

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

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____Олександр Сокольський

«_____» _____ 2024 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів»

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему: Конусна дробарка середнього подрібнення з модернізацією конуса

Студент (-ка) IV к, групи ЛП-02
(шифр групи)

Дегтярьов Максим Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник проекту:

_____асистентка, Гур'єва Л.Н.

(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти з питань

МОДЕРНІЗАЦІЇ: д.т.н., проф. Щербина В.Ю.

ТЕХ. МАШ.: ст. викл. Борщик С.О.

ОХОРОНИ ПРАЦІ: ст. викл. Ковтун А.І.

РЕЦЕНЗЕНТ _____

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

Студент (-ка) _____

Київ 2024 рік

РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему «Конусна дробарка середнього подрібнення з модернізацією конуса».

Об'єкт розробки – конусна дробарка середнього подрібнення.

Мета проекту – визначення недоліків існуючих конструкцій конусних дробарок середнього подрібнення та пошук технологічного рішення проблеми.

Методи розробки та проектування: чисельні, розрахункові, аналітичні, проектувальні та комп'ютерне моделювання.

У процесі розробки та проектування конусної дробарки на основі аналітичних оглядів, науково-технічної літератури, конструкторської та нормативної документації, інженерно-технічних розрахунків та патентного пошуку виконано наступну роботу:

1) були вивчені структура та принцип роботи конусної дробарки середнього помелу, а також проаналізовано технічні параметри та характеристики всієї конусної дробарки;

2) виконано деякі інженерні розрахунки, необхідні для розробки та проектування конусної дробарки згідно технічного завдання;

3) в результаті проведення патентного огляду було обрано модернізацію рухомого конуса;

4) з використанням програмного комплексу ANSYS було проведено розрахунок модернізованого конуса на міцність з урахуванням статичних навантажень, в результаті чого було підтверджено його працездатність.

КОНУСНА ДРОБАРКА, ЩЕБІНЬ, ГІРАЦІЙНИЙ РУХ, РУХОМИЙ
КОНУС, РОЗРОБКА, ПРОЕКТУВАННЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ,
ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

ABSTRACT

Diploma project on the topic "Cone crusher of medium grinding with modernization of the cone".

The object of development is a cone crusher of medium grinding.

The purpose of the project is to determine the shortcomings of the existing designs of cone crushers of medium grinding and to find a technological solution to the problem.

Development and design methods: numerical, calculation, analytical, design and computer modeling.

In the process of developing and designing a cone crusher based on analytical reviews, scientific and technical literature, design and regulatory documentation, engineering and technical calculations and patent search, the following work was performed:

- 1) The structure and principle of operation of the cone crusher of medium grinding were studied, as well as the technical parameters and characteristics of the entire cone crusher were analyzed;

- 2) Performed some engineering calculations necessary for the development and design of a cone crusher according to the technical task;

- 3) As a result of the patent review, the modernization of the moving cone was chosen;

- 4) Using the ANSYS software complex, the strength of the modernized cone was calculated taking into account static loads, as a result of which its efficiency was confirmed.

CONE CRUSHER, CRUSH, ROTARY MOVEMENT, MOVABLE CONE, DEVELOPMENT, DESIGN, MODERNIZATION, CALCULATIONS, PATENT EXAMINATION

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

N - потужність двигуна, кВт;

η - ККД приводу;

n - кількість обертів, об/с;

V - швидкість руху, м/с;

ρ - густина матеріалу, кг/м³;

m - маса, кг;

d - діаметр, м;

e_{ϵ} - ексцентриситет валу, м;

S - хід рухомого конуса, м;

P_p - продуктивність конусної дробарки, т/год;

D_{cp} - середній розмір кусків матеріалу, що поступають на подрібнення, м;

d_{cp} - середній розмір кусків готового продукту, м;

μ - коефіцієнт розпушування матеріалу;

u - передаточне число;

$M_{кр}$ - крутний момент, Н·м;

Q - зусилля, Н;

F - сила, Н;

P - тиск, Па.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. Опис технологічної лінії виробництва гранітного щебню.....	4
2. Технічна характеристика конусної дробарки.....	7
3. Опис конструкції та принцип роботи конусної дробарки середнього подрібнення.....	8
4. Огляд літератури та патентів.....	13
4.1. Огляд літератури.....	13
4.2. Патентний огляд.....	14
4.3. Обґрунтування напрямку модернізації.....	30
5. Розрахунки.....	31
5.1. Параметричні розрахунки.....	31
5.2. Кінематичні розрахунки дробарки.....	33
5.2.1. Кінематичний розрахунок привода.....	33
5.2.2. Кінематичний розрахунок клинопасової передачі.....	33
5.2.3. Кінематичний розрахунок конічної зубчастої передачі.....	36
5.3. Розрахунки на міцність.....	38
5.3.1. Розрахунок на міцність вертикального вала.....	38
5.3.2. Розрахунок на міцність клиноремінного шківа.....	41
5.3.3. Розрахунок на міцність зубчастої передачі.....	41
5.4. Розрахунок модернізованої моделі конуса на міцність.....	43
6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	49
6.1. Виробничий шум.....	49
6.2. Електробезпека.....	50
6.3. Пожежна безпека.....	51
6.4. Виробниче освітлення.....	51

					ЛП02.063116.002 - 70 ПЗ										
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Конусна дробарка середнього подрібнення з модернізацією конуса					Літерат.	Лист	Листів			
Разроб	Дегтярьов													1	
Перевірів	Гур'єва														
Н. Контр.															
Затвердив	Сокольський									КПІ ім. Ігоря Сікорського					

6.5. Повітря робочої зони.....	52
7. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	53
7.1. Опис деталі та її призначення.....	53
7.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі.....	55
7.3. Призначення пристосування для обробки деталі.....	56
ВИСНОВКИ.....	60
ЛІТЕРАТУРА.....	61
ДОДАТКИ.....	64

ВСТУП

Конусна дробарка - це дробарка, у якій матеріал дроблять, стискаючи його між поверхнями конусів, розташованих один в одному та протилежно направлених вершинами, внутрішній з яких є обертовим [1]. Конусна дробарка є дуже розповсюдженим агрегатом для подрібнення сипучих гірських порід, каміння та інших гранульованих матеріалів [2-3].

Головною **перевагою** конусних дробарок є безперервність робочого процесу, що забезпечує високу продуктивність при низьких енерговитратах. Кругла форма подрібнювальних частин машини сприяє зниженню енерговитрат, причому матеріал руйнується не тільки шляхом дроблення, але також шляхом деформації згину та зсуву (сколювання), що споживає менше енергії.

Головним **недоліком** конструкції конусної дробарки є швидке зношування робочої поверхні конуса, яка являється основною поверхнею дроблення із найбільшою інтенсивністю подрібнення. Даний недолік негативно впливає на термін експлуатації конусної дробарки.

В матеріалі, який подається на дроблення до робочої зони конусної дробарки, трапляються дуже тверді гранули, через це робоча поверхня подрібнення часто зазнає поверхневих деформацій, що негативно впливає на термін експлуатації конуса, тим самим збільшити кількість ремонтних діагностик, що в свою чергу унеможливить безперервну роботу агрегату і тим самим зменшить продуктивність.

Основна мета даного проекту, провести детальні дослідження існуючих конструкцій, а також провести патентний огляд для пошуку найбільш оптимального конструктивного рішення для усунення зазначених недоліків.

1. Опис технологічної лінії виробництва гранітного щебню

Щоб отримати щебінь, в кар'єрі породи (гірську масу) перетворюють в будівельний матеріал високої якості, в більшості випадків необхідно виконати складний технологічний процес, який крім основних процесів подрібнення і сортування виконує ряд додаткових, наприклад, промивку, обезводнення та інше. Необхідно врахувати, що від процесу обладнання для його виконання призначають на основі характеристики даної породи, вимог до готового продукту, і заданої продуктивності підприємства.

Для виконання перерахованих видів робіт необхідна велика кількість різних машин, при цьому вони повинні робити комплексно, забезпечувати правильний взаємозв'язок з машинами і дозволять найбільш повно механізувати і автоматизувати технологічний процес. Вірно вибране обладнання, особливо обладнання для роздроблення, дозволяє одержати високоякісну продукцію при мінімальних матеріальних затратах, тобто дозволяє значно знизити ціну готової продукції.

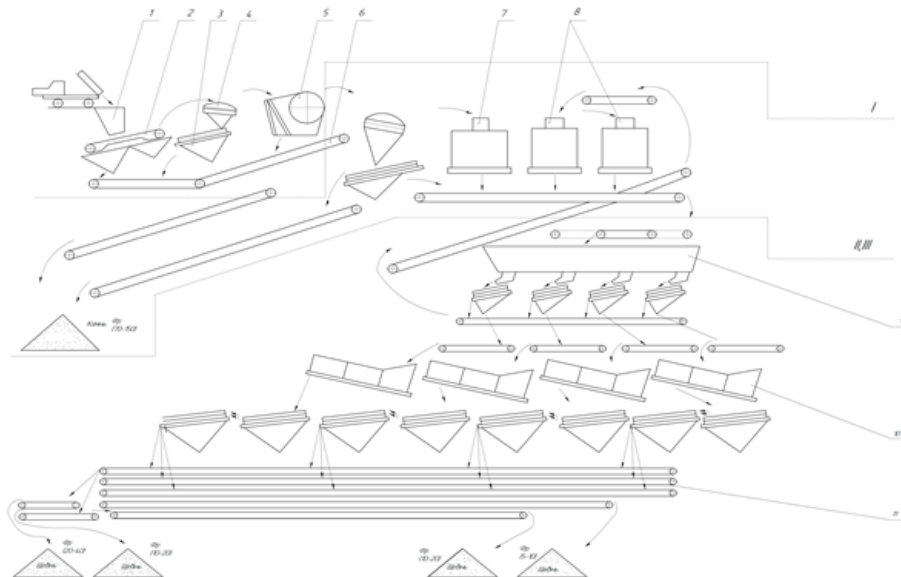


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд лінії для переробки щебня:

1 – приймальний бункер; 2 – пластичний живильник; 3 – вібраційний грохот; 4 – колосниковий грохот; 5 – щелепна дробарка; 6 – конвеєр для транспортування подрібненого матеріалу; 7,8 – конусні дробарки середнього подрібнення; 9 – бункер; 10 – коритні мийки; 11 – стрічкові конвеєри

Процес роздроблення присутній в багатьох галузях народного господарства, кожна галузь накладає свою специфіку на процеси, на конструкції дробарок, які використовуються.

В деяких випадках початковий продукт являє собою гірську масу, що містить різні по міцності компоненти.

В результаті переробки цієї маси треба виділити міцні складові. Цього можна досягти застосовуючи вибіркове роздроблення.

При такому роздробленні дробарка налаштована таким чином, що більш інтенсивно подрібнюються слабкі складові, а міцні подрібнюються мало, або зовсім не подрібнюються. Після дробарки на грохоті розсіюють одержаний матеріал і слабкі складові, що мають менші розміри часток, відокремлюються від інших.

На даній схемі зображений дробильно-сортувальний завод продуктивністю 600 тис. м³ щебеню.

Завод призначений для переробки міцних однорідних порід з промиванням щебеня в мийках або на грохотах. На креслені показана технологічна схема заводу з промиванням щебеню.

Гірська маса до 1200 мм подається у приймальний бункер 1 першого подрібнення: далі пластичними живильниками 2 на колосниковий грохот 4 СМ – 690. Верхній продукт грохота поступає в щілину щелепної дробарки 5, нижній продукт на грохот вібраційний 3 СМ – 653Б, де при попередньому сортуванні з гірської маси відбирається матеріал який вже не потребує подрібнення в машинах стадії крупного подрібнення. В залежності від ступеня забруднення нижній продукт, який пройшов через сита, може бути направлений на подальше роздроблення або виключений з процесу переробки (направлений у відходи).

В корпусі другого і третього роздроблення, на серії грохотів проміжного сортування, матеріал сортується на класи 0 ÷ 70 мм (I, II та IV режими) і при виготовленні гідротехнічного каменя (III режим) на клас 70 ÷ 150 мм. На цій стадії, частино відокремлюється гідротехнічний камінь фракції 70 ÷ 150 мм, що

іде на склад каменя. Фракція 0÷70 мм не потребує переробки на стадії середнього подрібнення, у машині 7 яка пропускає її. Це сприяє зниженню загрузки на дробарку середнього подрібнення і зменшує зайве здрібнення матеріалу.

Фракція 70÷150 мм роздрібнюється в дробарці конусній середнього подрібнення 7 КСД-2200Б, об'єднується з класом 0÷70 і направляється в корпус промивки і остаточних сортувань в проміжність бункера 9 для рівномірного розподілу на чотири віброгрохота СМ - 653 Б, де сортуються на класи в залежності від прийнятого режиму.

Верхній продукт – фракція 40-70мм повертається в корпус другого і третього роздроблення в пару конусних дробарок середнього подрібнення 8, розроблених у цьому проекті. Продукт роздроблення (до 40мм) об'єднується з матеріалом II стадії і повертається в корпус промивки і остаточного сортування, утворюючи замкнутий цикл на III стадії роздроблення. При цьому циклі на 25-30% підвищується продуктивність дробарок останньої стадії, тому що допускається їхня робота з більш широкими щілинами при виході. Крім того, замкнутий цикл дозволяє більш точно дотримуватись вимог величини готового продукту, що допускається. На даному етапі, середній продукт, який забруднений середньо- і важкопромивною глиною, промивають у коритних мийках 10.

Контрольне сортування промитого матеріалу величиною 0-40 мм на товарні фракції здійснюють на вібраційних грохотах. При переробці відходів, забруднених легкопромивною глиною, сортування суміщають з остаточним промиванням.

Матеріал розподіляється на товарні фракції, в даному випадку - 5-10; 10-20; 20-40мм. З цих грохотів матеріал стрічковими конвеєрами 11 поступає на склад готової продукції, а далі споживачеві.

Відгрузка зі складу виконується через підштабельні і перевантажувальні бункери для автотранспорту і вузли загрузки на залізничний транспорт. В зимовий період можлива екскаваторна загрузка.

2. Технічна характеристика конусної дробарки

Масова продуктивність – $\Pi_p=110$ т/год ;

Нижній діаметр рухомого конуса – 1530 мм;

Частота обертання рухомого конуса – 4,14 об/сек;

Мінімальний зазор між конусами на виході з дробарки – 7,5 мм;

Максимальний розмір шматка на виході з дробарки – 44,5мм;

Максимальний зазор між конусами на вході – 132 мм;

Ступінь подрібнення матеріалу – 5,5;

Двигун 4AM225M6

Потужність – 37 кВт;

Кількість обертів за хвилину – 1000 об/хв;

Габаритні розміри:

висота – 3930 мм;

довжина – 3460 мм;

ширина з двигуном – 4575 мм;

ширина без двигуна – 3974 мм;

Маса (без електрообладнання та системи змащування) - 20т

3. Опис конструкції та принцип роботи конусної дробарки середнього подрібнення

На рис.3.1 зображена конусна дробарка середнього подрібнення.

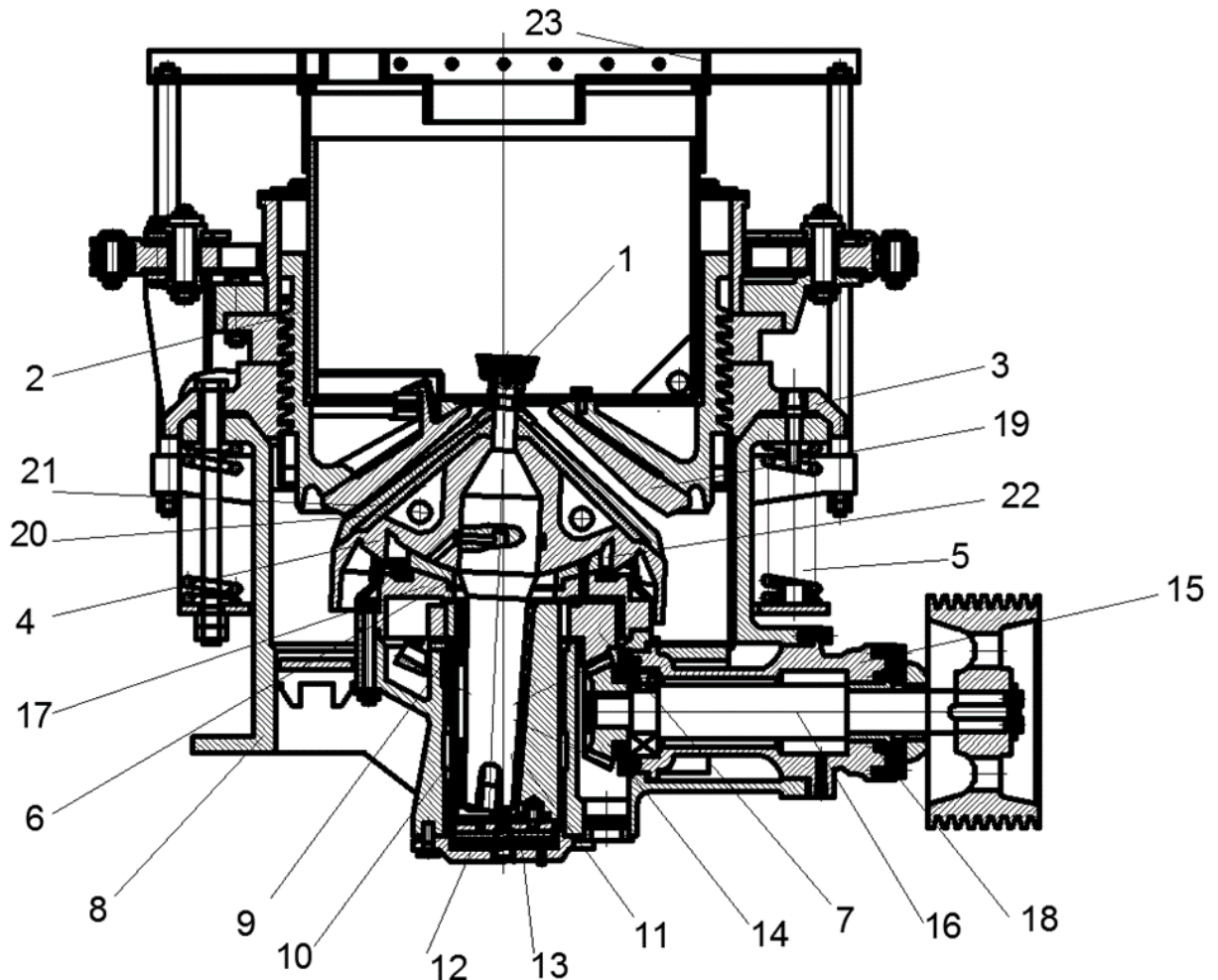


Рисунок 3.1 – Конусна дробарка середнього подрібнення:

1 – тарілка; 2 – регулююче кільце; 3 – опорне кільце; 4 – корпус рухомого конуса; 5 – пружини; 6 – бронзове кільце; 7 – конічне колесо; 8 – станина; 9 – циліндрична втулка; 10 – ексцентрик ; 11 – конічна втулка; 12 – підп'ятник ; 13 – вал вертикальний; 14 – конічна шестерня; 15 – корпус; 16 – вал привідний; 17 – підп'ятник сферичний; 18 – втулка; 19 – нерухомий конус; 20 – заливка ; 21 – плита

На консольну частину валу 13 жорстко посаджений корпус рухомого конуса 4 облицьований плитами 21 з високомарганцевої сталі. Зазори між корпусом конуса і плитами залиті цинковим сплавом або високоякісним цементним розчином 20. Це зроблено для того, щоб плити не навантажувалися згинальними напруженнями і не мали можливості зрушення під дією сил тертя виникаючих внаслідок проковзування шматків матеріалу відносно робочої поверхні рухомих конусів. У першому випадку за відсутності заливки можуть виникнути напруги в плитах, що перевищують допустимі, у другому - будуть зношуватись посадочні поверхні плити і корпусу конуса, розміщені в нижній частині плити. Плити рухомого конуса, притиснуті до посадкового паску корпусу пристроєм, розміщеним у верхній частині рухомого конуса, що перешкоджає ослабленню посадки плит на корпус і мають різноманітне конструктивне виконання. Зверху до цього пристрою прикріплена розподільна тарілка 1, яка разом з рухомим конусом здійснює коливальний рух і сприяє рівномірному розподілу роздрібнюваного матеріалу по периметру роздробного простору. Корпус рухомого конуса спирається через бронзове кільце 6 на сферичний підп'ятник 17, сприймаючий крім ваги рухомого конуса переважно вертикальні складові зусилля дроблення. Нижній кінець валу 13 рухомого конуса входить в центральну розточку ексцентрика 10, вісь якої перетинається з віссю дробарки в точці гірації. Кут між осями дробарки та рухомого конуса в цих дробарках приймають залежно від типорозміру від $1,5^{\circ}$ до $3,5^{\circ}$.

У центральний патрубок станини 8 дробарки запресована циліндрична втулка 9, що є радіальною опорою тертя ковзання ексцентрика 10. У центральну розточку ексцентрика запресована конічна втулка 11, яка є радіальною опорою тертя ковзання рухомого конуса, ця пара тертя - хвостовик валу 13 рухомого конуса і конічна втулка 11 - сприймає горизонтальну складову зусилля дроблення. До ексцентрика 10 прикріплено конічне колесо 7, що знаходиться в зачепленні з шестернею 14 приводного валу 16 дробарки. Вага

ексцентрикового вузла в зборі сприймається системою плоских бронзових і сталевих шайб підп'ятника 12.

Навантаження, що діють на ексцентриковий вузол, значні, тому він працює в напружених умовах. Опорні поверхні вузла і, перш за все, бронзові втулки 9 і 11 схильні до зношування, останнім часом набули розповсюдження біметалеві втулки, робочі поверхні яких наплавлені бабітом. Вони більш економічні ніж бронзові і допускають відновлення при ремонті.

Зазори в підшипниках ковзання ексцентрикового вузла мають великі розміри в порівнянні із звичайними підшипниками ковзання. Таке конструктивне рішення, на думку Е. Саймонса - автора конструкції конусної дробарки з консольним валом, призводить до утворення між поверхнями тертя масляної «подушки», яка добре сприймає динамічні навантаження від зусиль дроблення. На додаток до цього, збільшені зазори дозволяють прокачувати через ексцентриковий вузол велику кількість мастильного матеріалу, яке є також охолоджуючої рідиною, що сприяє нормальній експлуатації.

У верхній частині станини 8 є фланець, на який встановлено опорне кільце 3. Опорне кільце притиснуто до фланця станини блоками пружин 5, рівномірно розташованими по периметру станини. Число їх вибирають з умови необхідного зусилля дроблення для забезпечення ефективного процесу дроблення. При перевищенні цього зусилля, наприклад, при попаданні в камеру дроблення надтвердого тіла, яким можуть виявитися випадкові металеві предмети (зуби ковшів екскаваторів, ролики транспортних конвеєрів, болти, гайки тощо), опорне кільце 3 підводиться в зоні попадання недробного тіла, і амортизуючі пружини отримують додаткову деформацію. Таким чином, максимальне зусилля дроблення, яке може виникнути в камері дроблення, обмежується амортизуючими пружинами, які виконують функцію запобіжного пристрою.

На внутрішній поверхні опорного кільця є упорна різьба, в яку угвинчується корпус регулюючого кільця 2. До внутрішньої поверхні регулюючого кільця 2 прикріплена плита 19, яка є нерухомим конусом. Зазор

між цією плитою і регулюючим кільцем, так само як і в рухомому конусі, заповнений цинковим сплавом або високоякісним цементним розчином. Для більш надійного кріплення нерухомої плити до регулюючого кільця 2, нерухома плита має литі приливи за які, як за гаки, вона притягнута до регулюючого кільця скобами. Регулююче кільце 2 можна переміщати вгору або вниз, повертаючи його в різьбовому з'єднанні. Тим самим регулюється ширина розвантажувальної щілини дробарки та компенсується знос плит при експлуатації. Регулююче кільце повертається спеціальним храповим механізмом 20. Після того як установлена необхідна ширина розвантажувальної щілини, регулююче кільце фіксують щодо опорного кільця стопорним пристроєм, і потім клиновим з'єднанням 21 вибирають зазор в різьбовому з'єднанні опорного і регулюючого кільця. В результаті опорне і регулююче кільця виявляються щільно з'єднаними між собою. Це перешкоджає розробці нарізного сполучення опорного і регулюючого кілець під дією змінного навантаження дроблення.

Дробарки середнього і дрібного дроблення мають мастильну систему рідкого циркуляційного змащування. Масло під тиском подається спеціальним насосом в нижню частину ексцентрикового вузла, змащує поверхні тертя підп'ятника 12 і піднімається по зазорах втулок 9 і 11 ексцентрикового вузла, рясно змащуючи і охолоджуючи їх. Одночасно масло потрапляє в осьовий отвір вала рухомого конуса і далі по радіальному каналу до сферичного підп'ятника. Після змащення поверхонь тертя ексцентрикового вузла і сферичної опори та охолодження їх, масло зливається на конічну передачу, змащуючи її, і з нижньої частини станини 8, по зливний трубі надходить в бак-відстійник. Відстійник виконаний з електропідігрівниками для масла, які використовують в холодну пору року.

Масляна система має контрольні прилади, які реєструють витрату масла (кількість масла, що надходить в дробарку), його тиск і температуру. При відхиленні показників роботи масляної системи від заданих для нормального

режиму роботи включається сигнальна система, і привід дробарки автоматично вимикається.

Корпус 15 приводного валу дробарки в зборі є самостійною монтажною одиницею. Встановлений він на патрубку станини дробарки, до якого прикріплений болтами. Під фланцем корпусу приводу є набір плоских прокладок, за допомогою яких регулюють конічну передачу. Інший комплект регулювальних прокладок встановлений під шайбами підп'ятника 12. Навантаження від зусиль у конічній передачі сприймаються підшипниковою втулкою 18, яку встановлено вал 16 приводу. Мастильний матеріал до цих підшипників потрапляє від загальної мастильної системи по мастилопроводу безпосередньо в корпус приводу (на малюнку 1 не показаний).

Дроблений матеріал розвантажується з дробарки по кільцевому простору. Патрубок приводного валу і ребра станини, які з'єднуються центральний патрубок з зовнішнім кільцем, в місцях розвантаження дробленого матеріалу закриті плитами. Для захисту картера дробарки від пилу у сферичній опорі 17 мається водяна ванна, в якій постійно перебувають комір 22, скріплений з корпусом рухомого конуса. У результаті порожнина картера дробарки виявляється завжди ізольованою від зони розвантаження дробленого матеріалу. Водяна ванна є проточною - у ванну вода подається під тиском, а злив відбувається самопливом. У результаті підтримується постійний рівень води у ванні.

Підлягаючий дробленню матеріал подається зверху в прийомну воронку 23 і далі на розподільну тарілку 1.

4. Огляд літератури та патентів

4.1. Огляд літератури

Література [1-7] та [10] складають основу літератури з проектування, розрахунків, та виготовлення обладнання для машинобудування та конструювання і вдосконалення дробарок. Авторами розглядаються різноманітні аспекти цих процесів, починаючи з розрахунків технологічних параметрів і вибору обладнання, та закінчуючи конструкцією та методиками монтажу та ремонту описаних вузлів та технологій. Спільними рисами цих книг є детальність розглядання технічних аспектів конструювання, машинобудування та машинного проектування, а також надання практичних порад щодо розрахунків та вибору обладнання.

Окрім того, в цій літературі відображено розвиток технологій у цій галузі протягом кількох десятиліть, що дозволяє отримати широкий огляд різних методів та підходів до переробки матеріалів. Важливим елементом цих книг є їхнє значення для практичного застосування, як для інженерів та науковців, так і для технічних працівників і робітників, що займаються виробництвом.

В загальному, ці книги складають цінність для будь кого, хто зацікавлений у машинобудуванні, конструюванні, адже вони надають докладну інформацію та методичні рекомендації щодо всіх вище названих видів наукової та виробничої діяльності.

Література [8] і [9] являє собою наукові посібники до конкретних аспектів машинобудування, які є допоміжними та провідними довідниками при проектуванні та проведенні розрахунків в даній роботі.

4.2. Патентний огляд

У даній роботі модернізується конусна дробарка середнього подрібнення з плитами виробленими з високомарганцевої сталі. Такі дробарки використовуються на останніх стадіях утворення щебня з гірської породи для подрібнення фракції середнього розміру (40-70 мм, 70-150 мм). Так як на останніх стадіях на виході більш широкі щілини, отримуємо підвищення продуктивності на 25-30%. Для поліпшення існуючих конструкцій, розглянемо сучасні інноваційні рішення, які представлені у наступних патентах.

В основу корисної моделі за [11] лежить монтажне кільце вала-шестерні конусної дробарки для тимчасової підтримки вала-шестерні, яке знаходиться у корпусі вала-шестерні вузла корпусу.

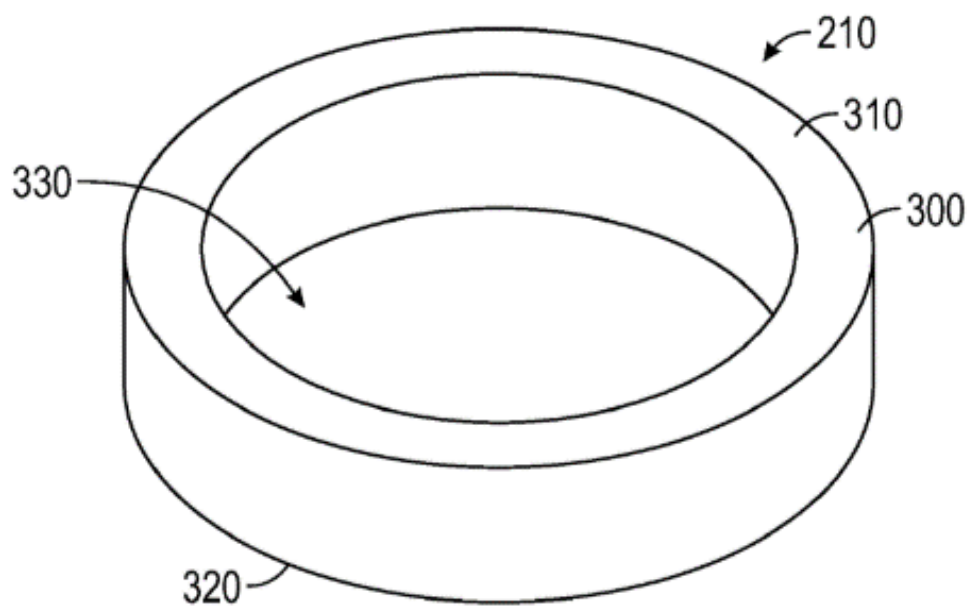


Рисунок 4.1 – монтажне кільце вала-шестерні конусної дробарки:

210 – монтажне кільце вала-шестерні; 300 – корпус кільця; 310 – верхня поверхня кільця; 320 – нижня поверхня кільця; 330 – отвір під вал-шестерні

Монтажне кільце вала-шестерні конусної дробарки 210 для тимчасової підтримки вала-шестерні, що має внутрішній та зовнішній кінець вала у

корпусі вала-шестерні вузла корпусу, причому монтажне кільце вала-шестерні 210 містить кільцевий корпус 300, що має верхню поверхню 310 та протилежну нижню поверхню 320, та отвір 330 в кільцевому корпусі 300 для прийому першого кінця вала-шестерні, причому кільцевий корпус 300 та отвір 330 налаштовані для позиційної фіксації внутрішнього або зовнішнього кінця вала-шестерні в положенні в корпусі вала-шестерні під час збирання вузла корпусу вала-шестерні. Винахід також відноситься до використання монтажного кільця 210 і до способу формування герметичного вузла вала-шестерні конусної дробарки 100.

В основу корисної моделі за [12] лежить пристрій для підйому мантиї дробарки, з пластинчатим підйомним елементом, що має першу центральну вісь та отвір з зазором у верхній частині, що оточує першу центральну вісь.

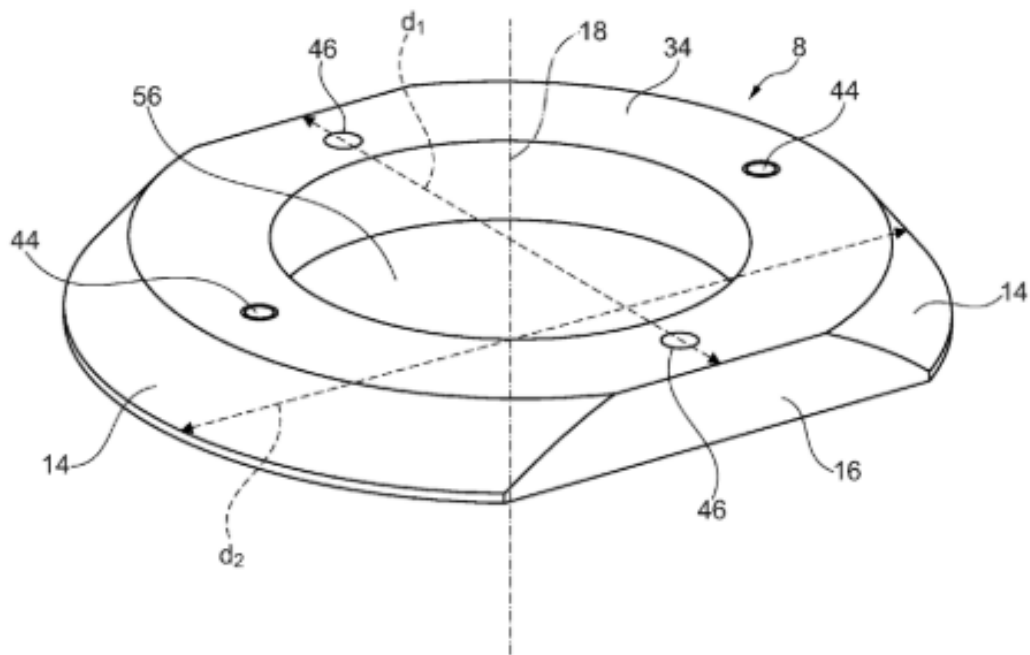


Рисунок 4.2 – пластичний підйомний елемент:

8 – підйомний пластичний елемент; 14 – поверхні підтримки елемента; 16 – бічні поверхні елемента; 18 – друга центральна вісь елемента; 34 – верхня поверхня елемента; 44 – отвори кріплення елемента; 46 – наскрізні отвори елемента; 56 – центральний наскрізний отвір підйомного елемента; d1 – зовнішній діаметр верхньої поверхні елемента; d2 – зовнішній діаметр нижньої поверхні елемента

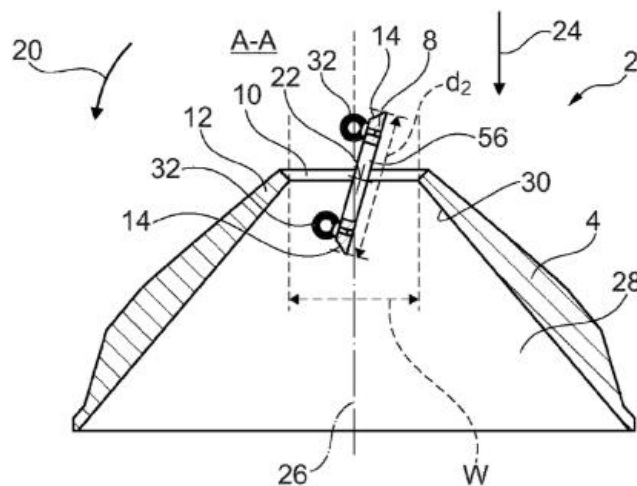
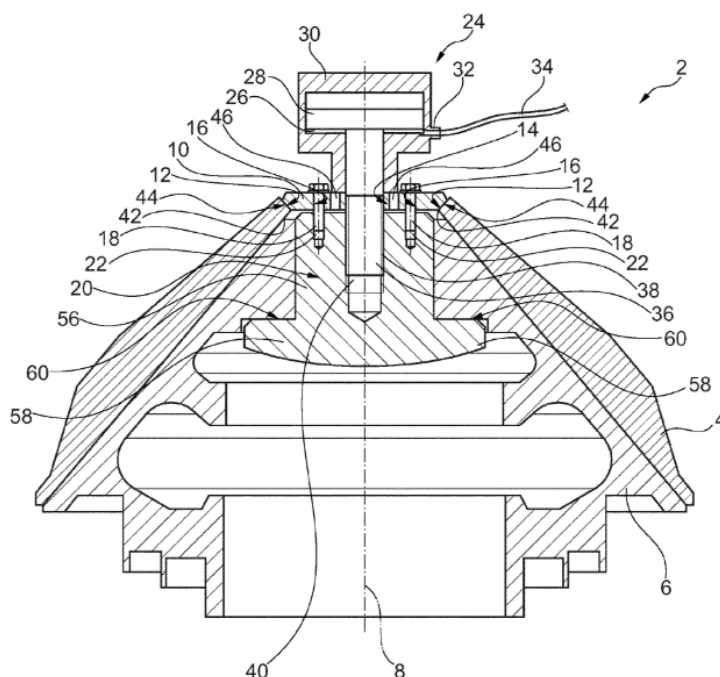


Рисунок 4.3 – повздовжній переріз пристрою:

2 – пристрій для підйому мантиї дробарки; 4 – мантия дробарки; 8 – пластинчатий підйомний елемент; 10 – отвір з зазором; 12 – верхня частина мантиї; 14 – поверхні підтримки елемента; 20 – напрям оберт; 22 – вісь обертання підйомного елемента; 24 – вид зверху; 28 – внутрішня порожнина; 30 – стінка внутрішньою порожнини; 32 – елементи кріплення підйомного елемента; 56 – центральний наскрізний отвір підйомного елемента; d_2 – зовнішній діаметр нижньої поверхні елемента; w – ширина зазору

Передбачено пристрій 2 для підйому мантиї 4 конусної або барабанної дробарки. Дробильна мантия 4 має першу центральну вісь 26 і отвір 10 з шириною зазору (w) у верхній частині 12, що оточує першу центральну вісь 26. Пристрій 2 містить пластинчатий підйомний елемент 8, що має другу центральну вісь 18 і пристосований для кріплення до верхньої частини 12 мантиї 4, причому перша центральна вісь 26 збігається з другою центральною віссю 18, коли пластинчатий підйомний елемент 8 прикріплений до мантиї 4. Пластинчатий підйомний елемент 8 містить принаймні один кріпильний елемент 32, пристосований для приєднання до підвісного вузла 36, щоб піднімати пластинчатий підйомний елемент 8 разом з прикріпленою до нього дробильною мантиєю 4. Пластинчатий підйомний елемент 8 має перший розмір (d_1) у першому напрямку, який є меншим за ширину зазору (w) отвору

В основу корисної моделі за [13] лежить пристрій для кріплення конусної дробильної обичайки конусної дробарки до несучого конуса конусної дробарки та для від'єднання дробильної обичайки від несучого конуса, причому несучий конус має вісь несучого конуса.



2 – пристрій; 4 – конусна дробильна мантия; 6 – несучий конус; 8 – вісь несучого конуса; 10 – натискна плита; 12 – конусна несуча головка; 14 – центральний отвір натискної плити; 16 – кріпильна гайка; 18 – кріпильні гвинти; 20 – головна частина несучого конуса; 22 – захисний ковпачок; 24 – гідравлічний привід попереднього натягу; 26 – напірна камера; 28 – поршень; 30 – корпус; 32 – порт гідравлічного середовища; 34 – трубка; 36 – поршневий шток; 38 – різьбове з'єднання; 40 – різьбовий отвір; 42 – похила внутрішня окружна поверхня навколо отвору; 44 – похила периферійна поверхня; 46 – різьбові отвори; 56 – елемент кріплення; 58 – комірць; 60 – контактуюча поверхня комірця

Надано пристрій (2) і спосіб для кріплення конусної дробильної мантиї (4) конусної дробарки до несучого конуса (6) конусної дробарки, а також для від'єднання дробильної мантиї (4) від несучого конуса (6). Пристрій (2) містить гідравлічний привід попереднього натягу (24), пристосований для притискання дробильної мантиї (4) до несучого конуса (6) в процесі попереднього натягу в осьовому напрямку перед затягуванням кріпильних гвинтів (18) в області головки (20) несучого конуса (6). Гідравлічний привід попереднього натягу (24) складається з напірної камери (26) для приймання гідравлічного середовища під тиском і поршня (28), що обмежує напірну камеру (26). Гідравлічний привід попереднього натягу (24) під час процесу попереднього натягу прикріплений ззовні до натискної плити (10) таким чином, що поршневий шток (36) поршня (28) або прикріплений до нього стрижневий елемент проходить через центральний отвір (14) натискної плити (10) і прикріплений до головної частини (20) несучого конуса (6), причому камера тиску (26) і поршень (28) гідравлічного приводу попереднього натягу (24) розташовані на стороні притискної плити (10), протилежній до несучого конуса (6). Гідравлічний привід попереднього натягу (24) можна від'єднати і зняти з притискної плити (10) поза процесом попереднього натягу.

В основу корисної моделі за [14] лежить сегмент футеровки для конусної або барабанної дробарки, що містить сегменти футеровки, спосіб демонтажу сегмента футеровки з конусної дробарки та використання розширюваного виштовхувального пристрою, такого як підйомний мішок, для демонтажу сегмента футеровки з конусної дробарки.

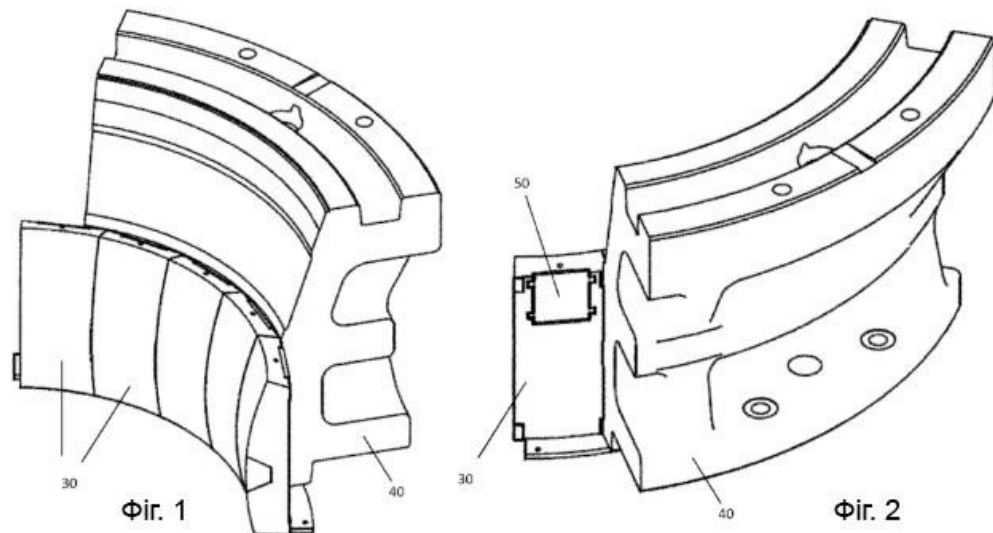


Рисунок 4.5 - частина рами конусної дробарки, обладнаної сегментами футерівки:

30 – сегмент футерівки; 40 – внутрішня поверхня рами; 50 – виштовхувальний блок

Сегмент футерівки (30) для конусної або барабанної дробарки має розширюваний виштовхувальний блок (50), розташований між зовнішньою поверхнею сегмента футерівки (30) та протилежною внутрішньою поверхнею рами (40). Виштовхувальний блок (50) має першу частину для прилягання або зачеплення із зовнішньою поверхнею сегмента гільзи (30) і другу частину для прилягання або зачеплення з внутрішньою поверхнею рами (40) і може збільшувати відстань між його першою і другою частинами, щоб таким чином збільшити відстань між зовнішньою поверхнею сегмента гільзи (30) і внутрішньою поверхнею рами (40).

В основу корисної моделі за [15] лежить бронь нижньої частини дробильної камери конусної дробарки крупного дроблення ККД 1500/180 та сегмента броні нижньої частини її дробильної чаші, які можуть застосовуватись зокрема на гірничо-збагачувальних підприємствах чорної та кольорової металургії, а також на алмазодобувних та гірничо-хімічних підприємствах.

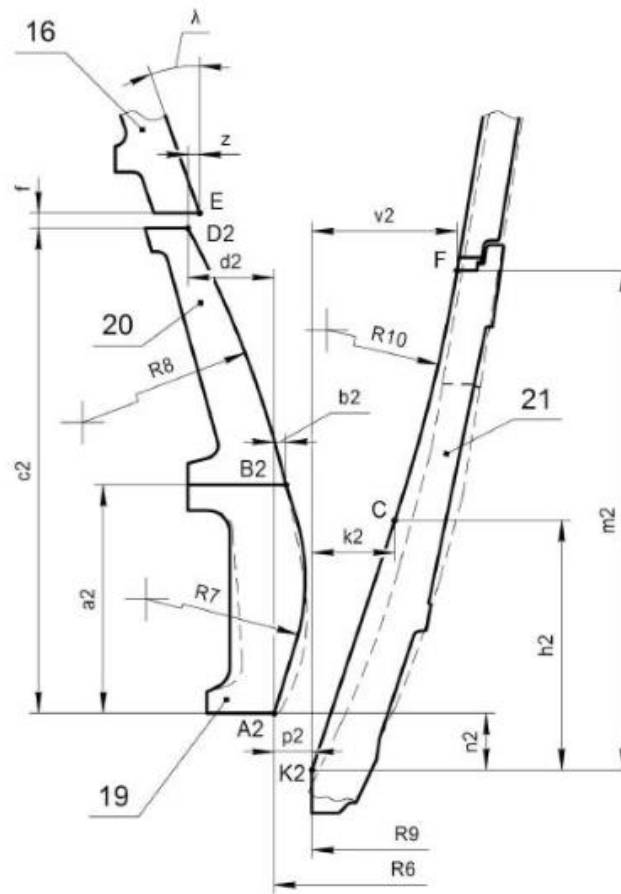


Рисунок 4.6 - вертикальний переріз броні нижньої частини дробильної камери дробарки ККД 1500/180:

16 – пояс броні, верхньої частини дробильної чаші; 19 – перший пояс броні, нижньої частини дробильної чаші; 20 - другий пояс броні, нижньої частини дробильної чаші; 21 – броня нижньої частини дробильної чаші

Заявлена група винаходів належить до броні нижньої частини дробильної камери конусної дробарки крупного дроблення ККД 1500/180 та сегмента броні нижньої частини її дробильної чаші, які можуть застосовуватись зокрема на гірничо-збагачувальних підприємствах чорної та кольорової металургії, а також на алмазодобувних та гірничо-хімічних підприємствах. Броня, зовнішня робоча поверхня якої складається з нижньої частини робочої поверхні дробильної чаші та нижньої частини робочої поверхні дробильного конуса, де поверхня дробильної чаші являє собою внутрішню поверхню обертання навколо вертикальної осі, яка є віссю симетрії

дробильної чаші, а поверхня дробильного конуса являє собою зовнішню поверхню обертання навколо осі, яка є віссю симетрії дробильного конуса. Броня характеризується тим, що нижня кромка вказаної робочої поверхні дробильної чаші має радіус у горизонтальній площині, який має величину не менше 1342 мм, при цьому ця поверхня дробильної чаші у вертикальному перерізі має вигляд кривої, яка утворена сполученням нижньої та верхньої дуг, які вигнуті назовні, де найнижча точка (A2) нижньої дуги розташована на вищевказаній нижній кромці робочої поверхні дробильної чаші, а точка сполучення (B2) вказаних дуг розташована відносно найнижчої точки (A2) нижньої дуги на відстані від 510 до 550 мм по вертикалі із зміщенням вгору та від 7 до 47 мм по горизонталі із зміщенням у бік осі симетрії дробильної чаші, при цьому нижня дуга має радіус від 480 до 520 мм, а найвища точка (D2) зазначеної верхньої дуги розташована відносно найнижчої точки (A2) нижньої дуги на відстані від 1105 до 1145 мм по вертикалі із зміщенням вгору та від 180 до 220 мм по горизонталі із зміщенням у протилежний бік від осі симетрії дробильної чаші, при цьому, верхня дуга має радіус від 2390 до 2430 мм, до того ж, нижня кромка вищевказаної робочої поверхні дробильного конуса має радіус у площині, перпендикулярній осі симетрії дробильного конуса, якій має величину не менше 1233 мм, при цьому ця поверхня дробильного конуса у вертикальному перерізі має вигляд кривої, яка утворена сполученням нижнього прямого відрізка, верхнього прямого відрізка та розташованої між ними увігнутої всередину дуги, де найнижча точка (K2) зазначеного нижнього відрізка розташована на вищевказаній нижній кромці робочої поверхні дробильного конуса, а точка сполучення (C) цього нижнього відрізка та дуги розташована відносно найнижчої точки (K2) нижнього відрізка на відстані, паралельній осі симетрії дробильного конуса, яка дорівнює від 560 до 600 мм із зміщенням вгору та на відстані, перпендикулярній осі симетрії дробильного конуса, яка дорівнює від 168 до 208 мм із зміщенням у бік осі симетрії дробильного конуса, при цьому точка сполучення (F) зазначеної дуги та верхнього відрізка розташована відносно найнижчої точки (K2) нижнього

відрізка на відстані, паралельній осі симетрії дробильного конуса, яка дорівнює від 1140 до 1180 мм із зміщенням вгору та на відстані, перпендикулярній осі симетрії дробильного конуса, яка дорівнює від 310 до 350 мм із зміщенням у бік осі симетрії дробильного конуса, а вказана дуга має радіус від 3980 до 4020 мм, до того ж, зазначений верхній відрізок розташований з нахилом у бік осі симетрії дробильного конуса. Група винаходів забезпечує збільшення строку зносу (стирання) броні нижньої частини дробильного конусу з одночасним збереженням строку зносу (стирання) броні нижньої частини дробильної чаші.

В основу корисної моделі за [16] лежить сегмент броні нижньої частини дробильної чаші конусної дробарки крупного дроблення ККД 1500/180, який може застосовуватись, зокрема, на гірничо-збагачувальних підприємствах чорної та кольорової металургії, а також на алмазодобувних та гірничо-хімічних підприємствах.

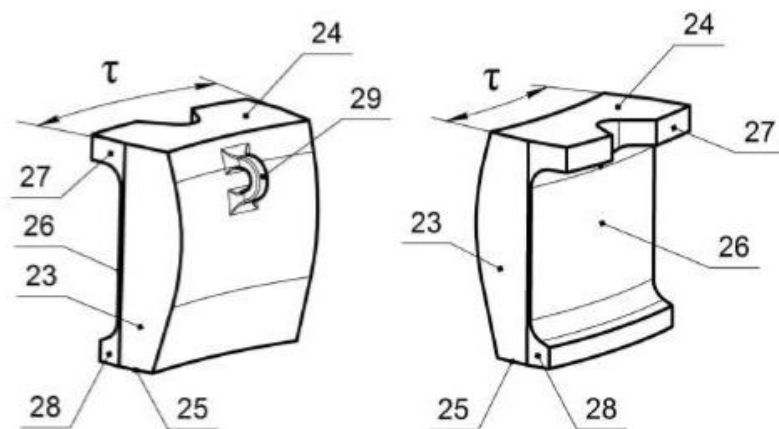


Рисунок 4.7 - креслення загального вигляду сегменту броні нижньої частини дробильної чаші дробарки ККД 1500/180:

23 – бокові поверхні сегменту броні, 24 – верхня горизонтальна торцева стінка сегменту, 25 – нижня горизонтальна торцева стінка сегменту, 26 – задня стінка сегменту, 27 – верхні упорні виступи, 28 – нижній упорний виступ, 29 – монтажні петлі, $\tau = 20^\circ$

Зображений загальний вигляд сегмента броні нижньої частини дробильної чаші дробарки ККД 1500/180, відповідно до технічного рішення,

що заявляється. Цей сегмент має дві бокові вертикальні поверхні 23, що розташовані між собою під кутом τ , який дорівнює 20° . Сегмент має верхню горизонтальну торцеву стінку 24 та нижню горизонтальну торцеву стінку 25, задню стінку 26 з верхніми упорними виступами 27 та нижнім упорним виступом 28. При цьому, робоча поверхня цього сегмента виконана з монтажною петлею 29. Розташування у горизонтальній площині вісімнадцяти таких сегментів дозволяє утворити кільце поясу броні. Монтажні петлі 29 призначені виключно для монтажу сегментів, які, враховуючи їх вагу, встановлюються у дробильну чашу за допомогою крану або іншого вантажно-підйомного пристосування. Після встановлення сегментів у дробильну чашу, монтажні петлі 29 видаляються із застосуванням стандартного обладнання, наприклад газового різачка.

В основу корисної моделі за [17] лежить конусна дробарка для формування циклічного заповнювача з високим ступенем подрібнення та покращеним ексцентриситетом, з покращеною формою та механічними властивостями, а також підвищеною силою подрібнення

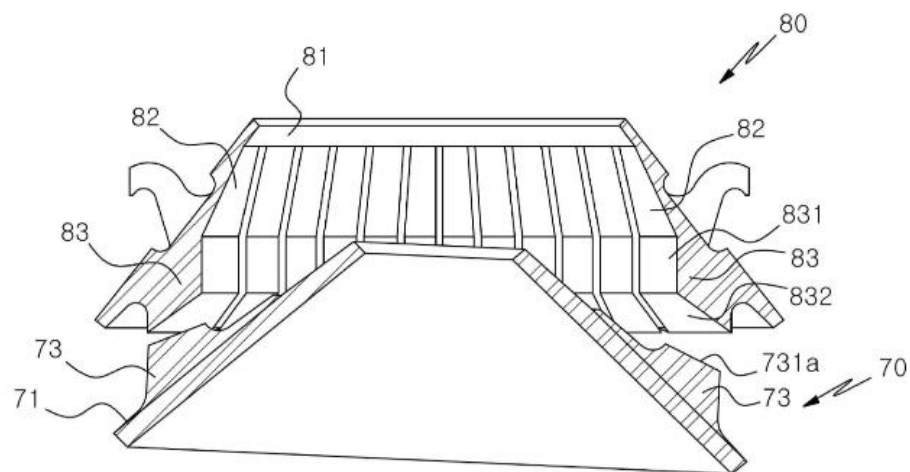


Рисунок 4.8 – повздовжній переріз корисної моделі:

70 – мантия конусної дробарки, 71 – нижній конус похилої поверхні, 73 – похила частина мантиї, 731a - похила поверхня дроблення, 80 – дробляча поверхня обертання, 81 – конусоподібна шахта дробарки, 82 – верхній конічний схил, 83 – нерухомий похилий виступ, 831 – напрямна поверхня, 832 – нерухома похила поверхня руйнування

Конусна дробарка, призначена для формування циркулюючого заповнювача шляхом дроблення руди, корпус, що має сформований в ньому приводний простір і відкритий верх; нерухомий вал, розташований всередині корпусу корпусу; обертання, встановлене на нерухомому валу дробильний блок; приводний блок для обертання обертового дробильного блоку; і нерухома опорна частина, розташована на верхній частині корпусу корпусу, мантия закріплена і обертається на обертовому дробильному блоці, а форма конуса закріплена і закріплена на нерухомій опорній частині для поліпшення форми та фізичних властивостей та поліпшення подрібнювальної потужності. У конусній дробарці для виробництва циркулюючих заповнювачів на мантиї формується нижня конічна похила поверхня, на нижній конічній похилій поверхні формуються нижні часткові виступи, а на внутрішній поверхні конусної печери формується верхня конічна похила поверхня, і формується верхня конічна похила поверхня. Далі формуються верхні дробильні виступи, з одного боку верхніх дробильних виступів формується вертикальна напрямна поверхня, а нерухомий похилий виступ, що має нерухому похилу дробильну поверхню, нахиляється вниз до зовнішньої сторони на дні, і далі формується нижній частковий виступ. Нахилений вгору до верхньої поверхні нахил додатково формується, і, вібруючи вібратором на зовнішній поверхні, шляхом закручування та фіксації вібратора на зовнішній поверхні, вібрація проходить через обертову дробильну частину. Він доставляється в мантию, запобігає заклинюванню подрібненої руди, підвищує ефективність розвантаження та покращує ефективність дроблення зернистості та властивостей, а також покращує потужність дроблення, що характеризується підвищенням ефективності дроблення руди за допомогою вібрації.

В основу корисної моделі за [18] лежить пилонепроникне ущільнення конусної дробарки для запобігання потраплянню пилу в нижню частину головного валу та засоби приводу головного валу.

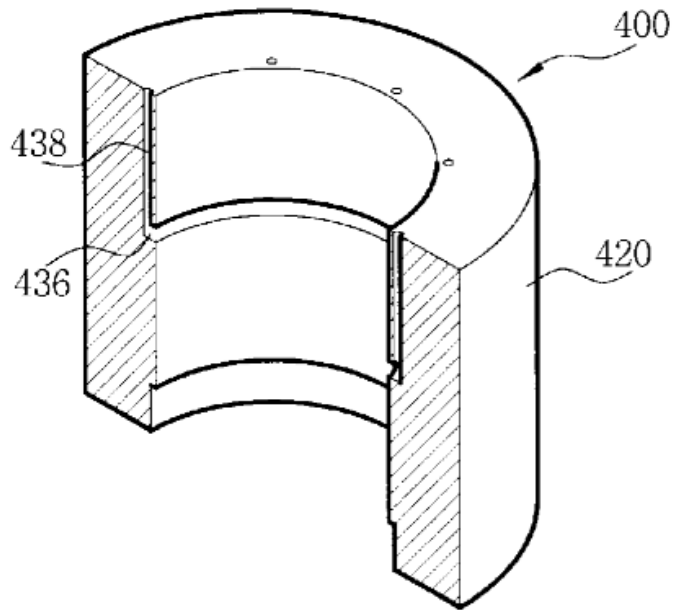


Рисунок 4.9 – повздовжній переріз поршня з ущільненням:

400 – поршень з пилонепроникним ущільненням, 420 – зовнішня поверхня поршня з ущільненням, 436 – простір між внутрішньою поверхнею поршня та ущільненням, 438 – пилонепроникне ущільнення

За рахунок ущільнення 438 в поршні 400, при роботі дробарки, пил з частками каміння не буде проходити у внутрішні частини дробарки, що призведе до зменшення тертя та збільшення міжремонтного терміну експлуатації. Під час руху мантиї, пил не буде проходити через простір між внутрішньою поверхнею поршня та ущільненням 436 і не буде потрапляти до рухомих механічних частин дробарки.

В основу корисної моделі за [19] лежить внутрішня оболонка для конусної дробарки. Малий кут нахилу зовнішньої секції забезпечує більш ефективне обмеження матеріалу, дозволяючи дробарці працювати на меншій мінімальній настройці (близькій до бокової), що призводить до отримання більш дрібного продукту з меншою кількістю рециркуляції негабаритного матеріалу.

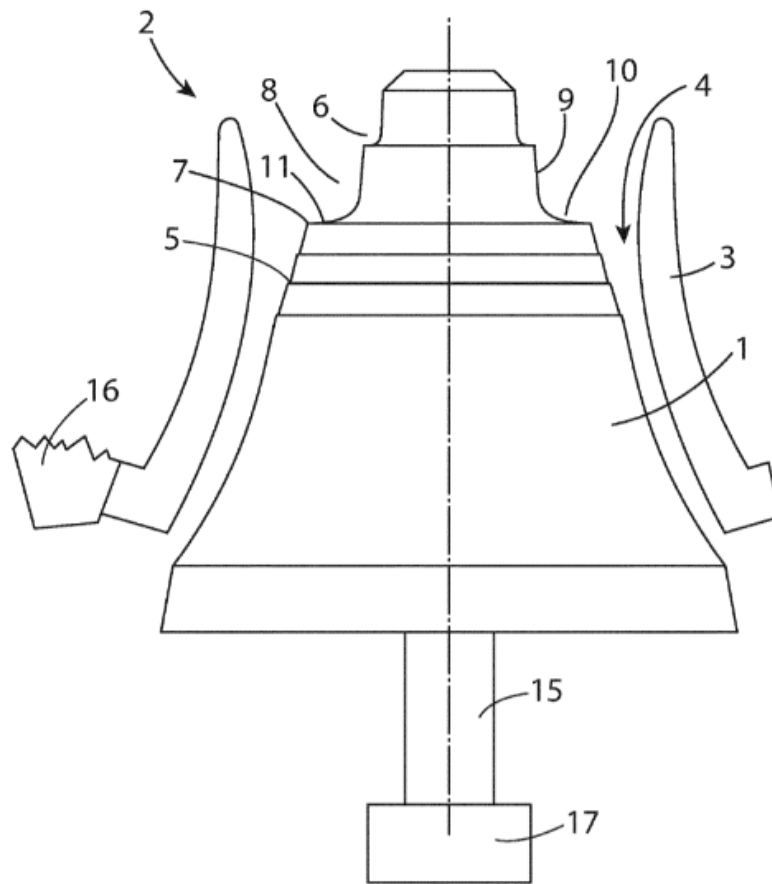


Рисунок 4.10 – загальний вид конусної дробарки, який показує внутрішню оболонку дробарки та верхню секцію обмеження потоку матеріалу внутрішньої оболонки:

1 – внутрішня оболонка конусної дробарки, 2 – конусна дробарка, 3 – зовнішня оболонка конусної дробарки, 4 – камера дроблення, 5 – нижня дробильна секція, 6 – секція обмеження потоку матеріалу, 7 – секція входу матеріалу, 8 – нижня плечова секція секція обмеження потоку матеріалу, 9 – бокова секція секції входу матеріалу, 10 – дугоподібна обмежувальна площина, 11 – плоска зовнішня секція, 15 – дробильна головка, 16 – рама оболонки, 17 – приводний механізм

Внутрішня оболонка (1) конусної дробарки (2). Конусна дробарка має внутрішню оболонку (1), зовнішню оболонку (3) і камеру дроблення (4), розташовану між внутрішньою і зовнішньою обичайками і сконфігуровану для дроблення матеріалу при обертанні внутрішньої обичайки відносно

зовнішньої обичайки. Внутрішня оболонка має конічний профіль і центральну лінію (ЦЛ) і складається з нижньої дробильної секції (5), верхньої секції обмеження потоку матеріалу (6) і секції входу матеріалу (7), розташованої між нижньою дробильною секцією і верхньою секцією обмеження потоку матеріалу. Верхня секція обмеження потоку матеріалу (6) складається з нижньої плечової секції (8), розташованої поруч із секцією входу матеріалу, яка має бокову секцію (9) та дугоподібну площину обмеження (10). Дугоподібна обмежувальна площина (10) нижньої плечової секції (8) має дугоподібну внутрішню перехідну секцію (10А) і плоску зовнішню секцію (11), яка нахилена радіально всередину під кутом менше 15° до горизонталі. Діаметр внутрішньої оболонки D1 на боковій ділянці нижнього плеча для збору матеріалу переважно щонайменше на 15% менший за діаметр внутрішньої оболонки D2 на верхній ділянці вхідного отвору для матеріалу (7).

В основу корисної моделі за [20] лежить дробарка крупного дроблення з кріпленням додаткового кільцевого ряду броней у зоні розвантаження, яке виконано за допомогою болтів з молотковою головкою, під яку на робочій поверхні броні виконано потовщення з потайним отвором. Корисна модель належить до галузі подрібнення матеріалів, а саме подрібнення за допомогою конусних дробарок, і може бути використана в машинобудуванні при виготовленні обладнання для гірничорудної промисловості.

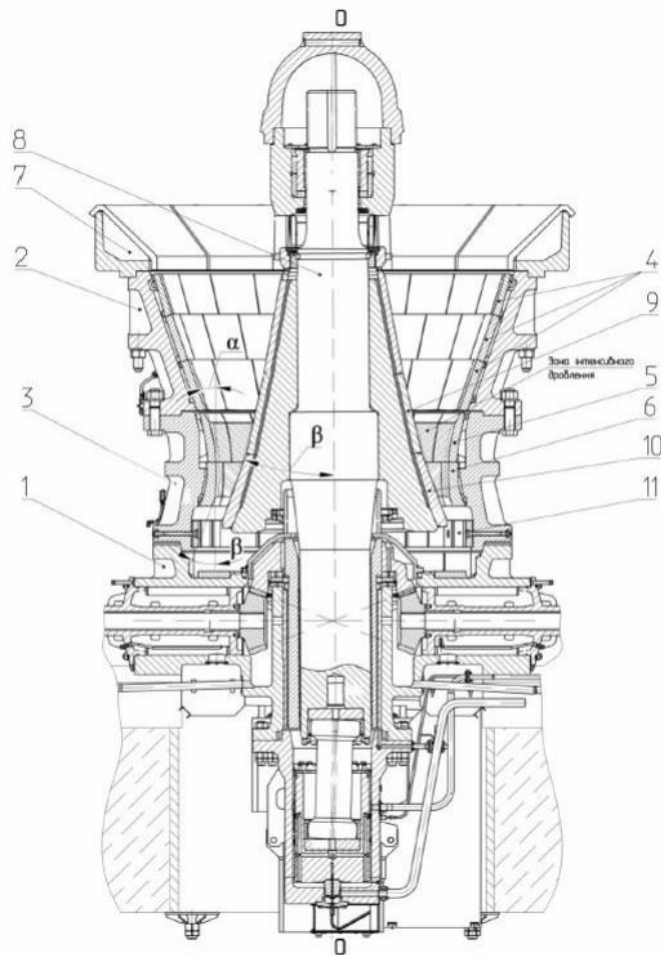


Рисунок 4.11 – повздовжній переріз конусної дробарки крупного дроблення:

1 – станина, 2, 3 – кільцеві пояси дробильної чаші, 4, 5, 6 – бронь, 7 – траверса, 8 – дробильний конус, 9, 10 – броні на дробильному конусі, 11 – кільцевий ряд бронь, $\alpha = 0^{\circ}-12^{\circ}$, $\beta \leq 20^{\circ}$

Конусна дробарка крупного дроблення містить станину із встановленою на ній дробильною чашею, що складається з декількох кільцевих поясів, на внутрішній поверхні яких закріплені кільцевими рядами броні, при цьому на верхньому кільцевому поясі дробильної чаші розміщена траверса з шарнірно встановленим на ній дробильним конусом, що футерований бронями й утворює з внутрішньою поверхнею дробильної чаші камеру дроблення, нижче якої розташована зона розвантаження, причому броні нижнього кільцевого поясу дробильної чаші виконані та встановлені з умови відхилення дотичної до утворюючої робочої поверхні в зоні інтенсивного дроблення від

вертикальної осі на кут у межах від 0° до 12° , при цьому броні дробильного конуса виконані з прямолінійним профілем зовнішньої поверхні, а корпус дробильного конуса виконаний з умови відхилення профілю броні від вертикальної осі не більше 20° , крім того на краях броні нижнього кільцевого ряду камери дроблення виконані скоси, які відповідають куту нахилу поверхні суміжних бронею дробильного конуса, крім того, в зоні розвантаження, на нижньому кільцевому поясі дробильної чаші, встановлений додатковий кільцевий ряд бронею, під які в цьому кільцевому поясі виконано посадкове місце.

В основі корисної моделі [21] лежить рухомий конус конусної дробарки, геометрія якого призначена для продовження терміну експлуатації деталей, що дуже часто зношуються. Корисна модель належить до систем дроблення гірських порід, які розбивають породу, каміння або інші матеріали.

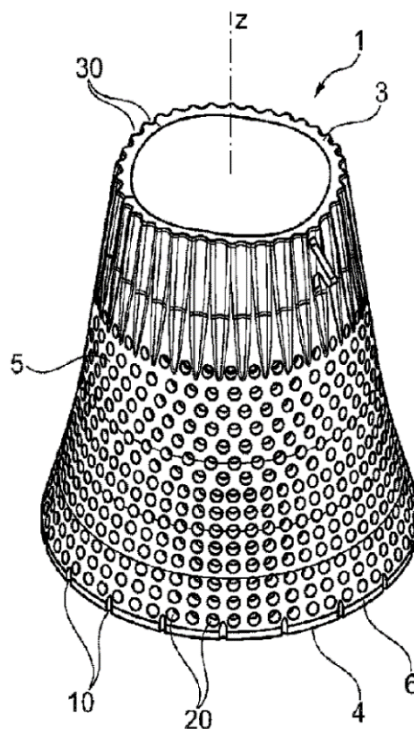


Рисунок 4.12 – футурівка конуса дробарки:

1 – футурівка конусної дробарки; 3 – верхня поверхня; 4 – нижня поверхня; 5 – поверхня дроблення; 6 – кільцева крайова частина; 10 – повздовжні канавки нижньої секції; 20 – порожнини для вставок; 30 – повздовжні канавки верхньої секції.

Кожух містить центральну вісь, а також зовнішню периферійну поверхню, що обертається навколо центральної осі. Зовнішній діаметр кожуха на нижній поверхні більший, ніж на верхній поверхні кожуха. Зовнішня периферійна поверхня являє собою поверхню дроблення кожуха. Нижній кільцевий скіс зовнішньої периферійної поверхні кожуха має канавки. Бічна робоча поверхня кожуха оснащена порожнинами для вставок. Верхня секція кожуха оснащена повздовжніми канавками. Метою корисної моделі є покращення якості дроблення матеріалу, а також подовжити термін служби деталей.

4.3. Обґрунтування напрямку модернізації

Модернізація дробарки буде проведена за [21]. Ця модернізація дозволить подовжити термін служби робочих деталей та покращити якість подріблення матеріалу, за рахунок наявності повздовжніх канавок на початку та кінці робочої поверхні дроблення, а також наявності порожнин для вставок.

За рахунок встановлення спеціальних вставок у відповідні отвори, що розташовані по всій основній робочій поверхні дробильного кожуха, ми отримуємо значне покращення якості дроблення гранул та інших супутніх матеріалів, а також дозволить збільшити термін експлуатації всієї конструкції.

Збільшення міжремонтного періоду та продуктивності установки призведе до збільшення обсягу перероблюваного матеріалу та зменшення витрат на ремонт та експлуатацію установки, що позитивно позначиться на галузі гірничої промисловості.

Покращення якості дроблення перероблюваного матеріалу, а також збільшення міжремонтного періоду призведе до більшої однорідності вихідного матеріалу та зменшенню витрат на ремонт та заміну вставок, які є неймовірно прості за своєю конструкцією.

5. Розрахунки

5.1. Параметричні розрахунки

Розрахунок конусної дробарки середнього подрібнення для здрібнення матеріалу продуктивністю $\Pi_p=110$ т/год, ходом рухомого конуса $S=0,025$ м, середнім діаметром завантажувальних шматків $D_{\text{сер}}=0,11$ м, з середнім розміром шматків готового продукту $d_{\text{сер}}=0,02$ м, для матеріалу з наступними параметрами: границя міцності на стиск $\sigma=58$ МН/м², модуль пружності $E=2,7 \cdot 10^4$ МН/м², густина $\rho=2,4$ т/м³, коефіцієнт розпушування $\mu=0,39$, коефіцієнт тертя $f=0,30$.

Нижній діаметр рухомого конуса:

$$d_n = 1,25 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt[3]{\frac{\Pi_p^2}{\pi^2 \cdot \mu^2 \cdot g \cdot \rho \cdot d_{\text{сер}}^2 (\sin \phi - f \cos \phi)}};$$
$$d_n = 1,25 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt[3]{\frac{110^2}{3,14^2 \cdot 0,39^2 \cdot 9,81 \cdot 2,4 \cdot 0,02^2 (\sin 41^\circ - 0,30 \cos 41^\circ)}};$$
$$= 1,53 \text{ м.}$$

Де ϕ – кут між твірною й основою рухомого конуса, $\phi=41^\circ$.

Частота обертання рухомого конуса:

$$n = \sqrt{\frac{g (\sin \phi - f \cos \phi)}{2 \cdot 0,08 d_n}};$$
$$n = \sqrt{\frac{9,81 (\sin 41^\circ - 0,3 \cos 41^\circ)}{2 \cdot 0,08 \cdot 1,53}} = 4,14 \text{ об/сек.}$$

Мінімальний зазор між конусами на виході з дробарки:

$$e = d_{\text{сер}} - \frac{S}{2};$$

$$e = 0,02 - \frac{0,025}{2} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Нижній діаметр нерухомого конуса:

$$D_n = d_n + (2e + S);$$

$$D_n = 1,53 + (2 \cdot 7,5 \times 10^{-3} + 25 \times 10^{-3}) = 1,57 \text{ м.}$$

Довжинна зони паралельності:

$$L = 0,08 \cdot d_n;$$

$$L = 0,08 \cdot 1,53 = 0,122 \text{ м.}$$

Максимальний зазор між конусами на вході в дробарку:

$$a = 1,2 \cdot D_{\text{сер}};$$

$$a = 1,2 \cdot 0,11 = 0,132 \text{ м,}$$

де $D_{\text{сер}}$ - діаметр шматка матеріалу.

Висота рухомого конуса:

$$h = \left(\frac{d_n}{2} \cdot \operatorname{tg} \phi \right) \cdot 0,9;$$

$$h = \frac{1,53}{2} \cdot \operatorname{tg} 41^\circ \cdot 0,9 = 0,6 \text{ м.}$$

Верхній діаметр рухомого конуса:

$$d_B = d_n - 2h / \operatorname{tg} \phi;$$

$$d_B = 1,53 - 2 \cdot 0,6 / \operatorname{tg} 41^\circ = 0,15 \text{ м.}$$

Верхній діаметр нерухомого конуса:

$$D_B = d_B + 2a;$$

$$D_B = 0,15 + 2 \cdot 0,132 = 0,414 \text{ м.}$$

Висота нерухомого конуса:

$$H = 1,1 \cdot h;$$

$$H = 1,1 \cdot 0,6 = 0,66 \text{ м.}$$

Ступінь подрібнення матеріалу:

$$i = D_{\text{сер}} / d_{\text{сер}};$$

$$i = 0,11 / 0,02 = 5,5$$

Потужність двигуна:

$$N = \frac{\sigma^2 \cdot \pi_p \cdot (i-1)}{2,4 \cdot \rho \cdot E \cdot \dot{\eta}_o \cdot \dot{\eta}_y};$$

$$N = \frac{58^2 \cdot 110 \cdot (5,5 - 1)}{2,4 \cdot 2,4 \cdot 2,7 \cdot 10^4 \cdot 0,35 \cdot 0,85} = 35 \text{ кВт.}$$

За даними [2] вибираємо двигун 4АМ225М6 потужністю $N_1=37$ кВт з частотою обертання $n_1 = 1000$ об/хв.

5.2. Кінематичні розрахунки дробарки

5.2.1. Кінематичний розрахунок привода

Коефіцієнт корисної дії привода:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^2;$$

$$\eta = 0,94 \cdot 0,95 \cdot 0,99^2 = 0,87,$$

де η_1 - ККД клинопасової передачі; $\eta_1 = 0,94$;

η_2 - ККД зубчастої конічної передачі; $\eta_2 = 0,95$;

η_3 – коефіцієнт, який враховує витрати на тертя в підшипниках кочення і ковзання.

5.2.2. Кінематичний розрахунок клинопасової передачі

Приймаємо ремінь нормального перетину типу ГОСТ 1284-80.

Крутний момент на швидкохідному валу:

$$M_{кр} = 9550 N_1 / n_1;$$

$$M_{кр} = 9550 \cdot (37 / 1000) = 353,3 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

За даним моментом приймаємо переріз ремня «В» з розмірами:

$b_p=19,0\text{мм}$; $h=13,5\text{мм}$; $d_0=22\text{мм}$; $y_0=4,8\text{мм}$; $F_1=2,30\text{см}^2$; діаметр меншого шківів

згідно рекомендаціям приймаємо $d_{pmin}=200\text{мм}$. Для підвищення довговічності ременя приймаємо $d_{p1}=224\text{мм}$.

Діаметр більшого шківа:

$$d_{p2}=d_{p1}u_p(1-\varepsilon);$$

$$d_{p2}=224 \cdot 1,8(1-0,02)=395,14\text{мм},$$

де $\varepsilon = 0,02$ – коефіцієнт проковзування ременя. Приймаємо стандартний діаметр згідно ГОСТ 17383-73 $d_{p2} = 400\text{мм}$.

Фактичне передаточне число:

$$u_p = \frac{d_{p2}}{d_{p1}(1-\varepsilon)};$$

$$u_p = \frac{400}{224(1-0,02)}=1,82.$$

Швидкість ременя:

$$V_p = \pi d_{p1} n_1 / 60 \cdot 1000;$$

$$V_p = 3,14 \cdot 224 \cdot 1000 / 60 \cdot 1000 = 11,7 \text{ м / с}.$$

Частота обертання веденого вала:

$$n_2 = d_{p1} \cdot n_1 (1 - \varepsilon) / d_{p2};$$

$$n_2 = 224 \cdot 1000 \cdot (1 - 0,02) / 400 = 548,6 \text{ об / хв};$$

Міжосьова відстань:

$$a=1,2d_{p2};$$

$$a=1,2 \cdot 400=480 \text{ мм}.$$

Розрахункова довжина ременя:

$$L=2a+\frac{\pi}{2}(d_{p1}+d_{p2})+\frac{(d_{p2}-d_{p1})^2}{4a};$$

$$L=2 \cdot 480+\frac{3,14}{2}(224+400)+\frac{(400-224)^2}{4 \cdot 480}=1955 \text{ мм},$$

Приймаємо дійсну довжину ременя $L=2000 \text{ мм}$.

Дійсна міжосьова відстань:

$$a = \frac{2L - \pi(d_{p1} + d_{p2}) + \sqrt{[2L - \pi(d_{p1} + d_{p2})]^2 - 8(d_{p2} - d_{p1})^2}}{8};$$

$$a = \frac{2 \cdot 2000 - 3,14(224 + 400) + \sqrt{[2 \cdot 2000 - 3,14(224 + 400)]^2 - 8(400 - 224)^2}}{8} = 510 \text{ мм};$$

Мінімальна міжосьова відстань для зручності монтажу і зняття ременів:

$$a_{\min} = a - 0,01L;$$

$$a_{\min} = 502 - 0,01 \cdot 2000 = 482 \text{ мм.}$$

Максимальна міжосьова відстань для створення натягу та підтягування ременя під час витяжки:

$$a_{\max} = a + 0,025L;$$

$$a_{\max} = 502 + 0,025 \cdot 2000 = 552 \text{ мм.}$$

Кут обхвату на меншому шківі:

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

$$\alpha_1 = 180^\circ - 60^\circ \frac{400 - 224}{502} = 159^\circ,$$

Мінімально допустимий кут обхвату клинопасових передач $[\alpha_1] = 120^\circ$

$$[\alpha_1] < \alpha_1$$

Умова виконується.

Відносна довжина ременя:

$$\frac{L}{L_0} = \frac{2000}{2240} = 0,89,$$

Де вихідна довжина ременя $L_0 = 2240 \text{ мм};$

Коефіцієнт довжини:

$$C_l \cong 0,95;$$

Вихідна потужність, яку передає 1 клиновий ремінь при $u=1$, $\alpha_1=180^\circ$, довжині L_0 і спокійній роботі (при $d_{p1}=224 \text{ мм}$ та $V=11,7 \text{ м/с}$):

$$N_0 = 5,55 \text{ кВт};$$

Коефіцієнт кута захвату:

$$C_{\alpha}=0,79;$$

Поправка до крутного моменту на передаточне число:

$$\Delta T_u=8 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Поправка до потужності (яка враховує зменшення впливу на довговічність згину ременя на великому шківі зі збільшенням передатного числа) :

$$\Delta N_u = 0.0001 \Delta T_u \cdot n_{\phi};$$

$$\Delta N_u = 0.0001 \cdot 8 \cdot 1000 \cong 0.8 \text{ кВт},$$

Де ΔT_u - поправка до крутного моменту на швидкохідному валу.

n_{ϕ} - частота обертання швидкохідного валу.

Коефіцієнт режиму роботи:

$$C_p = 0,84;$$

Допустима потужність на 1 клиновий ремінь:

$$[N] = (N_o C_{\alpha} C_i + \Delta N_u) C_p;$$

$$[N] = (5,55 \cdot 0,79 \cdot 0,95 + 0,8) \cdot 0,84 = 4,17 \text{ кВт}.$$

Розрахункове число ременів:

$$Z = N / [N];$$

$$Z = 37 / 4,17 = 8,87,$$

Враховуючи нерівномірність навантаження приймаємо дійсне число ременів $z=9$.

5.2.3. Кінематичний розрахунок конічної зубчастої передачі

Середній нормальний модуль зубчастого зачеплення для передачі з коловими зубцями приймаємо $m_n = 5 \text{ мм}$. Кут нахилу зуба приймаємо $\beta_n = 25^\circ$. Передаточне число конічної зубчастої передачі $u_3 = 1,96$. Число зубців ведучої шестерні приймаємо $z_1 = 20$.

Число зубців ведомого колеса:

$$z_2 = z_1 \cdot u_3;$$

$$z_2 = 20 \cdot 1,96 = 39.$$

Фактичне передаточне число:

$$u_3 = \frac{z_2}{z_1}$$

$$u_3 = \frac{39,2}{20} = 1,96.$$

Кут ділильного конуса:

$$\delta_1 = \arctg \frac{z_1}{z_2};$$

$$\delta_1 = \arctg \frac{20}{39} = 27^\circ.$$

Частота обертання тихохідного вала:

$$n_3 = \frac{n_2}{u_3};$$

$$n_3 = \frac{548,6}{1,96} = 280 \text{ об/хв.}$$

Число зубців умовного плоского колеса:

$$z_c = \sqrt{z_1^2 + z_2^2};$$

$$z_c = \sqrt{20^2 + 39^2} = 44.$$

Середня конусна відстань:

$$R_m = \frac{m_n z_c}{2 \cos \beta_n};$$

$$R_m = \frac{5 \cdot 44}{2 \cos 25^\circ} = 122 \text{ мм.}$$

Ширина зуба:

$$b = 10 m_n;$$

$$b = 10 \cdot 5 = 50 \text{ мм.}$$

Зовнішня конусна відстань:

$$R_e = R_m + 0,5b ;$$

$$R_e = 122 + 0,5 \cdot 50 = 147 \text{ мм.}$$

Зовнішній коловий модуль:

$$m_e = \frac{2R_e}{z_c} ;$$

$$m_e = \frac{2 \cdot 147}{44} = 6,7 \text{ мм.}$$

Крутний момент на тихохідному валі:

$$M_{крз} = 9550 \cdot N_1 / n_3 ;$$

$$M_{крз} = 9550 \cdot 37 / 280 = 1262 \text{ Н·м.}$$

5.3. Розрахунки на міцність

5.3.1. Розрахунок на міцність вертикального вала

Розрахункова схема навантаження вертикального вала з дроблячим конусом силами, що виникають при подрібненні матеріалу, зображена на рис.

5.1 :

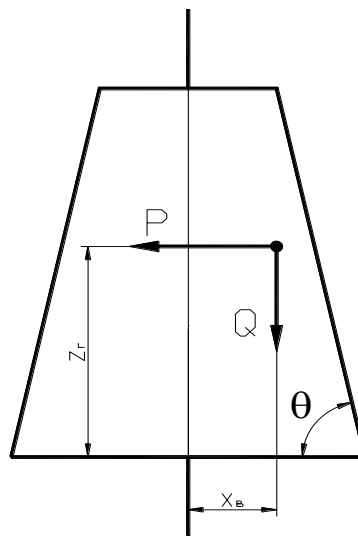


Рисунок 5.1 Розрахункова схема навантаження вертикального вала

Відстань між точкою прикладання сил і вертикальною віссю обертання конуса:

$$x_B = \frac{4(R_2^2 + R_2 R_1 + R_1^2)}{3\pi(R_1 + R_2)};$$
$$x_B = \frac{4(0.76^2 + 0.76 \cdot 0.0755 + 0.0755^2)}{3 \cdot 3.14 \cdot (0.76 + 0.0755)} = 0.32 \text{ м,}$$

де $R_1 = 0,075$ м – верхній радіус конуса;

$R_2 = 0,76$ м – нижній радіус конуса.

Відстань між точкою прикладання сил і нижньою основою конуса по горизонталі:

$$z_r = \frac{R_2 + 2R_1}{3(R_2 + R_1)} h;$$
$$z_r = \frac{0.76 + 2 \cdot 0.0755}{3(0.76 + 0.0755)} 0.6 = 0.216 \text{ м,}$$

де $h = 0.6$ м – висота конуса.

Горизонтальна складова прикладеної сили:

$$P_r = \sigma(R_2^2 - R_1^2) \operatorname{tg} \theta;$$
$$P_r = 58 \cdot 10^6 (0.76^2 - 0.0755^2) \operatorname{tg} 41^\circ = 29 \text{ МН,}$$

де $\theta = 41^\circ$ – кут між твірною конуса і горизонталлю.

Вертикальна складова прикладеної сили:

$$P_b = \frac{\pi}{2} \sigma (R_2^2 - R_1^2);$$
$$P_b = \frac{3.14}{2} 58 \cdot 10^6 (0.76^2 - 0.0755^2) = 52,3 \text{ МН}.$$

Горизонтальна складова прикладеної сили з урахуванням коефіцієнта послаблення:

$$P = 0.05 \cdot P_r;$$
$$P = 0.05 \cdot 29 = 1.45 \text{ МН}$$

Вертикальна складова прикладеної сили з урахуванням коефіцієнта послаблення:

$$Q = 0.05 \cdot P_v ;$$

$$Q = 0,05 \cdot 52,3 = 2.6 \text{ МН} .$$

Найбільші напруження виникають у вертикальному валі під дією крутних моментів. Епюра діючих на вертикальний вал крутних моментів зображена на рис. 5.2 :

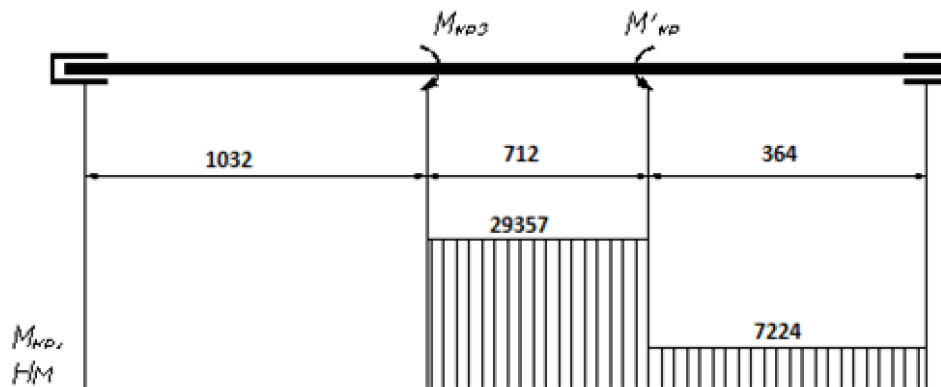


Рисунок 5.2 – Епюра діючих на вертикальний вал крутних моментів

Максимальні напруження виникають у найтоншому перерізі вала, де його діаметр становить $d_{\min} = 0,108 \text{ м}$.

Полярний момент опору в небезпечному перерізі:

$$W_p = \frac{\pi d_{\min}^3}{16} ;$$

$$W_p = \frac{3,14 \cdot 0.108^3}{16} = 0.00025 \text{ м}^3 .$$

Напруження в небезпечному перерізі:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\text{кр}3}}{W_p} ;$$

$$\tau_{\max} = \frac{29357}{0.00025} = 117 \text{ МПа} .$$

Напруження, що виникають у валу, лежать у допустимих межах.

5.3.2. Розрахунок на міцність клиноремінного шківа

Основним силовим фактором, що діє на шків, є крутний момент, який становить $M_{кр2} = 51953$ Н·м. Найбільші навантаження, що виникають при крученні, припадають на ступицю шківа.

Відношення внутрішнього і зовнішнього діаметрів ступиці шківа:

$$\alpha = \frac{d_6}{d_3};$$

$$\alpha = \frac{0,192}{0,436} = 0,44,$$

де $d_6 = 0,192$ м – внутрішній діаметр ступиці;

$d_3 = 0,43$ м – зовнішній діаметр ступиці.

Полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi d_3^3}{16} (1 - \alpha^4);$$

$$W_p = \frac{3,14 \cdot 0,43^3}{16} (1 - 0,44^4) = 0,015 \text{ м}^3.$$

Напруження, що виникають при крученні:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{кр2}}{W_p};$$

$$\tau_{\max} = \frac{51953}{0,015} = 3,46 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

Напруження, що виникають у шківі, лежать у допустимих межах.

5.3.3. Розрахунок на міцність зубчатої передачі

Приведена кількість зубців:

$$z_{np} = \frac{z_1}{\cos \delta_1};$$

$$z_{np} = \frac{20}{\cos 27^\circ} = 22,$$

Коефіцієнт форми зуба приймаємо $y_1 = 0,105$.

Ступінь повноти зуба:

$$\psi = \frac{b}{R_m};$$

$$\psi = \frac{450}{1213} = 0,37.$$

Колова швидкість:

$$v = \frac{\pi m_e (1 - 1,5\psi) z_1 n_2}{60 \cdot 1000}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 65,6 (1 - 1,5 \cdot 0,37) 20 \cdot 548,6}{60 \cdot 1000} = 17 \text{ м/с},$$

Швидкісний коефіцієнт приймаємо $k_v = 0,52$.

Коефіцієнт тиску для чавунних колес приймаємо $k = 470$.

Напруження згину зубців:

$$\sigma_F = \frac{6,35 M_{kp3}}{m_e (1 - 0,5\psi)^2 z_1 y_1 b k_v};$$

$$\sigma_F = \frac{6,35 \cdot 29357}{65,6 (1 - 0,5 \cdot 0,37)^2 20 \cdot 0,105 \cdot 450 \cdot 0,52} = 8,7 \text{ МПа},$$

Допустиме напруження згину для зубців конічних колес, виконаних з сталі 40Х, $[\sigma_F] = 44 \text{ МПа}$. Умова міцності виконується ($\sigma_F < [\sigma_F]$).

Контактне напруження:

$$\sigma_H = \frac{3,16 k}{z_1 m_e (1 - 0,5\psi)} \sqrt{\frac{\sqrt{u^2 + 1}}{u + b} \frac{M_{kp}}{k_v}};$$

$$\sigma_H = \frac{3,16 \cdot 470}{20 \cdot 65,6 (1 - 0,5 \cdot 0,37)} \sqrt{\frac{\sqrt{1,95^2 + 1}}{1,95 + 450} \cdot \frac{29357}{0,52}} = 23 \text{ МПа},$$

Допустиме контактне напруження для зубців конічних колес, виконаних з сталі 40Х, $[\sigma_H] = 285$ МПа. Умова міцності виконується ($\sigma_H < [\sigma_H]$).

5.4. Розрахунок модернізованої моделі конуса на міцність

Для розрахунку конструкції на міцність використовувалося програмне забезпечення ANSYS, призначене для подібних задач. Розрахунок проводився з використанням програмного модуля Static Structural, який призначений для подібних розрахунків з урахуванням статичних навантажень.

У робочому просторі Workbench створюємо проект Static Structural.

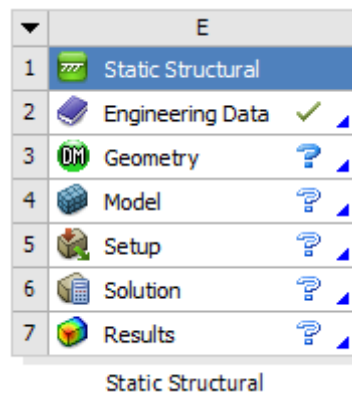


Рисунок 5.3 – створення проекту для виконання розрахунку.

Відкриваємо розділ Geometry. Натискаємо File > Import External Geometry File... > Обираємо модель модернізованого черв'яка, створену в програмі Solidworks та збережена в форматі STEP > Відкрити > Generate.

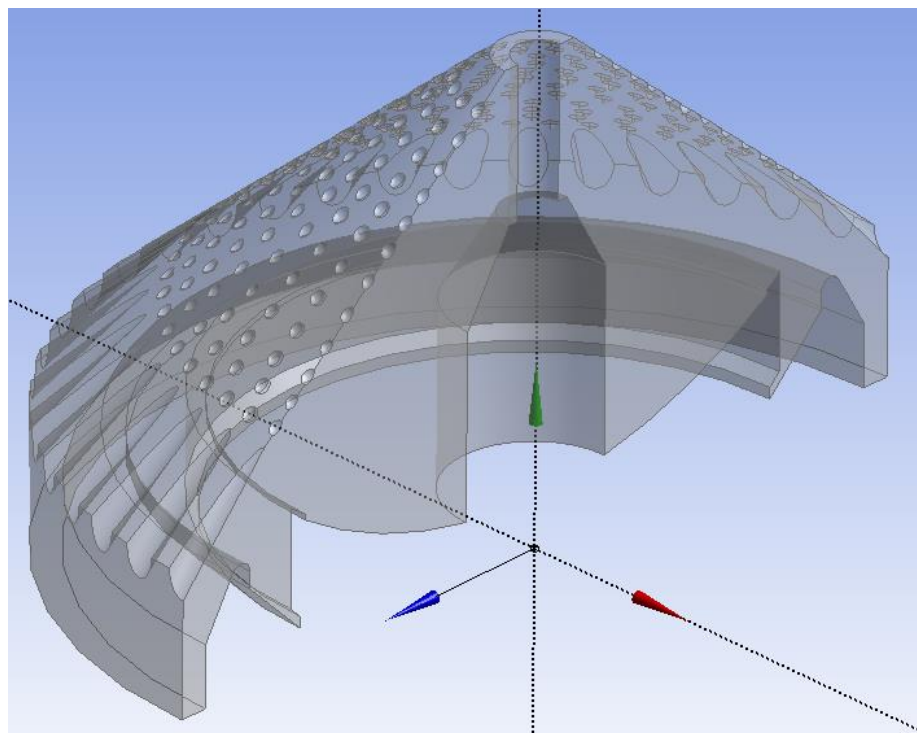


Рисунок 5.4 – занесення 3D-моделі в розділ Geometry.

Заходимо на Model. У розділі Mesh генеруємо сітку скінченних елементів за допомогою команди Generate Mesh.

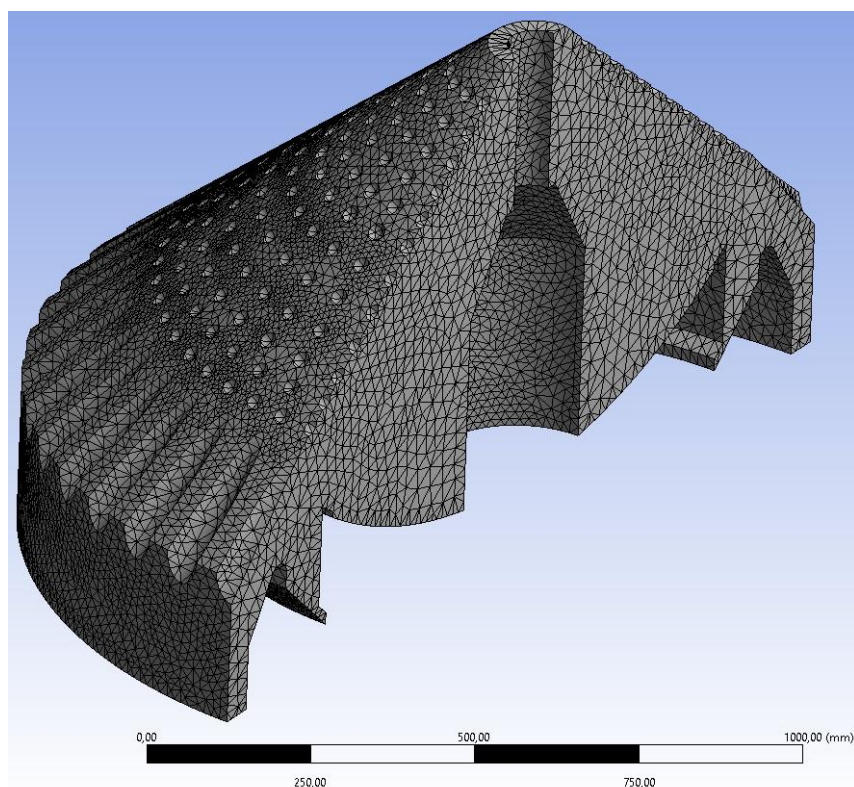


Рисунок 5.5 – Генерування сітки скінченних елементів.

У розділі Static Structural задаємо закріплення за допомогою команд Displacement та Fixed Support.

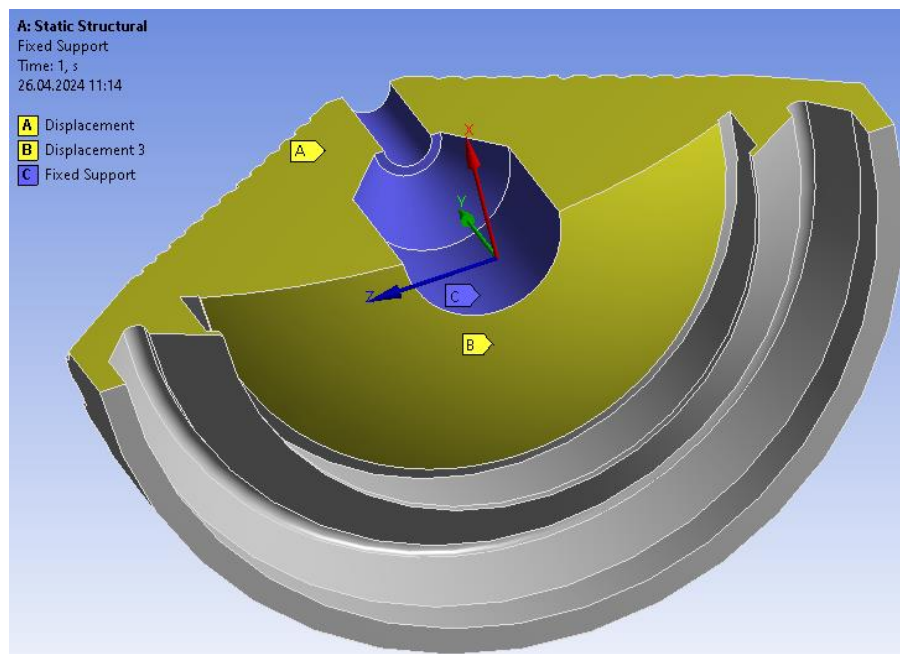


Рисунок 5.6 – Задаємо закріплення конструкції.

З використанням команди Standard Earth Gravity задаємо дію гравітації на конструкцію (Inertial > Standard Earth Gravity > -Y Direction).

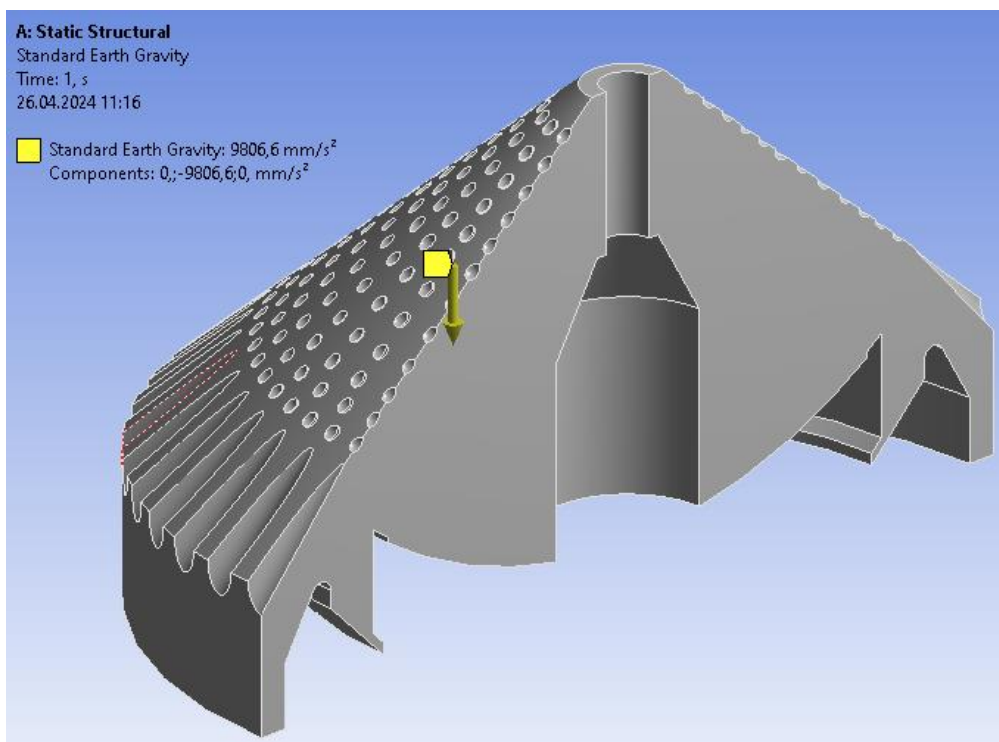


Рисунок 5.7 – Задаємо дію гравітації на конструкцію.

З використанням команди Pressure задаємо тиск який діє на зовнішню поверхню конструкції.

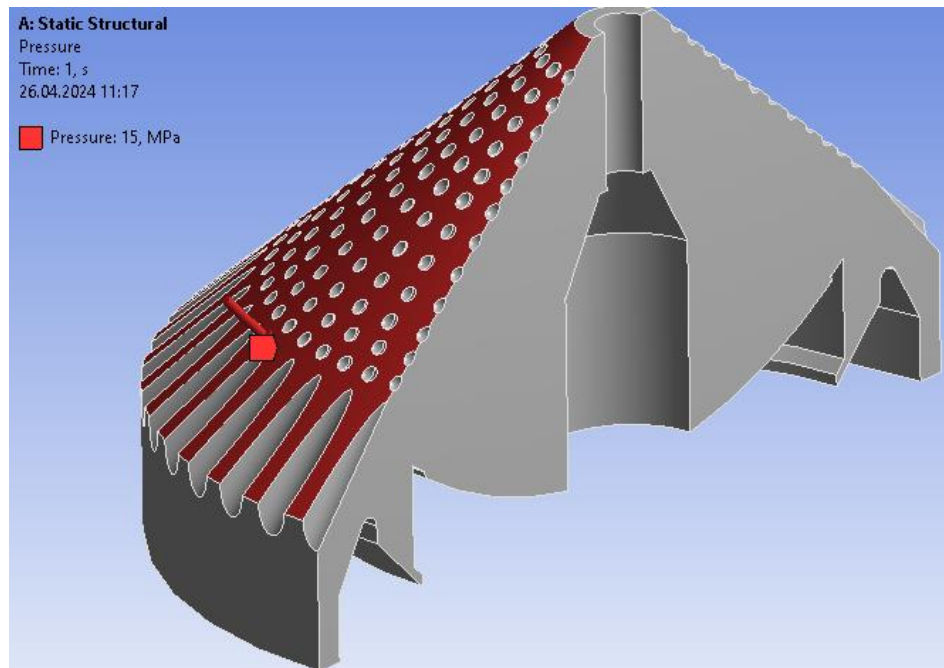


Рисунок 5.8 – Задаємо навантаження.

В розділі Solution обираємо розрахунки які нам потрібні, а саме: загальні деформації (Total Deformation), еквівалентні напруження (Equivalent Stress) та коефіцієнт запасу міцності (Safety Factor).

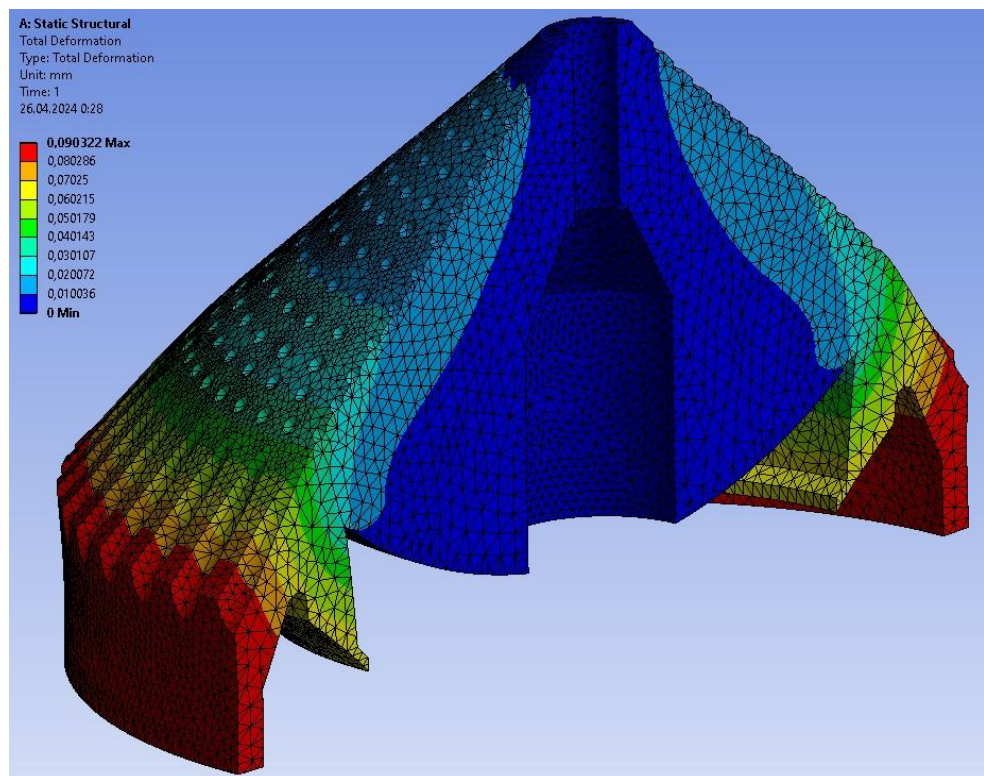


Рисунок 5.9 – Результати розрахунку загальних деформацій.

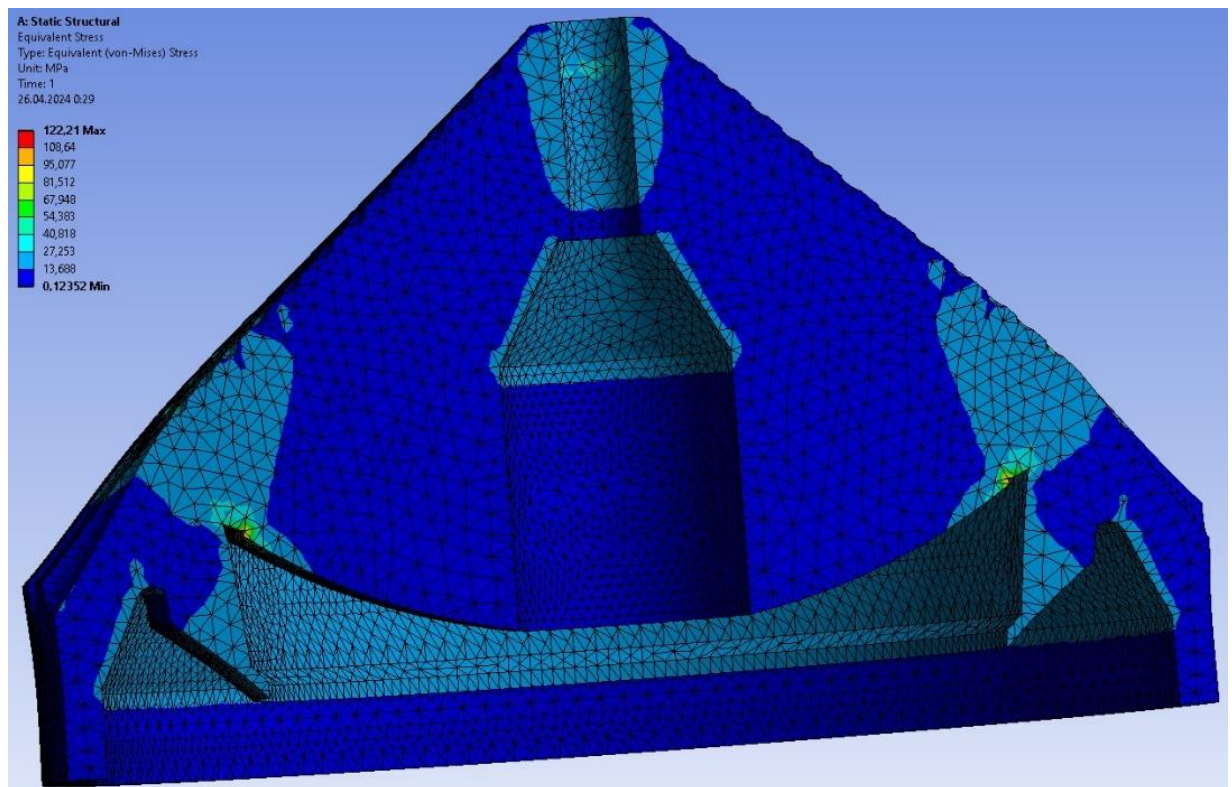


Рисунок 5.8 – Результати розрахунку еквівалентних напружень.

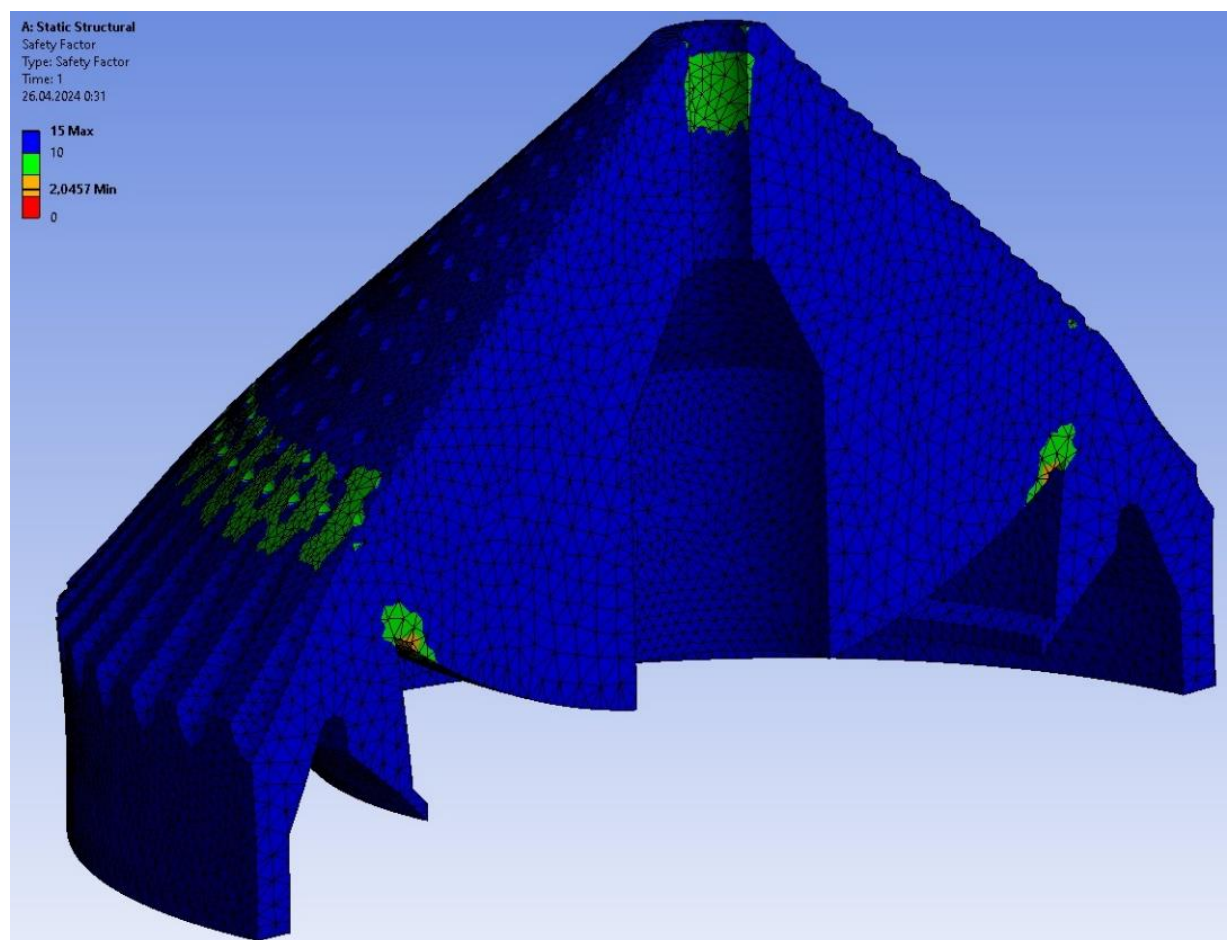


Рисунок 5.9 – Результати розрахунку запасу міцності.

З розрахунків видно, що коефіцієнт запасу міцності становить 2.0457, тобто $k > 1.2$. Це говорить про те, що деталь не зламається.

Модернізована модель пройшла випробування на міцність.

Проведені розрахунки та симуляції у відповідних сучасних програмах підтверджують, що умова міцності зберігається, а отже використання такої модернізації є бажаною та корисною.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Тема дипломної роботи: Конусна дробарка середнього подрібнення з модернізацією конуса.

Мета розділу: встановили вимоги охорони праці під час експлуатації конусної дробарки середнього подрібнення.

Темою моєї дипломної роботи є розрахунок і проектування лінії виробництва гранітного гравію. Контроль параметрів технічного процесу здійснює оператор лінії. Пульт управління розташований у виробничому приміщенні площею 10 м^2 ($2,5 \times 3 \text{ м}$), висотою стелі $3,5 \text{ м}$ і об'ємом $V. = 35 \text{ м}^3$, що становить потребу на одного робітника.

Шкідливими та небезпечними факторами виробництва під час експлуатації та обслуговування лінії є:

- Виробничий шум;
- Ураження електричним струмом;
- Пожежна безпека;
- Промислове освітлення;
- Повітря в робочій зоні.

6.1. Виробничий шум

Загальний рівень шуму електричної конусної дробарки $L=96 \text{ дБА}$.

Процес подрібнення передбачає високий рівень шуму. Фізично звук характеризується частотою вібрації та інтенсивністю звуку, а фізіологічно — гучністю, тембром і висотою. Людське вухо найбільш чутливе до звуків на частотах від 1000 до 4000 Гц .

Шум - це хаотичне поєднання звуків різної частоти та інтенсивності. Людське вухо чутливе до тиску звукових хвиль. Діапазон людського слуху становить приблизно 100 дБА , але люди не виносять шуму в 110 дБА . Шум

понад 85 дБА може призвести до тимчасового погіршення продуктивності та втрати слуху. Для зниження виробничого шуму плануються наступні заходи:

- монтаж екранів (-15дБА)
- своєчасне змащення всіх тертьових поверхонь (-6дБА)
- своєчасний ремонт всіх механічних компонентів відповідно до норм (-8дБА).

Персонал, який обслуговує дробарку, забезпечується засобами індивідуального захисту у вигляді м'якої гумової підкладки, що знижує шум на 18-20 дБА. Фактичні показники шуму 70 дБА, що відповідає ДСН 3.36.037-99.

6.2. Електробезпека

Лінія устаткування, розроблене в цьому проекті, встановлюється в сушильній кімнаті при кімнатній температурі та вологості. Перекриття приміщення – залізобетонне. Згідно з ПУЕ, це стосується об'єктів підвищеної небезпеки. Напруга кабінки $U = 220/380$ В, частота $f = 50$ Гц. Тип електричної мережі - з постійно заземленою нульовою жилою. Заплановані організаційно-технічні заходи щодо забезпечення електробезпеки:

- інструктаж та навчання безпечним методам праці.
- встановлення плакатів та знаків безпеки.
- недоступність елементів електроустановки під напругою (кабелі під напругою повинні бути захищені; недоступність кабелів на висоті, використання огорожувальних пристроїв);
- ізоляція струмопровідних частин ПК ($R \geq 0,5$ Ом).
- електрична ізоляція мережі за допомогою спеціальних роздільних трансформаторів;
- автоматичний вимикач знаходиться в спеціальній шафі.

- під час використання електроінструментів необхідно використовувати засоби індивідуального захисту, такі як ізольовані рукавички та черевики, гумові килимки та ізольовані підставки.

Даний проект передбачає використання вибухозахищеного електрообладнання.

В аварійному режимі застосовується пристрій занулення і захисне автоматичного відключення, відповідно до ДСТУ 7237:2011.

6.3. Пожежна безпека

Робоче приміщення відноситься до категорії В (виробництво, пов'язане з переробкою вогнетривів і матеріалів в холодних умовах). Клас зони П-Па (встановлюється в приміщеннях, де утворюються вибухонебезпечні суміші пилу і волокон тільки в зв'язку з аваріями або поломками технологічних систем) (ДСТУ 8828:2019).

Для забезпечення захисту від пожежі та вибуху об'єкт обладнано системами зв'язку та сигналізації, системами сухого хімічного та пінного пожежогасіння, системою пожежного водопостачання та первинної системи пожежогасіння.

До первинних засобів пожежогасіння належать вогнегасники, пожежний інвентар (пляшки з водою, пожежні відра, лопати, протипожежні покривала) та засоби протипожежного захисту (гаки, ломы, сокири). Для гасіння пожежі в диспетчерській встановлено два вогнегасники ВП-3(З).

6.4. Виробниче освітлення

Цей проект передбачає штучне освітлення для всіх приміщень і всіх місць установки $E_{\text{нор}} = 200$ лк. Для освітлення майстерень приймаємо світлодіодні лампи потужністю 20 Вт, напругою 220 В і світловим потоком $\Phi = 3000$ лм.

Більшість існуючих технологій нагрівають тіло або ділянку, що вимагає великої кількості енергії та підвищує ризик пожежі. Тому $E_{\text{фак}} = 250$ лк. Висока ефективність світлодіодної технології забезпечує низьке енергоспоживання та низьке тепловиділення. Крім того, через те, як світлодіоди поглинають випромінювання, вони володіють багатьма властивостями, яких не можуть досягти інші технології. Стійкий до механічних впливів і температур, стійкий до перепадів напруги, довгий термін служби, відмінна контрастність і передача кольорів. Крім того, їх екологічність і рівномірний світловий потік роблять діоди ідеальними в якості засобів освітлення промислових будівель. ДБН В.2.5-28:2018.

6.5. Повітря робочої зони

На робочих місцях при завантаженні та вивантаженні подрібнених продуктів у дробарку утворюється пил, гранично допустима концентрація якого становить $4 \text{ м}^2/\text{м}^3$.

Щоб відповідати нормам пилу, усі ці місця герметизуються, а запилене повітря витягується з укриття та після видалення пилу (до $1 \text{ мг}/\text{м}^3$) викидається в атмосферу по трубопроводах. У деяких випадках дробарка використовує зрошення подрібненого матеріалу в межах, дозволених технічним процесом. Регулярно видаляйте накопичений пил за допомогою комерційного пилососа. Найкраще видаляти пил вологими методами, наприклад, обприскувати підлоги та конструкції з водяного шланга. Промивна вода подається в спеціальний відстійник і регулярно очищається. Умови повітря робочої зони забезпечуються завдяки вище перерахованим технічним заходам, що відповідає ГОСТ 12.1.005-88.

Висновок: вжиті заходи забезпечують відповідність об'єкта вимогам безпеки та охорони праці, безпечну роботу працівників на виробництві, мінімізують шкідливі викиди в навколишнє середовище завдяки вжитим природоохоронним заходам.

7. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

7.1. Опис деталі та її призначення

Під час виконання розділу «Технологія машинобудування» для мого дипломного проекту, було описано технологічний процес виготовлення деталі типу «Фланець», описано послідовність виконаних операцій при виготовленні зазначеної деталі, вибрано установку та інструменти для кожної з операцій, проведено розрахунки допусків оброблюваних поверхонь деталі, розрахунки режимів різання, сили різання і тривалість, а також спроектовано кондуктор для свердлильних операцій.

У подальших розділах описано всі етапи технологічного процесу виготовлення деталі типу «Фланець».

Фланець — невід’ємна частина практично всіх галузей машинобудування, область їх застосування неймовірно широка, вони застосовуються як з’єднувальні компоненти суцільних елементів, а також як з’єднувальні вузли між деталями або конструкціями.

За конструкцією, фланець представляє із себе деталь, в основі перерізу якого лежить кільце або диск. Кріплення між фланцями здійснюється через отвори, що розташовані діаметрально і мають гвинтову різьбу. З’єднувальними елементами є болти або шпильки.

Деталь «Фланець» (Рис. 7.1) конусної дробарки середнього подрібнення виконує роль з’єднувального елемента між рухомим конусом і вертикальним валом.

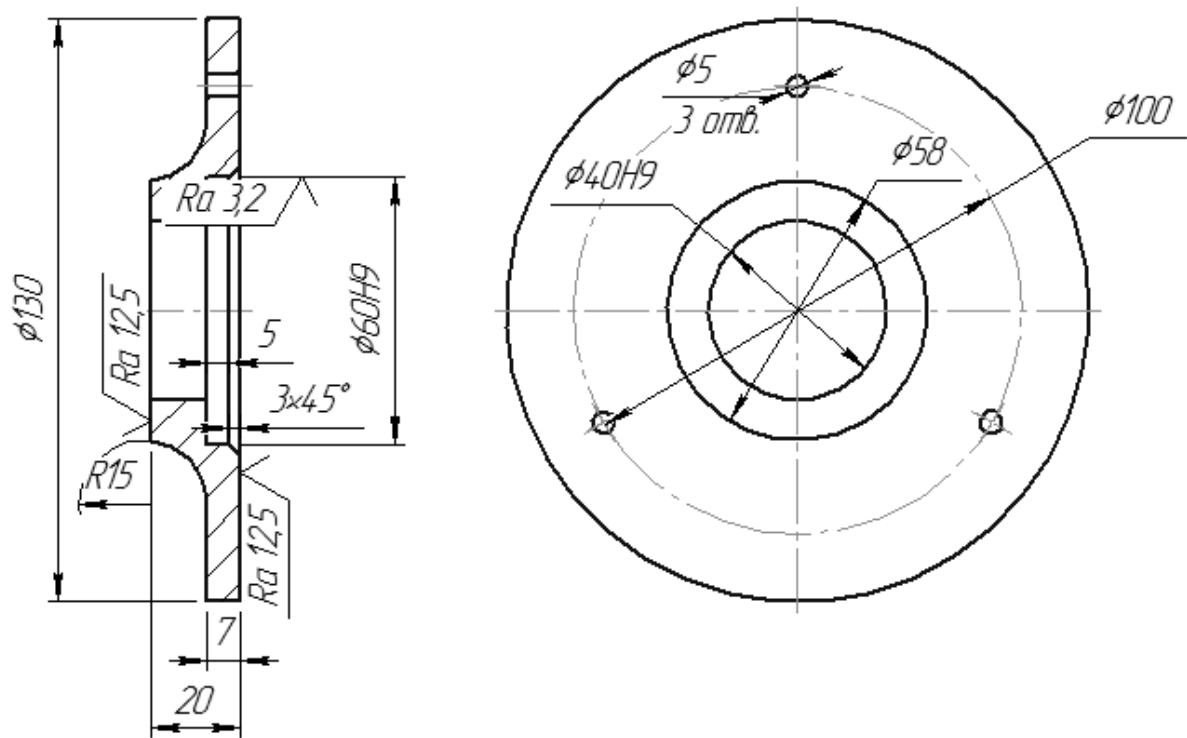


Рисунок 7.1 – деталь фланець

При побудові креслення було зазначено наступне:

- креслення містить всі розміри, необхідні для виготовлення деталі;
- на усіх поверхнях зазначена шорсткість відповідно до ГОСТ 2789-73;
- допуски і відхилення розмірів вказано відповідно ГОСТ 25346-89 та ГОСТ 25347-82;
- допуски форми та базування поверхонь відповідно до ГОСТ 24643-81;
- вимоги до точності виготовлення поверхонь деталі «Фланець» відповідають вимогам шорсткості даних поверхонь.

Матеріал деталі «Фланець» - Сталь 45 (ГОСТ 1050-88); вага $m_d = 1,5 \text{ кг}$.

Заготовка майбутньої деталі (Рис. 2) отримується із гарячекатаного прокату (ГОСТ 2590-2006).

Діаметр заготовки – 140 мм (максимальні відхилення -2мм...+0,8мм).



Рисунок 7.2 – заготовка деталі «Фланець»

Маса заготовки $m_z = 2,1 \text{ кг}$. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{m_d}{m_z} = \frac{1,5}{2,1} = 0,72.$$

Круглий гарячекатаний прокат - вид сталюого прокату, із якого отримують заготовки для виготовлення труб, а також для виготовлення різних деталей в машинобудуванні. Для сталюого гарячекатаного прокату круглого перерізу, діаметр якого 5-270 мм, застосовується стандарт ГОСТ 2590-2006.

7.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

Для операцій 005, 010 використаємо токарний верстат з ЧПУ 16K20Ф3, для операції 015 - вертикально-свердлильний верстат з ЧПУ 2P135Ф2.

При кожній з операцій для обробки фланця будемо використовувати пристрої зі швидкодіючим затисканням, це дасть змогу досягти високого рівня продуктивності та якості виготовлення фланця.

Обробку виконуємо стандартним інструментом. Матеріали робочих поверхонь різців – тверді сплави T15K6 та T30K4. Для свердління отворів використовуємо свердло по металу, виготовлену зі сталі P6M5.

Весь технологічний процес виготовлення фланця описано в маршрутній, ескізній та операційній картах.

7.3. Призначення пристосування для обробки деталі

Пристрій, що використовувався для свердління трьох отворів діаметром 5 мм – кондуктор для свердління.

Кондуктор (Рис. 7.3) – це пристрій для закріплення в ньому оброблюваної заготовки, із отворами, що відповідають діаметру свердлильних отворів. Пристрої для свердління отворів зазвичай застосовуються при обробці великої кількості однакових деталей і використовується в машинобудуванні з метою спрощення процесу свердління отворів в оброблюваних деталях.

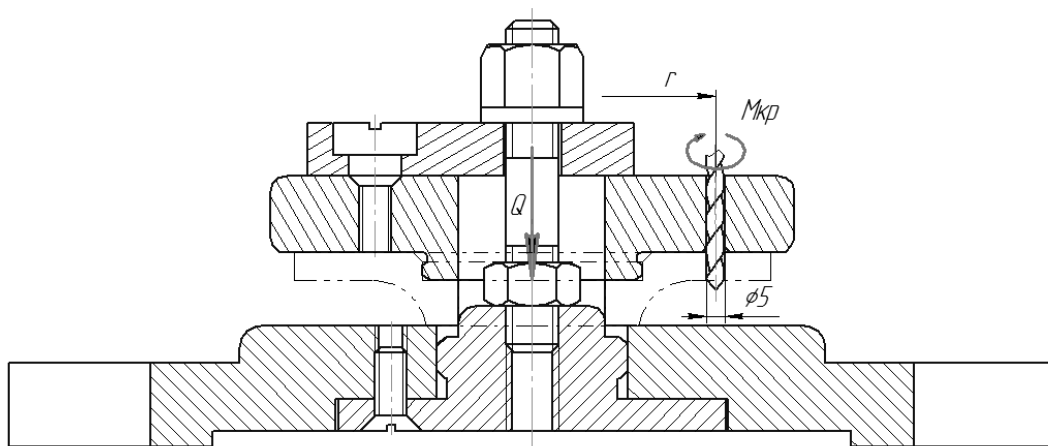


Рисунок 7.3 – Схема затискання і сили, що діють на деталь

Заготовка затискається в кондукторі, отвори якого працюють як направляючі для свердла, це дозволяє значно підвищити точність свердління і якість кінцевого виробу.

7.3.1 Розрахунок сил закріплення

Під час обробки на кондукторі, на заготовку діють сили тертя з боку свердлильного інструмента. Щоб не відбулося зрушення заготовки з місця, необхідно забезпечити її закріплення.

При свердлінні отворів у кондукторі (Рис. 7.3), величина сили затискання визначається наступним чином:

$$Q = \frac{M_{кр}}{f \cdot r},$$

де $M_{кр}$ - крутний момент свердла;

f - коефіцієнт тертя на робочих поверхнях.

Для забезпечення надійності, силу затискання додатково збільшують на величину коефіцієнту запасу K , тоді формула для знаходження сили затискання набуває остаточного вигляду:

$$Q = \frac{K \cdot M_{кр}}{f \cdot r}.$$

Обертаючий момент $M_{кр}$:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p$$

де коефіцієнти $C_M = 0,0345$, $q=2$, $y=0,8$;

$S = 0,15$ мм/об - подача свердла;

K_p - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, у даному випадку залежить лише від матеріалу оброблюваної заготовки і визначається як:

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_e}{750} \right)^n.$$

$$K_p = \left(\frac{600}{750} \right)^{\frac{0,75}{0,35}} = 0,62.$$

Остаточню:

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 0,62 = 1,17 \text{ Нм};$$

Коефіцієнт запасу К:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу для усіх пристроїв;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні оброблюваної заготовки;

$K_2 = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив сил різання від прогресуючого затуплення інструменту;

$K_3 = 1$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні;

$K_4 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує сталість сили затиску, яка створюється приводом пристосування;

$K_5 = 1$ – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток у затискному пристрої;

$K_6 = 1$ коефіцієнт, що враховує наявність моментів, які намагаються повернути заготовку.

Значення коефіцієнта запасу:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 2,16.$$

Підставляючи отримані значення у формулу сили затискання заготовки у пристосуванні (кондуктор для свердління):

$$Q = \frac{2,16 \cdot 1,17}{0,25 \cdot 0,05} = 202 \text{ Н},$$

де $r = 0,05\text{ м}$ - відстань від точки прикладання сили затискання до місця свердління;

$f = 0,25$ - коефіцієнт тертя для гладких поверхонь.

Приймаємо силу затиску $Q = 250\text{ Н}$.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломного проекту за темою «Конусна дробарка середнього подрібнення з модернізацією конуса» було досліджено конструкцію конусної дробарки та сферу її застосування у машинобудівній галузі, зокрема технологічну лінію виробництва гранітного щебня.

Було проведено параметричні та кінематичні розрахунки базової конструкції конусної дробарки. Зокрема було проведено літературно-патентний огляд, в результаті якого було обрано патент, в якому пропонується модернізація, ключовою особливістю якої є те, що бічна робоча поверхня кожуха оснащена заглибленими круглими канавками, а нижня частина конуса оснащена повздовжніми канавками. Метою даною модернізації є покращення якості дроблення матеріалу.

З використанням програмного комплексу ANSYS було проведено розрахунок модернізованого конуса на міцність з урахуванням статичних навантажень, в результаті чого було підтверджено його працездатність.

ЛІТЕРАТУРА

1. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до виконання курсового проекту з дисциплін «МАШИНИ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ШЛЯХІВ», «ДОРОЖНІ МАШИНИ» та практичних робіт з дисципліни «МАШИНИ ДЛЯ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН»
2. Яковенко В. Б. Системне моделювання проектного розрахунку щокрової дробарки з складним рухом щоки / В. Б Яковенко, М. М. Забродський
3. МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ Кафедра дорожньо-будівельних матеріалів і хімії
4. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни „Технологія машинобудування” для студентів факультету хімічного машинобудування та поліграфічного факультету (Укл. С. С. Добрянський, В. К. Фролов, В. Л. Шестаков) – К.: КП, 1996. – 78 с. 6.
5. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г., Гур'єва Л.Н. Технологія виробництва матеріалів і виробів будівельного призначення [Електронний ресурс] / КП ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. – 188с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/66516>
6. Дорожно-будівельні машини та комплекси: Підручник для вузів / Під загальною редакцією В.І. Баловнева. - М: Машинобудування, 1988. 7.
7. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах Т1. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова – 4-е изд. переработанное и дополненное – М.: Машиностроение. 1986г. – 656 с. 8.
8. Справочник технолога-машиностроителя В 2-х томах Т2. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова – 4-е изд. переработанное и дополненное – М.: Машиностроение. 1986г. – 496 с.
9. Дарков А.В., Шпіра Г.С. Опір матеріалів. М .: Вища школа, 1989, 608 20.
10. Щербина, В. Ю., Іваненко, О. І., Сокольський, О. Л., & Васильченко, Г. М. (2023). Використання технології регенерації тепла для підвищення

теплової ефективності обертових печей. *Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”*. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, (3), 41–51. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.3.2023.288247>

11. Довідник конструктора - машинобудівника: у 3-х т .: Т.2. -8-е изд., Перераб. і доп. Під ред. І.М. Жесткова. -М .: Машинобудування, 2001.-912с .:

12. Щербина В.Ю., Сівецький В.І., Гондляр О.В. Механічні процеси і обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів. Підготовка сировинних матеріалів і устаткування для змішування та формування [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 131с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/4573>

13. Патент. EP4219015 / A cone crusher pinion shaft assembly ring / Mikael Larsson, Andreas Bengtsson, Per-Olof Annerfeldt.

14. Патент. EP4309792 / Apparatus and method for lifting a crushing mantle of a cone or gyratory crusher and crusher comprising such an apparatus for lifting / Alan Eisner, Lucas Scholz.

15. Патент. EP4309791 / Apparatus and method for attaching a crushing mantle of a cone crusher to a carrier cone of the cone crusher and for detaching the crushing mantle from the carrier cone / Alan Eisner, Lucas Scholz.

16. Патент. EP3771492 / Liner segment for a gyratory or cone crusher / Ian van Zyl, Carl Nicholls.

17. Пат. 127512 Україна, МПК В02С 2/06. КОНУСНА ДРОБАРКА / Шкрюб Дмитро Юрійович, заяв. 30.07.2021 опубл. 13.09.2023, Бюл.№37.

18. Пат. 149457 Україна, МПК В02С 2/06. СЕГМЕНТ БРОНІ НИЖНЬОЇ ЧАСТИНИ ДРОБИЛЬНОЇ ЧАШІ КОНУСНОЇ ДРОБАРКИ КРУПНОГО ДРОБЛЕННЯ ККД 1500/180 / Шкрюб Дмитро Юрійович, заяв. 30.07.2021 опубл. 17.11.2021, Бюл.№46.

19. Патент. KR102128102B1 / Cone crusher for formation of cyclic aggregate with high pulverization and improved eccentricity with improved shape and mechanical properties and improved grinding force / 조명희.

20. Патент. KR101198484B1 / Cone type crusher / HA YONG GAN.
21. Патент. WO2021223868 / An inner shell for a cone crusher / Martin Nilsson, Elisabeth LEE-NORMAN, Jonny Hansson, Abdullah CHIBLI.
22. Пат. 150704 Україна, МПК B02C 2/00, МПК B02C 2/04. КОНУСНА ДРОБАРКА КРУПНОГО ДРОБЛЕННЯ / Мартиненков С.Л., Холодницький А.М., Шепель О.В., Реука С.М., Похвалій О.В., Грановський А.Є., Шмойлов А.В., заяв. 09.11.2021 опубл. 16.03.2022.
23. Патент. CA3223806A1 / MANTLE FOR A GYRATORY OR CONE CRUSHER / MALKAMÄKI MIKKO.
24. Щербина В.Ю., Гондлях О.В., Сівецький В.І. Іжиніринг інноваційних технологій та обладнання. Механічне обладнання для виробництва в'язучих будівельних матеріалів [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 147 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45720>
25. Мікульонок І. О. Механічні та гідромеханічні процеси, апарати і машини хімічної технології: Практикум : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 174 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41037>
26. Мікульонок І.О. Механічні процеси, апарати і машини хімічної технології. Практикум з навчальної дисципліни: навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 54 с. Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30125>
27. Мікульонок І.О. Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси та обладнання хімічної технології: підручник. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 340 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38169>
28. Сокольський О. Л., Мікульонок І. О. Моделювання обладнання і процесів перероблення полімерних матеріалів методом екструзії. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 252 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/37481>