

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 паковань та пакувального обладнання»

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: Валкова дробарка для виготовлення шамоту з модернізацією системи регулювання зазору

Студент (-ка) IV к, групи ЛУ-01  
(шифр групи)

Квашук Артем Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник проекту: зав. каф., д. т. н., Сокольський О.Л.

(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

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

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – *131 Прикладна механіка*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **Олександр Сокольський**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

**Квашук А.С.**

1. Тема проекту «Валкова дробарка для виготовлення шамоту з модернізацією системи регулювання зазору», керівник проекту Сокольський Олександр Леонідович, завідувач кафедри, доктор технічних наук, затверджені наказом по університету від « \_\_\_\_\_ » 2024 р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом проекту \_\_\_\_\_ .06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту:

середній розмір шматків, що завантажуються  $D_{cp} = 0,035 м$ , середній розміром готового продукту  $d_{cp} = 0,005 м$ , границя міцності матеріалу на стиск  $\sigma = 2,6 МПа$ , модуль пружності  $E = 0,1 \cdot 10^4 МПа$ , об'ємна маса  $\rho = 2 т / м^3$ , коефіцієнт розпушення  $\mu = 0,6$ , коефіцієнт тертя  $f = 0,30$ .

4. Зміст пояснювальної записки

розрахунки; технологія машинобудування; охорона праці; загальні висновки; перелік літератури; додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень): технологічна схема виробництва (A1); загальний вигляд машини (A1); креслення модернізованого вузла (A1); деталювання (A2, A3); плакат виконання 3d моделі та розрахунок модернізованого вузла (A1).

6. Консультанти розділів проекту\*

| Розділ          | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|-----------------|---|----------------|------------------|
|                 |   | завдання видав | завдання прийняв |
| МОДЕРНІЗАЦІЇ    | Професор Щербина В.Ю.                     |                |                  |
| ТЕХ. МАШИНОБУД. | Ст. викладач Борщик С.О.                  |                |                  |
| ОП              | Доцент Ковтун І.М.                        |                |                  |

7. Дата видачі завдання .....

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту  | Термін виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|--|---------------------------------|----------|
| 1     | Отримання завдання для дипломного проекту  | 20.05.2024                      |          |
| 2     | Проходження переддипломної практики  | 23.05.2024                      |          |
| 3     | Здійснення пошуків патентів – 5 шт., з яких взято 1 для модернізації.<br>Виконання кінематичних та параметричних розрахунків | 24.05.2024                      |          |
| 4     | Обґрунтування модернізації   | 29.05.2024                      |          |
| 5     | Підготовка розділу «Пояснювальна записка»  | 31.05.2024                      |          |
| 6     | Виконання розрахунків  | 1.06.2024                       |          |
| 7     | Підготовка розділу «Розрахунки»  | 3.06.2024                       |          |
| 8     | Підготовка розділу «Технологія виготовлення деталі»  | 5.06.2024                       |          |
| 9     | Робота над кресленнями в графічному редакторі  | 7.06.2024                       |          |
| 10    | Здача дипломного проекту   | 19.06.2024                      |          |

Студент

Квашук Артем

Керівник проекту

Олександр Сокольський

---

## РЕФЕРАТ

"Валкова дробарка": Курсовий проект освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за напрямом підготовки 131 - Прикладна механіка (програма професійного спрямування «Інжиніринг пакувань та пакувальних матеріалів») / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; Керівник Сокольський О. Л. Виконавець. – Квашук А. С.

Робота складається з вступу і трьох розділів. Загальний обсяг роботи 66 аркушів основного тексту.

Метою роботи є розрахунок валкової дробарки та розробка домкрат – механізму регулювання зазору. У даній роботі були виконані всі необхідні параметричні розрахунки і розрахунки на міцність, а також розглянуті питання, де застосовується валкова дробарка, а також переваги та недоліки самої машини.

В роботу введена технологічна лінія виготовлення шамоту, під час якого валкова дробарка використовується для подрібнення глини. Додатково додаються розроблені правила техніки безпеки на виробництві.

**Ключові слова:** дробарка, валки, гладкі валки, розрахунки, принцип дії, технологічна схема.

## ESSAY

"Plate Conveyor": Bachelor's degree educational project in the field of 131 - Applied Mechanics (Professional Program in Packaging Engineering and Packaging Materials) / Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute; Supervisor: Sokolskyi O. L. Performer – Kotov S. O.

The work consists of an introduction and three chapters. The total volume of the work is 66 pages of the main text.

The purpose of this work is to calculate a roller crusher and develop a jacking mechanism for adjusting the gap. In this work, all the necessary parametric and strength calculations were performed, and the issues of where the roller crusher is used, as well as the advantages and disadvantages of the machine itself, were considered.

A chamotte production line was put into operation, where a roller crusher is used to crush clay. Additionally, the developed safety rules for production are attached.

**Keywords: crusher, rolls, smooth rolls, calculations, principle of operation, production line.**

## Перелік позначень

Пр- масова продуктивність, т/год;

$D_{cp}$ -середній розмір завантажувальних шматків, м;

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

$\sigma$ -границя міцності матеріалу на стиск, МПа;

$\rho$ -об'ємна маса матеріалу, т/м<sup>3</sup>;

E-модуль пружності матеріалу, МПа;

$\mu$ - коефіцієнт розпушення;

f- коефіцієнт тертя;

$\alpha$  -кут захвату валкової дробарки, град;

D-діаметер валка, м;

B-ширина валка, м;

e-зазор між валками, м;

n-число обертів валків, об/хв;

L-довжина валка, м;

$N_{дв}$ -потужність двигуна дробарки, кВт;

$P_v$ -об'ємна продуктивність дробарки, м<sup>3</sup>/год;

i-ступінь подрібнення матеріалу;

P-тиск, необхідний для подрібнення матеріалу, Н;

u-передаточне число дробарки;

V-колова швидкість клинопасової передачі, м/с;

## ЗМІСТ

### ВСТУП

|  |    |
|--|----|
| 1. Призначення та галузь застосування обладнання, яке проектується                                 |    |
| <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>   |    |
| 2. Технічна характеристика валкової дробарки .....   | 5  |
| 3. Опис конструкції, її основних частин та принципу дії.....                                       | 6  |
| 4. Літературний та патентний огляд стану питання .....   | 10 |
| 4.1. Огляд існуючих рішень .....   |    |
| 4.2. Обґрунтування вибору варіанту модернізації пластин .....                                      | 12 |
| 5. Розрахунки.....   | 15 |
| 5.1. Параметричні розрахунки .....   |    |
| 5.2. Розрахунки на міцність та жорсткість .....  | 18 |
| 5.2.1. Кінематичні розрахунки.....   |    |
| 5.2.2. Вибір електродвигуна за частотою обертання.....   |    |
| 5.3. Розрахунки на міцність .....  |    |
| 5.3.1. Визначення сил напружень та розрахункової довговічності ведучого шківa                      |    |
| <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>   |    |
| 5.3.2. Розрахунок вала на статичну міцність .....  | 24 |
| 5.4. Розрахунок бандажа валка .....  | 28 |
| 6. Порівняльні розрахунки модернізованого і немодернізованого вузла за допомогою сае-системи ..... | 31 |
| 6.4.1. Розрахунок розпірного зусилля .....   | 32 |
| 6.4.2. Порядок розрахунку.....   | 33 |
| 7. Охорона праці .....   | 43 |
| 8. Технологія виготовлення деталі .....  | 51 |
| 8.1 Опис та призначення деталі.....  |    |
| 8.2 Вибір заготовки .....  | 52 |
| 8.3 Вибір пристосування, опис конструкції та принцип дії.....                                      | 64 |

### ВИСНОВКИ

### ЛІТЕРАТУРА

### ДОДАТКИ

|           |      |                   |         |      |  |   |      |        |
|-----------|------|-------------------|---------|------|--|---|------|--------|
|           |      |                   |         |      | <b>ЛУ01.061116.008-90ПЗ</b>  |   |      |        |
| Изм.      | Лист | № докум.          | Подпись | Дата |  |   |      |        |
| Разраб.   |      | Квашук А.С.       |         |      | <i>Валкова дробарка для<br/>виготовлення шамоту з<br/>модернізацією системи<br/>регулювання зазору</i> | Лит.                                      | Лист | Листов |
| Провер.   |      | Сокольський О. Л. |         |      |  |   |      | 66     |
| Н. Контр. |      |                   |         |      |  | <i>КПІ ім. Ігоря Сікорського,<br/>ІХФ</i> |      |        |
| Утв.      |      |                   |         |      |  |   |      |        |

## ВСТУП

Валкова дробарка є ключовим технологічним елементом в промисловому виробництві, використовуваним для ефективного дроблення твердих матеріалів. Це надзвичайно важливе обладнання в гірництві, металургії, будівництві та інших галузях, де необхідно зменшувати розмір частинок матеріалів для подальшого використання чи обробки.

Валкові дробарки вирізняються своєю унікальною конструкцією, що включає паралельні або конічні валки, що обертаються в протилежних напрямках. Ці валки здійснюють механічний вплив на подрібнюваний матеріал, притискуючи його між собою та розмелюючи на менші частинки.

Важливою характеристикою валкових дробарок є їхня універсальність, оскільки вони можуть бути використані для різноманітних матеріалів, від руди та каменю до вугілля та цегли. Завдяки різним конфігураціям валків та регулюючим системам, вони дозволяють отримувати продукт з необхідним розміром та фізичними властивостями.

У світлі постійного технологічного розвитку валкові дробарки стають більш продуктивними, надійними та енергоефективними, що сприяє вдосконаленню промислових процесів та досягненню оптимальних результатів в області дроблення матеріалів.

## **1. Призначення та галузь застосування обладнання, яке проектується**

### **Принцип роботи валкової дробарки:**

Валкова дробарка - це обладнання, призначене для подрібнення твердих матеріалів, таких як камінь, руда, вугілля, цегла і інші. Ця техніка використовує паралельні або конічні валки для розмелювання сировини на менші частинки або порошок.

Валкові дробарки використовуються в різних галузях, таких як гірництво, металургія, будівництво і виробництво цементу. Цей процес може бути важливим етапом виробництва, коли необхідно зменшити розмір матеріалів для подальшої обробки чи використання.

Дана дробарка має різні типи валків, а саме гладкі, зубчасті та рефлені валки.

Гладкі валки:

Гладкі валки ідеально підходять для ситуацій, де потрібно досягти середнього та дрібного розмелювання матеріалів. Це може включати в себе камінь, руду та інші тверді породи. Також гладкі валки забезпечують більш контрольований процес дроблення і цим дуже корисні при обробці крихких мінералів. Це стосується важливих матеріалів, таких як марганець, каситерит та вольфраміт, де запобігання переподрібненню є критичним для збереження цінних елементів.

Однією з ключових переваг гладких валків є їхня здатність уникати небажаного переподрібнення матеріалів. Це важливо в ситуаціях, коли потрібно зберегти різкі розділи частинок для подальшого використання чи обробки. Гладкі валки також можуть зменшити знос матеріалу та забезпечити більш однорідний розмір кінцевих продуктів, що може бути важливим у виробничих процесах.

### Зубчасті валки:

Валкові дробарки з зубчастими валками спеціалізуються на обробці крупних та середніх частинок. Це робить їх ефективними для матеріалів, які вимагають суттєвого зменшення розміру, таких як вугілля, антрацити та сланці. Важливою характеристикою зубчастих валків є їхня здатність створювати грудковий дроблений продукт. Це означає, що вони можуть формувати більші, більш однорідні частинки, що дозволяє використовувати їх у конкретних процесах виробництва.

Також даний тип валків дозволяє досягати дроблення з невеликим вмістом дріб'язку в кінцевому продукті. Це важливо для багатьох галузей, де потрібні чисті та високоякісні матеріали.

У порівнянні з іншими типами дробарок, такими як щоківі чи конусні, зубчасті валки пропонують ефективний процес дроблення при менших витратах енергії. Це робить їх економічно вигідними та сприяє оптимізації виробничих процесів.

Зубчасті валки валкових дробарок виявляються невід'ємною частиною промислових процесів, де важлива точність у формуванні грудкового дробленого продукту та ефективність витрат енергії. Вони забезпечують оптимальне дроблення для матеріалів з різною твердістю та крихкістю, забезпечуючи високоякісний кінцевий продукт.

### Рифлені валки:

Рифлені валки валкових дробарок спеціалізуються на дробленні матеріалів твердих і середньої твердості. Це може включати в себе руду, камінь та інші матеріали, які вимагають значного зусилля для подрібнення. Окружна швидкість рифлених валків на 10–20% менше, ніж у гладких.

Це створює особливий режим дроблення, спрямований на певні характеристики матеріалів та потреби виробництва, а ще для додаткового контролю та уваги до деталей у процесі дроблення.

Через зменшену швидкість обертання, ці валки можуть сприяти зменшенню зносу матеріалу, що важливо для тривалої експлуатації обладнання та підвищення його продуктивності, а також створювати грубший матеріал у порівнянні з гладкими валками, що може бути важливим аспектом для певних застосувань та виробничих процесів.

Використання рифлених валків у валкових дробарках визначається їхньою спроможністю ефективно дробити матеріали середньої та високої твердості, а також створювати продукт із визначеними характеристиками, що відповідає конкретним потребам виробництва.

## 2. Технічна характеристика валкової дробарки

Технічні характеристики валкової дробарки представлено у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 Технічна характеристика машини

| № | Назва технічної характеристики                   | Одиниця вимірювання | Значення            |
|---|--|---------------------|---------------------|
| 1 | Діаметр валка                                    | мм                  | 800                 |
| 2 | Довжина валка                                    |                     | 500                 |
| 3 | Максимальний розмір вхідного шматка              |                     | 40                  |
| 4 | Зазор між валками                                |                     | 4-16                |
| 5 | Число обертів валка                              | об/с                | 0,5                 |
| 6 | Продуктивність                                   | т/год               | 32,8                |
| 7 | Потужність двигуна                               | кВт                 | 26,7                |
| 8 | Габаритні розміри<br>Довжина<br>Ширина<br>Висота | мм                  | 2300<br>820<br>2140 |

### 3. Опис конструкції, її основних частин та принципу дії

Валкові дробарки завдяки простоті конструкції широко застосовують у промисловості будівельних матеріалів для середнього й дрібного подрібнювання глинистих мінералів, вапняку шамоту, кварцу, шпату. Принцип дії валкових дробарок - це здрібнювання матеріалу роздавлюванням, частково стиранням, ударом або вигином між двома обертовими назустріч один одному валками з гладкою, зубчастою або рифленою поверхнею.

Конструкція валкової дробарки (рис 3.1) передбачає раму 11, що виготовляється із сталевих лиття або зварена із профільного прокату і листів. Зварні конструкції за меншої маси мають більшу міцність. Для зменшення вібрації й шуму станину дробарки часто встановлюють на дерев'яні бруси й кріплять до фундаменту. Рухомий 8 і нерухомий 10 валки складаються з бандажа 4, двох дисків 2, з'єднаних стяжними шпильками 3 і встановлених на валах 1, які розміщені в роликотідишпникових опорах, два з яких 9, 18 нерухомо закріплені на рамі. Опори 6, 7 рухомого вала 8 можуть пересуватися вздовж рами завдяки пристрою для регулювання зазору, що складається зі скоби 18, упорів 13 і пружних елементів 5. Змінні сталеві прокладки 15 використовують для встановлення потрібного зазору між валками.

На консольних кінцях валів 1 нерухомого 10 і рухомого 8 валків встановлюються маховики 6, що виконують одночасно роль урухомних шківів із канавками під клинопасову передачу. За допомогою клинопасової передачі крутний момент від електродвигунів 5 передається на маховики. Електродвигуни кріпляться на полозках 7 обладнаних гвинтами для регулювання натягу пасів.

У процесі роботи поверхні валків спрацьовуються неоднаково за довжиною, що змінює встановлений ступінь подрібнювання. Бандажі 4 валків найчастіше

відливають із марганцевої зносостійкої сталі й поверхню їхню покривають твердим сплавом.

Валки, особливо швидкохідні, повинні бути ретельно збалансовані, щоб уникнути ударів і струсів під час роботи. Вали 1 валків можна встановлювати також на підшипниках ковзання [1].

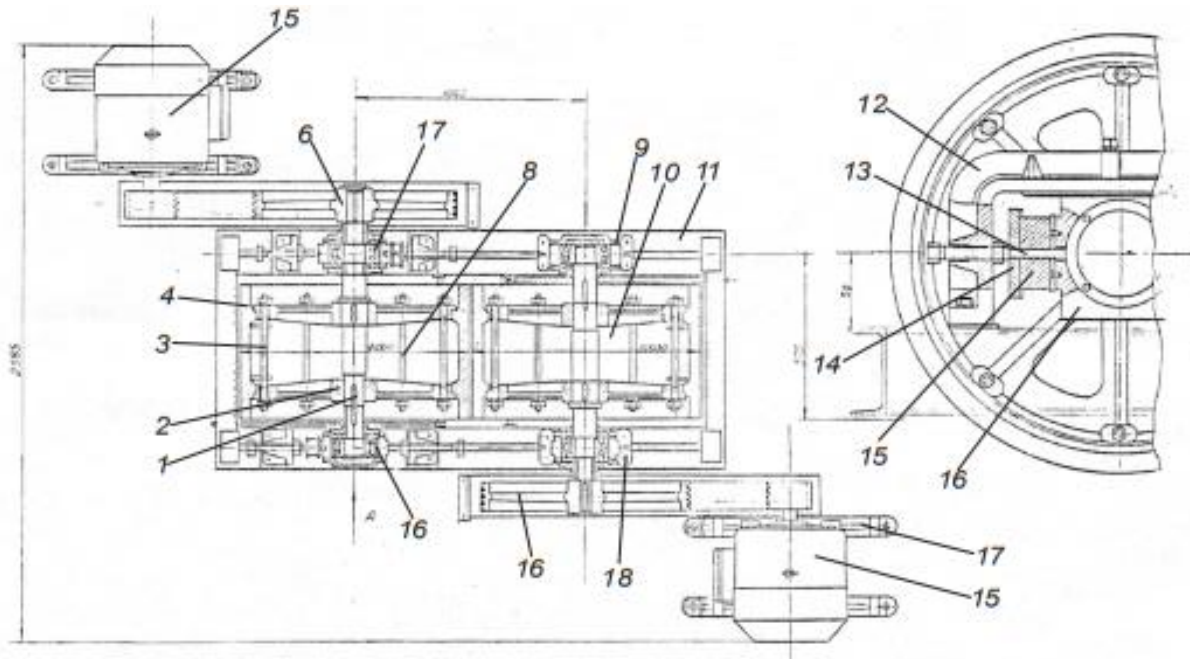


Рисунок 3.1 – Схема обладнання валкової дробарки

Технологічна схема (рис 1.1), де використовується валкова дробарка, використовується для виготовлення шамоту. Початковий матеріал (глина) завантажується в бункер стрічкового живильника (поз. 1), на трасі якого встановлений магнітний сепаратор (поз. 2), призначений для вловлювання металевих включень. Живильник подає матеріал у валково-зубчасту дробарку (поз. 3), де відбувається первинне подрібнення до фракції -35 мм.

Далі матеріал подається стрічковим конвеєром (поз. 4) у молоткову дробарку (поз. 5), де відбувається подрібнення до фракції готового продукту -2 мм. Готовий матеріал надходить за допомогою стрічкового конвеєра (поз. 6) у

ящиковий живильник (поз. 7), який здійснює необхідну подачу готового продукту на наявну транспортну систему.

Із зон запилення проводиться відведення пилоповітряної суміші, яка для очищення проходить через циклон (поз. 8) і пиловловлювач (поз. 9). На бункерах аспіраційної системи для відвантаження матеріалу встановлюються секторні живильники (поз. 10).

Вентилятор (поз. 11) призначений для забезпечення необхідних повітропотоків у продуктопроводах лінії, які регулюються шибєрними заслінками (поз. 12) і горизонтальними шибєрами (поз. 13). За необхідності лінія може комплектуватися рукавним фільтром.

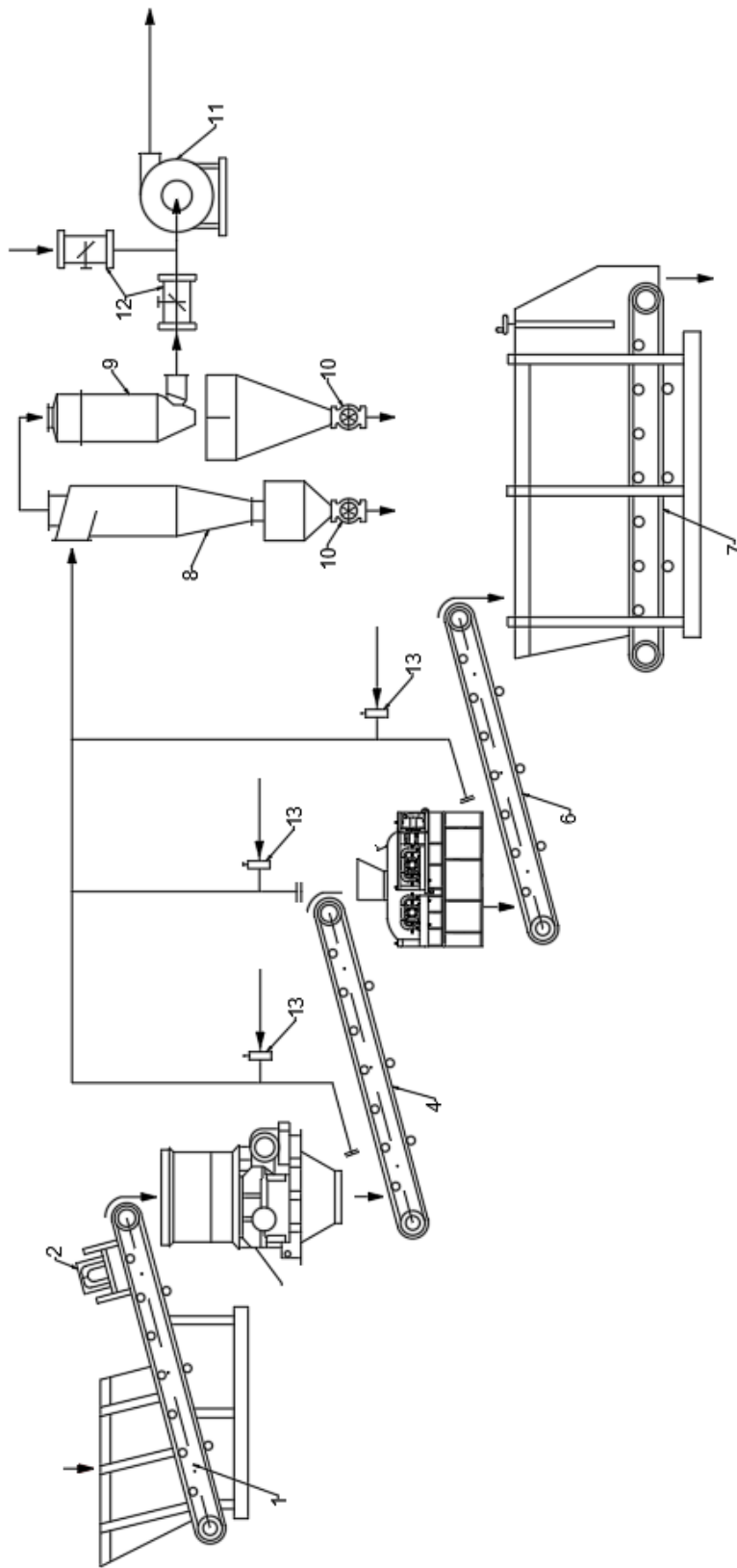


Рисунок 3.1 – Технологічна схема виробництва шамоту

## 4. Літературний та патентний огляд

### 4.1. Огляд існуючих рішень

Під час роботи над курсовим проектом було оглянуто технічну літературу та патенти, щоб проаналізувати елементи валкової дробарки та її вузли, переваги та недоліки тих та інших конструкцій. До найпоширеніших недоліків можна віднести термін служби дробарки, а саме валків, зтяжного ремонту та регулювання відповідно. Деталі інтенсивно зношуються через постійне тертя і навантаження, причому зношуються відразу два вальці, що збільшує загальні витрати на обслуговування і ремонт, а також забирає багато часу, унеможливаючи роботу і зупиняючи її. Незважаючи на те, що зазори передбачені конструкцією, сам блок піддається високому тертю і навантаженню від подрібненого матеріалу в процесі роботи, що призводить до відносно швидкого зносу вальців і вимагає їх подальшої заміни та ремонту.

З метою покращення будови конструкції та подолання цих недоліків було проаналізовано патентну літературу. Для оцінки варіантів модернізації було знайдено 4 технічних рішень, кожне з яких має свої особливості. Розглянемо їх детальніше.

У патенті [9] запропоновано розробку взаємозамінних зубців на валках дробарки. Відомі валкові зубчасті дробарки, що містять встановлені на рамі привідні валки з зубцями на робочих поверхнях. Однак застосування наведених дробарок нераціональне, тому що під час їх експлуатації окремі зубці на робочих поверхнях валків зношуються і виникає необхідність заміни робочої поверхні валків, яка виконується цільною у вигляді бандажу або складається з окремих 10 сегментів. Це призводить до зменшення терміну їх служби. Тому метою даного

винаходу є розробка рішення оптимального закріплення зубців на валках валкової дробарки для підвищення терміну служби самої дробарки.

У патенті [10] моделі поставлене завдання створення валкової дробарки спеціальної, придатної для подрібнення бракованого шиферу, що не потребує додаткових затрат, шляхом конструктивних змін валкового ріжучого механізму та приймального вузла, забезпечити зменшення утворення пилоподібних фракцій і усунення утворення видовжених ріжучих пластинок при подрібненні бракованого шиферу із одночасним вилученням трудомісткої операції.

У патенті [11] винахід відноситься до дробарок і розкриває дробарку: перша зносостійка втулка, встановлена на першому валу ролика і використовується для подрібнення матеріалів, нижня частина рами першої арки шарнірно прикріплена до основи. Другий механізм кочення включає другу раму арки, вал другого ролика з можливістю обертання на другій арочної рамі, зносостійка втулка встановлена на другому роликовому валу і використовується для дроблення матеріалів. Нижня частина другої арочної рами шарнірно прикріплена до основи, а перший роликовий вал розташований паралельно другому. Механізм регулювання використовується для регулювання зазору між першою зносостійкою втулкою та другою зносостійкою втулкою, а два кінці механізму регулювання шарнірно прикріплені до верхньої частини рами арки та перший у відповідності один-до-одного. Завдяки даній модифікації дробарка має кращу адаптивність.

Патент [12] відноситься до двовалкової дробарки з валками, встановленими з можливістю обертання в корпусі дробарки і приведеними в дію двигуном так, щоб синхронно обертатися в протилежних напрямках навколо відповідних паралельних центральних осей, зубів дробарки. Встановлюється на зовнішніх поверхнях роликів, причому кожен зуб дробарки ролика пари роликів може бути встановлений

у відповідну кишеню у зовнішню поверхню іншого ролика таким чином, що під час обертання роликів кожен зуб дробарки входить у відповідну кишеню.

Патент [13] пропонує валкову дробарку зазначеного типу, що відрізняється тим, що кільцевий диск розділений по периферії на ряд секторів, кожен з яких зміщується окремо однією або більше пружинами у напрямі торцевої поверхні іншого валка. В результаті створюється можливість зберігати товщину шару подрібнюваного матеріалу біля кінців валків, забезпечуючи цим рівномірний розподіл тиску уздовж валків, що приводить до рівномірної продуктивності подрібнювання і рівномірного зносу валків.

Це пояснюється тим, що в процесі роботи осьового тиску шару подрібнюваного матеріалу зазнає тільки той кільцевий сектор, який закриває валковий зазор, і, отже, тільки цей кільцевий сектор зміщується в осьовому напрямі. Інші кільцеві сектори, які не зазнають тиску з боку валкового зазору, але згодом один за одним його перекриватимуть, щільно притиснуті до валка, що забезпечує спрямування матеріалу, призначеного для формування подрібнюваного шару біля кінців валкового зазору, у валковий зазор.

#### **4.2. Обрунтування вибору варіанту модернізації механізму регулювання зазору**

Після проведення огляду наукових і патентних джерел було обрано модифікацію для удосконалення механізму регулювання зазору, яка базується на патенті [14].

Модифікація механізму регулювання зазору, запатентовано під номером US006685118B1, пропонує значне удосконалення існуючої конструкції, метою якого є механізм регулювання зазору, яким можна оперувати безпосередньо під час роботи самої дробарки.

Основні недоліки існуючих конструкцій полягали у тому, що регулювання зазору між валками забирало дуже багато часу, адже щоб зменшити або збільшити зазор, треба було повністю зупиняти дробарку.

Валкова дробарка, як зазначено в патенті, має коробчасту основну раму, вхідний і вихідний отвори для матеріалу, перший обертовий валок на рамі та другий обертовий валок, встановлений на валковій каретці на протилежній відстані від першого валка, визначаючи зазор для дроблення матеріалу. Каретка валків являє собою, як правило, прямокутну раму, розташовану на основній рамі, один кінець якої прикріплений до основної рами біля середини основної рами за допомогою шарнірного з'єднання. Шарнір розташований асиметрично відносно осей дробильних валків. Привід, розташований між основною рамою і вільним кінцем каретки валків, переміщує каретку валків навколо шарніра для регулювання зазору між першим і другим валками. Домкрат може бути оснащений серводвигуном, що реагує на комп'ютерну програму.

Одним з декількох об'єктів цього винаходу є забезпечити двовалкову дробарку вдосконаленим механізмом для регулювання зазору дроблення між протилежними дробильними валками.

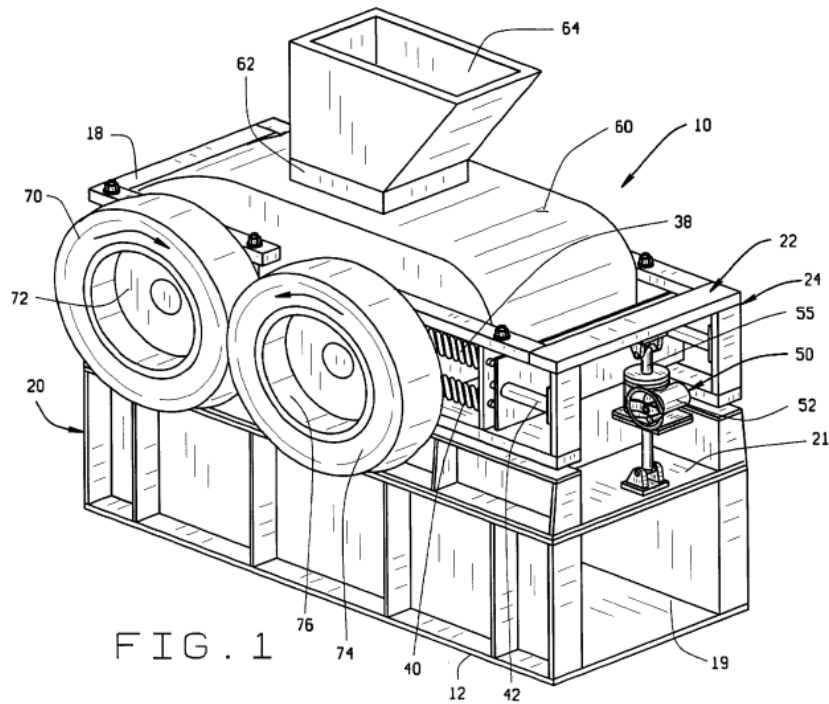


Рис. 4.1 – Валкова дробарка з удосконаленим механізмом регулювання зазору:

12 – основна рама; 22 – каретка; 50 – механізм регулювання зазору; 60 – корпус; 64 - бункер

Отже, цей патент вводить ключове удосконалення в конструкцію валкової дробарки, націлене на підвищення ефективності роботи та заощадження часу. Цей механізм значно зменшить час регулювання дробарки та зробить можливим регулювання під час самої роботи. Хоча патент не надає прямого аналізу вартості конструкції або її техніко-економічних характеристик, можна припустити, що економія часу та підвищення продуктивності за рахунок цього може призвести до бажаних результатів.

## 5. Розрахунки

### 5.1. Параметричні розрахунки

Розраховуємо за методом наведеному в [2].

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

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

$$\alpha \leq 2 \operatorname{arctg} \cdot 0,30$$

$$\alpha \leq 34^\circ$$

Де  $f$  – коефіцієнт тертя матеріалу об поверхню дроблення.

Приймаємо кут захвату  $\alpha = 34^\circ$ .

Діаметр валка:

$$D = \frac{D_{cep} \cos \frac{\alpha}{2} - e}{1 - \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{0,035 \cdot 0,965 - 0,005}{1 - 0,965} = 0,822 \text{ м}$$

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

Приймаємо  $D = 0,8 \text{ м}$ .

Максимальна частота обертання валків:

$$n_{кр} = 0,32 \sqrt{\frac{f}{\rho D D_{cp}}} = 0,32 \sqrt{\frac{0,30}{2 \cdot 0,8 \cdot 0,035}} = 0,74 \text{ об/с}$$

Розрахункове число обертів повинно бути на 20...35% меншим за максимальне.

Розрахункове число обертів:

$$n = 0,8 \cdot 0,74 = 0,593 \text{об} / \text{с}$$

Приймаємо  $n = 0,60 \text{об} / \text{с}$

Масова продуктивність валкової дробарки

$$Pr = 3600 \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot e \cdot n \cdot \rho \cdot \mu = 3600 \cdot 3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,64 \cdot 0,005 \cdot 0,49 \cdot 2 \cdot 0,6 = 20,8 \text{т} / \text{год}$$

де  $L$  – довжина валка

$$L = (0,8 \dots 1,3) \cdot D = 0,8 \cdot 0,8 = 0,64 \text{м}$$

Потужність двигуна:

$$N_{\text{дв}} = \frac{\sigma^2 \cdot P_v (i-1)}{2,4 \cdot E \cdot \eta_y \cdot \eta_d} = \frac{10^2 \cdot 10,4 \cdot (7-1)}{2,4 \cdot 0,1 \cdot 10^4 \cdot 0,8 \cdot 0,25} = 13 \text{кВт}$$

де  $P_v$  – об'ємна продуктивність

$$P_v = Pr / \rho = 20,8 / 2 = 10,4 \text{м}^3 / \text{год}$$

$i$  – ступінь подрібнення:

$$i = \frac{D_{cp}}{d_{cp}} = \frac{0,035}{0,005} = 7$$

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

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

За Левінсоном потужність валкової дробарки витрачається на:

- роздавлювання кусків:

$$N_1 = 25 \cdot 10^2 \cdot L \cdot n \cdot R \cdot r = 25 \cdot 10^2 \cdot 0,64 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,018 = 6,72 \text{кВт}$$

де  $R = D/2 = 0,8/2 = 0,4$

$$r = D_{\text{ср}} / 2 = 0,035 / 2 = 0,018$$

- тертя матеріалу об валки:

$$N_2 = 7,5 \cdot 10^2 \cdot L \cdot n \cdot R \cdot r = 7,5 \cdot 10^2 \cdot 0,64 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,018 = 2,016 \text{кВт}$$

- втрати в підшипниках на тертя:

$$N_3 = 55 \cdot L \cdot R^3 \cdot n = 55 \cdot 0,64 \cdot 0,4^3 \cdot 0,6 = 1,352 \text{кВт}$$

Загальна потужність:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 = 6,72 + 2,016 + 1,352 = 10,088 \text{кВт}$$

За формулою Левінсона:

$$n_{\text{max}} \leq 616 \sqrt{\frac{f}{\gamma \cdot D_{\text{ср}} \cdot D}} = 616 \sqrt{\frac{0,30}{0,0019 \cdot 3,5 \cdot 82}} = 462,579 \text{об / хв}$$

де  $f$ - коефіцієнт тертя матеріалу об валок,  $f=0.30$ ;

$\gamma$  - питома вага матеріалу;

$D$ - діаметр валка;  $D=84$  см;

$D_{\text{ср}}$  - середній розмір шматків, що завантажуються;  $D_{\text{ср}}=3,8$  см.

Фактична швидкість обертання:

$$n_{\text{факт}} = (0,4 \dots 0,7) \cdot n_{\text{max}} = 0,7 \cdot n_{\text{max}} = 0,7 \cdot 462,579 = 323,805 \text{об / хв}$$

Приймаємо  $n_{\text{факт}} = 300 \text{об / хв} = 5 \text{об / с}$

Зусилля, необхідне для подрібнення матеріалу між валками:

$$P = 0,145 \cdot B \cdot D \cdot \sigma \cdot K = 0,145 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 0,25 = 2,32 \cdot 10^5 \text{ H}$$

де B-ширина валка; B=0,8м;

D- діаметр валка; D=0,8м;

$\sigma$ -межа міцності на стиск;  $\sigma = 10 \text{ MN} / \text{m}^2$

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

Сумарне зусилля подрібнення для міцних порід:

$$P = 0,04 \cdot \sigma \cdot L \cdot D = 0,04 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 0,64 \cdot 0,8 = 2,048 \cdot 10^5 \text{ H}$$

Для подальшого розрахунку приймаємо значення  $P = 2,32 \cdot 10^5 \text{ H}$

## 5.2 Розрахунки на міцність та жорсткість

### 5.2.1. Кінематичні розрахунки

### 5.2.2. Вибір електродвигуна за частотою обертання

Розрахункова потужність електродвигуна  $N_{\text{дв}} = 13 \text{ кВт}$ .

Швидкість обертання валків  $n_2 = 325 \text{ об} / \text{хв} = 5,4 \text{ об} / \text{с}$

За ГОСТ 19523-81 приймаємо двигун 4A160M6У3 потужністю  $N_1 = 15 \text{ кВт}$  з числом обертів  $n_1 = 600 \text{ об} / \text{хв} = 10 \text{ об} / \text{с}$ .

Метод розрахунку взятий з [4].

Загальне передаточне число дробарки :

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{600}{325} = 1,846$$

Крутний момент на валу двигуна:

$$M_{кр1} = 9550 \frac{N_1}{n_1} = 9550 \cdot \frac{15}{600} = 238.75 \text{ Нм}$$

### Розрахунок клинопасової передачі

Приймаємо попереднє значення [5] передаточного числа клинопасової передачі  $u' = 1,846$ . Згідно ГОСТ 12843 – 30 приймаємо переріз паса – С.

Весь подальший розрахунок виконуємо за методикою, наведеною в [3, с.27-41]

Діаметр ведучого (меншого) шківa визначаємо за формулою:

$$d_1 = C\sqrt[3]{T_1} = 42\sqrt[3]{238.72} = 260.547 \text{ мм}$$

де  $T_1$  – обертальний момент на валу електродвигуна (ведучому шківі), Нм,  $C = 38...42$  для клинових пасів нормального перерізу.

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_{дв}} = \frac{15 \cdot 10^3}{62,832} = 238.732 \text{ Нм}$$

$$\omega_{дв} = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 600}{30} = 62,832 \text{ рад/с}$$

де  $P_1 = N_1$  – розрахункова потужність на валу електродвигуна (на ведучому шківі),  
 $\omega_{дв}$  – кутова швидкість на валу електродвигуна (на ведучому шківі).

Приймаємо  $d_1 = 250 \text{ мм}$  (табл. 3.4)

Колова швидкість клинопасової передачі:

$$V = \frac{\pi d_1 n_1}{1000 \cdot 60} \leq [V] = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 600}{1000 \cdot 60} = 7,9 \text{ м/с} \leq 30 \text{ м/с}$$

[V] - допустима колова швидкість для даного перерізу паса, [V]= 30м/ с

Розраховуємо діаметр веденого шківa з урахуванням пружного ковзання:

$$d_2 = d_1 \cdot u_{нас} (1 - \varepsilon) = 250 \cdot 1,8 (1 - 0,015) = 454,615 \text{ мм}$$

де  $d_1$  – діаметр ведучого (меншого) шківa,  $u_{нас}$  – передаточне число пасової передачі,  $\varepsilon$  – коефіцієнт (пружного) ковзання ( $\varepsilon = 0,015$ ).

Приймаємо  $d_2 = 450_{мм}$  (табл. 3.4)

Уточнюємо передаточне число:

$$u = \frac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)} = \frac{450}{250(1-0,015)} = 1,827$$

Відносна похибка передаточного числа:

$$\Delta = \frac{u_{нас(II)} - u_{нас(I)}}{u_{нас(II)}} \cdot 100\% = \left| \frac{1,846 - 1,827}{1,8} \right| \cdot 100\% = 1\% \leq 5\%$$

Фактична частота обертання веденого шківa:

$$u = \frac{n_1}{n_2} \rightarrow n_2 = \frac{n_1}{u_{нас}} = \frac{600}{2} = 325_{об/хв}$$

Приймаємо  $n_2 = 325_{об/хв} = 5,4_{об/с}$

Орієнтована міжосьова відстань:  $a = d_2 \cdot 1,2 = 450 \cdot 1,2 = 540_{мм}$

Розрахункова довжина паса:

$$L = 2a + 0,5\pi(d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} = 2 \cdot 600 + 0,5 \cdot 3,14(450 + 250) + \frac{(450 - 250)^2}{4 \cdot 540} = 2198_{мм}$$

Приймаємо  $L = 2240$  мм (табл. 3.6)

Число обертів паса:

$$U = \frac{V}{L} \leq [U] = 15c^{-1}$$
$$U = \frac{7,9}{2,24} = 3,506 \leq 15c^{-1}$$

Відповідно прийнятій довжині паса уточнюємо міжосьову відстань:

$$a = 0,25 \left[ L - \Delta_1 + \sqrt{(L - \Delta_1)^2 - 8\Delta_2} \right]$$

$$\Delta_1 = 0,5\pi(d_1 + d_2), \Delta_2 = 0,25(d_2 - d_1)^2$$

$$\Delta_1 = 0,5\pi(250 + 450) = 1100 \text{ мм}$$

$$\Delta_2 = 0,25(450 - 250)^2 = 10000 \text{ мм}$$

$$a = 0,25 \left[ 2240 - 1100 + \sqrt{(2240 - 1100)^2 - 8 \cdot 10000} \right] = 561 \text{ мм}$$

Кут обхвату ведучого шківa:

$$\alpha = 180^\circ - \frac{57^\circ (d_2 - d_1)}{a} \geq [d_2] = 120^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ - \frac{57^\circ (450 - 250)}{561} = 159,69^\circ > 110^\circ$$

Визначаємо допустиму потужність (кругове зусилля), що передається одним пасом в умовах експлуатації:

$$P_p = (P_o \cdot C_\alpha \cdot C_L + \frac{\Delta T_1 \cdot n_1}{9550}) C_p = (5,64 \cdot 0,95 \cdot 0,89 + \frac{8,0 \cdot 600}{9550}) 1,1 = 5,798 \text{ кВт}$$

де  $P_o$  – номінальна потужність передачі з одним клиновим пасом нормального перерізу при  $\alpha = 180^\circ$ ,  $u = 1$ ,  $L = L_o$  виходячи із значення частоти та діаметра обертання ведучого шківa приймаємо  $P_o = 8,49$  кВт (табл. 3.7);

$C_\alpha$  – коефіцієнт, що враховує вплив кута обхвату, при  $\alpha = 158,04^\circ$  приймаємо значення коефіцієнту вплив кута обхвату  $C_\alpha = 0,95$  (табл. 3.13);

$C_L$  – коефіцієнт впливу розрахункової довжини паса при відношенні  $L/L_o = 2240/3750 = 0,597$  ( $L = 2240$  мм,  $L_o = 3750$  – базова довжина паса),  $C_L = 0,89$  (табл. 3.11);

$C_p$  – коефіцієнт, який враховує спокійне навантаження (до 120% від номінального) при режимі двозмінної роботи,  $C_p = 1,1$  (табл. 3.10);

$\Delta T_1$  – поправка до моменту на ведучому валу, що враховує додаткове навантаження, яке може передати на пас за рахунок зменшення згинальних напружень на більшому шківі, приймаємо  $\Delta T_1 = 8,0$  на основі типу пасу (переріз С8.) та значення передаточного числа ( $u = 1,846$ ) (табл. 3.12);

$n_1$  – розрахункова частота обертання валу електродвигуна (ведучого шківів),  $n_1 = n_{дв} = 600$  об/хв;

Визначаємо кількість клинових пасів передачі за формулою:

$$z = \frac{P_1 \cdot C_z}{P_p} = \frac{15 \cdot 0,95}{5,798} = 2,458$$

де  $P_1$  – розрахункова потужність на валу електродвигуна (на ведучому шківі)  $P_1 = P_{нп} = 11$  кВт,  $C_z$  – коефіцієнт впливу кількості пасів, при очікуваному  $z = 2 \dots 3$ ,  $C_z = 0,95$  (табл. 3.14).

Приймаємо  $z=2$ .

### **5.3. Розрахунки на міцність**

#### **5.3.1. Визначення сил напружень та розрахункової довговічності ведучого шківів**

Розрахунки взято з [3].

Колова сила:

$$F_t = \frac{10^3 P_1}{V} = \frac{10^3 \cdot 15}{7,854} = 1910 \text{ Н}$$

Сила початкового натягу одного паса:

$$F_0 = \frac{780P_1}{V \cdot C_p \cdot C_\alpha \cdot Z} + g \cdot V^2$$

де  $g$  – маса 1м паса,  $g=0,3$  кг/м

$$F_0 = \frac{780 \cdot 15}{7,854 \cdot 1,1 \cdot 0,95 \cdot 2} + 0,3 \cdot 7,854^2 = 731,276H$$

Сили, що діють на вал та підшипники:

$$F_r = 2 \cdot F_0 \cdot Z \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 731,276 \cdot 2 \cdot 0,98 = 2867H$$

Напруження у ведучій вітці паса:

$$\sigma_1 = \sigma_0 + \frac{F_t}{2ZA}$$

де  $\sigma_0$  – напруження від початкового натягу паса,  $\sigma_0 = 1,2$  МПа

$A$  – площа перерізу паса,  $A = 230$  мм<sup>2</sup>

$$\sigma_1 = 1,2 + \frac{1910}{2 \cdot 2 \cdot 230} = 3276 \text{ МПа}$$

Напруження згину у пасі на дузі обхвату ведучого шківa:

$$\sigma_{зг} = E \frac{2Y_0}{d_1}$$

де  $E$  - модуль пружності для короткотканевих пасів приймаємо,  $E = 40$  МПа

$Y_0$  - відстань від нейтральної лінії до найбільш напружених волокон,  $Y_0 = 4,8$  мм

$$\sigma_{зг} = 40 \cdot \frac{2 \cdot 4,8}{250} = 1,536 \text{ МПа}$$

Напруження, які виникають у пасі від дії відцентрових сил:

$$\sigma_v = \rho \cdot V^2 \cdot 10^{-6}$$

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

$$\sigma_v = 1300 \cdot 7,854^2 \cdot 10^{-6} = 0,08 \text{ МПа}$$

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

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_{\text{зг}} + \sigma_v = 3276 + 1,536 + 0,08 = 4.892 \text{ МПа}$$

Розрахункова довговічність:

$$T = \left( \frac{\sigma_y}{\sigma_{\max}} \right)^m \cdot \frac{10^7 \cdot C_U \cdot C_n}{2 \cdot 3600 \cdot U}$$

де  $\sigma_y$  - границя витривалості,  $\sigma_y = 10 \text{ МПа}$

$m$  – показник степеня,  $m = 8$

$C_U$  - коефіцієнт, що враховує вплив передаточного числа  $C_U = 1,84$

$C_n$  - коефіцієнт, що враховує непостійність навантаження,  $C_n = 1$

$$T = \left( \frac{10}{4.892} \right)^8 \cdot \frac{10^7 \cdot 1,7 \cdot 1}{2 \cdot 3600 \cdot 3,506} = 205300 \text{ год}$$

Розраховане значення довговічності для шківа є достатнім для його роботи.

### 5.3.2. Розрахунок вала на статичну міцність

Вхідні дані:

Колова сила  $F_t = 1910$  Н

Сила, що діє на вал та підшипники  $F_r = 2867$  Н

Сумарне зусилля подрібнення  $P = 2,32 \cdot 10^5$  Н

Згідно розрахункової схеми визначаємо опорні реакції:

$$\sum M_{AX} = 0$$

$$-F_r * 0,22 + R_{BY} * 0,88 - P * 0,22 = 0$$

$$R_{BY} = \frac{F_r * 0,22 + P * 0,22}{0,88} = \frac{2867 * 0,22 + 2,32 * 10^5 * 0,22}{0,88} = 58720 \text{ Н}$$

$$\sum M_Y = 0$$

$$-F_t * 0,22 + R_{BX} * 0,88 = 0$$

$$R_{BX} = \frac{F_t * 0,22}{0,88} = \frac{1910 * 0,22}{0,88} = 477,5 \text{ Н}$$

$$\sum y = 0$$

$$R_{AY} - P + R_{BY} - F_r = 0$$

$$R_{AY} = P - R_{BY} + F_r = 1,872 * 10^5 - 58720 + 2867 = 176100 \text{ Н}$$

$$\sum x = 0$$

$$R_{AX} - R_{BX} + F_t = 0$$

$$R_{AX} = R_{BX} - F_t = 477,5 - 1910 = -1432 \text{ Н}$$

Згідно методу перерізів будуюмо епюри згинаючих моментів  $M_{uy}$  ,  $M_{ux}$ .  
Результуючий згинаючий момент:

$$M_{uc-c} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{0^2 + 38742^2} = 38742$$

$$M_{ub-b} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{420,2^2 + 51673,6^2} = 51675,3$$

Приведений момент:

$$M_{прс-c} = \sqrt{M_{uc-c}^2 + \alpha T^2} = \sqrt{38742^2 + 0,6 * 239^2} = 38742,4 \text{ Нм}$$

$$M_{прb-b} = \sqrt{M_{ub-b}^2 + \alpha T^2} = \sqrt{51675,3^2 + 0,6 * 239^2} = 51675,6 \text{ Нм}$$

де -  $\alpha$  коефіцієнт розбіжності циклів навантаження

Побудувавши епюру приведених моментів  $M_{пр}$  (рис. 1.3.1) можна побачити, що небезпечним перерізом вала є переріз В-В.

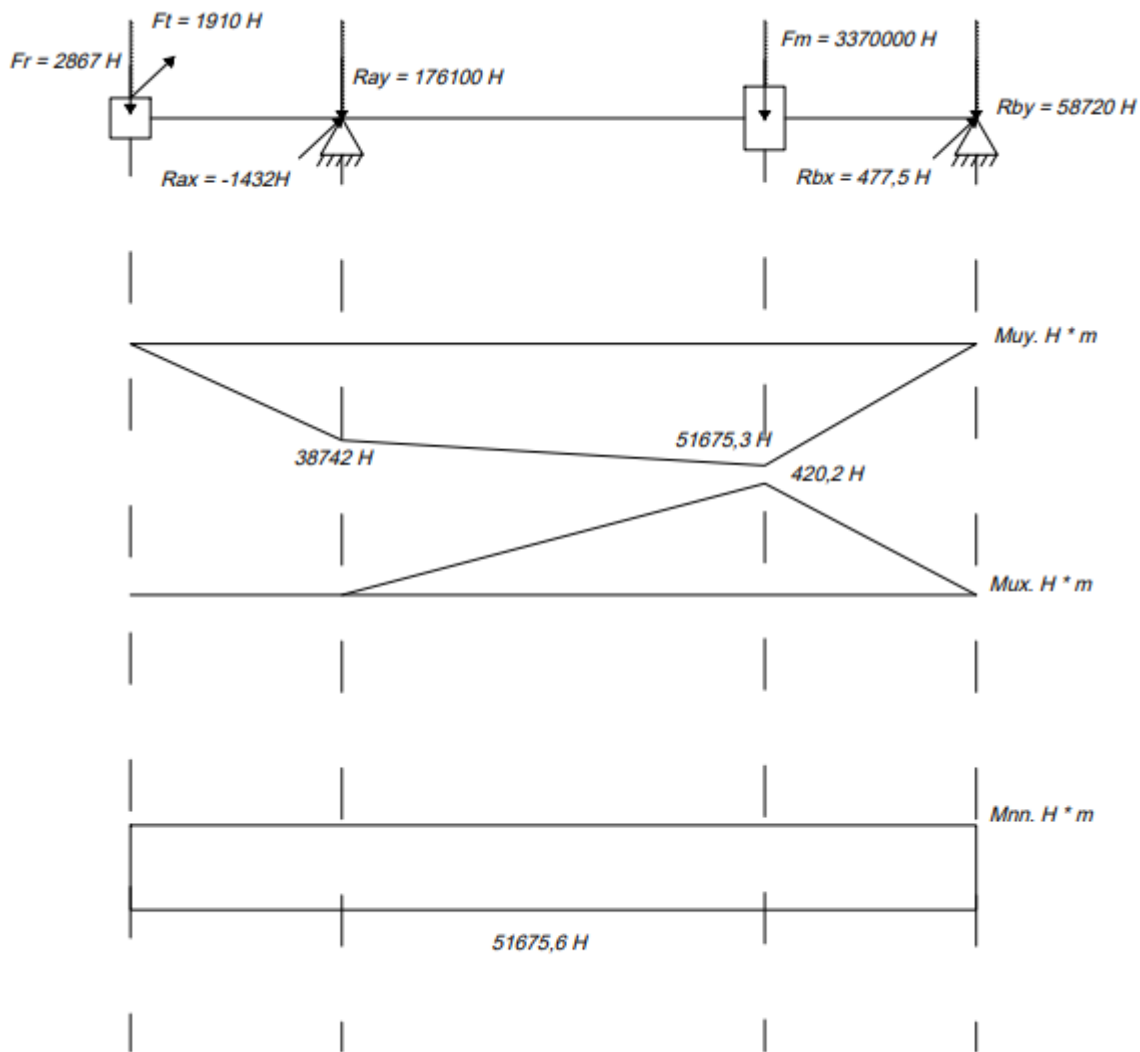


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема епюр

Визначимо діаметр вала:

$$d = 12 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} = 12 \sqrt[3]{\frac{15 \cdot 10^3}{600}} = 137,3\text{ мм, приймаємо } d = 140\text{ мм}$$

Момент опору для круглого перерізу:

$$W = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 140^3 = 2,744 \cdot 10^5\text{ мм}^3$$

Згинальні напруження:

$$\sigma_{зг} = \frac{100 \cdot M_{пр}}{W} = \frac{100 \cdot 51,7 \cdot 10^3}{2,744 \cdot 10^5} = 18,8 \text{ МПа}$$

Дотичні напруження:

$$\tau = \frac{T}{0,2 \cdot d^3} = \frac{239 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 140^3} = 0,43 \text{ МПа}$$

Визначимо еквівалентні напруження:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_{зг}^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{18,8^2 + 3 \cdot 0,43^2} = 19 \text{ МПа}$$

Визначаємо допустимі еквівалентні напруження:

$$[\sigma_e] = \frac{\sigma_{пл}}{n} = \frac{785}{1,4} = 560,7 \text{ МПа}$$

$$\sigma_e < [\sigma_e] \text{ умова виконується}$$

#### 5.4 Розрахунок бандажа валка

Виконаємо розрахунок бандажа валка на міцність, згідно методики наведеної в [8]

Розрахунок бандажа валка на міцність зводиться до вирішення задачі Ляме. Товщину бандажа  $S$  визначаємо за четвертою теорією міцності, якщо допустима напруга для сталі  $[\sigma] = 306,7 \text{ МПа}$ . Небезпечними є точки бандажа у внутрішньої поверхні, де головні напруження набувають наступних значень:

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

$$\sigma_2 = \sigma_z = 0$$

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

де  $p$  – тиск на поверхню, МПа;

$r_1$  – внутрішній радіус бандажа, мм;

$r_2$  – зовнішній радіус бандажа, мм.

Умова міцності за четвертою теорією міцності:

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

яка в контексті задачі Ляме має вигляд:

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

Звідки

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

Де  $K = \frac{r_1}{r_2}$

Тоді, остаточно, розрахункова формула має вигляд:

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

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

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

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

Площа поверхні валка:

$$S = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot B = \pi \cdot D \cdot B = 3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 2,0096 \text{ м}^2$$

Розподілене навантаження:

$$p = \frac{P}{S} = \frac{5,325 \cdot 10^4}{2,0096} = 0,026 \text{ МПа}$$

Зовнішній радіус бандажа:

$$r_2 = r_1 \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{[\sigma]}{P}\right)^2 + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot \sigma}{P}\right)^2 - 3}}{\left(\frac{[\sigma]}{P}\right)^2 - 1}} = 230 \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{[306,7]}{0,026}\right)^2 + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 306,7}{0,026}\right)^2 - 3}}{\left(\frac{[306,7]}{0,026}\right)^2 - 1}} = 400 \text{ мм}$$

Товщина стінки бандажа:

$$O = r_2 - r_1 = 400 - 230 = 170 \text{ мм}$$

## **6. Порівняльні розрахунки модернізованого і немодернізованого вузла за допомогою cae-системи**

Розпірне зусилля валків — це сила, яка діє на валки (наприклад, на валки дробарок або млинів) і спрямована на їх розтискання чи стискання. Це зусилля відіграє важливу роль у процесах подрібнення або зміцнення матеріалів. Розпірне зусилля може бути регульоване в залежності від потреб технологічного процесу, наприклад, для досягнення певного розміру часток або властивостей оброблюваного матеріалу.

Розрахунок розпірного зусилля має ключове значення у багатьох технічних процесах і індустріях. Ось декілька причин, для яких важливо розраховувати це зусилля:

**Оптимізація процесу:** Розрахунок розпірного зусилля дозволяє оптимізувати робочі параметри обладнання, наприклад, дробарок, млинів, пресів тощо. Це допомагає забезпечити ефективну та економічну роботу устаткування.

**Зменшення зносу:** Правильно розраховане розпірне зусилля дозволяє зменшити знос деталей устаткування, так як недостатнє або занадто велике зусилля може призводити до необхідності ремонту або заміни деталей.

**Забезпечення якості продукції:** Контроль розпірного зусилля допомагає забезпечити однорідність обробки матеріалів, що важливо для отримання продукції з визначеними характеристиками і якістю.

**Безпека:** Розрахунок розпірного зусилля також має значення з точки зору безпеки роботи обладнання. Неправильно розраховане зусилля може призвести до аварійних ситуацій та травм персоналу.

**Економія ресурсів:** Оптимізація розпірного зусилля дозволяє ефективніше використовувати енергію та ресурси, що є важливим з економічної точки зору.

## 6.1 Розрахунок розпiрного зусилля

Площа, на якій дiятиме розпiрне зусилля, визначається за формулою

$$F = Bl = 0,64 * 0,12 = 0,0768 \text{ м}^2$$

$B = 0,64 \text{ м}$  – ширина валкiв,  $\text{м}$

$l$  – довжина дуги на дiлянцi, де подрiбноється матерiал,  $\text{м}$

$$l = R\alpha = \frac{D\alpha}{2}$$

$R = 0,4 \text{ м}$  – рiдiус валка,  $\text{м}$

$\alpha = 17^\circ = 0,30 \text{ рад}$  – виражено в рiдiанах

$$l = 0,4 * 0,30 = 0,12 \text{ м}$$

Тиск мiж валками (розпiрне зусилля) становитиме

$$P = \sigma Fk = \sigma kB \frac{D\alpha}{2}$$

Пiдставляючи в цю формулу значення  $\frac{D\alpha}{2}$  з попереднiх формул, для твердих пород, отримаємо:

$$P = 2,6 * 10^6 * 0,3 * 0,0768 = 6 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

$\sigma = 2,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$  – межа мiцностi при стисненнi,  $\text{Н/м}^2$

$k = 0,2-0,3$  – коефiцiєнт, що враховує використання довжини валкiв i ступiнь розпушення матерiалу

## 6.2 Порядок розрахунку

Для розрахунку була прийнята модель валка, що показана на рис 6.1 та 6.2

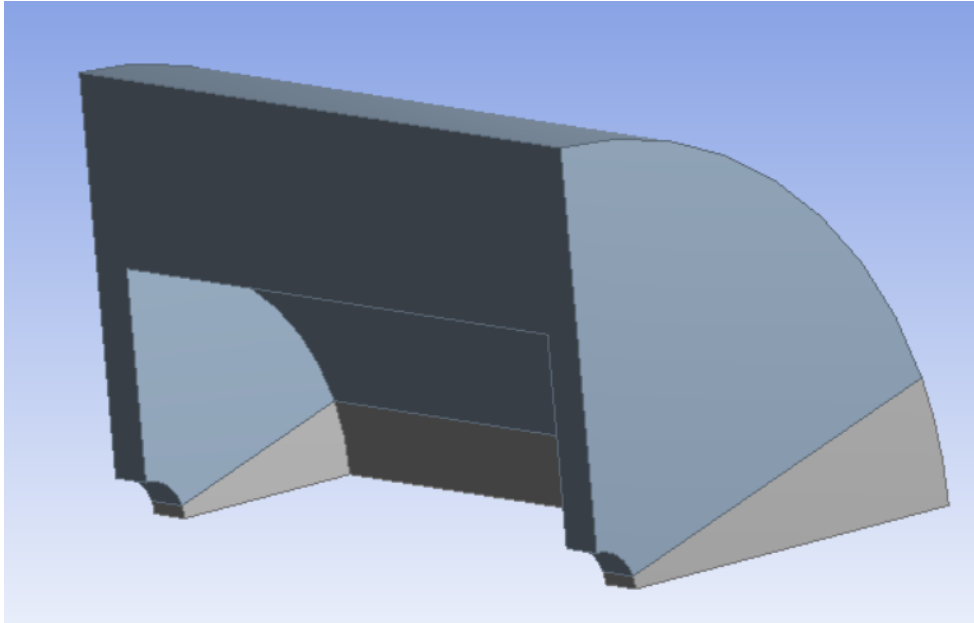


Рисунок 6.1 – Валок (вид ззаду)

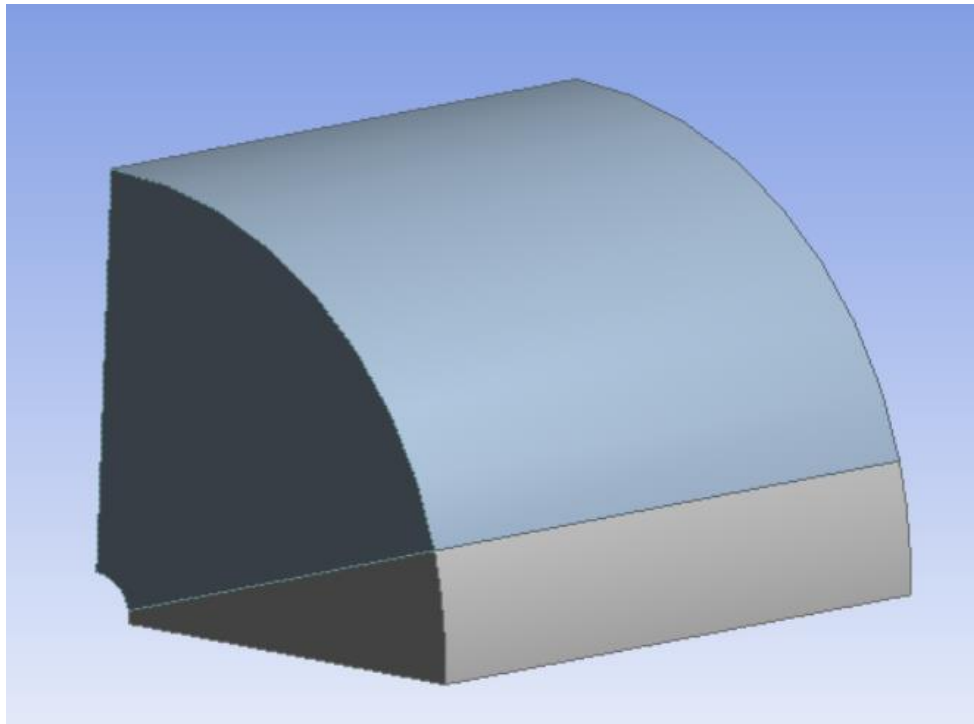
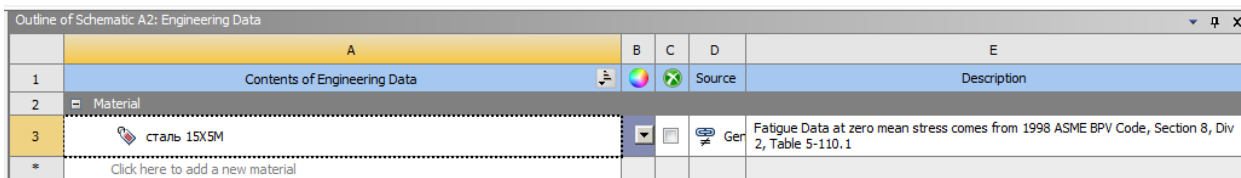


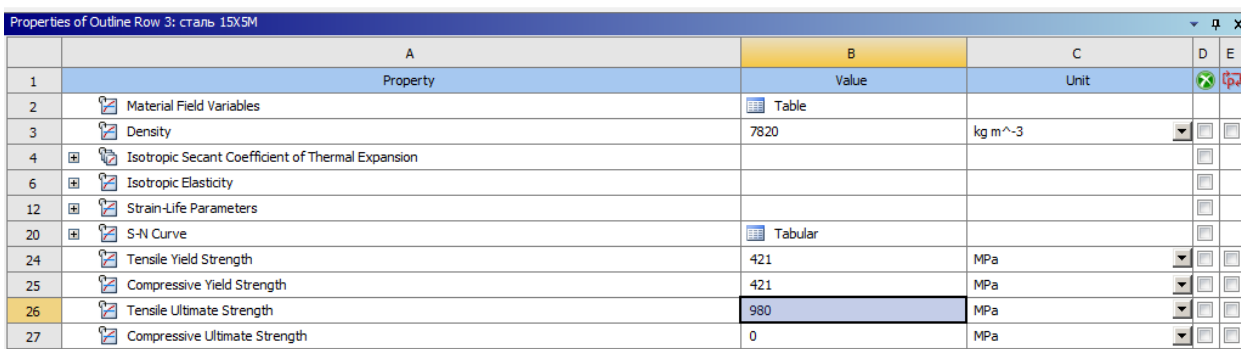
Рисунок 6.2 – Валок (вид спереду)

На даному рисунку 6.1-6.2 показано модель  $\frac{1}{4}$  від всього бандажу валка. Прикладання сил буде відбуватись на робочу зону подрібнення (сіра зона). Розміри валка були взяті з Таблиці 1.1. Матеріал валка – сталь 15X5M, фізико – механічні властивості показані на рис. 6.3-6.4



|   | A                                | B | C      | D | E   |
|---|----------------------------------|---|--------|---|---|
| 1 | Contents of Engineering Data     |   | Source |   | Description   |
| 2 | Material                         |   |        |   |   |
| 3 | сталь 15X5M                      |   | Ger    |   | Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1 |
| * | Click here to add a new material |   |        |   |   |

Рисунок 6.3 – Назва матеріалу



|    | A   | B       | C                  | D | E |
|----|---|---------|--------------------|---|---|
| 1  | Property  | Value   | Unit               |   |   |
| 2  | Material Field Variables                          | Table   |                    |   |   |
| 3  | Density   | 7820    | kg m <sup>-3</sup> |   |   |
| 4  | Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion |         |                    |   |   |
| 6  | Isotropic Elasticity                              |         |                    |   |   |
| 12 | Strain-Life Parameters                            |         |                    |   |   |
| 20 | S-N Curve   | Tabular |                    |   |   |
| 24 | Tensile Yield Strength                            | 421     | MPa                |   |   |
| 25 | Compressive Yield Strength                        | 421     | MPa                |   |   |
| 26 | Tensile Ultimate Strength                         | 980     | MPa                |   |   |
| 27 | Compressive Ultimate Strength                     | 0       | MPa                |   |   |

Рисунок 6.4 – Фізико – механічні властивості матеріалу

Робимо закріплення валка в потрібних місцях.

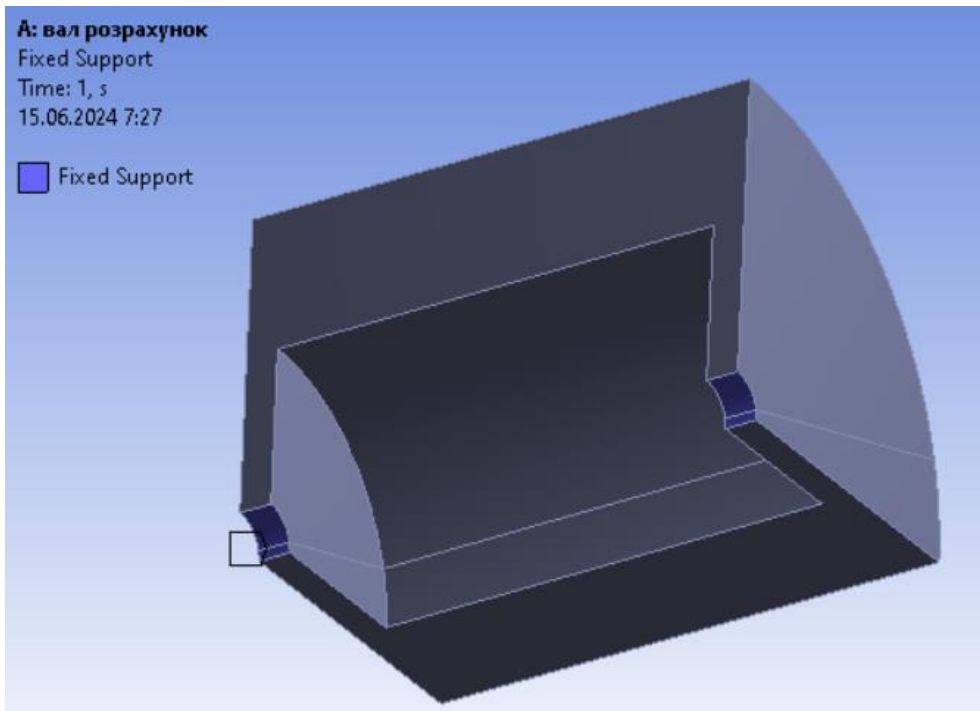


Рисунок 6.5 – Закріплення на місці валу

**Project**

- Model (A4)
  - Geometry
  - Materials
  - Coordinate Systems
  - Connections
  - Mesh
  - Static Structural (A5)
    - Analysis Settings
    - Fixed Support
    - Displacement
    - Displacement 2
    - Pressure
  - Solution (A6)
    - Solution Information
    - Equivalent Stress
    - Total Deformation

**Details of "Displacement"**

|                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| <b>Scope</b>                         |                          |
| Scoping Method                       | Geometry Selection       |
| Geometry                             | 1 Face                   |
| <b>Definition</b>                    |                          |
| Type                                 | Displacement             |
| Define By                            | Components               |
| Coordinate System                    | Global Coordinate System |
| X Component                          | Free                     |
| Y Component                          | Free                     |
| <input type="checkbox"/> Z Component | 0, mm (ramped)           |
| Suppressed                           | No                       |

**Graph**

0,5  
-0,5

Рисунок 6.6 – Закріплення верхньої стінки

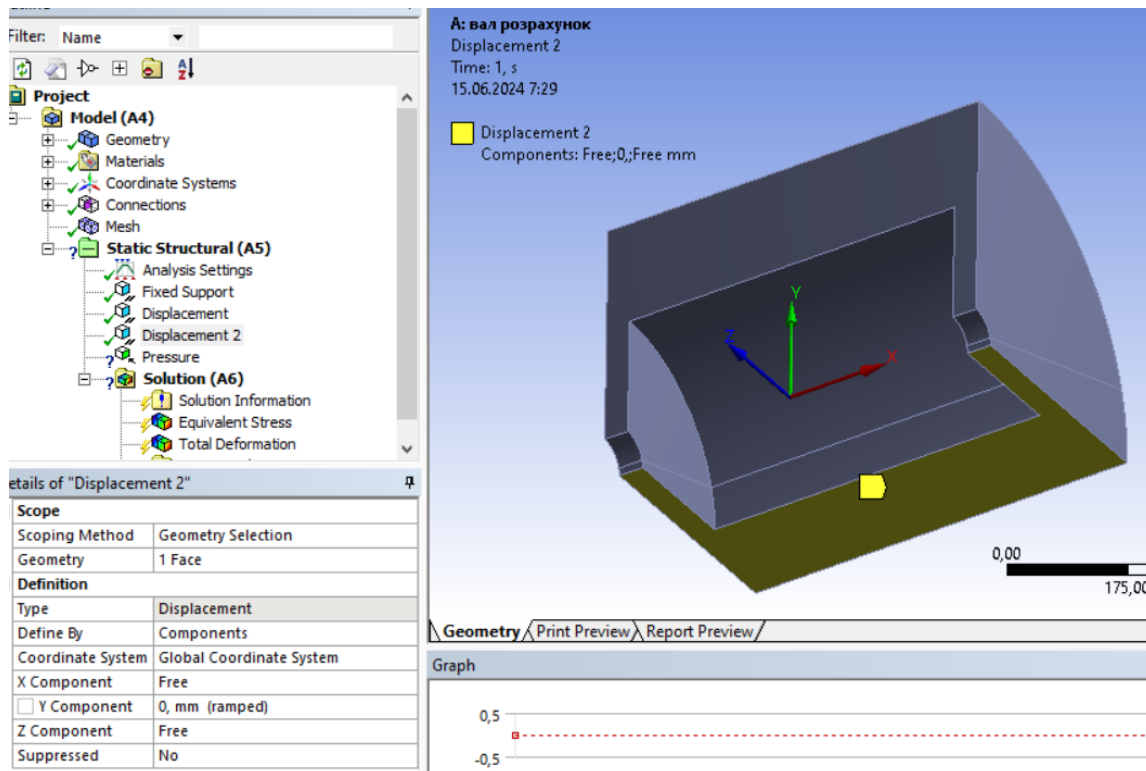


Рисунок 6.7 – Закріплення нижньої стінки

В робочій зоні валка прикладаємо розраховану раніше силу. В основному положенні на валок діятиме сила, що прикладена по радіусу валка, при зміні зазору (див. огляд патентів) на валок діятиме сила під кутом.

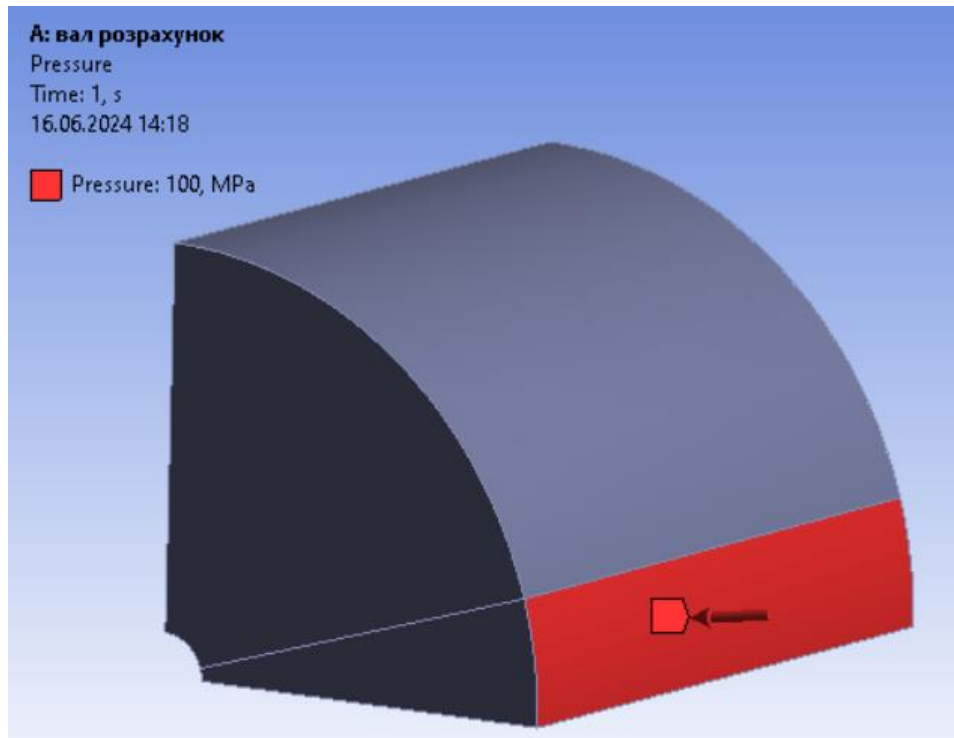


Рисунок 6.8 – Прикладення сили по радіусу

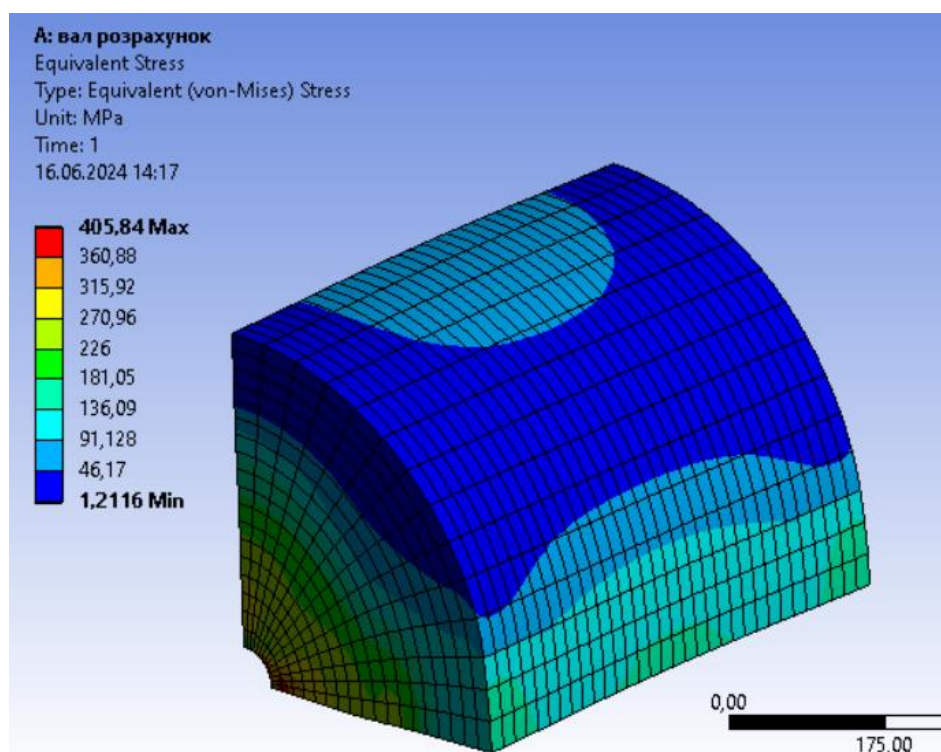


Рисунок 6.9 – Еквівалентне напруження (прикладення сили по радіусу)

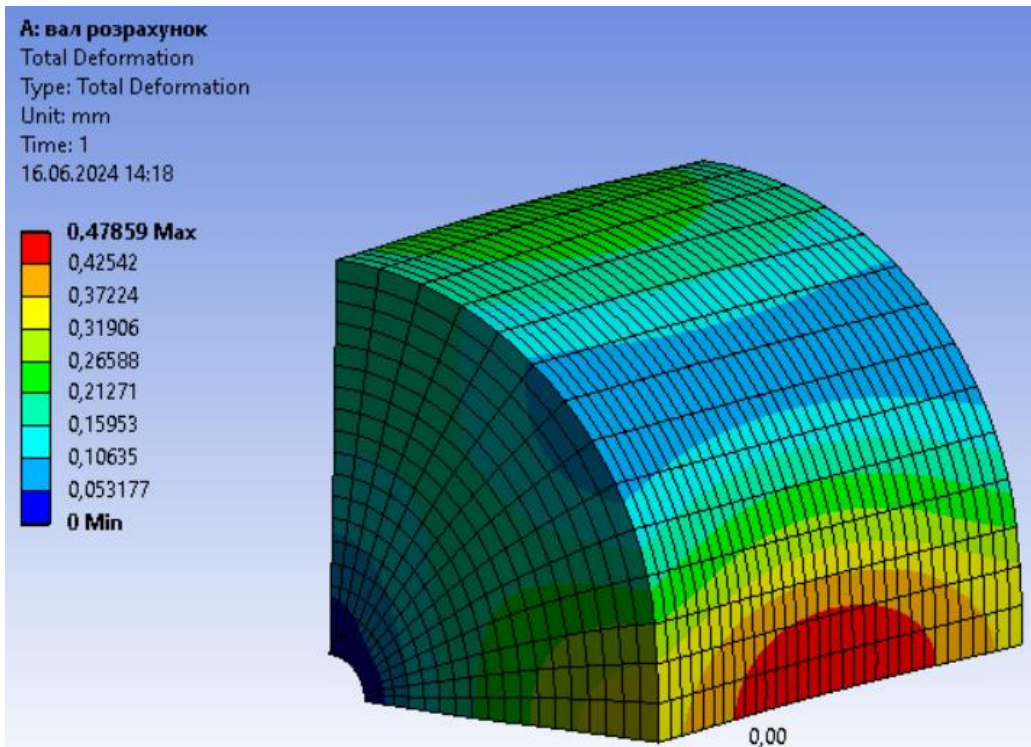


Рисунок 6.10 – Загальна деформація

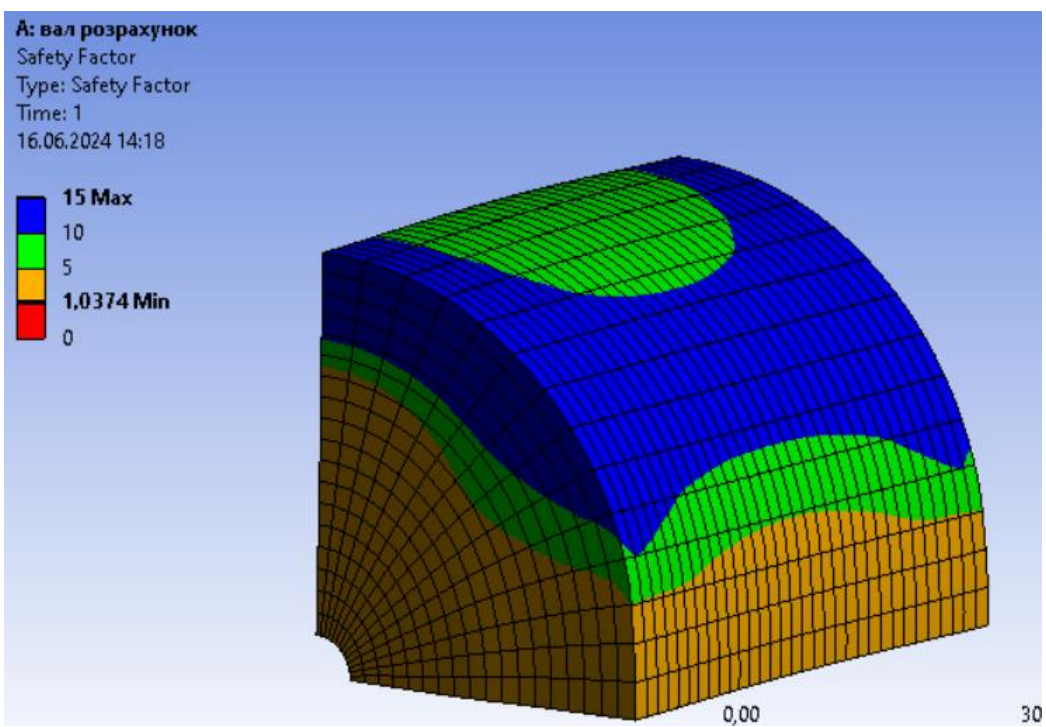


Рисунок 6.11 – Коефіцієнт запасу міцності

Прикладаємо силу до бандажа по радіусу (рис 6.8). Максимальне еквівалентне напруження (рис 6.9) 405,84 МПа, що є допустимим. Загальна деформація (рис 6.10) 0.48 мм, що також є допустимим значення при коефіцієнті запасу міцності в 1 (рис 6.11).

Тепер прикладаємо силу під кутом

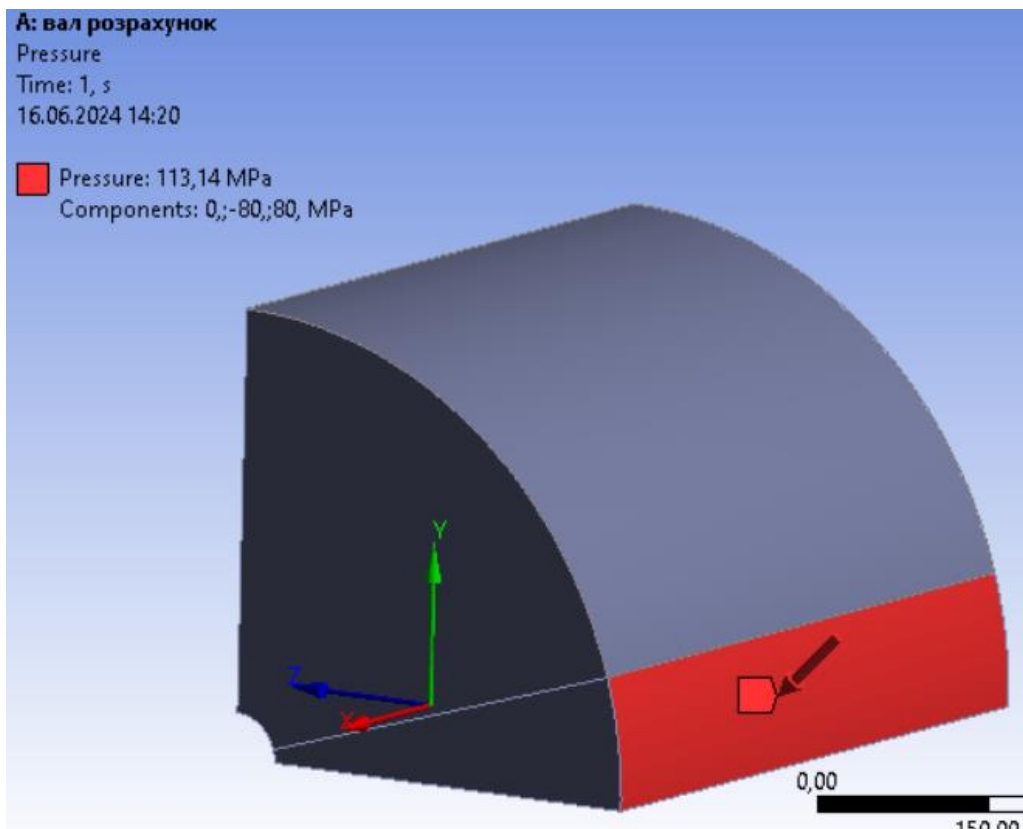


Рисунок 6.12 – Прикладення сили під кутом

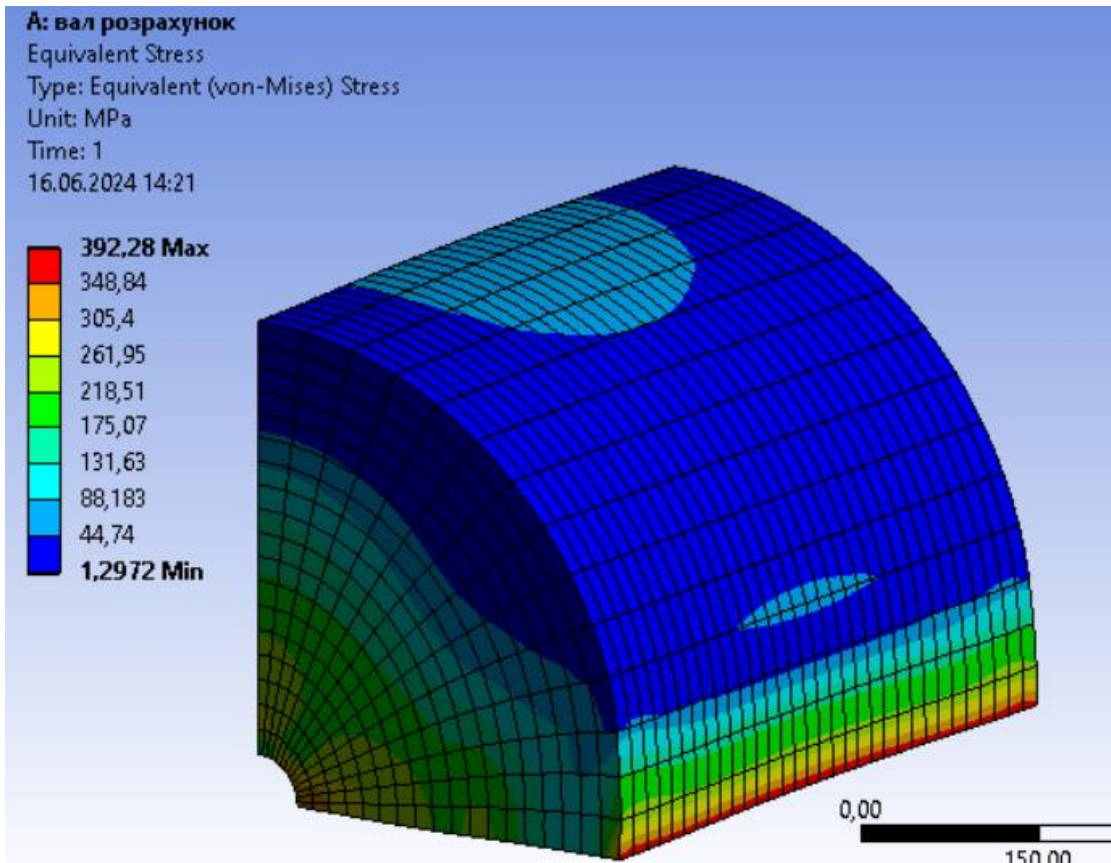


Рисунок 6.13 – Еквівалентні напруження (прикладення сили під кутом)

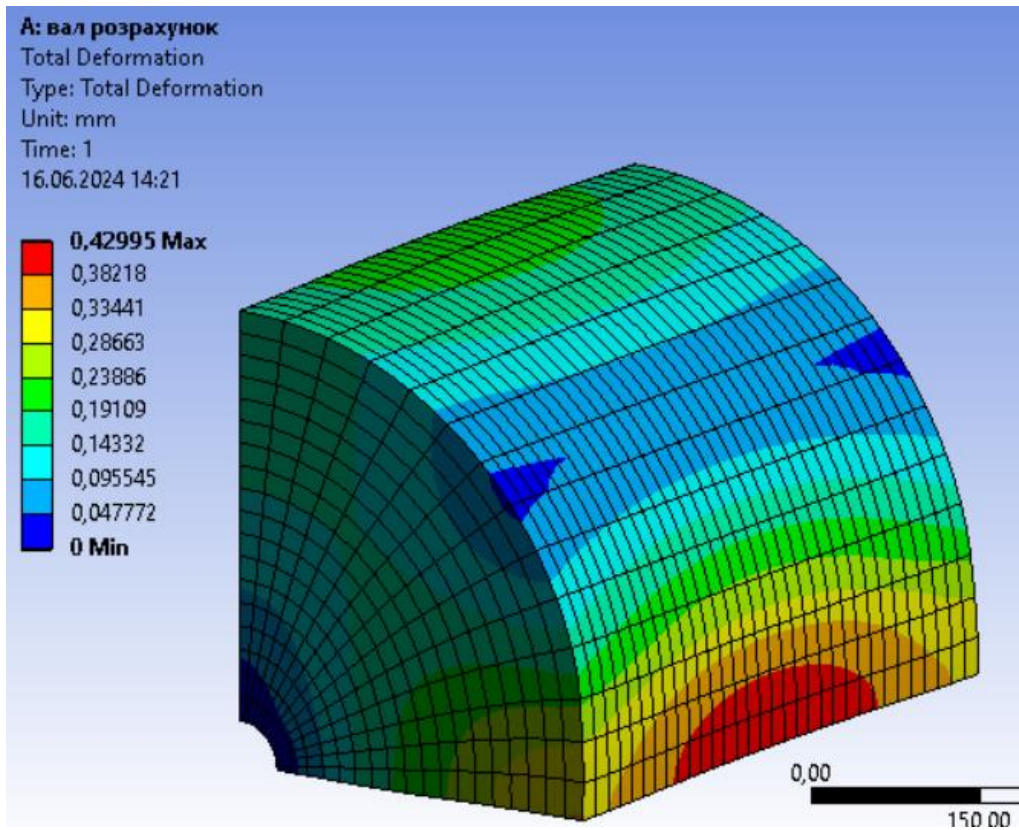


Рисунок 6.10 – Загальна деформація

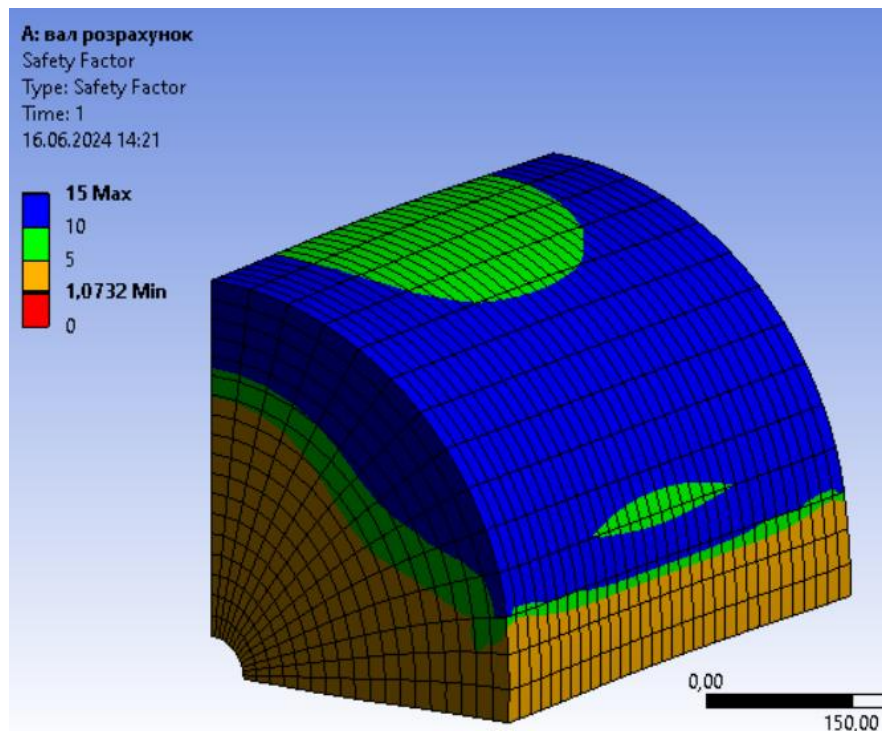


Рисунок 6.11 – Коефіцієнт запасу міцності

Прикладаємо силу до бандажа під кутом (рис 6.12). Максимальне еквівалентне напруження (рис 6.13) 392,28 МПа, що є допустимим. Загальна деформація (рис 6.14) 0.43 мм, що також є допустимим значення при коефіцієнті запасу міцності в 1 (рис 6.15).

Підсумовуючи отримані результати, можемо підтвердити міцність конструкції бандажа, оскільки максимальне отримане напруження дорівнює 405,84 МПа, при значенні допустимого напруження для сталі в 421 МПа.

## 7. Охорона праці та навколишнього середовища

### 7.1. Вступ

Важливим законом, який містить основні положення, пов'язані з реалізацією конституційних прав громадян і пов'язаними з охороною їх життя і здоров'я під час здійснення професійної діяльності, є Закон України «Про охорону праці».

Крім того, саме цей закон виконує регулювання та встановлення єдиного порядку охорони праці в Україні за участю різних державних органів між власниками підприємств, організаціями чи установами та уповноваженим ним органом (керівником виробництва) і працівниками з питань охорони праці, питання виробничого середовища та гігієни праці.

Враховуючи тему дипломного проекту – «Валкова дробарка з модернізацією механізму регулювання зазору» , необхідно створити певні запобіжні заходи для забезпечення безпечних умов при роботі з валковою дробаркою, котра подрібнює матеріал на менші шматки, ніж ті, що завантажуються. Під час роботи працівник піддається впливу різним небезпечним шкідливим факторам, котрі можуть призвести до травм і професійних захворювань. До таких факторів слід віднести наступні:

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

### 7.2 Виробничий шум, вібрації

Шум – це звукові коливання в діапазоні прийнятних частот для слуху, котрі можуть здійснювати вплив на безпеку і здоров'я працівника (на основі діючого нині ДСНЗ.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»).

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

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

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

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

Одним із шляхів вирішення проблеми негативного шуму на організм є використання засобів індивідуального захисту. Згідно з ДСТУ 7239:2011, засобами захисту для органів слуху є:

- Вкладки для вух та аналогічні засоби (протишумові вкладки);
- Звукозахисні шоломи;
- Протишумові навушники;
- Протишумові навушники, які можна кріпити до касок і шоломів;
- Протишумові захисні пристрої з електронним приймачем;
- Протишумові захисні пристрої з телефонним зв'язком;

Найкращим варіантом буде використати протишумові навушники, наприклад навушники 3M H510A C1 Comfort Ear Muffs 87-98 дБ (країна виробник: Польща), протишумові навушники, які можна кріпити до касок та шоломів, наприклад навушники Delta Plus Suzuka 2 (країна виробник: Китай)

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

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

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

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

### 7.3 Обертові частини механізму

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

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

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

Серед суттєвих особливостей слід мати на увазі, що застосування виготовлених огорожень з наварених (прикріплених) до каркасу машин і механізмів дротиків та смуг недопустиме, а самі кожухи повинні мати певну конструкцію, котра не допускає наявності незакритої частини обертового вала, причому на величину до 10 міліметрів з кожного боку. У випадку, коли встановлюються огороження, тому необхідно передбачити технічні люки для наступного і відповідного обслуговування вже захищених частин механізму чи машини.

### 7.4 Повітря робочої зони

Один із найбільших впливів на людину під час роботи має повітря, серед ключових параметрів якої є температура, вологість, швидкість потоків повітря. Усі наведені сумісно і суттєво впливають на терморегуляцію тіла працівника, як наслідок, і на його продуктивність, ефективність правильно виконувати необхідні дії. Основним і керуючим документом для відповідальності є ДСТУ-Н Б А.3.2-

1:2007 «Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні».

Під час подрібнювання створюється пил, котрий являє собою дрібні тверді частинки, що містяться в повітрі, але лише через певний період осідають під впливом власної ваги, загалом містяться в просторі у зваженому стані. Пил вимірюється у міліграмах на  $1\text{ м}^3$  повітря. Частинки пилу розміром до 10 мкм є особливо шкідливими для здоров'я, оскільки безпосередньо потрапляють у легені людини, а не затримуються (залишаються) у верхніх дихальних шляхах. Таким чином, є суттєвий ризик виникнення хвороб (особливо хронічних, тих, що стосуються як легеней, так і бронхів) як і в випадках, котрий уникає пил з більшим розміром частинок затримується на слизуватих оболонках верхніх дихальних шляхів. Варто зауважити і те, що під час тривалого знаходження в зоні для курців можливе виникнення і захворювань очей та шкіри. Якщо ж незначний вміст пилу в повітрі, то це не несе за собою ніяких шкідливих наслідків.

Захист від пилу може здійснюватись наступним чином:

- видалення пилу з робочої зони;
- герметизація ділянки з устаткуванням і території поряд;
- використання місцевої чи загальної вентиляції;

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

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

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

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

#### 7.5 Пожежна безпека

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

Працівник повинен добре знати наступне:

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

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

- номер телефону пожежної охорони та розташування кнопки сповіщення про пожежну небезпеку, для попередження паніки і надання інформації щодо пожежі.

Серед ключових обов'язків слід виділити наступні:

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

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

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

- встановлення на усі транспортні галереї певних засобів пожежогасіння;

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

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

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

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

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

Найбільш ефективним способом для гасіння пожежі слід вважати вогнегасник, причому різновид і кількість залежить від ймовірності виникнення пожежі й умов роботи. Згідно рекомендацій необхідно використати як мінімум 2 переносних вогнегасника, у яких є газовитискувач або вони є закачні, з зарядом вогнегасної речовини 5 чи 6 кілограмів, або ж 1, у якого заряд складає 8, 9, 12 кілограмів. Оптимальним варіантом буде використання двох вогнегасників, адже в цеху використовується не одна машина, а поширення вогню від одного із джерел неприпустиме.

## 8. Технологія виготовлення деталі

### 8.1 Опис та призначення деталі

**Шків** - є колесом, у якого на окружності є канавка або обід. Вони потрібні для переміщення по ременю від електричного двигуна. Призначення шківа: передати навантаження з осі на ремінь або ж навпаки.

Для клинових пасів робочою поверхнею є бокові сторони клинових жолобків на ободі шківа. Розміри та кількість жолобків визначаються профілем перерізу паса та кількістю клинових пасів, що одночасно працюють на шківі. Профіль перерізу клинового паса при згині на шківі дещо спотворюється і тому кут клину паса у порівнянні з початковим ( $\varphi_0 = 40^\circ$ ) змінюється. Отже, кут  $\varphi$  профілю жолобків шківа обирають залежно від його діаметра. Для стандартних клинових пасів розміри жолобків шківів наведені у ГОСТ 20889–88

Шківні пасових передач виготовляють із чавуну, сталі, легких сплавів. Чавунні шківні найпоширеніші. Використовують такі марки чавуну: СЧ 15 при швидкості паса  $V \leq 15$  м/с; СЧ 18 при  $V = 15 \dots 30$  м/с; СЧ 20 при  $V = 30 \dots 35$  м/с. Заготовки шківів виготовляють литтям. Сталеві шківні у більшості випадків виготовляють зварюванням відштампованих окремих деталей. Вони відрізняються меншою масою і використовуються при більших швидкостях пасів ( $V \leq 40$  м/с). Інколи заготовками для шківів може служити сталеве литво або круглий прокат. Шківні із легких сплавів виготовляють переважно з алюмінієвого литва. За конструкцією вони не відрізняються від чавунних, але мають тонші стінки. Оскільки шківні з легких сплавів у порівнянні зі сталевими мають меншу масу, то їх раціонально використовувати для швидкохідних передач. [6]

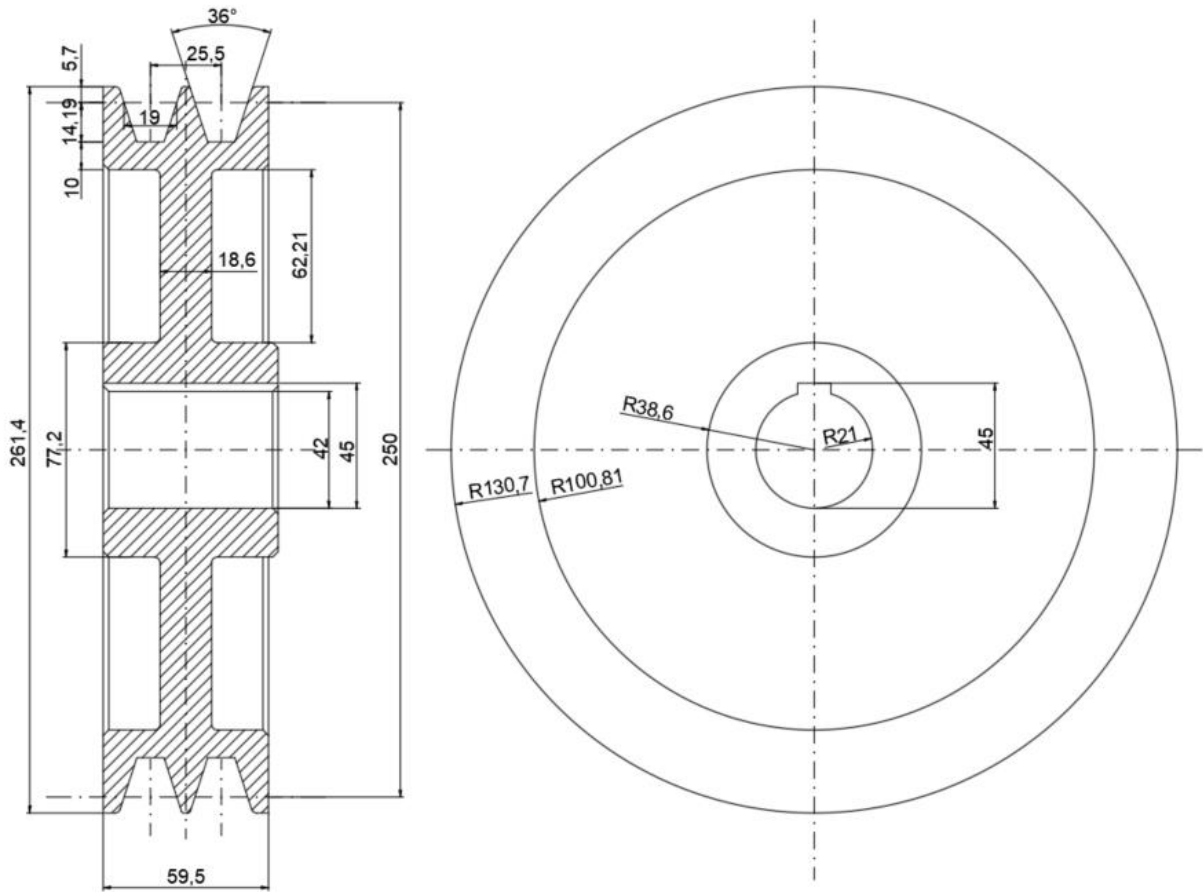


Рисунок 8.1 – ескіз деталі

## 8.2 Вибір заготовки

Шків, фланці, поршні виготовляють здебільшого з чавуну Сч15-32. Шків також виготовляють з алюмінію і пресованого текстоліту або бакеліту з наповнювачем, зварні шків - зі сталі. Обід - з Ст3, ступиця - зі сталі 45. Кільця поршневі - зі спеціального чавуну і сталеві стрічки. Заготовки в більшості випадків застосовують штучні - литі, ковані, штамповані.

В даному випадку для заготовки шківа би приймаємо матеріал чавун Сч15, а виготовлена заготовка буде методом лиття.

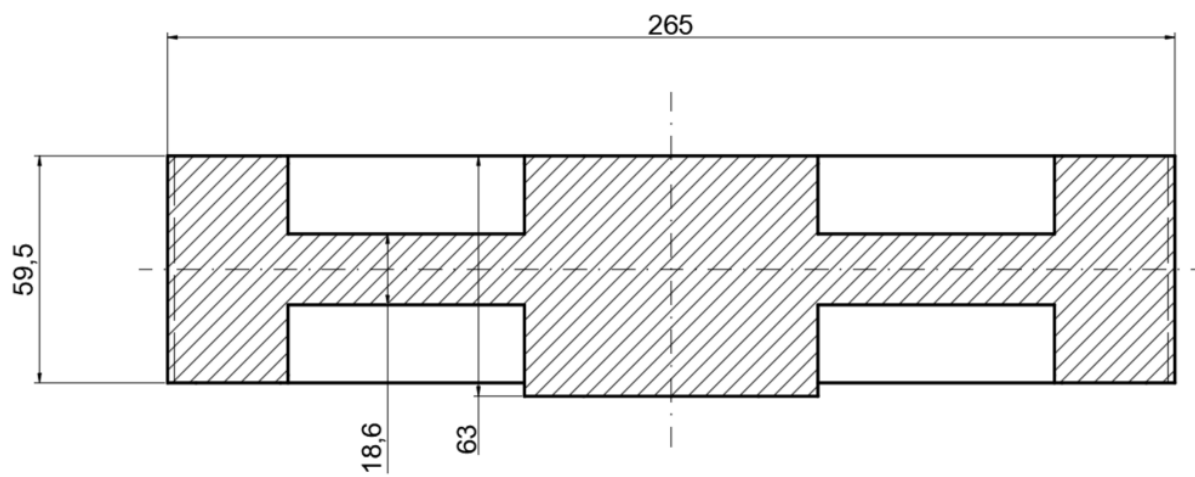


Рисунок 8.2 – ескіз шківа (ведучого)









|    |   |                                   |      |       |   |   |     |        |    |
|----|---|-----------------------------------|------|-------|---|---|-----|--------|----|
| 8  | Точити фаску витримавши кут 45 градусів (на отворі) | Різець прохідний<br>ГОСТ 18877-73 | 55.5 | 201.6 | 2 | 1 | 0.2 | 100.81 | 78 |
|    | <u>Точити начисто по всій поверхні</u>              | Різець прохідний<br>ГОСТ 18877-73 | 55.5 | 201.6 | 2 | 1 | 0.2 | 100.81 | 78 |
|    | Точити пази начорно                                 | Різець<br>ГОСТ 18883-73           | 55.5 | 201.6 | 2 | 1 | 0.2 | 100.81 | 78 |
|    | Точити пази начисто                                 | Різець<br>ГОСТ 18883-73           | 55.5 | 201.6 | 2 | 1 | 0.2 | 100.81 | 78 |
| OK | Обробка різанням                                    |                                   |      |       |   |   |     |        |    |







## 8.3 Вибір пристосування

### 8.3.1 Опис конструкції і принцип роботи пристосування

Для виконання окремих операцій механічної обробки жорсткість різального інструмента може бути недостатня. Для усунення пружних віджимань інструмента та надання йому визначеного положення в процесі обробки відносно заготовки застосовують направляючі елементи.

Кондукторні втулки застосовують для направлення інструмента (свердла, зенкера, розвертки, борштанги) під час механічної обробки на верстатах свердлильно-розточної групи. Кондукторні втулки дозволяють підвищити точність діаметральних розмірів, форми та розташування отворів.

Розрізняють такі типи кондукторних втулок (рис. 8.1): постійні та змінні. Постійні втулки, насамперед, поділяють на втулки без буртика (рис. 8.1, а) та з буртиком (рис. 8.1, б). Змінні втулки поділяють на змінні з буртиком (рис. 8.1, в) та швидкозмінні із замком (рис. 8.1, г).

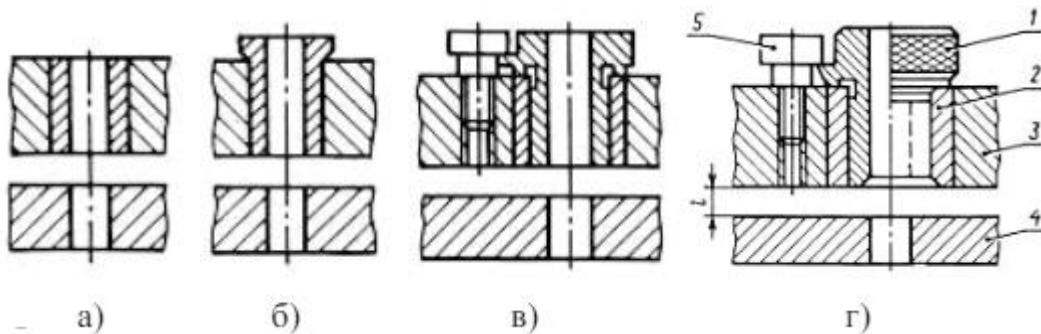


Рисунок 8.3 – Типи кондукторних втулок: а) – постійна без буртика; б) – постійна з буртиком; в) – змінна з буртиком; г) – швидкозмінна із замком (1 – буртик, 2 – постійна втулка, 3 – корпус, 4 – деталь, 5 – гвинт)

Постійні втулки застосовують у кондукторах при дрібносерійному виробництві під час обробки отвору одним інструментом. Змінні втулки

застосовують у пристосуваннях для масового й багатосерійного виробництва. Швидкозмінні втулки із замком застосовують під час обробки отвору декількома послідовно змінюваними інструментами. Змінні й швидкозмінні втулки вставляють у постійні, запресовані в корпус пристосування.

Існують також спеціальні кондукторні втулки, які за типом відповідають описаній вище класифікації, але мають конструктивні особливості, що враховують особливості заготовки та технологічної операції. На рис. 6.2 зображено кондукторні втулки, які призначені для виконання спеціальних технологічних операцій:

- для обробки отворів на криволінійній поверхні (рис. 8.2, а);
- для направлення осі отвору, розташованого в заглибленні (рис. 8.2, б);
- для обробки отворів, з малими відстанями між осями (рис. 8.2, в та г).

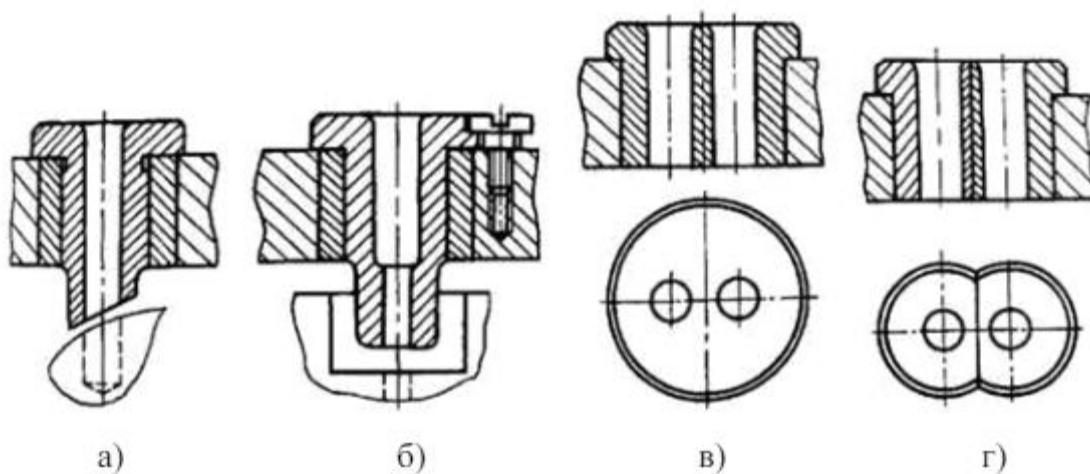


Рисунок 8.4 – Спеціальні кондукторні втулки

Кондукторні втулки, переважно, запресовують у корпус спеціальної конструкції, який називається кондуктор (рис. 8.3). Кондуктори бувають накладні (рис. 8.3, а та в) та пересувні (рис. 8.3, б).

Накладні кондуктори за конструкцією можуть бути орієнтовані по базовому отвору (рис. 6.3, а) і контуру оброблюваної заготовки (рис. 8.3, в). В обох випадках передбачається надійне кріплення накладного кондуктора на заготовку. Ці кондуктори застосовують для свердління отворів у середніх і великих заготовках на радіально-свердлильних верстатах

Пересувні кондуктори (рис. 8.3, б) застосовують при послідовному свердлінні дрібних отворів (діаметром до 5 мм) у невеликих заготовках, які можуть фіксуватися спеціальним гвинтом, на вертикальному одношпindelьному свердлильному верстаті, що пересувають по столу верстата й утримують рукою від руху під час обробки. [7]

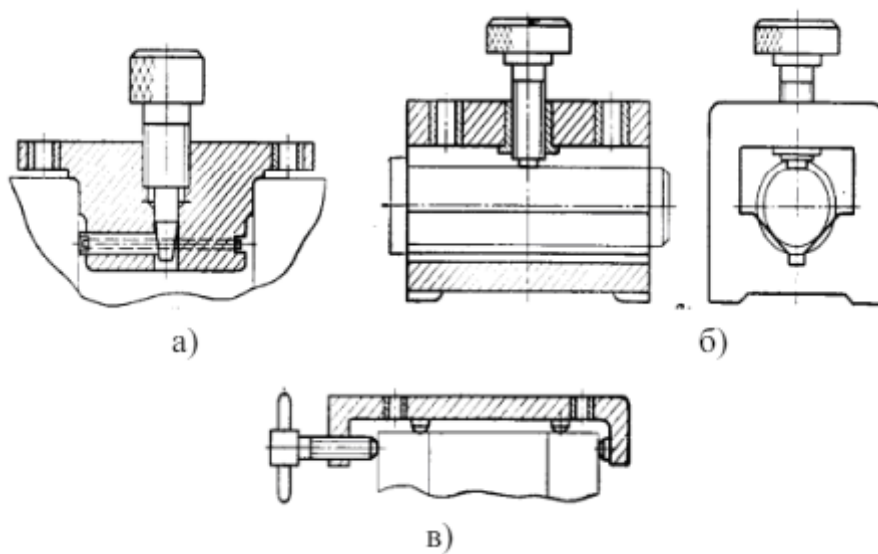


Рисунок 8.5 - Типи кондукторів: а) та б) – накладні; в) – пересувний

## **ВИСНОВКИ:**

У даному курсовому проекті була розглянута валкова дробарка, його конструкція, принцип дії та призначення.

В роботі виконані параметричні розрахунки і розрахунки на міцність.

В ході параметричних розрахунків визначили основні параметри дробарки (масову та об'ємну продуктивність, діаметр та довжину валків) та потужність двигуна, що задовольняє вимоги.

Були виконані кінематичні розрахунки на вибір двигуна, розрахунок клинопасової передачі та розрахунок довговічності ведучого шківа.

В ході розрахунку валів на статичну міцність були визначені всі необхідні параметри для нормальної працездатності дробарки.

В розділі охорони праці було розглянуто можливі небезпечні фактори та запропоновані варіанти їх вирішення.

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

Було розроблено валкову дробарку з домкрат – механізмом регулювання зазору, що забезпечить дробарці безперебійну роботу під час налаштування зазору між валками та забезпечить підвищення продуктивності самої дробарки.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. — К.: Інрес : Воля, 2005. — 264 с.: іл. — Бібліогр.: с. 253—255.
2. Щербина В.Ю., Гондляр 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>
3. Полешко О.П. Проектування пасових передач [Текст]: Методичні вказівки до проведення практичних занять, виконання контрольних робіт і курсового проекту / О.П. Полешко. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 76 с. (кінематичний розрахунок )
4. Деталі машин. Енерго-кінематичний розрахунок приводу [Електронний ресурс]: Методичні вказівки до проведення практичних занять, виконання контрольних робіт і курсового проекту / О.П. Полешко. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 27 с.
5. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г., Гур'єва Л.Н. Технологія виробництва матеріалів і виробів будівельного призначення [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. – 188с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/66516>
6. Хильчевский В.В., Расчет валов и выбор подшипников качения по динамической грузоподъемности [Текст]: Методические указания по дисциплине «Детали машин» / Сост. В.В. Хильчевский, Ю.А. Попченко, А.П. Полешко. – К.: КПИ, 1989. – 56 с.
7. 1. Технологія машинобудування: скорочений конспект лекцій / Пасько М.М., Показаньєва С.Лдякую
8. 2. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.

9. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник. - Москва: Машиностроение, 1976. 288 с.
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>

Патенти:

11. <https://base.uipv.org/searchinv/search.php?action=viewdetails&IdClaim=172445&chapter=description>
12. <https://base.uipv.org/searchinv/search.php?action=viewdetails&IdClaim=102580&chapter=description>
13. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/065319296/publication/CN109331918A?q=CN109331918A>
14. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/050389746/publication/CA2907954C?q=CA2907954C>
15. <https://base.uipv.org/searchinv/search.php?action=viewdetails&IdClaim=160986&chapter=description>
16. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/030448075/publication/US6685118B1?q=US6685118>

Таблиця А - Таблиця огляду патентів з модернізацією валкової дробарки.

| №<br>п/п | Предмет<br>пошуку   | Номер документа,<br>країна видачі,<br>МПК, автори                  | Сутність<br>заявленого<br>технологічного<br>рішення і ціль його<br>створення  |
|----------|---------------------|--|---|
| 1        | Валкова<br>дробарка | UA, №69323,<br>МПК B02C 4/00,<br>Автор: Риндяєв<br>Віктор Іванович | запропоновано розробку взаємозамінних зубців на валках дробарки. Відомі валкові зубчасті дробарки, що містять встановлені на рамі привідні валки з зубцями на робочих поверхнях. Однак застосування наведених дробарок нераціональне, тому що під час їх експлуатації окремі зубці на робочих поверхнях валків зношуються і виникає необхідність заміни робочої поверхні валків, яка виконується цільною у вигляді бандажу або складається з окремих 10 |

|   |                  |   |   |
|---|------------------|---|---|
|   |                  |   | <p>сегментів. Це призводить до зменшення терміну їх служби. Тому метою даного винаходу є розробка рішення оптимального закріплення зубців на валках валкової дробарки для підвищення терміну служби самої дробарки.</p> <p>.</p>  |
| 2 | Валкова дробарка | <p>UA, №12256,<br/>МПК В02С 4/00,<br/>Автори: Круць<br/>Микола<br/>Федорович, Заяць<br/>Богдан<br/>Йосипович,<br/>Ліщинський<br/>Петро<br/>Степанович</p> | <p>поставлене завдання створення валкової дробарки спеціальної, придатної для подрібнення бракованого шиферу, що не потребує додаткових затрат, шляхом конструктивних змін валкового ріжучого механізму та приймального вузла, забезпечити зменшення утворення пилоподібних фракцій і усунення утворення видовжених ріжучих пластинок при подрібненні бракованого шиферу із</p> |

|   |                     |  |   |
|---|---------------------|--|---|
|   |                     |  | одночасним вилученням<br>трудомісткої операції.   |
| 3 | Валкова<br>дробарка | CN, №109331918,<br>МПК B02C 4/02,<br>B02C 4/30, B02C<br>4/32, B02C 4/42<br>Автор: Лі Юнцун | винахід відноситься до<br>дробарок і розкриває<br>дробарку: перша<br>зносостійка втулка,<br>встановлена на першому<br>валу ролика і<br>використовується для<br>подрібнення матеріалів,<br>нижня частина рами першої<br>арки шарнірно прикріплена<br>до основи. Другий механізм<br>кочення включає другу<br>раму арки, вал другого<br>ролика з можливістю<br>обертання на другій абочній<br>рамі, зносостійка втулка<br>встановлена на другому<br>роликовому валу і<br>використовується для<br>дроблення матеріалів.<br>Нижня частина другої<br>арочної рами шарнірно<br>прикріплена до основи, а<br>перший роликовий вал<br>розташований паралельно |

|   |                  |  |  |
|---|------------------|--|--|
|   |                  |  | <p>другому. Механізм регулювання використовується для регулювання зазору між першою зносостійкою втулкою та другою зносостійкою втулкою, а два кінці механізму регулювання шарнірно прикріплені до верхньої частини рами арки та перший у відповідності один-до-одного. Завдяки даній модифікації дробарка має кращу адаптивність.</p> |
| 4 | Валкова дробарка | <p>СА, № 2907954, МПК В02С 4/08, В02С 4/30, Автор: Дік Маттіас</p> | <p>відноситься до двовалкової дробарки з валками, встановленими з можливістю обертання в корпусі дробарки і приведеними в дію двигуном так, щоб синхронно обертатися в протилежних напрямках навколо відповідних паралельних центральних осей, зубів дробарки.</p>   |

|   |                  |   |   |
|---|------------------|---|---|
|   |                  |   | <p>Встановлюється на зовнішніх поверхнях роликів, причому кожен зуб дробарки ролика пари роликів може бути встановлений у відповідну кишеню у зовнішню поверхню іншого ролика таким чином, що під час обертання роликів кожен зуб дробарки входить у відповідну кишеню.</p>   |
| 5 | Валкова дробарка | <p>UA, №95168,<br/>МПК В02С 4/28,<br/>Автор: Демут Ларс, Моллер Ніколай Стенберг Белк</p> | <p>пропонує валкову дробарку зазначеного типу, що відрізняється тим, що кільцевий диск розділений по периферії на ряд секторів, кожен з яких зміщується окремо однією або більше пружинами у напрямі торцевої поверхні іншого валка. В результаті створюється можливість зберігати товщину шару подрібнюваного матеріалу біля кінців валків, забезпечуючи цим</p> |

|   |                  |   |  |
|---|------------------|---|--|
|   |                  |   | <p>рівномірний розподіл тиску уздовж валків, що приводить до рівномірної продуктивності подрібнювання і рівномірного зносу валків.</p>   |
| 6 | Валкова дробарка | <p>US, №6685118, МПК В02С 23/12, В02С 4/32, Автор: Вільямс молодший Роберт М.</p> | <p>пропонує значне удосконалення існуючої конструкції, метою якого є механізм регулювання зазору, яким можна оперувати безпосередньо під час роботи самої дробарки.</p> <p>Основні недоліки існуючих конструкцій полягали у тому, що регулювання зазору між валками забирало дуже багато часу, адже щоб зменшити або збільшити зазор, треба було повністю зупиняти дробарку.</p> |



| Формат  | Зона             | Поз.        | Позначення             | Найменування                | К-ть  | Примітка |
|---------|------------------|-------------|------------------------|-----------------------------|-------|----------|
|         |                  |             |                        | <u>Документація</u>         |       |          |
| A1      |                  |             | ЛУ 01.051116.002-90 СК | Складальне креслення        |       |          |
|         |                  |             |                        | <u>Складальні одиниці</u>   |       |          |
|         |                  | 1           | ЛУ 01.051116.002-90 СК | Двигун електричний          | 1     |          |
|         |                  | 2           | ЛУ 01.051116.002-90 СК | Валок рухомий               | 1     |          |
|         |                  | 3           | ЛУ 01.051116.002-90 СК | Валок нерухомий             | 1     |          |
|         |                  | 4           | ЛУ 01.051116.002-90 СК | Домкрат                     | 1     |          |
|         |                  | 5           | ЛУ 01.051116.002-90 СК | Шків ведучий                | 1     |          |
|         |                  | 6           | ЛУ 01.051116.002-90 СК | Шків ведений                | 1     |          |
|         |                  | 7           | ЛУ 01.051116.002-90 СК | Станина                     | 1     |          |
|         |                  | 8           | ЛУ 01.051116.002-90 СК | Лас клиноремінний           | 1     |          |
|         |                  | 9           | ЛУ 01.051116.002-90 СК | Картетка рухома             | 1     |          |
|         |                  | 10          | ЛУ 01.051116.002-90 СК | Корпус                      | 1     |          |
|         |                  |             |                        | <u>Складальні одиниці</u>   |       |          |
|         |                  | 11          | ЛУ 01.051116.002-90 СК | Болт                        |       |          |
|         |                  |             |                        | ГОСТ 7798-70                | 16    |          |
|         |                  | 12          | ЛУ 01.051116.002-90 СК | Гайка                       |       |          |
|         |                  |             |                        | ГОСТ 5915-70                | 9     |          |
|         |                  | 13          | ЛУ 01.051116.002-90 СК | Шайба                       |       |          |
|         |                  |             |                        | ГОСТ 11371-78               | 16    |          |
|         |                  |             |                        | <b>ЛУ01.051116.002-90СП</b> |       |          |
| Зм      | Аркуш            | № документа | Підпис                 | Дата                        |       |          |
| Розроб. | Кевшук А.С.      |             |                        |                             |       |          |
| Перев.  | Соколюський О.Л. |             |                        |                             |       |          |
| Н.контр |                  |             |                        |                             |       |          |
| Затвер. | Соколюський О.Л. |             |                        |                             |       |          |
|         |                  |             |                        | <b>Дробарка<br/>валкова</b> |       |          |
|         |                  |             |                        | Лист                        | Аркуш | Аркушів  |
|         |                  |             |                        |                             | 1     | 1        |
|         |                  |             |                        | КПІ ім Ігоря Сікорського    |       |          |

### Домкрат-система регулювання зазору у валковій дробарці

Квашук А.С., студ.; Сокольський О.Л., д.т.н., доц.  
 Національний технічний університет України  
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Анотація.** Розглянуто варіант системи регулювання зазору валкової дробарки. Запропоновано пропозицію з конструктивного виконання дробарки з модернізованим вузлом.

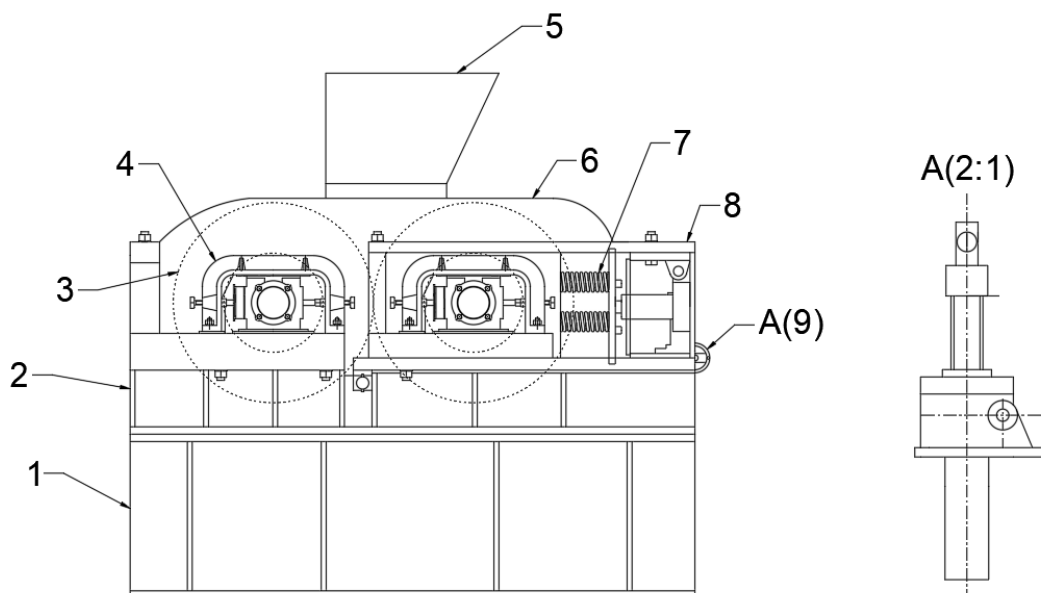
**Ключові слова:** дробарка, валки, зазор, система регулювання, подрібнення.

**Вступ.** Валкові дробарки широко застосовують у хімічній промисловості для подрібнювання матеріалів середньої і малої міцності, вторинного дроблення твердих і крихких порід.

Залежно від фізико-механічних властивостей подрібнюваного матеріалу і технологічного призначення продукту дроблення використовують валки з різною робочою поверхнею: гладкою, рифленою, зубчастою чи ребристою.

Валкові дробарки бувають: із зубцюватими валками; каменевідбірні; з гладкими валками для попереднього й остаточного дроблення; з дірчастими валками; одновалкові; для брикетування; комбіновані. Продуктивність валкових дробарок досягає  $100\text{м}^3/\text{г}$ , ступінь подрібнювання 4...15 [1].

Наявні конструкції валкових дробарок зазвичай споряджені механізмом регулювання зазору, який необхідно налаштовувати заздалегідь і він не пристосований для регулювання під час робочого процесу. Більш гнучкий конструктивний варіант запропоновано авторами патенту [2].



а

б

Рисунок 1 – Валкова дробарка з модернізованим механізмом регулювання зазору: а – загальний вид; б – домкрат для регулювання зазору

Валкова дробарка за роботою [2] включає в себе основну раму 1, яка має коробчасту конфігурацію що включає в себе сталевий балочний каркас і бічні стінки з листового прокату та середню секцію 2, на якій закріплені всі елементи дробарки. Самі валки закріплені за допомогою механізму 4. Рухомий валок встановлений в каретці 8, прикріплений до пружинних елементів 7 та за допомогою домкрату 9 та поворотної осі може повертатись, тим самим регулюючи зазор між валками. Також дробарка має корпус 6, бункер 5, куди подається матеріал, та колеса 3. Завдяки ним передається крутний момент від одного валка на інший, тим самим змушуючи обертатись два валки одночасно.

Привід виконання являє собою черв'ячний гвинтовий домкрат, встановлений між основною рамою і вільним кінцем каретки валків. Привід використовується для переміщення каретки навколо шарніра. Оскільки шарнір асиметрично розташований, другий дробильний валок, встановлений на каретці, рухається у напрямку до першого дробильного валка, тим самим зменшуючи зазор між першим і другим дробильними валками. Аналогічно, пускання валкової каретки відсуває другий валок від першого, тим самим збільшуючи зазор між першим і другим валками. Оператор може точно маніпулювати приводом, щоб домогтися потрібних змін розміру щілини.

Привід може бути оснащений серводвигуном. Серводвигун може керувати приводом у відповідь на команди оператора або у відповідь на комп'ютерну програму, яка в замкнутій системі відповідним чином приводить в дію серводвигун у відповідь на розмір подрібненого матеріалу, який відбирається вздовж замкнутого контуру. Таким чином, в системі із замкнутим контуром зазор дроблення може автоматично регулюватися відповідно до розміру подрібненого зразка, щоб підтримувати бажаний розмір подрібненого продукту.

**Висновок.** Валкова дробарка з даним механізмом регулювання зазору пропонує безпечно та швидко регулювання зазору між валками, що зменшує витрати часу у порівнянні з іншими дробарками. Сам зазор безпосередньо можна регулювати, коли дробарка знаходиться в робочому стані.

### Перелік посилань

1. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. Київ : Інрес : Воля, 2005. 264 с.
2. Two roll crusher and method of roller adjustment : Patent № US6685118B1 US / Williams JR, Robert M. Priorities US25676300P, 19.12.2000, Publication 03.02.2004.
3. 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>