text{ хв}$$

$$z = \frac{1}{tn} \approx \frac{1}{0,038 \cdot 15,9} \approx 1,64$$

Потужність двигуна привода трубного млина, з урахуванням маси матеріалу, що подрібнюється, (прийнятої звичайно рівної 0,14 від маси тіл, що мелють), (кВт)

$$N = \frac{A \cdot \omega \cdot z}{2\pi \cdot 1000 \eta} = \frac{3516000 \cdot 1,73 \cdot 1,64}{2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot 0,9} = 1768 \text{ (кВт)}$$

де $\omega = 1,73$ рад/с — кутова швидкість, рад/с;

$\eta = 0,9$ — к. п. д. привода;

A- сумарна робота, яка затрачується на один цикл.

z- число циклів редуційованого шару завантаження за один оборот барабана.

Масу завантаження (кг) можна визначити по формулі

$$m_{\text{ш}} = 0,785 D^2 L \varphi \gamma = 0,3 \times 4,6 \times 3,8^2 \times 12,42 = 210 \text{ т}$$

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

γ —насипна маса мелючих тіл, приймаємо $\gamma= 4,6 \text{ т/м}^3$;

L — довжина робочої частини млина, м.

D - робочий діаметр млина.

Беремо до уваги номенклатуру освоєних промисловістю електродвигунів в установці млина рекомендував електродвигун типу: СДН-17-50-12 потужністю:

$N=3200 \text{ кВт}$ із частотою обертання $n=500 \text{ об/хв}$ із крутним моментом $M=65465 \text{ Нм}$.

5.3 Розрахунок продуктивності млина

Продуктивність барабанних млинів, і зокрема трубних, залежить від багатьох факторів: конструкції млина, складу і виду тіл, що мелють, властивостей матеріалу, що розмелюється, виду помелу, тонкості здрібнювання і т.д.

Врахувати з достатньою точністю ці фактори не представляється можливим. Тому після перебування основних параметрів млина продуктивність (т/год) рекомендується визначати по емпіричних формулах, наприклад, по формулі ВНИИЦеммаша

$$P = 6,45\sqrt{D}\left(\frac{m_{\text{шт}}}{V}\right)^{0,8} qk \cdot V = 6,45 \cdot \sqrt{4,6}\left(\frac{210}{153}\right)^{0,8} 0,05 \cdot 0,86 \cdot 153 = 117,3(m/\text{год})$$

де D — діаметр млина «у світлі», м;

$m_{\text{шт}}$ -маса що мелють, тіл, т;

$V=153 \text{ м}^3$ — робочий обсяг млина, м^3 ;

q — питома продуктивність млина в т на 1 кВт*год корисної; $q = 0,05$;

k — поправочний коефіцієнт на тонкість помелу, значення якого приведені нижче:

Залиш ок % на ситі № 008 k	2 0.							2		2
	50	65	71	77	82	86	.0	.09	5 0	1

5.4 Розрахунок приводу

Вихідні й розрахункові дані

Таблиця 1,1

Найменування		Позначення, формула розмірність	Величина
1		2	3
Тип приводу		Периферійний, однобічний	
Частота (швидкість) обертання млина (необхідна)	Від головного двигуна (робітник режим)	$n_{т.г}, \frac{об}{мин}$	15 ± 0,1
	Від допоміжного двигуна	$n_{в.г}, \frac{об}{мин}$	0,19 ± 0,05
Момент, що крутить на осі млина (розрахунковий)	При обертанні від головного двигуна	кН м	1424
	При обертанні від допоміжного двигуна	кН м	2030
Електродвигу н головний	Тип	СДМ 3-17-59	
	Потужність	Нд.г. квт	3150
	Частота обертання	$n_{д.г}, \frac{об}{мин}$	500
	Момент крутний	Мд.г, Н м	61425
Електродвигу н допоміжний	Тип		
	Потужність	Нд.в. квт	55
	Частота обертання	$n_{д.в}, \frac{об}{мин}$	985
	Момент крутний	Мд.в, Н м	534
Передаточне відношення	Відкритої зубчастої передачі	uo.п.	5,579

	Головного редуктора	уг.р.	6,0
	Допоміжного редуктора	ув.р.	159,42
Сумарне передаточ-ное відношення	Головного приводу	уг.п.	33,474
	Допоміжного приводу	ув.п.	5336,48
Частота (швидкість) обертання млина (фактична)	Від головного двигуна	$n_{Т.Ф}, \frac{об}{мин}$	14,94
	Від допоміжного двигуна	$n_{В.Ф}, \frac{об}{мин}$	0,185

1		2	3
КПД	Відкритої зубчастої передачі	$\eta_{о. п}$	0,96
	Головного приводу	$\eta_{г. р}$	0,99
	Допоміжного приводу	$\eta_{в. р}$	0,94
Сумарний КПД	Головного приводу	$\eta_{г. п}$	0,95
	Допоміжного приводу	$\eta_{в. п}$	0,893
Сумарний крутний момент на осі млина по ел.дв.	Головного приводу	Мг.с.,, кН м	1953,3
	Допоміжного приводу	Мв.с.,, кН м	2588,5

5.5 Розрахунки на міцність

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

Такі деталі млинів, як барабан, цапфи й ін., випробують на вплив як статичних так і динамічних навантажень, викликаних масою тіл,

відцентровими силами. Усе це на ряді з абразивною дією матеріалу, що подрібнюється, вимагає обліку при виборі запасів міцності і якості матеріалу.

5.5.1 Розрахунок торцевої кришки

Торцева кришка млина являє собою циліндричну пластину з 12-10 радіальними ребрами жорсткості.

Пластина й ребра жорстко забиті по зовнішньому й внутрішньому контуру (Рис.5.6.1.):

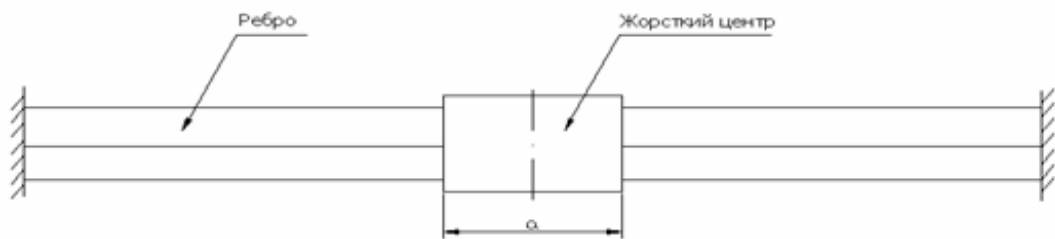


Рис.5.6. 1. Схема торцевої кришки.

Роблячи допущення, що ребра й пластина постійної товщини працюють самостійно й не впливають один на одного, можемо записати, що згинальний момент, прикладений до твердого центру

$$M = M_{pb}^{\Sigma} + M_{nl} \quad (9)$$

де M_{pb}^{Σ} - момент, сприймаємий ребрами,

M_{nl} - момент, сприймаємий пластиною.

Тому що по внутрішньому контурі ребро й пластина мають однакові переміщення, кут повороту й кут закручування, можемо записати три рівняння спільності деформації (розрахункова схема ребра представлена на рис.4, а, спільна схема - на рис.4, б)

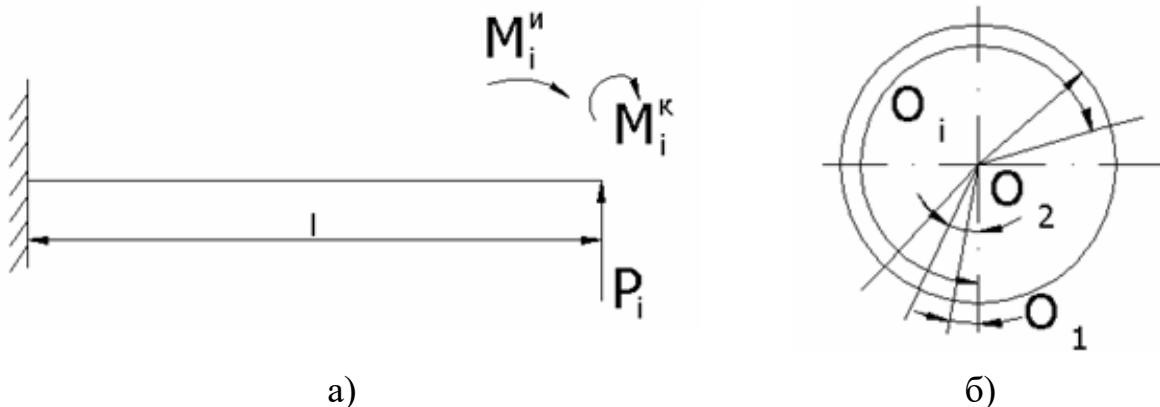


Рис.5.6. 2. Розрахункова схема ребра.

$$\Delta_i = \frac{P_i l^3}{3EI} - \frac{M_i^4 l^2}{2EI} = M_{ni} \frac{k_c r}{Eh^3} \cos \theta_i$$

$$\varphi_i = -\frac{P_i l^2}{2EI} + \frac{M_i^4}{EI} = M_{ni} \frac{k_c}{Eh^3} \cos \theta_i \quad (10)$$

$$\vartheta_i = \frac{M_i^k l}{GI_p} = M_{ni} \frac{k_c}{Eh^2} \sin \theta_i$$

де P – перерізуюча сила,

M^4 - згинальний момент,

M^k - крутний момент,

E - модуль пружності,

I - момент інерції перетину на вигин,

GI_p - крутильна твердість,

I_p - момент інерції перетину при крученні,

r - радіус жорсткого центру,

l - довжина ребра,

h - товщина пластини,

n - кількість ребер,

θ_i - кут i -го ребра.

$$k_c = \frac{3(1 - \mu^2)(k^2 + 1) \ln^* k - (k^2 - 1)}{\pi k^2 + 1}$$

Опускаючи математичні викладення з рівнянь (10) знаходимо

$$M_i^u = \frac{2M_{ni} I k_c}{l h^3} \left[\frac{3r}{l} + 2 \right] \cos \theta_i$$

$$P_i = \frac{6M_{ni} I k_c}{l^2 h^3} \left[\frac{2r}{l} + 1 \right] \cos \theta_i \quad (11)$$

$$M_i^k = \frac{M_{ni} G I_p k_c}{E l h^3} \sin \theta_i$$

Тоді вираз (9) можна переписати так:

$$M = \sum_{i=1}^n \{ M_i^u \cos \theta_i + M_i^k \sin \theta_i + P_i r \cos \theta_i \} + M_{ni} \quad (12)$$

або після підстановки значень із (11):

$$M = M_{gn} \left\{ 1 + \frac{nGI_p k_c}{Elh^3} + \frac{k_c}{lh^3} \left(\frac{12Ir^2}{l^2} + \frac{12Ir}{l} + 4I - \frac{GI_p}{E} \right) \sum_{i=1}^n \cos^2 \theta_i \right\}$$

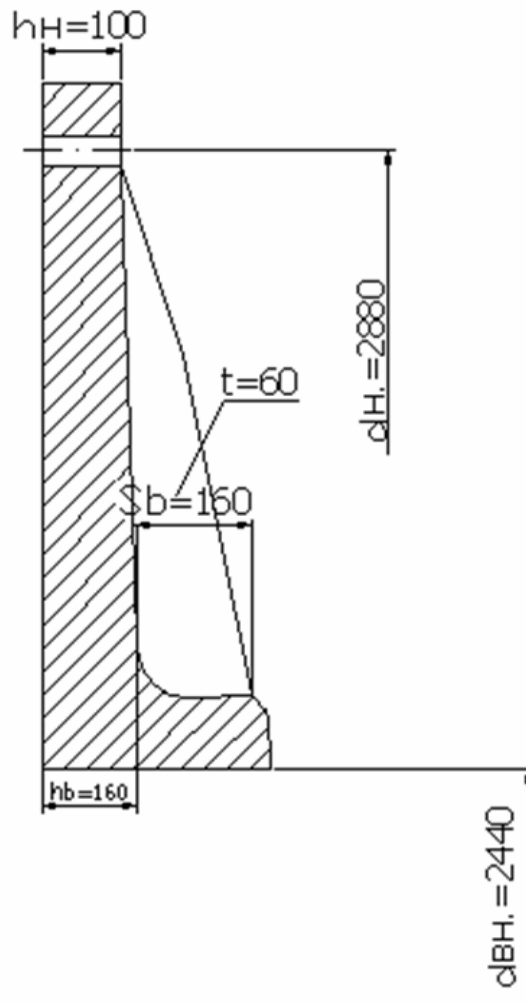


Рис.5.6. 3. Ескіз і розміри торцевої кришки показані

$$\text{звідки } M_{nn} = \frac{M}{1 + \frac{2nk_c I}{lh^3} \left(1 + 3\frac{r}{l} + 3\frac{r^2}{l^2} + \frac{1}{8(1+\mu)} \frac{I_p}{I} \right)} \quad (13)$$

Маємо: $d_n = 4,88 \text{ м}$

$$d_{BH} = 2,44 \text{ м}$$

$$h = 0,130 \text{ м}$$

$$t = 0,06 \text{ м}$$

$$S = \frac{S_n + S_H}{2} = \frac{0,16}{2} = 0,08 \text{ м.}$$

Знаходимо:

$$R = \frac{d_n}{2} = 2,44 \text{ м}, l = \frac{d_n - d_{\text{вн}}}{2} = 1,22 \text{ м}$$

$$k = \frac{d_n}{d_{\text{вн}}} = 2; \quad I = \frac{tS^3}{12} = \frac{0,06 * 0,08^3}{12} = 0,256 * 10^{-5} \text{ м}$$

$$I_p = \alpha t^4 = 0,243 * 0,06^4 = 0,315 * 10^{-5} \text{ м}^4 \text{ (при } m = \frac{t}{S} = 1,333),$$

$$r = \frac{d_{\text{вн}}}{2} = 1,22 \text{ м}.$$

Маючи на увазі те, що $\mu=0,3$; $E=2*10^8 \text{ кН/м}^2$,

$n = 12$ попередньо обчислимо знаменник у формулі (13):

$$1 + \frac{2nk_c I}{lh^3} \left(1 + 3\frac{r}{l} + 3\frac{r^2}{l^2} + \frac{1}{8(1+\mu)} \frac{I_p}{I} \right) = 1 + \frac{2 * 12 * 0,081 * 0,256 * 10^{-5}}{1,22 * 0,13^3} * \\ * \left(1 + 3\frac{1,22}{1,22} + 3\frac{1,22^2}{1,22^2} + \frac{1}{8(1+0,3)} \frac{0,315 * 10^{-5}}{0,256 * 10^{-5}} \right) = 1,013$$

де за формулою (2.3):

$$k_c = \frac{3 * (1 * 0,3^2) (2^2 + 1) * \ln 2 * (2^2 - 1)}{3,14 * 2^2 + 1} = 0,081$$

Тому що $M = M_1 = 3829 \text{ кНм}$, то за формулою (13) знаходимо, що момент, що сприймається пластиною:

$$M_{\text{нл}} = \frac{M}{1,013} = \frac{3829}{1,013} = 3779,9 \text{ кНм}$$

Згинальний момент у пластині на внутрішньому контурі (інтенсивність радіального моменту) :

$$m_{\text{вн.к}}^{\text{нл}} = \frac{M_{\text{нл}}}{2\pi r} \frac{k^2 - 1}{k^2 + 1} \tag{14}$$

$$m_{\text{вн.к}}^{\text{нл}} = \frac{3779,9}{2 * 3,14 * 1,22} \frac{2^2 - 1}{2^2 + 1} = 295,9 \text{ кНм}$$

на зовнішньому контурі:

$$m_{\text{н.к}}^{\text{нл}} = \frac{M_{\text{нл}}}{2\pi R} \frac{k^2 - 1}{k^2 + 1} \tag{15}$$

$$m_{\text{н.к}}^{\text{нл}} = \frac{3779,9}{2 * 3,14 * 2,44} \frac{2^2 - 1}{2^2 + 1} = 147,9 \text{ кНм}$$

Момент, що сприймається ребром (при $\theta_i = 0^0$):

$$M_p = \frac{2M_{\text{нл}} I k_c}{lh^3} \left[3\frac{r}{l} + 2 \right]$$

$$M_p = \frac{2 * 3779,9 * 0,256 * 10^{-5} * 0,081}{1,22 * 0,13^3} \left[3 * \frac{1,22}{1,22} + 2 \right] = 2,9 \text{кНм}$$

поперечна сила:

$$P_p = \frac{6M_{nl}Ik_c}{l^2h^3} \left[\frac{2r}{l} + 1 \right]$$

$$P_p = \frac{6 * 3779,9 * 0,256 * 10^{-5} * 0,081}{1,22^2 * 0,13^3} \left[\frac{2 * 1,22}{1,22} + 1 \right] = 4,3 \text{кН}$$

Згинальний момент у ребрі на зовнішньому контурі:

$$M_{н.к}^3 = P_p l - M_p = 4,3 * 1,22 * 2,9 = 2,4 \text{кНм}$$

інтенсивність моменту:

$$m_{н.к}^p = \frac{M_{н.к}^p}{Z},$$

$$\text{де } Z = \frac{2\Pi}{n} R = \frac{2 * 3,14}{12} * 2,44 = 1,3 \text{м}$$

$$m_{н.к}^p = \frac{2,4}{1,3} = 1,9 \text{кН / м},$$

Сумарна інтенсивність радіального згинального моменту на зовнішньому контурі кришки:

$$m_{\Sigma} = m_{н.к}^{nl} + m_{н.к}^p = 147,9 + 1,9 = 149,8 \text{кН}$$

(ця інтенсивність моменту завищена, тому що не враховується піддатливість обичайки):

Нормальні напруження в пластині:

– на зовнішньому контурі:

$$\sigma_{н.к} = \frac{\sigma m_{\Sigma}}{h_n^2} = \frac{6 * 149,8 * 10^{-3}}{0,1^2} = 90 \text{МПа}$$

– на внутрішньому контурі:

$$\sigma_{вн.к}^{nl} = \frac{6m_{вн.к}^{nl}}{h_b^2} = \frac{6 * 295,9 * 10^{-3}}{0,16^2} = 69 \text{МПа}.$$

Напруження в ребрі: $\sigma_{вн.к}^p = \frac{M_p}{W_p}$

де $W_p = \frac{0,06 * 0,08^2}{6} = 0,64 * 10^{-4} \text{м}^3$ - момент опору ребра на

внутрішньому контурі: $\sigma_{вн.к}^p = \frac{2,9 * 10^{-3}}{0,64 * 10^{-4}} = 45 \text{МПа}.$

Мінімальний запас міцності в кришці: $n = \frac{[\sigma_{-1}]_{кр.}}{\sigma_{max}}$,

де $[\sigma_{-1}]_{кр.} = \sigma_{-1} \varepsilon_{-1} = 200 * 0,65 = 190 \text{ МПа}$,

$\sigma_{-1} = 200 \text{ МПа}$ - границя витривалості для сталі 35Л,

$\varepsilon_{-1} = 0,65$ - коефіцієнт масштабного фактора

$$n = \frac{130}{90} = 1,44$$

Рекомендується приймати $n=1,5-2,5$.

З огляду на те, що розрахунковий момент на зовнішньому контурі пластини завищений, отриманий запас міцності можна вважати допустимим.

5.5.2 Розрахунок болтів торцевої кришки

Сегмент кріпиться до торцевої кришки 16 болтами М64 класу міцності 10.9. Границя текучості болтів за ГОСТ 1759-70 $\sigma_T=883 \text{ МПа}$.

Торцева кришка кріпиться до барабана млина 64 болтами М64. Зовнішнє навантаження на і-тий болт з'єднання дорівнює, де $M=3829 \text{ кНм}$ - згинальний момент, сприйнятий болтовими з'єднаннями,

z_i – число болтів, розташованих на відстані r_i від осі,

m - число болтів.
$$P_i = \frac{MR \sin \varphi_i}{\sum_{j=0}^{m-1} R^2 \sin^2 \varphi_j}$$

Положення болтів схематично зображено на рис.5.7.4:

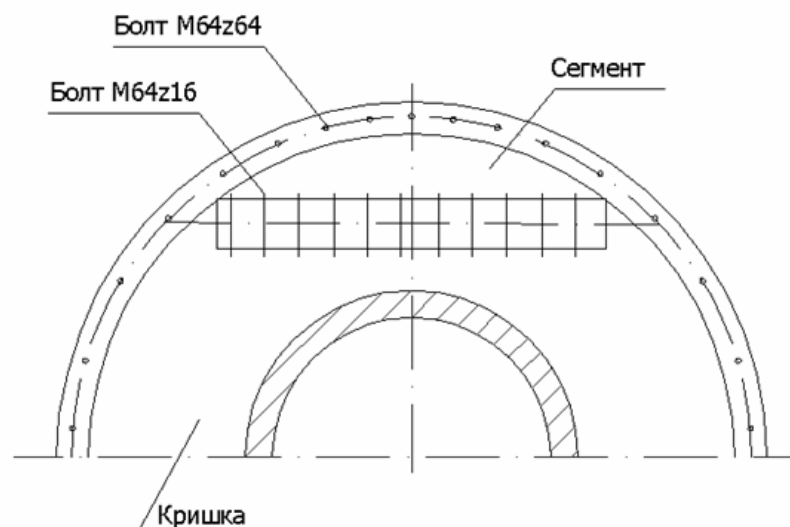


Рис.5.7.4. Схема положення болтів.

де $R=2,44\text{м}$, $\varphi_i = \frac{2\pi}{m}$, $P_i = \frac{2M \sin \varphi_i}{Rm}$.

На болтове з'єднання сегмент – торцева кришка діє згинальний момент $M^* = \sum_{k=1}^{18} P_k h_k$, де $h_k = R \sin \varphi_k - 1,59$,

P_k визначається за формулою для P_i .

Зусилля, яке приходиться на один болт знаходимо за формулою $P^* = \frac{M^*}{nl}$, де $n=16$ – число болтів у стику,

$l=0,1\text{м}$ - відстань від осі болтового з'єднання до осі повороту стику.

Розрахунок величини зусилля P^* зведений у таблицю 1.

Крім згинального моменту M^* болти з'єднуючі сегмент із кришкою сприймають частину перерізуючої сили $Q=1846 \text{ кН}$, що діє між кришкою й корпусом млина.

В цьому випадку на кожен болт з'єднання діє розтягуюча сила $Q^* = \frac{Qz_{np}}{nm_{np}} = \frac{1846 * 9}{32 * 16} = 32,4 \text{ кН}$, тут $m_{np}=32$ загальна кількість болтів у з'єднанні кришка-корпус млина.

Таблиця 2.1.

N болта К	$\varphi_{до}$ (радий)	$\text{Sin } \varphi_{до}$	P_k (кН)	h_k (м)	M^* (кНм)	P^* (кН)
1,17	0,785	0,707	34,671	0,135	447,03	279,3
2,16	0,883	0,773	37,907	0,296		
3,15	0,982	0,831	40,752	0,438		
4,14	1,080	0,882	43,253	0,562		
5,13	1,178	0,924	45,312	0,665		
6,12	1,276	0,957	46,931	0,745		
7,11	1,374	0,981	448,107	0,803		
8,10	1,473	0,995	48,794	0,838		
9	1,571	1	49,039	0,85		

Сумарне навантаження від дії зовнішніх сил, що доводиться на один болт дорівнює $P_о = P^* + Q^* = 279,3 + 32,4 = 311,7 \text{ кН}$

З умови щільності стику зусилля затягування повинно дорівнювати: $T_о = k(1-x)P_о$, де $до=2,5$ – коефіцієнт затягування для змінного навантаження,

$x=0,2$ – коефіцієнт зовнішнього навантаження,

$$T_о = 2,5(1-0,2)311,7 = 623 \text{ кН} .$$

Повне осьове зусилля в болті $Q = T_{\sigma} + xP_{\sigma}$, $Q = 623 + 0,2 * 311,7 = 685 \text{кН}$.

Найбільший крутний момент, що діє на болт при затягуванні

$M_{кр} = \xi T_{\sigma} d$, де ξ - коефіцієнт, що залежить від тертя в нарізці, $\xi=0,17$

$d=0,064$ м - зовнішній діаметр.

$M_{кр}=0,17*623*0,064=6,78$ кН м.

Нормальне напруження $\sigma = \frac{Q}{F_c}$, де $F_c=0,785*5,7505^2=25,96 \text{ см}^2$.

$$\sigma = \frac{685 * 10^3 * 10^{-6}}{25,96 * 10^{-4}} = 264 \text{МПа}.$$

Дотичне напруження

$$\tau = \frac{M_{кр}}{0,2d_c^3}, \tau = \frac{6,78 * 10^3 * 10^{-6}}{0,2 * 5,7505^3 * 10^{-6}} = 178 \text{МПа}.$$

Запас міцності по пластичних деформаціях

$$n = \frac{\sigma_T}{\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}}, n = \frac{883 * 0,8}{\sqrt{264^2 + 3 * 178^2}} = 1,7.$$

Мінімально допускаємий запас міцності по пластичних деформаціях $[n]=1,5$.

5.5.3 Розрахунок цапфи

Розрахунок цапфи проводимо при наступних вихідних даних.

Реакція опори $R_{\max}=R_B=2254,2 \text{кН}$

Матеріал цапфи - сталь 35 Л: $\sigma_B=461 \text{ МПа}$, $\sigma_T=245 \text{ МПа}$.

Розміри цапфи зазначені на рис. 5.8.5.

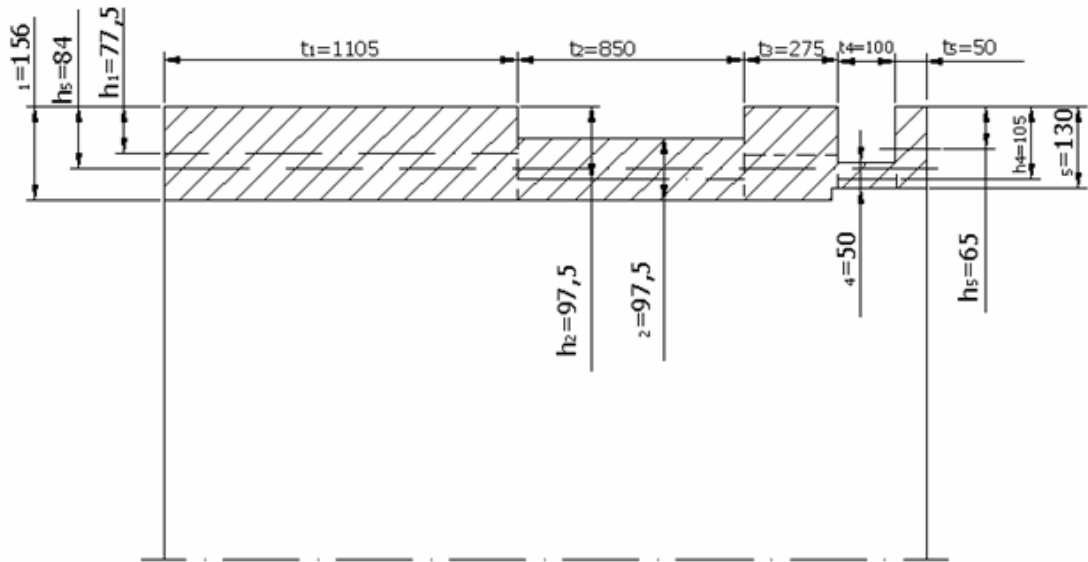


Рис.5.8.5. Розрахункова схема цапфи.

Знаходимо центр ваги перерізу, розбиваючи його на найпростіші елементи. Координата центру ваги перерізу:

$$h_s = \frac{\sum F_i h_i}{F}, \text{ де } F = \sum_{i=1}^5 F = \sum_{i=1}^5 \delta_i t_i \text{ [М}^2\text{]}.$$

$$F = 1,105 * 0,155 + 0,115 * 0,85 + 0,155 * 0,275 + 0,1 * 0,05 + 0,13 * 0,05 = 0,323 \text{ м}^2.$$

$$h_s = \frac{1,105 * 0,155 * 0,0775 + 0,115 * 0,85 * 0,0975 + 0,155 * 0,275 * 0,0775}{0,323} + \frac{0,1 * 0,05 * 0,105 + 0,13 * 0,05 * 0,065}{0,323} = 0,084 \text{ м}$$

Момент опору перерізу

$$W_s = \frac{J_s}{h_s} = \frac{5,78 * 10^{-4}}{0,084} = 68,8 * 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Розглядаючи цапфу як кільце жорсткості, можемо визначити максимальне напруження в небезпечному перерізі за формулою

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_s},$$

де M_{\max} – максимальний згинальний момент, визначимо за формулою

$$M_{\max} = k_M r R_{\max}$$

де k_M - коефіцієнт внутрішніх зусиль, приймаємо максимальний,

При $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ - \alpha_0$

$$k_M = \frac{1}{2\Pi} (a_2 \cos \alpha + \alpha \sin \alpha - a_1)$$

$$\text{При } 180^\circ - \alpha \leq \alpha \leq 180^\circ, k_M = \frac{1}{2\Pi} (a_5(\Pi - \alpha)\sin \alpha + a_4 \cos \alpha + a_3),$$

$$\text{де } a_1 = \frac{\alpha_0}{\sin \alpha_0} = \frac{1,0472}{\sin 60^\circ} = 1,2092$$

$$a_2 = \frac{3}{2} - a_1 \cos \alpha_0 = \frac{3}{2} - 1,2092 * \cos 60^\circ = 0,8954$$

$$a_3 = a_1 - \frac{\Pi}{\sin \alpha_0} = 1,2092 - \frac{3,14}{\sin 60^\circ} = -2,4185$$

$$a_4 = a_3 \cos \alpha_0 - \frac{3}{2} = -2,4185 \cos 60^\circ - \frac{3}{2} = -2,7093, a_5 = 1$$

Таблиця 2.4.1.

α	0°	45°	90°	120°	150°	180°
K_M	-0,0499	-0,0033	0,0576	0,0249	0,0302	0,0463

За формулами визначимо

$$M_{\max} = 0,0576 * \frac{2,36}{2} * 2254,2 = 103,2 \text{ кН}, \quad \sigma_{\max} = \frac{103,2 * 10^{-4}}{68,8 * 10^{-4}} = 22,3 \text{ МПа}.$$

Границя витривалості матеріалу цапфи при вигині $\sigma_{-1} = 120$ МПа.

$$\text{Запас по витривалості: } n = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{\max}} = \frac{120}{22,3} = 5,4. \text{ Рекомендується } [n] = 1,5-2,5.$$

5.5.4 Розрахунок швидкохідного вала на міцність

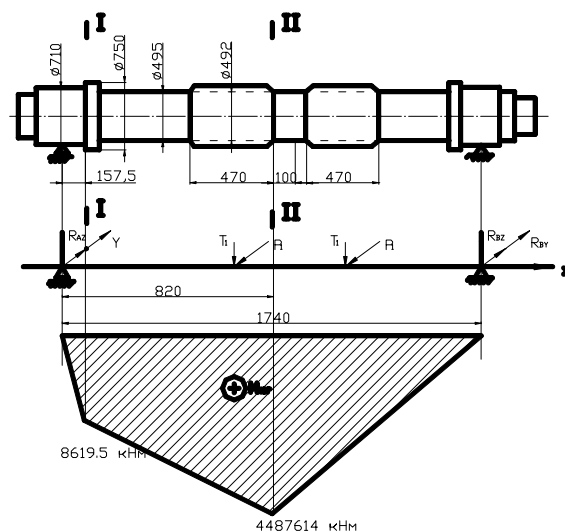


Рис.5.9.6. Схема швидкохідного вала.

$\sigma_c = 630 \text{ МПа}$ $\sigma_1 = 270 \text{ МПа}$ $\delta_{-1} = 175 \text{ МПа}$ $\psi_\sigma = 0,1$ $\psi_\tau = 0,05$
 $n=1,6$ – запас міцності на витривалість.

$$T=237 \cdot 10^3 \text{ Нм.}$$

Визначимо окружне і розпирне зусилля.

$$P = \frac{2 \cdot T}{d_{\text{дм}}} = \frac{2 \cdot 237000}{50,73} = \frac{4740000}{50,73} = 934350 \text{ Н}$$

$$P_1 = \frac{P}{2} = \frac{934350}{2} = 467175 \text{ Н};$$

$$T_1 = \frac{P_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = \frac{46717 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ}{0,9462} = \frac{46717 \cdot 0,57735}{0,9462} = 285060 \text{ Н};$$

Реакція від сил P_1 і T_1 рівні

$$\begin{aligned} R_{AZ} &= R_{BZ} = T_1 = 285060 \text{ Н} \\ R_{AY} &= R_{BY} = P_1 = 467170 \text{ Н} \end{aligned}$$

Сумарні реакції:

$$R_A = R_B = \sqrt{R_{AZ}^2 + R_{AY}^2} = \sqrt{28506^2 + 46717^2} = 547270 \text{ Н}$$

Перевіряємо небезпечних переріз:

Перетин I-I.

Згинальний момент у перетині:

$$M_{I-I} = R_A \cdot l_{I-I} = 54727 \cdot 15,75 = 8619502 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Моменти опору перетину:

$$W = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 710^3 = 0,1 \cdot 35791,1 = 35791,1 \text{ м}^3;$$

$$W_P = 0,2 \cdot d^3 = 0,2 \cdot 710^3 = 0,2 \cdot 35791,1 = 71582,2 \text{ м}^3;$$

$$d = 710 \text{ мм.}$$

Напруга в перетині нормальна і дотична:

$$\sigma = \frac{M_{I-I}}{W} = \frac{86950,2}{35791,1} = 2,41 \text{ МПа};$$

$$\delta = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{2370000}{71582,2} = 3,31 \text{ МПа}$$

Через невеликі напруги, визначення запасу міцності не робимо.

Перетин II-II.

$$M_{II} = R_A \cdot l_{II-II} = 54727 \cdot 82,0 = 4487614000 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Моменти опору перетину:

$$W = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 49,5^3 = 12128,7375 \text{ м}^3;$$

$$W_p = 0,2 \cdot d^3 = 0,2 \cdot 49,5^3 = 24257,475 \text{ м}^3;$$

$$d = 49,5 \text{ м.}$$

Напруга в перетині нормальна і дотична:

$$\sigma = \frac{M_{II-II}}{W} = \frac{4487614}{12128,7375} = 37 \text{ МПа};$$

$$\delta = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{2370000}{24257,475} = 9,77 \text{ МПа}$$

5.5.5 Розрахунок тихохідного вала

Вал зі сталі 50.

$$\sigma_s = 630 \text{ МПа} \quad \sigma_1 = 270 \text{ МПа} \quad \delta_{-1} = 175 \text{ МПа} \quad \psi_\sigma = 0,1 \quad \psi_\tau = 0,05;$$

$n=1,3$ – запас міцності на витривалість.

$$T_{II} = 18 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

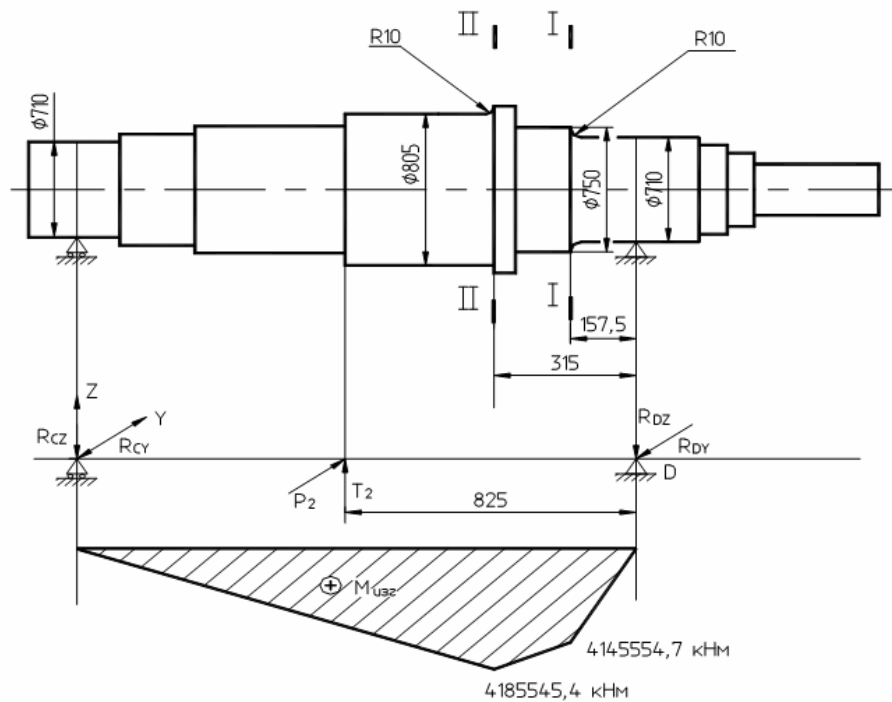


Рис.5.10.7. Схема тихохідного вала.

Окружне і розпірне зусилля відповідно:

$$P_2 = P_1 = 467170 \text{ H}; T_2 = T_1 = 285060 \text{ H}.$$

$$R_{CZ} = R_{DZ} = \frac{T_2}{2} = \frac{28506}{2} = 142530 \text{ H};$$

$$R_{CY} = R_{DY} = \frac{P_2}{2} = \frac{46717}{2} = 233585 \text{ H}$$

Сумарні реакції:

$$R_C = R_D = \sqrt{R_{DZ}^2 + R_{DY}^2} = \sqrt{14253^2 + 23358,5^2} = 27363 \text{ H}.$$

Знайдемо реакції від неврівноваженої частини окружного зусилля на муфті:

$$P_M = 0,2 \frac{M_{кр}}{d_M} = 0,2 \frac{18000000}{135} = 266660 \text{ H};$$

$$R_D^M = \frac{P_M (15 + 154)}{165} = \frac{26666 \cdot 319}{165} = 51550 \text{ H};$$

$$R_C^M = R_D^M - P_M = 51554 - 26666 = 248880 \text{ H}.$$

Повні реакції.

$$R_D = R_D' + R_D^M = 27363,61 + 51557 = 78917,6 \text{ H}.$$

$$R_C = R_C' + R_C^M = 27363,61 + 24888 = 522516 \text{ H}.$$

Перевіримо небезпечний переріз.

$$M_{I-I} = (27363,6 \cdot 15,75) + (26666 \cdot 169,75) = (51554 \cdot 15,75) = 414554700 \text{ Нм}.$$

Момент опору.

$$W = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 710^3 = 0,1 \cdot 35791,1 = 35791,1 \text{ м}^3;$$

$$W_P = 0,2 \cdot d^3 = 0,2 \cdot 710^3 = 0,2 \cdot 35791,1 = 71582,2 \text{ м}^3;$$

$$d = 710 \text{ мм}.$$

Напруження в перетині нормальне і дотичне.

$$\sigma = \frac{M_{I-I}}{W} = \frac{414554,7}{35791,1} = 11,58 \text{ МПа};$$

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_P} = \frac{18000000}{71582,2} = 25,14 \text{ МПа}.$$

Концентратор напруження:

$$R = 10 \text{ мм}; \quad d = 710 \text{ мм}; \quad D = 750 \text{ мм}; \quad \frac{R}{d} = \frac{10}{710} = 0,014; \quad \frac{D}{d} = \frac{750}{710} = 1,05;$$

тоді $K'_\sigma = 3,2$; $K'_\tau = 1,9$.

Ефективні коефіцієнти концентрації:

$$K_\sigma = \left(2,28 \frac{D}{d} - 1,9 \right) \cdot (K'_\sigma - 1) + 1 = 2,07;$$

$$K_\tau = \left(2,28 \frac{D}{d} - 2,72 \right) \cdot (K'_\tau - 1) + 1 = 1,27.$$

Коефіцієнти впливу абсолютних розмірів у залежності від діаметра:

$$\varepsilon_\sigma = \varepsilon_\tau = 0,45 \text{ - масштабний фактор.}$$

β - коефіцієнт, що враховує вплив частоти поверхневого шару: $\beta=0,9$.

$$\sigma_u = \sigma = 11,58 \text{ МПа}; \quad \tau_u = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{181,4}{2} = 12,57 \text{ МПа.}$$

Запас міцності по нормальних і дотичних напруженнях:

$$R_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{\sigma_u \cdot K_\sigma}{\beta \cdot \varepsilon_\sigma} + \psi_{\sigma m}} = \frac{2700}{\frac{115,8 \cdot 2,07}{0,9 \cdot 0,45}} = 4,5;$$

$$R_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{\tau_l \cdot K_\tau}{\beta \cdot \varepsilon_\tau} + \psi_\tau \cdot \tau_m} = \frac{1750}{\frac{125,7 \cdot 1,27}{0,9 \cdot 0,45} + 0,05 \cdot 125,7} = 4,4.$$

Загальний запас міцності на витривалість:

$$R = \frac{R_\sigma \cdot R_\tau}{\sqrt{R_\sigma^2 + R_\tau^2}} = \frac{4,5 \cdot 4,4}{\sqrt{4,5^2 + 4,4^2}} = 3,1.$$

Перетин II-II.

Згинальний момент у перетині:

$$M_{II-II} = (27363,6 \cdot 31,5) + (26666 \cdot 185,5) - (51554 \cdot 31,5) = 4185545400 \text{ Нм.}$$

Момент опору перетину:

$$W = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 80,5^3 = 0,1 \cdot 521660,125 = 52166,0125 \text{ м}^3;$$

$$W_P = 0,2 \cdot d^3 = 0,2 \cdot 80,5^3 = 104332,025 \text{ м}^3;$$

$$d = 805 \text{ мм.}$$

Напруження в перетині нормальне і дотичне:

$$\sigma = \frac{M_{II-II}}{W} = \frac{414554,7}{52166,0125} = 8,2 \text{ МПа};$$

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_P} = \frac{18000000}{104332,025} = 11,2 \text{ МПа}.$$

Через невеликі напруги визначення запасу міцності не робимо.

5.6 Розрахунок млина за допомогою програмного продукту Ansys

Конструкція, що розглядається, є симетричною, тому для зведення до мінімуму машинного часу та розміру матриці жорсткості, необхідно розглядати тільки половину виробу, отриману шляхом його розділу вертикальною площиною симетрії.

Враховуючи, що конструкція корпусу складається із циліндричної оболонки корпусу та футерівки, а також встановленого з одного боку вінцевої шестерні, моделюємо їх фрагментами, котрі спряжені між собою і займають увесь об'єм досліджуваної конструкції.

Для розрахунку трубного млина на міцність було використано модуль Static Structural програмного пакету Ansys (Рис. 2.8).

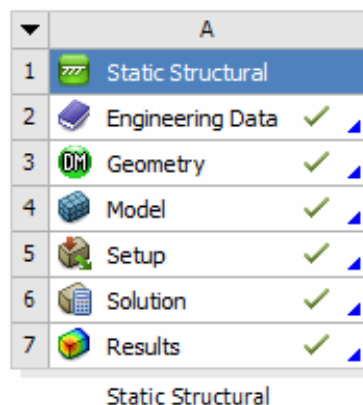


Рис. 5.8 модуль Static Structural

Для числової моделі було обрано матеріали із стандартної бібліотеки Ansys – конструкційну сталь для всіх елементів. Вихідна геометрія була створена засобами Ansys Design Modeler (Рис. 2.9).

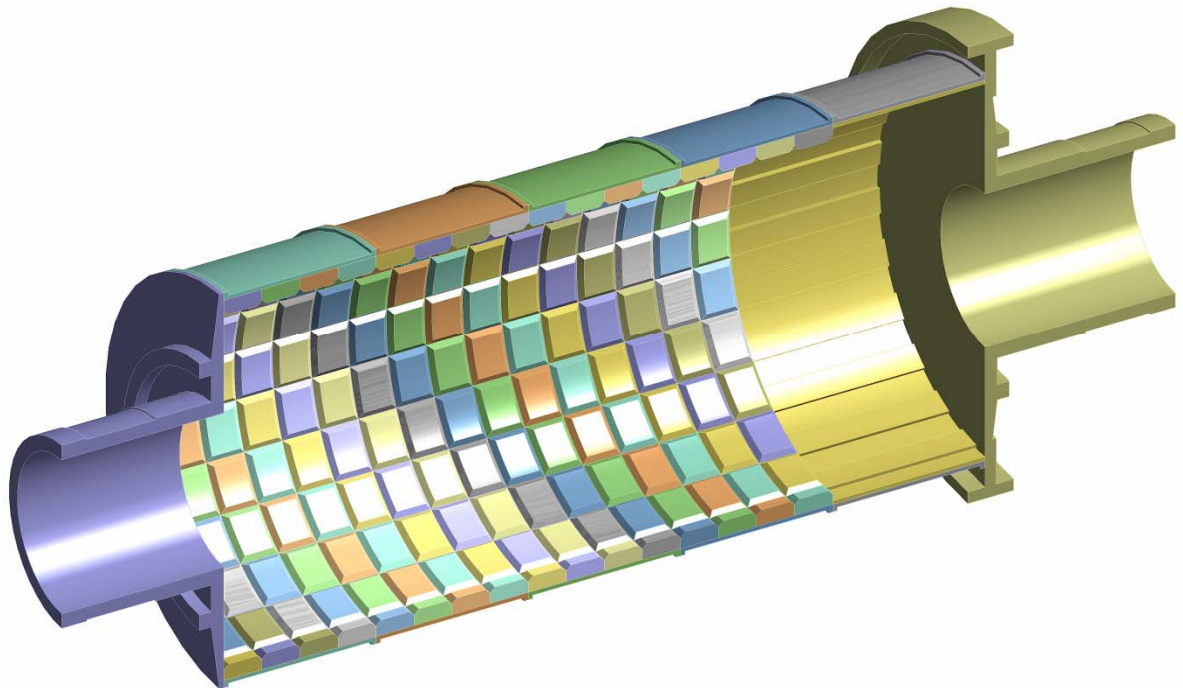


Рис. 5.9 Базова геометрія для числової моделі

Кількість скінченних елементів після закінчення роботи генератора сітки становила близько 60000 (рисунок 2.10).

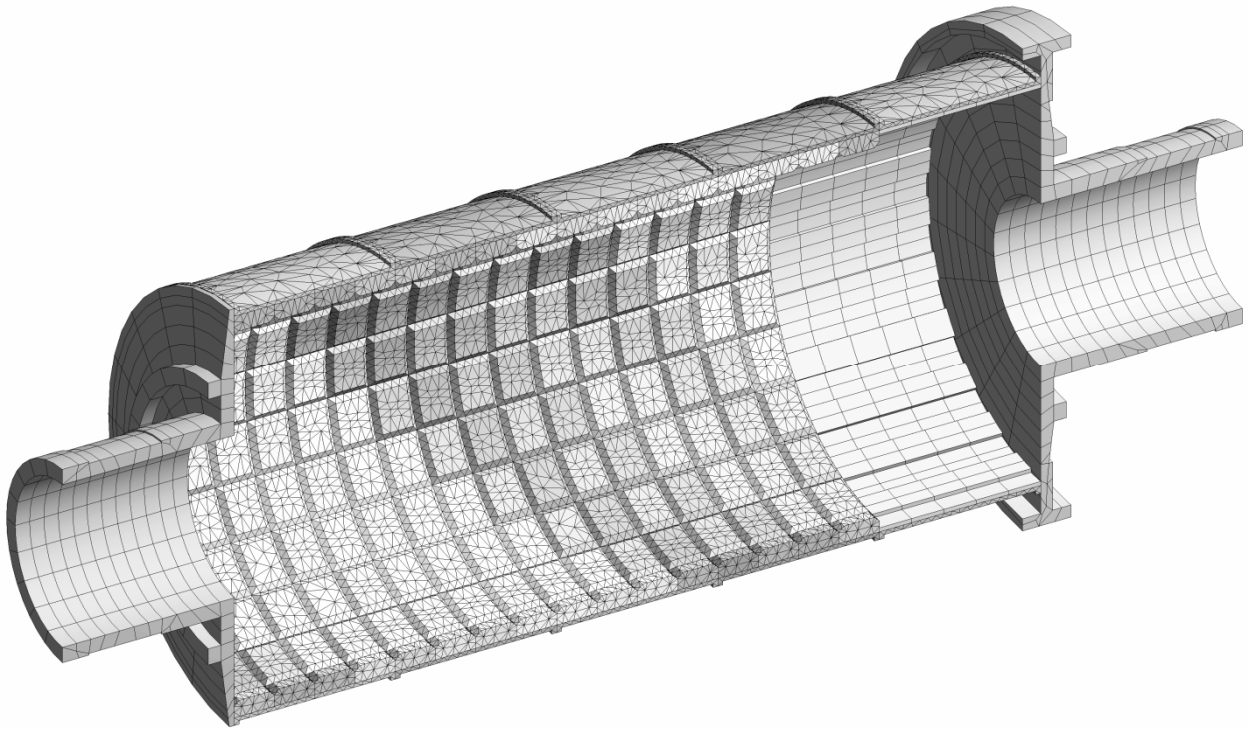


Рис. 5.10 Розрахункова сітка числової моделі базової конструкції

В якості сил, які діють на конструкцію, використовувалися гравітаційна сила конструкції. Закріплення та прикладенні навантаження детально зображені на рисунку 2.11.

- A** Cylindrical Support: 0. mm
- B** Cylindrical Support 2: 0. mm
- C** Moment: 1.424e+009 N-mm
- D** Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/

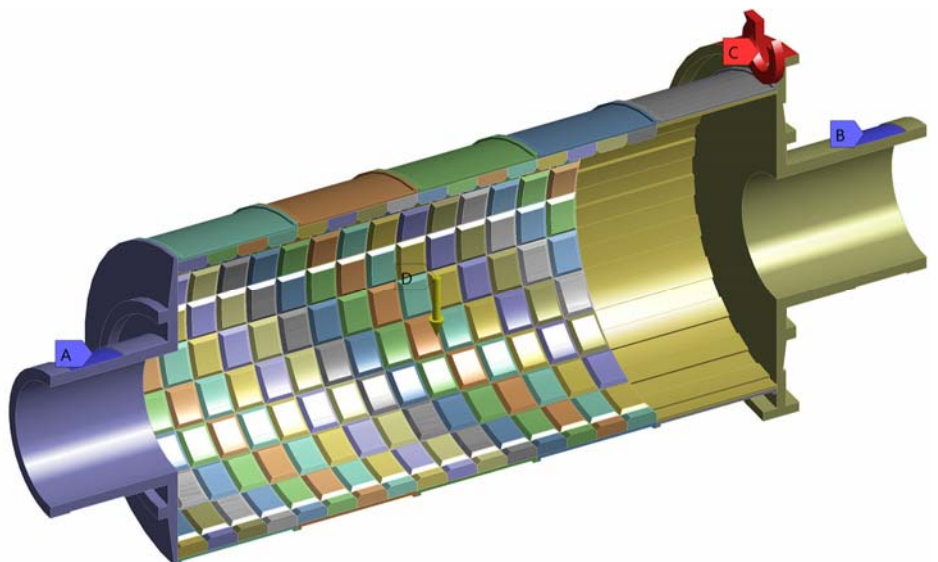
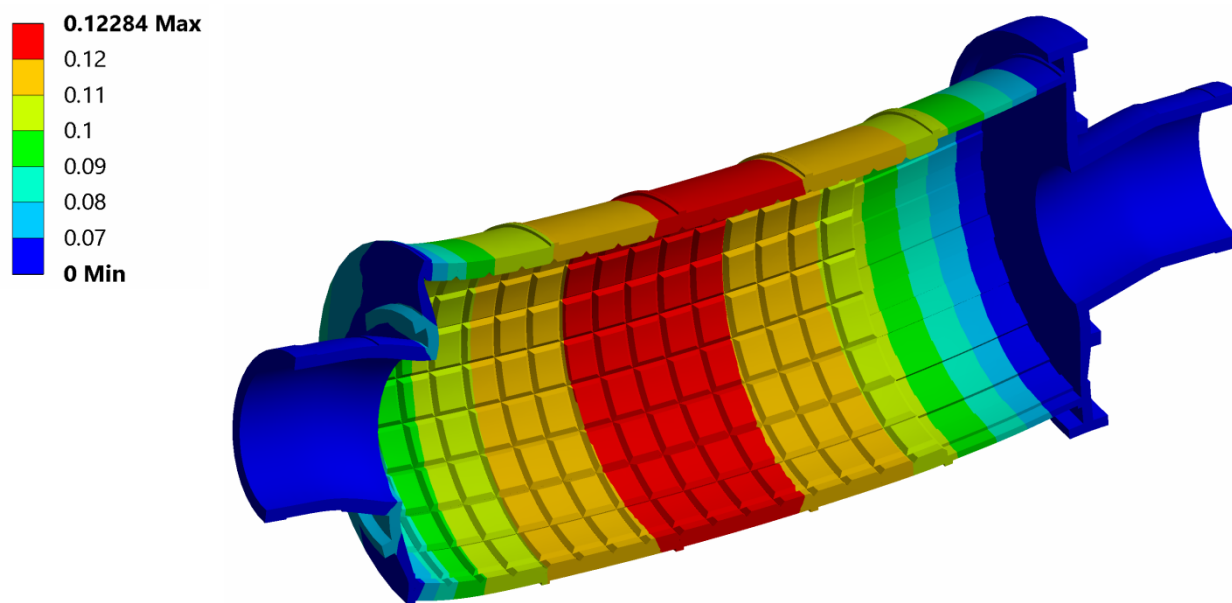
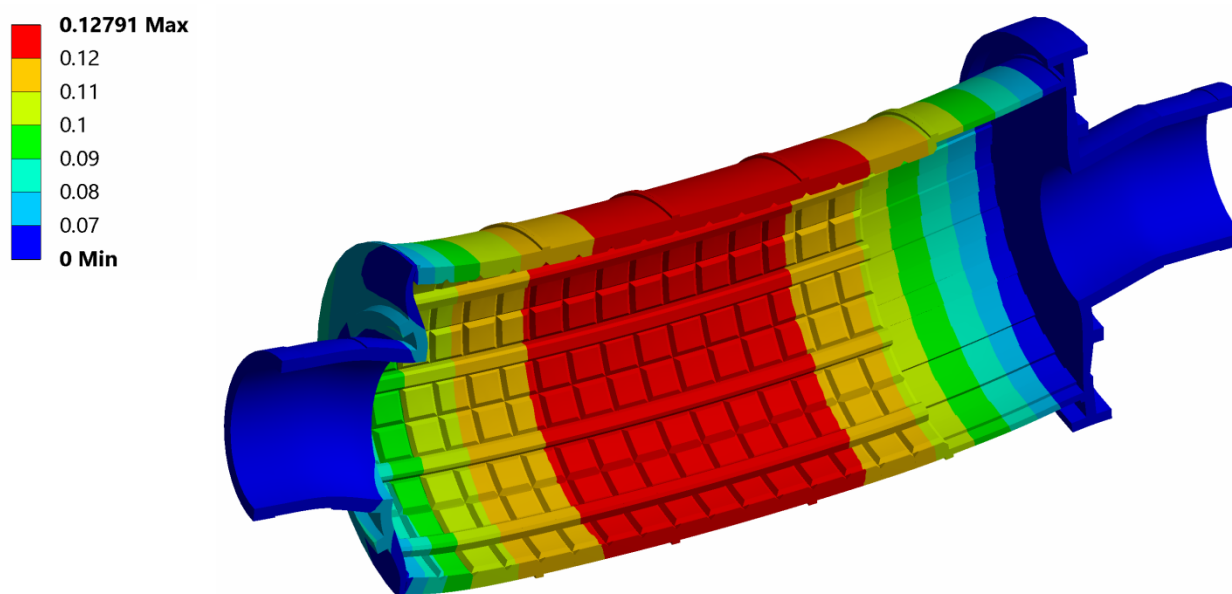


Рис. 5.11 Закріплення та прикладенні навантаження

Після закінчення роботи вирішувача було отримано результати повних деформацій та еквівалентних напружень по Мізесу. Результати розрахунку приведені на рисунках 2.12–2.14.

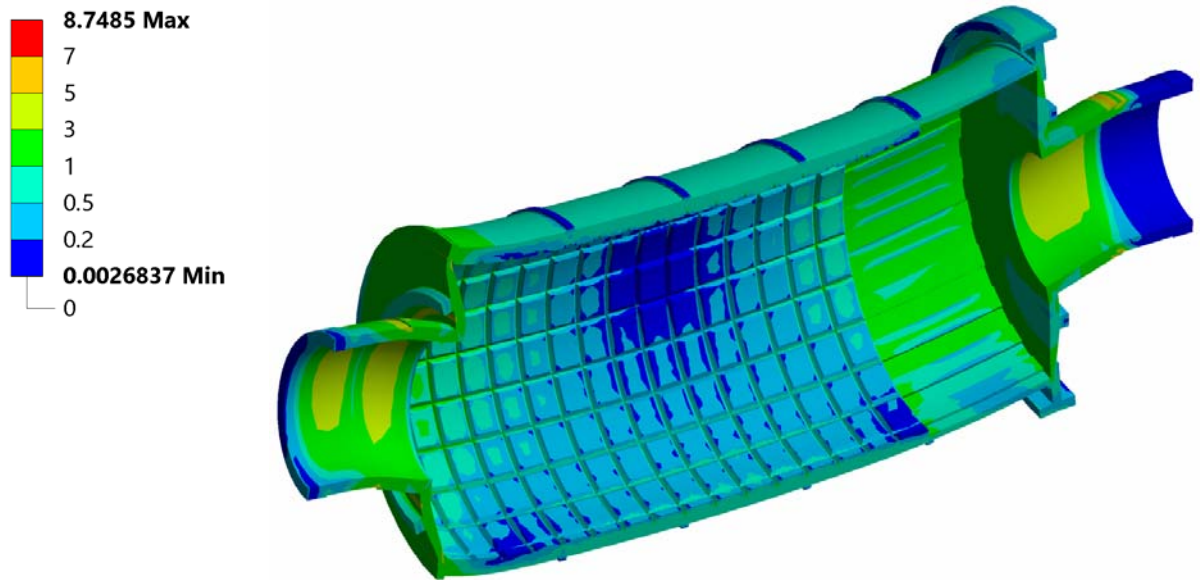


a

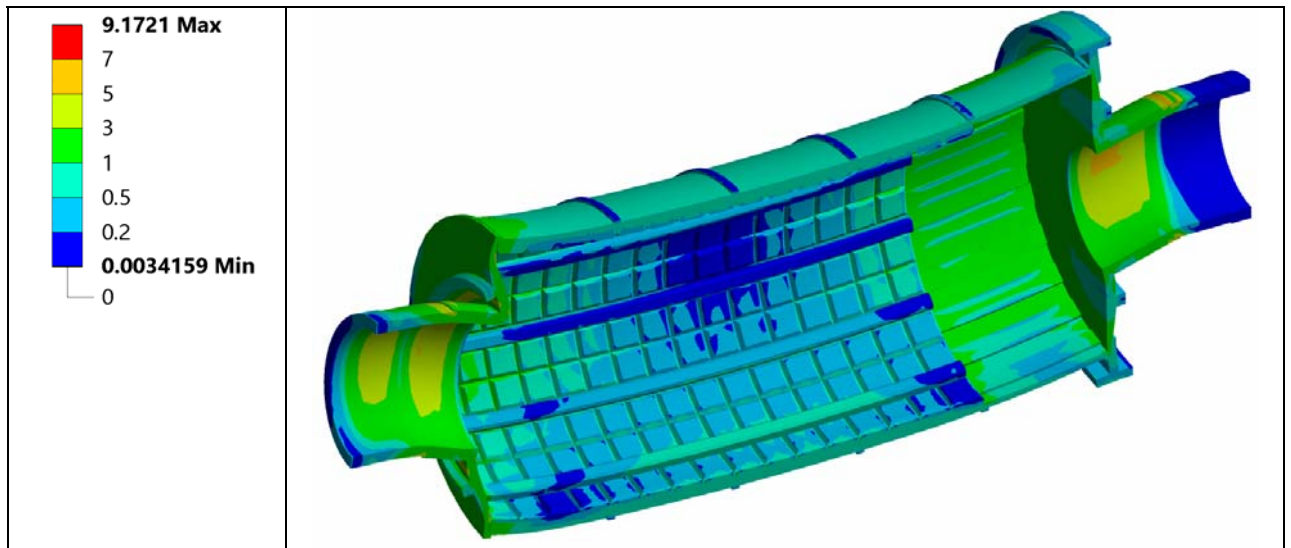


б

Рис. 5.12 Повна деформація базової (*a*) та модернізованої (*б*) конструкції, виражена в мм



A



б

Рис. 5.13 Еквівалентні напруження роликів по Мізесу базової (*a*) та модернізованої (*б*) конструкції, виражені в МПа

На Рис 2.14 зображено повну деформацію верхньої частини барабана базової та модернізованої конструкції.

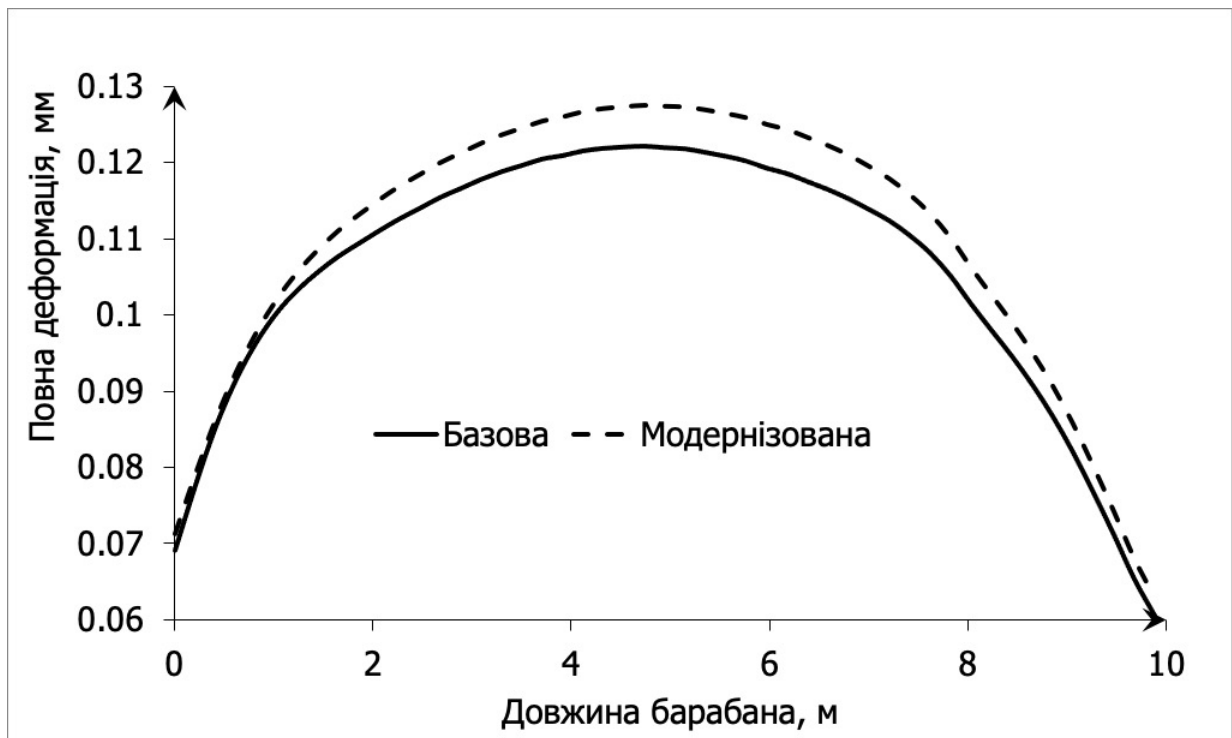


Рис. 5.14 Повна деформація верхньої частини барабана

Аналіз результатів розрахунку млина

Проведені вище числові розрахунки показують, що найбільш навантажене місце конструкції млина є місце кріплення підшипників, якому потрібно приділити особливу увагу під час проведення конструкційних розрахунків.

Під час порівняння отриманих результатів базової та модернізованої конструкції обертового млина було очікувано отримано вищі результати, оскільки модернізована конструкція має на 5% більшу масу.

5.7 Розрахунки працездатності машини

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

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

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

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

R - навантаження на підшипник, Н

K_6 - коефіцієнт безпеки; $K_6 = 1,5$

K_T - температурний коефіцієнт; $K_T = 1$

Розрахункова довговічність L визначається по формулі:

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

де C - динамічна вантажопідйомність, Н

p - степений показник; $p = 10/3$

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

Визначимо величину еквівалентного навантаження і рвсчетную довговічність L_h для підшипників вхідного вала

Підшипники вхідного вала

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

Навантаження на підшипник $R_1 = 70000$ Н

Підставляючи дане значення в формулу отримаємо:

$$F_1 = 1 \times 70000 \times 1.5 \times 1 = 105000 \text{ Н}$$

Визначимо величину довговічності піддшипника L , год по формулі

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

Приймаємо $L = 26000$ годин.

6 ПРОГРАМА КРЕСЛЕННЯ БАРАБАНУ МЛИНА

В даний час найбільш популярним засобом автоматизації проектування в машинобудуванні є графічна система AutoCAD фірми "Autodesk" (США). AutoCAD дозволяє створювати геометричні моделі на площині й у тривимірному просторі. У кожній новій версії системи з'являються все більш потужні засоби для моделювання в просторі. Але спочатку основним призначенням системи була автоматизація креслярсько-графічних робіт. Режим графічного редагування найбільш близький до того стилю роботи, до якого звик конструктор, тільки звичайний кульман з набором креслярських інструментів тут замінюється "електронним кульманом".[7]

Ефект зменшення трудомісткості виходить за рахунок деяких факторів. При створенні повністю нового креслення деяке скорочення часу можливо за рахунок: "печатки" текстової частини замість вимальовування букв; напівавтоматичного проставляння розмірів; штрихування (найбільш помітний ефект); проставляння умовних позначень, креслення рамки і штампа, якщо ці графічні елементи вже були створені раніше. Істотний ефект (в 2-3 рази і більше) може проявитися в тих випадках, коли:

- в кресленні багаторазово повторюються одні й ті ж графічні фрагменти, особливо якщо ці фрагменти повторюються в багатьох кресленнях (ця ситуація характерна в першу чергу для будівельних креслень, а також схем);
- в креслення неодноразово доводиться вносити зміни, причому відсоток змінюваної частини від усього креслення невисокий, але перекреслювати доводиться все креслення.

Так як в системі AutoCAD реалізований і другий спосіб автоматизації креслярсько-графічних робіт - графічне програмування, то в цих випадках ефект використання AutoCAD може зрости на кілька порядків. Мовою графічного програмування в AutoCAD є функціональна мова AutoLISP.

Отримання креслень з використанням графічних програм значно відрізняється від роботи як за електронним, так і за звичайним кульманом. Можна домогтися того, що конструктору взагалі не доведеться креслити! Програма може попросити конструктора відповісти на деякі питання, наприклад ввести номер варіанта виконання, значення базових розмірів, позначення матеріалу, характерних розмірів, а все інше програма зробить автоматично.[8]

Графічна програма може скоротити час роботи конструктора в декілька, і навіть у десятки разів (в залежності від креслення), але для цього необхідно, щоб попередньо хто - небудь написав цю програму на AutoLISP'е, витративши на це значний час, багато більше того часу, яке було б витрачено на виготовлення цього креслення за допомогою графічного редактора.

Таким чином, графічне програмування дає ефект в тих випадках, коли в конструкторському підрозділі проектується велика кількість однотипних об'єктів, що розрізняються значеннями розмірів і (у заздалегідь визначених межах) варіантами виконання.

Можливості мови AutoLISP не обмежуються створенням програм для автоматичного випуску креслень, вони значно ширше. AutoLISP є основним засобом розширення системи AutoCAD і розробки на її основі спеціалізованих систем проектування, орієнтованих на конкретного користувача або групи користувачів. При цьому AutoLISP доповнюється мовою створення користувальницьких меню та мовою створення власних Символічний позначень, шрифтів і видів штрихування. Останнім часом проводяться розробки систем з виконання так званих параметризованих креслень, тобто креслень у яких розміри позначені символами, які і є параметрами креслення.

Метою даної роботи є розробка програмного забезпечення для автоматизованого проектування черв'яка на базі параметризованих креслень цієї деталі.[10-12]

Розроблена система призначена для виконання зазначених креслень з використанням інтерактивного режиму введення. Система виконана на базі графічного пакету AutoCAD з використанням програм і функцій написаних на функціональній мові AutoLISP. Вона являє собою багаторівневу віконну структуру, призначену для оперативного введення або коригування параметрів і виконання креслення деталі.

6.1 Структура системи

Розроблена система надає можливість виконувати параметризовані креслення за допомогою вказівки 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.[14-15]

Система розміщена в каталозі Baraban, який може бути розташований на будь-якому логічному диску в кореневому каталозі. У каталозі Baraban повинні знаходитися файли «DIAL.DCL», «Baraban.lsp», в яких містяться програми. Крім того в каталозі також знаходяться файли: «Baraban.SLD», «Baraban.txt».

Всі виконувані функції наведені в додатку.

У файлі «DIAL.DCL» знаходиться програма з «ресурсів» для опису формату діалогового вікна, для виконання креслення.

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

У файлі «Baraban.SLD» розміщено зображення барабана, що передається в діалогове вікно.

6.2 Структура програми

У програмах використовуються наступні підпрограми для виконання певних функцій:

(dano) - введення в основну програму стандартних вихідних даних;
(to4ku1) – розрахунок всіх точок, необхідних для креслення;
(4er41) - побудова основного креслення конструкції;
(vid_sleva) - побудова вигляду зліва;
(vunoska1) – побудова першої виноски;
(v_2) – побудова другої виноски;
(razmeru) – побудова всіх розмірів;
(to4ku2) – розрахунок точок для креслення 3Д креслення;
(4er42) – побудова контуру деталі;
(3dd) – побудова твердоті лої деталі;
(durka1) – побудова отворів по площині барабану;
(durka2) – побудова отворів по лівому борту барабана;
(durka3) – побудова отворів по правому борту барабана;
(dial) – виклик діалогового вікна.
(prov_vvod) – підпрограма, яка виконує перевірку введених значень.

Креслення. Креслення деталі відбувається після натискання клавіші *Креслення* в діалоговому вікні, яке описано далі. Вихідні дані для цього креслення, представлені в вигляд програми AutoLISP, а саме підпрограм (dano) і (vvod_razm). Всі розміри вказані в міліметрах і в масштабі 1:1. Ці дані можна змінювати за допомогою діалогового вікна, також можна змінювати і масштаб всього креслення, вибираючи потрібний масштаб із списку представленого в діалоговому вікні.

Для виконання креслення деталі використовується наступний алгоритм:

1. Введення вихідних даних.
2. Коригування даних в діалоговому вікні.
3. Малюнок рамки і вибір базової точки.
4. Визначення опорних точок і виконання креслення.
5. Креслення першої виноски.

6. Креслення другої виноски.

6. Проставлення розмірів та виведення тексту.

Зміна параметрів креслення деталі відбувається введенням необхідного значення параметра треба вписати його в відповідну ячейку в вікні.

Основні параметри, які використовуються в програмі та в діалоговому вікні, та їх зв'язок показані в Таблиця 4,1:

Таблиця 4,1. Таблиця ідентифікаторів.

Назва розміру в Діалоговому вікні	Розмір, яка використовується в програмі	Розмір, що використовується в програмі з урахуванням масштабу
D1	_D1	D1
D2	_D2	D2
D3	_D3	D3
D4	_D4	D4
D5	_D5	D5
Do	_Do	Do
Do1	_Do1	Do1
Do2	_Do2	Do2
Dc1	_Dc1	Dc1
Lo	_Lo	Lo
L	_L	L
L1	_L1	L1
L2	_L2	L2
L3	_L3	L3

Н	_Н	Н

Для побудови креслення барабана використовуємо наступну схему:

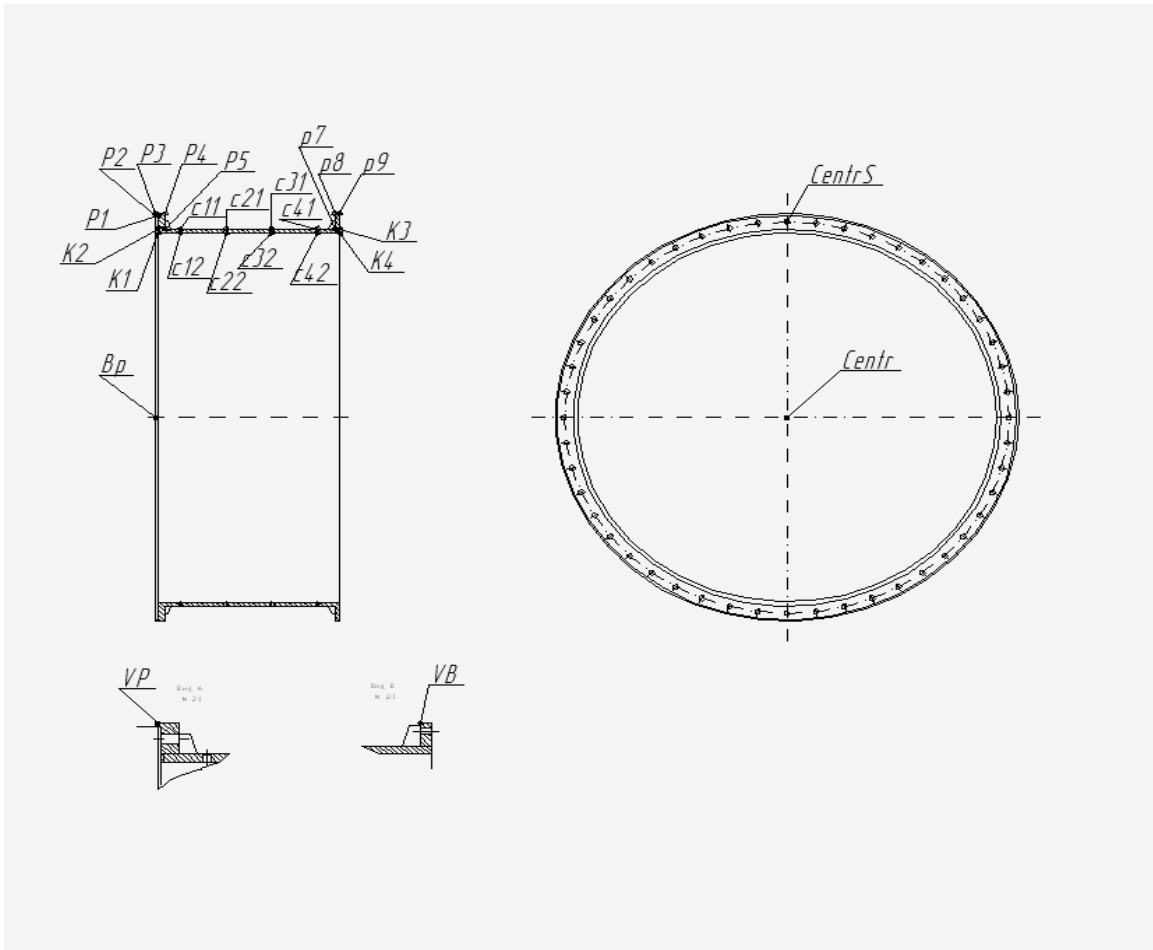


Рис.4.1. Розрахункова схема креслення

6.3 Опис роботи програми діалогового вікна

При запуску програми, введенням в команду строку *kurs*, з'являється наступне діалогове вікно:

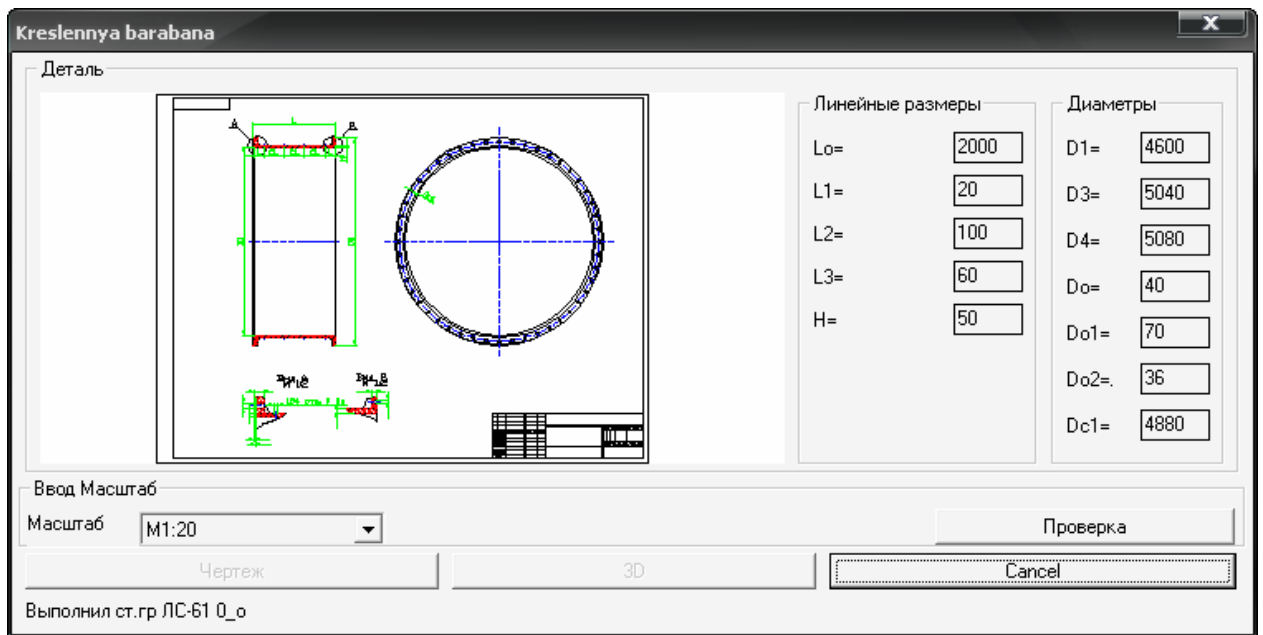


Рис.4.2. Діалогове вікно.

Введення лінійних розмірів:

Линейные размеры	
L0=	<input type="text" value="2000"/>
L1=	<input type="text" value="20"/>
L2=	<input type="text" value="100"/>
L3=	<input type="text" value="60"/>
H=	<input type="text" value="50"/>

Введення діаметрів:

Диаметры	
D1=	<input type="text" value="4600"/>
D3=	<input type="text" value="5040"/>
D4=	<input type="text" value="5080"/>
D0=	<input type="text" value="40"/>
D01=	<input type="text" value="70"/>
D02=	<input type="text" value="36"/>
Dc1=	<input type="text" value="4880"/>

Рис.4.3. Елементи діалогового вікна.

Вибір масштабу із запропонованих:

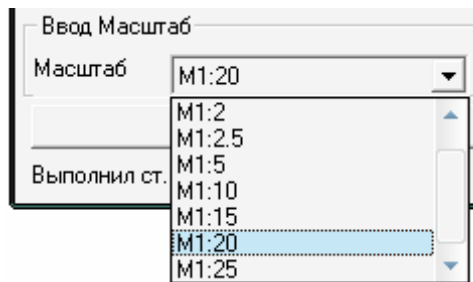
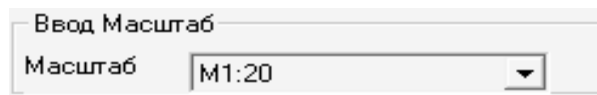


Рис.4.4. Вибір масштабу.

Кнопка перевірки введених даних:

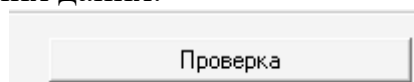


Рис.4.5. Перевірка.

Кнопки виконання креслень – 2д та 3д, а також кнопка виходу з програми:

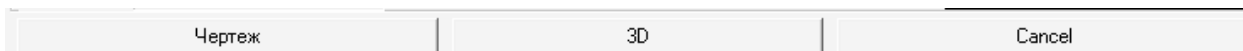


Рис.4.6. Варіанти подальшої роботи.

Всі параметри які доступні для введення, мають бути введені з урахуванням залежностей між собою, згідно з таблицею залежностей вихідних даних.

Приклади введення різних значень показані на кресленні ЛС61.023110-007-60 в верхній частині.

На першому кресленні введені дані дорівнюють стандартним значенням:

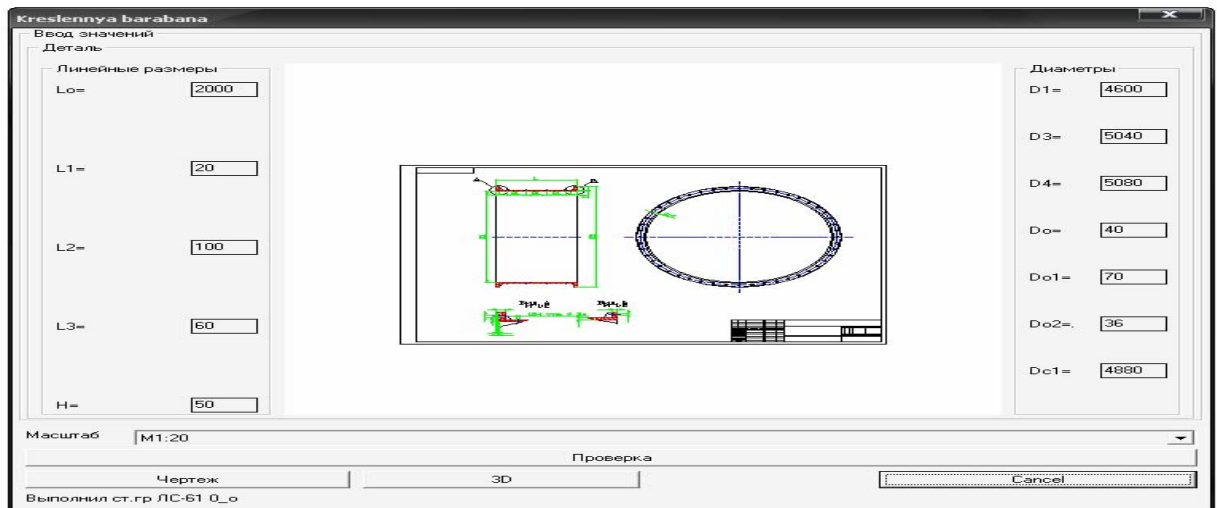


Рис.4.7. Дані креслення.

На другому відповідають наступним:

Масштаб		M1:20	
Линейные размеры		Диаметры	
Lo - Полная ширина барабана =	1000	D1=	3500
L1 - Посадочная ширина внутр. части барабана =	20	D3=	5100
L2 - Внешняя ширина посадочной части барабана слева=	80	D4=	5400
L3 - Внешняя ширина посадочной части барабана справа	100	Dо=	40
H - толщина барабана =	100	Dо1=	70
		Dо2=	36
		Dс1=	4880

Рис.4.8. Змінені дані креслення.

При виконанні твердотілої моделі деталі, також відбувається розрахунок конструкції деталі і дані по ньому записуються в файл “baraban_sol.mpr”, який містить:

----- SOLIDS -----

Mass: 1744233.5350
Volume: 1744233.5350
Bounding box: X: 100.0000 -- 300.0000
Y: -254.0000 -- 254.0000
Z: -254.0000 -- 254.0000
Centroid: X: 195.4590
Y: 0.0000
Z: 0.0000
Moments of inertia: X: 96158989496.6113
Y: 1.2233E+11
Z: 1.2233E+11
Products of inertia: XY: -0.0014
YZ: -0.0003
ZX: 0.0005
Radii of gyration: X: 234.7970
Y: 264.8317
Z: 264.8335
Principal moments and X-Y-Z directions about centroid:
I: 96158989496.6113 along [1.0000 0.0000 0.0000]
J: 55696194352.9853 along [0.0000 1.0000 0.0000]
K: 55697895801.1638 along [0.0000 0.0000 1.0000]

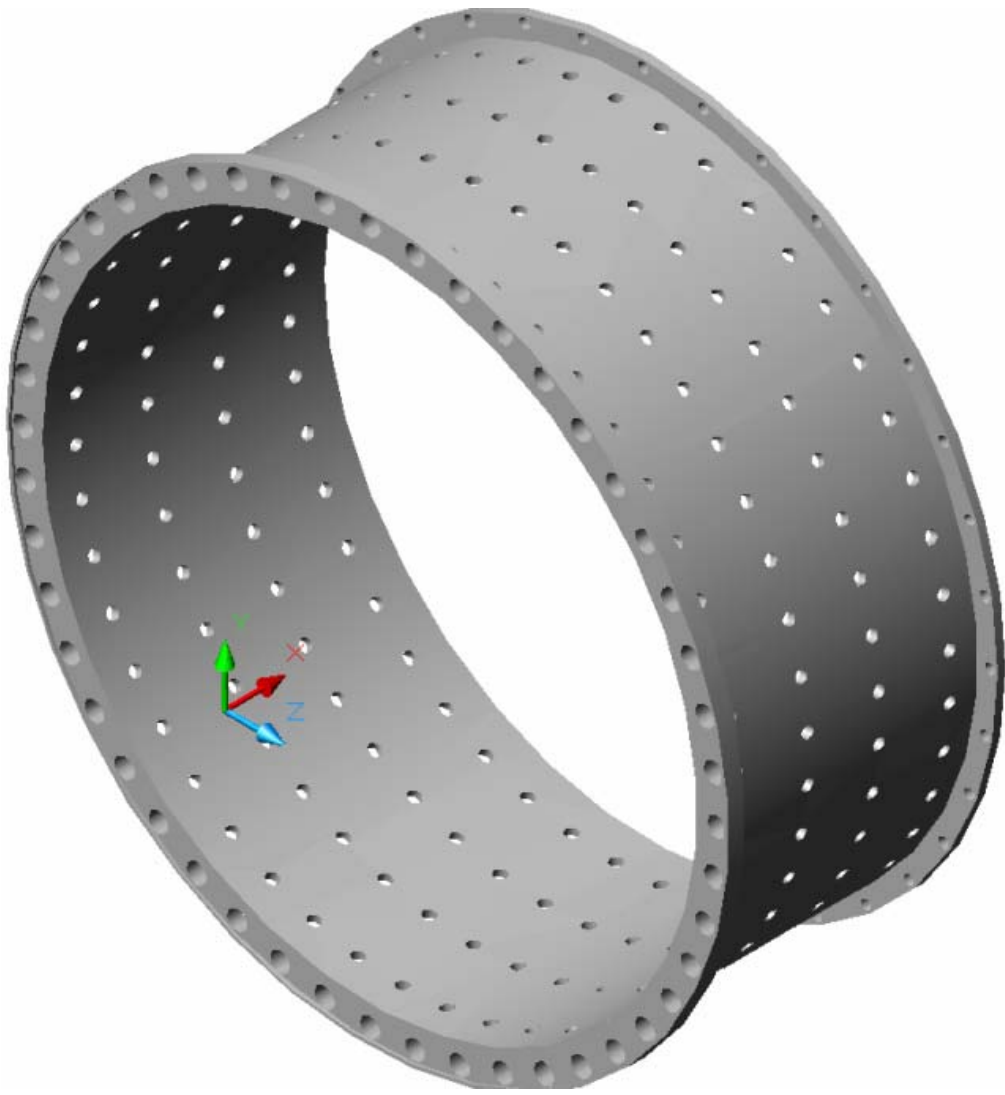


Рис.4.6. Твердотільна модель конструкції.

6.4 Блок-схема програми

Блок-схема роботи програми для виконання креслення барабану

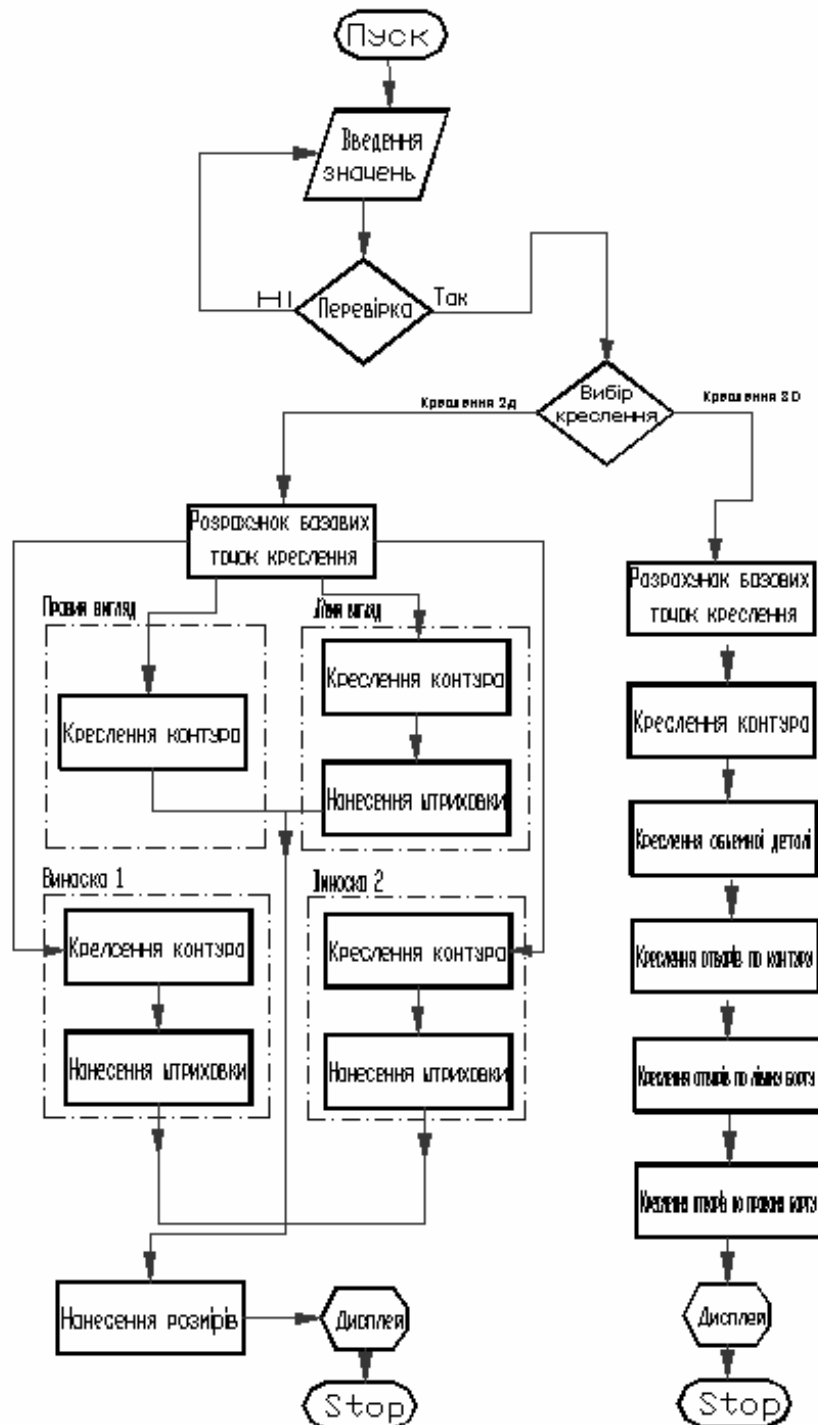


Рис.4.6. Блок-схема програми.

6.5 Введення вихідних даних

Для виклику програми “Baraban” необхідно ввести назву програми *kurs* в командну строку Автокада. На екрані з'являється діалогове вікно.

Необхідно ввести або відкоригувати чисельні значення та натиснути кнопку «Перевірка». Якщо параметри введені правильно, то на екрані з'явиться діалогове вікно з повідомленням «Введені значення не конфліктують».

Після натискання кнопки «Креслення» запускається програма з виконання креслення барабана, згідно заданих розмірів. При натисканні кнопки *3-D креслення* виконується креслення твердотілої моделі деталі в форматі 3д.

У процесі виконання визначаються розміри рамки креслення, і користувачеві пропонується ввести базову точку, яка буде початком координат для виконання креслення.

Таблиця залежностей вихідних даних

Позначення величини	Умова	Позначення величини
D1	<<	D2,D3,D4
D4	>>	D3
D3	>>	D2
Dc1. Dc2	>>	D2
L3	<<	L2
D5	<<	D4

Таблиця ідентифікаторів

Позначення у програмі	Параметр	Значення
D1	D1	Внутрішній діаметр частини барабана.
D2	D2	Внутрішній діаметр барабана з урахуванням товщини барабана.

D3	D3	Посадочний діаметр барабану.
D4	D4	Зовнішній діаметр барабану.
Do	Do	Діаметр отворів для кріплення футерівки.
Do1	Do1	Діаметр отворів для закріплення частин барабану між собою, а також для кріплення цапф.
Do2	Do2	Діаметр отворів для закріплення частина барабану між собою.
Dc1	Dc1	Діаметр до отворів для кріплення барабанів між собою та для кріплення цапф.
Dc2	Dc2	Діаметр до отворів для кріплення барабанів між собою та для кріплення цапф.
Lo	Lo	Загальна довжина частини барабану.
L1	L1	Довжина посадкової внутрішньої частини барабану.
L2	L2	Довжина посадкової зовнішньої частини барабану.
L3	L3	Довжина посадкової частини, д закріплення частин між собою.
L	L	Довжина між отворами для кріплення футерівки.
H	H	Товщина корпусу барабану.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У 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 4.6x10м для подрібнення азбестоцементу. Установку параметрів технологічного процесу і контроль здійснює оператор. Пульти оператора знаходяться в виробничому цеху на відстані 3м від млина, площа цеху $S=700 \text{ м}^2$, об'єм $V=5600 \text{ м}^3$. 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.

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;

7.2 Повітря робочої зони.

Процес подрібнення в млині відбувається при температурі до 300°C, але за рахунок теплоізоляції та модернізації максимальна температура на робочих поверхнях не перевищує 60°C. Вузли лінії піддаються інтенсивному охолодженню водою завдяки чому їх температура не перевищує 45°C. Фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні зводимо в таблицю 7.1.

Таблиця 7.1.

Період року	Категорія роботи – легка		
	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
	Фактична	Фактична	Фактична
Холодний або перехідний	25÷28	60 ÷ 50	0,2
Теплий	27 ÷ 30	60 ÷ 40	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.

Робота оператора по обслуговуванню лінії відноситься до категорії легких фізичних робіт. Енерговитрати людини в цеху досягають 150 ккал/г (172 Дж/с) по ДСН 3.3.6.042-99.

Під час роботи млина відбувається виділення токсичних речовин - парів, пилу з відкритих ємностей шляхом виходу пилу через нещільність технологічного обладнання. Для видалення шкідливих компонентів (для цементу ГДК–6 мг/м³) встановлена місцева вентиляція, в цеху встановлена

також загальнообмінна вентиляція. Тому фактична концентрація цементу 2–3 мг/м³.

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

Розміри вхідного отвору зонта більше розмірів джерела. Для надійності роботи зонта необхідно, щоб вертикальний шлях між кромкою зонта і верхньою кромкою накритого осередку виділення шкідливих речовин був мінімальним.

Габарити зонта знаходимо:

висота підвісу зонта H приймається в границях $1,6 \div 1,8$ м;

$H = 1,8$ м;

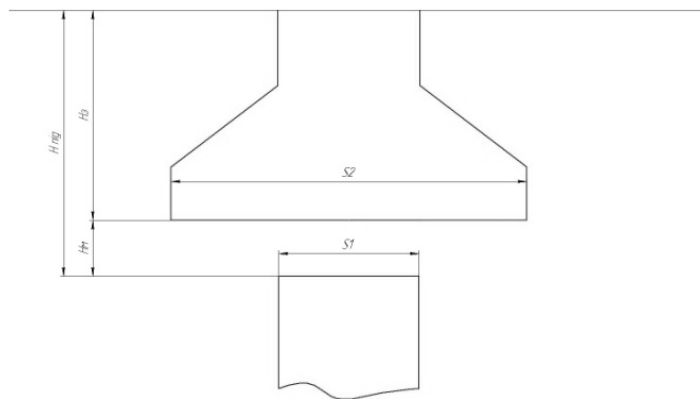


Рис.7.1. Схема витяжного зонта

Розміри прямокутного зонта в плані визначаємо з виразу:

$$A = a + 0,8h; \quad B = b + 0,8h;$$

$$S1 = a \cdot b; \quad S2 = A \cdot B;$$

a, b – сторони поверхні що перекривається, м;

h – відстань від пазу зонта до поверхні, що перекривається, м;

$$h = 1 \text{ м,}$$

$$A = B = 1,4 + 0,8 \cdot 1 = 2,2 \text{ м.}$$

Кут зачинення зонта ϕ маємо приймати не більше 60° (в цьому випадку осьова швидкість в перерізі зонта близька до середньої по всьому перерізу зонта). Повна висота зонта

$$h_3 = 0.8 \text{ м};$$

Об'єм повітря, що видаляється витяжною трубою від зонтів

$$L_3 = 3600 \cdot F_k \cdot v_0, \text{ м}^3/\text{год};$$

де F_k – площа розрахункового перерізу отвору на виході, м²;

$$F = 4.84 \text{ м}^2,$$

тоді:

$$L_3 = 10454,4 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Витрати тиску в системі приймаємо $P = P_{\text{тр}} + P_{\text{м}} = 1,2 \text{ МПа}$

Згідно ГОСТ 12.1.005–88/18 та отриманих даних вибираємо осьовий вентилятор МЦ-8, параметри якого:

продуктивність - $J_b = 12000 \text{ м}^3/\text{г}$,

розвинутий повний тиск - $H_b = 1,3 \text{ МПа}$,

кількість обертів колеса - $n = 950 \text{ об/хв}$,

КПД - $\eta = 0,58$.

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.

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 $I=0,01$ А. При тривалому влученні під напругу силу струму, що допускається, приймають рівній силі струму, не зухвалих порушень у режимі ритму роботи серця.

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 знаходиться 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.

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 П044Т У25-0.4-1970-80.

Оскільки установка живиться напругою 380 В і існує можливість попадання обслуговуючого персоналу під напругу, тому необхідно заземлити установку.

Допускається заземлення

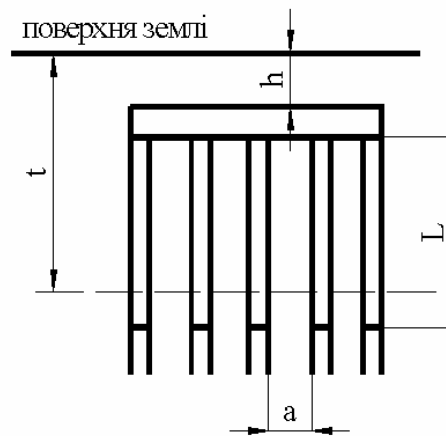


Рис.7.2. Схема до розрахунку захисного заземлення.

При улаштуванні штучних заземлень, їхній опір повинен задовольняти умові:

$$R_U < |R|.$$

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

Опір розтікання струму з одного вертикального електрода:

$$R_1 = 10.1(\text{Ом}),$$

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

Їхню кількість визначаємо:

$$n = \frac{R_1}{V \cdot R_U} = \frac{10,1}{0,7 \cdot 3,3} = 4,4$$

де V_s - коефіцієнт взаємного екранування.

Приймаємо $n_s=5$.

З'єднання вертикальних електродів будемо виконувати металевою смугою перетином 4×40мм.

Довжина смуги:

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

де $a = 1,5$ м - відстань між електродами опору, рівна відстані з'єднувальної смуги:

$$R_n = 1,65(\text{Ом})$$

Еквівалентний опір заземлення:

$$R_e = 1,05(\text{Ом}).$$

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

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

7.4 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.

Відповідно до існуючих вимог усі приводи, передачі, рухомі деталі, робочі органи повинні бути обладнанні захисними огороженнями, які надійно захищають людину від виходу (вильоту) з небезпечної зони стружки металу, крапель розплавленого металу, агресивних рідин, різ-них випромінювань тощо.

Виготовляють огороження зі спеціального листового металу, металевої сітки, пластмаси, а в деяких випадках – зі спеціальних матеріалів (наприклад для захисту від радіоактивного випромінювання). Вони поділяються на стаціонарні і переносні.

За своїм конструктивним оформленням стаціонарне огороження виконується як невід'ємна частина устаткування чи обладнання. Воно може бути відкидним і знімним. Відкидні огороження використовуються для укриття робочих вузлів, передавальних систем та інших механізмів, що вимагають частого втручання людини до цих механізмів. До них належать

кожухи, футляри, дверцята і т.п. Вони приєднуються до нерухомих частин машин (корпусів) за допомогою петель, навісів і відносно легко відкриваються. Знімні огороження використовуються для укриття приводних і передавальних механізмів, що не вимагають налагодження, огляду під час усього міжремонтного періоду роботи устаткування. Вони приєднують-ся до машин болтами, гвинтами і т.п.

Переносні (тимчасові) огороження використовуються під час ремонтних і налагоджувальних робіт для захисту людини від випадкових дотиків до рухомих механізмів, до струмопровідних частин. Якщо обслуговується технологічне устаткування на висоті, робочі майданчики для запобігання падінню людини обладнують відповідним чином.

Огороження з металевих сіток (решіток) розміщують не ближче як за 50 мм від рухомих деталей. Захисні огороження повинні відповідати таким вимогам: 1) забезпечувати надійний захист працюючих від дії небезпечних і шкідливих факторів; 2) не ускладнювати спостереження за роботою механізмів; 3) не впливати негативно на виробничий процес; 4) не підвищувати рівень шуму і вібрації; 5) бути простими у виготовленні та експлуатації; 6) відповідати вимогам технічної естетики. Відповідно до державних стандартів огороження ззовні повинні бути пофарбовані в жовтий колір. На зовнішньому боці огороження, як правило, наноситься або прикріплюється певний попереджувальний знак (знак безпеки).

Для аварійної зупинки лінії передбаченні аварійні кнопки відключення. На електродвигунах встановленні аварійні вимикачі.

7.5 Шум.

Механічні коливання машин приводять до коливань повітряного середовища, які є причиною шумів.

Сильний і тривалий шум негативно впливає на стан здоров'я. Крім загального стомлення, ослаблення уваги й загальмовування реакції, шум є

причиною головного болю, запаморочення, виникнення глухоти, захворювання нервової системи.

В процесі роботи трубного млина джерелами шуму є:

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

Максимальний рівень шуму, що коливається в часі та переривається, не повинен перевищувати 100 дБА. Це означає прийняття наступних обмежень захисту від виробничого шуму:

Відповідно до нормативних актів захист працівників від шуму може здійснюватись як колективними засобами, так і індивідуальними. Колективні засоби спрямовані на зниження шуму в джерелах його виникнення та на шляху поширення.

Вони поділяються на: - архітектурні - планувальні, які ґрунтуються на впровадженні акустичних розробок при плануванні будівель, раціональному розміщенні обладнання і робочих місць, а також зон і режимів руху транспортних засобів і вантажопотоків; - організаційно-технічні – це застосування сучасного технологічного устаткування з низькими рівнями шуму, впровадження дистанційного керування машинами з підвищеними рівнями шуму і дистанційного контролю, заміна ударної взаємодії деталей машин безударними, дотримання режимів праці й відпочинку тощо; - акустичні: звукоізоляції (ізоляція джерела шуму або приміщення від шуму, котрий проникає ззовні). Звукоізоляція досягається створенням герметичної перешкоди на шляху поширення повітряного шуму у вигляді стін, кабін, кожухів, екранів, глушників, акустичної обробки приміщень з використанням звукопоглинальних пористих матеріалів.

Індивідуальний захист працюючих від дії надмірного шуму здійснюється за допомогою зовнішніх і внутрішніх антифонів, протишумних

касок, навушників, м'яких шоломів, які знижують рівень звукового тиску на 40-50 дБ. Простими із внутрішніх протишумних засобів є вата, марля і т.п., вставлені у зовнішній слуховий прохід. Вата знижує шум до 3-14 дБ, вата з воском – до 30 дБ при частотах в межах від 100 до 6000 Гц. Антифони забезпечують зниження шуму до 30 дБ при частоті 50 Гц і до 40 дБ при частоті 2000 Гц. На даний час розроблені антифони з вибірковою здатністю пропускати звуки інших частот, а також навушники протишумні ПШ -00, каска протишумна ВЦННІОТ-2. вони є дуже ефективними засобами при високочастотних шумах.

В результаті перерахованих заходів фактичний рівень шуму на виробництві та на території підприємства не перевищує $L=70$ дБА, що відповідає ДСН 3.3.6.077-90.

7.6 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 пульта 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.

Засоби індивідуального віброзахисту – це спеціальне взуття на вібропоглинаючій платформі, віброзахисні рукавиці, наколінники, нагрудники, пояси, спеціальні костюми, застосування технологічних процесів з низькими рівнями вібрації і шуму; впровадження дистанційного керування, що виключає постійне перебування працюючого у зоні небезпечних рівнів вібрації; дотримання раціональних режимів праці й відпочинку; огорожувальні засоби, які перешкоджають проникненню людини до зони дії вібрації, тощо. Віброгасіння – це зниження рівня вібрації

машин та механізмів застосуванням додаткових пристроїв. Віброгасіння може бути статичним (спеціальні фундаменти для верстатів, моторів, пневматичні та пружинні підвіски в автомобілях) і динамічним (агрегати з дискретним збурюючим впливом, віброгасіння маятникового, пружинного, плаваючого та камерного типів).

Сумарний час роботи в контактi з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни. Тривалість неперервної дії вібрації не перевищує 15-20 хв. При такому режимі обідня перерва не менше 40 хвилин.

7.7 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.

Робота з обслуговування устаткування відноситься до VI розділу підрозділу "а", тобто загальне спостереження за технологічним процесом.

Для приміщення виробничого цеху рекомендована освітленість $E_n = 200$ лк. Забезпечення рівномірного розподілу освітленості досягається в тому випадку, якщо відношення відстані між центрами світильників L до висоти їх підвісу над робочою поверхнею H_p складе для світильників типу ЛД 1,4. Таким чином, $L / H_p = 1,4$. Для штучного освітлення цеху, площею $S=700 \text{ м}^2$, і об'ємом $V=5600 \text{ м}^3$ обираємо стандартну лампу – ДРИ 400-5, світловий потік якої дорівнює 36000 лм, а потужність однієї лампи складає 400 Вт. Кількість ламп приймаємо $N= 20$ шт.

При цьому робоче місце оператора повинне мати освітленість $E_{нор}=150$ лк, що відповідає ДБНВ 2.5.28-2006.

7.8 Надзвичайні ситуації.

У виробництві може горіти: електроізоляція, дерев'яні матеріали, горючі речовини. Категорія пожежної небезпеки цеху - В (згідно ОНТП 24-86), ступінь вогнестійкості II (згідно СНиП 2.01.02-85), клас зони пожежонебезпеки П-Па. Основними причинами виникнення пожеж при виробництві є:

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 вуглекисневі вогнегасники ОУ-8 (4 шт). Вуглекислотні вогнегасники застосовуються для гасіння легкозаймистих та горючих рідин, твердих горючих речовин та матеріалів, електропроводок, що знаходяться під напругою до 1000 В, а також інших предметів. Діючою речовиною є вуглекислота. При випаровуванні 1 л H_2CO_3 утворюється 509 л CO_2 . Для приведення в дію вогнегасника його розтруб спрямовують на вогонь і натискають на курок затвора чи відкривають вентиль, при цьому утворюється снігоподібна маса з температурою -70°C . Категорично забороняється тримати голою рукою розтруб під час гасіння пожежі, а також зберігати вогнегасники біля джерела тепла.

Будівля обладнана запасним виходом (0,8 м) згідно СНиП 2.09.02-85.

Під час виникнення пожежі передбачена пожежна сигналізація - теплові оповіщувачі 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.

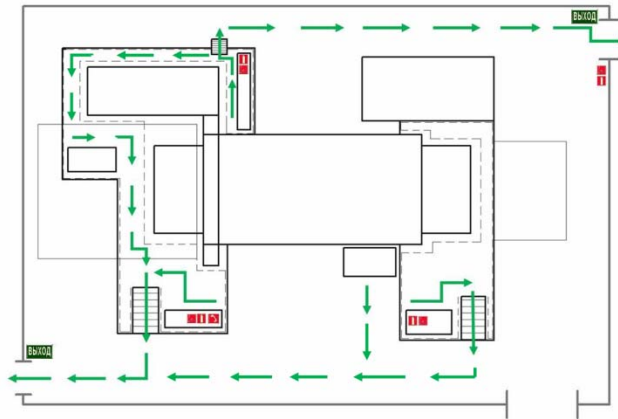


Рис.7.3. План пожежної евакуації.

Сам цех – це приміщення, яке розташоване на першому поверсі. Шляхи евакуації (проходи, коридори) повинні мати рівні вертикальні огорожувальні конструкції без будь-яких виступів, що звужують виходи по ширині; природне освітлення або штучне, що працює від звичайної електромережі або від аварійної. Мінімальна ширина проходу має становити не менше 1 м, а висота – 2 м. Двері на шляхах евакуації повинні відчинятися, як правило, у напрямку виходу з будівлі.

ВИСНОВКИ

У даній роботі була досягнута мета з розробки програмного забезпечення для автоматизованого проектування деталі обертової печі, а саме барабана, на базі параметризованого креслення цієї деталі.

У результаті отримано програмне забезпечення, що включає автоматизовану систему, яка забезпечує:

1) інтерактивне введення вихідної інформації за допомогою багаторівневого віконного меню або інтерактивних графічних засобів;

2) оперативну обробку проектної документації, виконану в системі AutoCAD;

3) можливість доповнення системи програм 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) запис проміжних і отриманих результатів у відповідні файли і відображення на пристроях друку;

6) вихідні тексти програм повинні бути написані на функціональній мові AutoLISP і орієнтовані на використання в середовищі AutoCAD

ЛІТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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.:
3. 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>
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., Швачко Д.Г., Єфименко Є.А.. "Дослідження напружено-деформованого стану обертового теплового агрегату". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2018. N 1. С. 65-72. DOI: 10.20535/2306-1626.1.2018.143382.
6. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г., “Моделювання процесу нестационарного теплообміну в футерівці обертових агрегатів”. *Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”.* Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, – 2020, – №2(19). С. 20-31. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.2.2020.208052>
7. Пат. RU 74313 В02С 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
8. Shcherbina V., Shvachko D., Borshchik S. Heat exchange simulation in energy zones of a rotary kiln 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>
9. Пат. RU 2 150 324 В02С 17/06 (2000.01) Рубежанский А.В., Лапшин В.М., Вердиян А.М., Резчикова Д.А., Брыжик Т.Г. № 99119062/03, 09.09.1999

10. Пат. RU 2 236 298 B02C 17/06 (2000.01) Ханін С.І. (RU), Кайдаш В.В. (RU), Чалов А.В. (RU), Солодовников Д.Н. (RU), Ханина О.С. (RU) № 2003113249/03, 05.05.2003
11. Пат. RU 2320416 B02C 17/06 (2006.01) Шарапов Рашид Ризаевич (RU), Ханін Сергей Іванович (RU), Гунько Ігорь Іванович (RU) Заявка: 2006129391/03, 14.08.2006
12. Пат. RU 2553240 B02C 17/06 (2006.01) Зайцев Анатолій Іванович (RU), Лебедев Антон Євгенєвич (RU), Капранова Анна Борисовна (RU), Бадоев Владимир Ахметович (RU), Верлока Іван Ігоревич (RU) Заявка: 2014106688/13, 21.02.2014
13. Сокольський О.Л., Івіцький І.І., Олексішен В.О.. "Моделювання течії розплавів полімерів за наявності низьков'язкого пристінного шару". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2019. N 1. С. 35-40. DOI: 10.20535/2617-9741.1.2019.171033.
14. Швачко Д.Г., Щербина В.Ю. "Методика оперативного розрахунку теплового режиму в фасонному вогнетриві". *Вісник НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2019. №1(18). с. 102-109. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171193>
15. Щербина В.Ю., Сахаров О.С., Гондляр 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>
16. 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.
17. Ярошук Л.Д., Тюріна Є.О. "Врахування стратегії сталого розвитку при автоматизації очищення оливо 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.
18. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. К.: Основа, 2006, 448 с