

ВСТУП

Процеси дроблення та подрібнення, які є базовими при підготовці корисних копалин до збагачення, істотно впливають на техніко-економічні показники усієї збагачуваної фабрики та якості готового продукту. Резерв підвищення ефективності виробництва концентрату полягає в модернізації технологічного обладнання та вдосконаленні технологічних процесів.

У процесі збагачення корисних копалин, який являє собою сукупність процесів первинної обробки мінеральної сировини, що має на меті відокремлення всіх цінних мінералів від порожньої породи, а також взаємний поділ цінних мінералів, отримують у якості кінцевого товарного продукту концентрат, придатний для подальшої металургійної переробки. Збагачення є найважливішою проміжною ланкою між видобутком корисних копалин та використанням вилучених речовин, в основі теорії якого лежить аналіз властивостей мінералів та їх взаємодії у процесах поділу.

Збагачення дозволяє суттєво збільшити концентрацію цінних компонентів. Так, вміст заліза у рудах становить 40–60%, а у концентратах – 70–80%. У завдання збагачення входить також видалення шкідливих домішок, таких як миш'як, сірка, кремній тощо.

Переробка з корисними копалинами на збагачувальних фабриках включає ряд послідовних операцій, у яких досягається відділення корисних компонентів від домішок. Операції обробки, яким піддають на збагачувальній фабриці гірничу масу, поділяють на: основні (власне збагачувальні); підготовчі та допоміжні.

Молоткові дробарки широко використовуються у підготовчих операціях збагачення на стадіях середнього та дрібного дроблення при руйнуванні породи з коефіцієнтом міцності до 12 за шкалою М.М. Протод'яконова.

Слабкою ланкою в молотковій дробарці є робочий орган, що складається з валу, дисків та молотків. З досвіду роботи гірничих підприємств відомо, що термін служби молотків, залежно від продукту, що переробляється, становить від 170 до

530 годин. Такий термін служби призводить до великої кількості технічних обслуговувань (близько 20 ТО на рік), підвищеної витрати оборотних коштів на закупівлю молотків. Підвищення надійності роботи молотків, дисків та валу у поєднанні з простотою конструкції дробарки в цілому зробить цей тип ударних машин одним із досконалих. Підвищення ефективності використання дробарки може бути досягнуто за рахунок збільшення терміну служби молотків до їх граничного стану та збільшення міжремонтного періоду.

Таким чином, дослідження робочого процесу молоткової дробарки, розробка конструкції робочого органу підвищеної ефективності, визначення фактичного технічного стану робочого органу, прогнозування залишкового ресурсу і зниження сумарних витрат на техобслуговування і ремонт є **актуальним науково-технічним завданням**.

Мета роботи - підвищення ефективності роботи молоткової дробарки за рахунок вдосконалення конструкції і обґрунтування параметрів робочого органу.

Ідея роботи. Зниження маси і підвищення продуктивності молоткової дробарки завдяки раціональним параметрам її робочого органу.

Об'єкт дослідження: процес руйнування породи молотками щоккових дробарок.

Предмет дослідження: оцінка напружено-деформованого стану робочого органу.

1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ МОЛОТКОВИХ ДРОБАРОК УДАРНОЇ ДІЇ

1.1. Аналіз відомих конструкцій молоткових дробарок

Молоткова дробарка – механічна дробильна машина, що застосовується для руйнування шматків, зерен та частинок мінеральної сировини та аналогічних матеріалів, шляхом дроблення породи ударами молотків, шарнірно закріплених на роторі, що швидко обертається, а також методом руйнування шматків при ударах об плити корпусу дробарки. У дробарках ударної дії вихідний матеріал руйнується ударом за рахунок кінетичної енергії рухомих тіл [16, 17, 21].

Нерідко це обладнання ще називають швидкохідними дезінтеграторами. Широке застосування вони отримали в металургійній, гірничо-переробній промисловості при подрібненні харчової та фармацевтичної сировини [16, 17, 21].

Область застосування молоткових дробарок наступна. Основне призначення молоткової дробарки - дроблення порід малої та середньої міцності. Так, у гірничорудній промисловості їх широко застосовують для подрібнення руди, гіпсу, вапняку. З дробленням вугілля в такому устаткуванні слід бути дуже обережними: деякі його сорти при тонкій дезінтеграції можуть спалахувати. У процесі переробки твердих відходів молоткові дробарки застосовують для подрібнення штучних ґрунтів, склобою, деяких видів пластмас [16, 17, 21].

Нерідко це обладнання використовують і харчової, фармацевтичної промисловості для дезінтеграції сировини. У разі робіт з матеріалами для продуктів харчування застосовуються дробарки з робочими елементами, виготовленими з сортів сталі харчового призначення [16, 17, 21].

Молоткові дробарки поділяються на [16, 17, 21]:

- однороторні нереверсивні молоткові дробарки (для дроблення крихких та м'яких малоабразивних матеріалів);
- двороторні молоткові дробарки з ґратами (для крихких матеріалів міцністю до 1000 кгс/см² та вологістю до 10%;
- двороторні реверсивні дробарки з ґратами (для дрібного дроблення матеріалів середньої міцності та вологості).

Принцип роботи молоткових дробарок наступний. Дроблення матеріалу в молоткових дробарках здійснюється [16, 17, 21]:

- вільним ударом молотків, що швидко обертаються, по шматках матеріалу (найефективніший спосіб);
- ударом шматків матеріалу об спеціальні відбійні плити, на котрі вони відкидаються молотками;
- кришенням (роздавлюванням і стиранням) матеріалу молотками на колосникових ґратах.

Залежно від конструкції дробарок при їх роботі застосовуються всі три види дроблення або лише перші два з них [16, 17, 21].

Розміри молоткових дробарок визначаються діаметром кола, що описується кінцями молотків, і довжиною ротора. Привід ротора здійснюється від електродвигуна за допомогою плоскої пасової передачі або через пружну муфту [16, 17, 21].

Переваги молоткових дробарок [14, 15, 16, 17, 21]:

- простота і компактність конструкції;
- достатня надійність;
- невелика вага;
- безперервність роботи;
- велика продуктивність;
- високий ступінь подрібнення;
- молоткові дробарки, що мають колосникові ґрати, не можуть видати шматки розміром більше ширини щілини між колосниками, тобто мають вбудований, нерухомий грохот, що вигідно відрізняє їх від інших дробильних машин (щоккових, конусних і валкових дробарок).

Недоліки молоткових дробарок [14, 15, 16, 17, 21]:

- швидке зношування молотків, особливо при дробленні абразивних матеріалів;
- при переробці матеріалів вологістю понад 15% колосникові ґрати замазуються;

- при попаданні в дробарку недрібних предметів можливі аварії.

При великому дробленні міцного матеріалу застосовують молоткові дробарки з великими вагами молотків і зі збільшеними швидкостями роторів, при дрібному - дробарки з більш легкими молотками і в більшій кількості [16, 17, 21].

Зазвичай молотки виготовляють із вуглецевих сталей з наступним наплавленням робочих поверхонь твердими сплавами. Молотки дробарок, призначених для дроблення твердих матеріалів, виготовляють литими з марганцевої сталі. Конструкція молотків така, що їх можна переставляти після зношування однієї з робочих поверхонь [16, 17, 21].

Окружна швидкість ротора молоткових дробарок залежить від міцності дробного матеріалу та ступеня подрібнення, зазвичай вона дорівнює 25...55 м/сек. При дробленні міцного крупнокускового матеріалу з більшим ступенем подрібнення швидкості ротора повинні бути вищими [16, 17, 21].

Класифікація молоткових дробарок

Залежно від конструктивного рішення виділяють кілька модифікацій молоткових дробарок [16, 17, 21]:

- За кількістю робочих роторів.
 - однороторні. В однороторних дробарках диски та молотки монтуються на вал, розташований у горизонтальній площині.
 - двороторні моделі. Двороторні моделі мають два вали, які в робочому процесі обертаються один назустріч одному.
- За кількістю ступенів дроблення
 - одноступінчасті - сировина одночасно подається на обидва ротори;
 - двоступінчасті - сировина послідовно подається на перший, а потім на другий ротори.
- За способом кріплення молотків на поверхні ротора
 - шарнірне кріплення;
 - жорстке кріплення.
- За способом обертання робочого валу
 - реверсивні - ротор може обертатися обидві сторони;

- неререверсивні - ротор може обертатися тільки в одному напрямку.

Основна технічна характеристика молоткового дробарки – об'ємна продуктивність. Вона безпосередньо залежить від довжини, діаметра ротора та частоти його обертання. Також багато в чому ефективність роботи установки залежить від типу сировини, що перезабувається. Звичайна частота обертання дробарки – 1000-3000 об/хв [16, 17, 21].

Обов'язкова умова стабільної роботи системи – рівномірне подання вихідного матеріалу. Затримки часу подачі харчування призведуть до зниження середньої продуктивності. А ось короткочасні навантаження можуть спровокувати забивання робочого простору частинками продукту. Як результат – сильне розбалансування ротора, здатне викликати поломку машини та/або зрізання болтів кріплення [16, 17, 21].

Принципові схеми та конструктивні особливості молоткових дробарок.

У молоткових дробарках матеріал дробиться головним чином за рахунок ударів молотків, які шарнірно підвішені до ротора, що обертається в робочому просторі дробарки. Останній обмежений корпусом, футерованим броньовими плитами. На рис. 1.1 показані схеми основних типів молоткових дробарок [16, 17, 21].

Вихідний матеріал надходить у робочий простір дробарки через завантажувальний отвір і потрапляє в зону дії молотків, що обертаються, ударяють по шматках та із силою відкидають їх до стінок корпусу на плити [16, 17, 21].

Руйнування шматків, таким чином, викликається ударом молотків, ударом шматків об плити та роздавлюванням і стиранням шматків молотками на колосниковій решітці. Роздроблений продукт розвантажується вниз під дробарку. Молоткові дробарки випускаються з колосниковими решітками та без них [16, 17, 21].

Дробарки з колосниковими решітками призначені для отримання продукту з певною максимальною крупністю шматка, їх застосовують головним чином для дрібного дроблення. Молоткові дробарки без колосникових решіток видають продукт потрібної крупності внаслідок підвищеної частоти обертання ротора.

Дробарки для дроблення вологих глинистих матеріалів мають рухому відбійну плиту, яка має вигляд важкого пластинчастого конвеєра, вбудованого в дробарку. Молоткові дробарки роблять з обертанням ротора в одному напрямі й реверсивними. Можливість зміни напрямку обертання ротора в реверсивних дробарках дає можливість двостороннього використання молотків без розбирання дробарки для їх повороту [16, 17, 21].

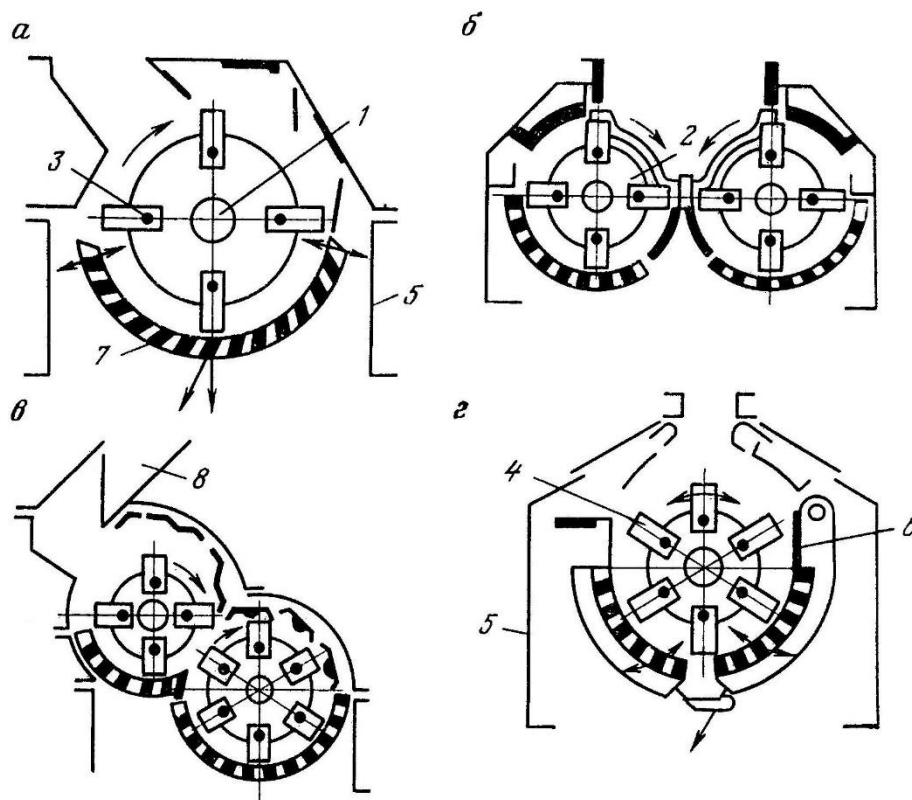


Рис. 1.1 – Основні схеми молоткових дробарок [16, 17, 21]: а - однороторна; б - двороторна паралельного дроблення; в - двороторна послідовного дроблення; г - однороторна реверсивна; 1 - горизонтальний вал; 2 - диски ротора; 3 - осі молотків; 4 - молотки; 5 - корпус дробарки; 6 - футерувальні плити; 7 - колосникова решітка; 8 - завантажувальна лійка.

За числом робочих валів молоткові дробарки розділяються на одно- і двороторні. Двороторні дробарки мають більші, ніж однороторні, розміри завантажувального отвору, що дозволяє дробити в них матеріали, які містять шматки великих розмірів, наприклад до 1200 мм. У молоткових дробарках окружна швидкість на кінцях молотків зазвичай складає 35-65 м/с, інколи вона досягає 115

м/с. ГОСТ 7090-72 передбачає для кожного типорозміру молоткових дробарок три значення окружних швидкостей: 40, 50 і 65 м/с [16, 17, 21].

Молоткові дробарки призначені для крупного, середнього та дрібного дроблення матеріалів вказаних вище властивостей, але найчастіше їх застосовують для середнього й дрібного дроблення. У молоткових дробарках досягається ступінь дроблення до 30-40. Вони характеризуються високою продуктивністю на одиницю маси, питомі витрати енергії на дроблення в них нижчі, ніж у щоккових, конусних або валкових дробарках [16, 17, 21].

Однороторна молоткова дробарка показана на рис. 1.2.

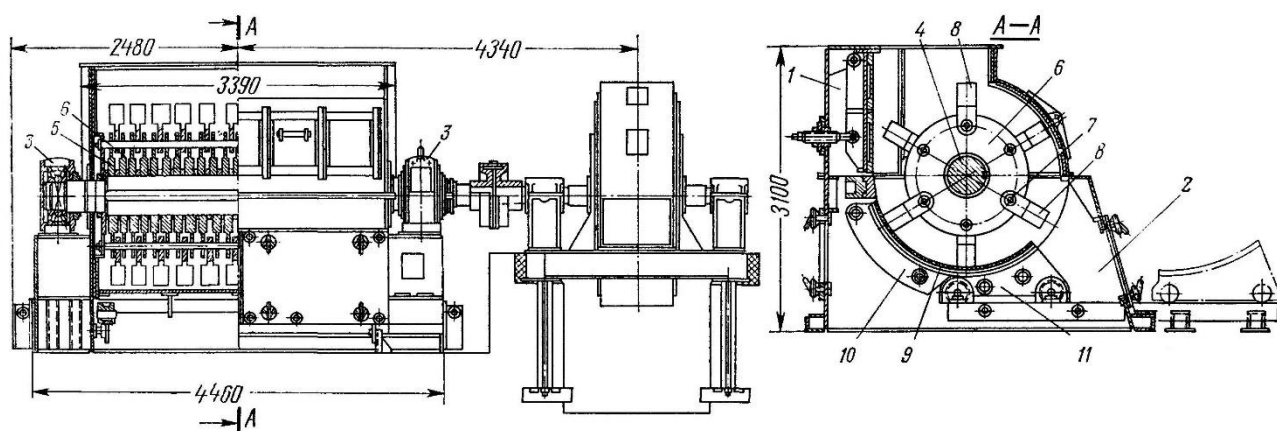


Рис. 1.2 - Однороторна молоткова дробарка [16, 17, 21]

Дробарка складається з корпусу, футерованого плитами, і ротора з шарнірно-підвішеними до нього молотками. Корпус дробарки роз'ємний. Верхню 1 і нижню 2 частини корпусу роблять зварними з прокатної та листової сталі або литими. На опорах нижньої частини корпусу встановлені підшипники 3 (роликові або ковзання). У підшипниках обертається вал 4 ротора. Ротор складається з двох кінцевих 5 і декількох проміжних 6 дисків. На валу 4 диски посаджені на шпонках. У кожному диску на периферії є декілька отворів, через які пропущені стержні 7. Вони використовуються як осі для дробильних молотків 8. Останні розташовуються на роторі рядами. Для крупного дроблення встановлюється менше число рядів з важкими молотками, для дрібного дроблення - більше число рядів і легкі молотки [16, 17, 21].

Верхня частина корпусу дробарки футерована змінними плитами, які кріпляться до корпусу болтами. У нижній частині корпусу дробарки розміщені колосникова решітка 9, яка займає $135-180^\circ$ кола, що описується молотками. Решітка підтримується опорами 10 і 11 [16, 17, 21].

Решітка складається з двох секцій: поворотної та висувної. Поворотна секція (рис. 1.3) у верхній частині підвішена до корпусу дробарки на двох півосях, вона може обертатися за допомогою двох регулювальних болтів. Висувну секцію (рис. 1.4), залежно від характеристики дробленого матеріалу, можна викочувати на катках по напрямних полицях за межі корпусу або встановлювати під ротором дробарки. Для зміни ширини зазору між молотками та решіткою висувна секція піднімається або опускається разом з напрямними полицями за допомогою двох ексцентрикових валів. Ці вали обертаються вручну через черв'ячні редуктори. Межа регулювання до 40 мм [16, 17, 21].

Колосникова решітка утворюються блоками колосників або окремими колосниками, або сталевим перфорованим листом, звальцьованим по радіусу. Щілини між колосниками розширюються в бік розвантаження під кутом $10-20^\circ$. Вони нахилені до радіусу ротора під кутом $40-50^\circ$ у бік руху матеріалу, що зменшує залипання решітки при дробленні матеріалів підвищеної вологості. Колосники зазвичай роблять з марганцевистої сталі [16, 17, 21].

Для спостереження за внутрішніми деталями дробарки, чищення колосникової решітки та заміни колосників в нижній частині корпусу є люки [16, 17, 21].

Молотки виготовляються зі зносостійких сталей. Залежно від властивостей дробленого матеріалу та необхідної крупності роздробленого продукту застосовують молотки різної форми й маси, яка коливається від 1 до 135 кг. Зазвичай молотки всіх форм замінюються після зносу з обох боків. На рис. 1.6 наведені конструкції молотків, що набули найбільшого поширення [16, 17, 21].

Молотки колосникового типу (рис. 1.5, а) застосовуються для дроблення крихких малоабразивних і м'яких порід, наприклад вугілля. Деякі з молотків мають два отвори для посадки на осі [16, 17, 21].

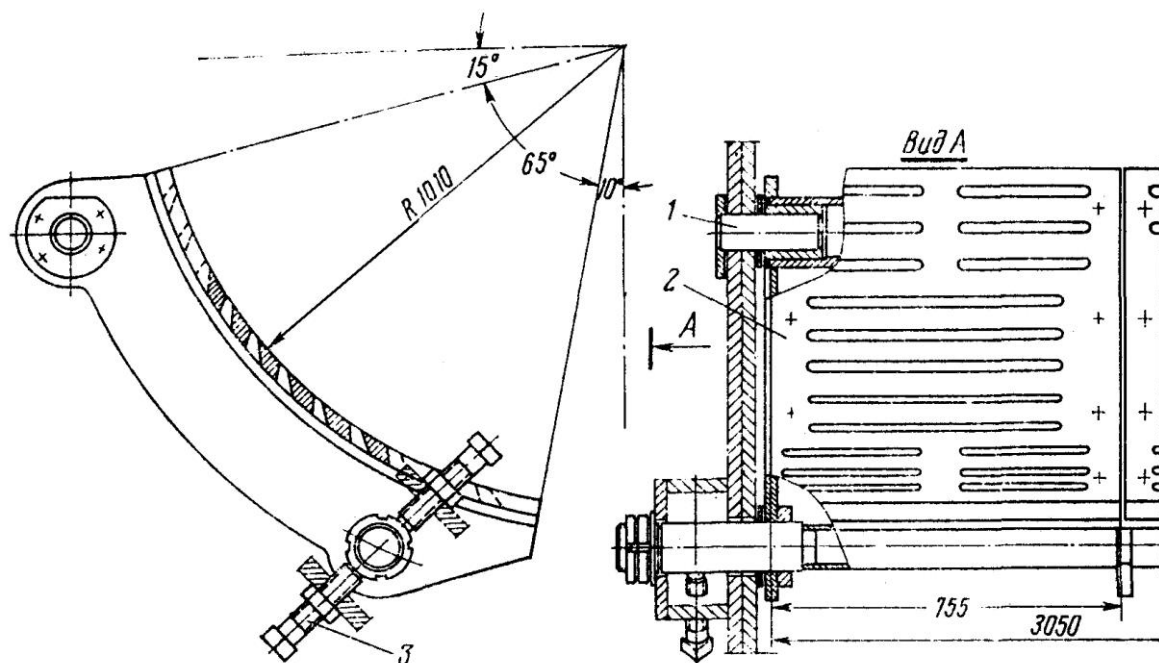


Рис. 1.3 - Поворотна секція колосникової решітки [16, 17, 21]: 1 - півосі для підвісу секції; 2 - блок колосників; 3 - механізм повороту секції.

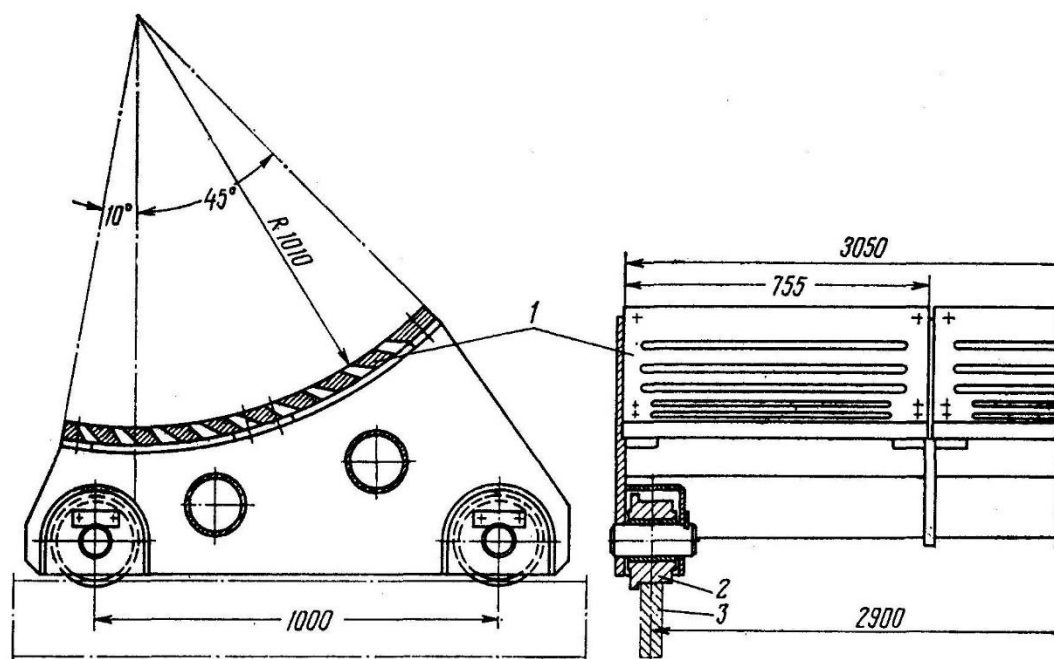


Рис. 1.4 - Висувна секція колосникової решітки [16, 17, 21]: 1 - колосникова решітка; 2 - опорний каток; 3 - напрямні полиці.

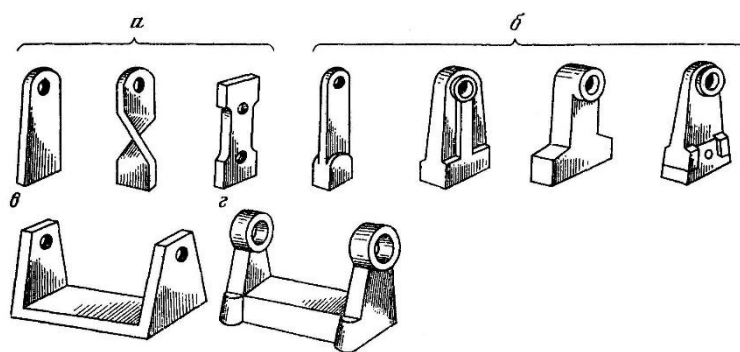


Рис. 1.5 - Форми молотків [16, 17, 21]

При зносі обох сторін з одного кінця, молотки насаджують на осі іншим отвором і експлуатуються до спрацьовування обох сторін іншого кінця. Молотки бандажного типу (рис. 1.5, б) мають потовщення на робочому кінці та застосовуються для дроблення міцних матеріалів середньої абразивності. Дужкоподібні молотки (рис. 1.5, в) застосовуються за тих же умов роботи, що й молотки колосникового типу. Посилена дужкоподібна конструкція (рис. 1.5, г) застосовується для дроблення міцних матеріалів. Молотки дужкоподібної форми працюють ефективніше, ніж прості колосникові, але експлуатація дробарок з такими молотками складніша. При нерівномірному зносі дужкоподібних молотків швидко порушується врівноваженість ротора [16, 17, 21].

Однороторна реверсивна молоткова дробарка показана на рис. 1.6. Корпус 1 дробарки зварний, футерований усередині плитами 2 зі зносостійкого матеріалу [16, 17, 21].

У корпусі є люки з кришками 3 для огляду й ремонту колосникової решітки 4. Матеріал надходить у дробарку через знімну завантажувальну лійку 5. Реверсивний ротор 6 має звичайну для молоткових дробарок конструкцію (рис. 1.7). Колосникова решітка 4 (див. рис. 1.5) складається з двох однакових секцій у вигляді рам з укладеними в їхніх пазах колосниками [16, 17, 21].

Пружинні амортизатори 7 не допускають вібрацій решітки, а ексцентриковий механізм 8 дозволяє регулювати ширину зазору між молотками й решіткою. Секції решітки підвішені вгорі на осях 9, а в середній частині вони спираються на

ексцентрики 8 регулювального механізму. Поворот ексцентриків змінює положення колосникової решітки [16, 17, 21].

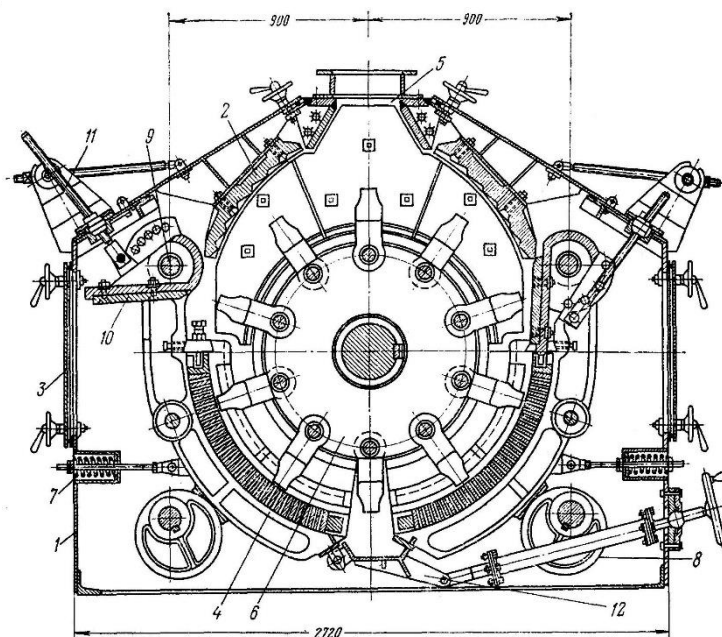


Рис. 1.6 - Реверсивна молоткова дробарка [16, 17, 21]

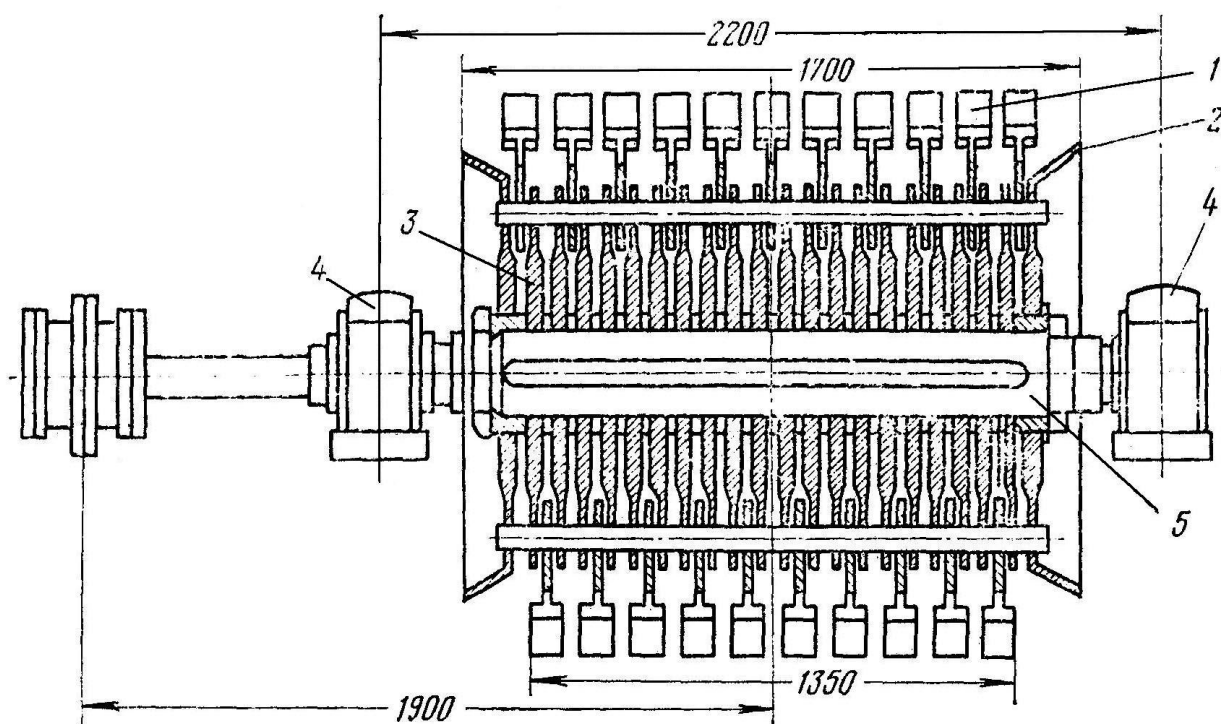


Рис. 1.7 - Ротор реверсивної молоткової дробарки [16, 17, 21]: 1 – молоток; 2 – кінцевий диск ротора; 3 – проміжний диск ротора; 4 – підшипник; 5 – вал

У верхній частині рами кожної секції розміщені поворотні плити 10, підвішені на тих же осях 9. Плити обертаються гвинтовим механізмом 11. На рис. 1.6 ліва плита піднята і вікно, що утворилося, служить для розвантаження роздробленого продукту. Права опущена плита грає роль відбійної плити. При зміні напрямку обертання ротора ліва плита буде опущена, а права піднята. У нижній частині колосникової решітки встановлений затвор 12, що відкривається при чищенні дробарки або дробленні руди малої міцності, якщо достатнє подрібнення на одній секції решітки. При розвантаженні роздробленого продукту через вікно колосники решітки служать як зубчасті дробильні плити. Забивання щілин між колосниками матеріалом не позначається негативно на роботі дробарки. Дробарка призначена для дроблення матеріалів середньої міцності та вологості до крупності 3-5 мм [16, 17, 21].

Існують однороторні молоткові реверсивні дробарки без колосникової решітки (рис. 1.8). Дробильний матеріал подається в дробарку по вертикальній осі.

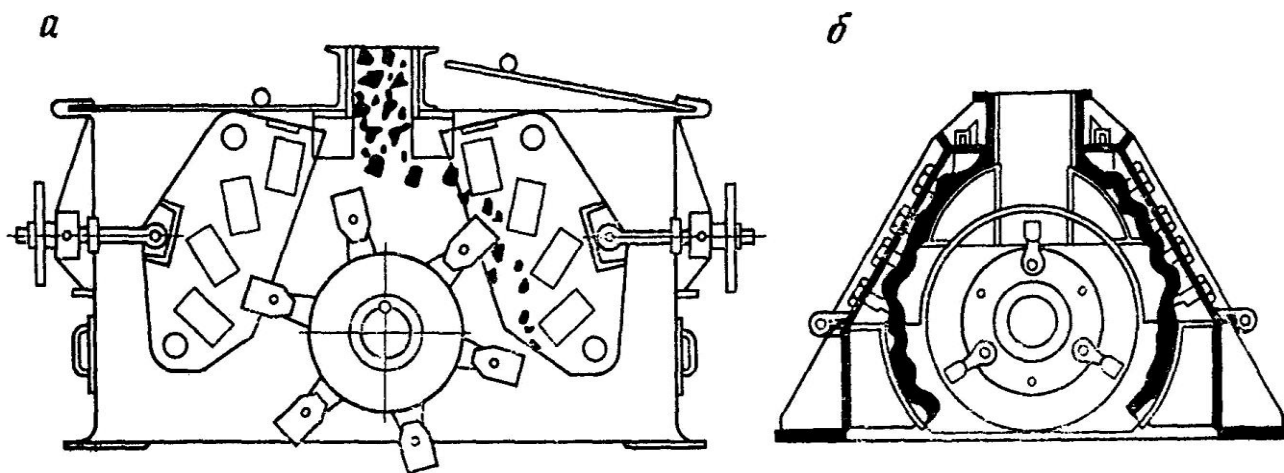


Рис. 1.8 - Молоткові реверсивні дробарки без колосникової решітки [16, 17, 21]: а - з декількома плитами, що дроблять; б - з однією масивною плитою.

Ці дробарки мають плити, яким надається така форма й таке розташування в робочому просторі, аби удари шматків матеріалу об плити відбувалися під кутами, максимально близькими до прямого. Плити підвішуються вільно або забезпечуються пружинними амортизаторами. Вони розташовуються по обидві сторони ротора і по всій висоті робочого простору. Відомі конструкції дробарок з

декількома плитами з кожного боку або з однією плитою у вигляді масивної відливки ступінчастої форми [16, 17, 21].

Молоткова дробарка з молотками у вигляді кілець показана на рис. 1.9. При такій формі молотків досягається їх рівномірний знос. Дробарки цього типу можуть працювати з решіткою й без неї. Вони рекомендуються для дроблення твердих абразивних матеріалів [16, 17, 21].

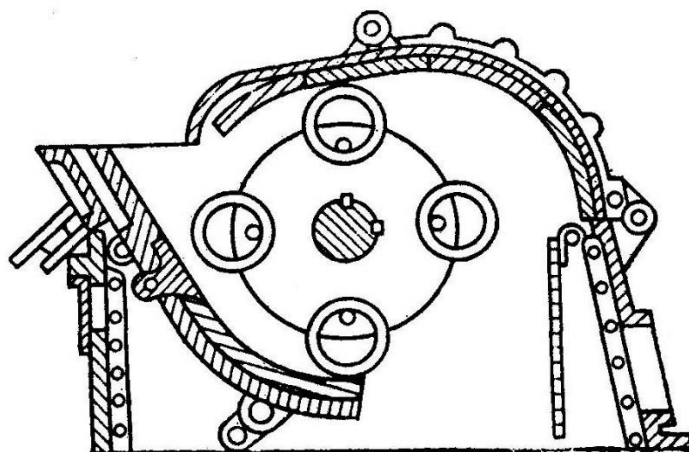


Рис. 1.9 - Молоткова дробарка з молотками у вигляді кілець [16, 17, 21]

Молоткова дробарка з рухомою дробильною плитою (рис. 1.10) застосовується для дроблення глинистих і вологих руд, наприклад бокситів або сірчаних руд.

У корпус дробарки вбудовано два важких пластинчастих конвеєри, один з яких подає матеріал у зону дроблення та замінює собою облицювальну плиту, а інший видаляє глину, що накидається на нього молотками, з дробарки.

Конвеєри складаються з полотна, валів з насадженими на них зірочками та рами. Полотно збирається з литих ланок, виготовлених зі зносостійкої сталі. Приводний вал подавального конвеєра розташований у нижній частині. Верхній вал конвеєра натяжний, його підшипники встановлені в пазах і можуть переміщатися за допомогою гвинтів. В очисному конвеєрі верхній вал одночасно є і приводним, і натяжним. Рама утворена двома литими боковинами, сполученими між собою стяжками. На рамі кріпиться плита, що підтримує полотно в зоні дроблення, і пристрій для очищення конвеєра від налиплої глини. Рама забезпечена

гвинтовими механізмами для регулювання зазору між полотном і молотками. При регулюванні рама подавального конвеєра переміщається на чотирьох катках, що спираються на опорні майданчики, які знаходяться на корпусі [16, 17, 21].

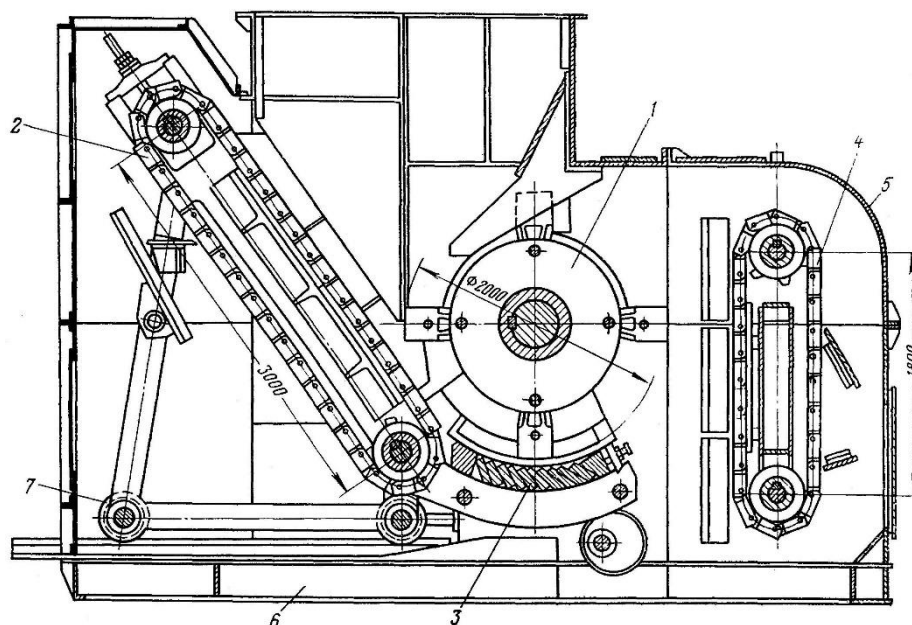


Рис. 1.10 - Молоткова дробарка з убудованими важкими пластинчастими конвеєрами та колосниковою решіткою [16, 17, 21]: 1 - ротор; 2 - подавальний конвеєр; 3 - колосникова решітка; 4 - очисний конвеєр; 5 - корпус дробарки; 6 - опорна плита; 7 - катки рами подавального конвеєра.

Привод подавального конвеєра здійснюється від електродвигуна через редуктор, сполучений з приводним валом за допомогою універсального шпинделя, що допускає зсув конвеєра при регулюванні та передає обертальний момент між зміщеними валами. Очисний конвеєр умонтований у корпус дробарки так, щоб виключити прямі удари шматків по полотну; це захищає його від швидкого зносу. Полотно від налиплої глини очищується спеціальним скребком. Швидкість руху конвеєрів коливається від 0,08 до 0,13 м/с [16, 17, 21].

Молоткова двороторна дробарка з послідовним розташуванням роторів показана на рис. 1.11.

Корпус дробарки зварний, усередині футерований броньовими плитами. Верхній і нижній ротори, що несуть підвішені до них дробильні молотки, обертаються в один бік. Над кожним ротором розташовані відбійні плити,

переміщувані при регулюванні дробарки за допомогою гвинтових пристроїв. Під роторами є колосникові решітки. Нижня решітка може переміщатися за допомогою гвинтових регулюючих механізмів, установлених на бічних стінках корпусу [16, 17, 21].

Корпус дробарки є зварною конструкцією коробчастої форми. Усередині поверхня робочого простору дробарки, не зайнята полотном конвеєрів, футерована змінними броньовими плитами [16, 17, 21].

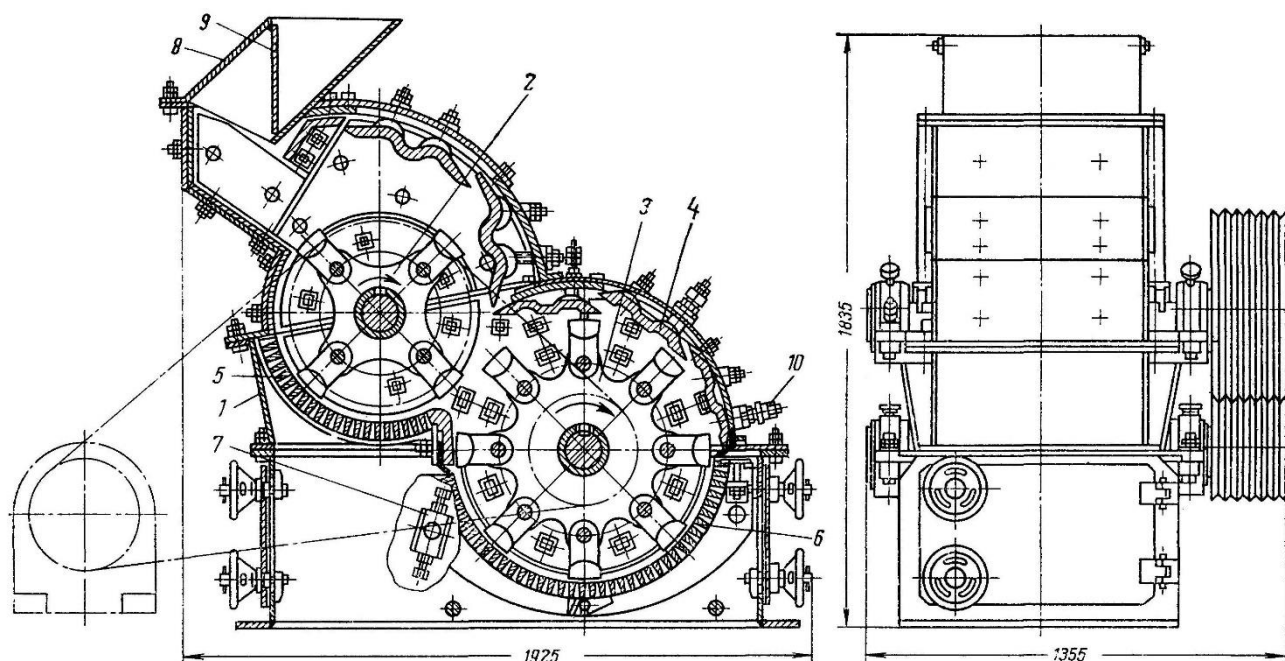


Рис. 1.11 - Молоткова двороторна дробарка з послідовним розташуванням роторів [16, 17, 21]: 1 - корпус; 2 - ротор верхній; 3 - ротор нижній; 4 - відбійні плити; 5 - верхня колосникова решітка; 6 - нижня колосникова решітка; 7 - механізм регулювання колосникових решіток; 8 - завантажувальна лійка; 9 - заслінка; 10 - механізм регулювання відбійних плит

Завантажувальна лійка дробарки екранована заслінкою, що виключає викидання шматків матеріалу з дробарки та регулює подачу матеріалу до неї. Для обслуговування дробарки та спостереження за станом решіток в корпусі зроблені люки, закриті знімними або відкидними кришками. Привод обох роторів здійснюється від одного електродвигуна через клинопасову передачу. При роботі дробарки молотки верхнього ротора завдають ударів по шматках матеріалу, які

рівномірно й безперервно надходять через завантажувальну лійку. Шматки частково розколюються й відкидаються на відбійні плити. Відбиваючись від них вони знову потрапляють під удари молотків верхнього або нижнього ротора. Нижній ротор, ударяючи по шматках, відкидає їх на свої відбійні плити та проштовхує матеріал до нижньої колосникової решітки. Зона між двома роторами є місцем особливо інтенсивного дроблення. Роздроблений продукт розвантажується через зазори між колосниками решітки. Крупність дробленого продукту регулюється зміною ширини зазорів між молотками та відбійними плитами, а також між молотками й колосниковими решітками [16, 17, 21].

Молоткова двороторна дробарка з паралельним розташуванням роторів показана на рис. 1.12.

Ротори обертаються назустріч один іншому. Вихідний матеріал подається в завантажувальну лійку (корзину) 1, утворену торцевими стінками корпусу дробарки та фігурними колосниками 2. На роторних валах 7 жорстко закріплені утримувачі 4, на яких вільно підвішені на осях молотки 3. При обертанні роторів молотки проходять у зазори між колосниками завантажувальної лійки та дроблять шматки матеріалу [16, 17, 21].

Роздроблений продукт падає на решітки під роторами, де остаточно подрібнюється й розвантажується вниз під дробарку. Кожен ротор має самостійний привод [16, 17, 21].

Найбільша з двороторних молоткових дробарок, що виготовляються, може приймати шматки завдовжки до 2000 мм і масою до 4 т при дробленні до 30-35 мм: її годинна продуктивність сягає 1000 т. Вал кожного ротора приводиться в обертання через пасову передачу від окремого електродвигуна потужністю 800 кВт. Приводні шківни мають значну масу й виконують роль маховиків. Додатково на вільних кінцях валів роторів посаджені такі ж маховики. Загальна маса шківів-маховиків 25 т. Маховики вирівнюють хід дробарки. З валами вони з'єднуються за допомогою фрикційних муфт і можуть відключатися при перевищенні певної величини обертального моменту [16, 17, 21].

У табл. 1.1 наведені технічні характеристики деяких конструкцій нереверсивних, а в табл. 1.2 – реверсивних (ДМРЭ, ДМРИЭ) та самоочищуваних (ДМЭ) однороторних молоткових дробарок [16, 17, 21].

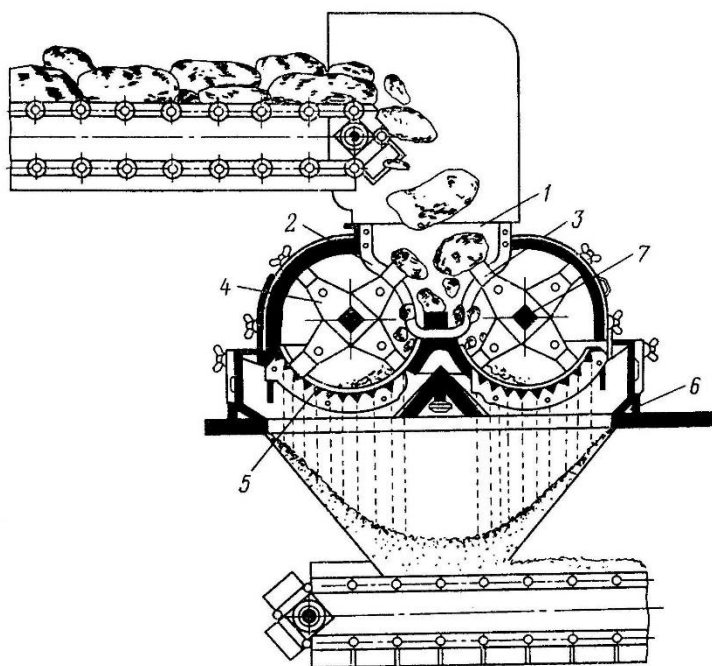


Рис. 1.12. Молоткова двороторна дробарка з паралельним розташуванням роторів [16, 17, 21]: 1 - завантажувальна лійка; 2 - фігурні колосники; 3 - молотки; 4 - утримувачі молотків; 5 - колосникові решітки; 6 - корпус дробарки; 7 - роторні вали

Принципові схеми та конструктивні особливості роторних (роторно-бильных) дробарок.

У роторних дробарках дроблення здійснюється жорстко закріпленими на роторі билами, а не вільно підвішеними на ній молотками. Цим роторні дробарки відрізняються від молоткових. Вихідний матеріал вільно падає або ковзає по лотку й потрапляє в зону ротора з билами, що швидко обертається [16, 17, 21].

Ударами бил шматки руйнуються, і їх частини відкидаються на відбійні плити або колосники, які утворюють камеру дроблення. Ударяючись об футерування шматки руйнуються й знов відскакують на ротор. Це повторюється до тих пір, поки шматки, досягнувши певної крупності, не вийдуть з дробарки через вихідну щілину або зазори між колосниками решітки. Таким чином, принцип дії

роторних дробарок однаковий з принципом дії молоткових дробарок. На рис. 1.13 показані схеми роторних дробарок основних типів [16, 17, 21].

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики нереверсивних однороторних молоткових дробарок [16, 17, 21]

Показники	М-6-4Б	М-8-6	М-10-12	М-13-16В	М-20-30В
Розміри ротора, мм: діаметр довжина	600 400	800 600	1000 1200	130 1600	2000 3000
Максимальна крупність шматків у живленні, мм	150	250	300	300	400
Ширина розвантажувальної щілини решітки, мм	25	13	45	-	-
Максимальна крупність шматків дробленого продукту, мм	-	-	-	10	15
Частота обертання ротора, об/хв	1250	1000; 1300	580;950	730	500
Продуктивність, т/г	12–15	19,5–48	52–84	150–200	850–1000
Потужність електродвигуна, кВт	17	10	110–180	200–250	1250
Маса дробарки, т	1,28	2,3	7,1	12,5	54,1

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики реверсивних (ДМРЭ, ДМРИЭ) та самоочищуваних (ДМНП, ДМ, ДМН) однороторних молоткових дробарок [16, 17, 21]

Показники	ДМРЭ 10x10	ДМРИЭ 14,5x13	ДМНП 12x10	ДМ 17x14,5	ДМН 21x18,5
Розміри ротора, мм: діаметр довжина	1000 1000	1450 1300	1200 1000	1700 1450	210 1850
Максимальна крупність шматків у живленні, мм	80	80	400	600	350
Ширина розвантажувальної щілини решітки, мм	2–5	3–5	-	-	-
Максимальна крупність шматків дробленого продукту, мм	-	-	3-5	20	20
Частота обертання ротора, об/хв	735; 1480	735; 985	735	590	582
Продуктивність, т/г	80–100	100–300	200–250	150–500	500–600
Потужність електродвигуна, кВт	200	500-700	155	400	900
Маса дробарки, т	9,1	19,8	23,7	67,54	66,1

Вони бувають одно- та двороторні; з послідовним дробленням кожним ротором або з одночасним дробленням двома роторами; з нижньою контрольною колосниковою решіткою й без неї. Однороторні дробарки бувають реверсивні та з обертанням ротора в один бік, тобто роторні дробарки діляться на ті самі типи, що й молоткові. Особливістю роторних дробарок, що визначає технологічні властивості цих машин, є те, що в ударах по шматках матеріалу бере участь вся маса ротора. Удари бил потужні, і тому роторні дробарки можна застосовувати в першій стадії дроблення для руйнування крупних шматків порівняно міцних матеріалів. Роторні дробарки застосовують також для середнього та дрібного дроблення [16, 17, 21].

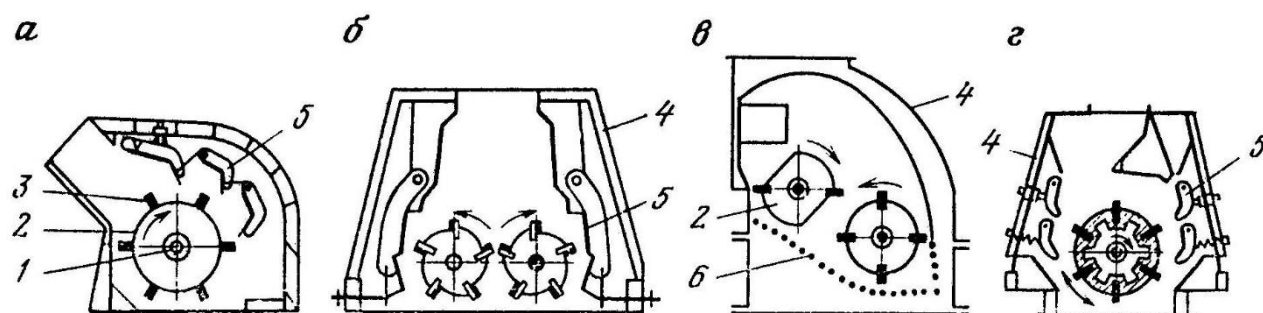


Рис. 1.13 - Основні схеми роторних дробарок [16, 17, 21]: а - однороторна; б - двороторна паралельного дроблення; в - двороторна послідовного дроблення; г - однороторна реверсивна; 1 - горизонтальний вал; 2 - масивний ротор; 3 - била; 4 - корпус дробарки; 5 - відбійні плити; 6 - колосникова решітка

Розглянемо однороторні дробарки двох типів: ДРК (дробилка роторна велика) крупного дроблення та ДРС (дробарка роторна середня) середнього й дрібного дроблення. Конструкції обох дробарок аналогічні. Дробарка типу ДРК показана на рис. 1.14, а типу ДРС - на рис. 1.15 [16, 17, 21].

Корпус дробарок зварний, роз'ємний, він складається з основи 1 і верхньої частини 2. Внутрішня сторона верхньої частини в зоні дроблення футерована броньовими плитами, закріпленими на корпусі болтами з потайною головкою [16, 17, 21].

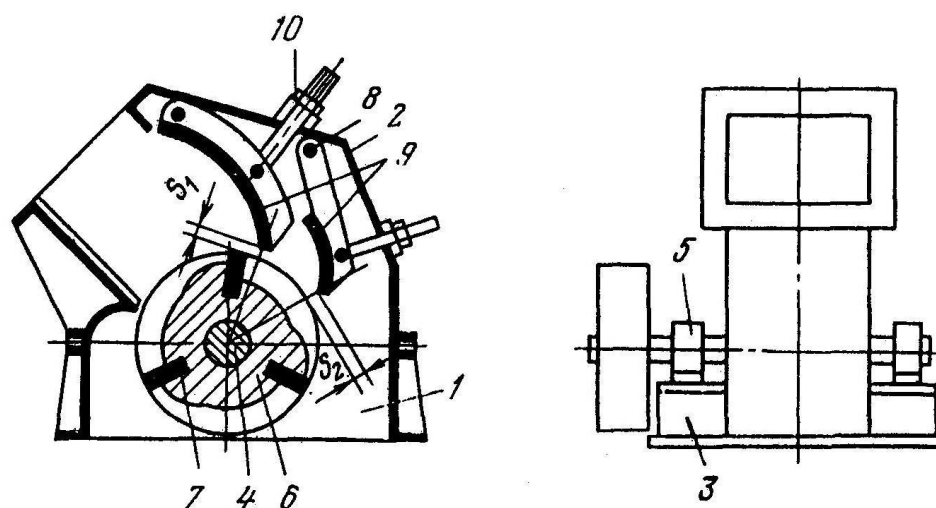


Рис. 1.14 - Однороторна дробарка крупного дроблення (типу ДРК) [16, 17, 21]

Вал 4 спирається на роликові підшипники 5, закріплені на нижній частині корпусу 3. На цьому валу жорстко закріплений литий або зварнолитий ротор 6, у пазах якого встановлені била 7. До торців ротора болтами прикріплені сталеві диски, розташовані в одній площині з бічними футерувальними плитами [16, 17, 21].

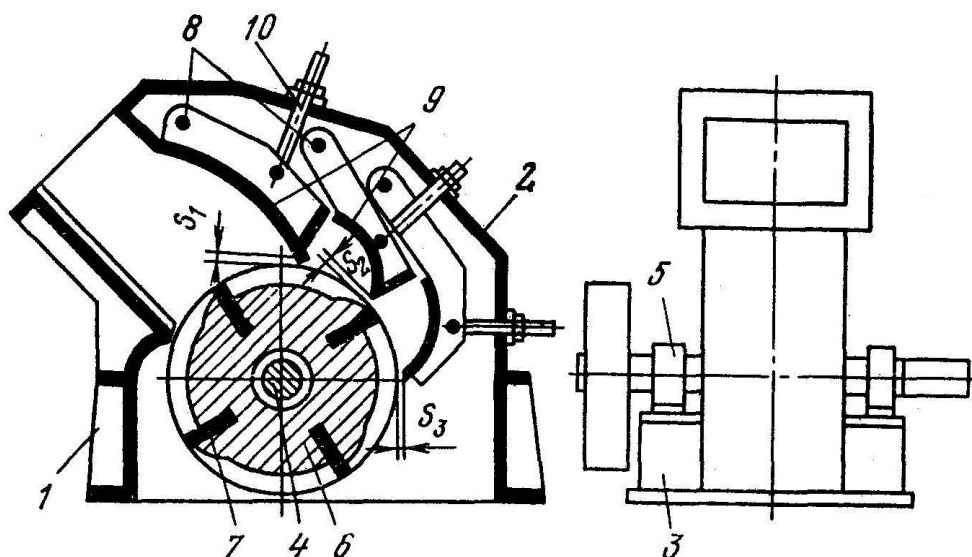


Рис. 1.15- Однороторна дробарка середнього та дрібного дроблення (типу ДРС) [16, 17, 21]

У верхній частині корпусу на осях підвішені відбивні плити 8. Дробарки типу ДРК мають дві, а типу ДРС - три відбивні плити, що розділяють робочу зону

дробарки на дві й, відповідно, на три камери дроблення. Відбивні плити мають криволінійний профіль і повністю або тільки в нижній частині футеровані плитами 9. Зазор шириною S_1 , S_2 і S_3 між ротором, що обертається, і нижньою кромкою відбивних плит є розвантажувальним отвором камери дроблення [16, 17, 21].

Положення відбивних плит фіксується тягою та пружинами поворотно-регулювального пристрою 10. Зміна положення відбивної плити при регулюванні ширини вихідної щілини камери дроблення досягається обертанням гайки на верхньому, забезпеченому нарізкою кінці пристрою 10. Недроблений предмет, що потрапив у дробарку, відкидається билами на відбивну плиту з більшою силою, ніж дроблений шматок, пружини поворотно-регулювального механізму стискаються, плита обертається на деякий кут довкола осі підвісу і вихідна щілина збільшується, випускаючи недроблений предмет з дробарки. Пружини повертають відбивну плиту в первинне положення. Поворотно-регулювальний механізм відіграє роль запобіжного пристрою [16, 17, 21].

Дробарки приводяться в рух електродвигуном через клинопасову передачу. Окружну швидкість ротора дробарки регулюють заміною ведених шківів, які поставляються разом з дробаркою заводом-виготівником. У комплект дробарок типу ДРК входять три шківів для окружних швидкостей 20; 26,5 і 30 м/с, а в комплект дробарок типу ДРС - шість шківів для швидкостей 20; 24; 28,3; 34,6; 41,5 і 50 м/с [16, 17, 21].

Двороторна дробарка (рис. 1.16) має верхній двобильний ротор 1 і нижній шестибильний ротор 2, передню 3, задню 4 та нижню 5 колосникові решітки. Вона приводиться в рух від електродвигунів 6 і 7. Ротори обертаються в підшипниках кочення; окружну швидкість бил можна регулювати в межах 50-60 м/с заміною ведених шківів [16, 17, 21].

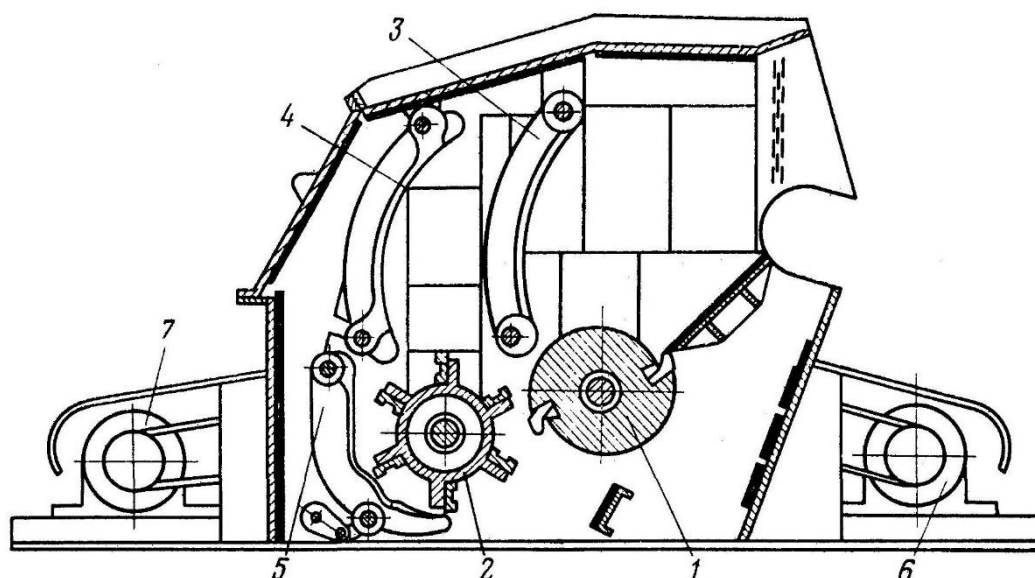


Рис. 1.16 - Двороторна дробарка [16, 17, 21]

Передня колосникова решітка розділяє робочий простір дробарки на дві камери. Колосникова решітка набрана з окремих колосників. Щілини між колосниками можна змінювати в межах від 20 до 50 мм. Корпус дробарки зварний з роз'ємом за осями обертання роторів. У верхній частині корпусу розташовано два люки, перекриті знімними кришками для монтажу й перелаштування колосникової решітки. Для спостереження за дробаркою та зміни бил передбачені вікна в бічних стінках корпусу. У середині корпус футерований броньовими плитами. У завантажувальній лійці є ланцюговий затвор, що запобігає викиду шматків з дробарки [16, 17, 21].

Вихідний матеріал через завантажувальну лійку по колосниковому жолобу, що відсіває готовий продукт з живлення дробарки, надходить у верхній ротор. Била ударами дроблять шматки й відкидають їх на верхню решітку. Шматки, що не пройшли через щілини верхньої решітки, відлітають назад на верхній ротор, а решта потрапляють на нижній ротор, била якого дроблять і відкидають шматки матеріалу на задню решітку. Остаточню подрібнюється на нижній решітці [16, 17, 21].

Технічні характеристики роторно-бильних дробарок наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики роторно-бильних дробарок [16, 17, 21]

Показники	ДРК 5х4	ДРК 8х6	ДРК 16х12	ДРК 25х20
Розміри ротора, мм: діаметр довжина	500 400	800 630	1600 1250	2500 2000
Окружна швидкість ротора, м/с	20; 26,5; 35	20; 26,5; 35	20; 26,5; 35	20; 26,5; 35
Максимальний розмір завантажувальних шматків, мм	250	400	800	1500
Розмір отворів колосникової решітки або відбійної плити, мм	10-63	16-100	32-200	50-313
Продуктивність, м ³ /г	13	50	200	560
Потужність електродвигуна, кВт	10	40	160	400
Маса дробарки (без електрообладнання), т	2	6	30	100

1.2. Аналіз конструкції роторів і молотків

Ротор. Ротор є основним вузлом молоткової дробарки, що слугує для передачі енергії дроблення від приводу. Практично для всіх молоткових дробарок принципове конструктивне вирішення роторів залишається однаковим. Ротор – це закріплені на валу диски, на яких за допомогою осей встановлені молотки. Вал ротора обертається на двох підшипниках, встановлених по його кінцях, і приводиться в обертання в допомогою клиноременної передачі або пружної муфти [16, 17, 21].

Ротори молоткових дробарок класифікують [16, 17, 21]:

- за числом поздовжніх рядів молотків (число молотків при погляді з торця ротора – три, чотири, шість, вісім);
- за розташуванням молотків одного ряду щодо іншого – кільце, з перекриттям зазорів; за формою дисків – круглі, фігурні, потовщені з нішами.

Вибір числа рядів молотків визначається призначенням дробарки. Від числа рядів молотків залежить глибина проникнення дробленого матеріалу в зону дії молотків, частота проходження молотків по колосникових ґратах. При великому числі

рядів молотків час між проходами рядів молотків скорочується і відповідно зменшується глибина проникнення частинок в зону дії молотків. В цьому випадку дроблення відбувається сколюванням невеликих об'ємів матеріалу і велика продукту дроблення зменшується. Одночасно зменшується пропускна спроможність дробарки в зоні першої камери дроблення. При великому числі рядів молотків інтервали між замінами зношених молотків за рахунок більшої їх кількості на роторі триваліші, хоча питомий знос підвищується. Слід ще відзначити, що при більшому числі рядів молотків навантаження на привід дробарки плавніше і рівномірне, що істотно для дробарок, що працюють на крупношматковому матеріалі [16, 17, 21].

Розташування молотків характеризується положенням одного ряду молотків щодо молотків інших рядів. При кільцевому розташуванні молотки кожного ряду розміщені услід один одному по колу руху і при обертанні утворюють окремі кільцеві робочі зони (рис. 1.17, а). Кільцеве розташування молотків широко використовують для роторів різних конструкцій як найбільш просте, а для дробарок деяких типів воно є єдино можливим, наприклад для дробарок з верхніми колосниковими ґратами або з плитами зубчатої форми, що дроблять [16, 17, 21].

При кільцевому розташуванні молотків їх число в кожному ряду зазвичай однакове. Проте в деяких випадках при використанні дробарки з неповним навантаженням частина молотків в рядах через один знімаються. Причому в одному ряду знімаються всі парні молотки, а в сусідньому всі непарні. Таке розташування називають розташуванням молотків в шаховому порядку (рис. 1.18, б) [16, 17, 21].

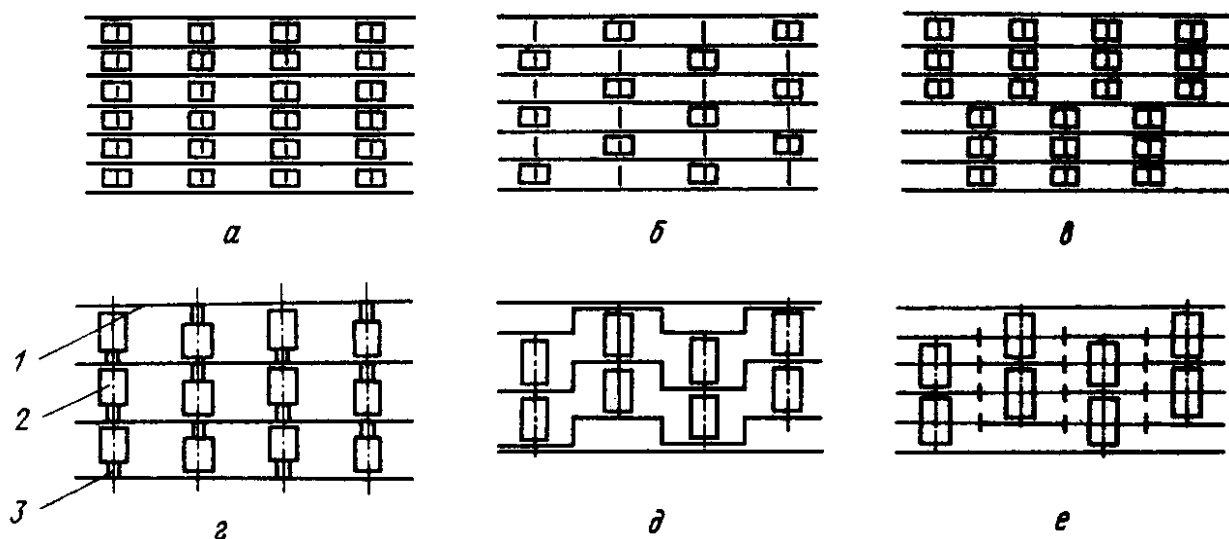


Рис.1.17 - Схеми розташування молотків [16, 17, 21]: а – кільце; б – в шаховому порядку; в – кільце в півряду; г – з перекриттям з дистанційними втулками; д – з перекриттям в роторі з нішами; е – з перекриттям в роторі з фігурними дисками; 1 – диск; 2 – молоток; 3 – втулка.

Іноді збирають молотки по півряду, тобто на укорочених осях, рівних половині довжині ротора. При цьому молотки одного ряду зміщені до однієї сторони ротора, а сусіднього ряду – до іншої (рис. 1.17, в). Подібне розташування молотків дозволяє об'єднати операції демонтажу і монтажу молотків. Для цього вісь молотків виштовхують на вільну частину ротора і при цьому одночасно з однієї сторони осі знімають зношені молотки, а з іншого боку надягають нові. Після завершення операції перемонтажу молотків вісь разом з новими молотками виявляється на протилежній стороні ротора. При наступній зміні молотків вісь повертається на колишнє місце на роторі і так далі [16, 17, 21].

При кільцевому розташуванні молотків на роторі може бути зібране різне число рядів молотків. Так, ротор в шістьма рядами молотків може бути зібраний не повністю – з трьома або двома рядами. Ефективність роботи дробарки тієї або іншої збірки визначається досвідченим шляхом на місці експлуатації [16, 17, 21].

Кільцеве розташування молотків використовується для більшості молоткових дробарок. Проте при дрібному дробленні частіше встановлюють молотки з перекриттям зазорів, коли наступний ряд молотків перекриває зазори

між молотками попереднього ряду (рис. 1.17, г–е). Це забезпечує опрацювання матеріалу у всьому об'ємі робочої зони ротора і відсутність «мертвих зон», які утворюються між кільцевими робочими зонами молотків [16, 17, 21].

При цьому дроблення відбувається ефективніше, продукт виходить більш рівномірного зернового складу і зношування робочих органів відбувається більш рівномірно [16, 17, 21].

Розташування молотків з перекриттям досягається в результаті різних конструктивних вирішень роторів і молотків. Найбільш поширені ротори, у яких відстань між дисками більше товщини молотка і молотки за допомогою дистанційних втулок зміщуються в одному ряду до однієї сторони дисків, в іншому – до іншої сторони (рис. 1.17, г). Молотки в цих конструкціях застосовують з потовщеною головкою, яка частково або повністю перекриває простір над дисками ротора [16, 17, 21].

Розташування молотків з перекриттям (рис. 1.17, е) досягається в роторах з фігурними дисками, які встановлюють на валу ротора із зсувом один щодо іншого на деякий кут. Кожен ряд молотків підвішують у вирізах інших дисків. Таким чином молотки одного ряду зміщені щодо молотків сусіднього ряду на половину своєї товщини. У роторах такої конструкції кут коливань молотка обмежений вирізом в диску ротора, зазвичай він перевищує 90° , що є достатнім для нормальних умов роботи дробарки. Недоліком цих конструкцій є неможливість збірки ротора з різним числом рядів молотків [16, 17, 21].

Диски з нішами (рис. 1.17, д) застосовують для роторів крупних дробарок, використовуваних при дробленні матеріалу великою більше 1000 мм і що забезпечують вихід продукту дроблення до 30–50 мм [16, 17, 21].

Молотки. Умови роботи молотків характеризуються високим динамічним навантаженням, абразивним зношуванням і необхідністю їх частої заміни. Все це створює особливі вимоги до їх конструкції. Конструкція молотків повинна забезпечувати високий коефіцієнт використання металу (відношення маси зношеної частини до маси нового молотка). Матеріали молотків повинні володіти

високою зносостійкістю і хорошою в'язкістю. Молотки повинні бути прості по конструкції і мати невисоку вартість [16, 17, 21].

Молотки класифікують [16, 17, 21]:

- за числом робочих поверхонь – з однією, двома і чотирма робочими поверхнями; по діапазону коливань – з вільними і обмеженими коливаннями;
- за числом деталей – цілісні, складені; по конструктивній формі – пластини, з потовщеною головкою, П-образные, кільця і ін.

Конструкції молотків відрізняються великою різноманітністю, викликаною різними умовами роботи дробарок і вимогами до конструкції (рис. 1.18) [16, 17, 21].

Молотки, показані на рис. 1.18, а, б, виконані у вигляді пластини з чотирма робочими поверхнями. Їх застосовують для дроблення маломіцних матеріалів, матеріалів невеликої великої і використовують в дробарках при високих окружних швидкостях і значному стиранні матеріалу на колосникових ґратах. Молотки мають два отвори для підвіски на осі. На кожному отворі може бути використано дві робочих поверхні. Всього у молотків може бути використано чотири робочих поверхні. При зношуванні однієї поверхні молотки переставляють. Якщо молотки встановлені в реверсивній дробарці, то число перестановок зменшується в два рази. Молоток, показаний на рис. 1.18, б, відрізняється раціональнішою конструкцією унаслідок вищого коефіцієнта використання металу [16, 17, 21].

Молотки з двома робочими поверхнями (рис. 1.18, в, г) застосовують для дроблення середньо- і крупношматкового матеріалу. Молотки (рис. 1.18, г), що обважнюють, мають потовщену головку, що забезпечує великий запас кінетичної енергії, що дозволяє дробити матеріал, що поступає, з максимальними шматками 600–2000 мм. Маса таких молотків може досягати 90–250 кг. Зазвичай окружні швидкості роторів з молотками такої конструкції складають 30–50 м/с. При дробленні крупних шматків можливі великі кути повороту молотків, тому конструкції роторів повинні допускати вільний їх рух без упору в диски ротора. Молотки П-образної форми (рис. 1.18, д) мають дві робочих поверхні і зазвичай використовуються для дрібного дроблення міцного матеріалу. Вони забезпечують

рівномірне опрацювання матеріалу на колосникових гратах, що підвищує однорідність продукту дроблення. Відсоток використання металу в цих молотках вищий, оскільки відносна маса головки молотка більша, ніж у молотків, показаних на рис.1.18, а–г [16, 17, 21].

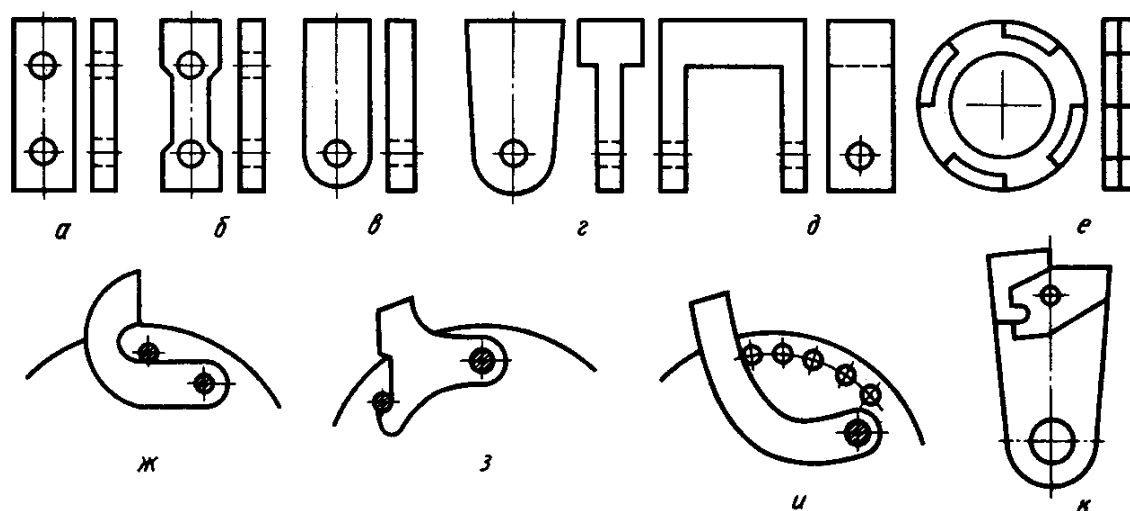


Рис 1.18 - Конструкції молотків [16, 17, 21]: а, б – з чотирма робочими поверхнями; в – з двома робочими поверхнями; г – обважені з двома робочими поверхнями; д – П-образна з двома робочими поверхнями; е – кільце; ж, з – з обмеженим діапазоном коливань; и – те ж, висувне; к – складене.

Молотки у вигляді кільця (рис. 1.18, е) застосовують тоді, коли переробка матеріалів повинна відбуватися в основному шляхом стирання. Зовнішня поверхня цих молотків може мати зубчасту форму. Молотки з обмеженим кутом коливання показані на рис.1.18, ж, з. Обмежувачами коливань є упори, що встановлюються на роторі перед кожним молотком. При обертанні ротора молотки під дією відцентрової сили притискаються до упорів і знаходяться в робочому положенні. При ударі кінетична енергія молотка, а також ротора унаслідок особливості підвіски молотка передається каменю. Кут відхилення молотка при ударі складає всього декілька градусів. Після удару молоток повертається в робоче положення. За показниками дроблення молоткові дробарки з молотками даного типу наближаються до роторних дробарок. Проте вони мають невисокий коефіцієнт

використання металу при зношуванні, тому їх застосування обмежене спеціальними дробарками [16, 17, 21].

Молоток, показаний на рис. 1.18, і, не має цього недоліку. Він може як би висуватися у міру його зношування. Для цього упор, який утримує молоток, переставляють на нове місце, і молоток, повертаючись, займає нове робоче положення. Робоча поверхня молотка спроектована так, щоб при будь-якому його положенні частина робочої поверхні, що контактує з матеріалом, завжди знаходилася під одним і тим же кутом. Це забезпечує стабільність показників процесу дроблення. Коефіцієнт використання металу таких молотків може досягати 70% [16, 17, 21].

Коефіцієнт використання металу підвищується в результаті застосування складених конструкцій молотків, наприклад, головки – частини, що зношується, і її утримувача (рис. 1.18, д). Таке рішення використовує ряд фірм, наприклад Ведаг Гумбольдт (ФРН), Піонер (США), Есько Корпорацион (США) і ін. Коефіцієнт використання металу головки розбірного молотка досягає 40%. Утримувач зазвичай служить 3–4 терміни головки [16, 17, 21].

Складені молотки складніше по конструкції і вимагають точнішого виготовлення, що підвищує їх вартість [16, 17, 21].

Зносостійкість молотків підвищують також шляхом підбору найбільш зносостійких матеріалів, різних способів їх обробки і наплавлення твердими сплавами [16, 17, 21].

В даний час молотки частіше виготовляють із сталі 110Г13Л, здібністю, що володіє при ударній дії, до зміцнення поверхневого шару [16, 17, 21].

1.3. Аналіз показників роботи і результати спостережень за ефективністю роботи молоткових дробарок

У гірничій промисловості, теплоенергетиці і будівельній галузі молоткові дробарки застосовуються для дроблення вугілля, бокситів, лимонитов, вапняку та ін. Істотним недоліком молоткових дробарок є те, що при дробленні твердих і особливо

абразивних матеріалів відбувається швидкий знос їх робочих елементів - молотків і футерування. Вологість дробленого матеріалу зменшує продуктивність дробарок і збільшує витрату енергії при роботі [19, 20].

Річний об'єм дроблення порід на гірничих підприємствах з використанням молоткових дробарок наближається до 30 млн. т. Найбільше поширення на відкритих гірничих розробках і промислових підприємствах отримали молоткові дробарки вітчизняного і зарубіжного виробництва, що пояснюється можливістю ефективного руйнування широкого діапазону гірничих порід з різними фізико-механічними властивостями. Об'єми дроблення гірничих порід молотковими дробарками безперервно зростають: в 2000 р. - 14 млн. т, в 2005-му - 18 млн. т, в 2010-му - більше 25 млн. т. У міру збільшення об'ємів дроблення на кар'єрах усе більш актуальними стають питання ефективності роботи молоткових дробарок [19, 20].

У вирішенні проблеми теорії руйнування гірничих порід молотковими дробарками, підвищення надійності і довговічності подрібнювального устаткування великий вклад внесли роботи учених П. Риттингера, В. Л. Кирпичева, Ф. Кичка, Ф. Бонда, В. А. Олевського, В. П. Осокіна, Е.Е. Серго, Б.В. Фадеева, Б.В. Клушанцева, В. А. Донченко, В. П. Барабашкіна, С. Е. Андреева та ін [19, 20].

Експериментально досліджені основні чинники, що впливають на продуктивність і технічний ресурс молоткових дробарок [19, 20].

Головну роль в підвищенні технічного ресурсу робочого органу молоткової дробарки грають молотки. Умови роботи молотків характеризуються високим динамічним навантаженням, абразивним зносом і необхідністю їх частої заміни. Усе це створює особливі вимоги до їх конструкції. Конструкція молотків повинна забезпечувати високий коефіцієнт використання металу (відношення маси зношеної частини до маси нового молотка). Матеріали молотків повинні мати високу зносостійкість і ударну в'язкість [19, 20].

З метою підвищення терміну служби дробарки запропоновано застосувати шахове розставляння молотків, яке захистить вал від прямої дії шматків гірничої породи. Існуючі теорії руйнування матеріалів в молоткових дробарках не

враховують вплив ресурсу роботи дробарки, її вузлів і деталей на продуктивність. Вплив на міру дроблення робитиме і відстань між рядами молотків [19, 20].

1.4. Мета, об'єкт, предмет, завдання та методи дослідження

Мета роботи - підвищення ефективності роботи молоткової дробарки за рахунок вдосконалення конструкції і обґрунтування параметрів робочого органу.

Ідея роботи. Зниження маси і підвищення продуктивності молоткової дробарки завдяки раціональним параметрам її робочого органу.

Об'єкт дослідження: процес руйнування породи молотками шокових дробарок.

Предмет дослідження: оцінка напружено-деформованого стану робочого органу.

Завдання роботи:

1. Аналіз способів розстановки молотків на роторі на основі літературно-патентних джерел;

2. Дослідження способів розстановки молотків на роторі на основі літературно-патентних джерел;

3. Визначення раціональних параметрів молотка .

Методи наукових досліджень. Використання достатнього об'єму статистичної інформації, що характеризує рівень експлуатації елементів робочого органу молоткової дробарки. При виконанні теоретичних досліджень використовувалися основні положення і методи теорії подібності і моделювання, моделювання напружено-деформованого стану (ПДВ) робочих елементів молоткової дробарки, аналіз і узагальнення науково-технічної і патентної інформації; при проведенні експериментальних досліджень - положення теорії надійності, методи математичної статистики і теорії вірогідності, методи неруйнівного контролю.

2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ РОТОРІВ МОЛОТКОВИХ ДРОБАРОК

2.1. Загальна методика досліджень

Для досягнення поставленої мети роботи передбачається виконання наступних досліджень.

Планується дослідити способи розстановки молотків на роторі. Метою дослідження способів розстановки молотків на роторі є оцінка переваг та недоліків способів розташування, та визначення напружень, що діють у матеріалі валу ротора, який передає крутний момент і постійно відчуває ударні навантаження.

Наприкінці проводиться дослідження конструкції молотка і визначення його раціональних параметрів. Розробляється математична та розрахункова модель процесу руйнування гірничої породи молотковою дробаркою, що розглядає теоретичні передумови процесу взаємодії молотка з гірничою породою; Математична модель процесу руйнування гірничої породи заснована на теорії удару, повинна враховувати тип удару, залежно від розставляння молотків на валу ротора

Для визначення раціональної конструкції молотків дробарки проводиться аналіз найбільш вживаних конструкцій молотків.

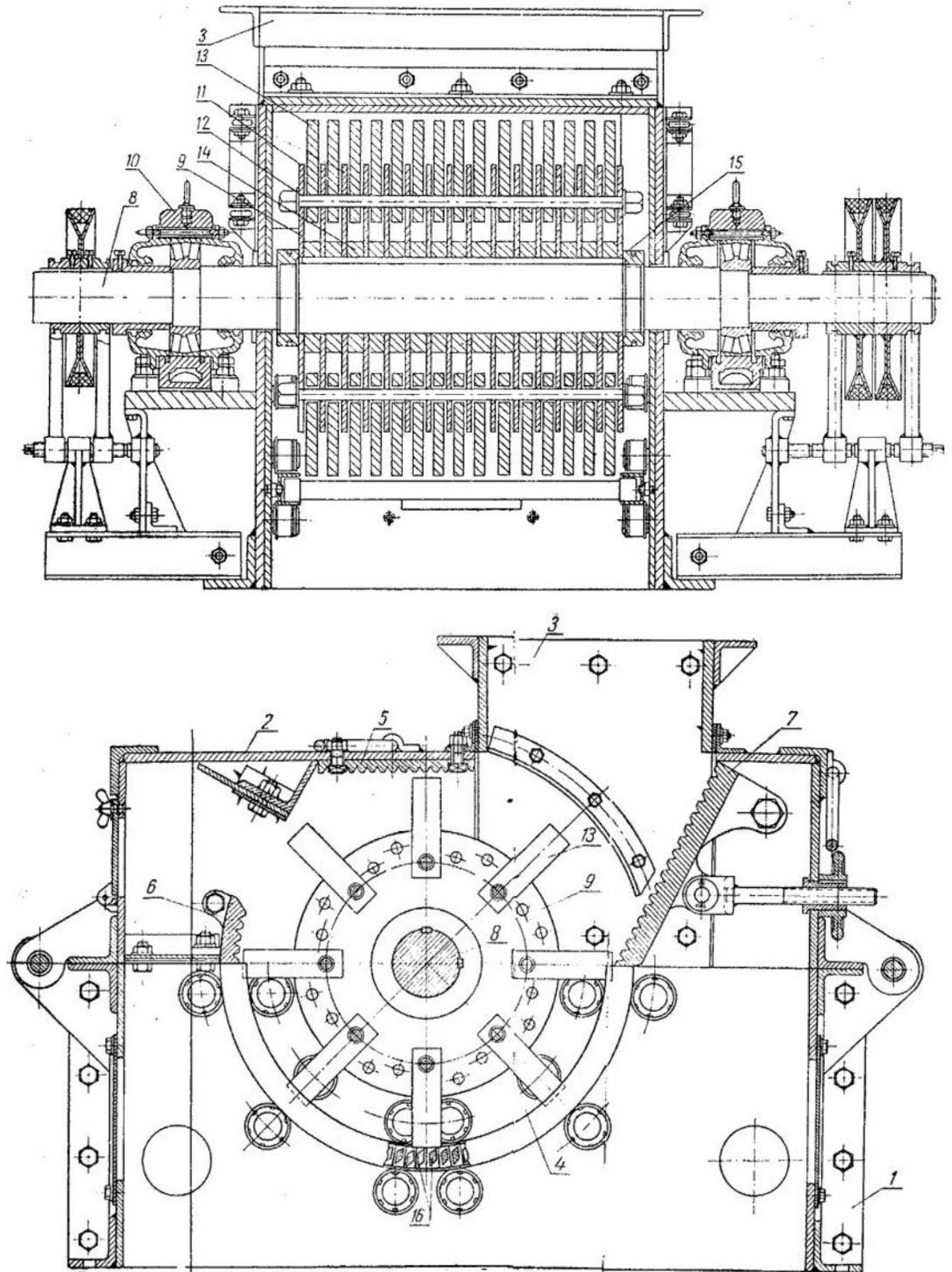
Обраний молоток досліджуємо за удосконаленою методикою процесу руйнування гірничої породи і визначаємо раціональні параметри.

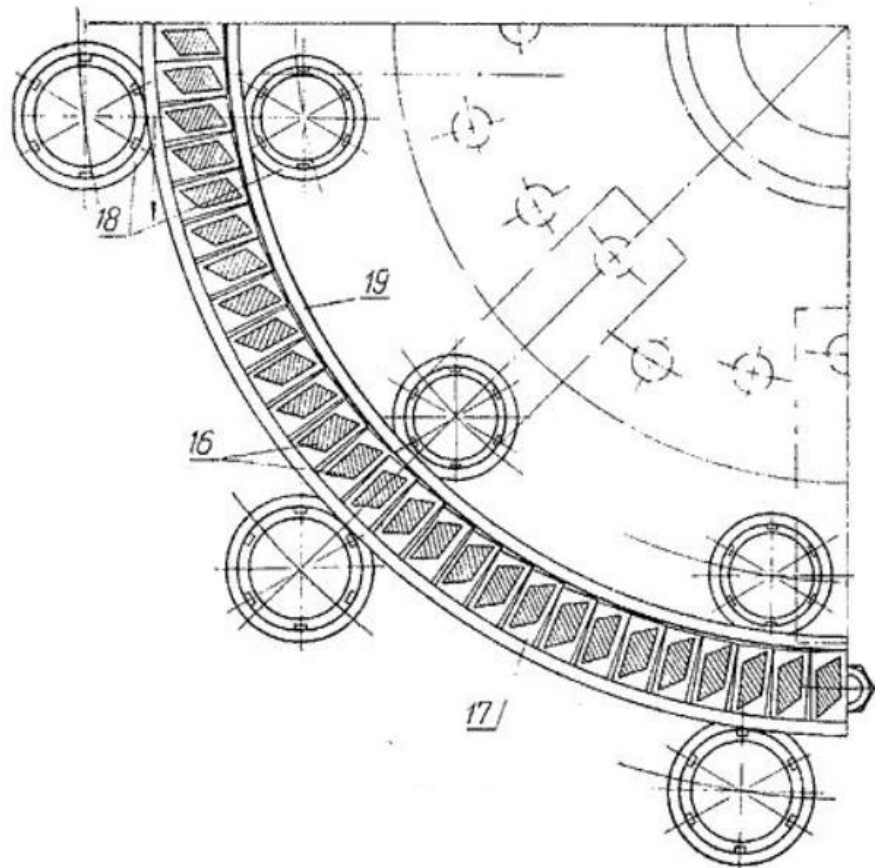
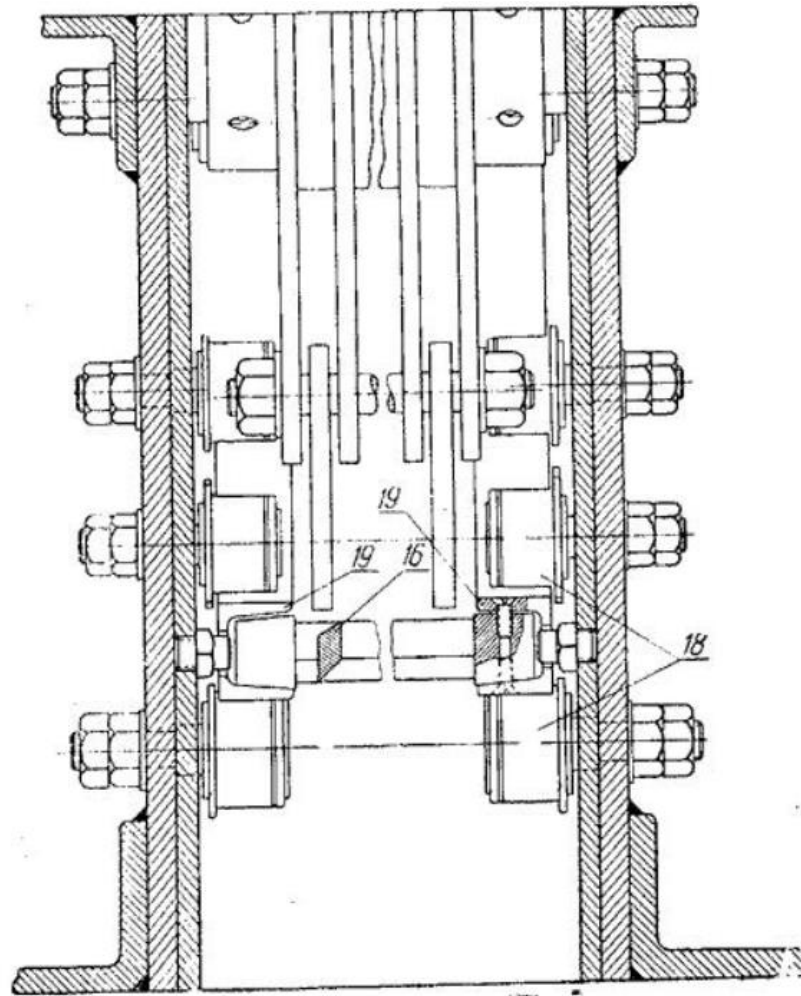
2.2. Аналіз відомих конструкцій роторів молоткових дробарок

Особливість описуваного [1] млина полягає в тому, що в ньому, з метою усунення забивання колосників, встановлений ротор, що обертається з окружною швидкістю понад 90 м/сек.

Процес розмелювання в цьому молотковому млині відбувається за рахунок ударів молотками по матеріалу, що розмелюється, і повідомлення його частинкам

високих швидкостей, при яких відбувається стирання їх один про одного і про поверхню розмольної камери.





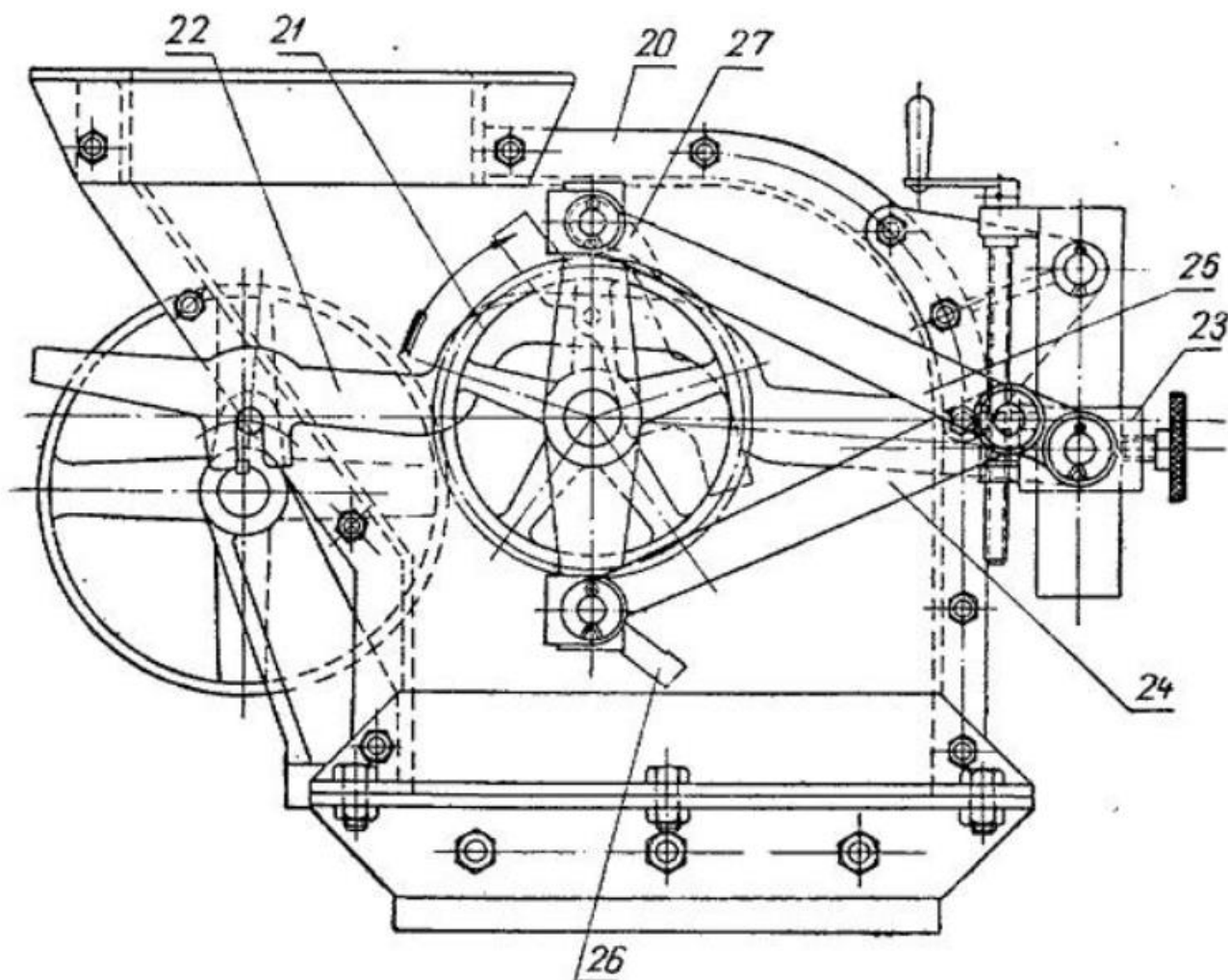


Рис 2.1 – До патенту [1]

Млин складається з рами 1, звареної зі швелерів, на якій укріплений зварний корпус 2 млина і двигун, що приводить в рух молотковий млин. На приймальній горловині 3 млина укріплений живильник, що забезпечує безперебійне та рівномірне харчування по всій довжині приймальної щілини дробильної камери. Дробильна камера 4 утворена набірним ситом із колосників. У верхній частині камери встановлюється чавунна дека рифлена 5. Така ж дека 6 встановлена з лівого боку камери. Між деками 7 приймальної горловини утворюється приймальна щілина камери. Всередині камери, закріпленої на очному валу 8, обертається дисковий ротор 9 шарнірно підвішеними між сталевих дисків молотками. Головний вал молоткового млина обертається у двох роликових підшипниках 10. Корпуси підшипників укріплені на кронштейнах, приварених до станини машини.

В описуваній дробарці [2] зазор між ротором і колосниковими гратами можна регулювати за величиною і формою, що забезпечує більш ефективне дроблення матеріалів. З цією метою колосникові грати дробарки виконані складовими з окремих секцій, з'єднаних шарніром.

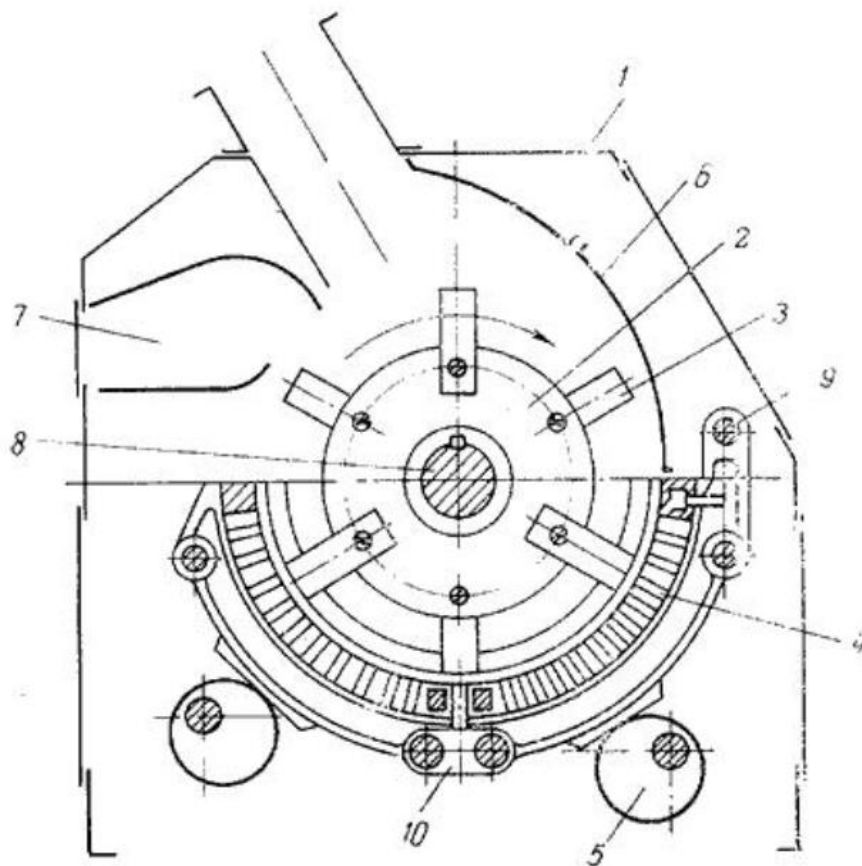


Рис 2.2 – До патенту [2]

Молоткова дробарка включає корпус 1, ротор 2, на якому закріплені молотки 3, колосникові грати 4 і механізм регулювання 5.

Корпус дробарки є звареною конструкцією коробчатої форми. Усередині корпусу встановлені змінні футерові і відбійні плити 6. Корпус дробарки забезпечений кишенею 7 для уловлювання недрібних предметів, що випадково потрапляють в робочу зону.

Ротор дробарки зібраний з окремих дисків, закріплених на валу 8 шпонкою (на кресленні не показано). Між дисками на осях у шаховому порядку розташовані молотки 3.

Колосникові грати складаються з секції. Одна з них підвішена в корпусі на осі 9. Секції з'єднані між собою шарніром 10. Це дозволяє регулювати зазор між колосниковими гратами і ротором, що обертається так, що він може бути різної величини і форми.

Зазор може бути:

- клиноподібної форми, що розширюється до кінця колосникових грат;
- що розширюється на першій секції, але напрямку обертання ротора і рівномірний на другій;
- рівномірний по всій довжині колосникових грат;
- клиноподібний, що звужується до кінця колосникових грат на першій секції і рівномірний на другій;
- клиноподібний, що звужується до кінця колосникових грат на всій її довжині.

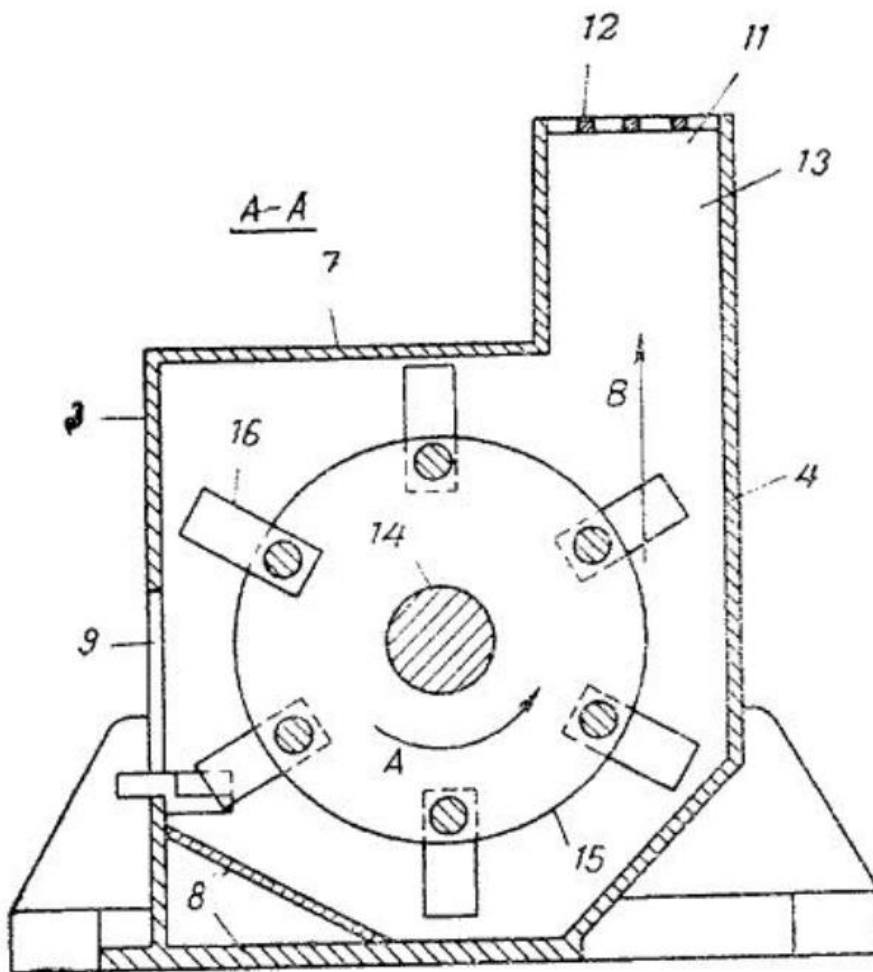
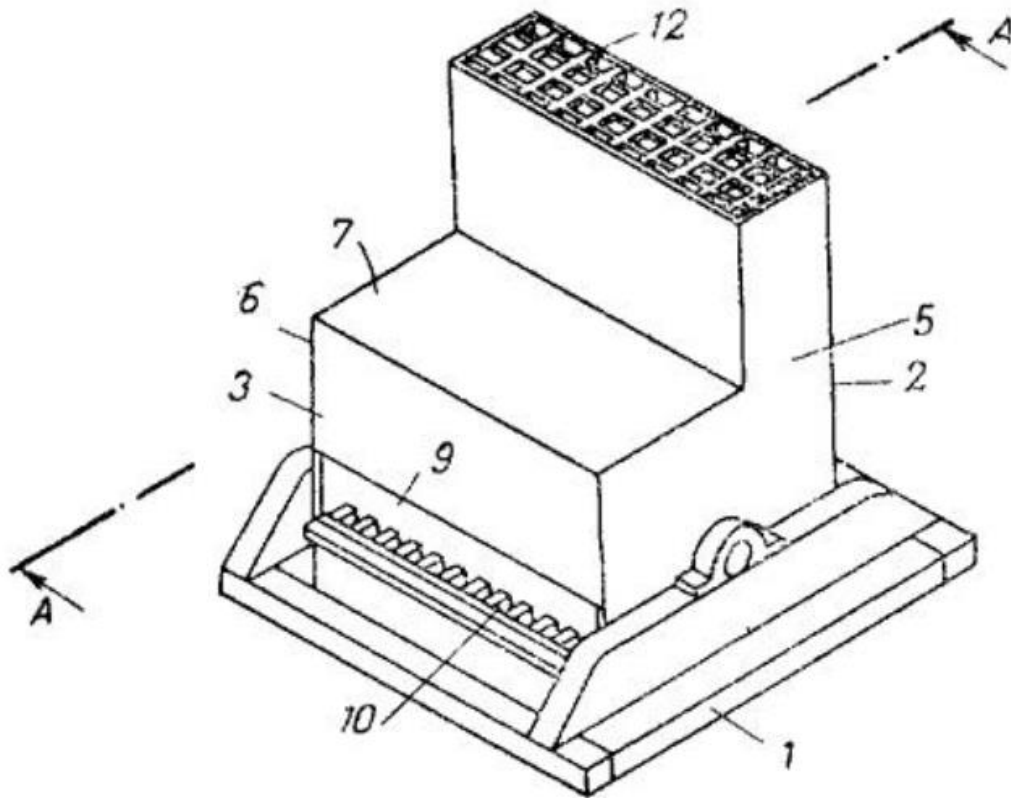
Механізм регулювання положення решітки призначається для налаштування дробарки шляхом зміни зазору між колосниками і зовнішнім контуром обертання молотків, а також підтримки сталості зазору при зносі колосників.

Дробарка приводиться в дію від електродвигуна, з'єданого з валом ротора за допомогою клинопасової передачі або муфтою.

При обертанні ротора матеріал, що безперервно подається через завантажувальну вирву, ударом молотків розбивається і відкидається на відбійні плити, де додатково подрібнюється. Остаточне дроблення матеріалу відбувається на колосникових гратах. З робочої зони подрібнений матеріал проходить через щілини в колосникових гратах або через отвір у донній частині.

У запропонованій дробарці [3] для підвищення ефективності дроблення випускне вікно з решіткою виконано в корпусі вище ротора, що дробить, і між ними утворена камера, що направляє рух подрібненого матеріалу і розташована вздовж дотичної, проведеної до кола обертання дробить ротора.

Для запобігання бічному зміщенню молотків на горизонтальних осях між дисками ротора можуть бути встановлені розпірні втулки.



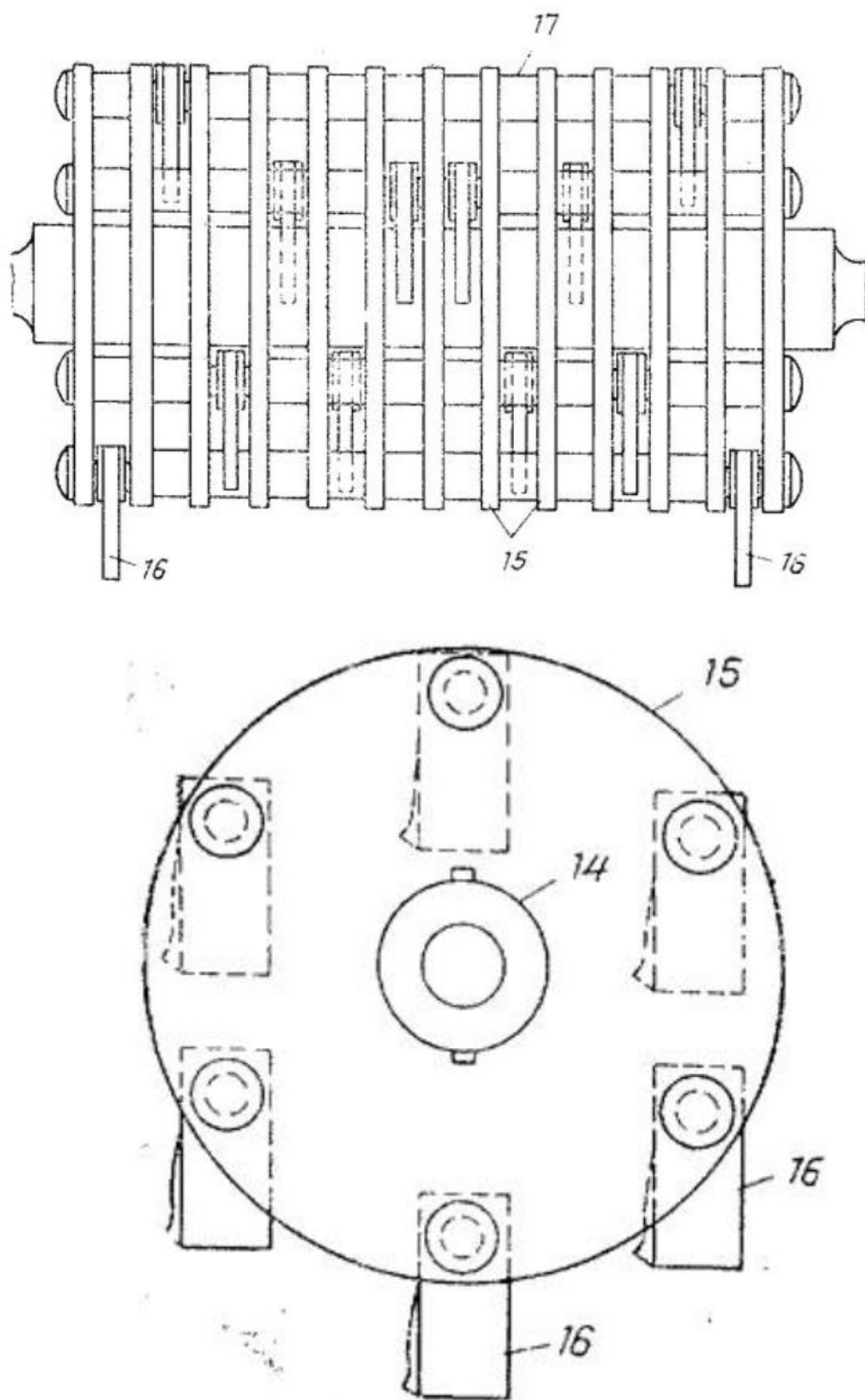


Рис 2.3 - До патенту [3]

Запропонована молоткова дробарка спирається на плиту 1. Ця плита може складатися з двох таврових опор, на яких встановлений корпус 2 дробарки. Корпус має коробчасту конструкцію і складається з передньої стінки 3, задньої стінки 4, бічних стінок 5, 6, а також верхньої 7 і нижньої 8.

У передній стінці 3 є вхідний отвір 9, через яке завантажуються в корпус матеріал, що підлягає дробленню. У завантажувальному отворі встановлено відбійний брус із виступами 10.

Після обробки матеріал виходить з корпусу через випускне вікно 11 з решіткою 12,) розташоване вище ротора, що дробить. Між ротором і решіткою утворена камера 13, що направляє рух подрібненого матеріалу і розташована вздовж дотичної до кола обертання ротора, що дробить.

Роздрібний ротор виконаний у вигляді валу 14 з дисками 15. Між дисками на горизонтальних осях шарнірно підвішені молотки 16. Диски паралельні між собою і встановлені на валу на певній відстані один від одного.

Для запобігання боковому зміщенню молотків на горизонтальних осях між дисками ротора встановлені втулки розпірні 17.

Ротор дробарки обертається у напрямку, вказаному стрілкою, зі швидкістю, достатньою для того, щоб під дією відцентрової сили молотки розташувалися радіально.

Матеріал, що надходить через вхідний отвір 9 спочатку піддається спільному дії молотків 16 і 10 виступів відбійного бруса. Коли молотки проходять між виступами, вони дроблять матеріал на шматки, величина яких залежить від змінних факторів: кількості матеріалу, що подається, розміру молотків і відстані між ними і виступами, а також від швидкості обертання валу 14.

Роздроблені шматки відкидаються молотками у напрямку решітки 12 вихідного отвору.

Шматки матеріалу, які внаслідок невеликої швидкості не досягають ґрат, і шматки, які вдаряються в ґрати, але за своїми розмірами не можуть пройти через неї, падають назад і знову піддаються дії молотків. Після того, як цей процес буде повторений кілька разів, подрібнений матеріал викидається через ґрати. Таким

чином, перед решіткою виключається скупчення великих шматків матеріалу, які б заважали проходження дрібнороздробленого матеріалу. Для направлення шматків оброблюваного матеріалу до ґрат під потрібним кутом служить камера 13.

Мета винаходу [4] - підвищення продуктивності та якості подрібнення та зниження енергоємності шляхом подрібнення матеріалу вздовж волокон в результаті орієнтації матеріалу в процесі подрібнення.

Мета досягається тим, що напрямний кожух забезпечений поздовжніми і поперечними протирізами, а робоча поверхня молотків виконана у вигляді паралельних рядів пірамідальних зубів і розташована під кутом поздовжньої осі молотків.

Дробарка містить станину 1, ротор 2 з шарнірно закріпленими на ньому молотками 3 і напрямний кожух 4 з поздовжніми 5 і поперечними протирізами 6. На станині 1 закріплена сепаруюча дека 7 за допомогою пружини 8 з одного боку і шарніра 9 з іншого.

Пристрій працює наступним чином.

Приводять у обертання ротор 2.

У зону дії молотків 3 і протирізів 5 і 6 подають матеріал, що переробляється. Завдяки виконанню поверхні молотків з паралельними рядами пірамідальних зубів і її розташування під кутом до поздовжньої осі молотків 3 виробляють відкидання перероблюваного матеріалу на протирізи 5 і 6 по найкоротшому шляху.

1 Впливом протирееів 5 і 6 і молотка 3 на матеріал, що переробляється, волокна останнього розташовують паралельно лінії дії молотка 3. Завдяки формі виконання робочої поверхні молотка 3, а також в результаті впливу протирееів 5 і 6 і молотка 3 на перероблявши матеріал виробляють дроблення з перетиранням, що призводить до швидкого дроблення до потрібної фракції, зменшення маси матеріалу, що йде на повторне подрібнення, зниження енергоємності процесу подрібнення, а також збільшення продуктивності дробарки.

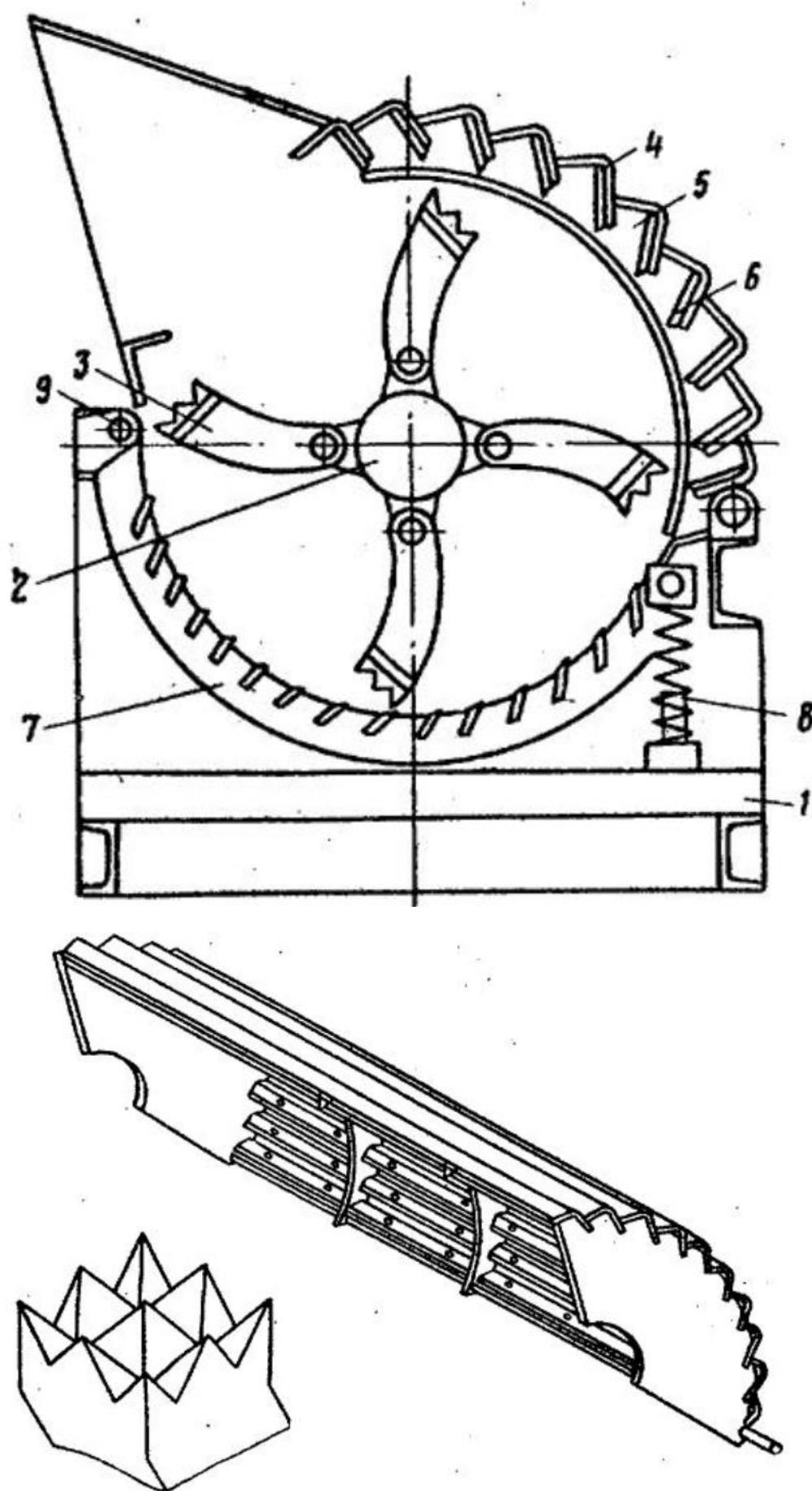


Рис 2.4 – До патенту [4]

При роботі молоткової дробарки дека 7 сприймає ударні навантаження від дії молотків 3 на масу матеріалу, що переробляється. Пружиною 8 грудня 7 повертають у вихідне положення. Таким чином здійснюють вібрацію деки 7, що сприяє кращому проходженню частинок подрібнюваного матеріалу через решітку, що сепарує, дека 7, самоочищення від залипання при підвищеній вологості продукту і повному виключенню забивання дробарки при перевантаженнях.

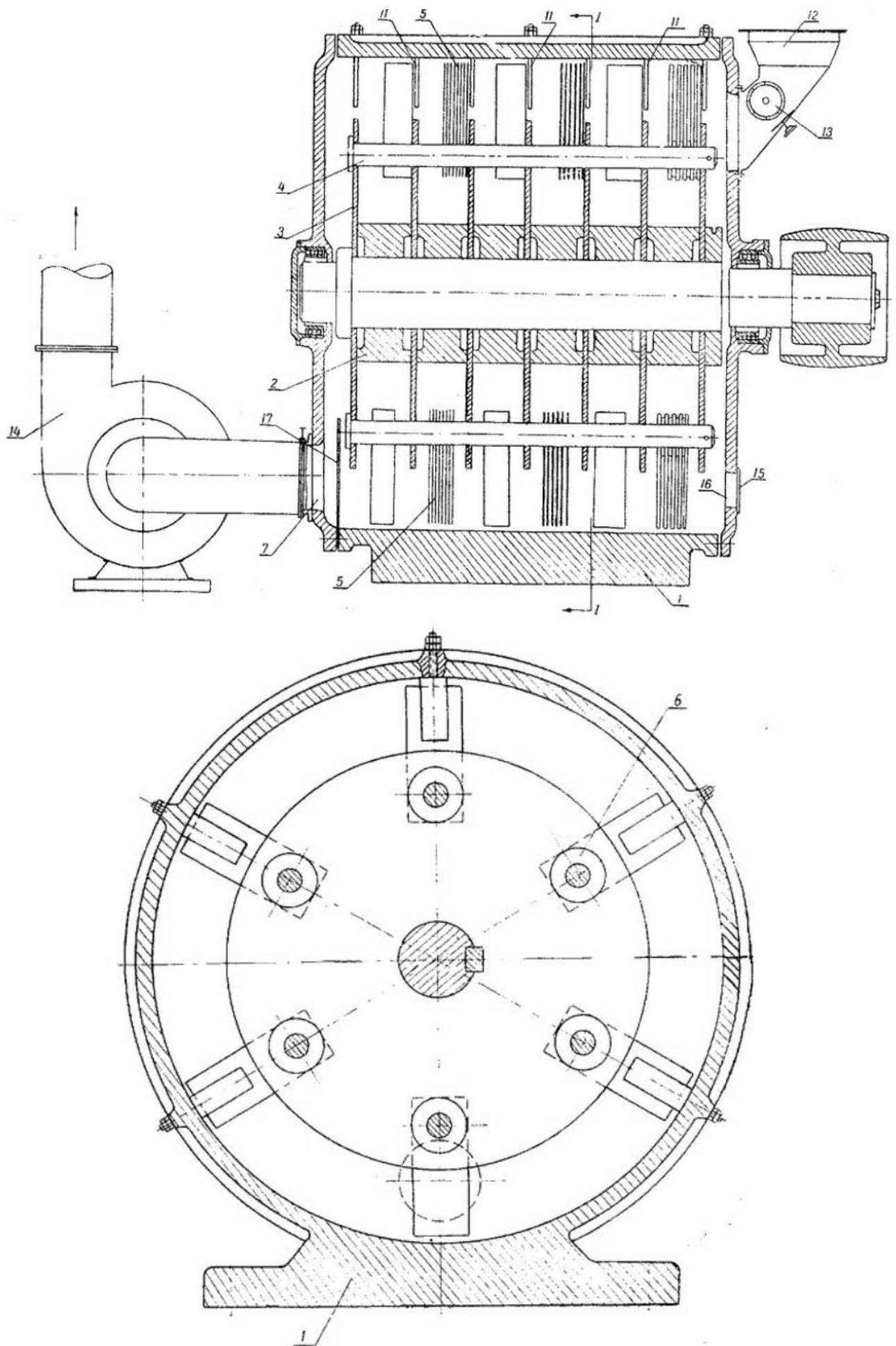
Подрібнений матеріал направляють у технологічний потік, після чого цикл повторюється.

Предметом винаходу [5] є молоткова дробарка для дрібнчепію зерна та інших сипучі; матеріалів, забезпечена пристосуванням для відсмоктування подрібненого продукту.

Пропонована молоткова дро білка, але порівняно з відомим! дозволяє повідомляти подрібнюваному; матеріалу гвинтовий рух і одержувати більш однорідний та тонкі подрібнений продукт.

Особливість дробарки полягає в тому, що пакети пластинча тих молотків розташовані по гвинтовій лінії, товщина пластин у пакетах зменшується по напрямку до вихідного для продукту отвору, а число пластин у пакеті збільшується в цьому ж напрямку.

Для кращого перемішування з дрібного матеріалу застосовано закріплені в корпусі дробарки пластини, розташовані в одній площині з дисками, що несуть осі молотків.



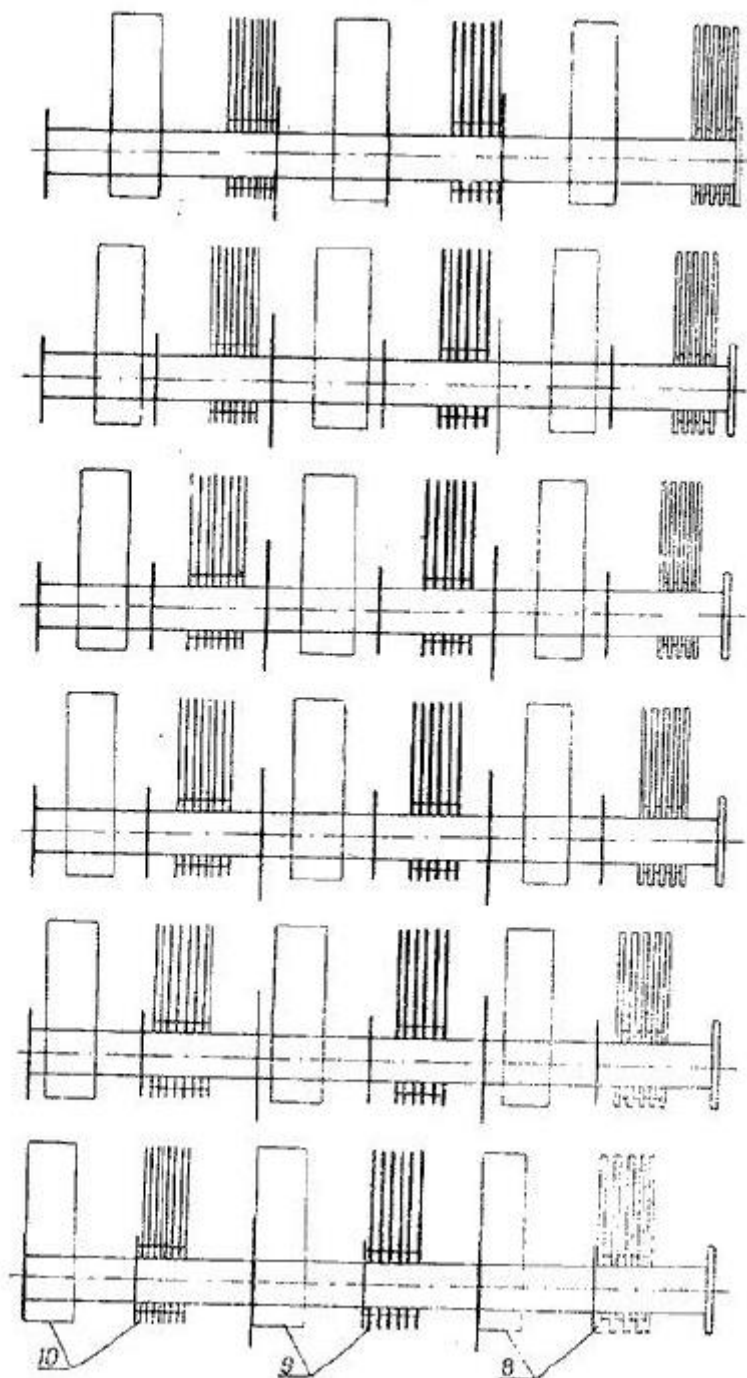


Рис 2.5 – До патенту [5]

У корпусі 1 дробарки обертається ротор 2 з дисками 3, що несуть осі х 4 пластинчастих молотків 5.

Пакети пластинчастих молотків 5 розташовані по гвинтовій лінії. Між суміжними молотками прокладено шайби 6.

Товщина пластин у пакетах зменшується у напрямку до вихідного для продукту отвору і 7, а число пластин у пакеті збільшується в цьому ж напрямку. Так у перших двох секціях 8 встановлені молотки товщиною 3 мм у кожній пачці, у наступних двох у секціях 9 встановлені молотки товщиною 2 мм у кожній пачці та в останніх двох секціях 10 товщина молотків дорівнює 1 мм у кожній.

Сипучий продукт, надходячи в робочу частину молоткової дробарки, спочатку потрапляє під удар товстіших молотків, а потім, у міру подрібнення, і окремі частини продукту потрапляють під вплив дедалі більшої кількості молотків меншої товщини.

Для кращого перемішування продукту в корпусі 1 укріплено кілька рядів пластин 11, розташованих в одній площині з дисками 3. Пластини змінюють напрямок і швидкість подрібнюваного матеріалу. Вони направляють більші неподрібнені частинки від центру до периферії, де ці частинки підхоплюються молотками, що рухаються, і додатково подрібнюються.

Корпус 1 забезпечений бункером 12 та живильником 13 для подачі в дробарку матеріалу з торну лобової осі.

Матеріал проходить всередині дробарки по гвинтовій лінії, подрібнюється і відсмоктується разом з повітрям через вихідний продукт отвір 7, розташоване в задній стінці корпусу.

Відсмоктування з робочої частини дробарки подрібненого матеріалу проводиться вентилятором 14, підведення повітря здійснюється через заслінку 15, за допомогою якої регулюється переріз отвору 16 корпусі 1 дробарки.

Перед вихідним отвором 1 встановлений щиток 17.

Відцентровою силою, створюване ротором, що обертається, великі частинки подрібненого матеріалу відкидаються до периферії корпусу 1 дробарки, дрібно подрібнені частинки продукту захоплюються рухом повітря через щиток 17 і вентилятор 14 і виводяться з дробарки

Для тонкого подрібнення мінеральної сировини застосовують комбіновані шахтні молоткові млини. Недолік відомих подібних млинів полягає і в тому, що

вони не забезпечують можливості подрібнення в'язких матеріалів та їх класифікації в шахті млина.

У пропонуваному млині [6] шахта забезпечена розділювальною перегородкою, за якою встановлений похилий гуркіт з вирвою для виведення з млина підрешітного продукту, що пройшов через перегородку під дією повітряного потоку, та запобігання викиданню з дрібниці недостатньо подрібнених частинок.

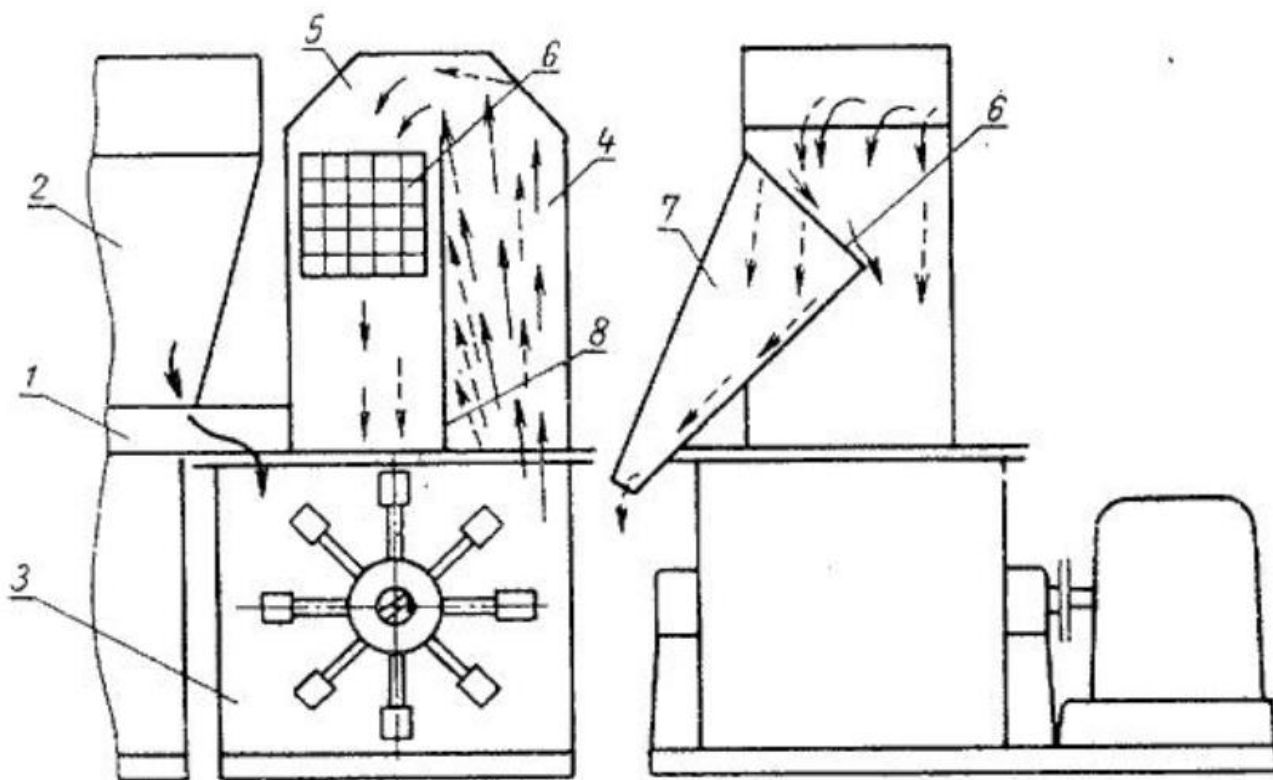


Рис 2.6 – До патенту [6]

Матеріал, призначений для подрібнення, подається живильником 1 з бункера 2 в молотковий млин Я, де подрібнюється і відцентровою силою, що виникла при обертанні ротора, викидається в порожнину комбінованої 4 шахти-сепаратора. Чим більші частки, що викидаються в шахту, тим більший запас кінетичної енергії вона має. При русі частинок нагору ця енергія витрачається на подолання опору повітряного середовища, що залежить від маси частинок. В результаті дрібні частки витрачають свою кінетичну енергію швидше, чим більші, і падають назад на молотки. У порожнину 5 шахти потрапляють, головним чином, найбільші частинки, що відкидаються від верхньої частини шахти і ті найбільш дрібні

частинки, швидкість витання яких менше швидкості повітряного потоку, що рухається вгору порожнини 4 шахти. На шляху руху суміші великих і дрібних частинок у порожнині про встановлено похило сито 6 з великими осередками. Частинок з розміром більшим, ніж осередки сита 6, скочуються на молотки, а дрібна фракція надходить у колектор 7 і зсипається в тару для подрібненого матеріалу.

Розмір осередків сита набагато перевищує діаметр частинок, що відщеплюються, внаслідок чого не відбувається його замазування. Висота перегородки має бути такою, щоб через неї могли бути перекинуті лише частинки з розміром, більшим, ніж осередки сита.

У пропонованій дробарці [7] поряд з дефлекторними плитами є трубопровід з соплом, який забезпечує змив недробної волокнистої маси, що потрапляє при роботі дробарки на першу дофлекторну плиту.

Це призводить до того, що в кишені дробарки потрапляють лише тверді частини сміття.

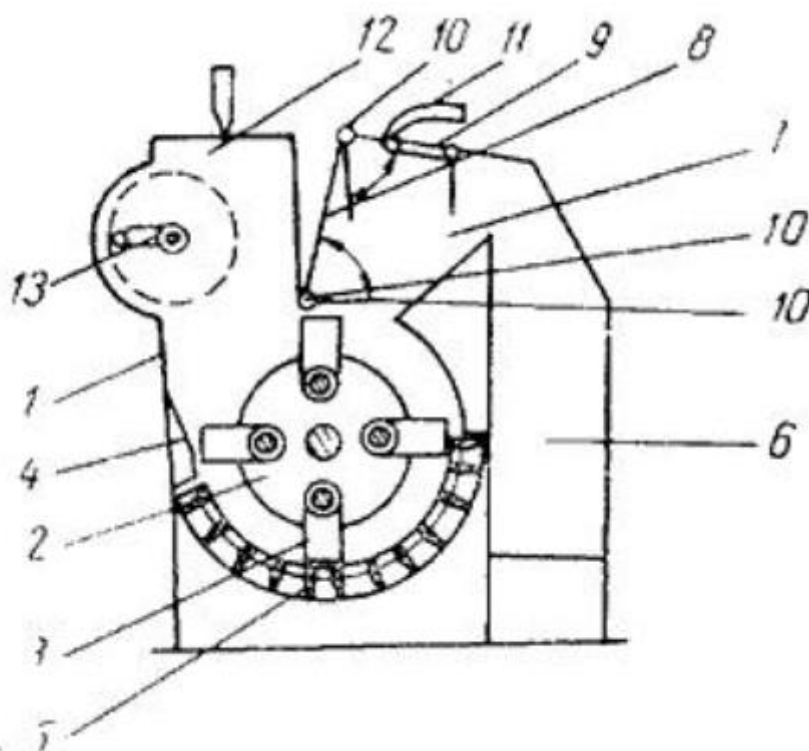


Рис 2.7 – До патенту [7]

До особливостей дробарки слід віднести також застосування в ній пристрою для проштовхування сміття до ротора, а також можливість кріплення відбивають плит на шарнірах для регулювання їх нахилу.

У корпусі 1 дробарки є ротор 2 шарнірно закріпленими молотками 3, ріжуча гребінка 4, решітка 5.

Перед кишенею 6 для уловлювання твердих, недробних складових сміття є уловлююча камера 7 з дефлекторним плитами 8 і 9.

Плита розташована паралельно осі ротора і під кутом $70-75^{\circ}$ до горизонталі.

Плита 9 розташована паралельно осі ротора і під кутом $80-85^{\circ}$ до вертикалі.

Значення кутів залежать від пружності і твердості предметів, що вловлюються в кишеню, і визначаються експериментально. .

Дефлекторні плити 8 і 9, з метою зміни кутів нахилу та установки в найвигідніше положення, що визначається пружністю уловлюваних предметів, кріпляться на шарнірах 10.

У верхній частині камери 7 є трубопровід с. соплом 11, призначений для змиву ієдробної, волокнистої складової сміття.

Завантаження сміття проводиться через вікно в горловині 12. в якій для усунення зависання сміття змонтовано проштовхуючий пристрій 13. Сміття, що надходить в дробарку, підхоплюється молотками 3 ротора 2, що швидко обертається, протягується по ріжучій гребінці 4 і він потрапляє на . з водою, що подається, надходить через ґрати в каналізацію.

Не роздроблене при першому захопленні сміття викидається молотками 3 на плиту 8. Тут відбувається поділ руху окремих складових сміття.

Непружні складові рухаються вгору по плиті, оскільки вони не можуть відбиватися від дефлектора. Але зверху через сопло 11 подається під напором вода, яка змиває частину волокнистої маси ч направляє її в камеру 7. Решта непругого сміття повертається на повторне подрібнення плитою 9. так як вона розташована майже під прямим кутом до плити 8.

Тверда, недробна частина сміття, наприклад метал, каміння, потрапляючи на плиту 8, відбивається від неї і потрапляє на плиту 9, відбиваючись від якої потрапляє в кишеню 8.

У зв'язку з тим, що в кишеню подрібнювачі потраплятимуть лише тверді предмети, тривалість роботи до чергового чищення.

Метою винаходу [8] є забезпечення можливості заміни окремих колосників при їх поломці, а також захист опор рами від зношування.

Поставлена мета досягається тим, що у відомих колосникових гратах для молоткової дробарки, що включає раму і колосники, розташовані на гребінках опор, кожна гребінка має Г-подібний поперечний переріз, при цьому горизонтальна полиця розміщена на зовнішній поверхні опори рами, а вертикальна полиця закріплена на її бічній поверхні.

Колосникові грати є рамою з двох колосникових опор 1, скріплених двома зв'язками 2. До опор з зовнішнього боку пригорнуті гребінки 3 за допомогою болтів 4. Кожна гребінка має Г-подібний поперечний переріз, при цьому горизонтальна полиця розміщена на зовнішній поверхні опори рами, а вертикальна полиця закріплена болтами 4 на її бічній поверхні. У гребінках є фігурні вирізи 5, які входять виступи 6 колосників 7, що мають трапецієподібну Форму перерізу. Суміжні фігурні вирізи в гребінці утворюють дистанційні виступи, що визначають ширину зазору між колосниками.

Для зміни ширини зазорів немає необхідності в заміні всієї рами колосникових грат, так як достатньо змінити гребінку з відповідним розташуванням фігурних вирізів. Завдяки Г-подібному поперечному перерізу гребінець останні закривають зношуються поверхні опор рами і оберігають їх від зношування, подовжуючи термін служби всієї рами. При зношуванні колосників або їх поломці достатньо відвернути болти 4, відсунути один гребінець на товщину виступу 6 і, піднявши один колосник з одного кінця, вивести його виступ з вирізу гребінки з іншого кінця, щоб демонтувати колосник .

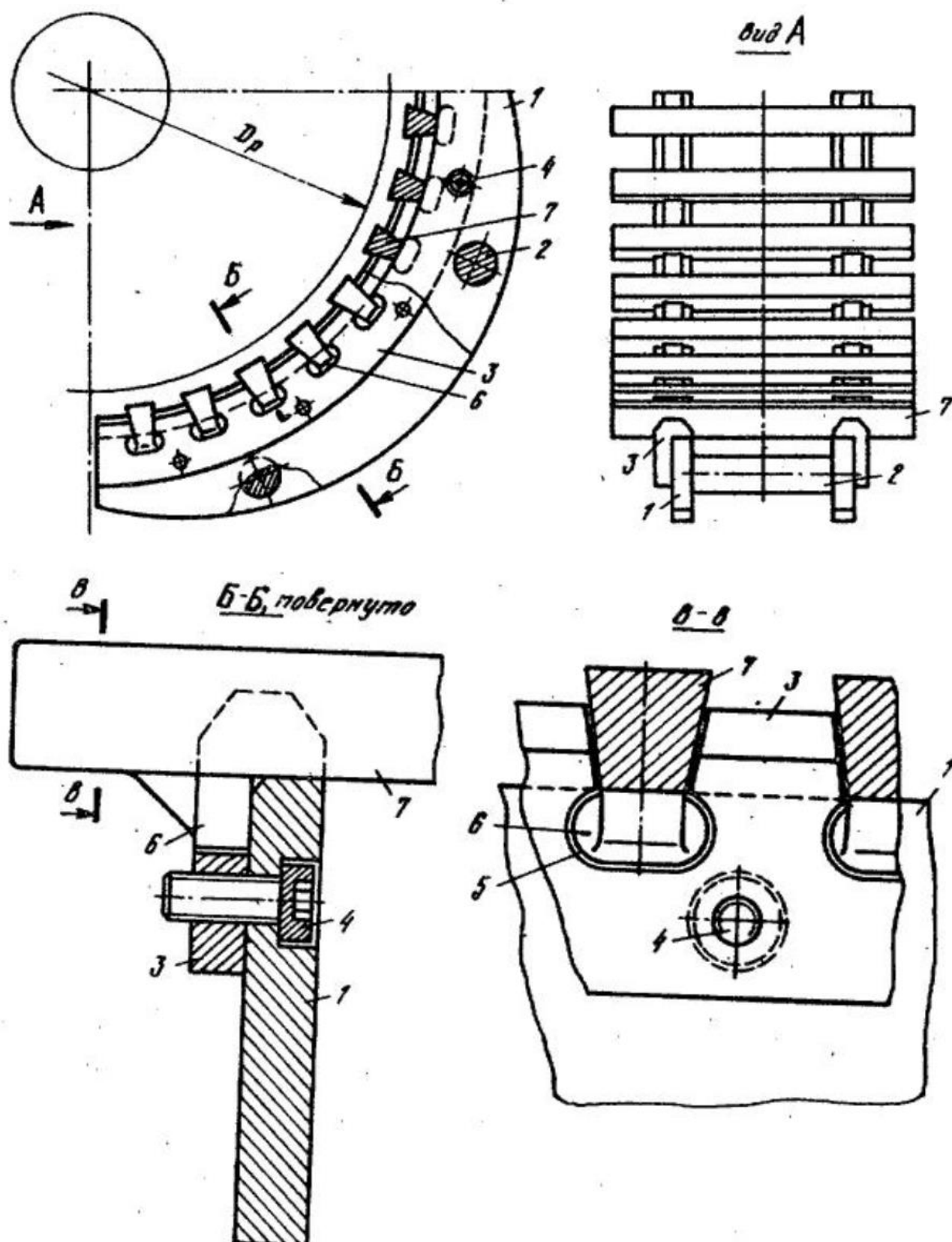
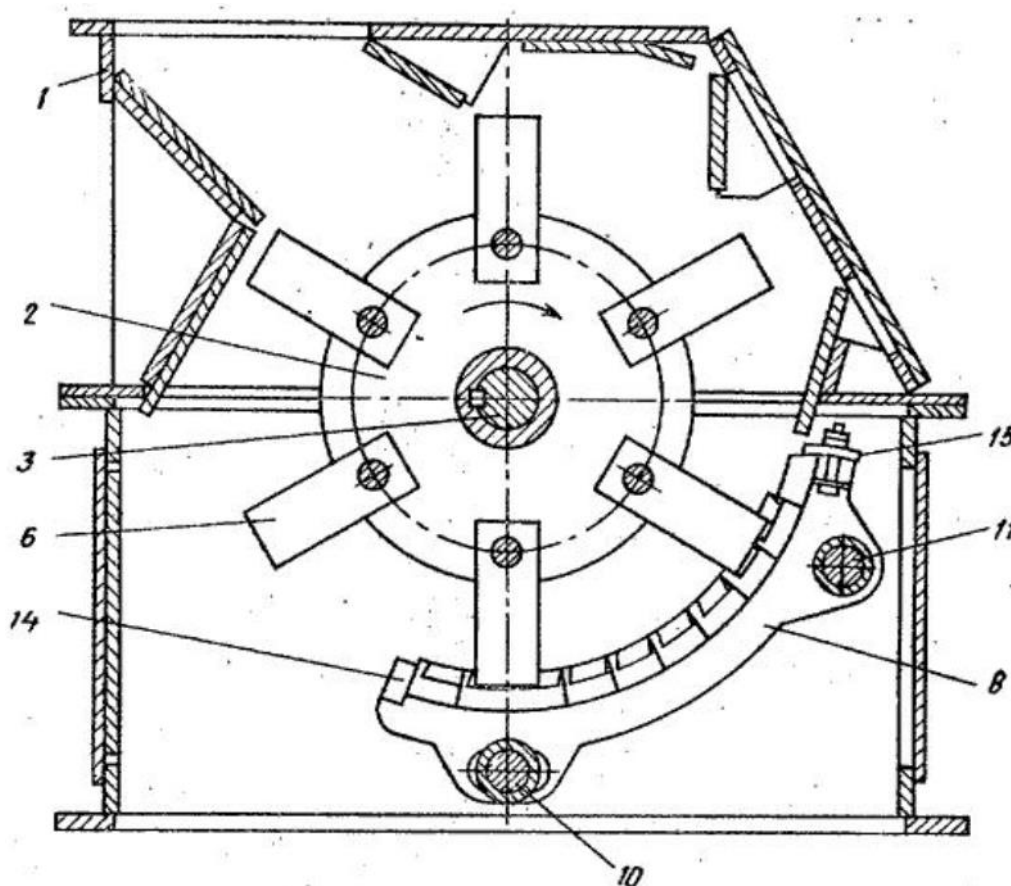


Рис 2.8 – До патенту [8]

Переваги пропонованих колосникових ґрат полягають у тому, що на одній і тій же рамі можуть бути зібрані колосникові ґрати з різними зазорами по ширині, рама решітки захищена від зношування і має більший термін служби, досягається максимальний "живий" переріз зазорів решітки, однакові уніфіковані колосники використовуються для складання решіток з різними зазорами.

Мета винаходу [9] - підвищення ефективності подрібнення матеріалів.

Вказана мета досягається тим, що в молотковій дробарці переважно для подрібнення торфу, що містить корпус і ротор з молотками, розташованими між поздовжніми колосниками колосникових ґрат з ріжучими елементами, колосники решітки виконані у вигляді поздовжньо розташованих дугоподібних смуг з розширеною верхньою робочою поверхнею, а укороченими по довжині молотками, розміщеними над ріжучими елементами. При цьому кожен різальний елемент виконаний з косорозташованою гранню на розширеній верхній робочій поверхні колосника.



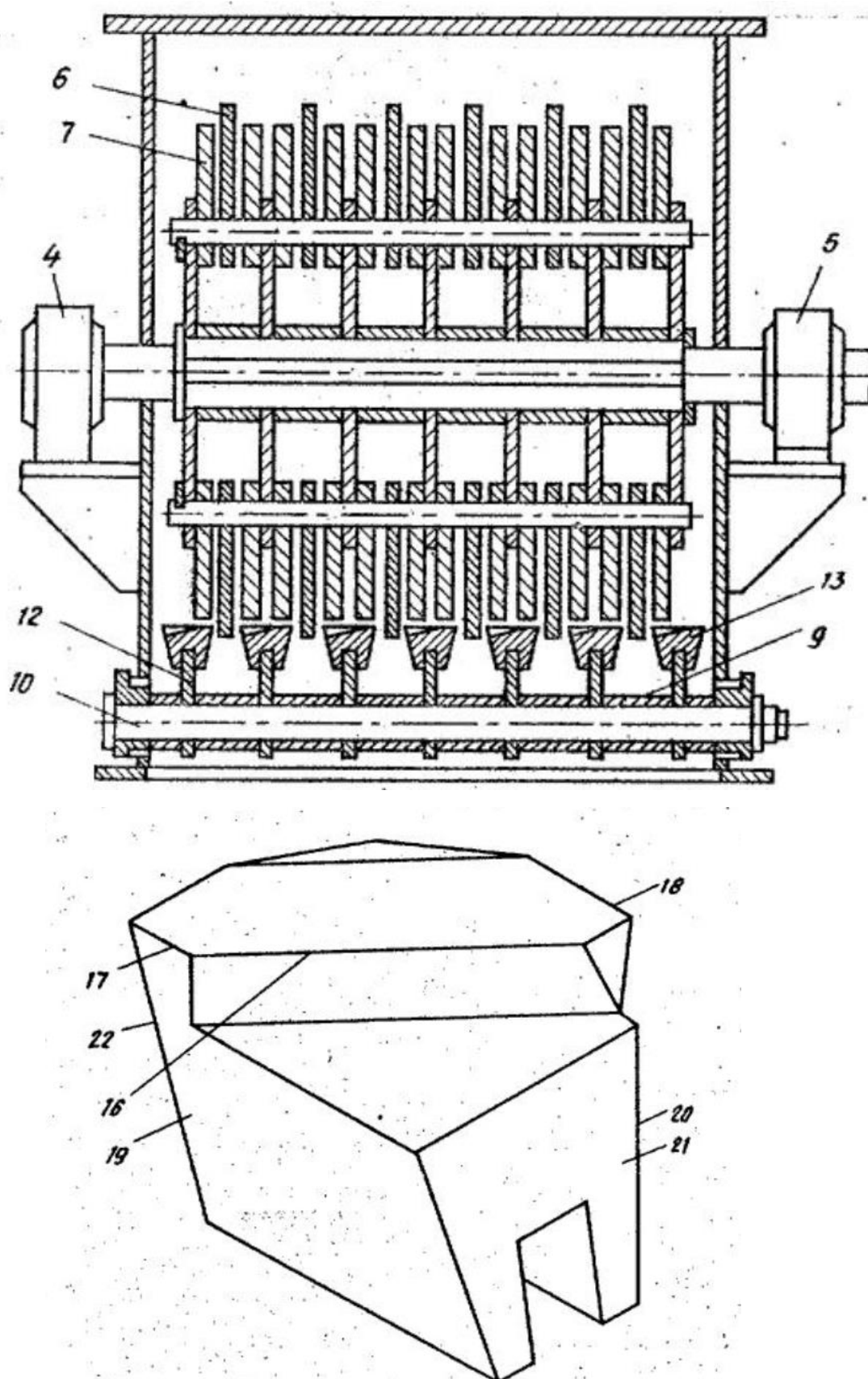


Рис 2.9 – До патенту [9]

Молоткова дробарка містить корпус, всередині якого поміщений горизонтальний ротор 2 з валом 3 на двох опорах 4 і 5. Механізм приводу ротора на кресленні не показаний. Ротор забезпечений шарнірно укріпленими 6 довгими і короткими 7 молотками.

У проміжках між довгими молотками 6 під короткими молотками 7 встановлені поздовжні дугові колосники 8 розділені між собою проміжними втулками 9 і підвішені до корпусу 1 на балках 10 і 11.

Колосник складається з плоскої дугоподібної основи 12 з насадженими зверху ріжучими елементами 13, стиснутими пакет між виступом-упором 14 в задній частині і натискною планкою 15 у передній частині колосника. Утворені між пакетами ножів сусідніх колосників щілини збігаються з напрямком руху молотків.

Ріжучий елемент має передню косу 16 і бічні 17 і 18 ріжучі кромки, знизу поздовжній виріз (паз) для посадки на основу колосника 12. Бічні сторони 19 і 20 ножа звужуються донизу, а торцеві сторони 21 і 22 розширюються донизу, причому останні плоского кута з вершиною, що збігається з центром кривизни дуги основи колосника.

Подрібнення матеріалу в дробарці проводиться ударами молотків швидко обертається ротора 2 по шматках завантажуваного зверху матеріалу, ударами шматків об відбійні плити і футерування корпусу 1, повторними ударами молотків і при взаємодії молотків з ріжучими елементами 13 колосникових грат.

При цьому довгі молотки 6 заходять до щілин між колосниками і прочитають їх.

Дана молоткова дробарка забезпечує більш інтенсивну взаємодію робочих поверхонь молотків, що рухаються, з нерухомими колосниками при одночасному прочищенні щілин колосникових грат. При цьому косі ріжучі кромки ріжучих елементів беруть участь у подрібненні матеріалу, безпосереднім взаємодією з ним і сприяють змішуванню матеріалу в поперечному напрямку, до бічних ріжучих кромок і молотків, що заходять у щілини між колосниками.

Конструктивне виконання ножів забезпечує можливість прискорення та полегшення заміни ножів, спрощення конструкції, економії витрати високоякісних матеріалів, необхідних виготовлення ножів.

Випробування, запропонованої молоткової дробарки при подрібненні фрезерного торфу показали, що ступінь подрібнення торфу в 1,3 - 1,7 рази вище, ніж у відомому дробарку.

Винахід [10] відноситься до конструктивних елементів пристроїв для подрібнення матеріалів і може бути застосовано в сільськогосподарській, будівельній та інших галузях промисловості.

Ціль винаходу - підвищення якості готового продукту.

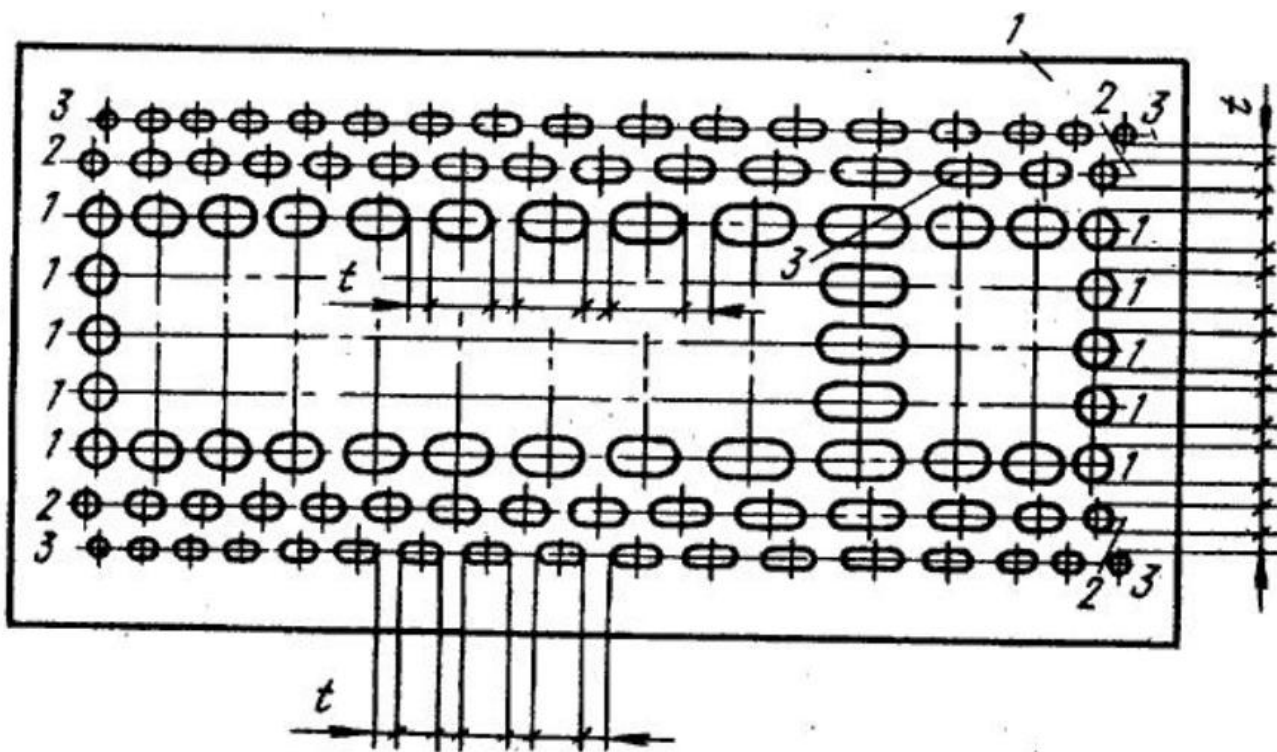


Рис 2.10 – До патенту [10]

Сито молоткової дробарки включає перфорований лист 1 з круглими отворами 2 в першому і останньому поперечних рядах, в решті поперечних рядів отвори 3 виконані овальної форми вздовж сита, довжина яких збільшується на ділянці сита до 5/6 його довжини, після чого довжина їх зменшується. Ширина

отворів зменшується від центру до периферії до величини 0,68 ширини центрального сита.

При такому виконанні сита створюються рівні умови просіву через отвори по всій робочій площі сита, оскільки час знаходження частинок проходового розміру над отворами сита залишається незмінним.

За рахунок підвищення ефективності просіювання та рівномірності виходу продукту подрібнення через отвори сита по всій його робочій площі забезпечується отримання готового продукту рівномірного гранулометричного складу більш вузького фракційного діапазону з повним виключенням небажаної великої фракції при одночасному зменшенні переподрібнення матеріалу.

Винахід відносяться [11] до пристроїв для дроблення матеріалів, а саме до конструктивних елементів молоткової дробарки і може бути застосований у будівельній, гірничорудній та інших галузях промисловості.

Винахід має на меті підвищення ефективності процесу подрібнення. Зазначена мета досягається тим, що в молотку для молоткової дробарки, виконаної у віще пластини ступінчастої форми з отворами для кріплення, одна з бічних поверхонь кожного ступеня забезпечена виступом, причому виступи двох сусідніх щаблів розташовані на протилежних сторонах з кутом нахилу $60-90^\circ$.

Молоток для молоткової дробарки виконаний у вигляді пластини 1 ступінчастої форми з 2 отворами для кріплення. Одна з бічних поверхонь кожного ступеня забезпечена виступом 3, причому виступи двох сусідніх щаблів розташовані на протилежних сторонах з кутом нахилу $60-90^\circ$.

Товщини виступів 3 і пластини можуть бути рівними або різними, що залежить від технології виготовлення виступів, фізико-механічних властивостей матеріалу, що подрібнюється і т.д.

Молотки встановлені на місцях із зазором. При обертанні ротора дробарки за рахунок відцентрової сили молотки займають положення, близьке до радіального, і подрібнюють матеріал, що знаходиться в кільцевому шарі.

Товщина кільцевого шару зазвичай 2-3 см, а зона дії молотків набагато більша за неї, тому відбувається більш ефективне подрібнення матеріалу.

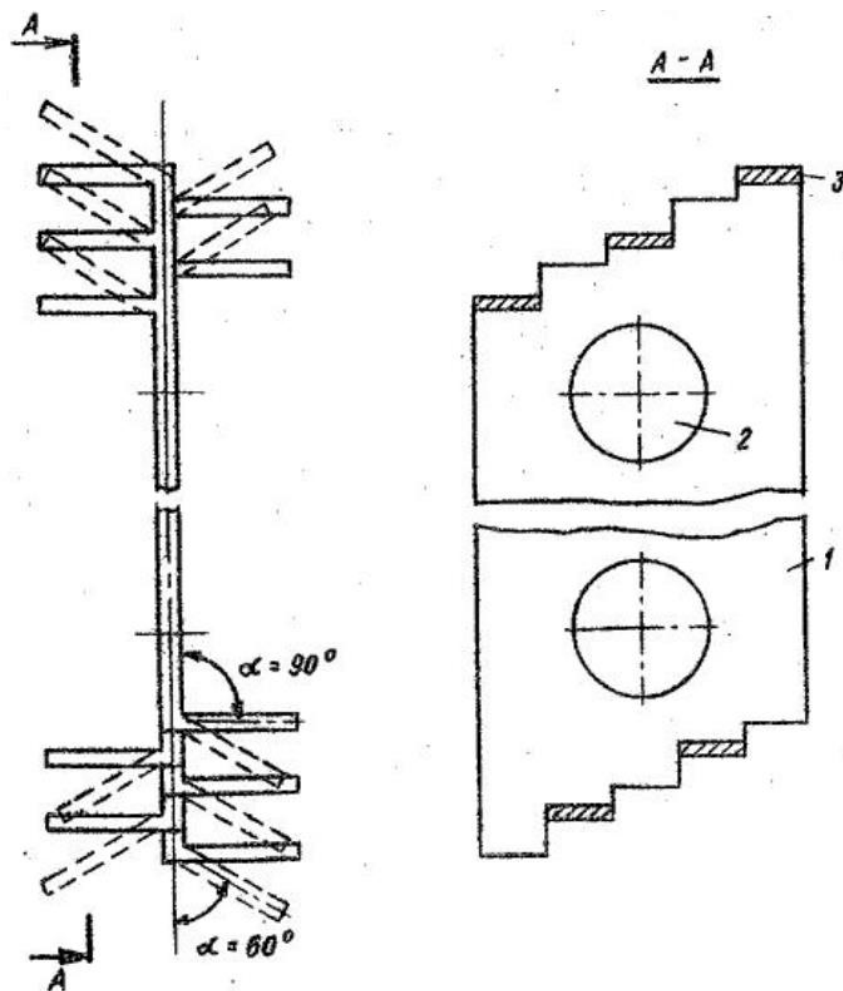


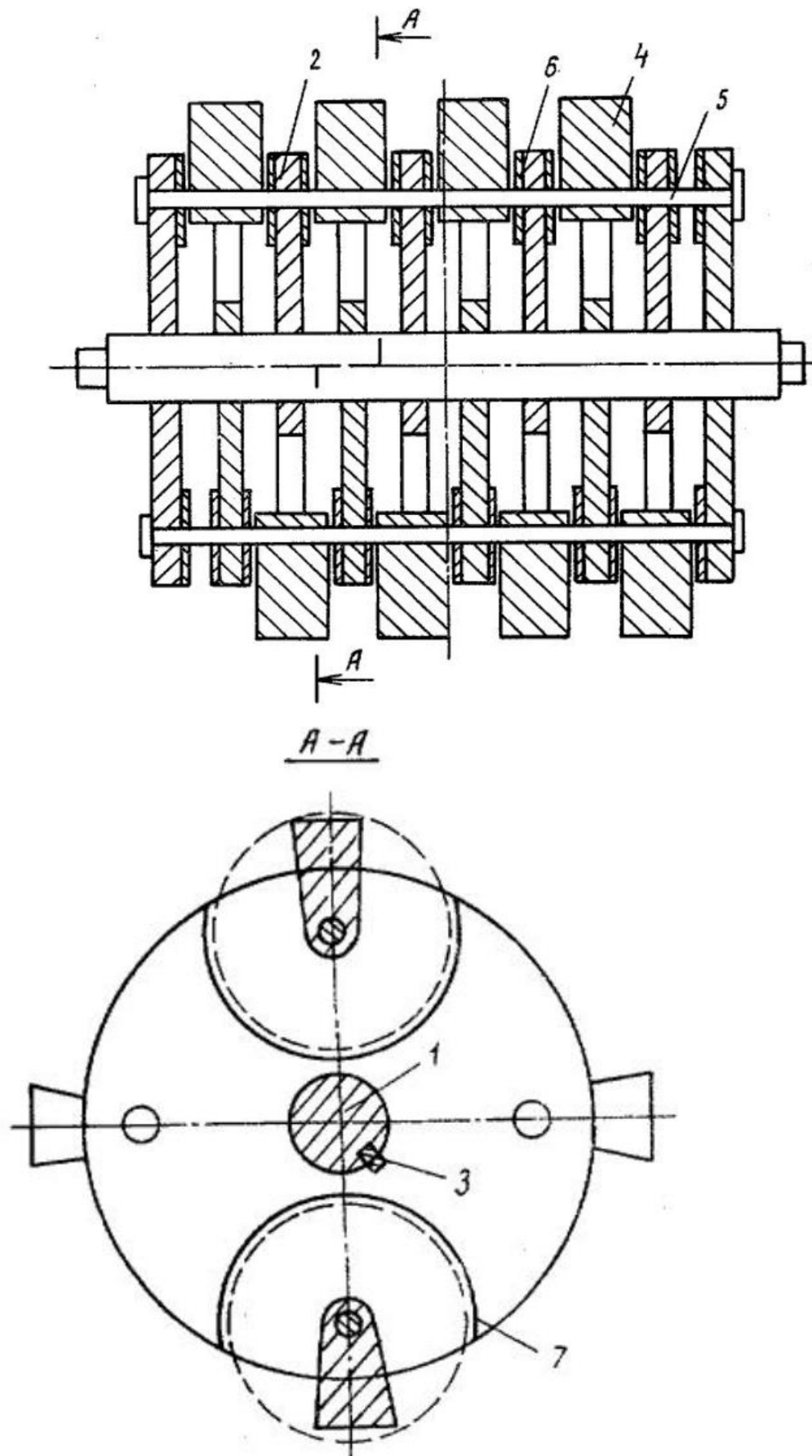
Рис 2.11 – До патенту [11]

При зупинці ротора дробарки молотки під впливом своєї ваги займають початкове становище, зберігаючи орієнтацію.

Використання пропонованих молотків у виробництві забезпечує підвищення ефективності процесу подрібнення за рахунок збільшення зони дії робочих частин молотка.

Винахід відноситься [12] до конструктивних елементів пристроїв для подрібнення матеріалів і може бути застосовано у будівельній, гірничо-рудній та інших галузях промисловості.

Мета винаходу – підвищення ефективності дроблення.



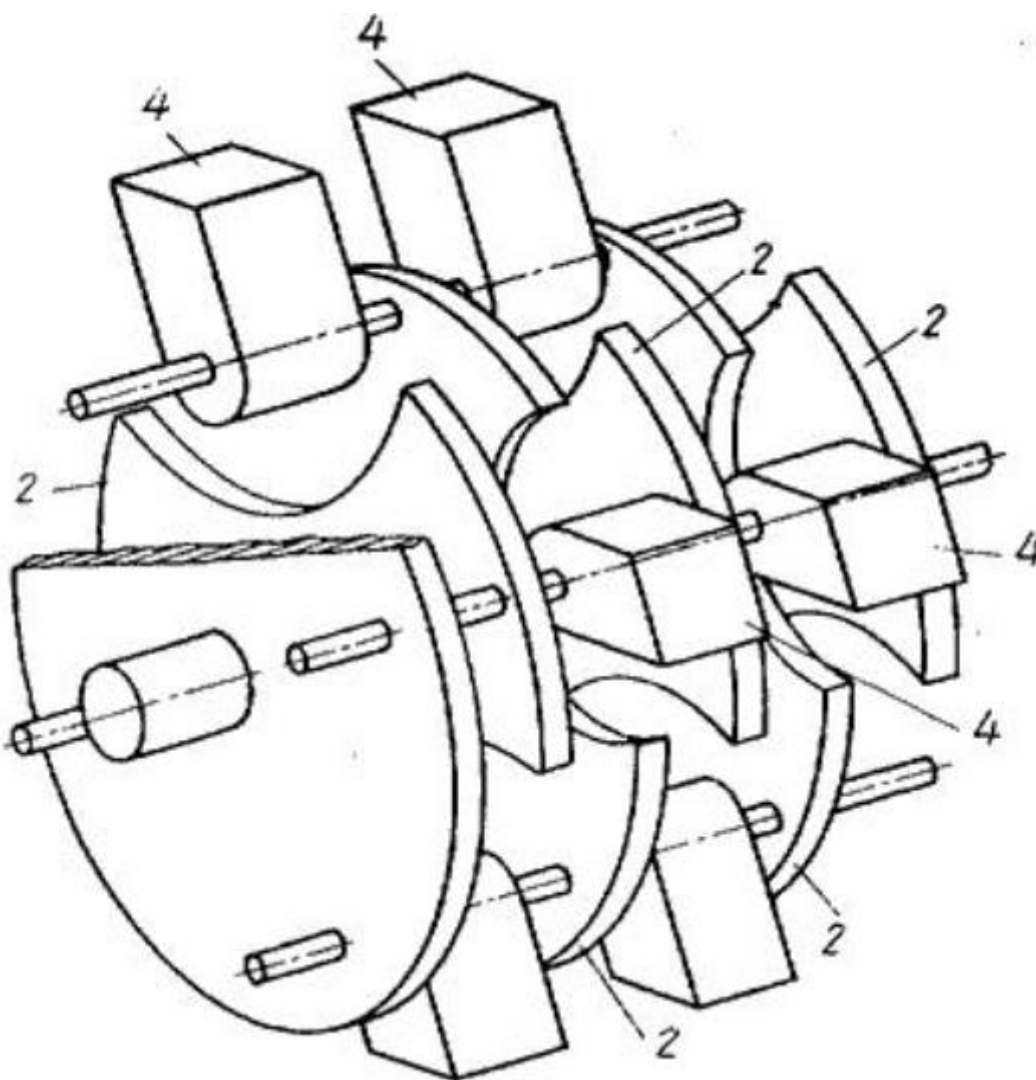


Рис 2.12 – До патенту [12]

Ротор складається з горизонтально розташованого валу 1, по довжині якого через рівні проміжки закріплені опорні елементи, виконані у вигляді дисків 2 за допомогою шпонки 3, молотків 4, закріплених шарнірно на осях 5. Для продовження терміну служби дисків їх зона, де можливе обертання молотків відносно осі підвісу, захищена знімними пластинами 6 із зносостійкої сталі.

На периферії дисків 2 виконані виїмки 7 над якими розміщені молотки 4.

Ротор працює в такий спосіб.

При включенні дробарки в мережу ротор повільно починає здійснювати обертальний рух, наприклад проти годинникової стрілки. При цьому молотки 4 вільно перекочуються по осі підвісу 5, зберігаючи своє початкове положення під дією сили тяжіння.

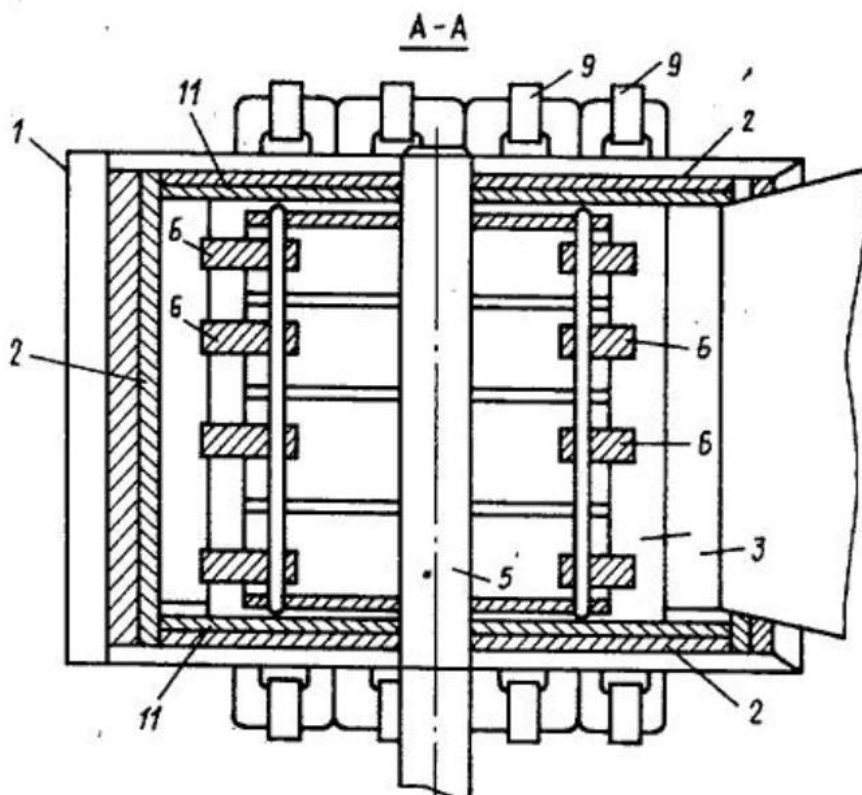
У міру збільшення швидкості обертання ротора молотки 4 за рахунок дії відцентрової сили повертаються навколо осі підвісу в напрямку руху ротора, займають стійке радіальне положення 10 і обертаються по колу з радіусом рівним зовнішньої молотків, що утворює.

Матеріал, наприклад, охолоджений пакет металобрухту, подається в зону обертання ротора. Завдяки зміщенню молотків по колу диска 2 та розміщення їх над 15 виїмками диска 7 відбувається повне руйнування матеріалу.

Диски 2 залежно від свого діаметра і радіуса обертання молотків 4 щодо осі 5-підвісу можуть мати кілька виїмок 7, рівномірно розташованих по колу, причому сусідні диски 2 встановлені зі зміщенням один щодо одного.

Винахід [13] відноситься до пристроїв для подрібнення матеріалів, наприклад, брухту алюмінієвих сплавів, що містить феромагнітні матеріали, і може знайти застосування в кольоровій металургії та інших галузях промисловості.

Мета винаходу - збільшення терміну служби молоткового дробарки за рахунок зниження інтенсивності зношування колосників.



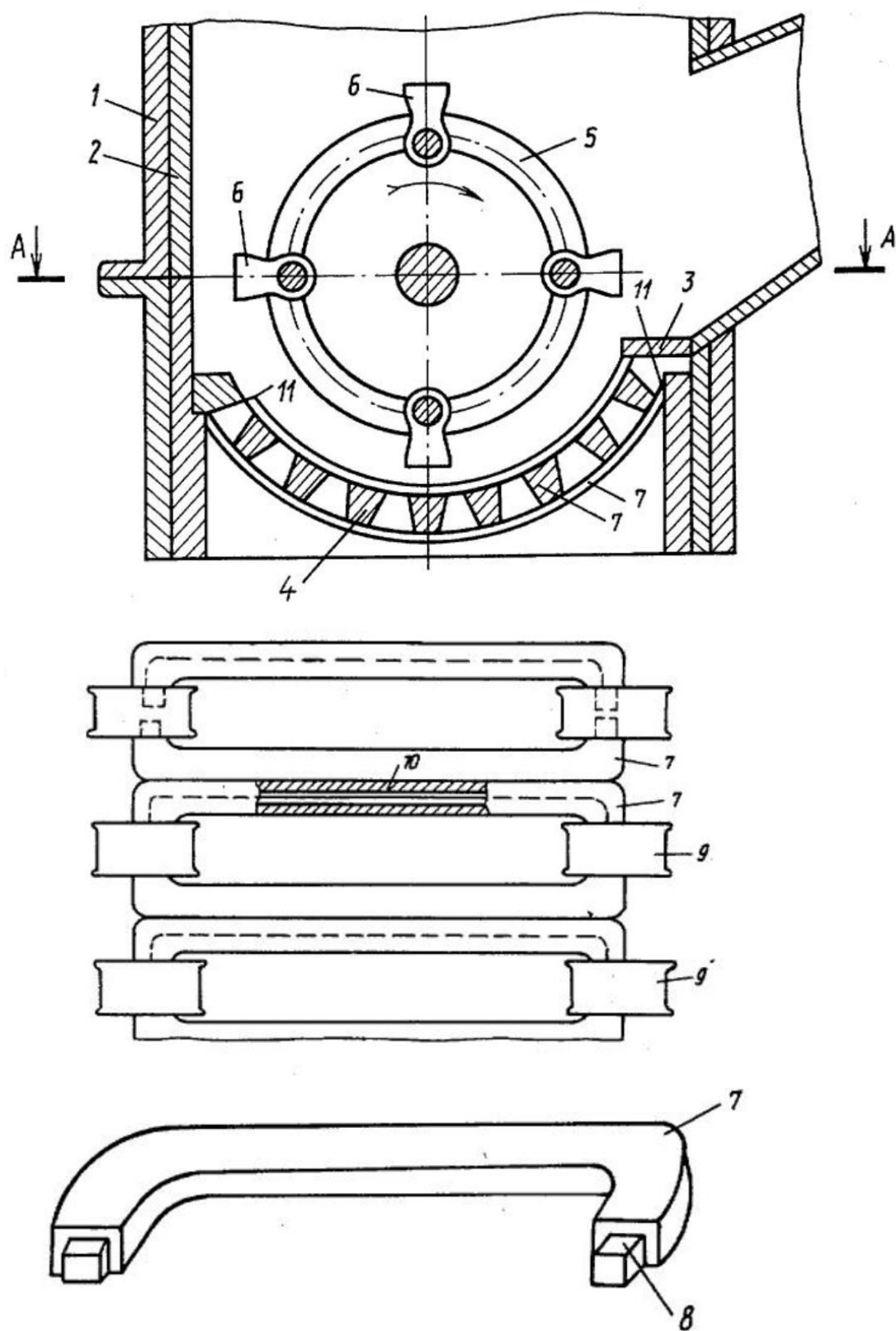


Рис 2.13 – До патенту [13]

Молоткова дробарка складається з корпусу I з футеровкою 2, брусом, що розбиває 3 з колосниковими ґратами 4 і ротора 5 з молотками 6. Колосникові ґрати 4 утворена рядами паралельних колосників 7, виконаних П-подібної форми і з'єднаних попарно тильними сторонами «дзеркально». На кожному колоснику 7 в торцевих частинах є шийки 8, на яких встановлені котушки 9 індуктивності, розташовані зовні корпусу 1. При цьому на кожній парі колосників 7 встановлено по дві котушки 9 індуктивності, з'єднані між собою послідовним електричним ланцюгом. Електричні з'єднання котушок індуктивності 9 виконані в наскрізних отворах 10 колосників 7.

Між колосниками 7 і 1 корпусом розташовані прокладки 1 з немагнітного матеріалу, наприклад з нержавіючої сталі.

Молоткова дробарка працює в такий спосіб.

Включається привід дробарки (не показаний) і розганяється ротор 5. Подається струм на котушки 9 індуктивності та в результаті того, що кожна пара колосників 7 з котушками індуктивності 9 електромагніт, навколо колосників 7 створюється магнітне поле.

У дробарку подається матеріал, що подрібнюється. Шматки матеріалу руйнуються молотками 6 ротора 5, що швидко обертається, розбиваються про брус 3, колосники 7 і подрібнений продукт вивантажуються через колосникову решітку 4. При цьому утворюються в результаті подрібнення частинки феромагнітних матеріалів притягуються магнітним полем до колосників 7.

У процесі роботи на колосниках 7 утворюється шар примагнічених частинок приблизно постійної товщини, який і оберігає колосники 7 від зносу в результаті прямої ударної взаємодії з матеріалом, що подрібнюється.

Пропонований винахід дозволяє суттєво знизити інтенсивність зносу колосників, збільшити термін безремонтної експлуатації та загальний термін служби молоткової дробарки.

2.3. Методика дослідження способів розстановки молотків на роторі

Метою дослідження способів розстановки молотків на роторі є оцінка переваг та недоліків способів розташування, та визначення напружень, що діють у матеріалі валу ротора, який передає обертальний момент і постійно відчуває ударні навантаження.

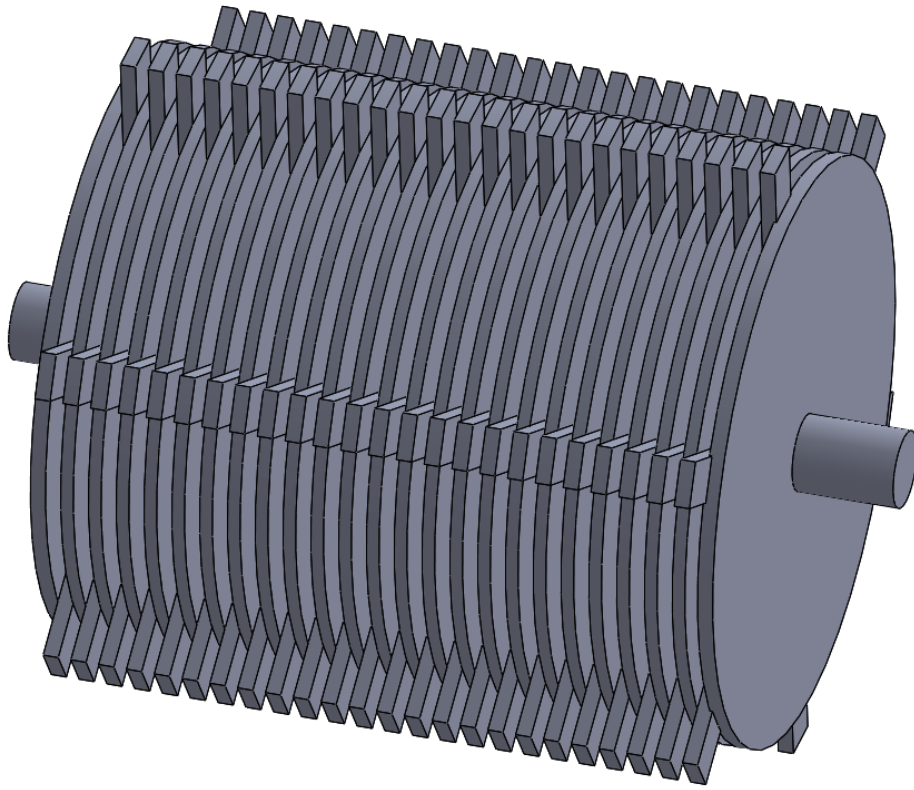
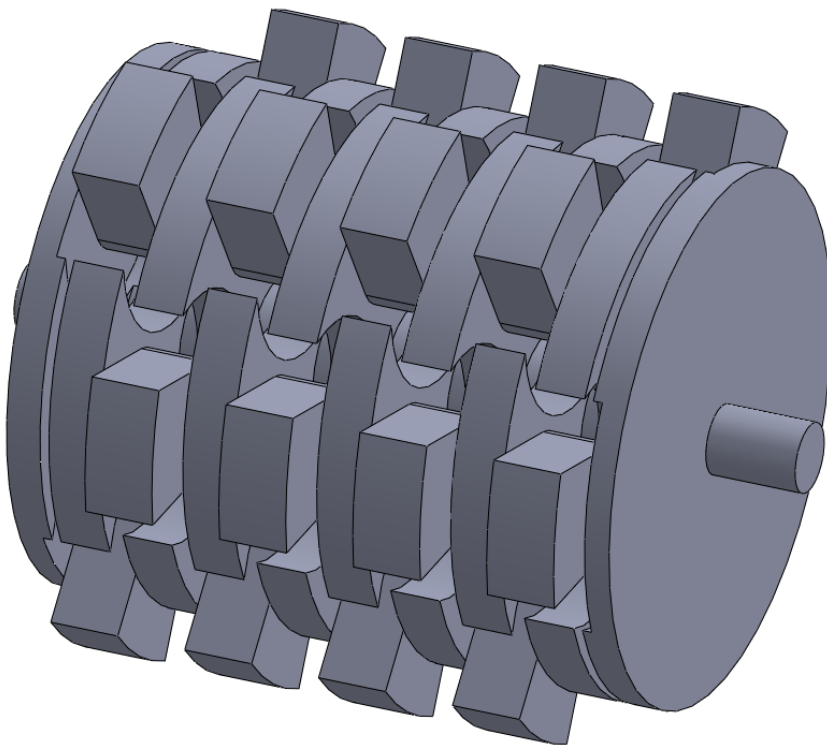
В результаті аналізу літературних та патентних джерел для аналізу обрано дві схеми розташування молотків на роторі -кільцева (рис 1.17 а) та шахова (рис 1.17 б, в, е).

При кільцевому розташуванні молотків виникають такі недоліки: між молотками пролітають значні фракції породи, б'ючи при цьому в торець диска, що призводить до руйнування диска; при ударі молотка про великі фракції відбувається відскік молотка, який, у свою чергу, співударяючись з проміжним кільцем, призводить до його зносу і руйнування деталей ротора. При проведенні планово-попереджувальних ремонтів (ППР) доводиться відновлювати деталі наплавленням, що, у свою чергу, веде до дисбалансу ротора і, як наслідок, до передчасного виходу з ладу підшипників ротора і електроприводу.

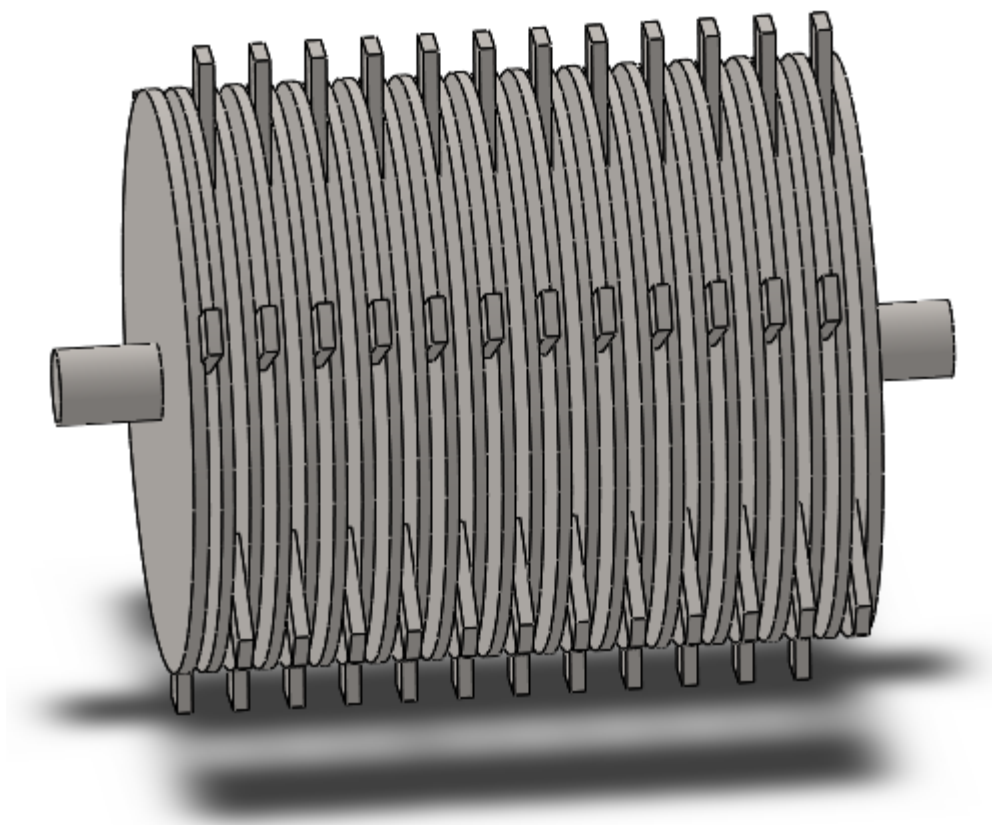
Для усунення цього явища запропоновано змінити конструкцію ротора шляхом установки молотків в різних площинах (рис. 2.1 а), що дозволить перекрити зону падіння породи, усунути удари її про торець диска.

Для усунення цього явища запропоновано змінити конструкцію ротора шляхом установки молотків в різних площинах (рис. 2.1 б), що дозволить перекрити зону падіння породи, усунути удари її про торець диска.

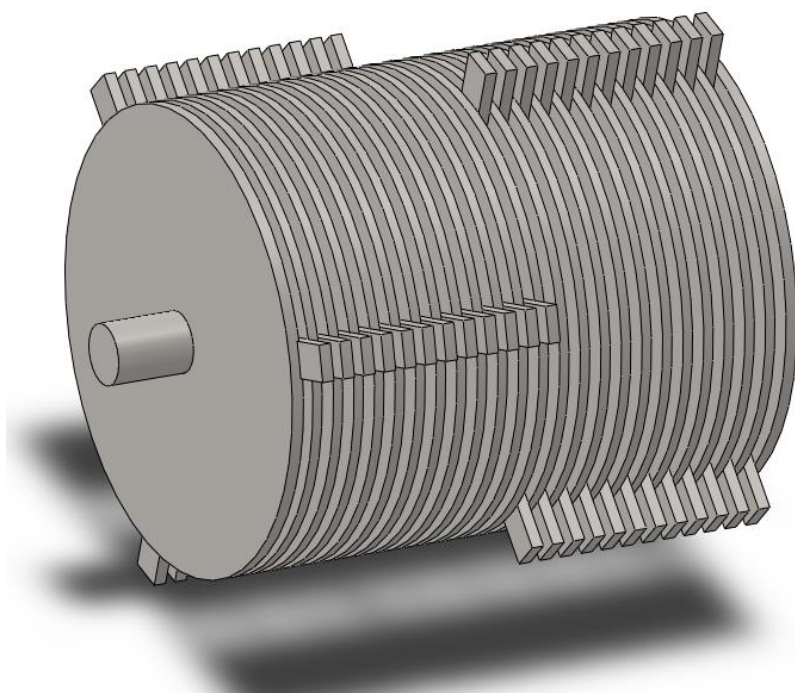
Модель напружено-деформованого стану робочих елементів молоткової дробарки побудована з використанням комп'ютерного пакету Solid Works, визначені деформація і напруження, що виникають в елементах ротора при різних положеннях молотків (рис. 2.1) з урахуванням виду удару.

*a*

6



В



Г

Рис 2.14 -Конструкції роторів: а – з кільцевим розташуванням молотків: б, в, г – з шаховим розташуванням молотків.

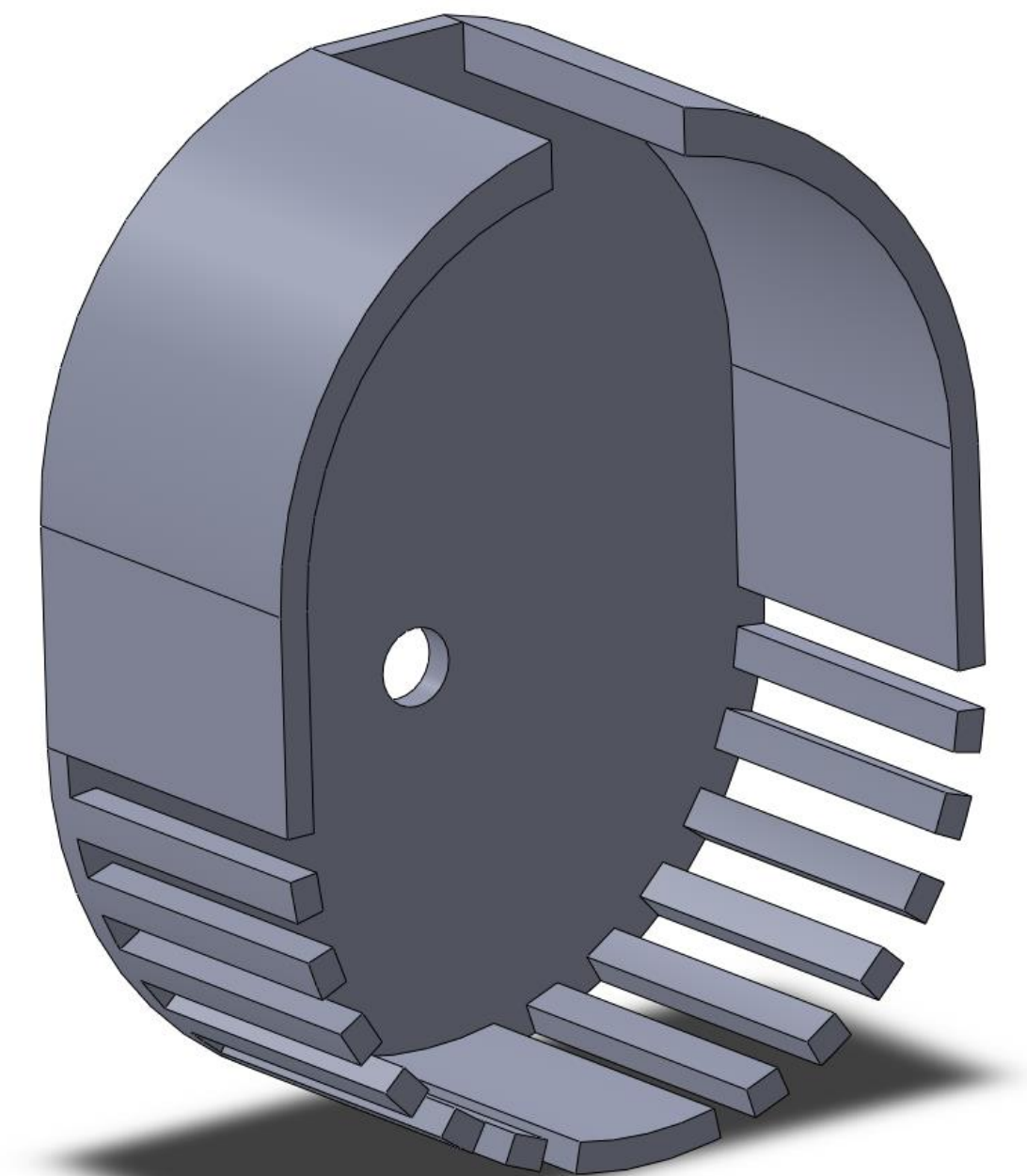


Рис 2.15 - Корпус

Розрахункова модель створена у системі ESSS Rocky (рис 2.16). Розроблені у SolidWorks твердотільні моделі корпусу (1) і ротору (2) заватажені у середовище ESSS Rocky.

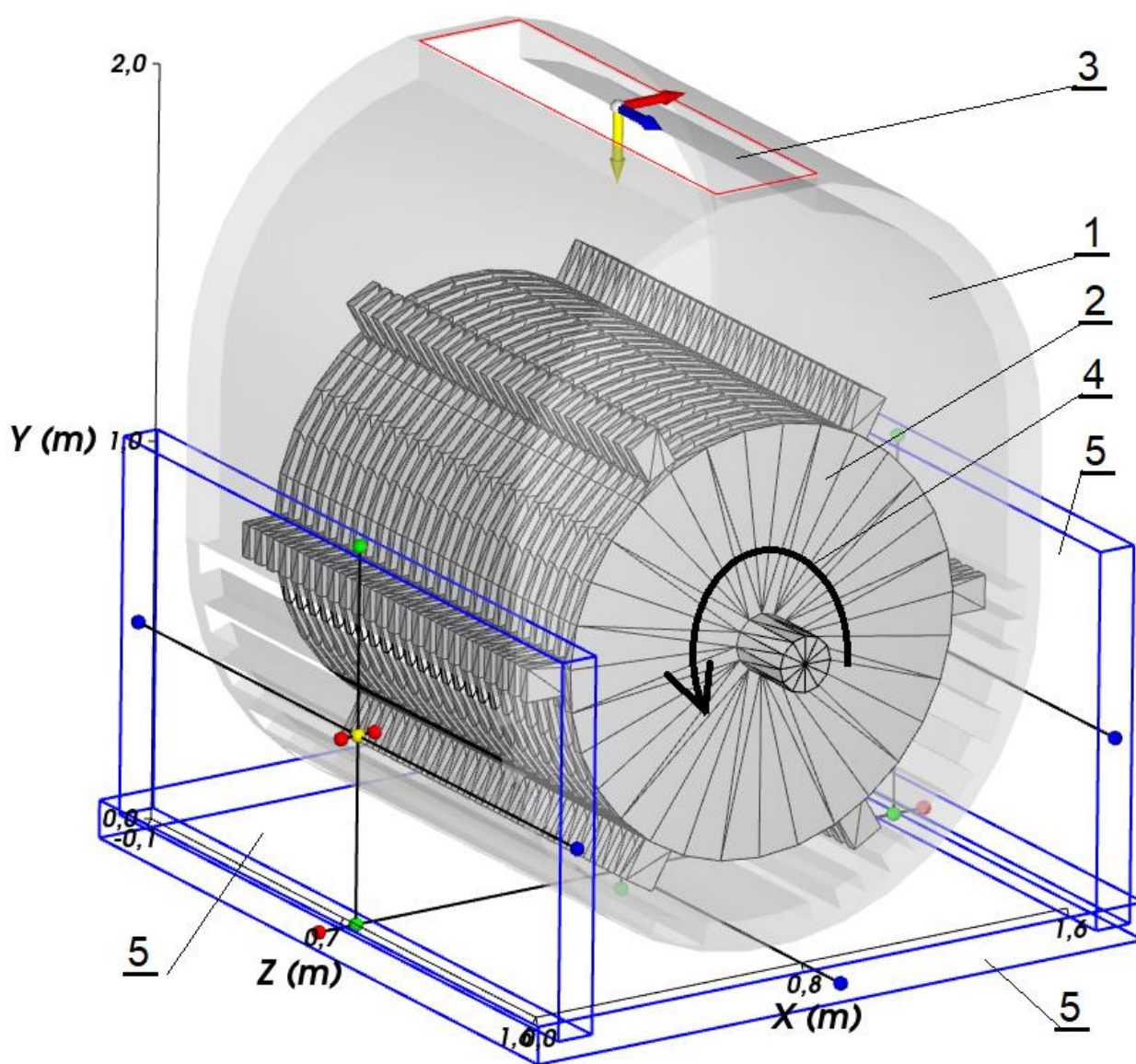


Рис 2.16 – Розрахункова модель у системі ESSS Rocky: 1 – корпус; 2 - ротор; 3 – область завантаження; 4 – напрям обертання ротора; 5 – області підрахунку частинок, що розвантажуються

Встановлені наступні граничні умови:

– область завантаження (3) (рис 2.17) характеризується масовою витратою матеріалу $100 \text{ т/год} =$;

The screenshot shows the 'Data Editors' window with the 'Input' tab selected. The configuration is for 'Continuous Injection <1>' with an 'Entry Point' of 'Inlet <01>'. The 'Standard' tab is active, displaying a table with the following data:

Particle	Mass Flow Rate	Temperature
	t/h	K
Particle <01>	360	0

Рис 2.17 – Параметри області завантаження

—обертання ротора (4) характеризується кількістю обертів 900 об/хв = 103,67рад/с (рис 2.18);

The screenshot shows the 'Motions' window with the 'Curves' tab selected. The configuration is for a 'Rotation' motion. The 'Edit Motion' field shows '[0 1000] s - Rotation'. The 'Start Time' is 0 s and the 'Stop Time' is 1000 s. The 'Type' is 'Rotation'. The 'Geometry' is 'Displace with movement'. The 'Initial Angular Velocity' is 103,673 rad/s, and the 'Angular Acceleration' is 0 rad/s².

Рис 2.19 – Параметри обертання ротора

– області підрахунку частинок, що розвантажуються (5).

У моделі використовується матеріал еліптичної форми (рис 2.20). Розміри частинок: 120 мм (10%) і 250 мм (90%) (рис 2.21).

Додатков умікнено параметр руйнування породи (рим 2.22).

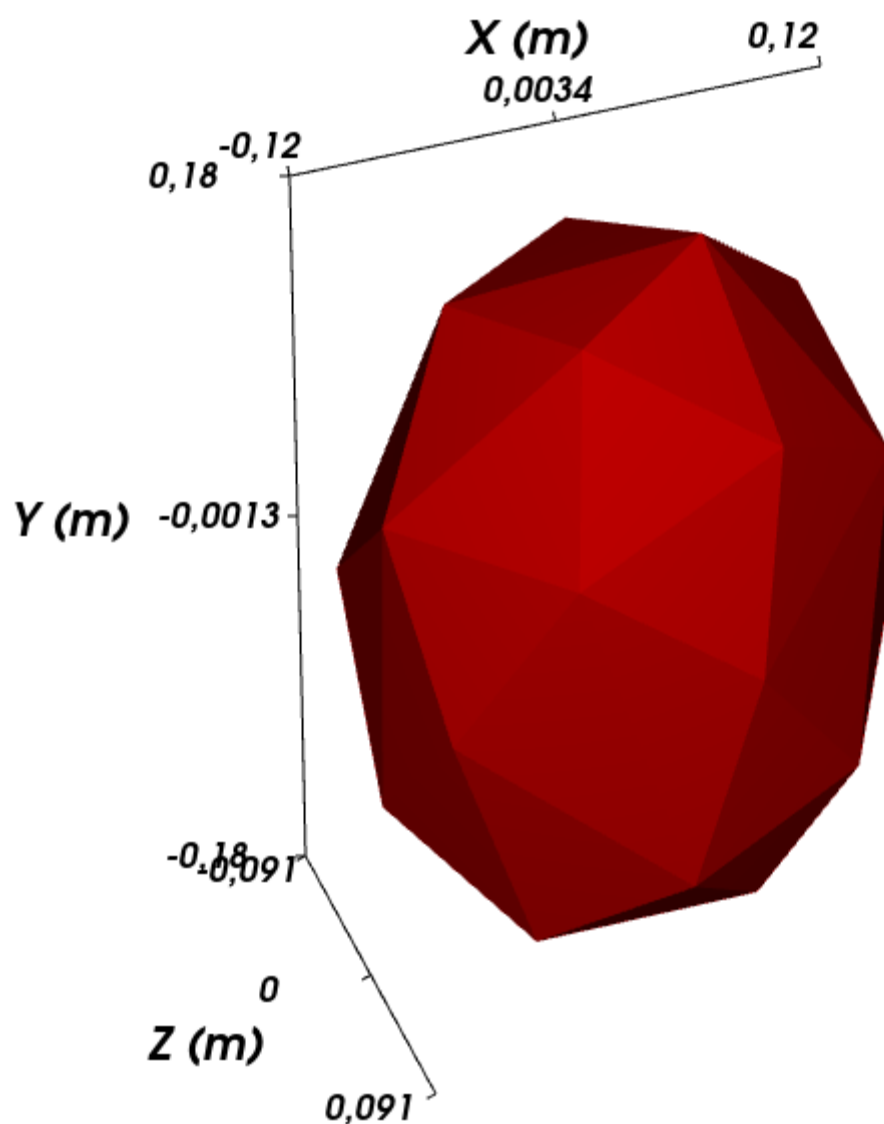


Рис 2.20 – Частина породи

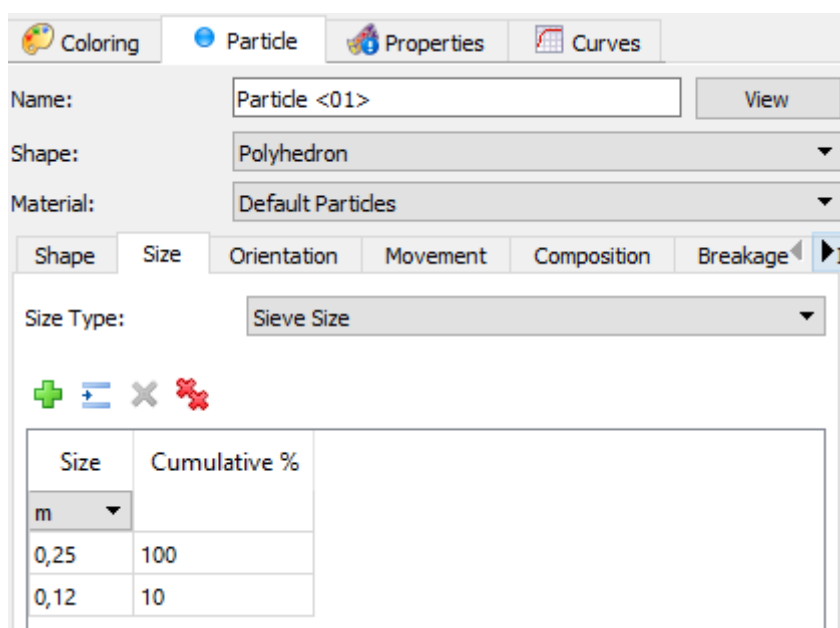


Рис 2.21 – Розміри частинок матеріала

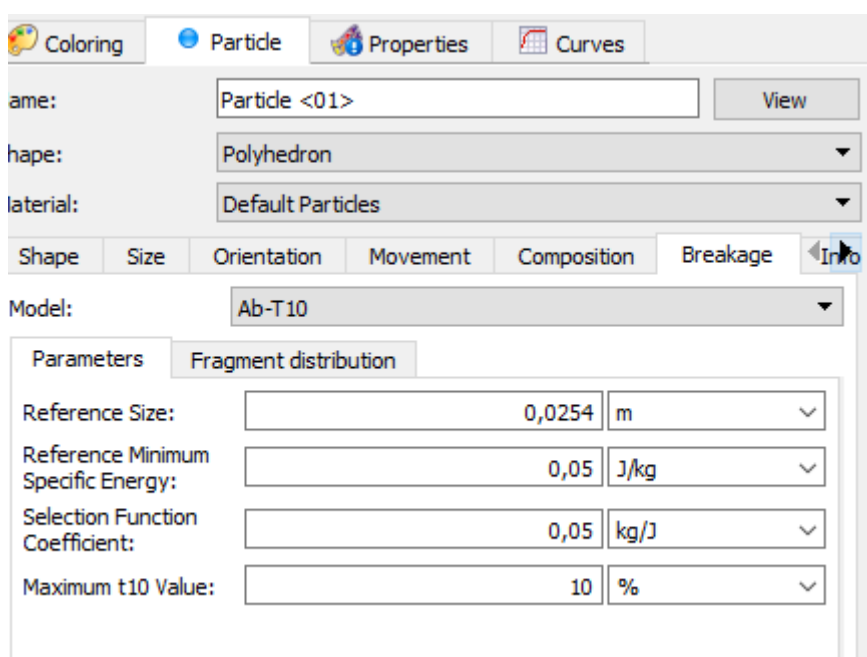


Рис. 2.22 – Параметри руйнування шматків матеріалу

У якості функції відгуку використовується скмарна маса часток роздробленого матеріалу, що розвантажуються з дробарки. Вони фіксуються області підрахунку частинок, що розвантажуються (рис 2.16, поз. 5) і виводяться у вигляду графіків. Параметри налаштування цих зон наведено на рис 2.23.

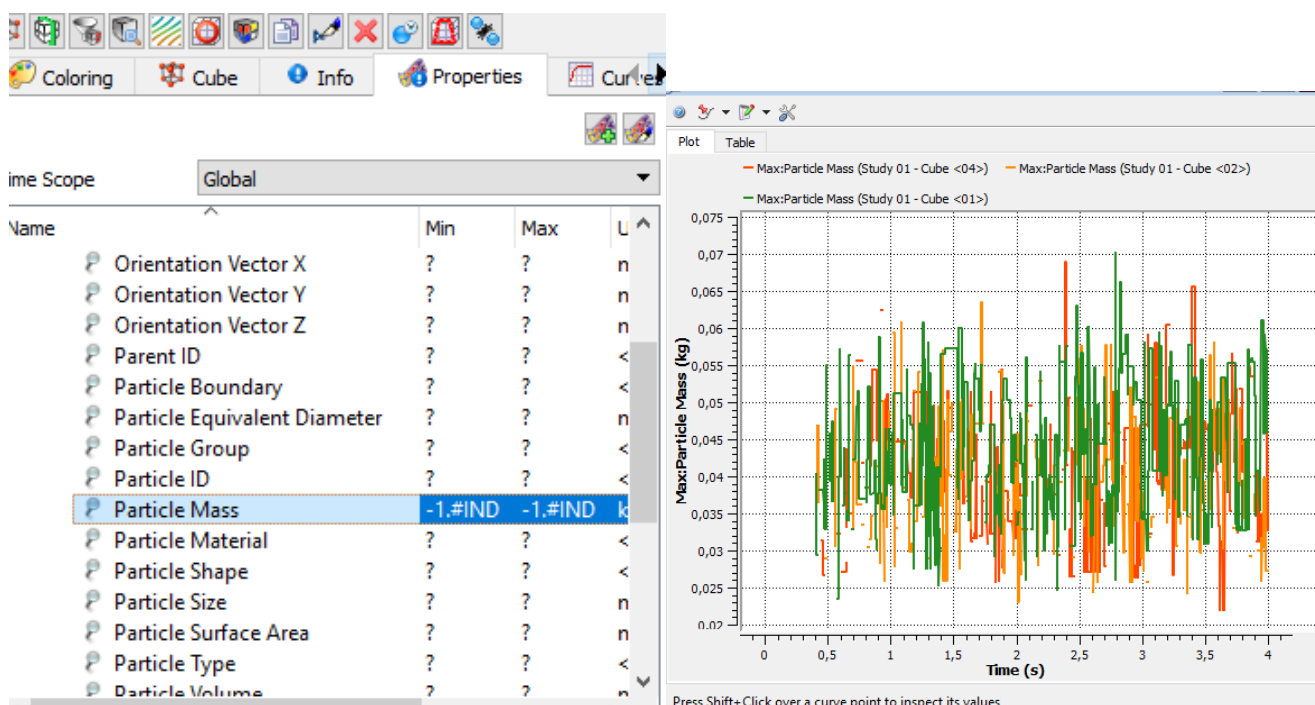


Рис 2.23 – Налаштування областей підрахунку частинок, що розвантажуються

Потім отримані дані математично обробляються і отримуються сумарні маси часток, які розвантажено у кожні зону і загальна розвантажена маса.

2.4. Методика дослідження конструкції молотка

Для визначення раціональної конструкції молотків дробарки необхідно провести аналіз найбільш вживаних конструкцій молотків (рис 1.18. в, г, д)

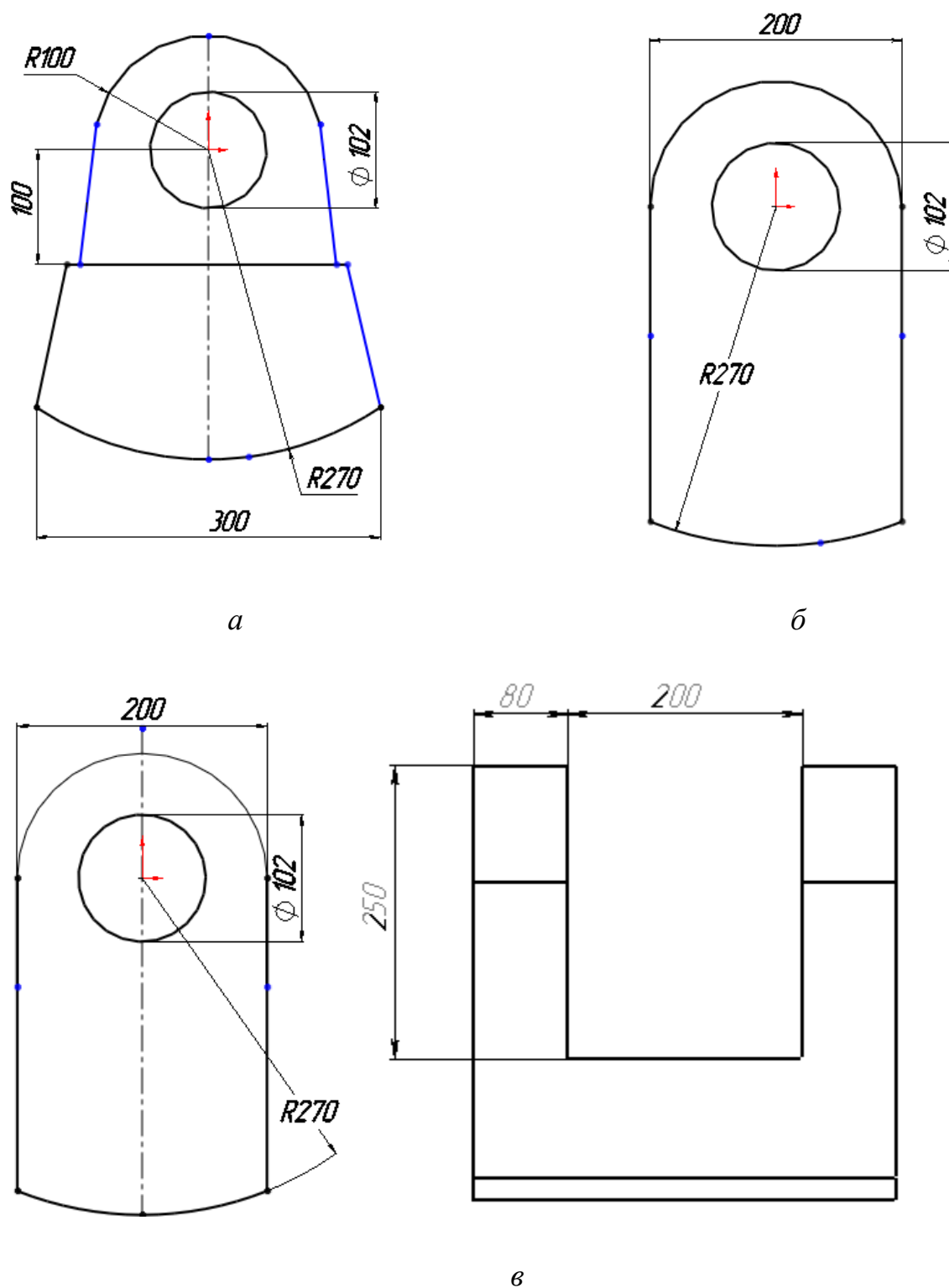


Рис 2.2 – Конструкції молотків

Порівняльний розрахунок молотка проводимо:

- за величиною сили, що діє при обертанні ротора з урахуванням маси молотка

і частини осі підвісу;

Відцентрова сила

$$F_{\text{відц}} = m\omega^2 R = m \frac{v^2}{R} \quad (2.1)$$

де ω – кутова швидкість, рад/с; v – лінійна швидкість, м/с; m – маса тіла, кг; R – відстань між центром мас обертаючогося тіла до осі обертання, м.

- за відстанню між віссю підвіски і центром ваги;

Ударний момент, Нм

$$M_y = m \cdot g \cdot e \quad (2.2)$$

де $m \cdot g$ – вага молотка, Н; e – відстань між центром ваги молотка і віссю підвіски.

- за моментом інерції молотка відносно осі його обертання;

Момент інерції, Нм

$$J = cmL^2, \quad (2.3)$$

де m – маса молотка, кг; L – довжина виміру, узята від центру ваги молотка, м; c – константа інерції $c=2/5$ – для сфери; $c=1/2$ – циліндр, диск.

- за ударним навантаженням.

Енергія удару

$$E = \frac{mv^2}{2} \quad (2.4)$$

Обраний молоток досліджуємо за розробленою методикою (див. п.2.2).

Змінюючи масу молотка, маси шматка породи, визначаємо коефіцієнт взаємозв'язку маси молотка і максимальні деформації породи, кут руйнування β_2 ,⁰, ширину молотка при постійних масі ротора і потужності дробарки.

Для перевірки теорії руйнування виконуємо комп'ютерного моделювання в програмі ANSYS.

Вихідними даними для моделювання є: порода з модулем Юнга $E=3 \cdot 10^8$ Па, коефіцієнт Пуансона $\mu=0,3$, щільність породи $\rho=2,87$ т/м³, міцність $f=8$, діаметр шматка для прямого удару $d=300$ мм, для ковзного – $d=100$ мм; молоток – сталь $\rho=7,8$ т/м³, $E=2 \cdot 10^{11}$ Па, маса m_1 від 50 до 100 кг; ротор – частота обертання $n=590$ об/хв, діаметр ротора $d=1700$ мм.

При моделюванні розглядаємо найбільш небезпечний випадок при руйнуванні породи - це затискання шматка породи між відбійною плитою і молотком.

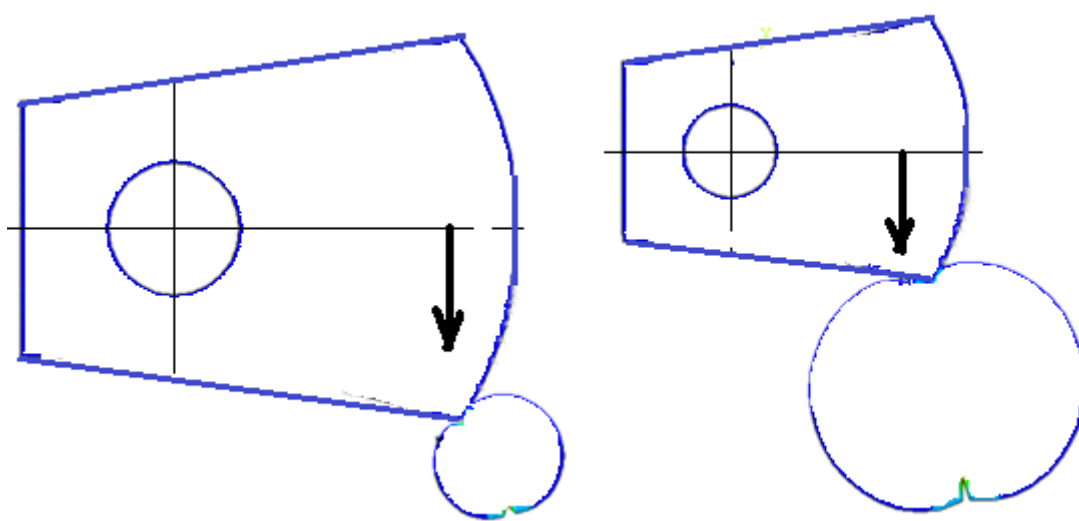


Рис 2.3 – Розрахункова модель.

Висновки до розділу 2

1. Розроблено методику подальших досліджень, що складається з трьох етапів досліджень;
2. Розроблено методику дослідження способів розстановки молотків на роторі для оцінки переваг та недоліків способів розташування, та визначення напружень, що діють у матеріалі валу ротора, який передає крутний момент і постійно відчуває ударні навантаження;
3. Розроблено методику визначення раціональної конструкції молотків дробарки.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ РОТОРІВ МОЛОТКОВИХ ДРОБАРОК

3.1. Дослідження способів розстановки молотків на роторі

Згідно розробленій методики дослідження, проведено 4 дослід з роторами з різними схемами розташування молотків (рис 3.1).

Маса вивантажених часток матеріалу у дробарці з різними роторами наведена на рис 3.2 -3.5. Отримані дані отпрацьовано та представлено у вигляді діаграми (рис 3.6), на якій наведено масу вивантажених часток матеріалу у дробарці залежно від конструкції ротора та області збирання даних.

Якісний аналіз отриманих даних.

Задля більш ретельного аналізу процесу вивантаження зруйнованої породи з дробарки, область збирання даних (рис 2.16, поз.5) розбиро на три ділянки по ходу руху молотків – передня , середня та задня. Отже, крім інформації про як такий процес розвантаження, це дає змогу відслідкувати інтенсивність розвантаження матеріалу на різних ділянках.

Встановлено, що традиційна кільцева схема ротора (рис 2.14, а) дає непоганий результат щодо інтенсивності вивантаження. Вивантаження протікає відносно рівномірно з усіх трьох зон.

Встановлено, що шахова схема з масивними молотками (рис 2.14, б) виявилася найвдалішою, оскільки за час моделювання з дробарки встигло розвантажитися найбільша кількість матеріалу. Причому матеріал швидко розвантажувався з передньої та середньої зон. Це свідчить як про інтенсивність самого процесу дроблення, так і про знижене унесення дробленого матеріалу молотками.

Встановлено, що шахова схема з половинним встановленням молотків (рис 2.14, в) виявилася нанейвдалішою, оскільки за час моделювання з дробарки встигло розвантажитися найменша кількість матеріалу. Причому матеріал більшою мірою розвантажувався з передньої зони, з середньої та задньої зон матеріал розвантажувався майже однаково інтенсивно.

Встановлено, що шахова схема з половонним встановленням молотків (рис 2.14, в) виявилася найневдалішою, оскільки за час моделювання з дробарки встигло розвантажитися найменша кількість матеріалу. Причому матеріал більшою мірою розвантажувався з передньої зони, з середньої та задньої зон матеріал розвантажувався майже однаково інтенсивно.

Встановлено, що шахова схема встановлення молотків (рис 2.14, г) також показала не поганий результат, оскільки за час моделювання з дробарки встигло розвантажитися достатня кількість матеріалу. Причому матеріал рівномірно розвантажувався з усіх зон майже однаково інтенсивно.

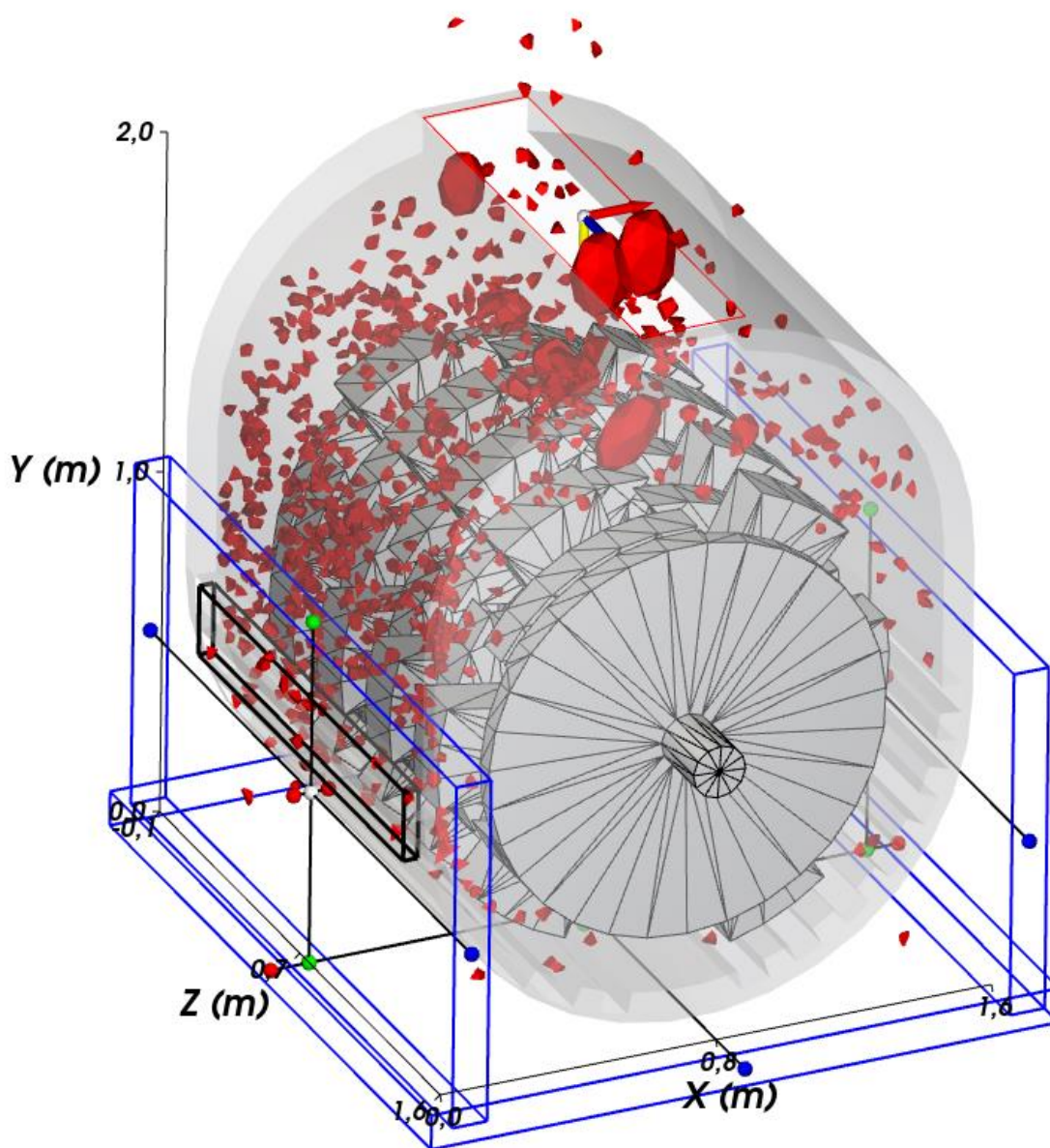


Рис 3.1 – Результат моделювання процесу дроблення у молоткових дробарках

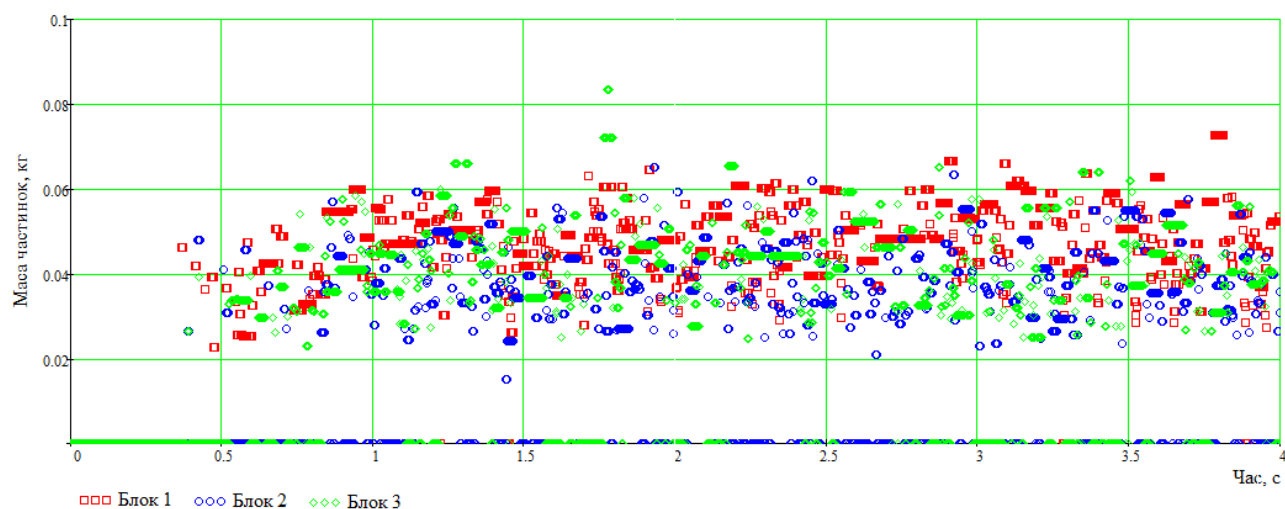


Рис 3.2 – Маса вивантажених часток матеріалу у дробарці з ротором 1

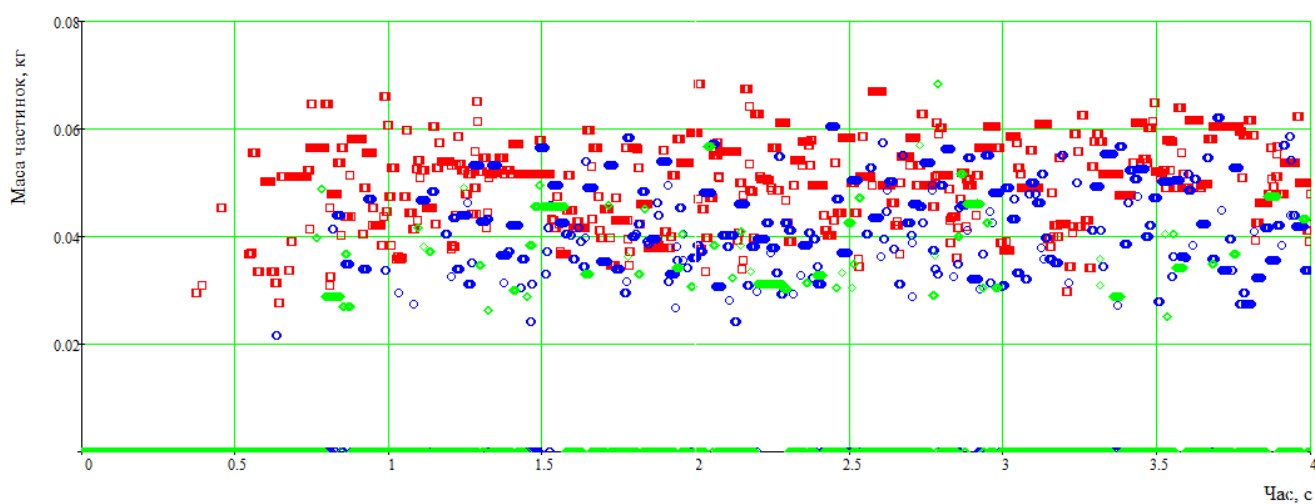


Рис 3.3 – Маса вивантажених часток матеріалу у дробарці з ротором 2

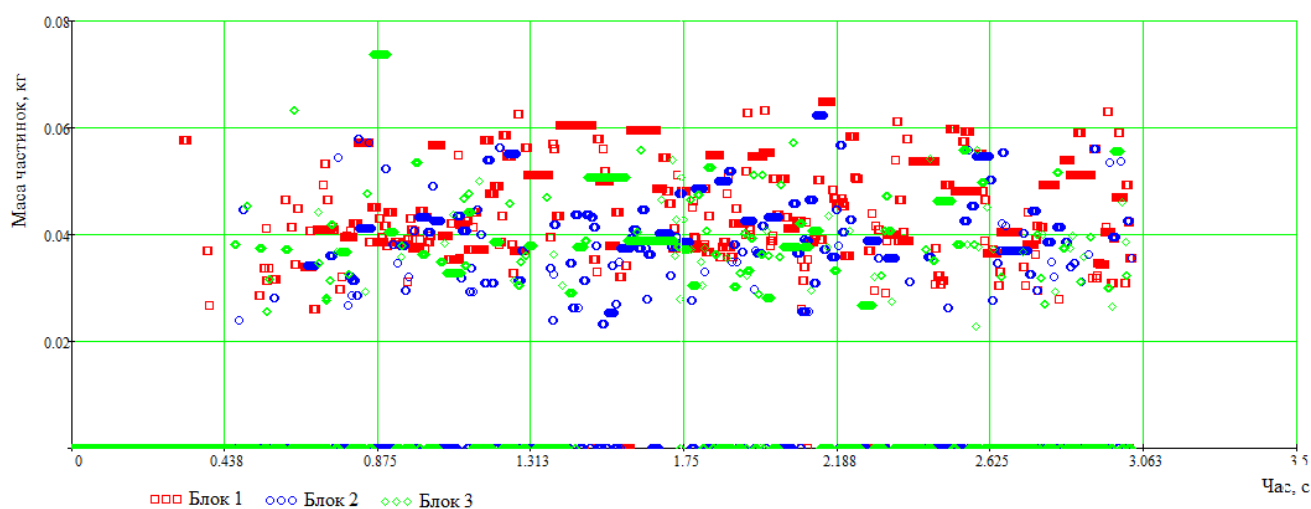


Рис 3.4 – Маса вивантажених часток матеріалу у дробарці з ротором 3

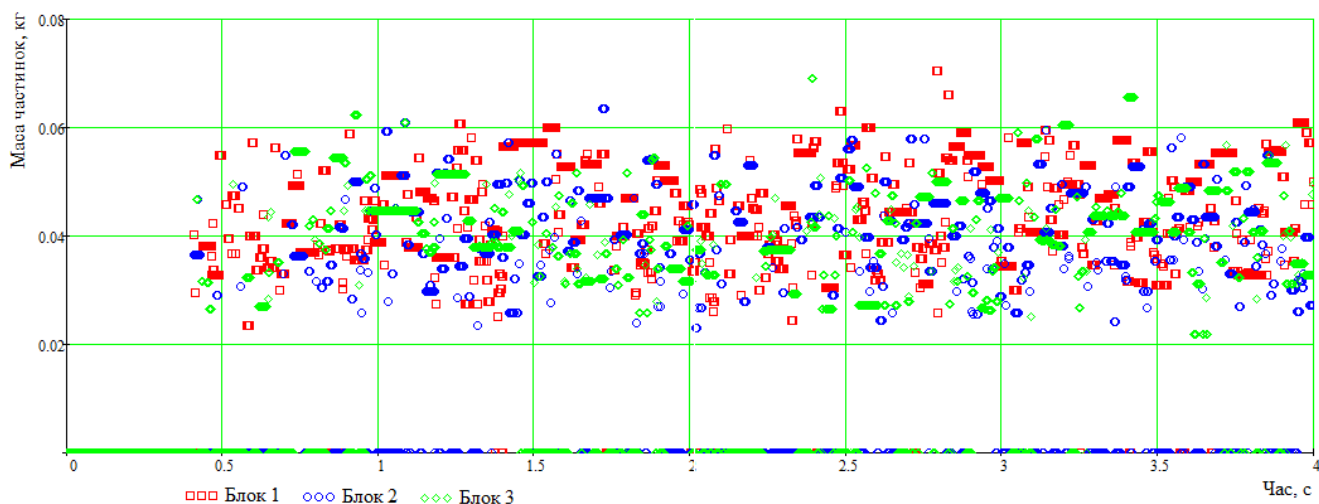


Рис 3.5 – Маса вивантажених часток матеріалу у дробарці з ротором 4

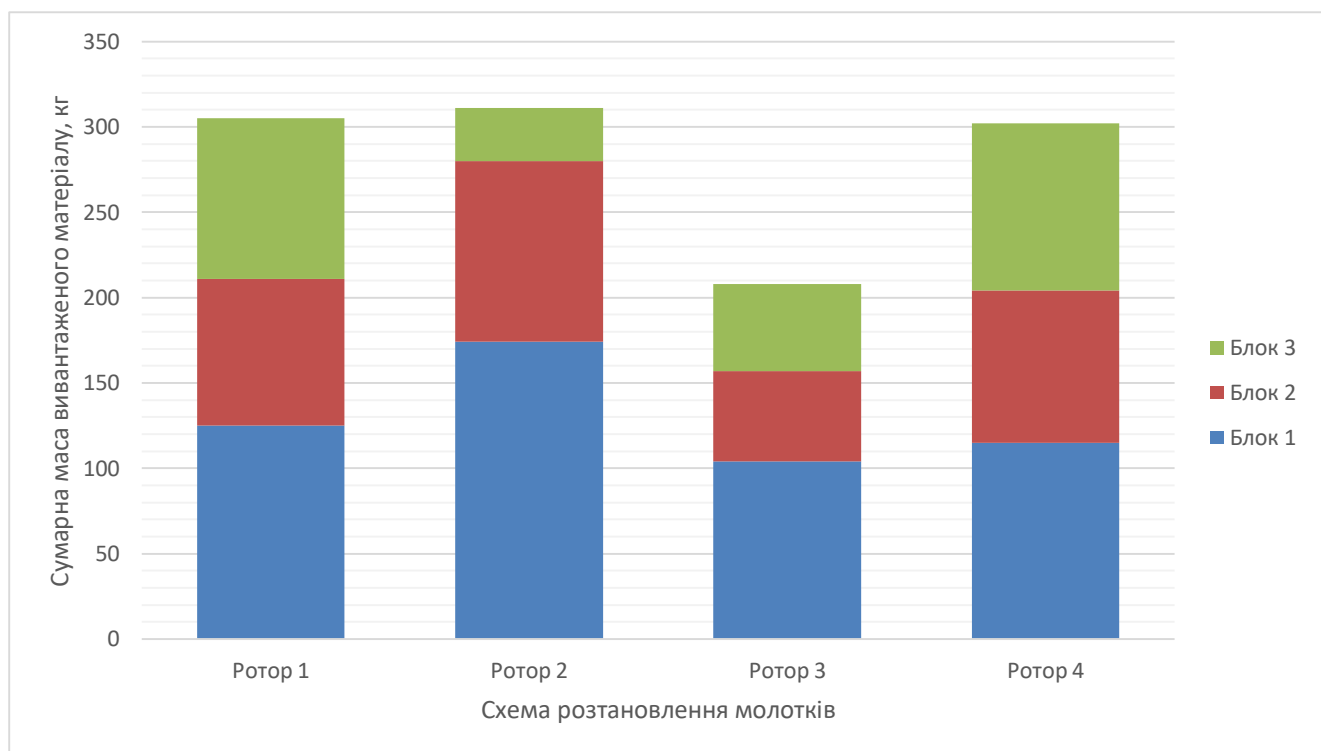


Рис 3.6 – Маса вивантажених часток матеріалу у дробарці залежно від конструкторської ротора та області збирання даних.

Додатков можна сказати, що при кільцевому і шаховому розташуванні молотків (схеми 1,3,4) між молотками пролітають значні фракції породи, б'ючи при цьому в торець диска, що призводить до руйнування диска; при ударі молотка о великі фракції відбувається відскік молотка, що призводить до його зносу і руйнування

деталей ротора. При проведенні планово -попереджувальних ремонтів (ППР) доводиться відновлювати деталі наплавленням , що , у свою чергу , веде до дисбалансу ротора і , як наслідок , до передчасного виходу з ладу підшипників ротора і електроприводу.

У табл. 3.1 наведені розрахункові параметри, отримані для двох схем установок молотків на диски ротора з урахуванням виду удару (прямого і ковзного).

Таблиця 3.1 - Порівняльний аналіз варіантів установки молотків

Показники	Кільцева Установка (дрібні молотки)	Шахова Установка, (крупні молотки)
Оберт вала ротора, град	90	45
Частота обертання вала ротора, хв^{-1} (с^{-1})	590 (9,8)	750 (12,5)
Час між ударами, с	0,026	0,013
Шлях, що пройдено шматком породи, м	0,0052	0,0017
Кількість молотків, шт	40	20
Маса молотків, кг	55	80
Загальна вага молотків, кг	2200	1600
Кількість дисків, шт, з них:	11	7
- крайніх	2	2
- проміжних	9	5
Маса дисків, кг	9510	7880
- крайніх	750	750
- проміжних	890	1276
Загальна маса ротора, кг	14356	12174
Потужність двигуна, кВт	400	400
Продуктивність, т/год	290	370
Зусилля дроблення, кН	7,62	5,99
- що приходить на один молоток	0,76	1,2
Розподілення навантаження на валу, кН	104,2	89,1
Максимальний згинаючий момент, кН·м	83,3	71,2
Обертальний момент, кН·м	6,48	5,09
Величина сили, що діє на диск, кН	132,6	336,5
Товщина диска, мм	62	105
Запас міцності диска	5,34	4,5
Коефіцієнт запасу міцності вала:		
- за нормальними напруженнями	8,1	8,8
- за дотичними напруженнями	20,3	27,2
Загальний запас міцності	7,52	8,4
Довговічність підшипників вала ротора, год	$2,9 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^4$

Ресурс роботи молоткової дробарки при шаховому розташуванні крупних молотків підвищився в 1,5 рази , на відміну від кільцевої установки. При цьому

відбулося зниження навантажень в підшипниках дробарки та зменшення навантаження на вал ротора. Це дає збільшення часу безаварійної роботи. Таким чином, шахова установка молотків на роторі за багатьма параметрами перевершує кільцеву установку і є більш раціональною.

Модель напружено-деформованого стану робочих елементів молоткової дробарки побудована з використанням комп'ютерного пакету Solid Works, визначені деформація і напруження, що виникають в елементах ротора при різних положеннях молотків (рис. 3.7) з урахуванням виду удару.

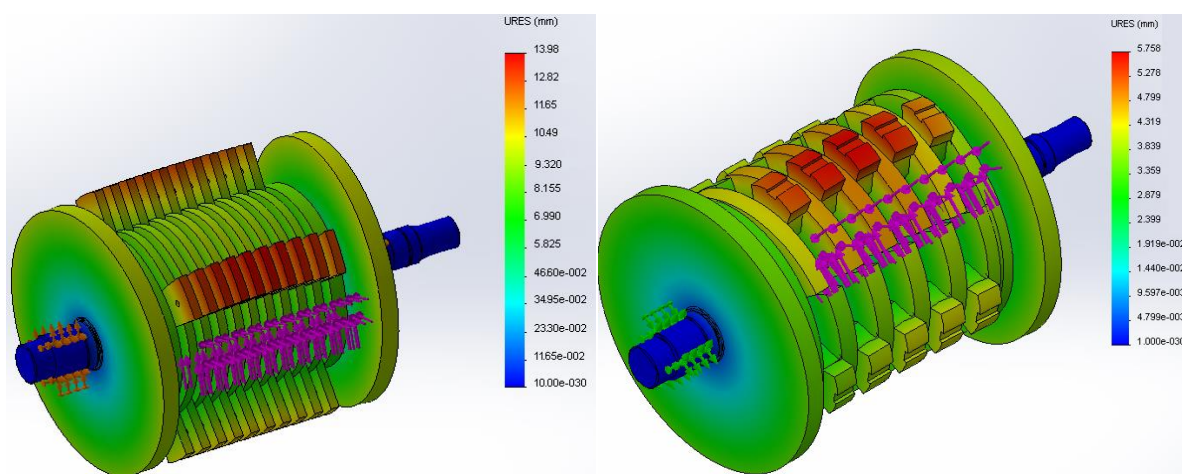


Рис. 3.7. Розрахункова модель двох видів роторів

3.2. Дослідження конструкції молотка

Згідно із розробленою методикою проводимо аналіз найбільш вживаних конструкцій молотків.

Результати розрахунку наведено у табл. 3.2

Таблиця 3.2 - Результати розрахунку молотків

№ з/п	Маса молотка, кг	Відстань між центром ваги молотка і віссю підвіски	Відцентрова сила, Н	Ударний момент, Нм	Момент інерції	Енергія удару, Дж
1	66,933	0,14	363223,6	91,83208	9,035955	137116,9
2	42,391	0,098	265384,7	40,71232	5,722785	100182,7
3	91,066	0,137	551457,2	94,2652	10,29391	145925,1

Встановлено, що найбільш вдала конструкція молотка, що забезпечує максимальне ударне навантаження, є конструкція молотка представлена на рис 2.2 в.

Надалі розраховуємо цю конструкцію.

Враховуючи математичну модель впливу ковзаючого удару на руйнування шматка породи в робочому просторі молоткової дробарки і теорію Герца, згідно з якою сила дроблення знаходиться в прямій залежності від маси молотка і маси породи при дробленні, задаємо значення кута контакту молотка з породою в початковий момент β_1 , визначимо кут β_2 , при якому відбудеться руйнування породи для різних мас молотка.

Визначаємо розміри молотка, що задовольняють вимогам руйнування породи. Розрахунокт проводимо для шматка породи діаметром 100 мм, при цьому значення кута $\beta_1 = 80^\circ$ (визначений графічно). Згідно теорії руйнування величина на зміщення центру інерції шматка складає для молотків різної маси від 0,017 до 0,025 мм, а маса молотків – від 50 до 100 кг (табл. 3.2). Підставивши дані значення в формулу (3.11), отримаємо: значення кута β_2 змінюється від 40° до 70° . При цьому саме краще руйнування породи відбувається при масі молотка, рівною 80 кг.

Теорія руйнування була перевірена з допомогою комп'ютерного моделювання в програмі ANSYS 11.0. Вихідними даними для моделювання є: порода – глинистий боксит, модуль Юнга $E=3 \cdot 10^8$ Па, коефіцієнт Пуансона $\mu=0,3$, щільність породи $\rho=2,87$ т/м³, міцність $f=8$, діаметр шматка для прямого удару $d=300$ мм, для ковзного – $d=100$ мм; молоток – сталь $\rho=7,8$ т/м³, $E=2 \cdot 10^{11}$ Па, маса m_1 від 50 до 100 кг; ротор – частота обертання $n=590$ об/хв, діаметр ротора $d=1700$ мм.

Розглянуто найбільш небезпечний випадок при руйнуванні породи - це затискання шматка породи між відбійною плитою і молотком. Зсув у точці дотику молотка з породою становить близько 80 мм, в центрі породи - 50 мм, молоток ж при ударі відскакує від породи на 90 мм.

Таблиця 3.3 – Розрахункові параметри молотків при діаметрі шматка 100 мм

Маса молотка, кг	Коэф. взаємозв'язку маси молотка и маси шматка породи	Макс. де-формація породи, м	Кут руйнування $\beta_2, ^\circ$	Ширина молотка, мм	Маса ротора, т	Потужність дробарки, кВт
50	0,704	0,0145	48	110	11,52	379
60	0,702	0,0162	54	132	11,78	388
70	0,699	0,0173	57	175	11,99	394
80	0,697	0,0181	62	208	12,17	400
90	0,696	0,0192	63	241	12,39	408
100	0,695	0,0193	63,5	278	12,62	414

Виникаючі напруги формують щілину в породі , при міцності породи 300 МПа з'являються ділянки з навантаженням 341 МПа. Крім того , створюються зони підвищеної напруги в молотку , які виникають в зоні удару (знос молотка) і в зоні кріплення молотків. При діаметрі шматка 100 мм виникають деформації в породі , значення яких більше 40 мм . Максимальні напруги в породу 218 МПа. На рис. 5 показані сумарні деформації і видно, що при прямому ударі формується тріщина шириною 1,5 мм , а при ковзному ударі - 1 мм.

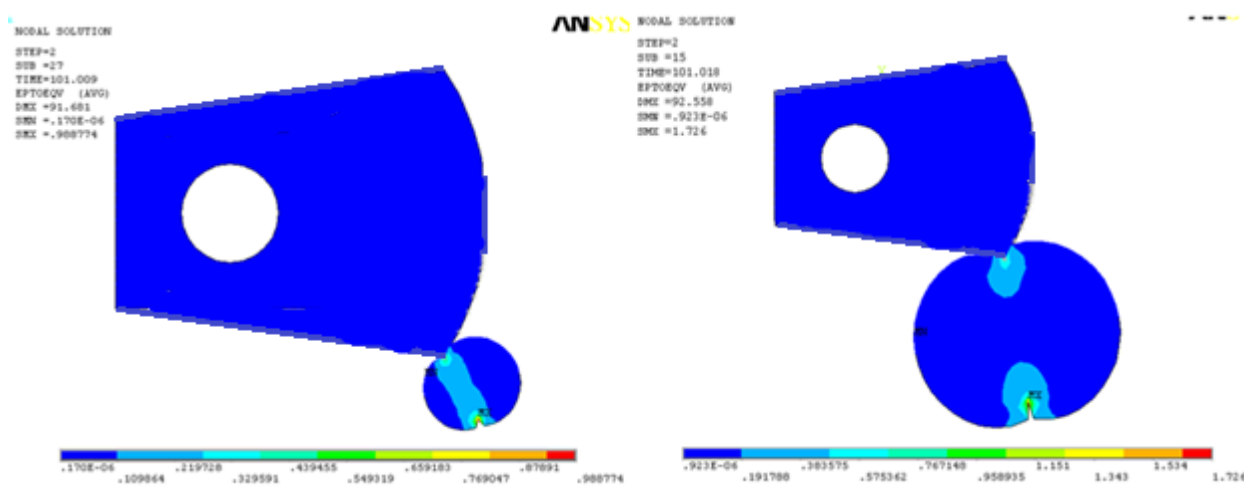


Рис 3.3 – Сумарна деформація породи при ковзаю чому і прямому ударах.

На підставі наведених розрахунків вибираємо геометричні параметри молотка. Товщина молотка вибирається з умови перекриття валу ротора установкою молотків в шаховому порядку , вона дорівнює 150 мм, висота приймається з урахуванням теорії ковзаючого удару , тобто відстань між краєм молотка і відбійною плитою повинно бути 100 мм , що відповідає вихідного

шматку породи ; ширина молотка становить 300 мм, що відповідає максимальному розміру шматка живлення.

Висновки до розділу 3

1. Встановлено, що традиційна кільцева схема ротора дає непоганий результат щодо інтенсивності вивантаження. Вивантаження протікає відносно рівномірно з усіх трьох зон.
2. Встановлено, що шахова схема з масивними молотками виявилася найвдалішою, оскільки за час моделювання з дробарки встигло розвантажитися найбільша кількість матеріалу. Причому матеріал швидко розвантажувався з передньої та середньої зон. Це свідчить як про інтенсивність самого процесу дроблення, так і про знижене унесення дробленого матеріалу молотками.
3. Встановлено, що шахова схема з половинним встановленням молотків виявилася нанейвдалішою, оскільки за час моделювання з дробарки встигло розвантажитися найменша кількість матеріалу. Причому матеріал більшою мірою розвантажувався з передньої зони, з середньої та задньої зон матеріал розвантажувався майже однаково інтенсивно.
4. Встановлено, що шахова схема з половинним встановленням молотків виявилася нанейвдалішою, оскільки за час моделювання з дробарки встигло розвантажитися найменша кількість матеріалу. Причому матеріал більшою мірою розвантажувався з передньої зони, з середньої та задньої зон матеріал розвантажувався майже однаково інтенсивно.
5. Встановлено, що шахова схема встановлення молотків також показала не поганий результат, оскільки за час моделювання з дробарки встигло розвантажитися достатня кількість матеріалу. Причому матеріал рівномірно розвантажувався з усіх зон майже однаково інтенсивно.
6. Досліджено способи розстановки молотків на роторі. Ресурс роботи молоткової дробарки при шаховому розташуванні молотків підвищився в

1,5 рази , на відміну від кільцевої установки. При цьому відбувається зниження навантажень в підшипниках дробарки та зменшення навантаження на вал ротора, а деформація і напруження, що виникають в елементах ротора при різних положеннях молотків з урахуванням виду удару, не перевищують запасу міцності. Це дає збільшення часу безаварійної роботи. Таким чином , шахова установка молотків на роторі за багатьма параметрами перевершує кільцеву установку і є більш раціональною.

7. Проведено дослідження конструкцій молотків. . Встановлено, що найбільш вдала конструкція молотка, що забезпечує максимальне ударне навантаження, є конструкція молотка представлена на рис 2.2 в.
8. Визначено раціональні розміри молотка, що задовольняють вимогам руйнування породи. Встановлено, що саме краще руйнування породи відбувається при масі молотка, рівною 80 кг.
9. Теорія руйнування була перевірена з допомогою комп'ютерного моделювання в програмі ANSYS 11.0. На підставі наведених розрахунків обрано геометричні параметри молотка. Товщина молотка вибирається з умови перекриття валу ротора установкою молотків в шаховому порядку , вона дорівнює 150 мм, висота приймається з урахуванням теорії ковзаючого удару , тобто відстань між краєм молотка і відбійною плитою повинно бути 100 мм , що відповідає вихідного шматку породи ; ширина молотка становить 300 мм, що відповідає максимальному розміру шматка живлення.
10. На підставі проведеного аналізу процесу ударної взаємодії молотків з шматками гірської породи встановлені раціональні області застосування запропонованих режимів удару: - руйнування великих шматків породи слід робити прямим ударом зважаючи на великі значень ударних сил ; - середні шматки доцільно руйнувати в режимі ковзного удару , щоб забезпечити підвищену ступінь дроблення;

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі на основі виконаних досліджень дано рішення актуальної наукової задачі - удосконалення конструктивних параметрів робочого органу молоткової дробарки, які забезпечують збільшення міжремонтних періодів обладнання, підвищення ефективності його роботи і зниження маси дробарки.

1. Встановлено, що традиційна кільцева схема ротора дає непоганий результат щодо інтенсивності вивантаження. Вивантаження протікає відносно рівномірно з усіх трьох зон.
2. Встановлено, що шахова схема з масивними молотками виявилася найвдалішою, оскільки за час моделювання з дробарки встигло розвантажитися найбільша кількість матеріалу. Причому матеріал швидко розвантажувався з передньої та середньої зон. Це свідчить як про інтенсивність самого процесу дроблення, так і про знижене унесення дробленого матеріалу молотками.
3. Встановлено, що шахова схема з половинним встановленням молотків виявилася нанейвдалішою, оскільки за час моделювання з дробарки встигло розвантажитися найменша кількість матеріалу. Причому матеріал більшою мірою розвантажувався з передньої зони, з середньої та задньої зон матеріал розвантажувався майже однаково інтенсивно.
4. Встановлено, що шахова схема з половинним встановленням молотків виявилася нанейвдалішою, оскільки за час моделювання з дробарки встигло розвантажитися найменша кількість матеріалу. Причому матеріал більшою мірою розвантажувався з передньої зони, з середньої та задньої зон матеріал розвантажувався майже однаково інтенсивно.
5. Встановлено, що шахова схема встановлення молотків також показала не поганий результат, оскільки за час моделювання з дробарки встигло розвантажитися достатня кількість матеріалу. Причому матеріал рівномірно розвантажувався з усіх зон майже однаково інтенсивно.

6. Досліджено способи розстановки молотків на роторі. Ресурс роботи молоткової дробарки при шаховому розташуванні молотків підвищився в 1,5 рази , на відміну від кільцевої установки. При цьому відбувається зниження навантажень в підшипниках дробарки та зменшення навантаження на вал ротора, а деформація і напруження, що виникають в елементах ротора при різних положеннях молотків з урахуванням виду удару, не перевищують запасу міцності. Це дає збільшення часу безаварійної роботи. Таким чином , шахова установка молотків на роторі за багатьма параметрами перевершує кільцеву установку і є більш раціональною.
7. Проведено дослідження конструкцій молотків. . Встановлено, що найбільш вдала конструкція молотка, що забезпечує максимальне ударне навантаження, є конструкція молотка представлена на рис 2.2 в.
8. Визначено раціональні розміри молотка, що задовольняють вимогам руйнування породи. Встановлено, що саме краще руйнування породи відбувається при масі молотка, рівною 80 кг.
9. Теорія руйнування була перевірена з допомогою комп'ютерного моделювання в програмі ANSYS 11.0. На підставі наведених розрахунків обрано геометричні параметри молотка. Товщина молотка вибирається з умови перекриття валу ротора установкою молотків в шаховому порядку , вона дорівнює 150 мм, висота приймається з урахуванням теорії ковзаючого удару , тобто відстань між краєм молотка і відбійною плитою повинно бути 100 мм , що відповідає вихідного шматку породи ; ширина молотка становить 300 мм, що відповідає максимальному розміру шматка живлення.
10. На підставі проведеного аналізу процесу ударної взаємодії молотків з шматками гірської породи встановлені раціональні області застосування запропонованих режимів удару: - руйнування великих шматків породи слід робити прямим ударом зважаючи на великі значень

ударних сил ; - середні шматки доцільно руйнувати в режимі ковзного удару , щоб забезпечити підвищену ступінь дроблення;