

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

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.В.Гондлях**

«_____» _____ 2021 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 133 – галузеве машинобудування

на тему: «Валкова дробарка з модернізацією рухомого валка»

Студент групи IV к. ЛП-72
(шифр групи)

_____ **Качура Руслан Олександрович**
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник проекту:

_____ **доцент Нестеров В.Г.**

(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти з питань

МОДЕРНІЗАЦІЇ _____ **Щербина В.Ю.**

ТЕХ. МАШ. _____ **Борщик С.О.**

РЕЦЕНЗЕНТ _____

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

Студент (-ка) _____

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

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.В.Гондлях

«___» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Качурі Руслану Олександровичу

1. Тема проекту «Валкова дробарка з модернізацією рухомого валка», керівник проекту Нестеров Валерій Григорович, доцент, затверджені наказом по університету від «26. 04» 2021 р. № 1071-с

2. Термін подання студентом проекту 08.06.2021р.

3. Вихідні дані до проекту

Продуктивність валкової дробарки 11 т/год. Модуль пружності $2,1 \cdot 10^4$ МН/м²,
Границя міцності на стиснення 42 Н/м². Об'ємна маса 2,0 т/м³. Коефіцієнт
розпушування 0,35. Коефіцієнт тертя 0,31. Розмір до подрібнення 0,03 м. Розмір
готового продукту 0,004 м.

4. Зміст пояснювальної записки

Пояснювальна записка містить текстові частини: «Пояснювальна записка»,
«Розрахунки» та «Технологія машинобудування». ПЗ включає такі розділи:
«Зміст», «Вступ», «Призначення й галузь застосування виробу, що проектується»,
«Технічна характеристика базової машини», «Опис конструкції, її основних
частин і принципу дії», «Літературний та патентний огляд стану питання,
обґрунтування модернізованої (розроблюваної) конструкції», «Очікувані
механіко-економічні показники», «Висновки», «Перелік використаних джерел
інформації»

5. Перелік графічного матеріалу

Технологічна схема виробництва цементу сухим способом. А1 .

Валкова дробарка. А1 .

Валок з бандажем. А1 .

Модернізований валок. А1 .

Розрахунок на міцність деталі валка з бандажем в програмному забезпеченні
ANSYS. А1 .

Розрахунок на міцність модернізованого валка в програмному
забезпеченні ANSYS. А1 .

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
МОДЕРНІЗАЦІЯ	Щербина В.Ю.		
ТЕХ. МАШИНОБУД.	Борщик С.О.		

7. Дата видачі завдання 26.04.2021

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Технічні характеристики машини. Опис конструкції і принципу дії машини	26.04.2021-28.04.2021	
2	Здійснення пошуку патентів	29.04.2021-06.05.2021	
3	Обґрунтування модернізації	07.05.2021-09.05.2021	
4	Виконання розділу «Пояснювальна записка»	10.05.2021-16.05.2021	
5	Виконання розділу «Розрахунки»	17.05.2021-23.05.2021	
6	Виконання розділу «Технологія машинобудування»	24.05.2021-30.05.2021	
7	Побудова креслень в графічному редакторі «AutoCad»	31.05.2021-04.06.2021	
8	Оформлення записки дипломного проекту	05.06.2021-07.06.2021	

Студент

Качура Р.О.

Керівник проекту

Нестеров В.Г.

Зміст

Реферат (українська мова).....	1
Реферат (іноземна мова).....	1
Перелік умовних позначень.....	1
Пояснювальна записка.....	26
Розділ «Розрахунки».....	16
Розділ «Технологія машинобудування».....	17
Перелік використаних джерел інформації.....	3
ДОДАТКИ	26
Додаток А. Таблиця розглянутих патентів.....	3
Додаток Б. Розрахунок модернізованого вала в ANSYS.....	3
Додаток В. Розрахунок деталі вузла вала з бандажем в ANSYS.....	6
Додаток Г. Лістинг програми розрахунку на ЕОМ.....	5
Додаток Д. Специфікації.....	6
Додаток Е. Особисті досягнення студента.....	3

						<i>ЛП72.073116.00-70</i>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Валкова дробарка з модернізацією рухомого валка</i>			<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
<i>Разраб</i>	<i>Качура</i>										
<i>Пров</i>	<i>Нестеров</i>									1	66
<i>Н. Контр.</i>								<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>			
<i>Утв</i>	<i>Гондлях</i>										

РЕФЕРАТ

Метою цієї дипломної роботи є розробка модифікації яка покращить роботу валкової дробарки на тему дипломного бакалаврського проекту «Валкова дробарка з модернізацією рухомого валка».

Робота зроблена на 66 сторінках формату А4 та 6 А1, має 11 малюнків, 23 посилання на використані джерела інформації.

Основною метою цієї роботи полягає в прийнятті кращого рішення по удосконаленню дробарки, після проведення літературно-патентного пошуку і проведення ряду розрахунків. Кращим з усіх представлених рішень по покращенню дробарки, було прийнято рішення по модернізації рухомого валка дробарки шляхом додавання ускладненого фланця.

Під час роботи над дипломним проектом було здійснено параметричні та кінетичні розрахунки дробарки та розрахунки на міцність окремих її елементів. Зроблені креслення загального вигляду дробарки та деяких вузлів з використанням програмного середовища «Autocad», виконано розрахунки в ANSYS та Fortran.

Для поліпшення роботи базової валкової дробарки було проведено її модернізацію. З розглянутих 4-ти патентів було обрано патент UA № 114621.

В роботу введена технологічна лінія виготовлення цементу сухим способом, де валкова дробарка використовується для подрібнення глини. Додаються розроблені правила техніки безпеки на виробництві, охорона праці з відповідними посиланнями на діючі документи, котрі регулюють певні дії при різних ризиках життю робітника.

Ключові слова: ВАЛКОВА ДРОБАРКА, ВАЛКИ, ПОДРІБНЕННЯ, КУТ ЗАХОПЛЕННЯ.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to develop a modification that will improve the work of the roll crusher on the topic of the bachelor's degree project "Roller crusher with the modernization of the rolling mill."

The work is made on 66 pages of A4 and 6 A1 format, has 11 pictures, 23 links to the used sources of information.

The main purpose of this work is to make a better decision on improvement of the crusher, after conducting a literary-patent search and conducting a number of calculations. The best of all the solutions presented by to improve the crusher, it was decided to upgrade the movable roll of the crusher by adding a complicated flange.

During the work on the diploma project the parametric ones were carried out and kinetic calculations of the crusher and calculations of the strength of its individual elements. Drawings of the general look of the crusher and some knots are made using the software environment "Autocad", calculations were performed in ANSYS and Fortran.

To improve the performance of the basic roll crusher, it was carried out modernization. From the considered 4 patents the patent UA № 114621 was chosen.

A dry cement production line has been put into operation, where a roll crusher is used to grind clay. The developed rules of safety at work, labor protection with the corresponding references to the operating documents regulating certain actions at various risks of life of the worker are added.

Keywords: ROLLER CRUSHER, ROLLS, CRUSHING, CAPTURE ANGLE.

Перелік умовних позначень

Пр- масова продуктивність, т/год

$D_{\text{ср}}$ -середній розмір завантажувальних шматків, м

$d_{\text{ср}}$ -середній розмір шматків готового продукту, м

σ -границя міцності матеріалу на стиск, МПа

ρ -об'ємна маса матеріалу, т/м³

E-модуль пружності матеріалу, МПа

μ - коефіцієнт розпушення

f- коефіцієнт тертя

α -кут захвату валкової дробарки, град

D-діаметер валка, м

B-ширина валка, м

e-зазор між валками, м

n-число обертів валків, об/хв.

L-довжина валка, м

$N_{\text{дв}}$ -потужність двигуна дробарки, кВт

P_v -об'ємна продуктивність дробарки, м³/год

i-ступінь подрібнення матеріалу

P-тиск, необхідний для подрібнення матеріалу, Н

u-передаточне число дробарки

V-колова швидкість клинопасової передачі, м/с

ξ -коефіцієнт пружного ковзання паса

Z'-потрібна кількість пасів, шт.

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Валкова дробарка з модернізацією рухомого
валка»**

Київ – 2021 рік

ЗМІСТ

ВСТУП	2
1.1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВАЛКОВОЇ ДРОБАРКИ.....	3
1.2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВАЛКОВОЇ ДРОБАРКИ.....	7
1.3 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ.....	8
1.4 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	11
1.4.1 Літературно-патентний огляд.....	11
1.4.2 Обґрунтування запропонованої модернізації.....	16
1.5 «ОХОРОНА ПРАЦІ».....	18
1.5.1 Вступ.....	18
1.5.2 Виробничий шум, вібрації.....	18
1.5.3 Обертові частини механізму.....	20
1.5.4 Повітря робочої зони.....	21
1.5.5 Пожежна безпека.....	22
1.6 ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ.....	25
ВИСНОВКИ.....	26

					<i>ЛП72.073116.01-70ПЗ</i>							
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Валкова дробарка з модернізацією рухомого валка</i>			<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>		
<i>Разраб</i>	<i>Качура</i>											
<i>Пров</i>	<i>Нестеров</i>									1	26	
<i>Н. Контр.</i>								<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>				
<i>Утв</i>	<i>Гондлярх</i>											

ВСТУП

Загальною ознакою всіх подрібнюючих машин роздавлюючої дії є подрібнення матеріалу на основі зближенні двох поверхонь, з яких одна чи дві є рухомими. Конструктивною відмінністю окремих типів цих дробарок є положення робочих поверхонь, а також спосіб створення роздавлюючих зусиль. Основними представниками описаних машин є гладко валкові, ролико-кільцеві вертикальні та горизонтальні дробарки [1]. Розглянута валкова дробарка відноситься до категорії гладко валкових.

Валкова дробарка – це дробарка, у якій матеріал дроблять, стискаючи його між обертовими валками або між валком і нерухомою плитою. Залежно від кількості валків дробарку називають одновалковою, двовалковою, тривалковою тощо. Найбільшого поширення набули двовалкові дробарки з гладкими валками [2].

У дипломній роботі розглянута двовалкова дробарка, з наступною модернізацією рухомого валка для поліпшення роботи і загальної продуктивності машини.

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

1.1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВАЛКОВОЇ ДРОБАРКИ

Валкова дробарка використовується з метою тонкого і середнього подрібнення таких матеріалів як : крейда, мергель, глина, глинистий сланець і подібні.

Подрібнення матеріалу у валковій дробарці здійснюється між двома валками, які обертаються назустріч один одному. Матеріал у дробарці може руйнуватися за рахунок роздавлювання, якщо швидкість обертання валків однакова, і також через механізм стирання, у випадку регулювання швидкості обертання за допомогою редуктора у правій частині.

Серед переваг валкових дробарок можна виділити наступні: простота конструкції і обслуговування, можливість дроблення різноманітних матеріалів, в тому числі і вологих. Якщо порівнювати даний тип дробарки з іншими – конусними, молотковими і щоківними, то спостерігається доволі висока надійність при роботі під час подрібнювання малих і середніх шматків матеріалів та доволі невеликі витрати енергії при подрібнюванні.

Серед недоліків валкової дробарки характерне таке: невисока продуктивність, значні розміри між валкової передачі та великий абразивний знос робочої поверхні валків, так як вони є основними робочими органами машини.

Дуже велике значення при застосування валкової дробарки має організація роботи, адже технологія подрібнювання організовується як з використання відкритих циклів - проходження матеріалу через машину лише раз, так і закритих – з додаванням до циклу грохотів, котрі повертають продукт знову до дробарки.

Варто помітити й те, що ступінь подрібнювання залежить від певних особливостей : абсолютних (початкових) розмірів шматків, механічних і фізичних характеристик сировини та конструкції машини, котра бере участь

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у подрібнюванні. У разі загального збільшення ступеня подрібнювання спостерігається і збільшення витрат енергії, на відміну від зменшення продуктивності.

Оскільки дуже часто виникає необхідність отримання малих розмірів вихідного матеріалу, то виконується подрібнювання в декілька етапів, з послідовним переміщенням сировини від однієї подрібнювальної машини до іншої, котра відрізняється конструкцією і характеристиками. Таким чином, переходять у кілька кроків від великого до середнього, пізніше і до дрібного дроблення.

Технологічна схема (рис. 1.1), в якій присутня валкова дробарка, застосовується для виготовлення цементу сухим способом. Серед особливостей при роботі можна виділити наступне:

- використовують при малій вологості сировини;
- готова суміш однакова за хімічним складом;
- застосовується в засушливих місцях, або в яких є проблеми з водопостачанням;
- при використанні доменного шлаку, а не глини.

Під час створення цементу сухим способом вапняк подрібнюється спочатку в щелепній 6, а потім в молотниковій 5 дробарках. Валкова дробарка 2 приймає участь у подрібненні глини, котра пізніше буде сушитися в барабані 1. Вапняк і глина потім переміщуються конвеєром 3 до трубного млина 8 на спільний помел, через бункери 7, в яких застосовано дозатори 4. Гази, що приходять від теплообмінних пристроїв, підсушують матеріал в середині млина, котрий потім, уже подрібнений, направляється в сепаратор 9 повітряним потоком, котрий розділяє матеріал на тонку та грубу фракцію. Тонка фракція після розподілення сировинної муки транспортується до силосів 31, через циклони 32, повітряні жолоби 33, в котрих розміщені дозуючі пристрої. Груба фракція, на відміну від тонкої, потрапляє для розмелювання до млина, через сепаратор 9.

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Силоси, до складу яких входять пристрої перемішувальної аерації, транспортують силосну муку повітряним жолобом 30, що в свою чергу дозволяє живильникам почати переміщення до циклонних теплообмінників 13, де спостерігається нагрів газами за температури 700-750 градусів за Цельсієм і початок декарбонізації. Пізніше сировинна мука доставляється до обертальної печі 14, звідки виходить клінкер, котрий зазнає охолодження в холодильнику 18, котрий містить дозатори 19 і необхідні добавки.

Після цього, клінкер зі складу разом з добавками транспортується стрічковим конвеєром 20 для перемелення до барабанного млина 26, де встановлено сепаратор 28. Тонка фракція із млина переміщується циклоном 23 і пневмокамерним насосом 24 на склад силосу 29, а груба фракція направляється на додатковий помел в млин крізь повітряні жолоби 25, 27 елеватор 21 та відцентровий оператор 28. Помольний агрегат містить динамо насоси 10 для очищення газу від пилу перед направленням в атмосферу, електрофільтр 11, аспіраційні пристрої 22, піч-скруббер 12 і холодильник-електрофільтр 15.

Після завершення всіх дій, цемент доставляється на залізницю і транспортується, або ж переміщується автоцементовозами.

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

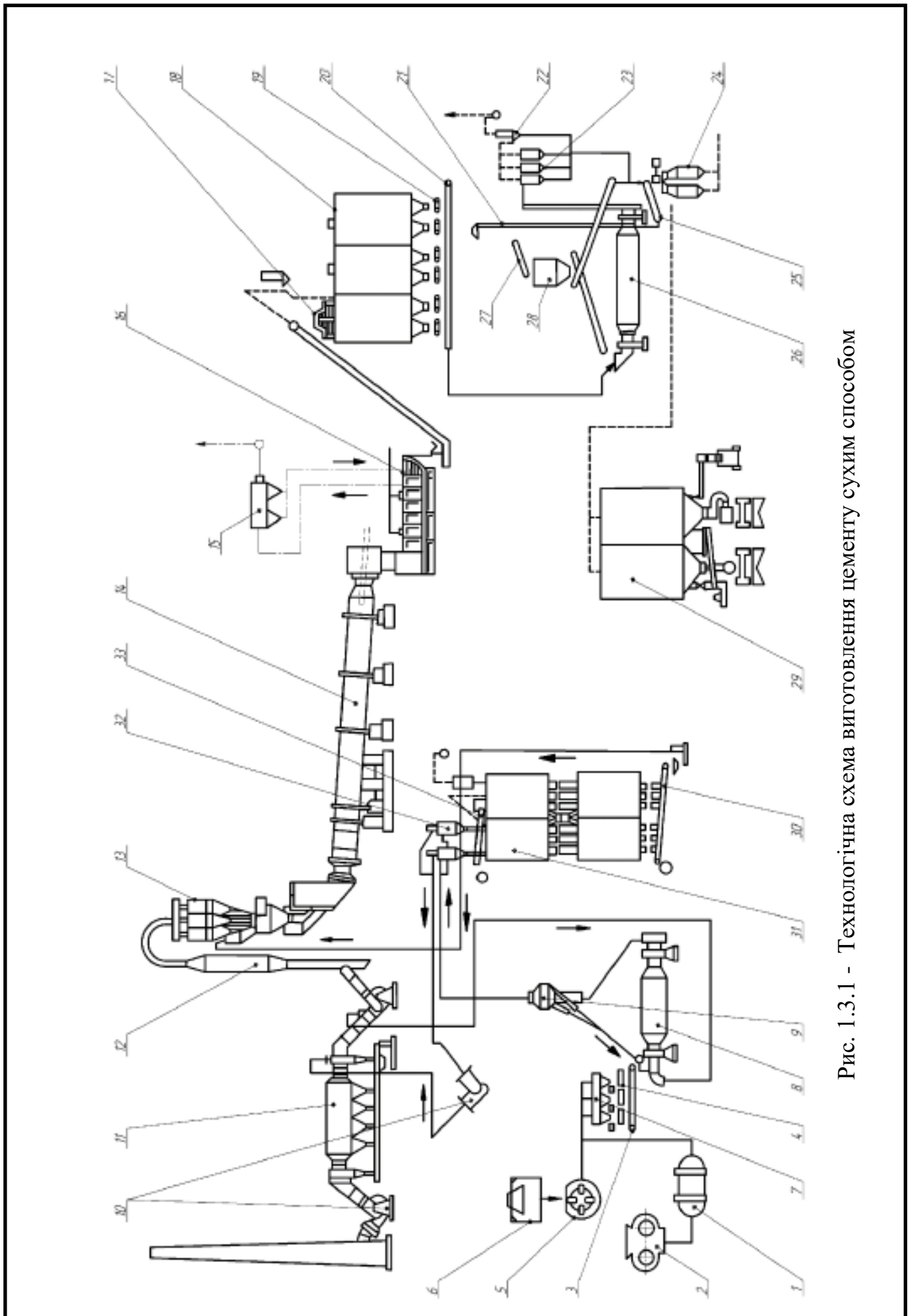


Рис. 1.3.1 - Технологічна схема виготовлення цементу сухим способом

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП72.073116.01-70ПЗ

Арк.

6

1.2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВАЛКОВОЇ ДРОБАРКИ

Технічні характеристики валкової дробарки представлено у таблиці 1.2.1.

Таблиця. 1.2.1 Технічна характеристика валкової дробарки

№	Назва технічної характеристики	Одиниця вимірювання	Значення
1	Продуктивність	м ³ /год	11
2	Середній розмір шматків, що завантажуються	м	0,03
3	Середній розмір готового продукту	м	0,004
4	Число обертів валка	об/хв	100
5	Потужність електродвигуна	кВт	6
6	Маса	кг	2700
7	Габаритні розміри	м	
	Довжина		3200
	Ширина		1350
	Висота		974

1.3 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ

Загальний вигляд базової конструкції представлено на рис 1.3.1.

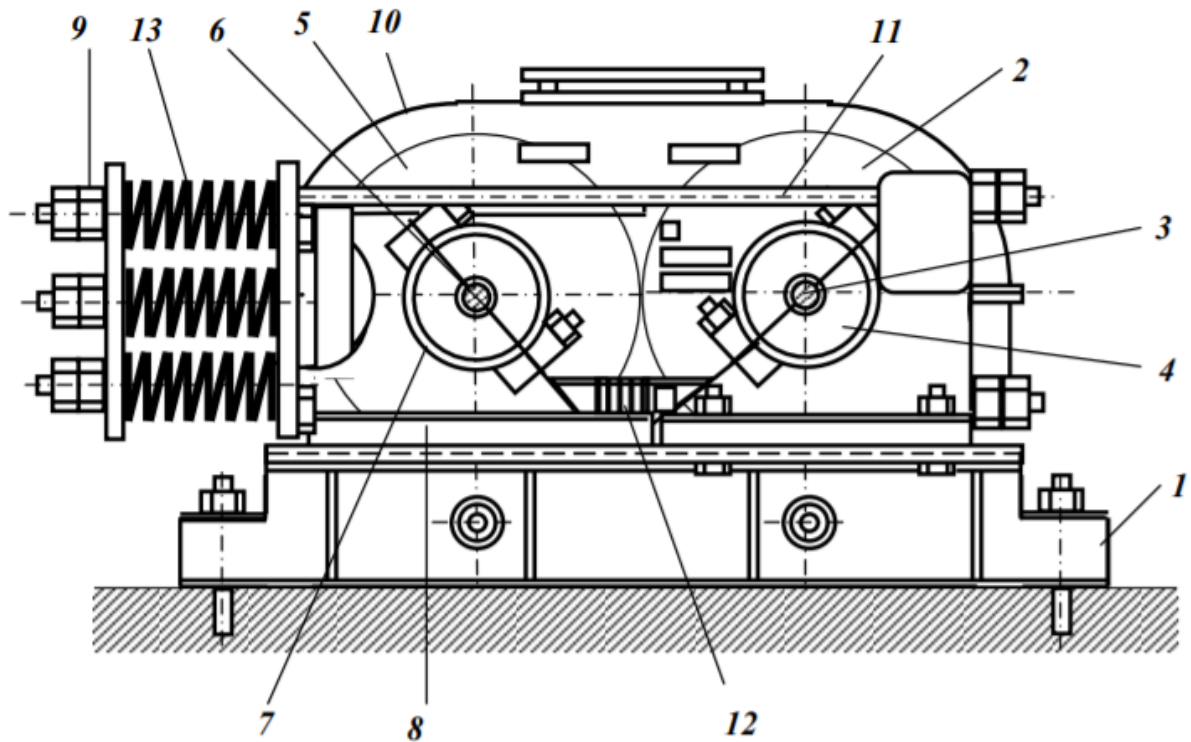


Рис. 1.3.1 – Загальний вигляд базової конструкції валкової дробарки

1 – станина; 2, 5 – дробильні валки; 3, 6 – вали; 4, 7 – підшипники; 8 – напрямні; 9 – затяжні гайки; 10 – корпус; 11 – тяги; 12 – прокладки; 13 – пружини.

Станина 1 дробарки представляє собою чотирикутну раму, яка має зварну або ж литу конструкцію. Дробильний валок 2 насаджений на вал 3, котрий обертається у нерухомих підшипниках 4, надійно закріплених на станині. Інший валок для дроблення 5 насаджений на вал 6, обертається у підшипниках 7, котрі мають змогу переміщатись вздовж станини по напрямним 8. Вали 3 і 6 з дробильними валками 2 і 5 обертаються назустріч один одному і приводяться в рух (до обертання) за рахунок електродвигуна через редуктор і карданні вали (на рис. 1.3.1 не показані). Дробильні валки

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

виготовляються з чавуну і мають особливість футеровки по зовнішній поверхні через бандажі з високомарганцевистої або вуглецевої сталі. Розміщення рухомих підшипників зберігається за допомогою тяг 11, а також системи з прокладок 12, пружин 13 і затяжних гайок 9. Прокладки 12, котрі розміщуються серед нерухомих підшипників 4 і за рахунок встановленого упору на нижніх тягах 11, з метою обмеження руху підшипників 7, а також фіксації і наступного зберігання коректної відстані між дробильними валками. Затяжні гайки 9 застосовуються для деформації пружин 13, котрі притискають рухомі підшипники 7 до прокладок 12. Варто зауважити, що попередньо стиснуті пружини компенсують нормальні зусилля, що з'являються при дробленні матеріалу. При потраплянні у зазор між валками сторонніх і неперероблюваних предметів, пружини 13 стискаються і рухомі підшипники 7 разом з дробильним валком 5 відсуваються. Сам розмір зазору (щілини) значно збільшується і предмет, що не дробиться, провалюється униз. З метою герметизації і безпеки експлуатації робочі основні частини машини - дробильні валки, закріплюються для подальшого обертання у литому корпусі 10 [3].

Серед особливостей, котрі можуть бути застосовані в базових конструкціях слід виділити наступне:

- встановлення на консольних кінцях маховиків (з метою поліпшення роботи привідних шківів з канавками і загалом клиноремінної передачі);

- закріплення електродвигунів на спеціальних салазках за допомогою гвинтів (для регулювання ременевого натягу);

- використання і встановлення бандажів на поверхні валків (для зменшення зносу базової поверхні і уникнення зменшення ступеня подрібнювання перероблюваної сировини);

- встановлення валків в підшипниках ковзання (для запобігання ударам і струсам швидкохідних валків під час роботи).

Відмінностями також може бути й таке, адже за конструктивним оформленням валкові дробарки, розрізняються: з нерухомими підшипниками

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обох валків ,з рухомим підшипником одного валка , з рухомими підшипниками обох валків. Перший тип дробарок найменш розповсюджений внаслідок частого руйнування деталей при попаданні між валками предметів, які не подрібнюються. Однак із введенням запобіжних болтів, що зрізуються, ці валки отримали найбільше поширення. У інших же випадках запобіжні пружини стискаються, дозволяючи валку відійти вбік і пропустити предмет, що не подрібнюється, у щілину [4].

Самі бандажі, котрі застосовуються в якості футерівки для валків, мають бути виготовлені виходячи з міцності матеріалу для подрібнювання. Марганцевиста сталь для більш міцних матеріалів і вуглецева для більш крихких.

Як вже зазначалось, валки приводяться в рух через пасову передачу, причому використовується окремий привід для кожного валка. Серед варіацій конструкції можливе застосування додаткової циліндричної пари, яка представляє собою зубчасті шестерні, котрі приводять в рух другий валок через привід першого. Відмінністю від звичайних шестерней є те, що дані виготовляються з подовженими зубами, для того, щоб у разі відходу рухливого валка залишались в зачепленні.

Самі валки зазвичай обертаються з однаковою швидкістю, адже в такому випадку дія подрібнюваного матеріалу на валки не посилюється, не виникають додаткові навантаження і немає дуже великого зносу. Якщо ж все-таки існує необхідність встановлення різних швидкостей обертання (за рахунок потужності електродвигунів) одному із валків надають змогу виконувати зворотно-поступальний вздовж осі. Дана особливість використовується і при подрібнювання вологих і пластичних матеріалів.

Для дотримання правильної експлуатації валкових дробарок слід дотримуватися умови безперервної, рівномірної подачі сировини на всю довжину валка. Така особливість дозволяє зберігати сталі значення ступеня подрібнювання і загалом зменшити зношення поверхні і підвищити довговічність застосованих валків.

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

1.4.1 Літературно-патентний огляд

При виконанні дипломного проектування було виконано огляд різноманітної технічної літератури з метою досконалого особливостей роботи валкової дробарки, конструкцій і принципу дії, на основі проаналізованих джерел [1-4]. Для вибору варіанту можливої модернізації було розглянуто 4 технічних рішень серед патентів [5-8].

У джерелі [5] наведено варіант модернізації валка дробарки з незначною зміною конструкції. Валкова дробарка, насамперед, відрізняється від звичайної тим, що на один із валків встановлений удосконалений фланець, що попереджає матеріал від випадіння через край валка і сприяє виникненню захисного шару на валках, що у свою чергу створює рівномірне спрацювання валків, саме це і є завданням корисної моделі.

Валкова дробарка 1 (являє собою простір навколо валків) має два паралельні валки 2, котрі розміщуються з можливістю обертання в різних (протилежних) напрямках, зазвичай назустріч один одному, і відокремлені один від одного зазором. Кожен валок 2 складається з першого кінця 3 і другого 4. Варто зауважити, що валкова дробарка 1 має фланці 5, котрі прикріплюються до обох кінців, причому тільки одного з двох валків. Фланці 5 розміщуються в радіальному напрямку валка 2 і встановлюються таким чином, що спостерігається висота Н над зовнішньою поверхнею, причому вона є достатньою для простягнення через зазор, з урахуванням того, що ключовим є розміщення по вздовж кута а захоплення. Фланці 5 є гладкими, завдяки чому спостерігається підтримання матеріалу для подрібнення на робочій частині зовнішньої поверхні 6 валка (завдяки цьому не відбувається випадіння через край валка). Ключовою відмінністю від звичайних фланців є те, що дані сприяють виникненню захисного шару на валках, котрий являє

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

собою матеріал, котрий зазнає подрібнювання. Фланці 5 розділені на кілька сегментів 7 (пластин) для полегшення виготовлення, обслуговування і монтажу фланців. З'єднання самих фланців до валків виконується за допомогою адгезиву, болтами чи простим згвинчуванням.

На (рис. 1.4.1) зображено загальний вигляд валків дробарки, згідно одного з варіантів удосконалення.

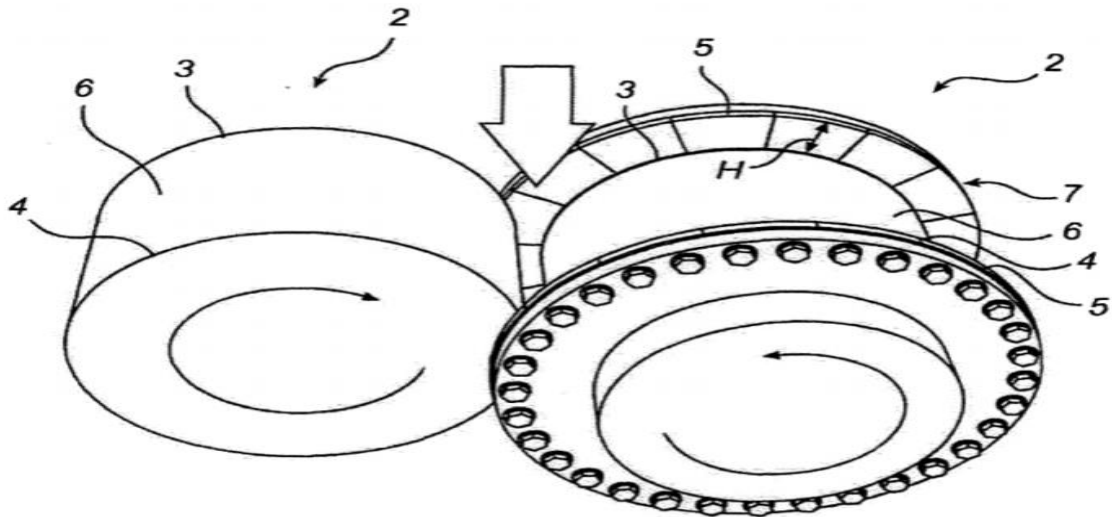


Рис. 1.4.1 – Загальний вигляд валків

У джерелі [6] запропоновано варіант удосконалення двох валків дробарки без введення окремих конструктивних елементів. Ключова і наочна схема зображена на (рис. 1.4.2), яка повністю відображає відмінності валків від звичайних, наводить його схематичний вигляд зверху.

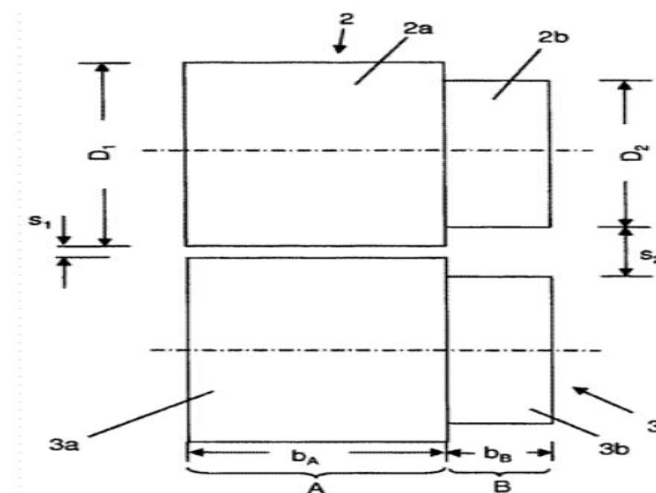


Рис. 1.4.2 – Схематичний вигляд зверху на валки

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Відмінністю від стандартної конструкції є те, що змінено розміри зон для подрібнення і ключові діаметри, що у свою чергу створює рівномірне спрацювання валків і викликає дві стадії подрібнення, на відповідних діаметрах. Враховуючи все це, зменшуються затрати на подрібнення матеріалу і покращуються загалом експлуатаційні властивості.

Мета винаходу – створення попереднього етапу подрібнення і таким чином зменшення витрат на подрібнення і підвищення якості вихідного матеріалу.

Спосіб подрібнення матеріалу, що подрібнюється за допомогою валкової дробарки (1) з двома встановленими з можливістю обертання в протилежних напрямках валками (2, 3), між якими утворено міжвалкового зазору, причому у кожного з обох валків (2, 3) передбачена, щонайменше, перша і друга області, що мають різні діаметри (D_1 , D_2), так що валкова дробарка має, щонайменше, одну ділянку (А) з меншим міжвалкового зазором (s_1) і одну ділянку (В) з великим міжвалкового зазором (s_2), при здійсненні якого, щонайменше, частина матеріалу, що подрібнюється спочатку подають на ділянку (В) валкової дробарки з великим міжвалковим зазором, а потім, по меншій мірі, частково на ділянку (а) валкової дробарки (1) з меншим міжвалковим зазором, відрізняється тим, що на ділянці (В) валкової дробарки (1) з великим міжвалковим зазором здійснюють подрібнення окремих частинок, а на ділянці (А) валкової дробарки (1) з меншим міжвалковим зазором здійснюють часткове подрібнення.

Інформація наведено у джерелі [7] являє собою ще один варіант покращення загальною конструкції новими елементами. Сутністю і задачею даної модернізації є створення валкової дробарки, яка компенсує знос крайових елементів і може працювати з різними типами гірських порід і, таким чином, знижує витрати на технічне обслуговування і оптимізує процес подрібнення.

Валкова дробарка 10 має перший крайовий елемент 18 і другий крайовий елемент 20, причому відповідний елемент-сегмент 18, 20

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

розташований на кожному шліфувальному валку 12, 14. Крайові елементи 18, 20 розташовані по діагоналі один навпроти одного по відношенню до кінцевих ділянок з 22 по 28 шліфувальних валках 12, 14.

Перший шліфувальний валок 12 має в своїй першій кінцевій області 24 крайової елемент 18, який проходить в радіальному напрямку над шліфувальним зазором 16 і частково покриває торцеву поверхню другого шліфувального валка 14 в першій кінцевій області 28. Другий шліфувальний валок 14 має на своїй другій кінцевій області 26 крайової елемент 20, який проходить в радіальному напрямку над шліфувальним зазором 16 і частково покриває торцеву поверхню першого шліфувального валка 12 на його другій крайовій області 22. Шліфувальні валки 12, 14 розташовані зі зміщенням в осьовому напрямку, так що між першим крайовим елементом 18 і торцевою поверхню другого шліфувального валка 14 утворюється перший зазор 34 на передній стороні, а також утворюється другий зазор на торцевій стороні між другим крайовим елементом 20 і торцем першого шліфувального валка 12 утворено 36.

На (рис 1.4.3) представлено схематичне зображення валкої дробарки з 2 модернізованими валками.

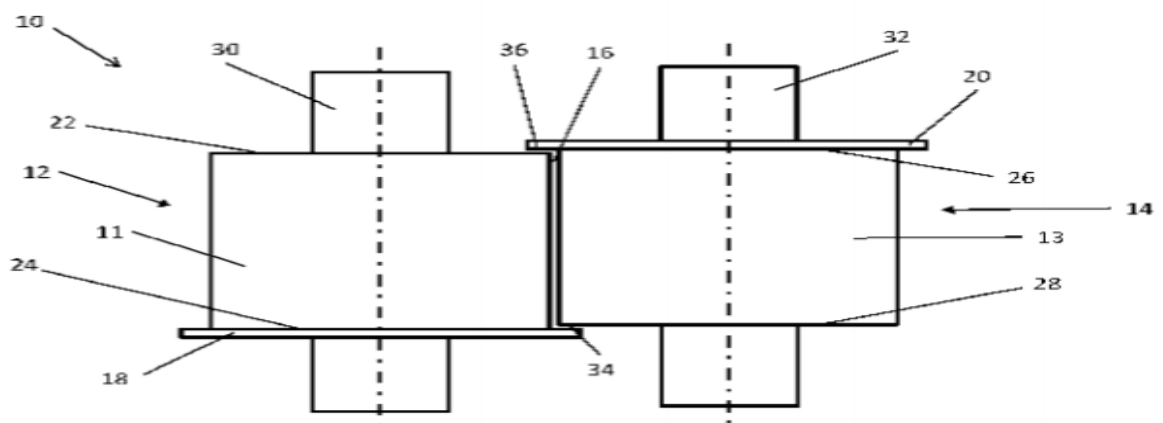


Рис. 1.4.3 – Схематичне зображення двох модернізованих валка

Джерело [8], що представляє собою технічне рішення з удосконаленням загального вигляду і поверхні валків. Ціллю даного рішення є вдосконалити конструкцію дробарки так, щоб уникнути можливості проковзування зерен,

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

таким чином збільшити продуктивність її роботи, виконується в такий спосіб, що ведучий валок виготовлено з виступами та впадинами, що в свою чергу, дозволяє уникнути проковзування частинок, що подрібнюються, і домогтися покращення якості подрібнення. Валкова дробарка містить корпус 1 і встановлені таким чином, аби була можливість обертання назустріч двох паралельні валки 2 і 3, ведучий валок має декілька, щонайменше два, виступів 4 і впадин 5. При цьому діаметр виступів складає не менше 3% діаметра впадин валка.

На (рис. 1.4.4) представлено загальний вигляд і конструкцію дробарки, а на (рис. 1.4.5) – вигляд валків збоку.

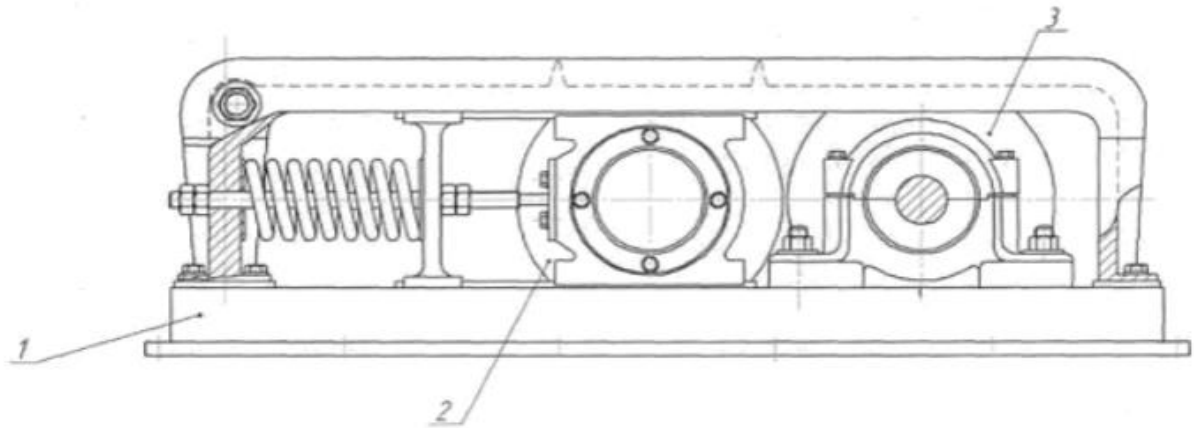


Рис. 1.4.4 – Загальний вигляд конструкції валкової дробарки

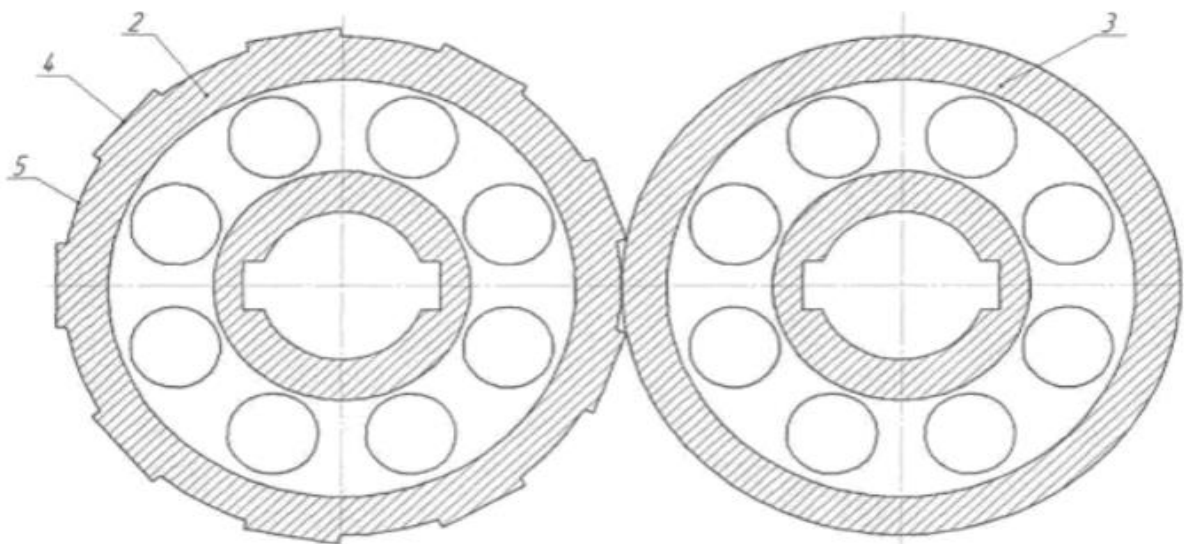


Рис. 1.4.5 – Вигляд валків збоку

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

1.4.2 Обґрунтування запропонованої модернізації

Після проведення літературно-патентного огляду була докладно розглянута низка патентів, метою яких є модернізація та удосконалення як конструкції, так і загалом роботи валкової дробарки. Доцільною конструкцією для модернізації в цьому дипломному проекті є рішення наведене в джерелі [5], де шляхом установа в вдосконаленого фланцю досягається підвищення продуктивності і унеможливується випадіння через край валка, а також підвищується зносостійкість.

Запропонована конструкція в прототипі [5] може бути використана в промисловості, під час помолу як міцної, так і крихкої сировини (гірські породи, руда, клінкер, глина та інше), причому дана дробарка належить до групи дробарок високого тиску (відбувається також подрібнення між частинками).

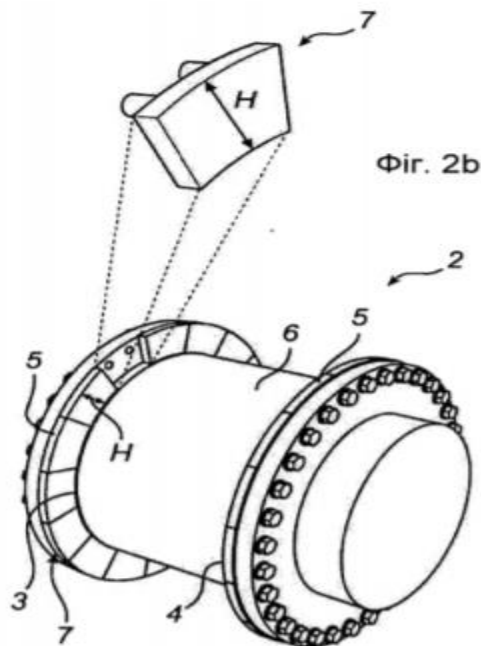


Рис. 1.4.6 – Загальний вигляд валка з удосконаленим фланцем

Під час операції подрібнення валкової дробарки матеріал для подрібнення транспортують з допомогою механізму подачі, причому подається до воронки самого механізму подачі. Потім він подається в зазор між двома валками валкової дробарки. Фланець (на рис. 1.4.6) валкової

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

дробарки буде допомагати утриманню матеріалу на зовнішній поверхні валків і сприяти підвищенню (розподіленню) тиску на матеріал в напрямку зазору між валками вздовж усієї поверхні валків, а особливо на краю валків. Пізніше подрібнений матеріал проходить під дією сили тяжіння вниз, крізь зазор з метою подальшого транспортування від дробарки, вздовж технологічної лінії і передбачених процесів. Винахід було описано вище, причому спостерігається кілька варіантів здійснення, передбачених самою ідеєю патенту. Елемент подачі може приймати різний розмір і форму; пряму, нахилену, криволінійну, або ж порівняно складну у формі кільця, як подвійного так і одинарного, саме тому наводиться 3 рішення прикріплення спеціальних зношувальних елементів [5].

Схематичне зображення валків збоку наведено на рис. 1.4.7.

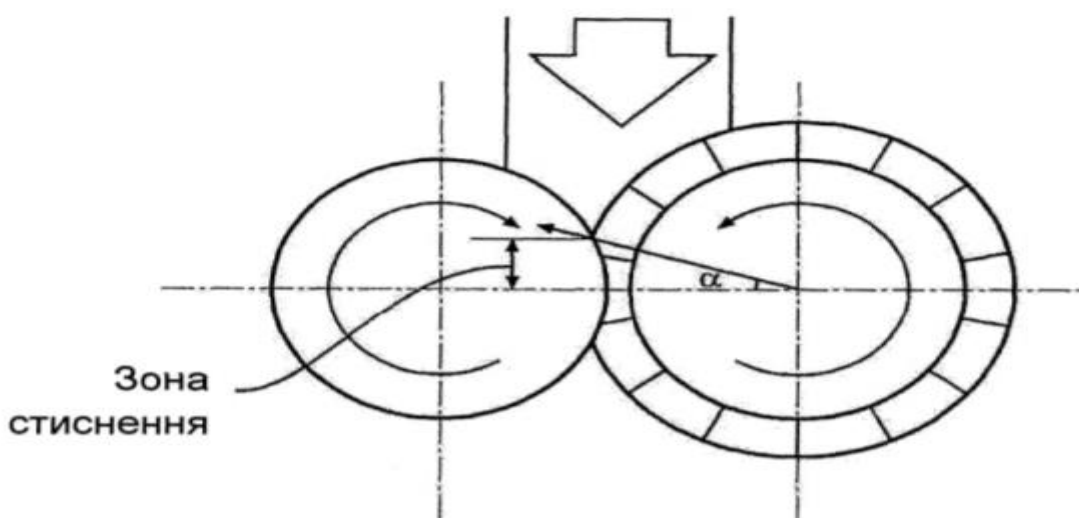


Рис. 1.4.7 – Схематичне зображення валків збоку

Враховуючи дану модернізацію досягається підвищення зносостійкості валків, через наявність додаткових елементів-фланців і пластин, котрі і сприймають частину навантажень при подрібнюванні, що в свою чергу підвищує і продуктивність.

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5 ОХОРОНА ПРАЦІ

1.5.1 Вступ

Ключовим законом, який містить основні положення відносно реалізації конституційного права громадян і стосується їхньої охорони життя і здоров'я під час процесу трудової діяльності, є закон України «Про охорону праці». Причому, саме за ним виконується регулювання і встановлення єдиного порядку охорони праці в Україні за участю різноманітних державних органів між власником підприємства, організації чи установи, та уповноваженим ним органом (керівником виробництва) та працівником з питань безпеки, робочого середовища і гігієни праці. Перша редакція даного закону була прийнята 14 жовтня 1992 року, а на сьогодні дійсною є зміни від 27 грудня 2019 року.

Враховуючи тему дипломного проекту – «Валкова дробарка з модернізацією рухомого валка», необхідно створити певні заходи щодо забезпечення безпечних умов при роботі на валковій дробарці, котра подрібнює матеріал на менші шматки, ніж ті, що завантажуються.

Під час роботи працівник піддається різноманітним небезпечним шкідливим факторам, котрі можуть призвести до травм і професійних захворювань. До таких факторів слід віднести наступні:

- виробничий шум, вібрації;
- обертові частини механізму;
- повітря робочої зони;
- пожежна безпека.

1.5.2 Виробничий шум, вібрації

Шум – це звукові коливання в діапазоні прийнятних частот для слуху, котрі можуть здійснювати вплив на безпеку і здоров'я працівника (на основі

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діючого нині ДСНЗ.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»).

Механічні коливання машини та її окремих елементів приводять до коливань повітряного середовища, що є причиною шумів. Найбільш шкідливий вплив на організм і здоров'я людини мають високочастотні, виючі й переривчасті шуми.

Сильний і тривалий шум негативно впливає на загальний стан здоров'я, починаючи від загального стомлення, погіршення уваги та загальмовування реакції. Крім цього, можливе і виникнення головного болю, запаморочення, глухоти та певні захворювання нервової системи.

Заходи загального характеру проводять з метою боротьби для зменшення негативного впливу на організм людини. До таких варіантів дій відносяться наступні:

- заміна гучних машин або ж окремих вузлів безшумними;
- звукоізоляція різноманітних джерел виникнення шуму;
- дистанційне керування або ж механізація і автоматизація, з метою наступного стеження за роботою машини у зоні, в якій не діє сам шум;
- встановлення кожухів (сталевих аркушів з внутрішнім облицюванням з повсті, пінополіуретану, шлаковати або ж інших матеріалів) на віброізолювані азбестові чи гумові прокладки.

Одним із нестандартних шляхів вирішення проблеми негативного шуму на організм є розміщення джерела шуму (дробильного устаткування) на окремій території підприємства з вітряної сторони відносно інших будинків. Враховуючи таке, і взагалі значення середнього рівня шуму конусної дробарки (як і дробарок взагалі) близько 75-80 дБ, необхідно вжити регламентовані і необхідні заходи згідно наведено вище документу.

Вібрація — це рух матеріальної точки або механічної системи, під час якого поступово зростають і спадають за часом значення величини, що характеризують цей рух.

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час роботи дробарок виникають вібрації, які шкідливо діють на організм працівників, серед результатів впливу є такі: виникнення професійних захворювань (серцево-судинних), підвищення кров'яного тиску, розлади як нервової системи, так і опорно-рухомого апарату.

На робочому місці під час впливу виробничих вібрацій встановлюються граничні і допустимі амплітуди, швидкості і зміни коливальних рухів за ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

Для попередження виникнення вібрацій виконується установка робочої машини на спеціальні фундаменти з віброізоляцією (виготовляються з дерева, шуми, войлока, пружини) або ж на окремі частини, котрі не пов'язані з будівлею.

1.5.3 Обертові частини механізму

Одним із ключових частин машини, як і механізму, є обертові частини – вали, котрі подрібнюють матеріал під час роботи. Вони і є доволі небезпечними під час роботи, так як існує ризик намотування і затягування кінцівок робочого в механізм, що може призвести летальних наслідків.

Для уникнення даної ситуації необхідно, щоб усі рухомі й обертові частини валкової дробарки були закриті захисними кожухами, за можливості і необхідності.

Самі заходи пов'язані з безпекою обертових частин механізму валкової дробарки цілком наведені в ДПАОП 0.00-1.69-13 «Правила охорони праці під час експлуатації тепломеханічного обладнання електростанцій, теплових мереж і тепловикористовувальних установок».

Серед суттєвих особливостей слід мати на увазі, що застосування виготовлених огорожень з наварених (прикріплених) до каркасу машин і механізмів дротиків та смуг недопустиме, а самі кожухи повинні мати певну конструкцію, котра не допускає наявності незакритої частини обертового

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вала, причому на величину до 10 міліметрів с кожного боку. У випадку, коли встановлюються огороження, тому необхідно передбачити певні дверцята (кришки) для наступного і відповідного обслуговування вже захищених частин механізму чи машини.

1.5.4 Повітря робочої зони

Один із найбільших впливів на людину під час роботи має повітря, серед ключових параметрів якої є температура, вологість, швидкість потоків повітря. Усі наведені сумісно і суттєво впливають на терморегуляцію тіла працівника, як наслідок, і на його продуктивність, ефективність правильно виконувати необхідні дії. Основним і керуючим документом для відповідальності є ГОСТ 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».

Під час роботи в цеху подрібнювання (площа близько 50 м²) створюється пил, котрий являє собою дрібні тверді частинки, що містяться в повітрі, але лише через певний період осідають під впливом власної ваги, загалом містяться в просторі у зваженому стані. Пил вимірюється у міліграмах на 1 м³ повітря. Частинки пилу розміром до 10 мкм є особливо шкідливими для здоров'я, оскільки безпосередньо потрапляють до легеней

людини, а не затримуються (залишаються) у верхніх дихальних шляхах. Таким чином, є суттєвий ризик виникнення хвороб (особливо хронічних, тих, що стосуються як легенею, так і бронхів) як і в випадках, котрий уникає пил з більшим розміром частинок затримується на слизуватих оболонках верхніх дихальних шляхів. Варто зауважити і те, що під час тривалого знаходження в зоні для курців можливе виникнення і захворювань очей та шкіри. Якщо ж незначний вміст пилу в повітрі, то це не несе за собою ніяких шкідливих наслідків.

Захист від пилу може здійснюватись наступним чином:

- видалення пилу з робочої зони;

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- герметизація ділянки з устаткуванням і території поряд;
- використання місцевої чи загальної вентиляції;
- застосування форсунок з водою (для зволоження пилу і призупинення поширення його в просторі).

Для організації загального і необхідного повітрообміну, вловлювання пилу в робочій частині цеху застосовуються вентиляційні установки, котрі діляться за функціональними ознаками, характером дії і способом переміщення потоків повітря.

За функціональною ознакою розрізняють наступні види вентиляції: проточну, витяжну і проточно-витяжну.

В залежності від способу переміщення потоків повітря варто розрізнити загально-обмінну можуть бути виділені такі різновиди: з природним (за рахунок відмінності в щільності між теплим і холодним повітрям) і механічним спонуканням (через підтримку якості повітря засобами вентиляції, де застосовуються механічний привід) і місцеву (для видалення пилу з зони роботи, де утворюється багато пилу).

Враховуючи характер дії застосовується вентиляція загального обміну (для повного простору приміщення зони) і місцевого (для видалення пилу з робочої зони, де знаходиться сама машина).

1.5.5 Пожежна безпека

Однією із поширених причин пожеж під час роботи великогабаритних машин є порушення щільності електричних контактів (внаслідок вібрацій, поштовхів і коливань), тому виникають перехідні опори в місцях з'єднань проводки, що в свою чергу може викликати нагрів і загоряння ізоляції, а пізніше пожежу. Якщо ж підшипники електричної машини недостатньо змащені це також може бути передумовою виникнення пожежі. Це пояснюється тим, що електрична енергія перетворюється на теплову (внаслідок перегріву підшипників через значний ріст опору). У такому

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випадку джерелом займання виступають певні горючі матеріали конструкції та ізоляція.

Працівник повинен добре знати наступне:

- правила пожежної безпеки, котрі встановлені в цеху і для певної робочої зони (документально регульовані і встановлені в ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення»);

- місце знаходження засобів для боротьби з пожежею для конкретного робочого місця;

- номер телефону пожежної охорони та розташування найближчого оповістителя, для попередження паніки і надання інформації щодо пожежі.

Серед ключових обов'язків слід виділити наступні:

- викликати пожежну охорону, якщо є можливість, то застосувати первинні засоби для ліквідації пожежі (вогнегасник, пісок, простирадла, вогнетривкі маси та інше);

- забезпечення легких і безпечних підходів до інвентаря, як загалом, так і через встановлені конструкції машин;

- дотримання оптимальної добової кількості матеріалу для обтирання в спеціальних металевих ящиках для зберігання;

- встановлення на усі транспортні галереї певних засобів пожежогасіння;

- знати і уміти надавати долікарняну допомогу, як іншим людям, так і собі, насамперед у випадку опіків;

- необхідно звернутися до інших працівників у разі отримання травми або самостійно (якщо можливо) дістатися до медпункту, проінформувавши до цього майстра або керівника;

- у разі нещасних випадків мати уявлення щодо обліку і розслідування причин, котрі призвели до певного наслідку.

Одним із ключових факторів, який регулює застосування відповідних заходів пожежної безпеки є розподіл приміщення за категорією, згідно діючого нині ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». Згідно

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

даної класифікації цех можна віднести до категорії Г (помірно пожежнонебезпечна), оскільки процес подрібнювання супроводжуються виділенням тепла і невеликою ймовірністю утворення іскор.

Найбільш ефективним способом для гасіння пожежі слід вважати вогнегасник, причому різновид і кількість залежить від ймовірності виникнення пожежі (їхнього класу – при роботі на валковій дробарці клас А) й умов роботи (за класифікацією приміщення), площі приміщення (близько 50 м²). Згідно рекомендацій необхідно використати як мінімум 2 переносних вогнегасника, у яких є газовитискувач або вони є закачні, з зарядом вогнегасної речовини 5 чи 6 кілограмів, або ж 1, у якого заряд складає 8, 9, 12 кілограмів. Оптимальним варіантом буде використання двох вогнегасників, адже в цеху використовується не одна машина, а поширення вогню від одного із джерел неприпустиме.

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.6 ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

В розробленому бакалаврському дипломному проєкті, темою якого є «Валкова дробарка з модернізацією рухомого валка», метою якого була модернізація одного або ж двох валків.

З ціллю усунення типового недоліку при роботі валкових дробарок – великої зносостійкості поверхні валків, був виконаний огляд певних технічних рішень на основі джерел [5-8], серед яких було обрано [5], яке дозволяє введенням удосконаленого фланця підвищити зносостійкість і незначно підняти продуктивність. Варто помітити те, що доволі недоцільно застосовувати дану модернізацію при великих значеннях довжини валка.

Виконано розрахунок згідно початкових даних, що показує збільшення зносостійкості та продуктивності при довжині валка в 600 міліметрів та діаметрі в 500 міліметрів.

В результатів запропонованої модернізації отримано такі очікувані механіко-економічні показники: утворення додаткового захисного шару при подрібнюванні, що викликає збільшення зносостійкості (насамперед шляхом зменшення навантажень на валок), спостерігається також незначне збільшення продуктивності.

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Розроблений бакалаврський дипломний проект на тему «Валкова дробарка з модернізацією рухомого валка».

У пояснювальній записці описано принцип роботи, описано конструкції та наведено технічні характеристики дробарки.

На основі проведеного літературно-патентного огляду, в якому наведено технічні рішення по 4 патентах було обрано прототип [5], в якому наводиться схему удосконаленого фланці прикріпленого до валу. У порівнянні з базовим гвинтом, дана модернізація дозволяє збільшити зносостійкість основних робочих органів валкової дробарки – валків, та продуктивність загалом.

У розділі «Охорона праці» наведено основні рекомендації щодо можливих небезпек, котрі можуть виникнути при роботі з використанням валкової дробарки, додано і назви офіційних документів, діючих нині в Україні, в яких наведено повні заходи щодо дотримання необхідних умов праці і уникнення надзвичайних і небезпечних ситуацій для робітників.

Також у пояснювальній записці наведено очікувані механіко-економічні показники: за рахунок використання удосконаленого фланцю за першим варіантом представленим у патенті досягається розподіл навантажень, що в свою чергу підвищує зносостійкість і продуктивність.

					ЛП72.073116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Розрахунки
до дипломного проекту
на тему: «Валкова дробарка з модернізацією рухомого
валка»

Київ – 2021 рік

ЗМІСТ

2.1 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ОСНОВНІ ГЕОМЕТРИЧНІ РОЗМІРИ ВАЛКОВОЇ ДРОБАРКИ.....	2
2.1.1 Параметричні розрахунки валкової дробарки.....	2
2.1.2 Кінематичні розрахунки валкової дробарки.....	4
2.1.3 Розрахунки окремих елементів валкової дробарки на міцність.....	8
2.2 РОЗРАХУНКИ ВИКОНАНІ ЗА ДОПОМОГОЮ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ.....	14
2.2.1 Розрахунки на міцність деталі вузла вала з бандажем в системі ANSYS	14
2.2.2 Розрахунки модернізованого вала в системі ANSYS.....	14
2.2.3 Розрахунки на довговічність на мові програмування Fortran.....	15

					<i>ЛП72.073116.02-70PP</i>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Валкова дробарка з модернізацією рухомого валка</i>					
<i>Разраб</i>	<i>Качура</i>							<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров</i>	<i>Нестеров</i>							1	16	
<i>Н. Контр.</i>								<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>		
<i>Утв</i>	<i>Гондлярх</i>									

2.1 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ОСНОВНІ ГЕОМЕТРИЧНІ РОЗМІРИ

2.1.1 Параметричні розрахунки валкової дробарки

Метою параметричних розрахунків є перевірка робочої здатності технічного рішення і підтвердження правильності обраної конструкції, параметрів і їхня оптимізація за необхідності.

Розрахуємо геометричні параметри валкової дробарки згідно методики наведеної в [12], [13] і в [10] з наступними вихідними даними :

- масова продуктивність $P_p = 11$ т/год,
- середній розмір шматків, що завантажуються $D_{cp} = 0,03$ м,
- середній розміром готового продукту $d_{cp} = 0,004$ м,
- границя міцності матеріалу на стиск $\sigma = 42$ МН/м²,
- модуль пружності $E = 2,1 \cdot 10^4$ МПа,
- об'ємна маса $\rho = 2,0$ т/м³,
- коефіцієнт розпушення $\mu = 0,35$,
- коефіцієнт тертя $f = 0,31$.

Кут захвату валкової дробарки з умови затягування кусків матеріалу між валками:

$$\alpha \leq 2 \operatorname{arctg} f;$$

$$\alpha \leq 2 \operatorname{arctg} (0,31);$$

$$\alpha \leq 36,44;$$

Приймаємо $\alpha = 36^\circ$.

Діаметр валка:

$$D = \frac{D_{cp} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} - e}{1 - \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{0,03 \cdot 0,951 - 0,004}{1 - 0,951} = 0,5 \text{ м};$$

де e – зазор між валками, при розрахунку приймаємо $e = d_{cp}$.

Максимальна частота обертання валків:

$$n_{\max} = 0,32 \cdot \sqrt{\frac{f}{\rho \cdot D_{cp} \cdot D}} = 0,32 \cdot \sqrt{\frac{0,31}{2 \cdot 0,03 \cdot 0,5}} = 1,03 \text{ об/с};$$

					ЛП72.073116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

Розрахункове число обертів повинно бути на 25...35% меншим за максимальне.

Розрахункове число обертів:

$$n = 0,7 \cdot 1,03 = 0,72 \text{ об/с};$$

Приймаємо $n = 0,7 \text{ об/с}$;

L - довжина валка:

$$L = (0,8 \dots 1,3) \cdot D = 1,2 \cdot 0,5 = 0,6 \text{ м.}$$

Розрахуємо геометричні параметри валкової дробарки згідно методики наведеної в [12], [13] та загальних відомостей з [9], з урахуванням даних наведених вище:

Потужність двигуна:

$$N_{\text{дв}} = \frac{\sigma \cdot P_v \cdot (i-1)}{2,4 \cdot E \cdot \eta_y \cdot \eta_0} = \frac{42^2 \cdot 5,5 \cdot (7,5-1)}{2,4 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 0,8 \cdot 0,25} = 6 \text{ кВт},$$

де P_v – об'ємна продуктивність:

$$P_v = \frac{P_p}{\rho} = \frac{11}{2} = 5,5 \text{ м}^3/\text{год};$$

i – ступінь подрібнення:

$$i = \frac{D_{\text{ср}}}{d_{\text{ср}}} = \frac{0,03}{0,004} = 7,5;$$

$\eta_y = 0,8$ – загальний ККД приводу;

$\eta_0 = 0,25$ - ККД валкової дробарки.

За Левінсоном потужність валкової дробарки витрачається на:

- роздавлювання кусків:

$$N_1 = 25 \cdot 10^2 \cdot L \cdot n \cdot R \cdot r = 25 \cdot 10^2 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 0,25 \cdot 0,015 = 3,93 \text{ кВт};$$

де $R = D/2 = 0,5/2 = 0,25 \text{ м}$;

$$r = D_{\text{ср}}/2 = 0,03/2 = 0,015 \text{ м.}$$

- тертя матеріалу об валки:

$$N_2 = 7,5 \cdot 10^2 \cdot L \cdot n \cdot R \cdot r = 7,5 \cdot 10^2 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 0,25 \cdot 0,015 = 1,18 \text{ кВт};$$

- втрати в підшипниках на тертя:

$$N_3 = 55 \cdot L \cdot R^3 \cdot n = 55 \cdot 0,6 \cdot 0,25^3 \cdot 0,7 = 0,36 \text{ кВт};$$

					ЛП72.073116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Загальна потужність:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 = 3,93 + 1,18 + 0,36 = 5,47 \text{ кВт.}$$

За формулою Левінсона:

$$n_{\max} \leq 616 \cdot \sqrt{\frac{f}{\gamma \cdot D_{\text{cp}} \cdot D}} = 616 \cdot \sqrt{\frac{0,31}{0,03 \cdot 3 \cdot 50}} = 161,68 \text{ об/хв};$$

де $f = 0,31$ - коефіцієнт тертя матеріалу об валок;

$\gamma = 0,003 \text{ кг/см}^3$ - питома вага матеріалу;

$D = 0,5 \text{ м} = 50 \text{ см}$ - діаметр валка;

$D_{\text{cp}} = 0,03 \text{ м} = 3 \text{ см}$ - середній розмір шматків, що завантажуються.

Фактична швидкість обертання:

$$n_{\text{факт}} = (0,4 \dots 0,7) \cdot n_{\max} = 0,6 \cdot n_{\max} = 0,4 \cdot 161,68 = 97 \text{ об/хв};$$

Приймаємо $n_{\text{факт}} = 100 \text{ об/хв} = 1,66 \text{ об/с}$.

Зусилля, необхідне для подрібнення матеріалу між валками:

$$P = 0,145 \cdot B \cdot D \cdot \sigma \cdot K = 0,145 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 42 \cdot 10^6 \cdot 0,25 = 3,8 \cdot 10^5 \text{ Н};$$

де $B = 0,5 \text{ м}$ – ширина валка;

$D = 0,5 \text{ м}$ – діаметр валка;

$\sigma = 42 \text{ мН/м}$ – межа міцності на стиск;

$K = 0,2 \dots 0,3 = 0,25$ - коефіцієнт, що враховує використання довжини валків та ступінь розпушення матеріалу для твердих порід;

Сумарне зусилля подрібнення для міцних порід:

$$P \approx 0,04 \cdot \sigma \cdot B \cdot D = 0,04 \cdot 42 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 4,2 \cdot 10^5 \text{ Н.}$$

2.1.2 Кінематичні розрахунки валкової дробарки

Кінематичні розрахунки проводяться з метою уточнення і правильного вибору допоміжного обладнання, за рахунок якого зазвичай працює певна машина, такого як двигун, пас, матеріал та інше.

Вихідні дані: розрахункова потужність електродвигуна $N_{\text{дв}} = 6 \text{ кВт}$;
швидкість обертання валків $n_2 = 100 \text{ об/хв} = 1,66 \text{ об/с}$.

За ГОСТ 19523-81 приймаємо двигун 4А160S8У3 потужністю $N_1 = 7,5$

					ЛП72.073116.02-70РР	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кВт з числом обертів $n_1 = 750$ об/хв = 12,5 об/с.

Загальне розраховане передаточне число дробарки:

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{750}{100} = 7,5.$$

Крутний момент на валу двигуна:

$$M_{кр1} = 9550 \cdot \frac{N_1}{n_1} = 9550 \cdot \frac{7,5}{750} = 95 \text{ Н/м.}$$

Приймаємо попереднє значення [13] передаточного числа клинопасової передачі $U^1 = 7,5$.

Згідно ГОСТ 12843 – 30 приймаємо переріз паса – А. Для прийнятого перерізу паса діаметр ведучого шківa $d_1 = 220$ мм.

Колова швидкість клинопасової передачі:

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{1000 \cdot 60} \leq [V] = \frac{3,14 \cdot 220 \cdot 750}{1000 \cdot 60} = 8,635 \text{ м/с} \leq 15 \text{ м/с};$$

де d_1 – діаметр ведучого шківa;

n_1 – частота обертання ведучого шківa;

[V] – допустима колова швидкість для даного перерізу паса, [V] = 15 м/с.

Діаметр веденого шківa (орієнтовний):

$$d' = d \cdot U^1 \cdot (1 - \xi) = 220 \cdot 7,5 \cdot (1 - 0,02) = 1617 \text{ мм};$$

де $\xi = 0,02$ - коефіцієнт пружного ковзання паса;

За ГОСТ 20898-75 приймаємо, що $d_2 = 1600$ мм.

Уточнюємо передаточне число:

$$U = \frac{d_2}{d_1 \cdot (1 - \xi)} = \frac{1600}{220 \cdot (1 - 0,02)} = 7,42.$$

Відносна похибка передаточного числа:

$$\Delta = \left| \frac{U^1 - U}{U^1} \right| \cdot 100\% \leq [\Delta] = 5\%;$$
$$\Delta = \frac{7,5 - 7,42}{7,5} \cdot 100\% = 1,1\% < 5\%.$$

Фактична частота обертання веденого шківa:

$$n_2 = \frac{n_1}{U} = \frac{750}{7,42} = 101,1 \text{ об/хв};$$

Приймаємо $n_2 = 102$ об/хв = 1,7 об/с.

					ЛП72.073116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Орієнтовна міжосьова відстань:

$$a^1 = 1,5 \cdot d_2 = 1,5 \cdot 1600 = 2400 \text{ мм},$$

Розрахункова довжина паса:

$$L_p = 2 \cdot a^1 + \frac{\pi \cdot (d_2 + d_1)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a^1} = 2 \cdot 2400 + \frac{3,14 \cdot (1600 - 220)}{2} + \frac{(1600 - 220)^2}{4 \cdot 2400} =$$
$$= 7165 \text{ мм};$$

Згідно ГОСТ 1284.1 – 80 приймаємо $L = 7100$ мм.

Число обертів паса:

$$U = \frac{V}{L} = \frac{8,635}{7,1} = 1,22 \text{ с}^{-1} \leq 15 \text{ с}^{-1};$$

Відповідно прийнятій довжині паса уточнюємо міжосьову відстань:

$$a = 0,125 \cdot \left\{ 2 \cdot L - \pi \cdot (d_2 + d_1) + \sqrt{[2 \cdot L - \pi \cdot (d_2 + d_1)]^2 - 8 \cdot (d_2 - d_1)^2} \right\} =$$
$$= 0,125 \cdot \{ 2 \cdot 7100 - 3,14 \cdot (1600 + 220) +$$
$$+ \sqrt{[2 \cdot 7100 - 3,14 \cdot (1600 + 220)]^2 - 8 \cdot (1600 - 220)^2} \} = 2000 \text{ мм}.$$

Кут обхвату ведучого шківу:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57,3^\circ \cdot \frac{d_2 - d_1}{a} \geq [\alpha_{min}] = 120^\circ;$$
$$\alpha_1 = 180^\circ - 57,3^\circ \cdot \frac{1600 - 220}{2000} \geq 140^\circ = 120^\circ.$$

Необхідна кількість пасів [14]:

$$Z^1 = \frac{N_{дв}}{N_0 \cdot C_p \cdot C_a \cdot C_l \cdot C_z} \leq 6(8);$$

де $N_0 = 3$ кВт – номінальна потужність, яка передається одним пасмо
вибраного перерізу;

$C_p = 0,83$ – коефіцієнт динамічності та режиму роботи передачі;

$C_a = 0,92$ – коефіцієнт кута обхвату;

$C_l = 0,86$ – коефіцієнт, що враховує вплив на довговічність довжини паса;

$C_z = 0,95$ – коефіцієнт, що враховує число пасів у комплектів

клинопасової передачі;

$$Z^1 = \frac{6}{3 \cdot 0,83 \cdot 0,92 \cdot 0,86 \cdot 0,95} = 3,2 \leq 6(8);$$

					ЛП72.073116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Приймаємо число пасів як $Z = 3$.

Розрахуємо колову силу:

$$F_t = \frac{10^3 \cdot P_1}{V} = \frac{10^3 \cdot 6}{8,635} = 695 \text{ Н};$$

Сила початкового натягу одного паса:

$$F_0 = \frac{780 \cdot P_1}{V \cdot C_p \cdot C_a \cdot Z} + g \cdot V^2 = \frac{780 \cdot 6}{8,635 \cdot 0,83 \cdot 0,92 \cdot 3} + 0,3 \cdot 8,635^2 = 259 \text{ Н},$$

де $g = 0,3 \text{ кг/м}$ – маса 1 м паса.

Сили, що діють на вал та підшипники:

$$F_r = 2 \cdot F_0 \cdot Z \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2} = 2 \cdot 259 \cdot 3 \cdot \sin \frac{140}{2} = 1461 \text{ Н};$$

Напруження у ведучій вітці паса:

$$\sigma_1 = \sigma_0 + \frac{F_t}{2 \cdot Z \cdot A} = 1,2 + \frac{695}{2 \cdot 3 \cdot 250} = 1,66 \text{ МПа},$$

де $\sigma_0 = 1,2 \text{ МПа}$ – напруження від початкового натягу паса;

$A = 250 \text{ мм}^2$ – площа перерізу паса.

Напруження згину у пасі на дузі обхвату ведучого шківів:

$$\sigma_{зг} = E \cdot \frac{2 \cdot Y_0}{d_1} = 70 \cdot \frac{2 \cdot 4,5}{220} = 2,23 \text{ МПа},$$

де $E = 70 \text{ МПа}$ – модуль пружності для короткотканевих пасів;

$Y_0 = 4,5 \text{ мм}$ – відстань від нейтральної лінії до найбільш напружених волокон.

Напруження, які виникають у пасі від дії відцентрових сил:

$$\sigma_v = \rho \cdot V^2 \cdot 10^{-6} = 1300 \cdot 8,635^2 \cdot 10^{-6} = 0,1 \text{ МПа},$$

де $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$ – питома маса.

Максимальні напруження у перерізі ведучої вітки паса в місці набігання його на ведучий шків:

$$\sigma_{max} = \sigma_1 + \sigma_{зг} + \sigma_v = 1,66 + 2,23 + 0,1 = 3,8 \text{ МПа}.$$

Розрахункова довговічність:

					ЛП72.073116.02-70PP	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T = \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{max}} \right)^8 \cdot \frac{10^7 \cdot C_U \cdot C_H}{2 \cdot 3600 \cdot U} = \left(\frac{9}{3,8} \right)^8 \cdot \frac{10^7 \cdot 1,77 \cdot 1}{2 \cdot 3600 \cdot 1,22} = 1995000 \text{ год,}$$

де $\sigma_y = 9$ МПа – границя витривалості;

$C_U = 1,77$ – коефіцієнт, що враховує вплив передаточного числа;

$C_H = 1$ – коефіцієнт, що враховує непостійність навантаження.

2.1.3 Розрахунки окремих елементів валкової дробарки на міцність

Розрахунок окремих елементів валкової дробарки проводиться з метою уточнення використання уже вибраних конструктивних рішень, виконано для валка, бандажа та фланця, так як саме вони сприймають основні зусилля під час роботи [13].

Серед вихідних даних слід виділити наступні:

- колова сила $F_t = 695$ Н;
- сила, що діє на вал та підшипники $F_r = 1461$ Н;
- сумарне зусилля подрібнення $P = 4,2 \cdot 10^5$ Н;
- діаметр валка $D = 0,5$ м;
- ширина валка $B = 0,5$ м;
- внутрішній радіус шківів $r_1 = 110$ мм;
- внутрішній радіус шківів $r_2 = 250$ мм.

Згідно розрахункової схеми (рис. 2.1.1) визначаємо опорні реакції:

$$\sum M_{AX} = 0 \rightarrow -F_r \cdot 0,41 + R_{BY} \cdot 0,33 - P \cdot 0,115 = 0;$$

$$R_{BY} = \frac{F_r \cdot 0,41 + P \cdot 0,115}{0,33} = \frac{1461 \cdot 0,41 + 420000}{0,33} = 127454,3 \text{ Н;}$$

$$\sum M_Y = 0 \rightarrow -F_t \cdot 0,41 + R_{BX} \cdot 0,33 = 0;$$

$$R_{BX} = \frac{F_t \cdot 0,41}{0,33} = \frac{695 \cdot 0,41}{0,33} = 863,5 \text{ Н;}$$

$$\sum Y = 0 \rightarrow R_{AY} - P + R_{BY} - F_r = 0;$$

$$R_{AY} = P - R_{BY} + F_r = 420000 - 127454,3 + 1461 = 294000,7 \text{ Н;}$$

					ЛП72.073116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

$$\sum X = 0 \rightarrow R_{AX} - R_{BY} + F_t = 0;$$

$$R_{AX} = R_{BX} + F_t = 863,5 - 695 = 168,5 \text{ Н.}$$

Згідно методу перерізів будемо епюри згинаючих моментів M_{uy} , M_{ux} .

Результуючий згинаючий момент:

$$M_{uc-c} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{1605,5^2 + 166646,4^2} = 166653,93 \text{ Нм};$$

$$M_{uB-B} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{1280,3^2 + 3785,5^2} = 3996,15 \text{ Нм.}$$

Приведений момент:

$$M_{прс-с} = \sqrt{M_{uc-c}^2 + \alpha \cdot T} = \sqrt{166653,93^2 + 0,6 \cdot 4606,45} = 166654,98 \text{ Нм};$$

$$M_{прB-B} = \sqrt{M_{uB-B}^2 + \alpha \cdot T} = \sqrt{3996,15^2 + 0,6 \cdot 4606,45} = 3997,5 \text{ Нм.}$$

					<i>ЛП72.073116.02-70PP</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

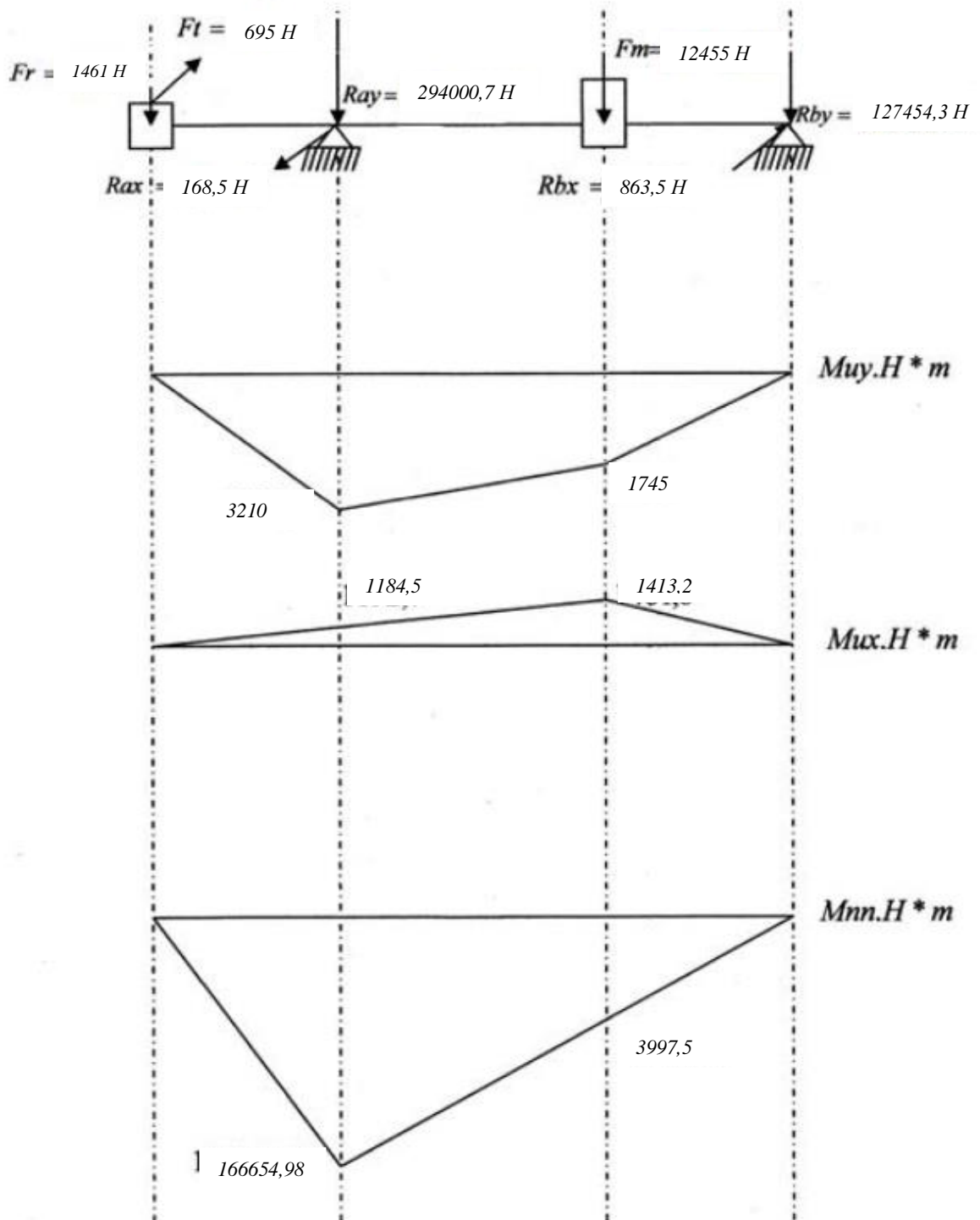


Рис. 2.1.1 – Розрахункова схема епюр

Виконаємо розрахунок бандажа валка на міцність, згідно методики наведеної в [11] та на основі відомостей з [13], [14]. [15].

Розрахунок бандажа валка на міцність зводиться до вирішення задачі Ляме. Товщину бандажа S визначаємо за четвертою теорією міцності, якщо допустима напруга для сталі $[\sigma] = 306,7$ МПа. Небезпечними є точки бандажа

					ЛП72.073116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

у внутрішньої поверхні, де головні напруження набувають наступних значень:

$$\sigma_1 = \sigma_0 = r_2^2 + \frac{r_1^2}{r_2^2} - r_1^2 \cdot p$$

$$\sigma_2 = \sigma_z = 0$$

$$\sigma_3 = b \cdot r = -p$$

де p – тиск на поверхню, МПа;

r_1 – внутрішній радіус бандажа, мм;

r_2 – зовнішній радіус бандажа, мм.

Умова міцності за четвертою теорією міцності:

$$\sigma_{\text{екв4}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2} \leq [\sigma],$$

яка в контексті задачі Ляме має вигляд:

$$\sigma_{\text{екв4}} = \sqrt{\sigma_0^2 - \sigma_0 \cdot \sigma_r + \sigma_r^2} \leq [\sigma],$$

звідки

$$K^2 = \frac{\left(\frac{[\sigma]}{P}\right)^2 + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot \sigma}{P}\right)^2 - 3}}{\left(\frac{[\sigma]}{P}\right)^2 - 1},$$

де $K = r_1/r_2$.

Тоді, остаточно, розрахункова формула має вигляд:

$$r_2 = r_1 \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{[\sigma]}{P}\right)^2 + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot \sigma}{P}\right)^2 - 3}}{\left(\frac{[\sigma]}{P}\right)^2 - 1}},$$

де $[\sigma]$ – допустима напруга для сталі.

Так як бандаж валків виготовляють з марганцевистої зносостійкої сталі, приймаємо матеріал бандажа валка – сталь 20Г згідно ГОСТ 1050-74 з допустимою напругою $[\sigma] = 306,7$ МПа.

Беремо до уваги те, що при розрахунку використовується розподілене навантаження – p , і якнайкраще притримуватися факту, що $r_2 = 0,5 D$.

Площа поверхні валка:

$$S = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot B = \pi \cdot D \cdot B = 3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 0,785 \text{ м}^2,$$

					ЛП72.073116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Розподілене навантаження:

$$p = \frac{P}{S} = \frac{4,2 \cdot 10^5}{0,785} = 0,535 \text{ МПа,}$$

Зовнішній радіус бандажа:

$$r_2 = r_1 \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{[\sigma]}{P}\right)^2 + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot \sigma}{P}\right)^2 - 3}}{\left(\frac{[\sigma]}{P}\right)^2 - 1}} = 140 \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{306,7}{0,535}\right)^2 + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 306,7}{0,535}\right)^2 - 3}}{\left(\frac{306,7}{0,535}\right)^2 - 1}} = 250 \text{ мм;}$$

Товщина стінки бандажа:

$$O = r_2 - r_1 = 250 - 140 = 110 \text{ мм.}$$

Виконаємо розрахунок шківів валка на міцність, згідно методики наведеної в [11] і відомостей з [9].

Розрахунок шківів на міцність зводиться до розрахунку диска, що обертається. Так як матеріал шківів крихкий, то перевірку міцності доцільно проводити за теорією Мора, яка для диска, що обертається приймає вигляд:

$$\sigma_{екв} = (\sigma_{\theta})_{max} = c \cdot [2 + (1 - m) \cdot k^2] \leq [\sigma]$$

Визначаємо коефіцієнт теорії Мора:

$$C = \frac{3 + \mu}{8} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot \omega^2 \cdot r^2 = \frac{3 + 0,25}{8} \cdot \frac{68,642 \cdot 10^3}{9,81} \cdot 0,112^2 \cdot 0,2635^2 = 24,5 \text{ МПа;}$$

де $\mu = 0,25$ – коефіцієнт Пуансона;

$\gamma = 68,642 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3$ - питома вага матеріалу шківів;

ω – кутова швидкість обертання;

m, k – коефіцієнти, що враховують особливості матеріалу;

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 64,7}{30 \cdot 60} = 0,112 \text{ с}^{-1};$$

$$m = \frac{1 + 3\mu}{3 + \mu} = \frac{1 + 3 \cdot 0,25}{3 + 0,25} = 0,539;$$

$$k = \frac{20}{263,5} = 0,076 \text{ (на основі матеріалу)}$$

Тоді:

$$\sigma_{екв} = (\sigma_{\theta})_{max} = c \cdot [2 + (1 - m) \cdot k^2] \leq [\sigma]$$

$$\sigma_{екв} = (\sigma_{\theta})_{max} = 24,5 \cdot [2 + (1 - 0,539) \cdot 0,076^2] = 49 \text{ МПа.}$$

					ЛП72.073116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Коефіцієнт запасу повинен перевищувати допустиме значення:

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{скв}} \geq [n]$$

Матеріал шківа сталь СЧ15 , для якої $\sigma_t = 150$ МПа

Значення допустимого коефіцієнта запасу зазвичай 1,6...2:

$$n = \frac{150}{49} = 3,06$$

Умова міцності шківа виконується (у разі необхідності можна змінити матеріал шківа).

					ЛП72.073116.02-70PP	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 РОЗРАХУНКИ ВИКОНАНІ ЗА ДОПОМОГОЮ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

2.2.1 Розрахунки на міцність деталі вала з бандажем в системі ANSYS

Метою розрахунку нерухомого валка в системі ANSYS є підтвердження доцільності використання як даного валка, так і модернізованого.

Дискретизацію геометричної моделі частини конструкції, яка сприймає основні навантаження – диск, опис дій щодо проведення дослідження і аналізу, схема закріплень та навантажень, як і результати, представлено у Додатку В.

Було виконано розрахунок на міцність однієї з деталей (тієї, що сприймає ключові навантаження у вузлі) вузла нерухомого валка дробарки, таким чином, було підтверджено доцільність вибраних розмірів і матеріалу деталі, навантаження цілком можна збільшити з 24,5 МПа початкових (загалом розрахованих) до 50 МПа критичних, після досягнення яких деталь зламається.

Отже, використання даного нерухомого є доцільним і навантаження, що діють на нього є допустимими.

2.2.2 Розрахунки модернізованого валка в системі ANSYS

Метою розрахунку рухомого (модернізованого) валка в системі ANSYS є проведення розрахунків міцності системи – валка і встановленого удосконаленого фланця, доцільність використання даного технічного рішення.

Дискретизацію геометричної моделі, схема закріплень та навантажень, як і результати, представлено у Додатку Б.

					ЛП72.073116.02-70PP	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можно помітити, що максимальні навантаження, які діють на вузол становлять 139 МПа, з максимально можливих 250 МПа, що є допустимим і підтверджує сам розрахунок, працездатність вузла і модернізації.

Отже, використання даної модернізації є доцільним, адже спостерігаються допустимі навантаження і загальний підбір матеріалів зроблено вірно.

2.2.3 Розрахунки на довговічність на мові програмування Fortran

Метою розрахунку є виконання частини кінематичних розрахунків з метою уточнення довговічності паса та порівняння з уже виконаними кінематичними розрахунками, в пункті 2.1.2.

Вихідними даними, які лягли в основу розрахунків, є наступні параметри:

- потужність електродвигуна; колова швидкість;
- коефіцієнт динамічності;
- коефіцієнт кута обхвату, що враховує вплив на довговічність довжини паса;
- коефіцієнт, що враховує непостійність навантаження і вплив передаточного числа;
- кут;
- напруження від початкового натягу паса;
- площа перерізу паса;
- модуль пружності для пасів;
- відстань від нейтральної лінії до найбільш напружених волокон;
- питома маса;
- границя витривалості;
- показник степеня і передаточне число.

Значення даних параметрів наведено в таблиці ідентифікаторів.

					ЛП72.073116.02-70PP	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрім вихідних даних представлено блок-схему, текст програми і результати розрахунку, котрі узагальнено і винесено у додаток Г.

Проаналізувавши результати розрахунків двома способами можна свідчити, що вони виконані вірно, а незначні розбіжності округленням деяких параметрів.

Обчислимо відносну похибку розрахунків виконаних власноруч та за допомогою Fortran:

$$\Delta F_t = \frac{|F_{t1} - F_{t2}|}{F_{t1}} \cdot 100\% = \frac{|695 - 702|}{695} \cdot 100\% = 1,01\%$$

$$\Delta \sigma_{max} = \frac{|\sigma_{max1} - \sigma_{max2}|}{\sigma_{max1}} \cdot 100\% = \frac{|3,8 - 3,832|}{3,8} \cdot 100\% = 0,84\%$$

$$\Delta T = \frac{|T_1 - T_2|}{T_1} \cdot 100\% = \frac{|1,995 - 1,992|}{1,995} \cdot 100\% = 1,5\%$$

Проаналізувавши результати розрахунків двома способами можна свідчити, що вони виконані вірно, а незначні розбіжності викликані округленням деяких параметрів.

					<i>ЛП72.073116.02-70PP</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологія машинобудування
до дипломного проекту
на тему: «Валкова дробарка з модернізацією рухомого
валка»

Київ – 2021 рік

ЗМІСТ

3.1	ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	2
3.1.1	Опис та призначення деталі.....	2
3.1.2	Вибір заготовки для виготовлення деталі.....	3
3.1.3	Технологічний процес виготовлення деталі.....	7
3.2	ВИБІР ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ДЕТАЛІ ВАЛКОВОЇ ДРОБАРКИ, ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ.....	13
3.2.1	Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії.....	13
3.2.2	Розрахунок сил закріплення деталі.....	15
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	17

					<i>ЛП72.073116.03-70ТД</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб</i>	<i>Качура</i>				<i>Валкова дробарка з модернізацією рухомого валка</i>	<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров</i>	<i>Борщик</i>						1	17
<i>Керівник</i>	<i>Нестеров</i>					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утв</i>	<i>Гондлярх</i>							

3.1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

3.1.1 Опис та призначення деталі

Головною метою даного розділу є розробка технологічного процесу виготовлення деталі, в даному випадку такою виступає шків, і вибір необхідного пристосування для певної операції з її виготовлення.

Деталь, яка є основою даного розділу, є ключовою частиною пасової передачі. За своїм призначенням дуже схожий на блок, але може передавати зусилля в обидва напрямки, як від вала на пас, так і навпаки, на відміну від блоку, який змінює напрямок руху лінви чи паса.

Така характеристика, як матеріал, змінюється на основі режиму роботи. Вибір матеріалу шківа залежить від колової швидкості V м/с. В зв'язку з тим, що клинові паси можуть працювати при швидкостях $V \leq 30$, м/с, то рекомендується вибирати сірий чавун марки СЧ15 ГОСТ 1412-85 [17]. При більших колових швидкостях (30...35 м/с) застосовується також СЧ 20.

Шків пасових передач мають обід, на якому розміщується пас, втулку, за допомогою якої шків розміщується на валу, та диск або спиці, що з'єднують обід із втулкою. Форма робочої поверхні ободу і шківа визначається формою поперечного перерізу паса [18].

Неабияке значення при застосуванні шківів має передача, яка утворюється. Складання ланцюгових і пасових передач полягає в установленні шківів і зірочок на вали, а також у монтажі та регулюванні пасів і ланцюгів. Під час складання пасових передач потрібно забезпечити паралельність валів ведучого і веденого шківів і збігання середніх площин обох шківів [16].

					ЛП72.073116.03-70ТД	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.2 Вибір заготовки для виготовлення деталі

Заготовки шківів виготовляють литтям, причому якщо це стосується сталевих, то в більшості випадків виконується зварювання відштампованих окремих деталей.

При виборі заготовки слід виділити наступні особливості [17]:

- граничні відхилення діаметрів до 500 мм b_{11} , вище – за d_{11} , причому граничні відхилення діаметрів $d_2 - h_{11}$;

- не вказані граничні відхилення (поверхні, що обробляють), неспряжених поверхонь: отворів H_{14} , валів – за h_{14} , решта – за js_{16} ;

- граничні відхилення кута канавки не повинні бути більше 30° ;

- биття робочої поверхні канавки шківа не повинно бути більше: 0,2 мм при частоті обертання шківа до 80 хв^{-1} ; 0,15 мм – при частоті обертання шківа $480 \dots 960 \text{ хв}^{-1}$; 0,10 мм – при частоті обертання шківа більше 960 хв^{-1} .

- радіальне биття ободу шківів залежно від діаметра становить 100...200 мкм;

- торцеве биття також залежить від діаметру шківа і знаходиться в інтервалі від 100 до 250 мкм.

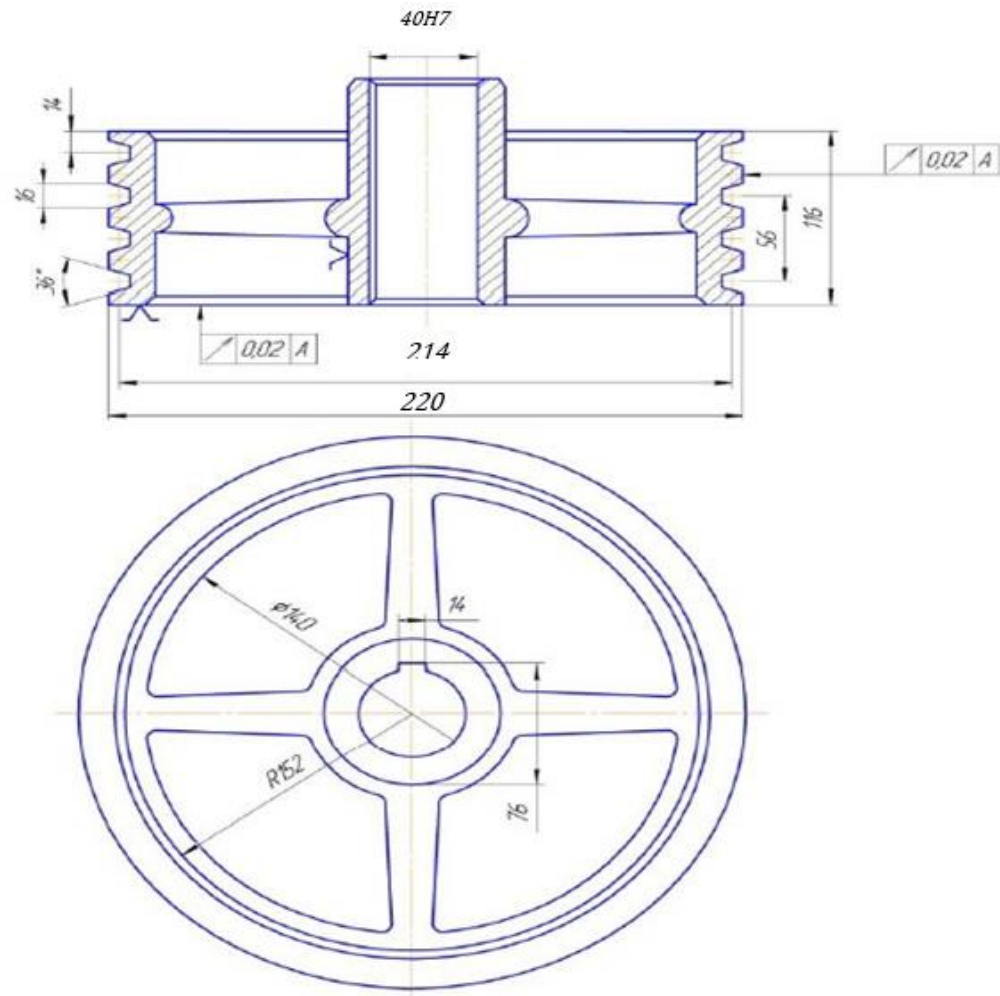
- внутрішній отвір маточини під вал повинен мати шорсткість не більше $R_a = 2,5$ мкм, решта оброблюваних поверхонь (зовнішній діаметр, торці ободу та маточини) – $R_z = 6,3$ мкм, поверхні шківів, що не обробляють (ливарні) – $R_a = 400$ мкм.

На наступних сторінках представлено основні поетапні зміни з заготовкою, яка є основою деталі (КЕ).

					ЛП72.073116.03-70ТД	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дубл.										
Взам.										
Підпис								Зм.	Ар.	№ док.
								Підпис		Дата

Розроб.	Качура Р.О.			<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ</i>			
Перевір.	Боршик С.О.						
Прийняв							
Затверд.							
Н. контр.					Ескіз заготовки		



3.1.3 Технологічний процес виготовлення деталі

Технологічний процес виготовлення деталі «Шків», котрий представлений в дипломному проекті, наводиться на маршрутній карті та операційних. Тип елементів, які встановлюються, як і схема базування визначені технологом.

					ЛП72.073116.03-70ТД	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інв. № подл.		Підпис та дата		Взам. інв. №		Інв. № дубл.		Підпис та дата						
НТУУ "КПІ"				Операційна карта механічної обробки				Шків						
Ном. деку	Ном. ділянки	Ном. операції	Найменування операції				Найменування та марка матеріалу		Маса деталі	Заготовка				
			Токарна				СЧ15			5,2		профіль і розміри		твердість
К-сть. оди. оброб. дет.		Обладнання (найменування, модель)				Пристосування. (код та найменування)	Спеціальне пристосування		Кондуктор	Охолодження				
1		Свердлильний 2М55								5% емульсія Укринал-1				
Ном. перех.	Зміст переходу		Інструмент (код та найменування)			Розрах. розм.		t	i	Режим обробки			T _o	T _z
			допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр ширина	довжина			S	n	V		
1	Встановити, закріпити, зняти													0,3
2	Свердлити 1 отв. Ø40			Свердло	штангенциркуль	18	35	0,5	8	2	350	18	4,5	2,8
				Ø40P6M5	ШЦ-11-300-010									
				ГОСТ10903-77										
3	Підрізати торець, витримавши розмір L=86, начисто			Різець прохідний		210	105	2	1	0,2	140	78	1,2	0,52
				75K10ГОСТ2270-77										
										Розроб.	Качура			Лист
										Перерішив	Борщик			1
										Затвердив	Гондляр			Лист
	Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Н. контр.			2

Інв. № подл.		Підпис та дата		Взам. інв. №		Інв. № дубл.		Підпис та дата						
						Номер операції								
Ном. перех.	Зміст переходу	Інструмент (код та найменування)			Розрах. розм.		t	i	Режим обробки			То	Тв	
		допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр ширина	довжина			S	n	V			
4	Точити фаску втримавши кут 45° по всій довжині		Різець	шаблон	210	2	1	1	0,2	140	92	0,09	0,1	
			75К10ГОСТ2270-70											
5	Підрізати горіць, втримавши розмір L=86, начисто		Різець прохідний	штангенциркуль	210	35	2	1	0,2	140	90	1,5	0,52	
			75К10ГОСТ2270-70	ШЦ-11-300-010										
												Лист		
	Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Інв. № подл.		Підпис та дата		Взам. інв. №		Інв. № дубл.		Підпис та дата						
						Номер операції								
Ном. перех	Зміст переходу	Інструмент (код та найменування)			Розрах. розм.		t	i	Режим обробки			T _о	T _з	
		допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр ширина	довжина			S	n	V			
4	Точити фаску втримавши кут 45° по всій довжині		Різець	шаблон	210	2	1	1	0,2	140	92	0,09	0,1	
			75K10ГОСТ2270-70											
5	Точити начисто по всій поверхні		Різець прохідний	штангенциркуль	210	35	2	1	0,2	140	90	1,5	0,52	
			75K10ГОСТ2270-70	ШЦ-11-300-010										
6	Точити пази начорно		Різець	шаблон	210	2	1	1	0,2	140	92	0,09	0,1	
			75K10ГОСТ2270-70											
7	Точити пази начисто		Різець	шаблон	210	2	1	1	0,2	140	92	0,09	0,1	
			5K10ГОСТ2270-70											
													Лист	
	Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

3.2 ВИБІР ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ДЕТАЛІ ВАЛКОВОЇ ДРОБАРКИ, ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ

3.2.1 Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії

Основні дії, які виконують над заготовкою, - стругання та довбання. Причому спостерігається рух різця в обидва напрями, за робочого ходу виконується зрізка стружки, а за холостого – тільки охолодження робочого інструменту.

Машини, які використовуються при обробці обраної деталі називаються стругальними. Стругальні верстати поділяються на поперечно-стругальні та поздовжньо-стругальні. Поперечно-стругальні верстати застосовують для обробки дрібних і середніх за розмірами деталей в одиничному та дрібносерійному виробництвах. їх використовують в ремонтних та інструментальних цехах. На відміну від поперечно-стругальних верстатів головним рухом поздовжньо-стругальних є переміщення стола з заготовкою, яка піддається обробці. На базі поздовжньо-стругальних верстатів виготовляють комбіновані стругально-фрезерні верстати. Для розширення технологічних можливостей верстатів їх оснащують додатковими, фрезерними головками, накладними шліфувальними головками, копіювальними пристроями, накладними свердлувальними головками тощо. З метою підвищення інтенсивності використання стругальних верстатів розроблено низку оригінальних пристроїв [19].

Дані пристрої представляють собою певні верстатні пристосування, призначення яких є доволі різноманітним: для установки заготовок на металоріжучі верстати, зменшення вібрацій при роботі й інше. Основною метою застосування є підвищення загальної продуктивності, ефективності роботи машини в критичних умовах і отримання підвищених техніко-економічних показників. Серед основних цілей застосування слід виділити наступні:

					ЛП72.073116.03-70ТД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- зниження трудомісткості і тривалості циклу;
- скорочення термінів і витрат виробництва;
- зменшення собівартості готової продукції.

Дуже гарним варіантом є застосування верстатних пристосувань у серійному виробництві, адже спостерігається суттєве зростання продуктивності (20 - 100 %), насамперед при встановленні і коректному вживанні, як затискних, так і вцілому всіх різновидів верстатних пристосувань.

Затискні пристрої збільшують точність обробки (близько 20-40%) і перед їхнім застосуванням повинні відповідати такі вимогам:

- достатня власна і контактна жорсткість;
- стабільні сили закріплення;
- викликають зменшені деформації заготовки, що бере участь у роботі.

Затискне пристосування складається з наступних елементів: з корпусу, кількох опор, установочних елементів, затискного регульованого механізму, приводу, допоміжних механізмів, котрі можуть змінити напрям і положення ріжучого інструменту. Конструкція затискного пристосування використаного в роботі представлена на рисунку 3.2.1.

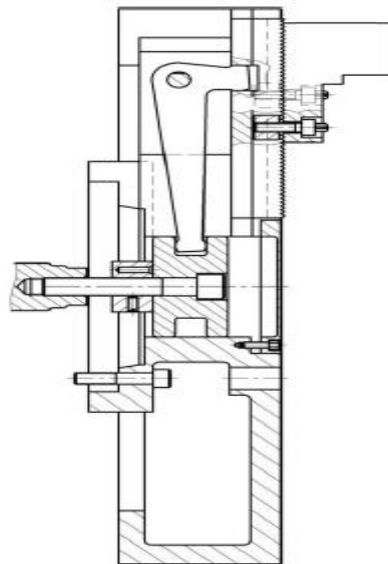


Рис. 3.2.1 – Загальний вигляд затискного пристосування (пневмоциліндра)

Затискні механізми використовуються при обробці з метою наступного запобігання переміщенню заготовок відносно опор. Силу закріплення W

					ЛП72.073116.03-70ТД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

визначають, враховуючи те, що ключовими впливаючими факторами є ті, що основні умови рівноваги силових чинників. При розрахунках W завжди враховують таку групу сил: сили різання, реакції опор, сили тертя (або відповідні моменти). Даний різновид механізмів (затискні) запобігають переміщенню заготовок при роботі відносно опор. Силу закріплення W визначають з умови рівноваги силових чинників, що діють на заготівку. При розрахунках W завжди враховуються всі вище згадані різновиди сил [20].

3.2.2 Розрахунок сил закріплення деталі

Даний розрахунок проводиться з метою уточнення діаметру пневмоциліндра, котрий застосовується в механізмі закріплення, та розрахунку сил закріплення деталі [21].

Силу закріплення для даного механізму визначається поступово:

- знаходимо орієнтовне значення механізму закріплення:

$$P_z = P_{\text{табл}} \cdot k_{01} \cdot k_{02} = 2400 \cdot 0,6 \cdot 1 = 1440 \text{ Н};$$

де $P_{\text{табл}} = 2400 \text{ Н}$ – табличне значення основного зусилля (відносно розмірів);

$k_{01} = 0,6$; $k_{02} = 1$ – коефіцієнти, що враховують особливості закріплення;

- уточнюємо значення моменту різання при чорновій обробці:

$$M_{\text{різ}} = P_z \cdot k_{00} = 1440 \cdot 0,2 = 288 \text{ Н};$$

де $k_{00} = 0,2$ – коефіцієнт, що враховує довжини;

- розраховуємо коефіцієнт запасу:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,5;$$

де $k_0, k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$ - коефіцієнти, що враховують запаси міцності деталей системи;

- із рівняння виводимо потрібну силу для затиску:

$$k \cdot M_{\text{різ}} = M_m = W \cdot f \cdot R;$$

					ЛП72.073116.03-70ТД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

де M_m - момент тертя між заготовкою і елементами затиску, Н;

$f = 0,16$ – коефіцієнт тертя;

$R = 0,2$ – орієнтовне (стандартне значення радіуса пневмоциліндра).

- знаходимо силу закріплення із рівності:

$$W = \frac{k \cdot M_{\text{прз}}}{f \cdot R} = \frac{2,5 \cdot 288}{0,16 \cdot 0,2} = 22500 \text{ Н.}$$

Зусилля на штоці пневмоциліндра визначимо так:

$$Q \cdot 75 = W \cdot 55 \rightarrow Q = \frac{W \cdot 55}{75} = \frac{22500 \cdot 55}{75} = 16\,500 \text{ Н.}$$

Оскільки в даному випадку спостерігається подача повітря в штокову порожнину, то зусилля на штоці знаходиться з формули:

$$Q = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta}{4}, \text{ Н;}$$

де D – діаметр циліндра;

$d = 0,2 \cdot D$, мм – діаметр рекомендованого штока;

$p = 0,5$ МПа - тиск сталого повітря;

$\eta = 0,85$ – коефіцієнт корисної дії;

З формули знаходимо діаметр пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta \cdot 0,8}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 16500}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,85 \cdot 0,8}} = 248,6 \text{ мм.}$$

					ЛП72.073116.03-70ТД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Був розроблений бакалаврський проект, темою якого є : «Валкова дробарка з модернізацією рухомого валка».

У першій частині наведено технічні характеристики валкової дробарки, виконано загальний опис конструкції і принцип роботи машини. Тут же виконано і літературно-патентний огляд, де серед 4 розглянутих патентів було обрано прототип на основі джерела [5], за яким на рухомий валок встановлюється фланець зі складною конструкцією. Така модернізація призводить до незначного росту продуктивності, збільшення зносостійкості валу , а в першу чергу робочої частини, шляхом розподілення навантажень. Представлено і механіко-економічні показники, котрі очікуються в результаті модернізації, - підвищення надійності і довговічності роботи вала. Також наведено розділ охорони праці, де докладно розглянуто основні небезпеки при роботі за валковою дробаркою, з відповідними документами та заходами для уникнення надзвичайних ситуацій.

Друга частина представляє собою різносторонні розрахунки: параметричні та кінематичні, котрі стосуються валкової дробарки та її роботи, а також розрахунки на міцність її окремих елементів та деталей, присутні і розрахунки за допомогою обчислювальних систем ANSYS та Fortran, де в першій виконано розрахунок деталі нерухомого валу та рухомий модернізований валок, а в другій – розрахунок шківів на довговічність.

У третій частині, котра має назву, «Технологія машинобудування» представлено опис деталі «Шків» даного дипломного проекту, з наведенням ескізу та заготовки деталі, розробленим технологічним процесом і розрахованим пристосуванням, котре застосовується при обробці деталі.

За темою бакалаврського дипломного проекту представлено, підготовлено і опубліковано 2 тези за результатами XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Ефективні процеси і обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки» (7-8 червня 2021 р., м. Київ) [22,23].

					ЛП72.073116.03-70ТД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Гельперин Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник в 2-х книгах / Н. И. Гельперин. – М.: Химия, 1981. – 812 с.
2. Мікульонок І.О. Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси та обладнання хімічної технології: підручник. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 340 с.
3. Сокур М.І., Білецький В.С., Єгурнов О. І., Воробйов О. М., Смирнов В.О., Божик Д.П – Підготовка корисних копалин до збагачення : монографія – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2017. – 392 с.
4. Процеси та обладнання хімічної технології. У 2-х ч.: підручник / Корнієнко Я.М., Лукач Ю.Ю., Мікульонок І.О., Ракицький В.Л., Рябцев Г.Л. Київ: НТУУ «КПІ», 2011. 716 с.
5. Авторське свідоцтво UA, № 114621 (2017), кл. B02C4/30, B30B11/18 , B30B15/30, автори: Гренваль Ларс.
6. Авторське свідоцтво RU, №2454279 (2007), кл. B02C4/30, автори: Патцель Норберт.
7. Авторське свідоцтво DE, № 102019209511 (2019), кл. B02C4/02, автори: Шроєрс Франк.
8. Авторське свідоцтво UA, №91899 (2014), кл. B02C4/00, автори : Руденко Олександр.
9. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. -Ленинград: Машиностроение, 1975. 656 с.
10. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. Москва: Химия, 1986. 488 с .
11. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник. - Москва: Машиностроение, 1976. 288 с.
12. Л.Б. Радченко Переробка термопластів методом екструзії.-К.: Київ, 1999. 219с.

13. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов вузов/ М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин. Под общ. ред. М. Ф. Михалева. Л.: Машиностроение, Ленинград: 1984. 301 с.

14. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей. Д.Д. Рябинин, Ю.Е. Лукач,.— Москва: Машиностроение, 1972. 268 с.

15. Лукач Ю.Е., Рябинин Д.Д. Червячные машины для переработки резиновых смесей и пластических мас.. Москва: Машиностроение, 1967. 364 с.

16. Мікульюнок І.О. Виготовлення, монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв: підручник. Київ: НТУУ «КПІ», 2010. 412 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/2061>.

17. Вибір електродвигуна, кінематичний та силовий розрахунок механічного приводу, розрахунок і конструювання передач гнучкою в'язкою: Метод. вказівки до викон. домашніх контрольних робіт з дисц. <<Деталі машин>> для студ. машинобудівних і механічних спеціальностей усіх форм навчання : Електронне навчальне видання / Уклад.:В.А.Стадник – К.:НТУУ <<КПІ>> 2012. 57с.

18. Рудь Ю.С. Основы конструирования машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.

19. Ю.І. Чучман.Технологія машинобудування для електромеханіків . Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2001. - 348 с.

20. Штефан Є.В, Литвиненко О.А. Технологічні основи машинобудування : Конспект лекцій для студ. за напрямами підготовки 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050503 «Машинобудування» денної та заочної форм навч. – К.: НУХТ, 2013. – 176 с

21. Добрянський С.С. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни —Технологія машинобудування. К., 2002 р. 80 с.

22. Качура Р.О., Борщик С.О. Модернізація конструкції гладких валків валкової дробарки// Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки: зб. наук. праць за матеріалами XIII Всеукр.наук.-практ. конф. (Київ,7-8 червня 2021 р.). К: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2021. С. 46-47.

23. Качура Р.О., Борщик С.О., Модернізація валків дробарки// Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки: зб. наук. праць за матеріалами XIII Всеукр.наук.-практ. конф. (Київ,7-8 червня 2021 р.). К: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2021. С. 47-48.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1. Таблиця розглянутих патентів

п.п	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1	Валкова дробарка	UA, № 114621 (2017); МПК: B02C4/30, B30B11/18 , B30B15/30; Автори: Гренваль Ларс	<p>Валкова дробарка відрізняється тим, що на один із валків встановлений удосконалений фланець, що попереджає матеріал від випадіння через край валка і сприяє виникненню захисного шару на валках.</p> <p>Мета винаходу - створення валкової дробарки, для якої діаметр валка і ширину валка можна міняти більш вільно без зниження результату подрібнення, а також усуває слабке місце на краю валків для підвищення зносостійкості і рівномірного спрацювання зон валків</p>
2	Валкова дробарка	RU, №2454279 (2007); МПК: B02C4/30; Автори: Патцель Норберт	<p>Валкова дробарка відрізняється тим, що змінено розміри зон для подрібнення і ключові діаметри, що у свою чергу створює рівномірне спрацювання валків і викликає дві стадії подрібнення на відповідних діаметрах.</p> <p>Мета винаходу – створення попереднього етапу подрібнення і таким чином зменшення витрат на подрібнення і підвищення якості вихідного матеріалу.</p>

Продовження додатку А

3	Валкова дробарка	DE, № 102019209511 (2019); МПК:В02С4/02; Автори: Шроєрс Франк	Валкова дробарка відрізняється тим, що модернізовано два валки, на кожен з яких встановлено фланцеву перегородку з можливістю регулювання зазору на торцевій поверхні. Мета винаходу - створення валкової дробарки, яка компенсує знос крайових елементів і може працювати з різними типами гірських порід і, таким чином, знижує витрати на технічне обслуговування і оптимізує процес подрібнення.
4	Валкова дробарка	UA, №91899 (2014); МПК :В02С4/00; Автори : Руденко Олександр	Валкова дробарка відрізняється від звичайної тим, що ведучий валок виготовлено з виступами на впадинами, що в свою чергу, дозволяє уникнути уникнути проковзування частинок, що подрібнюються, і домогтися покращення якості подрібнення. Мета винаходу: вдосконалити конструкцію дробарки так, щоб уникнути можливості проковзування зерен, таким чином збільшити продуктивність її роботи.

Додаток Б

Розрахунок валка з фланцем

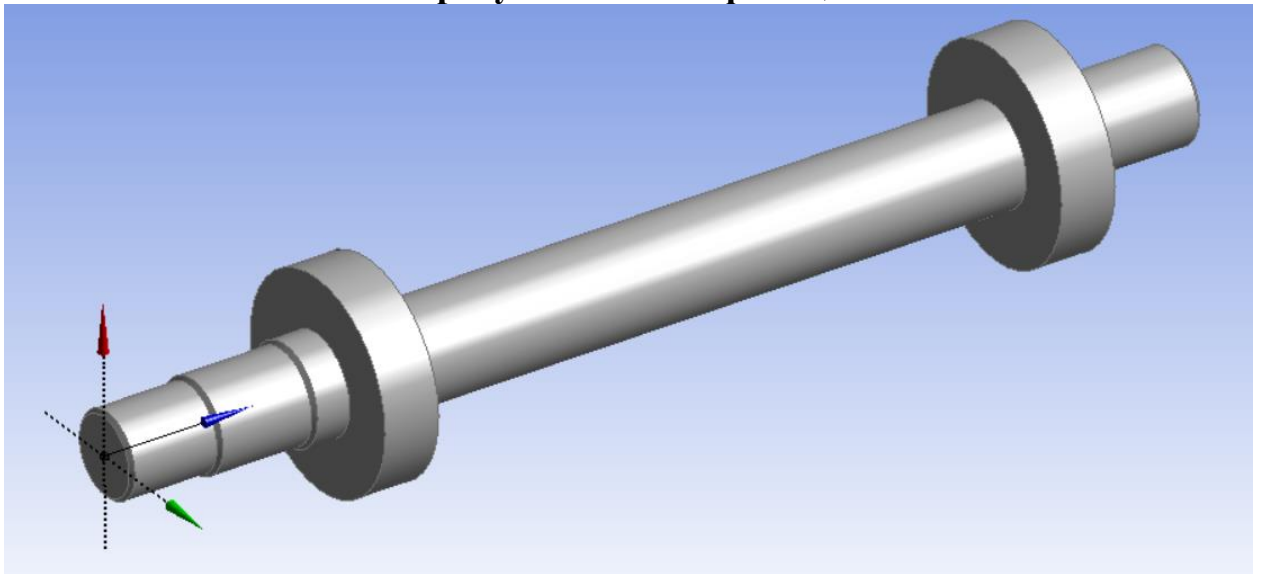


Рис.Б.1 – Скріншот загального вигляду валка з фланцем

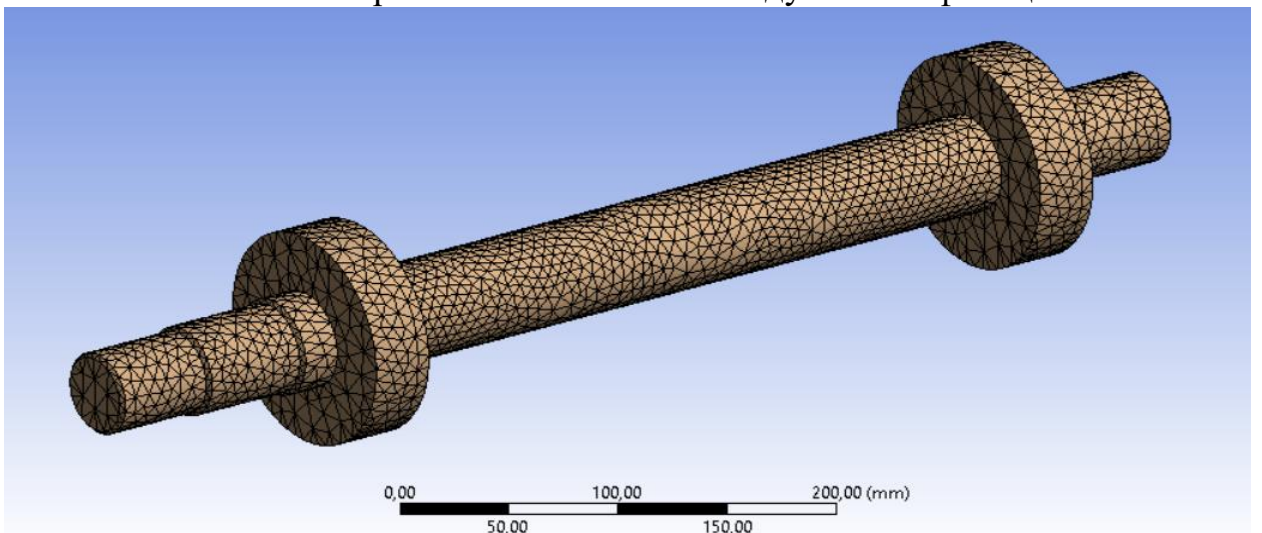


Рис.Б.2 – Скріншот загального вигляду валка з фланцем (сітка)

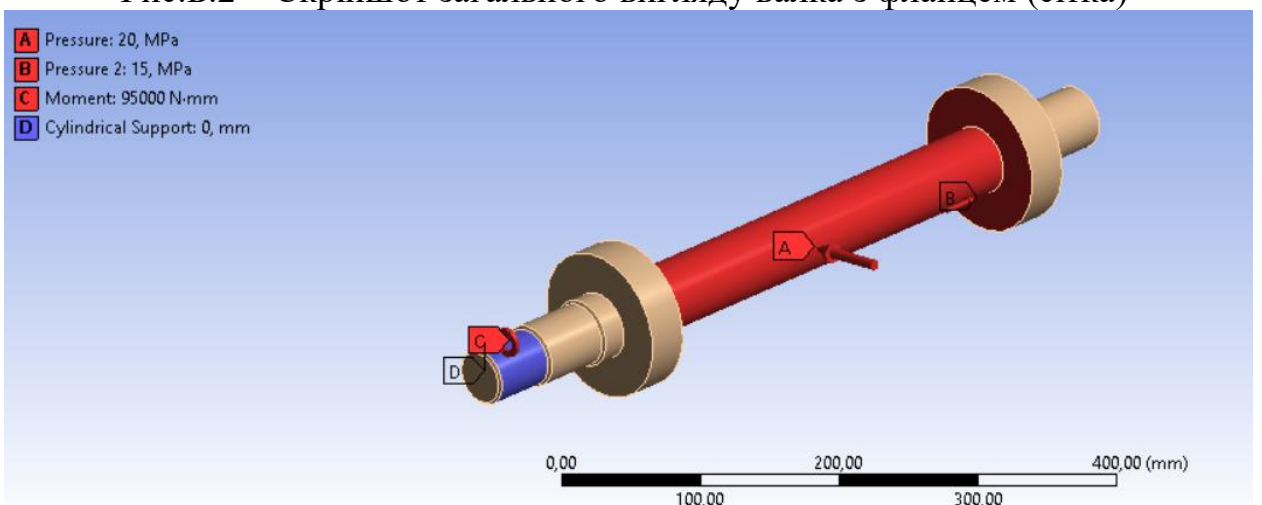


Рис.Б.3 – Скріншот заданих навантажень і закріплень

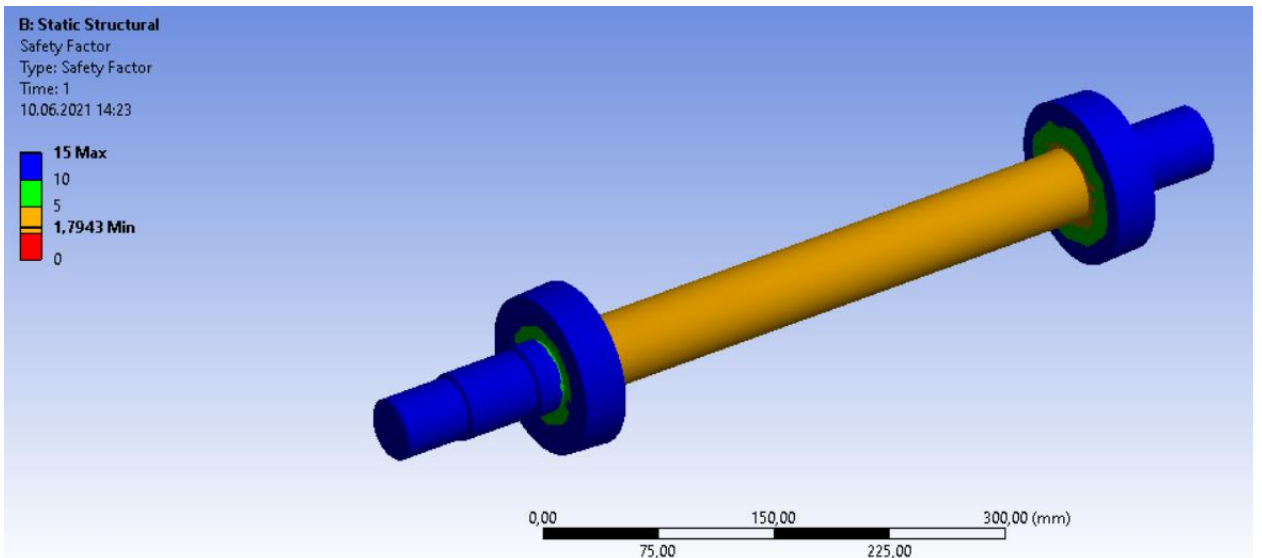


Рис.Б.4 – Скріншот запасу міцності при заданих навантаженнях

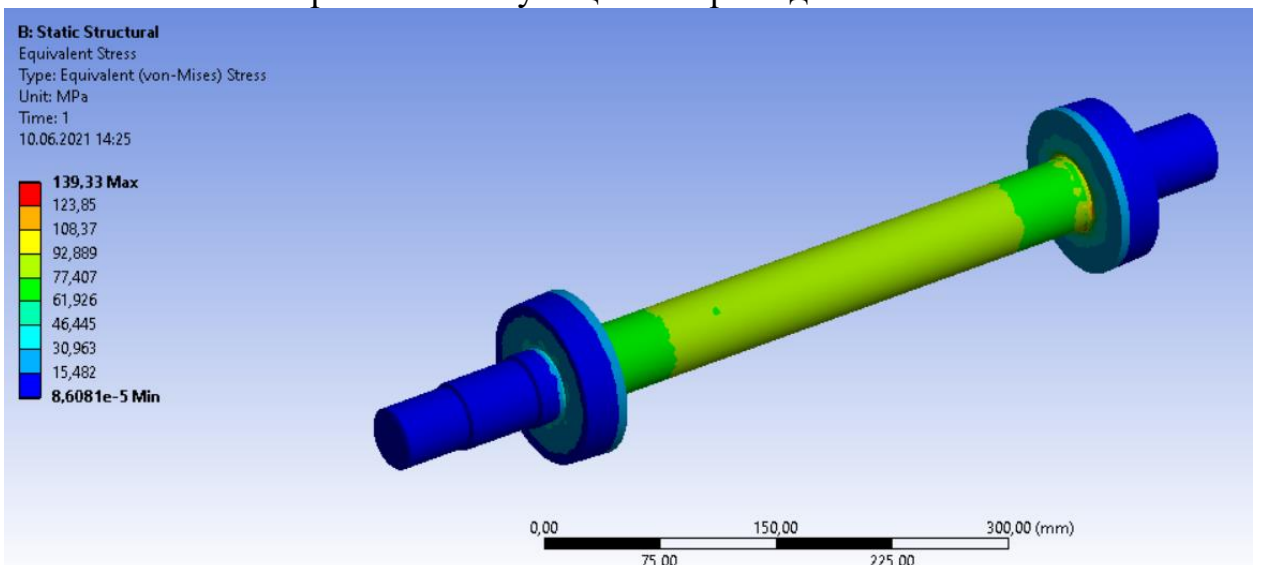


Рис.Б.5 – Скріншот еквівалентних напружень

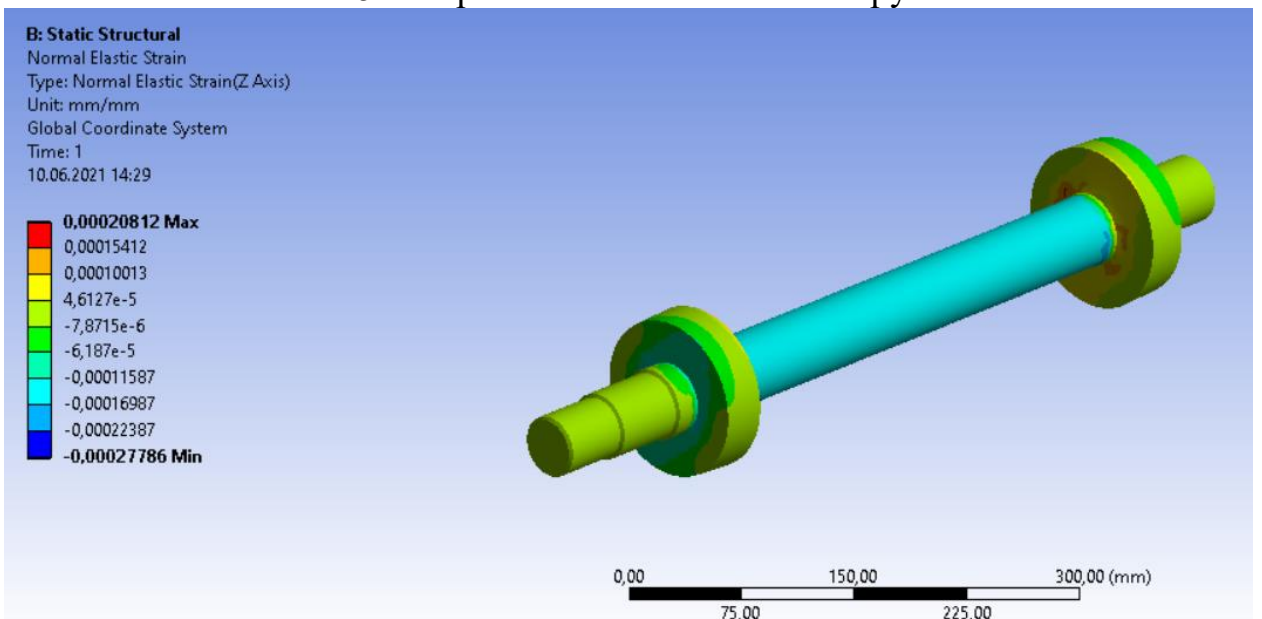


Рис.Б.5 – Скріншот нормальних напружень

Додаток В

Розрахунок деталі валкової дробарки на міцність

Виконано розрахунок деталі вузла валка з бандажем відносно креслення до нього.

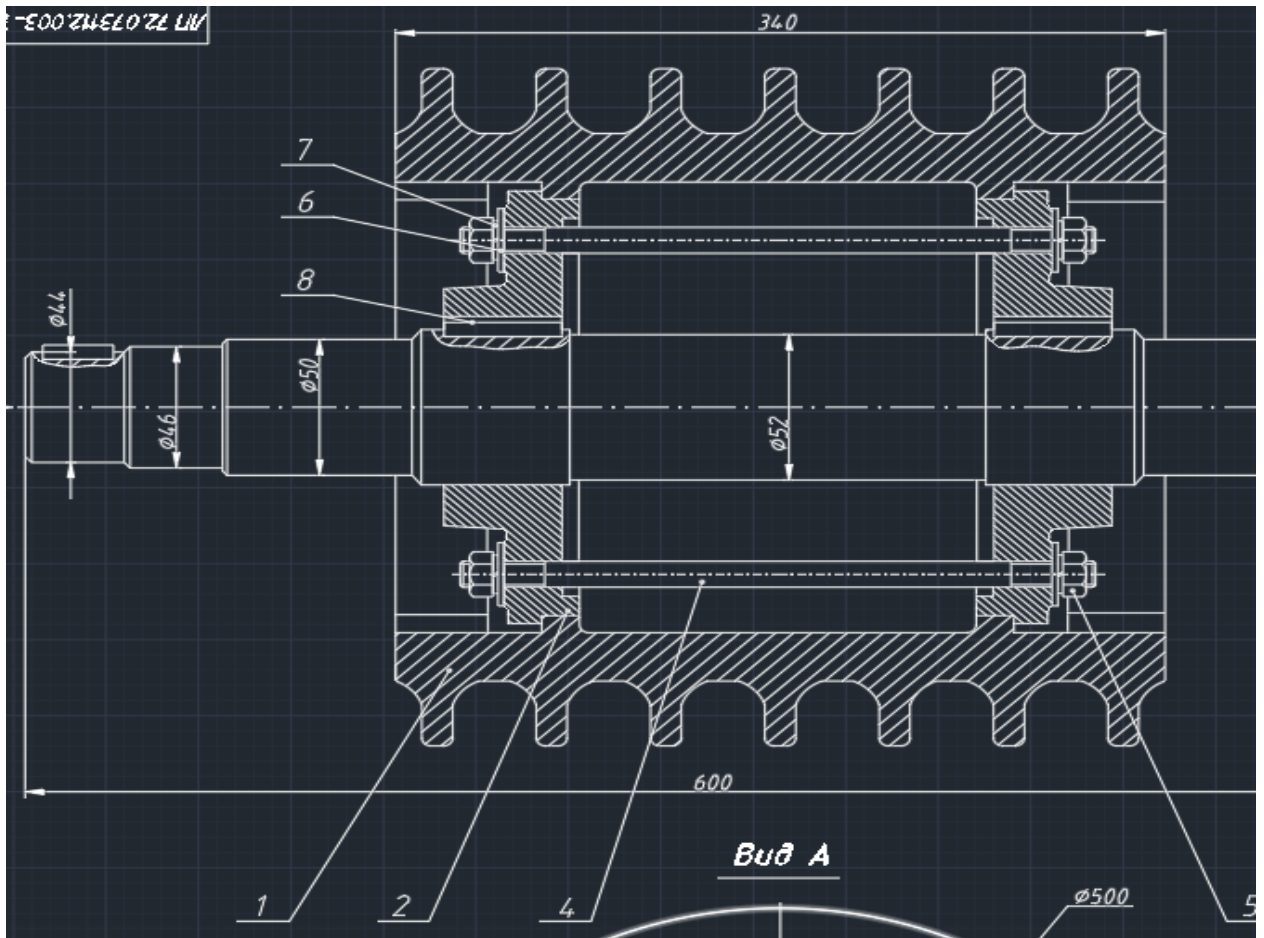


Рис.В.1 – Скріншот загального вигляду валка, з якого взято деталь

Згідно завдання курсового проекту і вже виконаних розрахунків необхідно виконати розрахунок деталі 2 з креслення. Деталь 2 представляє собою диск.

Для початку необхідно створити креслення деталі.

Оскільки деталь порівняно складна, то для початку потрібно створити певне тіло обертання і виконати повний «поворот», оскільки половина недоцільна через наявність отворів і складність моделювання навантажень і закріплень при їх половині.

Наступним кроком необхідно створити отвори в самій деталі, для цього створюємо ескіз і «видавлюємо» їх через вже наявну деталь. Після

проведення цих операцій отримуємо деталь згідно креслення. Розміри деталі беремо звідти ж.

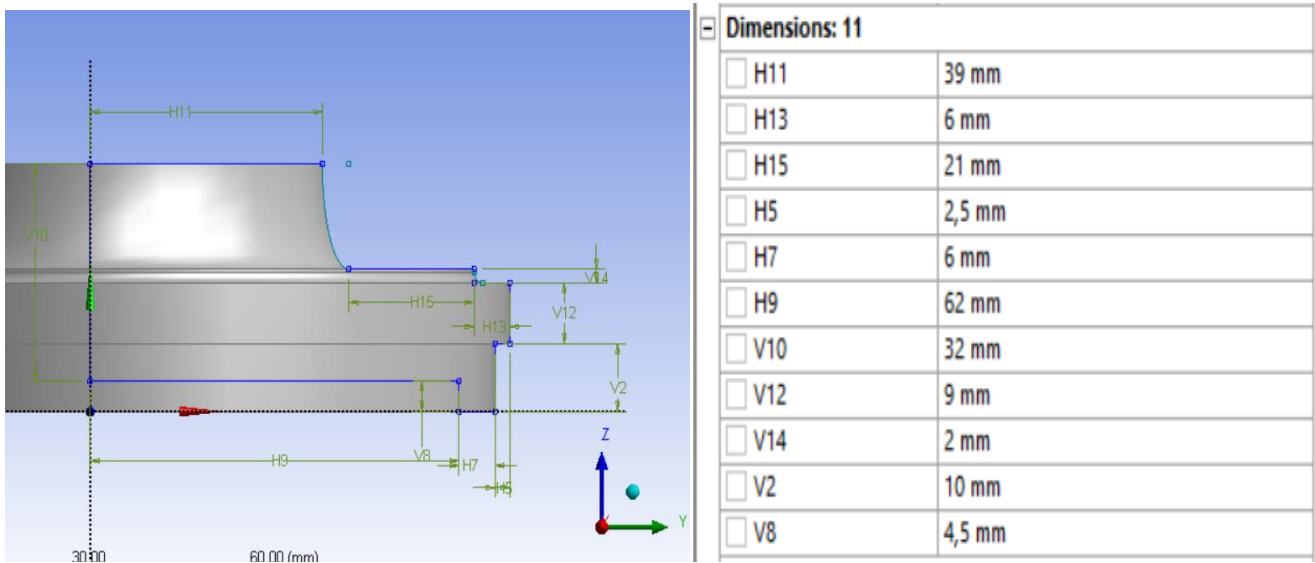


Рис.В.2 – Скріншоти до тіла обертання деталі

Після проведення всіх операцій отримаємо такий вигляд деталі:

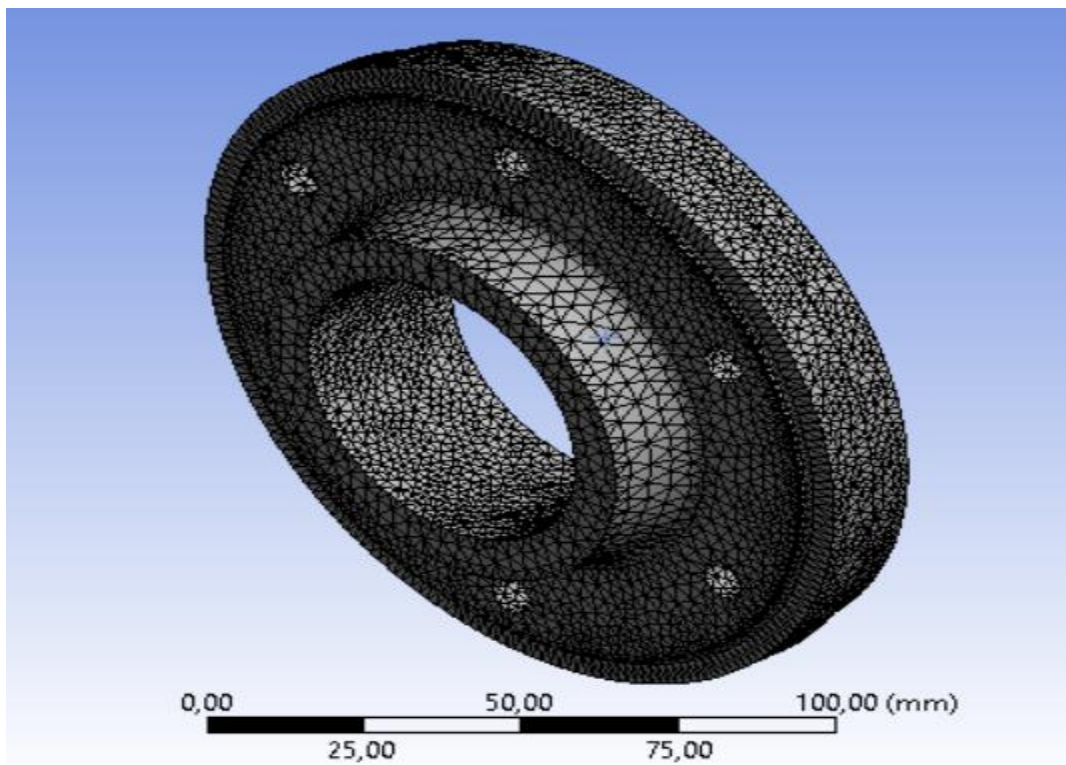


Рис. В.3 – Скріншот готової деталі

Наступним необхідно задати навантаження і закріплення згідно режиму роботи валка і його особливостей. Для цього необхідно закріпити його за допомогою Cylindrical Support і виконати розподілене навантаження по певній області за допомогою команди Pressure.

Після проведення даних розрахунків виконуємо загальний аналіз за допомогою Safety Factor.

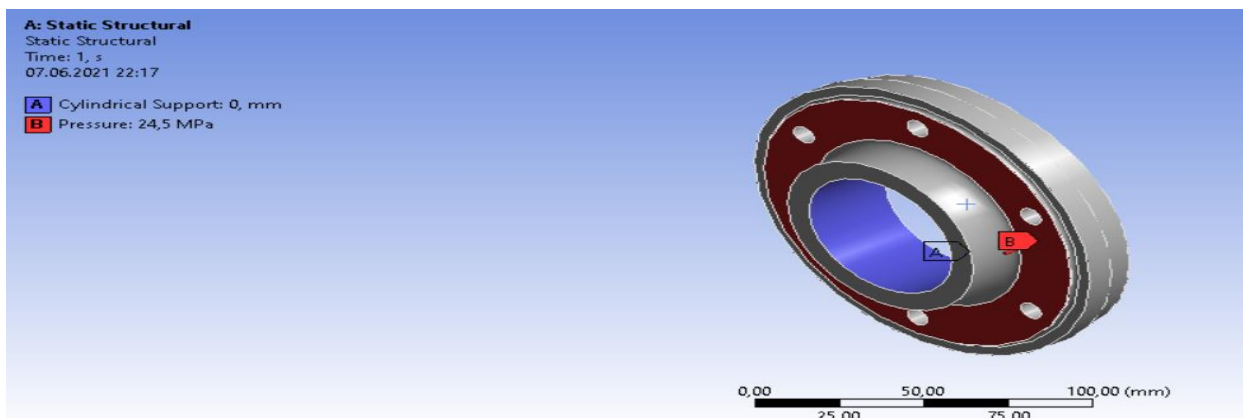


Рис. В. 4 – Скріншот задання навантаження і закріплення

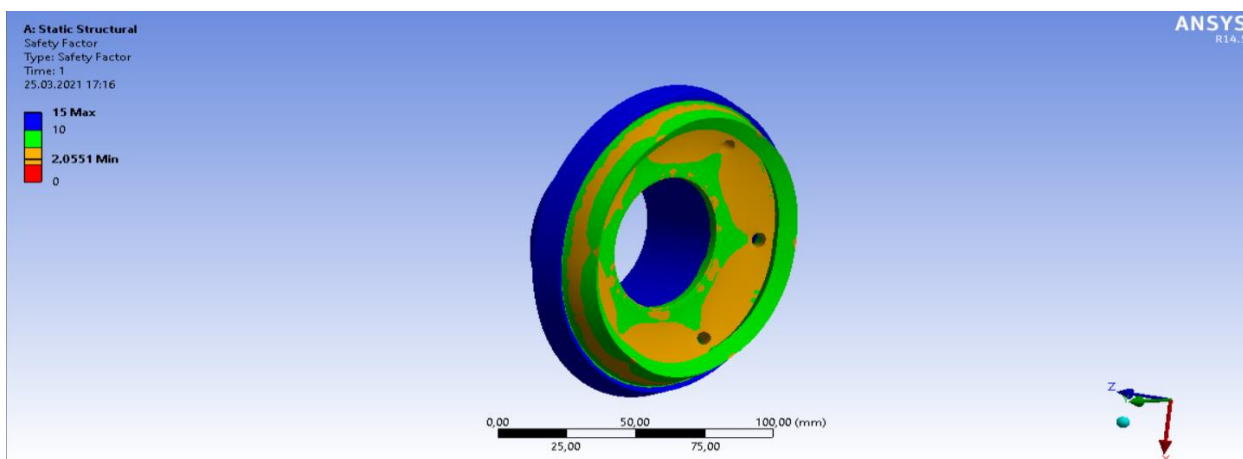


Рис. В. 5 – Скріншот запасу міцності при даному режимі роботи

Наступним кроком виконаємо дослідження відносно максимальних напружень, котрі можуть бути застосовані до деталі, до тих пір, поки вона не зламається.

Величина навантаження, МПа	Запас міцності
24,5	2,0551
27	1,8648
30	1,6783
35	1,4386
45	1,1189
50	1,007
51	0,98724

Таблиця В.1. Відношення і зв'язок між навантаженням і запасом міцності

Для цього відповідно поступово будемо збільшувати навантаження і робити перерахунок відносно запасу міцності до величини меншої одиниці.

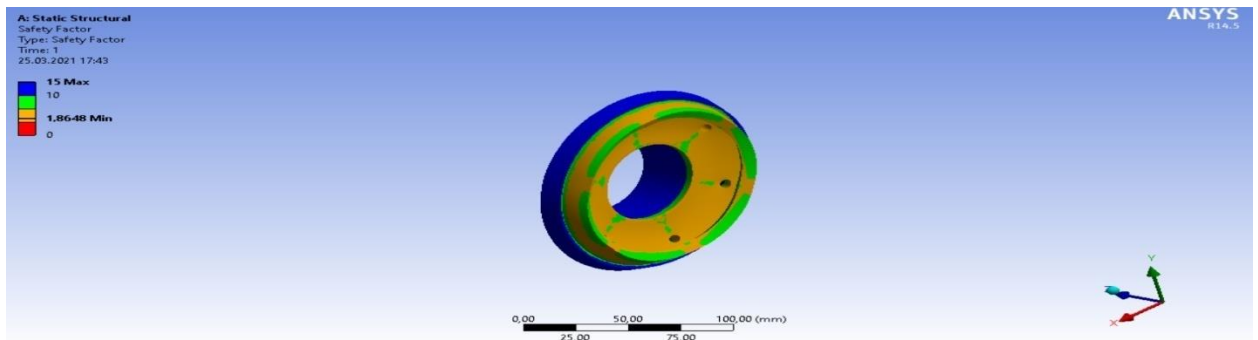


Рис. В.6 – Скріншот запасу міцності при 27 МПа



Рис. В.7 – Скріншот запасу міцності при 30 МПа

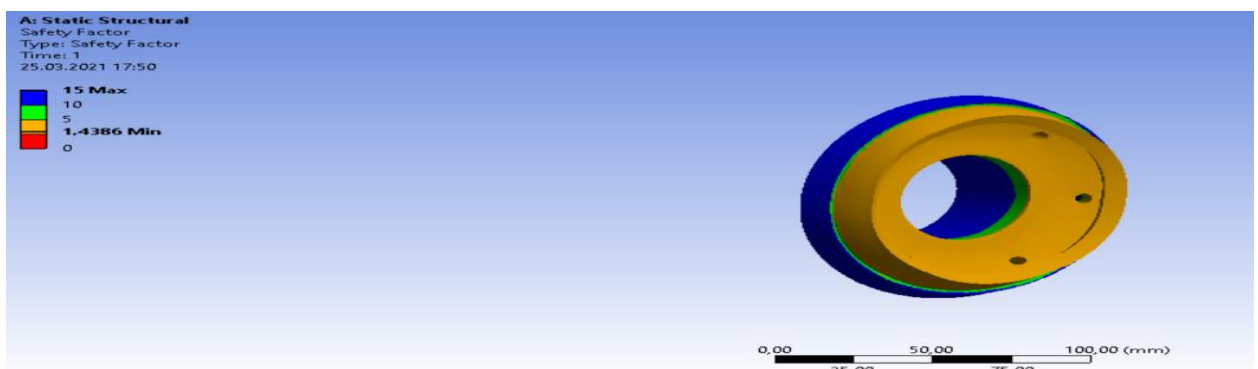


Рис. В. 8 – Скріншот запасу міцності при 35 МПа

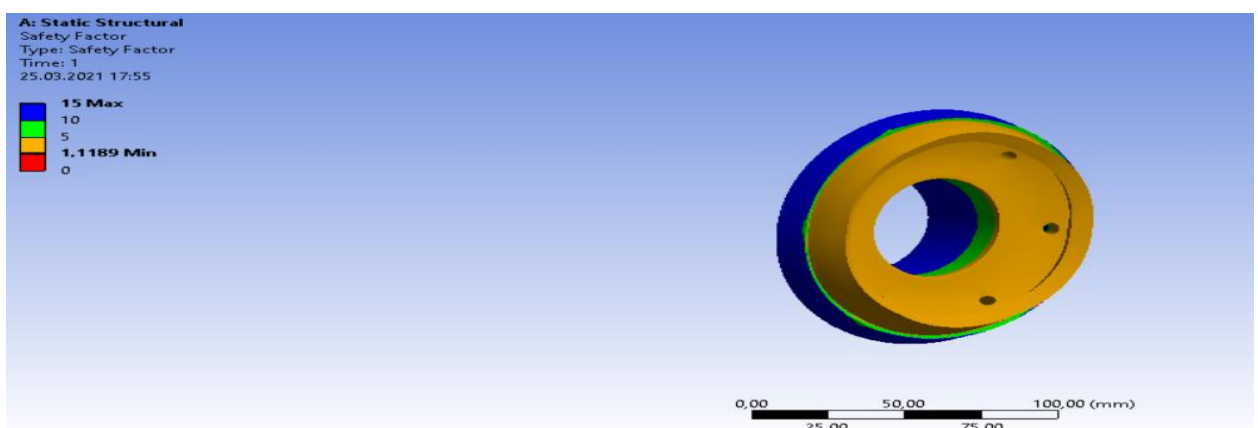


Рис. В.9 – Скріншот запасу міцності при 45 МПа

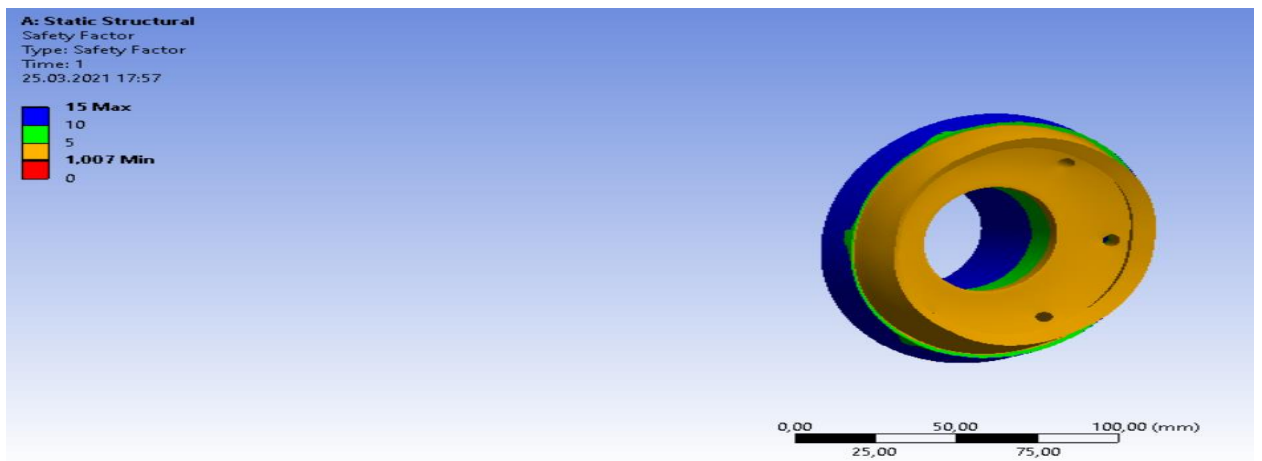


Рис. В.10 – Скріншот запасу міцності при 50 МПа

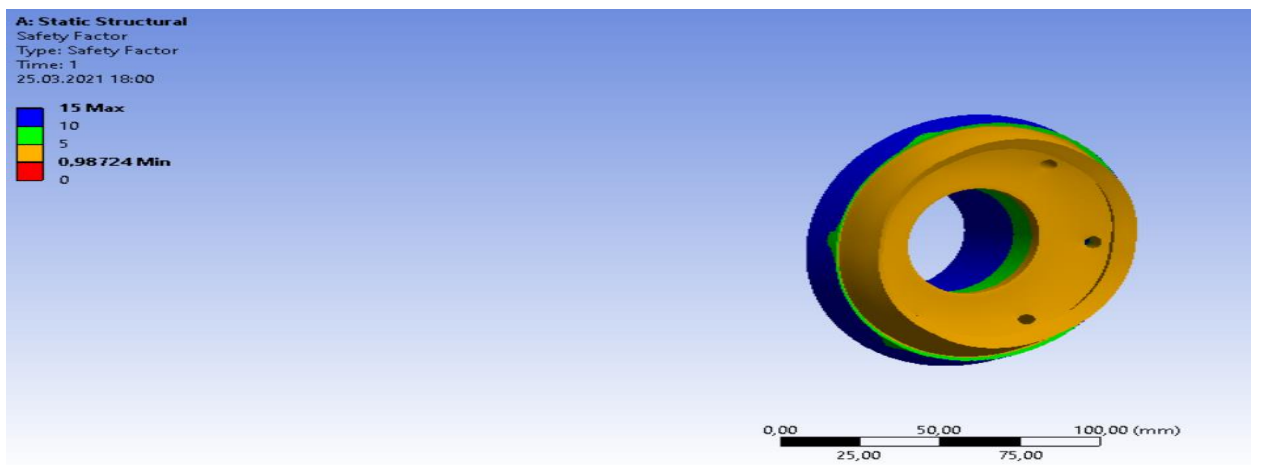


Рис. В.11 – Скріншот запасу міцності при 51 МПа

Для загального аналізу і дослідження зробимо графік залежності запасу міцності від величини навантажень. Для цього перенесемо дані з таблиці до Excel і виконаємо побудову графіка.

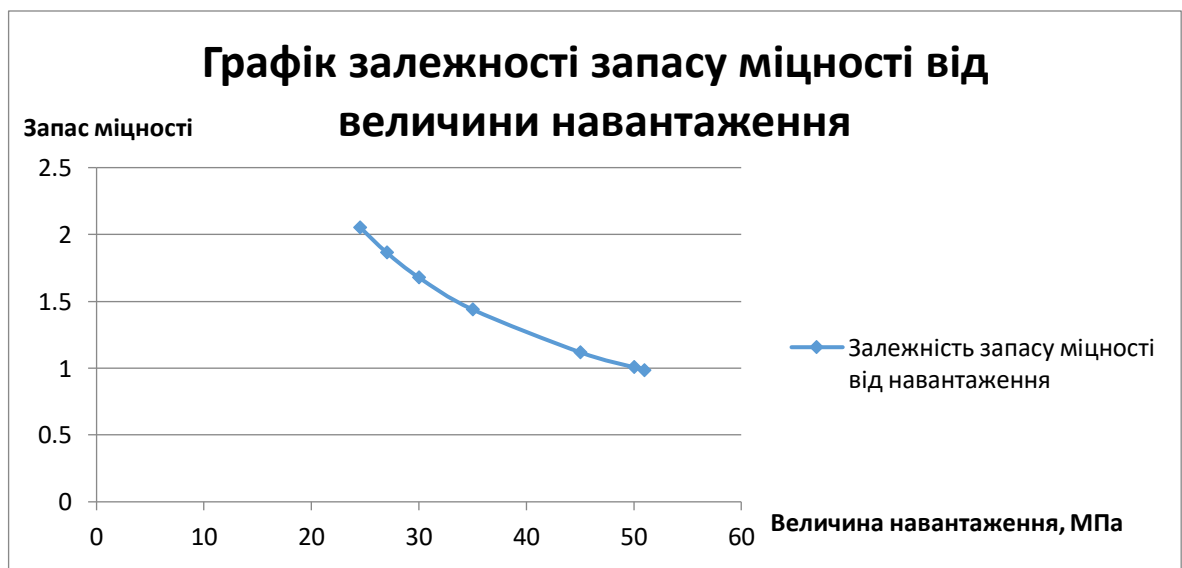


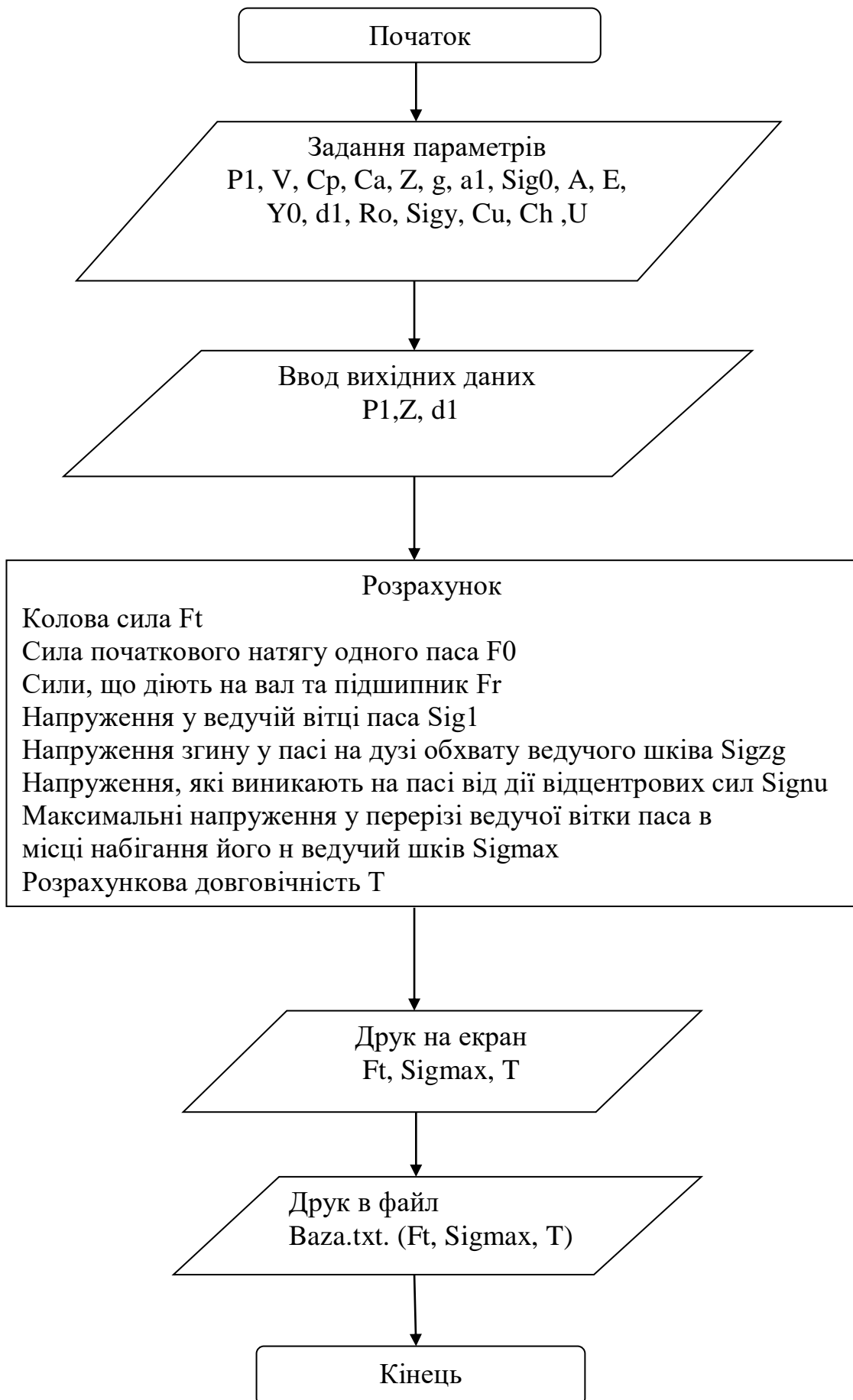
Рис. В.12. Графік залежності запасу міцності від величини навантаження

Додаток Г

Таблиця ідентифікаторів

Найменування	Величина одиниці позначен ня	Ідентифікатор	Значення
1	2	3	4
Потужність двигуна	кВт	P1	6
Колова швидкість	м/с	V	8,64
Коефіцієнт динамічності	-	Cp	0,83
Коефіцієнт кута обхвату	-	Ca	0,92
Коефіцієнт , що враховує довжину паса	кг/м	g	0,3
Кут	Град	a1	140
Напруження від початкового натягу паса	МПа	Sig0	1,2
Площа перерізу паса	мм ²	A	250
Модуль пружності для пасів	МПа	E	70
Відстань від нейтральної лінії до найбільш напружених волокон	мм	Y0	4,5
Питома маса	кг/м ³	Ro	1300
Границя витривалості	МПа	Sigy	9
Коефіцієнт, що враховує вплив передаточного числа	-	Cu	1,77
Коефіцієнт, що враховує непостійність навантаження	-	Ch	1
Передаточне число	-	U	7,5

Блок-схема алгоритму



Текст програми

```
program shkiv
implicit none
Real P1,V,Cp,Ca,Z,g,a1,Sig0,A,E,Y0,d1,Ro,Sigy,Cu,Ch,U
Real*8 Ft,F0,Fr,Sig1,Sigzg,Signu,Sigmax,T
OPEN(1,FILE='Baza.txt')
V=8.64 !shvidksty
Cp=0.83 !koeficientd
Ca=0.92 !koeficiento
g=0.3 !koeficientpasa
a1=140 !kut
Sig0=1.2 !naprujenapasa
A=250 !plotschapererisu
E=70 !modulprujnosti
Y0=4.5 !widstanwolocon
Ro=1300 !putovamasa
Sigy=9 !hranucawutruwalosti
Cu=1.77 !Koeficientschesla
Ch=1 !Koeficient, shtowrahowuenepostijnistnawantjenja
U=7.5
! Vvedennyadanyh
Write(*,*)'Vveditpotuzhnistdvyguna:'
Read(*,*)P1
Write(*,*)'Vveditkilkistpasiv:'
Read(*,*)Z
Write(*,*)'Vveditdiametrshkiva:'
Read(*,*)d1
! Rozrahunok
Ft=1e3*P1/V
```

```

F0=780*P1/(V*Cp*Ca*Z)+g*V**2
Fr=2*F0*Z*SIND(a1/2)
Sig1=Sig0+Ft/(2*Z*A)
Sigzg=E*2*Y0/d1
Signu=Ro*V**2*1e-6
Sigmax=Sig1+Sigzg+Signu
T=(Sigy/Sigmax)**8*1e7*Cu*Ch/(2*3600*U)
!Vyvidrezultativrozrahunkiv
WRITE(*,*)
Write(*,*)'Resultatyrozrahunkiv:'
Write(1,*)'Resultatyrozrahunkiv:'
Write(*,5)Ft
Write(1,5)Ft
Write(*,10)Sigmax
Write(1,10)Sigmax
Write(*,15)T
Write(1,15)T
5 FORMAT(/,'Kolovasyła = ',EN12.3,' H')
10 FORMAT('Maksymalnapruzhennya v pererizypasa =',EN12.3,' MPa')
15 FORMAT('Rozrahunkovadovgovichnist',EN12.3,' god.')
CLOSE(1)
endprogramshkiv

```

Результати розрахунку

Kolovasyła = 702.002E+00 H

Maksymalnapruzhennya v pererizypasa = 3.832E+00 MPa

Rozrahunkovadovgovichnist 1.992E+06 god.

Додаток Д

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<i>Документація</i>		
A1			ЛП72.073115.001-70ТС	Технологічна схема		
				<i>Складальні одиниці</i>		
		1	ЛП72.073115.001.001	Барабан	1	
A1		2	ЛП72.073115.002-70ВЗ	Валкова дробарка	1	
		3	ЛП72.073115.001.003	Конвеєр	1	
		4	ЛП72.073115.001.004	Дозатор	3	
		5	ЛП72.073115.001.005	Молотникова дробарка	1	
		6	ЛП72.073115.001.006	Щелепна дробарка	1	
		7	ЛП72.073115.001.007	Бункер	3	
		8	ЛП72.073115.001.008	Трубний млин	1	
		9	ЛП72.073115.001.009	Сепаратор	1	
		10	ЛП72.073115.001.010	Динамонасос	2	
		11	ЛП72.073115.001.011	Електрофільтр	1	
		12	ЛП72.073115.001.012	Піч-скрубер	1	
		13	ЛП72.073115.001.013	Циклонний теплообмінник	4	
		14	ЛП72.073115.001.014	Обертальна піч	1	
		15	ЛП72.073115.001.015	Холодильник-електрофільтр	1	
		16	ЛП72.073115.001.016	Приймаючий пристрій	1	
		17	ЛП72.073115.001.017	Охолоджувач	1	
		18	ЛП72.073115.001.018	Холодильник	1	
		19	ЛП72.073115.001.019	Дозатор	6	

					ЛП72.073115.001-70ТС		
Изм	Лист	№докум	Подп.	Дата			
Разраб.		Качура Р.О.			Технологічна схема виготовлення цементу сухим способом		
Пров.		Нестеров В.Г.					
Н.контр.							
Утв.		Гондляр О.В.					
					Лит.	Лист	Листов
						1	2
					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<i>Документація</i>		
A1			ЛП72.073113.002-70ВЗ	Складальне креслення	1	
				<i>Складальні одиниці</i>		
		1	ЛП72.07113.002.001	Корпус	1	
A1		2	ЛП72.07113.002.002	Валок модернізований	1	
A1		3	ЛП72.07113.002.003	Валок з бандажем	1	
		4	ЛП72.07113.002.004	Муфта	1	
		5	ЛП72.07113.002.005	Шків ведучий	2	
		6	ЛП72.07113.002.006	Шків ведений	2	
		7	ЛП72.07113.002.007	Станина	1	
				<i>Стандартні вироби</i>		
		8		Електродвигун АИР 160 М	2	
				ГОСТ Р 2479-79		
		9		Клиноремінний пас В-3150	10	
				ГОСТ 1284.1-89		
		10		Редуктор	1	
				ГОСТ 25301-89		
ЛП72.073113.002-70СК						
Изм	Лист	№докум	Подп.	Дата		
Разраб.		Качура Р.О.			Лит.	Лист
Пров.		Нестеров В.Г.				Листов
Н.контр.					1	
Утв.		Гондляр О.В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ	
Валкова дробарка з модернізацією рухомого валка						

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документація</u>		
A1			ЛП72.073112.003-70СК	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	ЛП72.07112.003.001	Бандаж	1	
		2	ЛП72.07112.003.002	Диск	2	
		3	ЛП72.07112.003.003	Вал	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		4		Шпилька М36-8g-48088	6	
				ГОСТ 22042-76		
		5		Гайка М36х3,5-6Н.5	1	
				ГОСТ 5915-70		
		6		Шайба 12 зх13	1	
				ГОСТ 6402-70		
		7		Шайба гравера М42	1	
				ГОСТ 6402-61		
		8		Шпонка 28х16х90	1	
				ГОСТ 23360-78		
ЛП72.073112.003-70СК						
Изм	Лист	№докум	Подп.	Дата		
Разраб.		Качура Р.О.			Лит.	Лист
Пров.		Нестеров В.Г.				Листов
Н.контр.						1
Утв.		Гондлях О.В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ	
Валкова дробарка з модернізацією рухомого валка						

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<i>Документація</i>		
A1			ЛП72.073112.000-70СК	Складальне креслення	1	
				<i>Складальні одиниці</i>		
		1	ЛП72.07112.000.001	Вал	1	
		2	ЛП72.07112.000.002	Фланець	2	
		3	ЛП72.07112.000.003	Пластина	12	
				<i>Стандартні вироби</i>		
		4		Болт М10-6g25.58 (S16) ГОСТ 7805-70	12	
		5		Шайба 12 3x13 ГОСТ 6402-70	12	
		6		Шайба гравера М42 ГОСТ 6402-61	12	

					ЛП72.073112.000-70СК					
Изм	Лист	№докум	Подп.	Дата	Валкова дробарка з модернізацією рухомого валка					
Разраб.	Качура Р.О.							Лит.	Лист	Листов
Пров.	Нестеров В.Г.									1
Н.контр.								КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		
Утв.	Гондляр О.В.									

ДОДАТОК Е

Модернізація конструкції гладких валків валкової дробарки

Качура Р.О., студент; Борщик С.О., ст.викл.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ

Мета роботи – модернізація конструкції гладких валків валкової дробарки.

Базова конструкція валкової дробарки наведена в [1] і основним робочим органом є самі валки. Було прийнято рішення [2] для компенсації зносу крайових елементів, зниження затрат на обслуговування та оптимізації процесу подрібнення.

Удосконалення полягає в тому, що встановлюється фланцева перегородка, до якої закріплюються різні крайові елементи, в залежності від способів. За першим способом розпірні елементи закріплюються до фланця за допомогою гвинтів чи болтів, а за другим – виготовлюється базова частина у вигляді кільцевої пластини пластин. В обох випадках, виконується з'єднання додатковими частинами – гвинтами чи болтами, та встановлення розпірного елемента між базовим фланцем і елементом захисту від зносу.

Валкова дробарка 10 має перший крайовий елемент 18 і другий крайовий елемент 20, причому відповідний елемент-сегмент 18, 20 розташований на кожному шліфувальному валку 12, 14. Крайові елементи 18, 20 розташовані по діагоналі один навпроти одного по відношенню до кінцевих ділянок з 22 по 28 шліфувальних валках 12, 14.

Перший шліфувальний валок 12 має в своїй першій кінцевій області 24 крайовий елемент 18, який проходить в радіальному напрямку над шліфувальним зазором 16 і частково покриває торцеву поверхню другого шліфувального валка 14 в першій кінцевій області 28. Другий шліфувальний валок 14 має на своїй другій кінцевій області 26 крайовий елемент 20, який проходить над шліфувальним зазором 16 і частково покриває торцеву поверхню першого шліфувального валка 12 на його другій крайовій області 22. Шліфувальні валки 12, 14 розташовані зі зміщенням в осьовому напрямку, так що між першим крайовим елементом 18 і торцевою поверхнею другого шліфувального валка 14 утворюється перший зазор 34 на передній стороні, а також утворюється другий зазор 36.

До розпірного елемента 40 прикріплено безліч елементів 42 захисту від зносу. Вони мають форму пластини і виготовлені із зносостійкого матеріалу, такого як карбід вольфраму або кераміка. Елементи 42 захисту від зносу переважно прикріплені один до одного на розпірному елементі 40, так що поверхня звернена всередину в осьовому напрямку шліфувального валка 12, переважно повністю покрита одним або декількома засобами захисту від зносу. Шліфувальний валок 12 має захист краю 44, який переважно містить безліч кутових блоків, які прикріплені, наприклад, до кільцевої канавки в кінцевій області шліфувального вала.

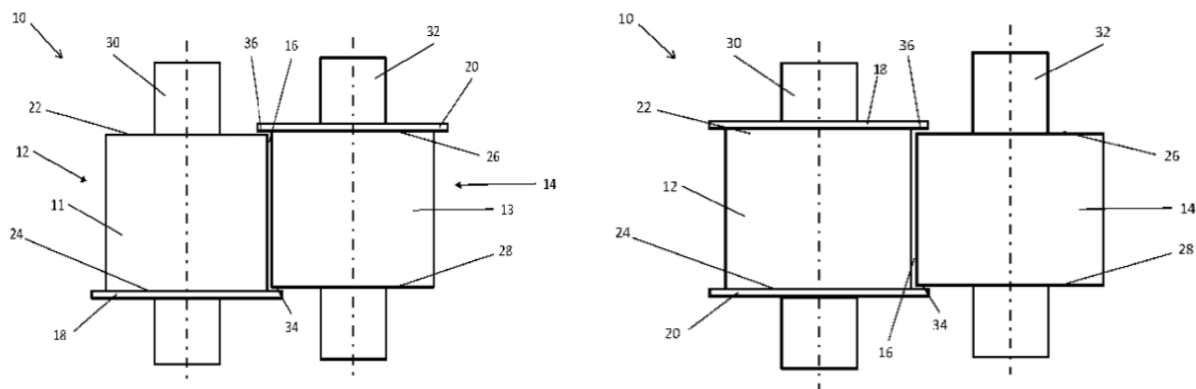


Рис. 1 – Вигляд конструкції за двома варіантами встановлення

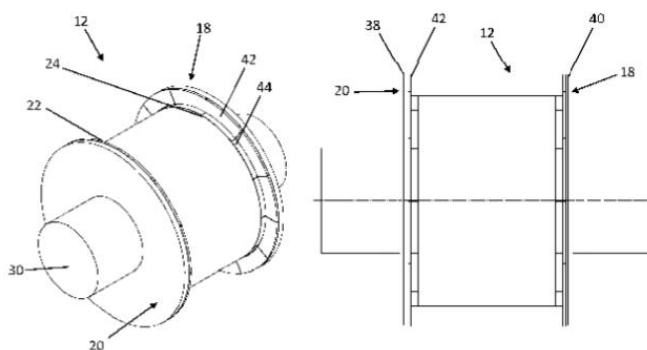


Рис. 2 – Загальний вигляд конструкції гладких валків

Дана модернізація дозволяє суттєво зменшити зношення валків і фланців, покращити процес подрібнення. Серед переваг слід виділити наступне: легкість і зручність заміни і ремонту крайових елементів, простоту регулювання зазору між частинами конструкції, можливість використовувати дешеві матеріали, а серед недоліків – недоцільність застосування при великих довжинах валків.

Література

1. Борщев В. Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учебное пособие, Тамбов: издательство Тамбовского Государственного Технического Университета, 2004. 75с.
2. Патент DE, № 102019209511, кл. B02C4/02. Шроєрс Франк. 2019.

Модернізація валків дробарки

Качура Р.О., студент; Борщик С.О., ст.викл.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ

Мета роботи – модернізація валків валкової дробарки.

Базова конструкція валкової дробарки, принцип дії і основні частини наведені в [1], але на відміну від звичайних гладких валків використовуються один такий, що має іншу форму. Суть модернізації викладено через рішення наведене в [2], яке призведе до уникнення проковзування частинок і загалом підвищить якість подрібнювання, і таким чином, і продуктивність дробарки.

Основа (плита), вали, корпуси підшипників, пружини, опори, шестерні та шківни виготовлені з різних сортів сталі, валки виготовлені з харчового чавуну, пас виготовляється з гуми або полімерних матеріалів.

Валкова дробарка відрізняється від звичайної тим, що ведучий валок виготовлено з виступами на впадинами. Валкова дробарка містить корпус 1 і встановлені в ньому з можливістю обертання один назустріч одному два паралельні валки 2 і 3, ведучий валок має декілька, щонайменше два (на рис. 1 їх 9), виступів 4 і впадин 5. При цьому діаметр виступів складає не менше 3% діаметра впадин валка.

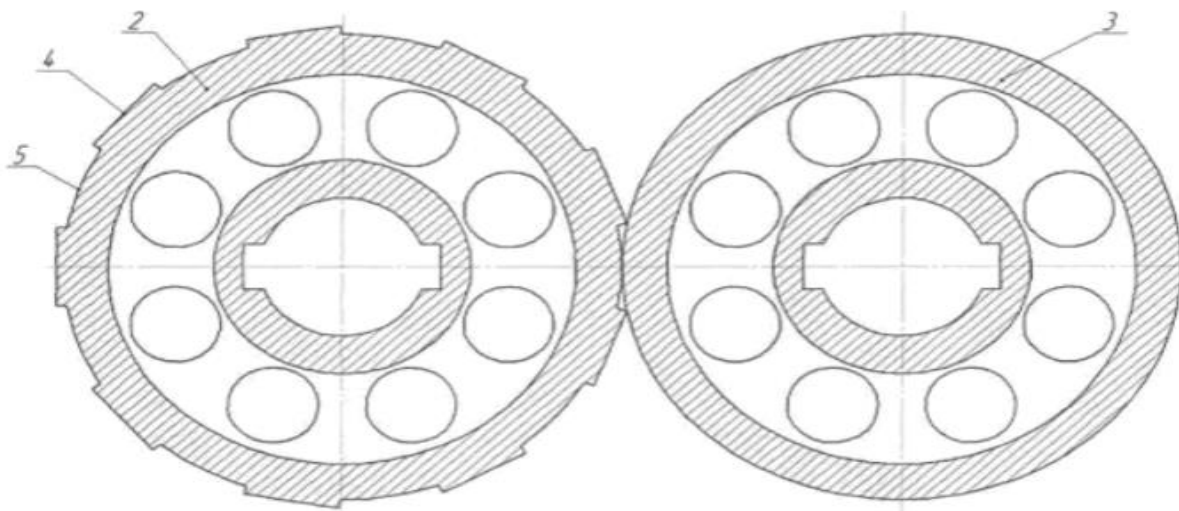


Рис. 1 – Вид валків збоку

Дана модернізація дозволяє підвищити продуктивність і суттєво зменшує кількість частинок, що проковзують і не подрібнюються.

Література

1. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособ. – Т. 2.- М.: Химия, 1981. 771 с.
2. Патент України №91899 UA, кл. B02C4/00, Руденко О., 2014.