

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

До захисту допущено

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В. Гондлях**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Дипломний проект**  
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 6.050503 - Машинобудування

на тему:

Дробарка шокова з простим хитанням щоки з модернізацією маховика

Виконав студент 4 курсу, групи ЛП-51(1)  
(шифр групи)

Савенко Данило Дмитроич  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник асистент, к.т.н., Лелека С.В.  
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти з розділів:

ОХОРОНА ПРАЦІ  
МОДЕРНІЗАЦІЯ  
ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ  
РЕЦЕНЗЕНТ \_\_\_\_\_

доцент, к.т.н. Ковтун І.М.  
професор, д.т.н., Щербина В.Ю.  
ст. вик. Борщик С.О.

(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

Студент \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (підпис)

Київ 2019 рік

Національний технічний університет України

„Київський політехнічний інститут”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра \_\_\_\_\_ хімічного, полімерного і силікатного машинобудування \_\_\_\_\_

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність \_\_ 6.050502- інженерна механіка (6.050503 - машинобудування) \_\_\_\_\_

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В. Гондлях**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р

### **ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Рогожинському Юрію Володимировичу

(П.І.Б.)

1. Тема проекту Термопластавтомат з модернізацією сопла \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

керівник проекту асистент, к.т.н. Лелека Сергій Володимирович

затверджена наказом по університету від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проекту « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 р. \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту \_\_\_\_\_

Шокова дробарка з модернізацією маховика продуктивність 110, Потужність електро двигуна 300 кВт, Габарити: довжина 4250 мм, ширина 6060 мм, висота 1600. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

Пояснювальна записка, розділ розрахунків, технологія машинобудування

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

Шокова дробарка з простим рухом шоки з модернізацією маховика.

Маховик шокової дробарки. \_\_\_\_\_

Вал ексцентриковий \_\_\_\_\_

Дробарка з модернізацією; \_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	Ковтун І.М., доцент		
Модернізація	Щербина В.Ю., професор		
Тех. маш.	Борщик С.О., ст. вик.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання теми і узгодження завдань з керівником ДП.	11.04.2019	
2	Літературно-патентний пошук. Оформлення пояснювальної записки	24.04.2019	
3	Виконання розрахунків	14.05.2019	
4	Підготовка розділу «Технологія мшинобудування»	21.05.2019	
5	Виконання креслень та плакату	05.06.2019	
6	Оформлення дипломного проекту	12.06.2019	
7	Перевірка дипломного проекту	13.06.2019-14.06.2019	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Щелепна дробарка-це машина для подрібнення та здрібнення. Використовують на збагачувальних фабриках та у промисловості будівельних матеріалів. Знайшла широке поширення для первинного (грубого) подрібнення матеріалів.

Принцип дії щелепної дробарки складається в подрібнюванні матеріалу роздавлюванням при періодичному наближенні рухомої щоки до нерухомої

Робота складається з 5 арк. Формату А1 графічної частини і 70 с. основного тексту розрахунково-пояснювальної записки.

У проекті проведена модернізація маховика, виконано опис і принцип роботи конструкції, опис технологічної схеми в якій вона приймає участь, здійснено патентні дослідження на прикладі 6-и патентів, проведено визначені завданням розрахунки елементів конструкції. Графічну частину роботи виконано із застосуванням програмного середовища «Компас» та «AutoCAD», пояснювальну записку виконано на ЕОМ. У пояснювальній записці продемонстровано уміння самостійно проводити розрахунки. Графічну частину оформлено технічно грамотно, згідно з нормативними вимогами.

Бакалаврська робота виконана в повному обсязі, відповідно до завдання.

Ключові слова: Щелепна дробарка, подрібнення, здрібнення, рухома щока, нерухома щока.

## РЕФЕРАТ

Щековая дробилка-это машина для дробления и измельчения. Используют на обогатительных фабриках и в промышленности строительных материалов. Нашла широкое распространение для первичного (грубого) измельчения материалов.

Принцип действия щековой дробилки состоит в измельчении материала раздавливанием при периодическом приближении подвижной щеки к неподвижной

Работа состоит из 5 л. Формата А1 графической части и 70 с. основного текста расчетно-пояснительной записки.

В проекте проведена модернизация маховика, выполнено описание и принцип работы конструкции, описание технологической схемы в которой она принимает участие, осуществлено патентные исследования на примере 6-и патентов, проведены определенные задачей расчеты элементов конструкции. Графическую часть работы выполнено с применением программной среды «Компас» и «AutoCAD», пояснительную записку выполнен на ЕОМ. В пояснительной записке продемонстрировано умение самостоятельно проводить расчеты. Графическая часть оформлена технически грамотно, в соответствии с нормативными требованиями.

Бакалаврская работа выполнена в полном объеме, в соответствии с заданием.

Ключевые слова: Щековая дробилка, дробление, измельчение, подвижная щека, неподвижная щека.

					ЛП51(1). 1112.000 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## THE ABSTRACT

The Jaw grinder - a machine for crushing and pulverizing. Use on concentrating factory and industry of the building material. Has found broad using for primary (rough) of the pulverizing material.

The principle of the action of the jaw grinder consist of pulverizing the material pressure under periodic approach the rolling cheek to immovable.

The work consists from. 5 sheets of a format A1 of a graphic part and 70 sheets of the basic text of an explanatory slip.

In the project designed movable flywheel, the description and principle working of a design is executed, the description of the technological circuit in which she (it) takes part, the patent research on an example 6 patents is executed, is carried out (spent) accounts of elements of a design. A graphic part of work performed using the software environment "Compass" and «AutoCAD», an explanatory slip is executed on EOM. In an explanatory slip the skill independently is shown to carry out (spend) accounts. A graphic part is executed technically competently, agrees with the normative requirements.

The work of the bachelor is executed in complete volume, accordingly to the task.

Keywords: Jaw grinder, crushing, pulverizing, the movable jaw, immovable jaw.

					ЛП51(1). 1112.000 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Опис технологічної схеми подрібнення сірчаного колчедану із використанням щелепної дробарки.....	6
2. Технічна характеристика дробарки.....	8
3. Опис конструкції та принцип роботи щелепної дробарки .....	9
4. Розрахунки на міцність, параметричні та кінематичні розрахунки.....	13
4.1. Параметричні розрахунки.....	13
4.1.1 Кут захвату.....	13
4.1.2 Визначення конструктивних параметрів дробарки.....	14
4.1.3 Розрахунок маховика.....	15
4.2 Кінематичні розрахунки.....	17
4.2.1 Число обертів.....	17
4.2.2 Розрахунок клинопасової передачі.....	18
4.2.3 Потужність.....	20
4.2.4 Вибір двигуна.....	20
4.3 Розрахунок деталей на міцність та жорсткість .....	21
4.3.1 Визначення зусиль, які діють в деталях та вузлах дробарки .....	22
4.3.2 Розрахунок шатуна.....	23
4.3.3 Розрахунок розпірних плит .....	24
4.3.4 Розрахунок запасу міцності валу.....	26
5. Патентно-літературний огляд.....	28
6. Охорона праці.....	41
6.1 Небезпека враження електричним струмом.....	41
6.2 Шум і вібрація.....	44

					<b>ЛП51(1).5432.000ПЗ</b>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Савенко Д.Д.			Дробарка щоква з простим хитанням щоки з модернізацією маховика	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.								
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.								
Затверд.								

6.3	Промислове освітлення.....	45
6.4	Пожежна безпека.....	46
7.	Технологія машинобудування.....	49
7.1	Технологія виготовлення деталі.....	50
7.2	Вибір пристосування.....	52
8.	Висновки.....	57
9.	Список літератури.....	58
	Додатки.....	60

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

## ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

n- кількість обертів (об/с);

V- швидкість руху (м/с);

e- ексцентриситет валу (м);

Пр- продуктивність щоккової дробарки (т/год);

D<sub>ср</sub>- середній розмір кусків матеріалу, що поступає на подрібнення (м);

d<sub>ср</sub>- середній розмір кусків готового продукту (м);

ρ- густина матеріалу (т/м<sup>3</sup>);

μ- коефіцієнт розпушення матеріалу;

α- кут захвату щоккової дробарки;

m- маса (кг);

η- ККД приводу;

d- діаметр (м);

u- передаточне число;

T- Крутний момент (Нм);

Q- зусилля (Н);

F- сила (Н);

ω- колова швидкість (с<sup>-1</sup>);

M- момент (Нм);

P- сила (Н);

G- загальна вага щоккової дробарки з матеріалом (кг);

[T]- допустима напруга ( МПа);

Bв- границя міцності при стиску (МПа);

S - хід рухомої щоки (м);

B - найбільша ширина вихідної щілини (мм);

f - Коефіцієнт тертя кам'яних матеріалів по сталі.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

На території України знаходиться близько 20% світових запасів залізної руди - 80 промислових родовищ. Вітчизняний гірничорудний сектор налічує 26 підприємств, які виробляють весь спектр залізорудної сировини: руду, концентрат, окатиші і агломерат. Україна є шостим за величиною виробником залізорудної сировини.

Одним з найбільших в світі є Криворізький залізорудний басейн (Кривбас). Він включає ряд родовищ, які тягнуться смугою завдовжки понад 100 км через Дніпропетровську, Кіровоградську та Миколаївську області. Залізні руди з високим вмістом металу залягають також в Кременчуцькому (Полтавська область) і Білозерському (Запорізька область) залізорудних районах [1]. На зазначеній вище території розташовані шість найбільших гірничо-збагачувальних комбінатів, які і формують левову частку в українському виробництві концентрату, окатишів та агломерату:

- Північний ГЗК;
- Центральний ГЗК;
- Південний ГЗК;
- Арселор Мітал Кривий Ріг.

У даній роботі буде акцентуватися увага на подрібненні сірчаного колчедану із використанням щелепної дробарки.

У проекті проведена модернізація маховика, виконано опис і принцип роботи конструкції, опис технологічної схеми в якій вона приймає участь, здійснено патентні дослідження на прикладі 8-и патентів, проведено визначені завданням розрахунки елементів конструкції. Графічну частину роботи виконано із застосуванням програмного середовища «Компас» та «AutoCAD». У пояснювальній записці продемонстровано уміння самостійно проводити розрахунки. Графічну частину оформлено технічно грамотно, згідно з нормативними вимогами.

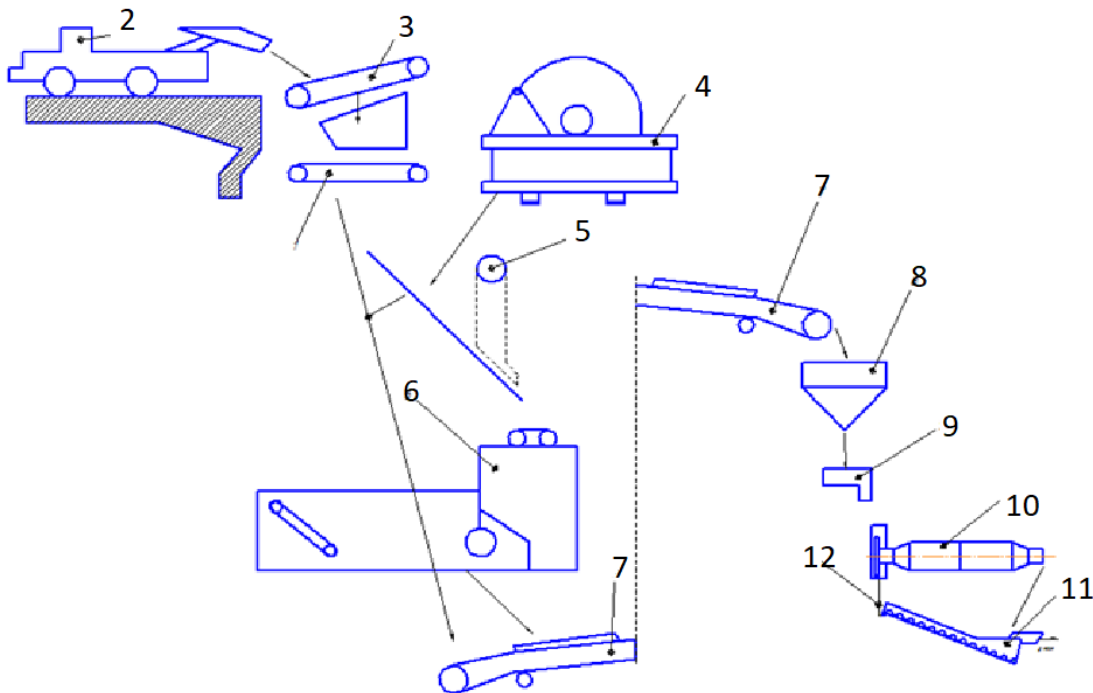
					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виконанні проекту були використані знання з наступних дисциплін: метрологія та стандартизація; процеси, апарати та машини галузі; охорона праці та цивільний захист; технологічні основи машинобудування; технологічне обладнання виробництва будівельних та полімерних виробів; інженерна та комп'ютерна графіка; сучасні методи розрахунку процесів та апаратів.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПОДРІБНЕННЯ СІРЧАНОГО КОЛЧЕДАНОУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЩЕЛЕПНОЇ ДРОБАРКИ

Розглянемо технологічну схему подрібнення сірчаого колчедану із використанням щелепної дробарки, що приведено на рис 1.1.



1-конвеєр, 2-самосвал, 3-пластинчастий живильник, 4- щокова дробарка, 5-ланцюговий живильник, 6-молоткова дробарка, 7-стрічковий транспортер, 8-бункер, 9-живильник, 10-барабанний млин, 11-спіральний класифікатор, 12-матеріалопровід.

Рис.1.1 - Технологічна схема подрібнення сірчаного колчедану

При одержанні сірки із самородних сірчаних руд останні доцільно попередньо збагачувати. Збагачення звичайно проводять на флотаційних машинах до одержання флотаційних концентратів, що містять близько 90% сірки. Перед флотаційним збагаченням сірчану руду піддають подрібненню до часток розміром менш 0,1мм.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Доставлену з кар'єру самоскидом 2 руду подають на пластичний живильник 3, з живильника руда потрапляє у шокову дробарку 4, де проходить подрібнення матеріалу. Із шокової дробарки ланцюговим живильником 5 руду переміщують у молоткову дробарку 6, на стрічковий транспортер 7 і далі в бункер 8. Дрібнота, що провалилась через пластичний живильник, конвеєром 1 також подається на транспортер 7 та у бункер 8. З бункера через живильник 9 руду направляють в барабанний млин 10, куди подається вода. Подрібнена руда з млина у вигляді пульги потрапляє на спіральний класифікатор 11. Крупні частини осідають на дно класифікатора, підхвачуються спіраллю і потрапляють до млина на домелення, а дрібні частинки разом із рідиною переливаються через поріг класифікатора, і направляються до флотаційних машин.

Розглянута схема подрібнення сірчаної руди аналогічна схемі подрібнення апатитової руди, але відрізняється встаткуванням на перших двох кроках. В цьому випадку установка шокової дробарки на першому кроці обумовлена розміром кусків що подаються і продуктивністю, а установка молоткової дробарки на другому кроці- продуктивністю і ступенем здрібнення.

**Висновки:**

- розглянуто технологічну схему подрібнення сірчаого колчедану;
- визначено, що щелепна дробарка відіграє невідемливу роль у подрібненні колчелану.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДРОБАРКИ

Основні показники щоквої дробарки за простим рухом щоки наведено таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Технічна характеристика щоквої дробарки з простим рухом щоки.

1. Продуктивність	$m/год$	110
2. Середній розмір шматків, що поступають на подрібнення	м	0,51
3. Середній розмір шматків готового продукту	м	0,075
4. Густина матеріалу	$t/m^3$	2,8
5. Коефіцієнт тертя кам'яних матеріалів по сталі f		0,35
6. Потужність електродвигуна	кВт	300
7. ККД приводу $\eta$		0,7
8. Габарити		
а) довжина	мм	4250
б) ширина		6060
в) висота		1600



Щокова дробарка складається з станини, частиною якої є нерухома щока, вала з підвішеною пересувною щокою, приводного механізму і пристрою для регулювання. Рухома щока шарнірно підвішується до вала і, навперемінно повертаючись навколо своєї осі на невеликий кут, то наближається, то віддаляється відносно нерухомої щоки. При зближенні щок шматки матеріалу, що дробиться, руйнуються, при зворотному ході пересувної щоки відбувається розвантаження дробленого продукту. Траєкторія руху точок пересувної щоки являє собою замкнену овалоподібну криву. Складнішу траєкторію руху реалізують щокова дробарка з двома рухомими щоками, при цьому продуктивність зростає вдвічі, спостерігається менший абразивний знос футеровки [3].

Станина дробарки утворюється передньою 1, задньою 7 та двома боковими 14 стінками. Вона може бути литою або зварною, розбірною та нерозбірною. Передня стінка станини також є нерухомою щокою.

Рухома щока 16 шарнірно підвішена на осі 3, яка опирається на підшипники, укріплення, а також рухома щока футерується змінними футеровочними плитами 2.

Футеровочні плити, які захищають нерухому щоки, робляться рифленими. Виступи на плитах нерухомої щоки розташовуються проти западин на плиті нерухомої щоки. Це полегшує подрібнення кусків, так як зусилля, які дроблять, концентруються на меншій площі. Бокові стінки станини футеруються гладкими плитами.

Рухома щока отримує рух від ексцентрикового вала 4, який опирається шийками на підшипники, які укріплені в бокових стінках станини дробарки. На ексцентрику вала 4 вільно висить вертикальний шатун 6. Нижній, висячий кінець шатуна, має гнізда, в яких розташовані вкладиші 12 та 15, а в них вільно вставлені одним кінцем розпірні плити 13 та 18.

Іншими кінцями розпірні плити вставлені вкладиші 12 в гнізді на рухомій щоці 16 і в гнізді на упорній деталі 17, укріпленій на задній стінці станини. Вільно вставлені у вкладиші розпірні плити не випадають, так як на них давить важка рухома щока, яка намагається повернутися навколо осі 3 та зайняти вертикальне

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

положення. Цей тиск збільшується пружиною 9, яка відтягує за допомогою тяги 11 рухому щоку.

При обертанні колінчатого вала нижній кінець шатуна здійснює зворотно-поступальні рухи у вертикальному напрямку. При русі шатуна вгору разом з ним рухаються і вставлені у вкладиші 12 і 15 кінці розпірних плит 13 та 18, при цьому іншими кінцями вони давлять на вкладиші в гніздах рухомої щоки та опорної деталі. Зусилля, які діють вздовж розпірних плит, змушують рухому щоку повертатись на деякий кут навколо вісі підвісу та наближуватись до нерухомої щоки.

Руху шатуна вгору, який здійснюється протягом половини оберту колінчатого валу, відповідає наближення щік та роздавлення ними кусків матеріалу. Для роздавлення необхідно, щоб хід щоки був більшим відносно пружного стиску кусків.

Половина оберту колінчатого валу, при якому дроблений матеріал розвантажується, називається холостим рухом. У зв'язку з наявністю холостого та робочого рухів у щелепних дробарках навантаження на приводний двигун нерівномірні. Для вирівнювання навантаження на ексцентриковий вал 4 надівається маховика 5. Зусилля, які дроблять в щоківій дробарці з верхнім підвісом вала та вертикальним шатуном передається через розпірні плити. Тому сухарі, в які входять кінці плит а також самі кінці плит робляться змінними з матеріалу великої твердості, щоб протистояти великим навантаженням та зношенню. Задню розпірну плиту використовують для запобігання поломки у дробарках при потраплянні в камеру дроблення неподрібних предметів. Ця плита виготовляється зі зниженою міцністю та ламається при потраплянні в дробарку випадкових металевих предметів.

Щелепні дробарки приводяться у рух за допомогою електродвигуна через клиноременну передачу найчастіше на один з маховиків.

Переваги та недоліки:

Переваги:

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Дробарки щоківі, мають дуже просту конструкцію і складаються з невеликої кількості елементів, які практично не зношуються. Купівля, обслуговування та ремонтні роботи з технікою обходяться досить дешево.
2. Є міні-дробарки, які, через малі розміри, зазвичай дуже просто і легко збираються і розбираються. Це дозволяє також просто і легко транспортувати їх в будь-яку точку.
3. Використовувати дробарки щоківі і аналогічне їм обладнання, можна практично в будь-яких погодних і кліматичних умовах.
4. Завжди можна відрегулювати розміри на виході агрегату, що обумовлено встановленим приводом з гідравлікою.
5. Рухома щока в будь-якій дробарці має форму «з захопленням», що не дає станині агрегату занадто швидко зноситися.

**Недоліки:**

1. Все щоківі агрегати для дроблення на виході дають сировину з великою кількістю лещадності зерен, які не можна використовувати для більш дрібного дроблення.
2. Неможливість використання пристроїв на більшості пружних матеріалів по типу дерева, крихких металевих сплавів.

**Висновки:**

- розглянуто принципи роботи сучасного дробильного обладнання;
- розглянуто головні недоліки і переваги щоківі дробарки.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

## 4 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ, ПАРАМЕТРИЧНІ ТА КІНЕМАТИЧНІ РОЗРАХУНКИ

### 4.1 Параметричні розрахунки

#### 4.1.1 Кут захвату

Кут захвату повинен бути таким, щоб матеріал, що знаходиться між щоками при натисненні руйнувався, а не виштовхувався доверху. Нормальне подрібнення можливе, якщо кут захвату дорівнює або менший подвійного кута тертя. Визначений в лабораторних умовах коефіцієнт тертя кам'яних матеріалів по сталі  $f=0.35$ [5].

$$a < 2\arctg f$$

$$a < 2\arctg 0.35$$

$$a < 38,6^\circ$$

Спеціальні дослідження показали, що кут в  $18^\circ - 89^\circ$  є оптимальним, так як забезпечує надійну роботу щоківних дробарок в самих тяжких умовах, як наприклад, подрібнення міцних матеріалів окатної форми (валунів, гальки). Збільшення кута захвату в порівнянні з оптимальним може привести до падіння продуктивності; зниження кута захвату викликає неоправдані збільшення габаритних розмірів, а значить і маси дробарки[5].

З кращих умов роботи приймаємо  $a = 20^\circ$

Частота обертання приводного валу

$$n = \sqrt{\frac{tg\alpha}{s}} = \sqrt{\frac{tg20^\circ}{0.02}} = \sqrt{\frac{0.364}{0.0153}} = 4,88 \text{ об/с;}$$

де хід рухомої щоки

$$\text{Приймаємо } S=(0,03\dots0,04)D_c = 0,03 \cdot 0,51 = 0,0153\text{м.}$$

$D_c$  - середній розмір кусків матеріалу, що поступає на подрібнення.

$D_c = 0,51$  задано в технічній характеристиці дробарки

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

S – хід рухомої щоки

Об'ємна продуктивність:

$$\Pi_v = \frac{\Pi_\rho}{\rho} = \frac{110}{2.8} = 39.3 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Пр- продуктивність щоквої дробарки дорівнює 110 т/год, що задано в технічній характеристиці дробарки.

#### 4.1.2 Визначення конструктивних параметрів дробарки

Ширину щоки знаходимо з формули продуктивності:

$$\Pi_\rho = \frac{3600bn\mu d_s S}{\text{tg}\alpha} \rho$$
$$b = \frac{\Pi_\rho \cdot \text{tg}\alpha}{3600n\mu d_s S \rho} = \frac{110 \cdot 0,364}{3600 \cdot 4,88 \cdot 0,35 \cdot 0,075 \cdot 0,0153 \cdot 2,8} = 0,49 \text{ м}$$

Де  $\mu$  – коефіцієнт роз рихлення ви падаючої з вихідної щілини сипучої маси продукту.

В залежності від розміру дробарки і густоти матеріалу може бути прийнятий  $\mu=0,3 \dots 0,65$ . Приймаємо  $\mu=0,35$

b – ширина щоки (м)

$d_s$  – середній розмір шматків готового продукту, що задано в умові (м)

$\rho$  – густина матеріалу (т/м<sup>3</sup>)

Розмір паці на вході:

$$B=1,2 \cdot D_c=1,2 \cdot 0,51=0,612 \text{ м.}$$

Де B – найбільша ширина вихідної щілини, мм. При використанні стандартних дробильних плит ширина вихідної щілини «B» зв'язана з максимальною крупністю кусків в готовому продукті.

Конструктивно приймаю B=620мм=0,62м

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розмір паці на виході:

$$a=dc-0,55S=0,075-0,55\cdot 0,0153=0,067\text{м.}$$

Висота нерухомої щоки:

$$H=(B-a)/\text{tg}\alpha=(0,612-0,067)/0,364=1,5\text{м.}$$

Довжина рухомої щоки:

Конструктивно приймаю  $L=1400\text{мм}=1,4\text{м.}$

$$L=1,4\cdot H/\cos\alpha=1,4\cdot 1,5/\cos 20^\circ=1,4\cdot 1,5/0,934=2,25\text{ м.}$$

### 4.1.3 Розрахунок маховика

Маховик служить для зрівноваження руху щокової дробарки.

Ступінь невірноваження ходу обмежує коливання кутової швидкості:

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_c};$$

$\omega_{\max}$  – максимальна кутова швидкість;

$\omega_{\min}$  – мінімальна кутова швидкість;

$\omega_c$  – середня кутова швидкість;

$$\omega_c = \frac{\omega_{\max} + \omega_{\min}}{2};$$

Робота яка затрачується на подрібнення за один оберт приводного валу:

$$A = \frac{N_{\text{дв}} \cdot \eta}{n} = \frac{300 \cdot 0,7}{4,88} = 42,56 \text{ Дж.}$$

Де  $N$  – потужність електродвигуно, яка задана в умові;

$\eta$ - ККД приводу, яке задано в умові

Енергія, яку накопичує маховик під час холостого ходу:

$$A_{\text{надл}} = \frac{A}{2} = \frac{42,56}{2} = 21,3 \text{ Дж.}$$

З іншого боку  $A_{\text{надл}} = I\omega_c^2\delta$

$I$  – маховий момент;

$$I = mR^2 = m \cdot D^2/4$$

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega = 2\pi n$$

$$m \cdot D^2 = 4 \cdot I = \frac{4 \cdot A_{\text{надл}}}{(2 \cdot \pi \cdot n)^2 \cdot \delta}$$

$$m \cdot D^2 = \frac{N_{\text{об}} \cdot \eta}{2 \cdot \pi^2 \cdot n^3 \cdot \delta} = \frac{300 \cdot 0,7}{2 \cdot 3,14^2 \cdot 4,88^3 \cdot 0,01} = 9,16 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 ;$$

$\delta = 0,01$  – коефіцієнт нерівномірності.

$m$  – маса маховиків;

$D$  – діаметр маховика;

Діаметр маховика з умови, що колова швидкість не повинна бути більша 15...20 м/с:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \leq 15 \dots 20 \text{ м/с.}$$

Де  $V$  – колова швидкість на ободі маховика, приймаємо з умови міцності,  $v = 15$  м/с.

Обчислимо діаметр:

$$n = 6 \cdot 60 = 360 \text{ об/хв};$$

$$D = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot n} = \frac{60 \cdot 15}{3,14 \cdot 360} = 0,796 \text{ м.}$$

Де  $n$  – кількість обертів за хвилину.

Конструктивно приймаємо  $D = 1344$  мм

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.2 Кінематичні розрахунки

### 4.2.1 Число обертів

Крутний момент на швидкохідному валу:

$$T_u = 9550 \frac{N_1}{n_1} = 9550 \frac{300}{1000} = 2865 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Де  $n_1$  - частота обертання швидкохідного валу.

За даним моментом приймаємо переріз ремня "Г" з розмірами:  $b_p = 27$  мм,

$h = 19$  мм,  $b_0 = 32$  мм,  $y_0 = 6,9$  мм,  $F_1 = 4,76 \text{ см}^2$ ,  $q = 0,62$  кг/м.

Діаметр меншого шківa  $d_{p\min} = 450$  мм, але так як немає жорстких умов у габаритних розмірах, тоді для підвищення довговічності ремня приймаємо

$d_{p\min} = 800$  мм.

Діаметр великого шківa

$$d_{p2} = d_{p1}u(1 - \varepsilon) = 800 \cdot 1,7(1 - 0,01) = 1346 \text{ мм};$$

Приймаємо конструктивно  $d_{p2} = 1344$  мм.

Фактичне передаточне число

$$U_p = \frac{d_{p2}}{d_{p1}(1 - \varepsilon)} = \frac{1344}{800(1 - 0,01)} = 1,7 \approx 2$$

Швидкість паса

$$V = \frac{\pi d_{p1} n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 800 \cdot 1000}{60 \cdot 1000} = 4,2 \text{ м/с};$$

Частота обертання веденого валу

$$n_2 = \frac{d_{p1} n_1 (1 - \varepsilon)}{d_{p2}} = \frac{800 \cdot 1000 (1 - 0,01)}{1344} = 589,3 \approx 590 \text{ об/хв};$$

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.2.2 Розрахунок клинопасової передачі

Міжосьова відстань

$$a = 0,95d_{p2} = 0,95 \cdot 1344 = 1276,8 \approx 1277 \text{ мм};$$

Розрахункова довжина ремня

$$L = 2a + \frac{\pi}{2}(d_{p1} + d_{p2}) + \frac{(d_{p2} - d_{p1})^2}{4a} = 2 \cdot 1277 + \frac{3,14}{2}(800 + 1344) + \frac{(1344 - 800)^2}{4 \cdot 1277} = 5978$$

Приймаємо  $L=6000$  мм.

Дійсна міжосьова відстань

$$a = \frac{2L - \pi(d_{p1} + d_{p2}) + \sqrt{[2L - \pi(d_{p1} + d_{p2})]^2 - 8(d_{p1} - d_{p2})^2}}{8} = \frac{2 \cdot 6000 - 3,14(800 + 1344) + \sqrt{[2 \cdot 6000 - 3,14(800 + 1344)]^2 - 8(800 - 1344)^2}}{8} = 1288 \text{ мм}$$

Мінімальна міжосьова відстань

$$a_{\min} = a - 0,01L = 1288 - 0,01 \cdot 6000 = 1228 \text{ мм};$$

Максимальна міжосьова відстань

$$a_{\max} = a + 0,025L = 1288 + 0,025 \cdot 6000 = 1438 \text{ мм};$$

Кут захвату на меншому шківу

$$\alpha_1^\circ = 180^\circ - 60^\circ \frac{d_{p2} - d_{p1}}{a} = 180^\circ - 60^\circ \frac{1344 - 800}{1288} = 155^\circ;$$

Вихідна довжина ремня  $L=6000$  мм; відносна довжина

$$\frac{L}{L_0} = \frac{6000}{6000} = 1 \text{ мм};$$

Коефіцієнт довжини

$$C_L = 1;$$

Вихідна потужність при  $d_{p1} = 800$  мм і  $V=4,2$  м/с:

$$N_0 = 7,56 \text{ кВт};$$

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт кута захвату

$$C_{\alpha} = 1 ;$$

Поправка до крутного моменту на передаточне число

$$\Delta T_H = 28,4 \text{ Н} \cdot \text{м} ;$$

Поправка до потужності

$$\Delta N_H = 0,0001 \Delta T_H n_o = 0,0001 \cdot 28,4 \cdot 1000 = 2,84 ;$$

Коефіцієнт режиму роботи при вказаному навантаженні

$$C_p = 1 ;$$

Допустима потужність на один пас

$$[N] = (N_0 C_{\alpha} C_L + \Delta N_u) C_p = (7,56 \cdot 1 \cdot 1 + 2,84) \cdot 1 = 10,4 \text{ кВт} ;$$

Розрахункове число пасів

$$z = \frac{N}{[N]} = \frac{300}{10,4} = 28,8 ;$$

Приймаємо  $z=29$ .

Коефіцієнт, який враховує нерівномірність навантаження

$$C_z = 0,85 ;$$

Дійсне число пасів в передачі

$$z' = \frac{z}{C_z} = \frac{29}{0,85} = 34 ;$$

Сила початкового натягу одного клинового ременя:

$$S_{0,1} = \frac{780N}{VC_a C_p Z'} + qV^2 = \frac{780 \cdot 300}{4,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 34} + 0,62 \cdot 4,2^2 = 1650 \text{ Н};$$

де  $q=0.62$  кг/м – погонна маса ременя,

Зусилля, яке діє на вали передачі

$$Q \approx 2S_{0,1} z \sin \frac{\alpha_1}{\alpha} = 2 \cdot 1650 \cdot 30 \sin \frac{155}{2} = 96,6 \text{ кН} ;$$

Розмір обода шківів

$$L_p = 27, h = 20, b = 8,1, e^* = 37^{+0,6}, f = 24^{+2}, h_{\min} = 12, \alpha_1 = 36^\circ, \alpha_2 = 40^\circ$$

Зовнішній діаметр шківів

$$d_{e1} = d_{p1} + 2b = 800 + 2 \cdot 8,1 = 816 \text{ мм} ;$$

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{e2} = d_{p2} + 2b = 1344 + 2 \cdot 8,1 = 1360 \text{ мм} ;$$

Ширина обода шківів

$$M = (z-1)e + 2f = (30-1)37 + 2 \cdot 24 = 1121 \text{ мм};$$

### 4.2.3 Потужність

Частота обертання приводного валу

$$n = \sqrt{\frac{tg \alpha}{s}} = \sqrt{\frac{tg 20^\circ}{0,02}} = \sqrt{\frac{0,364}{0,0153}} = 4,88 \text{ об/с} ;$$

де хід рухомої щоки

$$\text{Приймаємо } S = (0,03 \dots 0,04) D_c = 0,03 \cdot 0,51 = 0,053 \text{ м.}$$

Об'ємна продуктивність:

$$P_v = \frac{P_p}{\rho} = \frac{110}{2,8} = 39,3 \text{ м}^3 / \text{год} ;$$

Потужність двигуна:

$$N_{ос} = \frac{\sigma^2 \cdot P_v (i_c - 1)}{2,4 \cdot E \cdot \eta_\delta \cdot \eta_n} = \frac{150^2 \cdot 39,3 \cdot (6,8 - 1)}{2,4 \cdot 4 \cdot 10^4 \cdot 0,2 \cdot 0,9} = 296,7 \text{ кВт} ;$$

Приймаєм  $N_{ос} = 300 \text{ кВт}$ ;

де  $\sigma$  – границя міцності граніту на стиск 150 МН/м

### 4.2.3 Вибір двигуна

Вибираємо двигун серії СД 12—24—6А з потужністю  $N=300 \text{ кВт}$ , число обертів  $n=1000 \text{ об/хв.}$ .

Ступінь подрібнення в щелепній дробарці складає:

$$i_c = D_c / d_c = 0,51 / 0,075 = 6,8$$

$E$  – модуль пружності матеріалу  $2 \cdot 10^4 \text{ МН/м}^2$

$\eta_p=0,9$ ;  $\eta_d=0,2$  – ККД відповідно приводу і дробарки.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

### 4.3 розрахунок деталей на міцність та жорсткість

З конструктивних розумінь приймаємо: величину ексцентриситету 0,024 м; відстань від центра осі підвісу рухливої щоки до точки дотику зі шматком, що дробиться,  $a_1=0,75$  м і від осі підвісу до точки дотику сили  $T$  (рисунок 4.1), що діє уздовж розпірної плити,  $l_1=1,5$  м.

Міцність основних деталей дробарки розраховується по максимальних зусиллях, що виникає в деталях при найбільш важких умовах роботи.

Споживана дробаркою потужність є вихідною величиною для визначення зусиль, що виникають у шатуні й інших деталях.

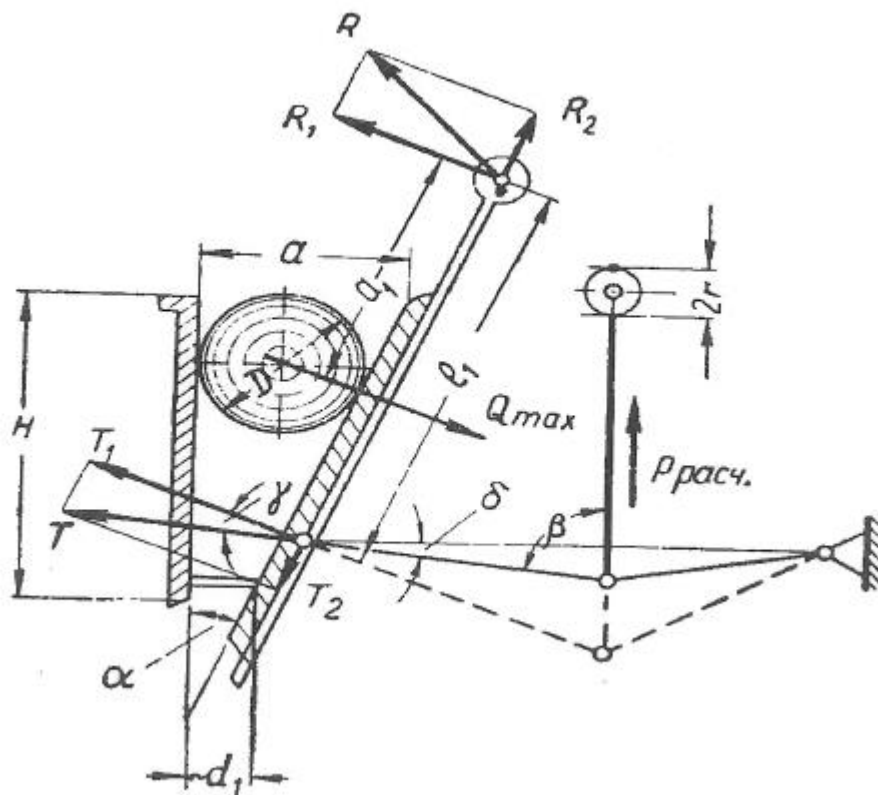


Рисунок 4.1 Схема до розрахунку щокової дробарки

### 4.3.1 Визначення зусиль, які діють в деталях і вузлах дробарки

Максимальне зусилля, що діє на щоку:

$$Q = 2N / nS = 2 \cdot 245,6 / (4,88 \cdot 0,0153) = 6578,8 \text{ кН} ;$$

Інші зусилля визначаю за допомогою графічного методу.

Визначене максимальне зусилля  $Q$  в масштабі відкладаємо від центру куска прийнятого за кулю та перпендикулярно до рухомої щоки. Проводимо вісь розпірної плити  $BC$  до перетину з лінією дії зусилля  $Q$  в точці  $M$ , з'єднуємо точку  $A$  з точкою  $M$  і в точці  $M$  відкладаємо зусилля  $Q$ . В точку  $M$  переносимо вектор  $Q$ . На основі зусилля як діагоналі будуємо паралелограм зусиль.

Знаходимо значення векторів  $R, T$  – як сторін паралелограма.  $R$  – зусилля тиску в точці  $A, T$  – зусилля стискання розпірної плити.

Переносимо вектори одержаних зусиль в точки їх дії:  $T - C, R - A$ . Для визначення зусилля  $S$ , яке стискає плиту  $CE$  і зусилля  $P$ , яке розтягує шатун  $DC$  будуємо паралелограм сил в точці  $C$ . Сила  $P$  – розтягує шатун. А далі, згідно масштабу, знаходимо величини сил.

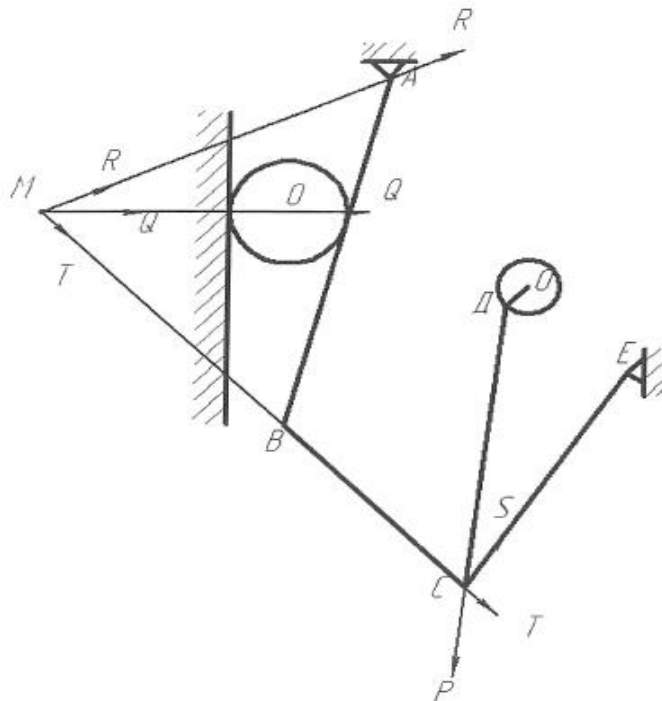


Рис.4.3.1 Схема зусиль які діють у деталях і вузлах дробарки.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 4.3.2 Розрахунок шатуна

При переході шатуна з нижнього положення у верхнє, коли рухлива щока натискає на матеріал, що дробиться, у шатуні виникає розтяжне зусилля. Це зусилля змінюється від нуля при нижнім положенні шатуна до максимального значення  $P_{\max}$  у верхнім положенні. Можна вважати, що зусилля в шатуні зростає за законом прямої пропорційності; середнє значення цього зусилля буде:

$$P_{\text{ср}} = (0 + P_{\max}) / 2 = P_{\max} / 2.$$

Робота, виконувана цією силою за один оборот вала, буде дорівнювати:

$$A = P_{\text{ср}} \cdot 2r = P_{\max} / 2 \cdot 2r = P_{\max} \cdot r$$

Потужність дорівнює роботі, діленої на час півоберту:

$$N = A / t = A_n / 30 \text{ чи}$$

Знаючи, що потужність щоквої дробарки  $N_{\text{др}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 300 \cdot 0,8 = 240 \text{ кВт}$ . знаходимо  $P_{\max}$  по формулі:

$$P_{\max} = N_{\text{др}} \cdot 3060 / r \cdot n = 240 \cdot 3060 / 0,024 \cdot 292,8 = 104508,2 \text{ Н} = 104,5 \text{ кН}.$$

З огляду на ударний характер навантаження і можливість вилучення в дробарку предметів, що не дробляться, приймаємо величину розрахункового зусилля для шатуна в 3-4 рази більшої, ніж  $P_{\max}$ , тобто

$$P_{\text{раст}} = 4 \cdot P_{\max} = 4 \cdot 104508,2 = 418032,8 \text{ Н} = 0,418 \text{ МН}.$$

Щоб зменшити неврівноваженість дробарки, вага шатуна повинна бути якомога меншою. Тому для виготовлення шатуна приймаємо високоякісну сталь марки, Ст.35-5019.

Площа поперечного переріза шатуна при  $\sigma_{\text{раст}} = 115 \text{ МПа}$ .

$$F = P_{\text{раст}} / \sigma_{\text{раст}} = 0,418 / 115 = 0,0036 \text{ м}^2 = 3,6 \text{ см}^2.$$

Виходячи із конструктивних розумінь прийнятий нами шатун, поперечний переріз якого рівний  $570 \text{ см}^2$ , має значно більший запас міцності.

Ширину голівки шатуна приймаємо  $500 \text{ мм}$ .

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кришку підшипника голівки, що охоплює ексцентричну частину вала, кріпимо до шатуна шістьма болтами зі сталі Ст. 5 з напругою, що допускається, на розтягання  $[\sigma_{\text{раст}}]=130$  МПа.

#### 4.3.3 Розрахунок розпірних плит.

Зусилля Трасч, передані від шатуна рухливій щоці і задній стінці станини, що діють уздовж розпірних плит, досягають максимальної величини, коли плити знаходяться в крайнім верхнім положенні. Якщо прийняти кут, утворений віссю шатуна і розпірною плитою (коли остання знаходиться в крайнім положенні), рівним  $\beta$ , то зусилля Трасч, що діє в розпірних плитах буде:

$$T_{\text{расч}} = P_{\text{расч}} / 2 \cos \beta$$

З рівняння видно, що зі збільшенням кута зростає зусилля Трасч, а при  $\beta=90^\circ$ ,  $\cos 90^\circ=0$ , тобто при горизонтальному положенні розпірних плит зусилля зростає до нескінченості ( $T_{\text{расч}}=\infty$ ). Отже, у щоковій дробарці можна одержати будь-яке зусилля. У зв'язку з цим при конструюванні щокової дробарки необхідно передбачити, щоб розпірні плити не розташовувалися в одну лінію. Кут  $\delta$  (рисунок 5.1) між горизонталлю і плитою половинний складати не менше  $10\text{—}12^\circ$ . Перетин же плит повинний прийматися таким, щоб вони могли передавати нормальні розрахункові зусилля і ламатися б раніш, ніж яка-небудь інша деталь дробарки при влученні в її пащу твердих предметів, що не дробляться.

У дробарці з простим хитанням рухомої щоки розпірні плити працюють на стиск, тому їхній перетин  $F$ , чи перевірку на міцність можна зробити по формулі:

$$\sigma_{\text{зм}} = T / F, \text{ МПа}$$

Підставляючи числові значення в рівняння і приймаючи  $\beta=80^\circ$  визначаємо зусилля, що діє уздовж розпірних плит:

$$T_{\text{расч}} = 0,418 / 2 \cos 80^\circ = 0,418 / 2 \cdot 0,1736 = 1,2 \text{ МН.}$$

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тому що розпiрні плити служать не тiльки для передачі руху і зусиль, рухливій щоці, але і є запобiжним пристроєм, з метою економiї металу, задню розпiрну плиту рекомендується виготовляти з двох частин, що скріплюються між собою чи заклепками – болтами, що виконують роль запобiжних деталей.

Розпiрні плити виготовляються з чавуна СЧ-32. Необхiдна площа поперечного перерiза плити буде:

$$F_{\text{плит}} = T_{\text{расч}} / [\sigma_{\text{сж}}]$$

Для чавуна  $[\sigma_{\text{сж}}]$  приймаємо рiвним 70 МПа;

$$F_{\text{плит}} = 1,2 / 70 = 0,0171 \text{ м}^2 = 171 \text{ см}^2.$$

При ширині розпiрної плити  $b_1 = 745$  мм товщина її складає:

$$h = F_{\text{плит}} / b_1 = 171 / 74,5 = 2,3 \text{ см} = 0,023 \text{ м}.$$

Заклепки виготовляються зі сталі марки Ст.3 з межею мiцності  $\sigma_{\text{раст}} = 400$  МПа, межа мiцності на зрiз

$$\tau_{\text{ср}} = 0,8 \cdot \sigma_{\text{раст}} = 0,8 \cdot 400 = 320 \text{ МПа.};$$

Запас мiцності для матеріалу заклепок у зв'язку з тим, що вони є запобiжними деталями, беремо зниженим  $K = 1,5$ ; напруга, що тоді допускається, буде

$$|\tau_{\text{ср}}| = \frac{\tau_{\text{ср}}}{K} = \frac{320}{1,5} = 213 \text{ МПа};$$

Кiлькiсть заклепок приймаємо рiвним 8.

Знаходимо дiаметр заклепок:

$$i \cdot \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} = \frac{T_{\text{розр}}}{|\tau_{\text{ср}}|};$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot T_{\text{розр}}}{i \cdot \pi \cdot |\tau_{\text{ср}}|}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,2}{5,38 \cdot 3,14 \cdot 213}} = 0,037 \text{ м}.$$

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

#### 4.3.4 Розрахунок запасу міцності валу.

Коефіцієнт запасу міцності вала для нормальних напружень [2]:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{k_{\sigma} \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \sigma_m} \geq [n];$$

Коефіцієнт запасу міцності вала для дотичних напружень:

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{k_{\tau} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \tau_m} \geq [n];$$

при одночасній дії дотичних і нормальних напружень, коефіцієнт запасу міцності:

$$n = \frac{n_{\sigma} n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} \geq [n];$$

де:  $\sigma_{-1}$  - межа витривалості гладкого зразка, при симетричному циклі напружень згинання;

$\tau_{-1}$  - межа витривалості гладкого зразка при симетричному циклі напружень кручення;

$\sigma_a, \tau_a$  - амплітуда нормальних напружень, відповідно згину та кручення;

$\sigma_m, \tau_m$  - середнє значення номінальних напружень;

$\psi_{\sigma}, \psi_{\tau}$  - коефіцієнти чутливості матеріалу до асиметрії циклів напружень відповідно при згині та крученні;  $\psi_{\sigma} = 0,1; \psi_{\tau} = 0,05$ .

$k_{\sigma}, k_{\tau}$  - ефективний коефіцієнт концентрації напружень для деталі.

$$k_{\sigma} = 2,27; k_{\tau} = 1,4.$$

Так як напруження згину у валах змінюється по симетричному циклу, то:

$$\sigma_m = \sigma; \sigma_m = 0;$$

При нереверсивній роботі вала:  $\tau_a = \tau_m = \tau / 2$ ;

Напруження згину і кручення розраховуються по формулам:

$$\sigma = \frac{M_n}{W_0}; \quad \tau = \frac{M_{кр}}{W_p};$$

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де:  $W_0$  ,  $W_p$  - осьовий і полярний момент опору:

$$W_0 = \frac{\pi \cdot d^3}{32}; \quad W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16};$$

На основі приведених формул виконуються розрахунки:

$$W_0 = \frac{\pi \cdot 0,18^3}{32} = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3; \quad W_p = \frac{\pi \cdot 0,18^3}{16} = 11,44 \cdot 10^{-4} .$$

#### Висновок

Провели параметричні розрахунки для шокової дробарки:

- Визначили кут захвату;
- Визначили конструктивні параметри дробарки;
- Проверли розрахунок маховика.

Провели кінематичний розрахунок для шокової дробарки:

- Визначили число обертів валу;
- Провели розрахунок клинопасової передачі ;
- Взначили потужність двигуна.

Розраховували деталі на міцність та жорсткість:

- Визначили зусилля, які діють в деталях і вузлах дробарки;
- Провели розрахунок шатуна;
- Провели розрахунок розпирних плит;
- Провели розрахунок запасу міцності валу.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ПАТЕНТНО-ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.

Для покращення експлуатаційних характеристик шокової дробарки з простим рухом щоки, шляхом виправлення вказаних раніше недоліків, виконано літературно-патентний пошук відповідних технічних рішень.

Місцями патентного пошуку були такі сайти, як [www.epo.org](http://www.epo.org) та [www1.fips.ru](http://www1.fips.ru).

Загалом обрано 5 технічних рішень, які приведені нижче.

В роботі [13] пропонується винахід стосується маховика з перемінним розподілом мас, при чому для цієї мети застосовується противагу, що становить одне ціле з ободом маховика або нерухомо закріплений в ньому, і що переміщаються в радіальних напрямляючих пружини противаги.

На рис 5.1 схематично ізобразкає загальний вигляд маховика спереду

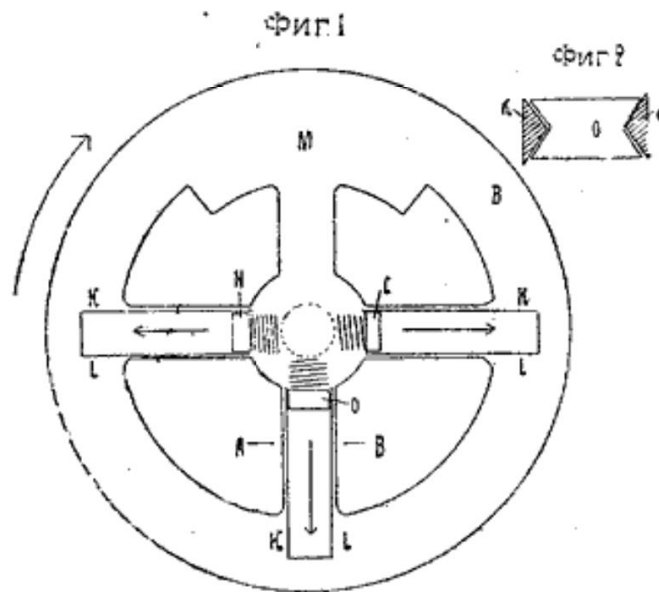


Рис 5.1 Маховика зі змінним розподілом мас

Пристрій маховика полягає в наступному: на обід В маховика є відлитий з ним за одне ціле або нерухомо на ньому закріплений противагу М і три переміщаються в радіальних напрямляючих До Л пружинних противаги з масам N,

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

С і О, призначені автором при великих кутових швидкостях для урівновешівання противаги М і усунення його шкідливої дії.

В роботі [14] представлена підвіска горизонтального маховика інерційний акумулятора. Відомі підвіски горизонтального маховика інерційного акумулятора, що включають кожух і маховик з валом, що спирається на підшипники.

Таке виконання викликає навантаження на підшипники від ваги маховика, що при обертанні призводить до втрати енергії Н підшипниках, нагрів і передчасний знос їх.

У запропонованій підвісці горизонтального маховика інерційного акумулятора застосований постійний кільцеподібний магніт, забезпечений гільзою з гвинтовою нарізкою, ввинченій в кожух, а для фіксації зазору встановлені стопорні болти. Це дозволяє розвантажити підшипники від ваги маховика, підвищуючи тим самим ККД інерційного акумулятора і зменшуючи знос підшипників. На кресленні (рис 5.2) зображена підвіска горизонтального маховика інерційного акумулятора.

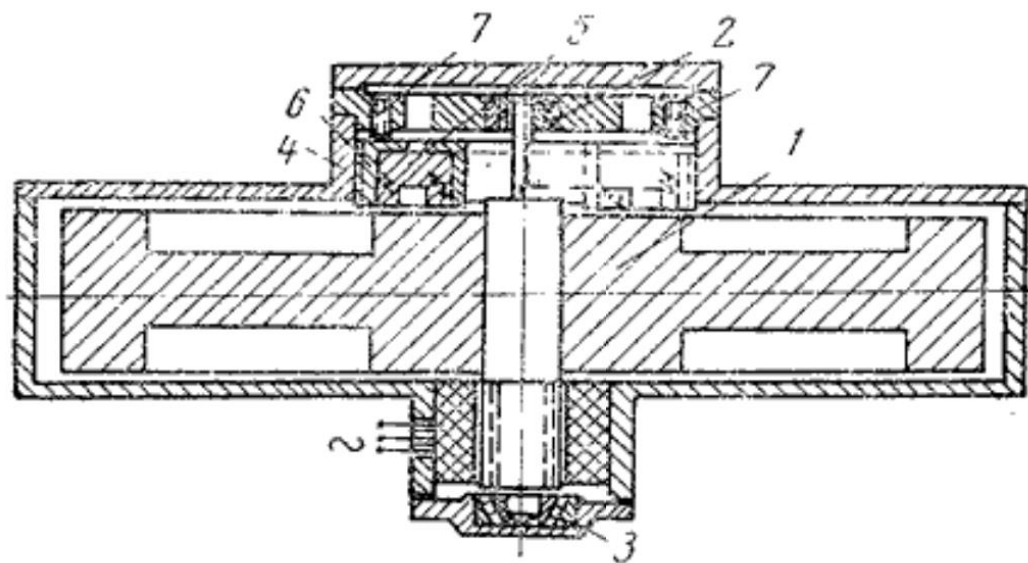


Рис 5.2 Підвіска горизонтального маховика інерційного акумулятора.

Маховик 1 фіксується в опорах 2, 8, укріплених в кожусі 4. У верхній частині кожуха встановлений постійний кільцеподібний магніт 5. Останній,

укладений в гільзу б з гвинтовою нарізкою, угвинченим в кожух, усуває навантаження на підшипники від ваги маховика.

Гільза з гвинтовою нарізкою, угвинченим в кожух, служить для регулювання зазору між магнітом і маховиком, змінюючи підйомну силу магніту. Гільза з магнітом стопориться стопорними болтами 7.

В роботі [15] представлено винахід маховик. Винахід відноситься до машинобудування і може бути використано в приводах механізмів в якості акумулятора механічної енергії. Відомий маховик, який містить закріплений на маточині порожнистий обід з тороидальною внутрішньою поверхнею заповнений рідиною, і шрамами, що контактують один з одним і з обідом 1.

Недоліком відомого маховика є відсутність регулювання момент інерції.

Мета винаходу - забезпечення плавного регулювання моменту інерції маховика.

Для цієї мети маховик, який містить встановлений на маточині порожнистий обід з тороидальною внутрішньої поверхност заповнений рідиною і контактуючими один з одним і з обідом кулями, забезпечений соленоїдом, закріпленим на рамі і охоплює його, а кулі виконані з феромагнітного матеріалу.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис 5.3 зображений маховик, загальний вигляд.

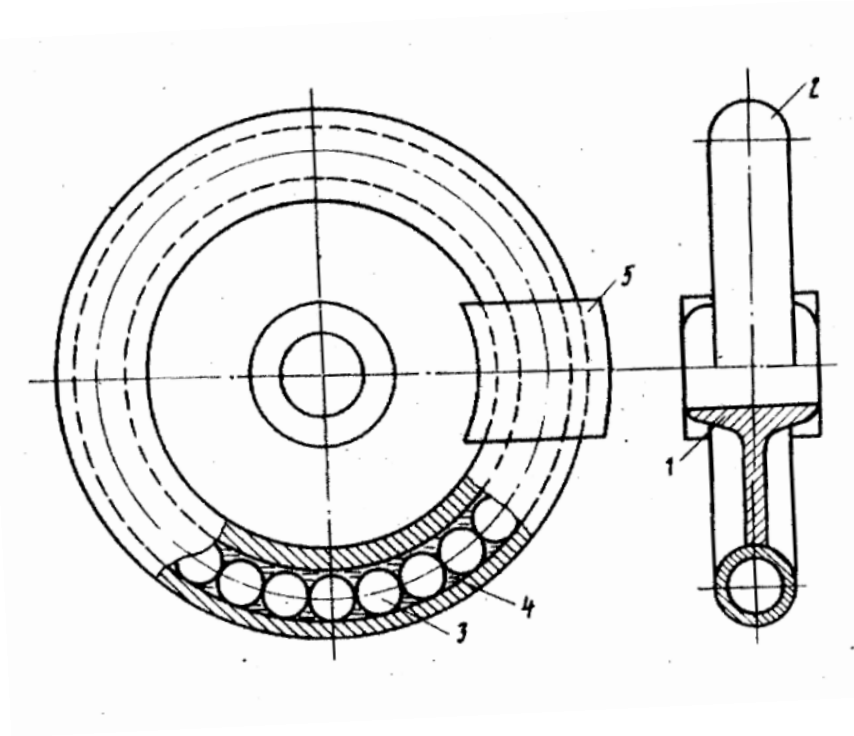


Рис 5.3 Маховик

Маховик містить маточину 1, на якій закріплений порожнистий тороидальний обід 2. Порожнина обода 2 заповнена контактуючими один з одним і в ободом кулями 3, виконаними з феромагнітного матеріалу, і рідина А На обід 2 закріплений соленоїд 5

Маховик працює наступним чином.

При наявності струму в соленоїді в результаті взаємодії куль з електромагнітним полем виникає зусилля, втягує їх у соленоїд і впливає на їх прослизання щодо один одного.

В результаті цього змінюється характер відносного руху куль і обода, що призводить до зміни моменту інерції маховика. Таким чином, регулюючи силу струму в обмотці.

В роботі [16] представлен супермаховик Спірякова.

Винахід відноситься до механіки і може бути використано в галузях промисловості, зайнятих виробництвом накопичувачів енергії, а також навантажених тіл обертання в різних машинах і механізмах.

Відомі супермаховики, що складаються з диска, охопленого ободом, виконаним шляхом навивки з стрічкового матеріалу: сталева стрічка, дріт, штучні матеріали. Супермаховики використовуються як накопичувачі механічної енергії.

Відомий також супермаховик, що містить диск з рівномірно розміщеними по крайній мере трьома радіальними пазами, які охоплюють диск, обід з радіальними каналами, співісними радіальним пазів, розміщені в останніх компенсатори і зв'язуючі їх між собою тяги.

Відомий супермаховик має недостатню надійність.

З метою підвищення надійності, кожна тяга виконана у вигляді пари тросів, один кінець кожного з них закріплений на одному компенсаторі, а інший на сусідньому компенсаторі. При цьому тяги охоплюють по периметру обід супермаховика і розвантажують його від дії відцентрових сил, що прагнуть розірвати цей обід. Це дозволяє підвищити частоту обертання супермаховика, щільність накопиченої в ньому енергії і ефективність застосування супермаховика як накопичувача механічної енергії.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис 5.4 зображений супермаховик, розріз.

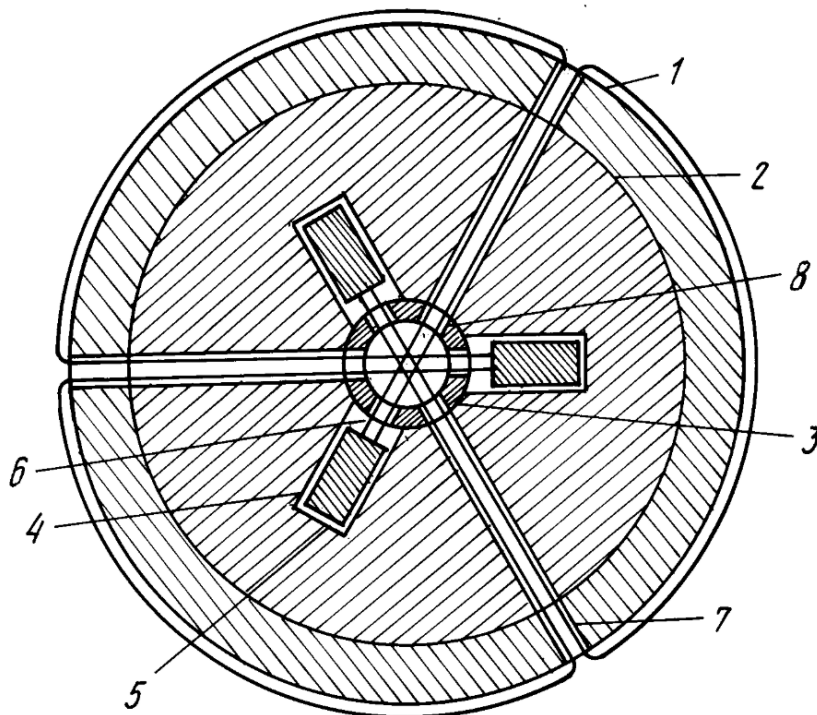


Рис 5.4 супермаховик Спірякова.

Супермаховик складається з обода 1, виконаного шляхом навивки зі сталевій стрічки, причому окремі витки стрічки склеєні між собою. Обід охоплює диск 2, виконаний з легкого міцного матеріалу, наприклад сплав алюмінію, текстоліту та ін. Обід і диск скріплені клеєм, можливо інше кріплення, наприклад шпильки, болти і ін. Обід і диск мають три радіальних каналу 7, в яких розміщені тяги 6, виконані у вигляді пари тросів, один кінець кожного з них закріплений на одному компенсаторі 5 а інший - на сусідньому компенсаторі. Тяги 6 виконуються із сталевого або з іншого матеріалу тросів і кріпляться на компенсатори за допомогою клею в каналах або болтового або іншого з'єднання.

Компенсатори виконані з важкого металу, наприклад свинець, вольфрам та ін. І вільно розміщені в радіальних пазах. Компенсатори можуть мати пристрої регулювання положення і натягу тяг. У центральній частині диска розміщена вісь 3, виконана з труби, що містить отвори 8 для тяг. Тяги 6 охоплюють по периметру обід і можуть бути розташовані в спеціальному пазу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП51(1).5432.000ПЗ

Арк.  
37

Пристрій працює наступним чином. При розкручуванні супермаховика компенсатори під дією відцентрової сили переміщуються по радіальних пазах 4 у напрямку до обода. При цьому тяги натягуються, стискаючи обід і диск супермаховика, розвантажуючи елементи конструкції від відцентрових розривають сил.

Як вдосконалення конструкції можна використовувати компенсатори, виконані у вигляді поршнів, поміщених в циліндри. При цьому в порожнині диска створюється від джерела тиск газу або рідини, що дозволяє гнучко регулювати натяг тяг.

Для модернізації шокової дробарки, за завдання, приймем патентну роботу [17] де розглянуто маховик.

Винахід відноситься до машинобудування і може використовуватися в машинах, що мають в приводі маховик.

У технічній літературі описаний класичний тип маховика, що представляє собою масивне колесо на осі.

Недоліком монолітної конструкції є утруднення при запуску маховика і його гальмуванні, особливо при великих масах маховика, що вимагає додаткових пристроїв типу пускового реостата.

Найбільш близьким до пропонованого винаходу по технічній сутності на мою думку є маховик змінного моменту інерції, що містить закріплений на валу корпус, всередині якого радіально розташовані циліндри з плаваючими поршнями, об'єднані герметичній кільцевої камерою, заповненою робочим тілом (рідиною), при цьому поршні подпружинені до центру обертання маховика, що призводить до зменшення моменту інерції в статичному стані і збільшення махового моменту в динаміці. (Авт. Св. СРСР №838182, кл. F03G 3/00).

Недоліком відомого маховика є складність конструкції і технологічні труднощі в його виготовленні.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мета винаходу - спрощення конструкції і скорочення трудовитрат на виготовлення маховика при малому моменті інерції маховика в статиці і збільшенні махового моменту в динаміці.

Технічний результат, полягає в простоті конструкції і використанні в якості радіально рухомих мас сипучого матеріалу.

Технічний результат винаходу досягається тим, що маховик, який містить закріплений на валу корпус, всередині якого радіально розташовані циліндри з поршнями, об'єднані кільцевої камерою, заповненою робочим тілом, сполученої з циліндрами, має маточину маховика, виконану з матеріалу, що володіє магнітними властивостями, порожнистий корпус з ободом з магнітоінертного матеріалу. Порожній корпус частково заповнений дрібнофракційних магнітоактивного наповнювачем. На зовнішньої утворює поверхні маточини і внутрішньої утворює поверхні обода всередині корпусу маховика є виступи, передня і задня поверхні яких з різними кутами нахилу. Причому маточина маховика може бути виконана зі звичайної конструкційної сталі, наповнювач з магнітного порошку, а корпус і обід з магнітоінертного матеріалу.

Все це забезпечує досягнення поставленої мети винаходу завдяки тому, що в маховику використані матеріали різної магнітної активності, а в якості рухомого елемента для зміни махового моменту використаний сипучий наповнювач, значно спроститься конструкція маховика і покращаться технологічні можливості, при цьому зменшаться пускові і інерційні навантаження і покращиться плавність роботи механізмів. А це все збільшить ККД, надійність і довговічність механізмів з маховиком.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де схематично зображені:

Рис 5.5 - розріз маховика;

Рис 5.6 - А-А

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

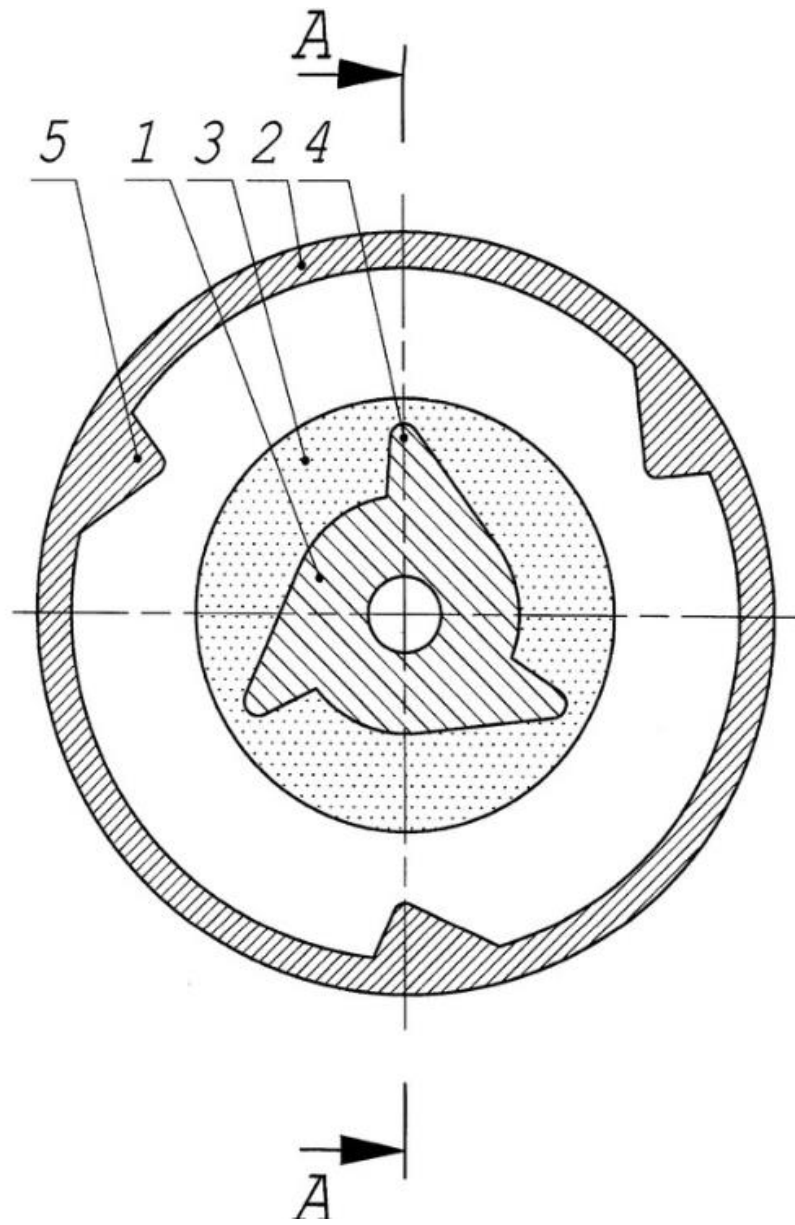


Рис 5.5 - розріз маховика;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП51(1).5432.000ПЗ

Арк.  
40

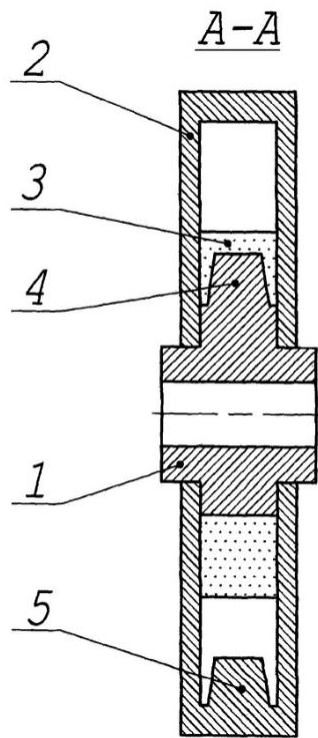


Рис 5.6 - Розріз маховика;

Маховик містить маточину (ступила) 1, що володіє властивостями магніту, на якій герметично закріплений порожнистий корпус 2, виконаний з магнітоінертного матеріалу, наприклад з полімерокомполітного або кольорового металу. Всередині корпус 2 частково заповнений магнітоактивного дрібнофракційних наповнювачем 3, наприклад дрібні сталеві кульки або чавунна стружка, магнітовзаємодіюючі з маточиною 1. На зовнішній поверхні маточини 1, всередині корпусу 2, є виступи 4, а на внутрішній поверхні обода корпусу 2 є виступи 5, при цьому кути передніх і задніх поверхонь виступів 4 і 5 можуть бути різні. Інший варіант виконання маховика: маточина 1 - звичайна конструкційна сталь, а наповнювач 3 - магнітний порошок. Для зміни наповнювача передбачена пробка (на кресленні не показана).

В динаміці робота маховика полягає в наступному: при обертанні маховика наповнювач 3, подолавши сили тяжіння магнітної маточини 1, обертаючись разом з корпусом 2 за рахунок відцентрової сили, рівномірним шаром притискається до внутрішньої поверхні обода корпусу 2, тим самим змістить центр ваги маховика до

периферії, збільшивши маховою момент інерції маховика. При цьому виступи 4 маточини 1 посилять аеродинамічні процеси при обертанні наповнювача 3, а виступи 5 на ободі корпусу 2 рівномірним шаром розподілять наповнювач 3 по периферії маховика, тим самим автоматично сцентрірують маховик.

Згідно з попередньою опрацюванні пропонуване конструктивне рішення, що заявляється, маховика значно зменшить масу маховика, спростить конструкцію маховика, при цьому підвищиться ККД і довговічність механізмів за рахунок зменшення вібраційних процесів.

Маховик, що містить закріплений на валу корпус, всередині якого є радіально переміщаються елементи, що відрізняється тим, що маточина маховика виконана з матеріалу, що володіє властивостями магніту, а порожнистий корпус з ободом - з матеріалу, який не володіє властивостями магніту, при цьому порожнистий корпус частково заповнений сипучим матеріалом, взаємодіє з магнітом, наприклад, сталевими кульками або чавунної стружкою, а на зовнішній утворює поверхні маточини і внутрішньої утворює поверхні обода всередині корпусу маховика є ви ступи, передня і задня поверхні яких з різними кутами нахилу.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновок патентного огляду

Після проведення патентного огляду зроблено висновок, що найбільш доцільно є модернізація маховика є винахід № 2439394.

Переваги даного винаходу полягають у тому, що можна зменшити затрати на електроенергію і організацію виробництва, також підвищити ефективність дроблення при інтенсивному дробленні і .

Переваги щелепної дробарки з простим хитанням щоки полягають у високій продуктивності, стабільності та надійності у роботі, простоті в обслуговуванні, а також у великій зносостійкості футеровки.

Саме через ці переваги дробарки набули широкого використання у промисловості по виробництву будівельних матеріалів.

- розглянуто технологічну схему подрібнення сірчаого колчедану;
- визначено, що щелепна дробарка відіграє невідемливу роль у подрібненні колчелану.
- розглянуто принципи роботи сучасного дробильного обладнання.
- ми розглянули головні недоліжки і переваги щокової дробарки.

Провели параметричні розрахунки для щокової дробарки:

- Визначили кут захвату;
- Визначили конструктивні параметри дробарки;
- Проверли розрахунок маховика.

Провели кінематичний розрахунок для щокової дробарки:

- Визначили число обертів валу;
- Провели розрахунок клинопасової передачі ;
- Взначили потужність двигуна.

Розрахували деталі на міцність та жорсткість:

- Визначили зусилля, які діють в деталях і вузлах дробарки;
- Провели розрахунок шатуна;
- Провели розрахунок розпірних плит;

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Провели розрахунок приводного валу;
- Провели розрахунок запасу міцності валу.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Будь-яке реальне виробництво, супроводжується шкідливими та небезпечними чинниками (факторами) і має певний ризик. Запровадження нових технологій та процесів, що спрямовані на полегшення праці чи підвищення її безпеки, часто пов'язане з появою нових чинників, що є загрозою життю та здоров'ю працюючих. Тому розроблені безпечні, нешкідливі умови для працівників під час виконання ними трудових обов'язків.

Основою створення безпечних умов праці є чіткі знання небезпечних і шкідливих факторів, пов'язаних з конкретним виробництвом, їх впливу на організм людини, вимог нормативних документів щодо обмеження цього впливу і методів захисту працюючих. Темою дипломного проекту є «Модернізація щелепної дробарки з простим хитанням щоки». Установку обслуговує оператор, який знаходиться в цеху, площа якого  $S = 50 \text{ м}^2$  і об'єм  $V = 130 \text{ м}^3$ . Лінія знаходиться на стадії експлуатації.

Небезпечними і шкідливими виробничими факторами є:

- безпека враження електричним струмом;
- шум і вібрація;
- промислове освітлення;
- пожежна безпека;

### 6.1 Безпека враження електричним струмом

Устаткування дробарки, що розробляється в проекті буде знаходитись в сухому приміщенні з нормальною температурою і вологістю повітря. Підлога приміщення залізобетонна.

Електричне устаткування на проектованій установці живиться від 3-х фазної провідної електричної мережі перемінного струму з глухо заземленою нейтраллю напругою 220/380 В і частотою 50 Гц.

Основні причини враження електричним струмом наступні:

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- поява напруги на відключених струмоведучих частинах, на яких працюють люди, унаслідок помилкового включення установки;

- виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання проводу на землю;

- поява напруги на металевих конструктивних частинах електроустановки - корпусах, кожухах і т.д. у результаті ушкодження або старіння ізоляції та з інших причин;

- випадковий дотик чи наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, що знаходиться під напругою.

Відповідальність за своєчасне забезпечення працівників і комплектування електроустановок засобами захисту згідно з нормами комплектування, за організацію належних умов зберігання, створення необхідного запасу, своєчасне проведення періодичних оглядів і випробувань, вилучення непридатних засобів та організацію обліку несе власник цих засобів.

Основними технічними заходами щодо попередження електротравм при замиканнях на корпус є захисне заземлення, занулення, захисне відключення. Заземлення в електроустановках — це навмисне з'єднання елементів електроустановки, які не знаходяться під напругою, з глухо заземленою нейтраллю генератора чи трансформатора в мережах трифазного струму, з глухо заземленим вводом джерела однофазного струму, з глухо заземленою середньою точкою джерела в мережах постійного струму. Заземлення установки виконується відповідно до ГОСТ 12.1. 030-81.

Опір ізоляції повинен бути не менше 0,5 МОм.

Електрична апаратура, встановлена всередині робітничих приміщень, повинна мати ступінь захисту  $I_p = 51$  (ГОСТ 14254-80).

Ізоляція провідників виміряється мегаамперметром

П044Т У25-0.4-1970-80.

Основні заходи і засоби від ураження електричним струмом:

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ізоляція струмопровідних частин пульта керування, як ізолюючий матеріал вибираємо поліхлорвініл ( питомий електричний опір  $10^4$  МОм·м, пробивна напруга 6-15 кВ/см );

- недоступність струмоведучих частин – розміщення їх на недосяжній висоті або за огорожею;

- електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;

- в аварійному режимі застосовується захисне занулення;

- рубильники включення замкнені в спеціальних шафах;

- орієнтація в установках – маркування для розпізнавання призначення і приналежності частин обладнання, кабелів і проводів, застосування попереджувальних сигналів, надписів, табличок для вказання на ввімкнений стан обладнання, знаків високої напруги для попередження враження струмом.

- при роботі з електроінструментом, потрібно застосовувати індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і калоші, гумові килимки, ізольовані підставки.

Забороняється:

- проводити роботи на незанулених вузлах лінії;

- проводити ремонт лінії без вимкнення електричної мережі;

- залишати лінію, що працює без нагляду;

- допускати до роботи людей, які не пройшли навчання і не були ознайомлені з правилами техніки безпеки на виробництві.

З метою запобігання травм рекомендується вживати наступних заходів обережності:

- рубильники вмикання установки повинні знаходитися в спеціальній шафі;

- силові кабелі помістити в спеціальні захисні металеві рукава;

- передбачити спеціальне захисне відключення установки у випадку попадання людини під напругу;

- на панелі управління передбачити спеціальні лампи включення установки.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимоги до засобів захисту, їх конструкції та обсягів і норм випробувань, порядку застосування і зберігання, комплектування засобами захисту електроустановок та виробничих бригад виконано у відповідності до вимог ДНАОП 1.1.10-1.07-01 "Правила експлуатації електрозахисних засобів" (у подальшому Правила). Засоби захисту, що використовуються в електроустановці, відповідають вимогам чинних державних стандартів, технічних умов щодо їх конструкції.

Електрозахисні засоби зберігаються у приміщеннях в спеціально відведених місцях сухими і чистими, в умовах, що виключають можливість їх механічного ушкодження, шкідливої дії вологи, агресивного середовища, масла тощо.

## 6.2 Шум і вібрація

Джерелом шуму при роботі обладнання є електродвигуни. Загальний рівень шуму становить  $L = 96 - 98$  дБА.

Для зменшення виробничого шуму передбачено проведення наступних заходів:

- встановлення екранів ( $\Delta L = 15$  дБА);
- своєчасне змащування всіх поверхонь, що труться ( $\Delta L = 6$  дБА);
- своєчасний ремонт всіх механічних вузлів за регламентом ( $\Delta L = 8$  дБА).

Фактичні показники шуму 70 дБА, що відповідає ДСН 3.36.037-99.

Персонал, що обслуговує насосне відділення, забезпечити індивідуальними засобами захисту – м'які прогумовані вкладиші, тампони з ебоніту чи гуми, які знижують шум на 18-20 дБА.

Джерелом вібрації являються електродвигуни і рухомі частини лінії. Вібрації виникають внаслідок неточності установки рухомих частин, нещільного з'єднання корпусів рухомих частин до фундаменту.

Рівень технологічної вібрації у приміщенні не перевищує 90 дБ при частоті 4 Гц, що відповідає ДСН 3.36.039 – 99.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це досягається наступними заходами:

- обладнання лінії встановлено на фундаменти, маса яких набагато перевищує масу встановленого обладнання;
- використання гумових прокладок в якості амортизаторів;
- проектування додаткових ребер жорсткості.

Для захисту рук від впливу загальної вібрації передбачене взуття на товстій гумовій підшві, відповідно до ГОСТ 12.4.002-74.

Для контролю рівня шуму і вібрації передбачений прилад ВШВ-003 і шумо-віброзамірний комплекс ШВК-1.

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

### **6.3 Промислове освітлення**

Природне і штучне освітлення в приміщеннях регламентується нормами СНиП 11-4-79 залежно від характеристики зорової роботи, найменшого розміру об'єкта розрізнення, розряду зорової роботи (I-VIII), системи освітлення, характеристики фону, контрасту об'єкта розрізнення з фоном.

У денний час у приміщенні операторської передбачено природне освітлення. В операторській є 2 вікна розмірами 1,5x2,3 м. Відповідно БНіП, роботи, які виконуються в операторській, відносяться до IV розряду зорових робіт, підрозділу зорових робіт – в.

У темний час доби використовують штучне освітлення. Освітленість при загальному штучному освітленні для IV розряду зорових робіт складає 200 лк. Для визначення кількості світильників та їх кількості потрібно провести розрахунок штучного освітлення.

Розрахунок штучного освітлення операторської

Обираємо лампу ЛБ-40, потужністю 40 Вт, світловий потік 2850 лм, світильник ЛПО 02-20x40/П-20, довжина 1213,6 мм.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідну кількість світильників знаходимо за формулою:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{n \cdot F_{\text{л}} \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2 \cdot 2850 \cdot 0,57} = 5,$$

де  $n = 2$  – кількість ламп у світильнику;

$F_{\text{л}} = 2850$  лм – світловий потік лампи типу ЛБ-40;

$S = 50$  м<sup>2</sup> – площа освітлюваного приміщення операторської;

$k = 1,5$  – коефіцієнт запасу для виробничих приміщень з повітряним середовищем;

$z = 1,1$  – коефіцієнт нерівномірного освітлення;

$E = 200$  лк – необхідна освітленість робочої поверхні;

$\eta = 0,57$  – коефіцієнт використання світлового потоку.

Отже для освітлення операторської буде достатньо 5 світильників. В такому випадку освітлення буде відповідати нормам ДБНВ 2.5.28-2006.

#### 6.4 Пожежна безпека

Пожежна небезпека і вибухонебезпека в цеху рекуперації парів ацетону присутня з причини можливості утворення в повітрі вибухових газових сумішей внаслідок “проскоку” газових викидів у верхній частині адсорбера в результаті осадження вугілля, внаслідок самозагорання вугілля.

У кабіні оператора осередком займання являється електропроводка та дерев’яні предмети облаштування (стіл, стілець, двері і т.п. ), в зв’язку з чим найменша температура займання становить 400 °С .

Відповідно ОНТП 24-86 виробництво належить до категорії “Д” пониженої пожежонебезпеки.

Усі електричні машини, апарати і прилади, розподільні пристрої, трансформаторні і перетворювальні підстанції, елементи електропроводки, струмоводи, світильники тощо використовуються у виконанні, яке відповідає класу зони з пожежовибухонебезпеки, тобто мають відповідний рівень і вид

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вибухозахисту або ступінь захисту оболонок згідно ГОСТ 14254, ПУЭ і ДНАОП 0.00-1.32-01; вогнестійкість будівлі та споруди відповідно СНиП 2.01.02-85.

Потрібні величини протипожежних відстаней відповідно додатку 3.1 до ДБН 360-92.

Кількість евакуаційних виходів із приміщень та з кожного поверху будівель, прийнято за СНиП 2.09.02-85, не менше двох. Евакуаційні виходи розташовуються розосереджено. Ширина шляхів евакуації в світлі не менша 1 м, висота проходу - не менша 2 м. Влаштування гвинтових сходів на шляхах евакуації не допускається. Між маршами сходів необхідно передбачати горизонтальний зазор не менше 50 мм (0,05 м).

Двері на шляху евакуації відкриваються за напрямком виходу з приміщення. Улаштування розсувних та в'їзних дверей на шляхах евакуації не допускається. Мінімальна ширина дверей на шляхах евакуації повинна бути 0,8м. Ширина зовнішніх дверей сходових кліток повинна бути не менша ширини маршу сходів.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу із приміщення безпосередньо назовні або на сходову клітку не перевищують значень, наведених у СНиП 2.09.02-85.

Необхідний час евакуації людей із виробничих будинків встановлено в СНиП 2.09.02-85.

Згідно СН 305-74 приміщення обладнане блискавковідводами, що захищають від прямих ударів блискавки.

Для запобігання поширення полум'я на установку рекуперації у випадку пожежі на основному виробництві передбачена вогнеперешкода. Для погашення палаючого вугілля до адсорбера підведено протипожежну воду, азот. Також передбачена обвідна лінія на установці.

Для гасіння пожеж передбачені ручні вогнегасники ВП-4(3) – робочий тиск у корпусі 1,3 МПа·см<sup>2</sup>, температури експлуатації -20...+50°С, термін придатності – 10 років.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У приміщенні передбачена пожежна сигналізація - теплові пожежні сповіщувачі. Інформація з сповіщувачів надходить на загально-цехову станцію. Також передбачені протипожежні щити і шухляди з піском.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

## 7 ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

### 7.1 Технологія виготовлення деталі

Кришка підшипника - відноситься до деталей класу втулок. Вона утворена зовнішніми і внутрішніми поверхнями обертання. Кришка виконує роль опори при обертанні інших деталей у складальному вузлі. Знаходиться на ексцентриковому валі. Заготовку для виставлення кришки отримуємо ливарним способом.

Матеріал для виготовлення “ Корпус підшипника ” – Сталь 45 ГОСТ 977-88

Сталь 45 - сплав заліза з вуглецем та з іншими елементами. Сталь містить не більше 2,14% вуглецю (при більшій кількості вуглецю утворюється чавун). Вуглець надає сплавам заліза міцність.

Ескіз заготовки корпусу підшипника показаний на Рис.1.1.

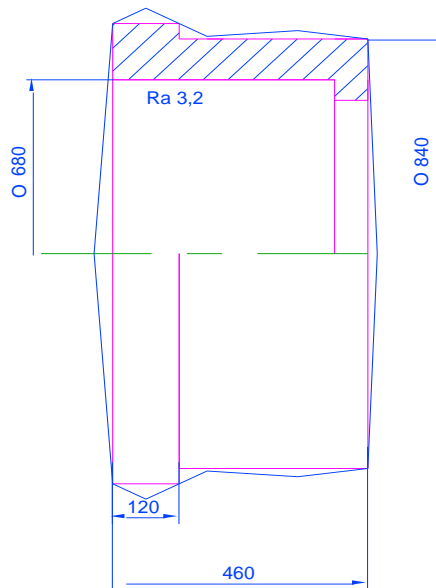


Рис.7.1 Ескіз заготовки

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 7.1.2 Опис та призначення деталі

Корпусні деталі призначені для розміщення в них складальних одиниць і деталей. Вони повинні забезпечувати сталість точності відносного положення деталей і механізмів, як в статичному стані, так і при експлуатації машини, тому володіють достатньою жорсткістю. Корпусні деталі мають основні базують поверхні, як правило, у вигляді площин, якими вони приєднуються до станини та іншим корпусам. Додатково до корпусним деталям пред'являють вимоги по зносостійкості, мінімальним деформацій при змінній температурі, герметичності, зручності монтажу і демонтажу деталей. Допуск співвісності отворів задають в межах половини поля допуску на діаметр найменшого отвори, конусоподібні і овальності не більше 0,3-0,5 поля допуску на відповідний діаметр. Часто відповідні стандарти регламентують допустимі відхилення, міжосьові відстані і паралельність осей зубчастих коліс в передачах.

### 7.1.3 Технологічний процес виготовлення деталі

Процес виготовлення корпуса підшипника наводимо в маршрутній карті та операційних картах. Схема базування заготовки і типу установочних елементів визначенні технологом.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



хрестоподібному пазу рейок встановлюються і закріплюються гвинтами прями чи зворотні накладні кулачки.

### 7.2.2 Розрахунок пристосування

Під час виконання свердлільних операцій на оброблювану поверхню деталі діють різнонаправлені сили та моменти.

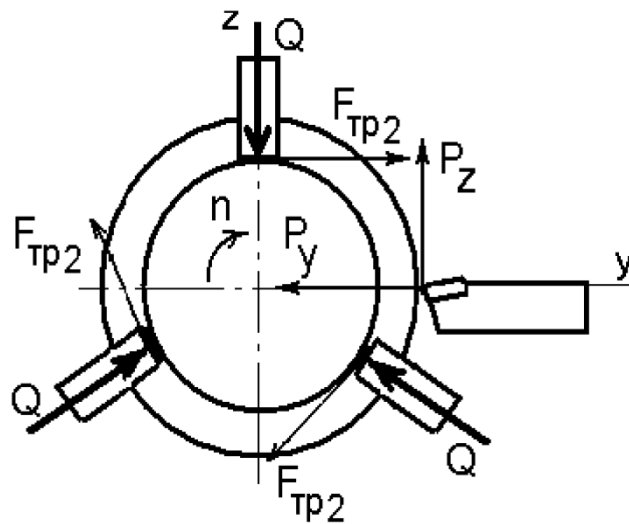


Рис. 2.2 Схема сил закріплення

Розглянемо дію зовнішніх збурюючих сил. Окружна сила  $P_Z$  - має найбільшу абсолютну величину при точінні і діє подотичній до заготовлі. Вона намагається повернути заготовку навколо її осі. Радіальна сила  $P_Y$  - залежно від умов обробки складає  $0,3 \dots 0,9P_Z$  і діє по нормалі до оброблюваної поверхні від периферії доцентру заготовки. Їй протидіють реакції з боку кулачків. Так як радіальна сила не викликає зміщення заготовки то, звичайно, на розрахунковій мсхемі реакції не показуються. Осьова сила  $P_X$  - залежно від умов обробки складає  $0,1 \dots 0,7 P_Z$  і діє на заготовку в напрямку подачі інструменту. При цьому вона намагається змістити заготовку уздовж осі.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Закріплення заготовки здійснюється силою закріплення  $Q$ , яка прикладається до заготовки від кулачків патрона. При цьому значення сили закріплення повинно бути таким, щоб виключалася можливість повороту заготовки в патроні від дії окружної сили, її зсув уздовж осі, викликаний осьовою силою.

Можливість повороту заготовки навколо осі  $OX$  в патроні і її зсуву вздовж осі  $OX$  виключається завдяки дії сил тертя  $F_1$  і  $F_2$ . Вони виникають в результаті дії сили закріплення в місці контакту кулачків патрона з базовою поверхнею заготовки. Причому її частина  $Q_1$  протидіє повороту заготовки навколо її осі, а  $Q_2$  протидіє зміщенню заготовки вздовж осі.

Тоді сила закріплення становитиме:

$$Q = k \sqrt{Q_1^2 + Q_2^2}; \quad (1)$$

де  $Q_1$  - частина сили закріплення протидіюча повороту заготовки навколо осі;

$Q_2$  - частина сили закріплення протидіюча зміщенню заготовки вздовж осі;

$k$  - коефіцієнт запасу.

Значення коефіцієнта запасу  $k$ , в залежності від конкретних умов виконання технологічної операції визначається за формулою.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6,$$

де  $k_0 = 1,5$  - гарантований коефіцієнт запасу;

$k_1$  - коефіцієнт враховує збільшення сил різання через випадкових нерівностей на оброблюваних поверхнях заготовки. При чистової обробки  $k_1 = 1,0$ ;

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$k_2$  - коефіцієнт враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення інструменту (вибираємо по таблиці залежно від методу обробки і матеріалу заготовки:  $k_2 = 1,2$ ;

$k_3$ - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривистому різанні: Для безперервного різання  $k_3 = 1,0$ ;

$k_4$  - коефіцієнт що характеризує сталість сили, що розвивається затискним механізмом: для механізованих приводів  $k_4 = 1,0$ ;

$k_5$  - коефіцієнт, що характеризує ергономіку немеханізованого затискного механізму (зручність розташування органів затиску і т. д.): для механізованих приводів  $k_5 = 1$ .

$k_6$  - вводиться в розрахунок тільки при наявності моментів, які прагнуть повернути заготовку, встановленої плоскою поверхнею на опори.  $k_6 = 1,2$ .

У даному випадку коефіцієнт  $k$  дорівнює:

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 2,16$$

Для забезпечення нерухомості заготовки під дією всіх зовнішніх сил складемо рівняння статичної рівноваги.

$$\sum M_{Ox} = nF_{TP1} \frac{D_2}{2} - P_z \frac{D_1}{2} = 0; \quad (2)$$

$$\sum P_{Ox} = nF_{TP2} - P_x = 0; \quad (3)$$

де  $n$  - число кулачків патрона, для трикулачкового патрона  $n = 3$ ;

$D_1$ -діаметр оброблюваної поверхні;

$D_2$  - діаметр базової поверхні.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як бачимо, у двох рівняннях повністю компенсовано дію всіх зовнішніх збурюючих сил (складових сили різання). З об'ємних сил діє тільки вага заготовки, яка має значно меншу величину ніж інші зовнішні сили. Підставами в рівняння (2) і (3) значення сили тертя.

$$F_{тр} = fQ; \quad (4)$$

де  $f$  - коефіцієнт тертя.

Коефіцієнт тертя  $f$  між заготовкою і кулачками залежить від стану їх робочої поверхні. Прийmemo  $f = 0,5$ .

Тоді:

$$\sum M_{ox} = 3fQ_1 \frac{D_2}{2} - P_z \frac{D_1}{2} = 0; \quad (5)$$

$$\sum P_{ox} = 3fQ_2 - P_x = 0; \quad (6)$$

З рівнянь (5) і (6) знаходимо:

$$Q_1 = \frac{P_z D_1}{3f D_2}; \quad (7)$$

$$Q_2 = \frac{P_x}{3f}; \quad (8)$$

Підставляючи значення з рівнянь (7) і (8) в рівняння (1) отримаємо формулу для розрахунку сил закріплення.

$$Q = k \sqrt{\left(\frac{P_z D_1}{3f D_2}\right)^2 + \left(\frac{P_x}{3f}\right)^2}$$

Підставимо у формулу всі вихідні дані:

$$Q = 2.16 \sqrt{\left(\frac{134 \cdot 840}{3 \cdot 0.5 \cdot 680}\right)^2 + \left(\frac{67}{3 \cdot 0.5}\right)^2} = 257 \text{ Н.}$$

### Висновки технології машинобудування

В розділі технологія машинобудування було розроблено технологічний процес виготовлення деталі – корпуса підшипника і вибрано пристосування для однієї з операцій виготовлення деталі.

У процесі виконання роботи вирішено такі завдання, як: розробка технології виготовлення деталі „корпус підшипника”, в яку входить вибір методу отримання заготовки, вибір устаткування і інструментів для всіх операцій.

В процесі зроблено креслення пристосування «Універсальний трьохкулачковий патрон.», розроблено операційні карти та маршрутну карту і специфікації. За допомогою пристосування зменшиться час налагодження устаткування та як наслідок скоротяться терміни і собівартість підготовки виробництва.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВОК

В результаті виконання дипломного проекту отримано наступні результати розробки і проектування щелепної дробарки.

1. Розглянуто принципи роботи і конструкції щелепної дробарки.
2. Проаналізовано технічні параметри і характеристики щелепної дробарки; визначено їх технічні переваги та недоліки.
3. Виконано ряд інженерних розрахунків, необхідних для розробки і проектування щелепної дробарки, згідно з технічним завданням.
4. На основі виконаних патентних досліджень модернізовано маховик.
5. Розроблено і спроектовано щелепну дробарку з модернізацією маховика.

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гірничо збагачувальні комбінати України: <http://energosteel.com/uk/gok-gorno-obogatitelnye-kombinaty/>
2. Обґрунтування та визначення раціональних параметрів гідравлічної дробарки, що застосовується на збагачувальних фабриках: <http://masters.donntu.org/2014/fimm/simonenko/diss/indexu.htm#ref1>
3. Щокова дробарка:  
[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A9%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%B2\\_%D0%B0\\_%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%B0](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A9%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%B0_%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%B0)
4. Щоківі дробарки: пристрій, принцип роботи, переваги і недоліки:  
<http://grand-view.info/shhokovi-drobarka-pristrij-printsip-roboti-perevagi-i-nedoliki.html>
5. Щербина В.Ю., Конструкторське проектування обладнання. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 83 с.  
URL:<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25669>
6. Коваленко І.В, Малиновський В.В “Розрахунки основних процесів машин та апаратів хімічних виробництв”-к.: Норіта – плюс, 2007 р.- 216 стр. іл. – бібліор.:С.209
7. Анурьев В.И. „Справочник конструктора машиностроителя”: В 3т. Т.1. – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н.Жестковой – М.: Машиностроение, 2001.-920с.: ил
8. Сапожников М.Я. : „Механическое оборудование гпредприятий строительных материалов, изделий и конструкций". Учеб. для строительных вузов и факультетов ; М;. Высш. шк. 1971 - 382с.
9. Сапожников М.Я., Дроздов Н.Е.: „Справочник по оборудованию заводов строительных материалов, изделий и конструкций": - М: 1959, - 470с
10. Сапожников М.Я. „Машины и аппараты промышленности строительных материалов": МашГИЗ, 1978- 112с

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.Л. „Расчет и проектирование деталей машин“: Учебное пособие для технических вузов - 3-е изд., перераб. и доп. - х.: Основа, 1991.-276с: схем.
12. Анурьев В.И. „Справочник конструктора машиностроителя“: В 3т. Т. 1. -8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н.Жестковой - М: Машиностроение, 2001.-920с: ил.
13. Маховика зі змінним розподілом мас, патенту К. А. Лерхе, заявленому 12 квітня 1928 роки (ваяв. свид. No 26498). Про видачу патенту опубліковано 31 травня 1929 року.
14. Підвіска горизонтального маховика інерційний аккумулятора 174969, Оголошене 24.1X.1964 (1 922340 / 25-27). Автор винаходу Н. В. Гуліа
15. Маховик. заявка: 1950447, 1973.07.27. Опубліковано: 1982.06.23. автори: Зінов'єв М.Т. Кисельов О. М. Зінов'єва Т. М.
16. Супермаховик Спирякова. Заявка: 4863903/28, 1990.09.04 Опубліковано: 1995.02.20. Автор: Спиряков Геннадій Миколайович
17. Маховик. № 2439394 Подача заявки: 2010-~~6~~-12. Публікація патенту: 10.01.2012. Автор: Смердів Геннадій Георгійович.
18. Щербина В.Ю., Дегодя Т. В., Новохатська Ю. М. Підвищення ресурсу роботи бандажів обертових печей // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. - 2016. - № 1. - С. 110-115. DOI: <https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2016.77978>

					ЛП51(1).5432.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

## ДОДАТОК

### Таблиця розглянутих патентів

№	Предмет	Країна видачі, вид та	Суть заявленого
1.	Маховика зі змінним розподілом мас.	патенту К. А. Лерхе, заявленому 12 квітня 1928 роки (ваяв. свид. No26498). Про видачу патенту опубліковано 31 травня 1929 року. 26498). Про видачу патенту опубліковано 31 травня 1929 року.	Відрізняється тим, що на обід В маховика є відлитий з ним за одне ціле або нерухомо на ньому закріплений противагу М і три переміщуються в радіальних палправляющих До L пружинних противаги з масам N, С і О, призначені автором при великих кутових швидкостях для уравповешіванія противаги М і усунення його шкідливої дії.  h <a/2, H> a / 2,

2.	Підвіска горизонтального маховика інерційного акумулятора	174969, Оголошене 24.1X.1964 (1 922340 / 25-27). Автор винаходу Н. В. Гуліа	Відрізняється тим, що маховика інерційного акумулятора застосований постійний кільцеподібний магніт, забезпечений гільзою з гвинтовою нарізкою, ввинченній в кожух, а для фіксації зазору встановлені стопорні болти. Це дозволяє розвантажити підшипники від ваги маховика, підвищуючи тим самим ККД інерційного акумулятора.
3.	Маховик	Авторське свідоцтво заявка: 1950447, 1973.07.27. Опубліковано: 1982.06.23. автори: Зінов'єв М.Т. Кисельов О. М. Зінов'єва Т. М.	При наявності струму в соленоїді в результаті взаємодії куль з електромагнітним полем виникає зусилля, втягує їх у соленоїд і впливає на їх прослизання щодо один одного. В результаті цього змінюється характер відносного руху куль і обода, що призводить до зміни моменту інерції маховика. Таким чином, регулюючи силу струму в обмотці.

4.	Супермаховик Спирякова	Авторське свідоцтво Заявка: 4863903/28, 1990.09.04. Опубліковано: 1995.02.20. Автор: Спіряков Геннадій Миколайович	кожна тяга виконана у вигляді пари тросів, один кінець кожного з них закріплений на одному компенсаторі, а інший на сусідньому компенсаторі. При цьому тяги охоплюють по периметру обід супермаховика і розвантажують його від дії відцентрових сил, що прагнуть розірвати цей обід. Це дозволяє підвищити частоту обертання супермаховика, щільність накопиченої в ньому енергії і ефективність застосування супермаховика як накопичувача механічної енергії.
----	---------------------------	--	---

5.	Маховик.	Авторське свідоцтво № 2439394. Подача заявки: 2010-05-12. Публікація патенту: 10.01.2012. Автор: Смердів Геннадій Георгійович.	Відрізняється тим, що маховик, який містить закріплений на валу корпус, всередині якого радіально розташовані циліндри з поршнями, об'єднані кільцевої камерою, заповненою робочим тілом, сполученої з циліндрами, має маточину маховика, виконану з матеріалу, що володіє магнітними властивостями, порожнистий корпус з ободом з магнітоінертного матеріалу. Порожній корпус частково заповнений дрібнофракційних магнітоактивного наповнювачем. На зовнішньої утворює поверхні маточини і внутрішньої утворює поверхні обода всередині корпусу маховика є виступи, передня і задня поверхні яких з різними кутами нахилу. Причому маточина маховика може бути виконана зі звичайної конструкційної сталі, наповнювач з магнітного порошку, а корпус і обід з магнітоінертного матеріалу.
----	----------	--	---













Дцдл.																				
Взам.																				
Подл.																				

1 1

Розроб.	Савенко Д.Д.																			
Перев.	Бррицук С.О.																			
М. експ.																				
Н.контр.																				

Корпус підшипника

Найменування операції	Матеріал	Твердість		ЕВ	МД	Профіль и розміри		МЗ	КОИД
Сверлильна	Сталь 45								
Обладнання, пристрій 16К20	Обозначення програми	Т <sub>о</sub>	Т <sub>в</sub>	Т п.з.	Т шт.	СОЖ			
Токарно-револьверний станок 16К20						-			

Р		ПИ	Д или В	L	f	i	S, мм/об	n	v
О	Встановити і закріпити заготовку								
Т	Кондуктор								
О	Сверління отворів φ60								
Т	Сверло								
Р									
О	Зняти заготовку								

OK







