

Національна академія наук України
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова

ЛОГІНОВА АНАСТАСІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА



УДК 621.926.4 (043.3)

РЕЗЕРВ
ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА КІНЕМАТИЧНОЇ
СХЕМИ УДАРНО-ВІДЦЕНТРОВОГО ДЕЗІНТЕГРАТОРА

05.05.06 – «Гірничі машини»

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпро – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі основ конструювання механізмів і машин Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» (м. Дніпро) Міністерства освіти і науки України та у відділі механіки машин і процесів переробки мінеральної сировини Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова (м. Дніпро) Національної академії наук України.

Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент

Зіборов Кирило Альбертович, завідувач кафедри основ конструювання механізмів і машин Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» (м. Дніпро) Міністерства освіти і науки України.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Виноградов Борис Володимирович, завідувач кафедри обладнання хімічних виробництв Державного ВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет» (м. Дніпро) Міністерства освіти і науки України;

кандидат технічних наук

Олійник Максим Олегович, старший викладач кафедри збагачення корисних копалин і хімії Державного ВНЗ «Криворізький національний університет» (м. Кривий Ріг) Міністерства освіти і науки України.

Захист відбудеться “09” лютого 2018 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.188.01 Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України за адресою: 49005, м. Дніпро, вул. Симферопольська, 2а, факс (0562) 46 24 26.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України за адресою: 49005, м. Дніпро, вул. Симферопольська, 2а.

Автореферат розісланий “09” січня 2018 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
доктор технічних наук, проф.



В.Г. Шевченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи.

Підвищення інтенсивності робіт в сучасній гірничій промисловості вимагає створення нових, більш ефективних, технологій переробки сировини, що, в свою чергу, призводить до необхідності модернізації існуючих і створення принципово нових машин. Істотно підвищилися вимоги до енерго- і металоємності машин та їх надійності. Дезінтеграція мінеральної сировини є найбільш енергоємним процесом в гірничо-збагачувальному виробництві. Через високу енергоефективність процесу переробки гірничої маси в дезінтеграторах ударно-відцентрового типу, в порівнянні з іншими типами дезінтеграторів, вони стають дедалі поширенішими. Ударно-відцентрові дезінтегратори (УВД) використовуються для переробки рудних і нерудних матеріалів, селективного дроблення, виділення металів з шлаку, виробництва гравію і піску різної крупності.

Одним з характерних недоліків, що суттєво обмежує використання УВД і знижує їх конкурентоспроможність, є їх порівняно низька надійність через високу вразливість і зношування підшипників опорного вузла робочого органу внаслідок коливань валу ротора, викликаних впливом технологічних навантажень. Аналіз науково-технічної літератури показав високу винахідницьку активність в цій області і, як наслідок, велику різноманітність технічних рішень з підвищення довговічності підшипників опорного вузла за рахунок введення в конструкцію різних демпфуючих елементів і схем їх встановлення, зокрема елементів, заснованих на демпфуючих властивостях рідин та газів під надлишковим тиском і електромагнітних сил, що мають високу складність та вартість виготовлення і експлуатації. На сьогоднішній день найбільш поширеним є застосування гумових пружно-дисипативних елементів, що зумовлено як економічними, так і технічними факторами, такими як надійність, простота виконання, малі розміри і вага.

Проте, довговічність гумових віброізоляторів валу ротора УВД в реальних умовах експлуатації (в ряді випадків) менше, ніж їх прогнозована довговічність, розрахована відповідно до стендових випробувань. Проведений аналіз показав, що однією з характерних особливостей умов експлуатації УВД на гірничих підприємствах є наявність вологого агресивного середовища, що викликано специфікою технології переробки гірської маси. При цьому у деяких вміщуючих породах є сірковмісні елементи (зокрема пірити та халькопірити), які в даних умовах створюють кислотне агресивне середовище, що і призводить до фактичного зниження довговічності гумових елементів. Однак, на сьогоднішній день, при прогнозуванні параметру довговічності гумових елементів обладнання не враховується ефект старіння в умовах агресивного середовища. Результатом чого стає передчасний вихід з ладу опорного вузла робочого органу і аварійна зупинка обладнання.

Другим, характерним для цього виду обладнання недоліком є те, що існуюча кінематична схема не дозволяє підвищити ефективність дезінтеграції

гірської маси, так як передбачає руйнування матеріалу шляхом впливу ударних стискаючих навантажень. Однак, відповідно до теорії Кулона-Нав'є, відомо, що найбільш енергоефективним підходом до руйнування сировини є використання способів і засобів, що реалізують переважно зсувні навантаження, що, в даному випадку, потребує удосконалення або створення принципово нових кінематичних схем УВД.

Таким чином, встановлення впливу ефекту старіння в умовах кислотного агресивного середовища на довговічність гумових елементів опорного вузла робочого органу ударно-відцентрових дезінтеграторів, а також обґрунтування кінематичної схеми дезінтеграторів ударно-відцентрового типу, що забезпечує руйнування матеріалу переважно ударними зсувними навантаженнями, на підставі встановлених залежностей продуктивності та споживаної потужності від зміни режимних, конструктивних параметрів УВД і параметрів початкового матеріалу є **актуальною науковою задачею**, що має суттєве значення для гірничо-переробної промисловості.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Автор роботи є виконавцем окремих етапів держбюджетної теми № III-64-15 «Удосконалення технологій та обладнання для підвищення ефективності ведення гірничих робіт за рахунок обґрунтування раціональних параметрів нових технічних рішень» (№ 0115U002145) та окремих етапів розділу «Обґрунтування параметрів обладнання і технологій комплексної безвідходної переробки техногенних родовищ мінеральної сировини» держбюджетної теми № III-70-17 «Динамічні режими геотехнічних систем» (№ 0117U003056), а також держбюджетної теми III-65-15 «Розвиток теорії та методів підвищення безпечного функціонування геотехнологічних систем «гірничий масив – гірничі машини з еластомерними елементами» (№ 0115U002534), що виконуються в Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України.

Мета роботи – підвищення надійності УВД шляхом визначення довговічності гумових елементів опорного вузла робочого органу з урахуванням старіння в умовах впливу кислотного агресивного середовища, а також підвищення ефективності роботи УВД за рахунок обґрунтування кінематичної схеми, що забезпечує руйнування матеріалу переважно ударними зсувними навантаженнями, на підставі встановлених залежностей продуктивності та споживаної потужності від зміни режимних, конструктивних параметрів УВД і параметрів початкового матеріалу.

Поставлена в роботі мета досягається послідовним вирішенням таких завдань:

- 1) виконати аналіз стану питання щодо особливостей експлуатації, типів конструкції і існуючих методів розрахунку параметрів УВД;
- 2) експериментально і теоретично встановити вплив на довговічність гумових елементів процесу старіння в умовах кислотного агресивного середовища;
- 3) дослідити ефективність дезінтеграції матеріалу за рахунок переважного впливу ударних зсувних навантажень і виконати експериментальні

дослідження рекомендованої конструкції УВД для встановлення залежностей технологічних показників дезінтеграції (продуктивності і споживаної потужності) від режимних, конструктивних параметрів УВД і параметрів початкового матеріалу (крупність, міцність);

- 4) виконати моделювання процесу дезінтеграції в УВД на основі кореляційного аналізу та побудови рівняння множинної регресії залежності продуктивності і споживаної потужності від досліджуваних параметрів;
- 5) розробити та впровадити методичні рекомендації щодо визначення довговічності гумових елементів, що експлуатуються в кислотному агресивному середовищі, а також рекомендацій по визначенню технологічних параметрів дезінтеграції УВД запропонованої конструкції.

Об'єкт дослідження – процес дезінтеграції гірської породи в УВД з урахуванням особливостей властивостей гумових елементів опорного вузла та зміни кінематичної схеми УВД.

Предмет дослідження – параметри та закономірності зміни довговічності гумових елементів опорного вузла ударно-відцентрових дезінтеграторів з урахуванням ефекту старіння в умовах кислотного агресивного середовища, а також режимні та конструктивні параметри і технологічні характеристики дезінтеграторів ударно-відцентрового типу з кінематичною схемою, що забезпечує руйнування матеріалу переважно ударними зсувними навантаженнями.

Ідея роботи полягає у врахуванні процесу старіння в умовах кислотного агресивного середовища для визначення показника довговічності гумових елементів опорного вузла УВД, а також в використанні переваг дезінтеграції гірничої маси ударними зсувними навантаженнями.

Методи досліджень. В роботі використовувалися експериментальні і теоретичні методи дослідження: системний аналіз науково-технічних літературних джерел по використанню еластомерів у гірничому машинобудуванні; теоретичні та практичні дані по дезінтеграції гірських порід і конструюванню гірничих машин; методи теорії коливань, аналітичні методи вирішення алгебраїчних і диференціальних рівнянь; методи математичної статистики для аналізу результатів експерименту.

Наукові положення, що захищаються:

- 1) Довговічність гумових елементів опорного вузла УВД прямо пропорційна різниці між початковим значенням коефіцієнта дисипації гуми і його кінцевим значенням, визначеним виходячи з реологічних параметрів гуми, максимально допустимої амплітуди коливань динамічної системи, частоти вимушених коливань і частоти власних коливань, і обернено пропорційна коефіцієнту, що враховує вплив агресивного кислотного середовища на гуму, що в залежності від концентрації кислоти в межах від 1,5 % до 10 % змінюється від $3,2 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ до $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

- 2) Продуктивність і споживана потужність УВД знаходяться у степеневій множинній регресійній залежності від кількості роторів, частоти обертів валу, крупності та міцності вихідного матеріалу, при цьому використання

двороторної кінематичної схеми УВД, що реалізує руйнування матеріалу переважно ударними зсувними навантаженнями, в порівнянні з одноторною призводить до збільшення продуктивності дезінтегратора на 98 % при прирості споживаної потужності на 15 %.

Наукова новизна отриманих результатів:

1) Вперше отримані залежності, які визначають зміну жорсткості та коефіцієнта дисипації гумових елементів в умовах впливу кислотного агресивного середовища, що мають експоненціально спадаючий та лінійно спадаючий характер відповідно, й показано вплив цього процесу на їх довговічність та надійність роботи робочого органу УВД.

2) Вперше отримані узагальнені залежності продуктивності та споживаної потужності УВД від конструктивних і режимних параметрів УВД та параметрів початкового матеріалу і показано що використання нової двороторної кінематичної схеми УВД дозволяє підвищити вихід дрібної фракції на величину від 30 % до 70 % завдяки реалізації ударних зсувних навантажень внаслідок сукупної дії кінетичної енергії взаємозустрічних потоків.

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів підтверджується використанням апробованих методів досліджень, задовільною збіжністю розрахункових і фактичних даних. Середня помилка апроксимації при визначенні продуктивності УВД становить 14,6 %, при визначенні споживаної потужності – 12,7 %. Співставлення розрахункових даних з експериментальними, що були отримані в процесі тривалої експлуатації гумових пружно-дисипативних елементів, показує також задовільний збіг показника довговічності, що був отриманий теоретично, із його фактичною величиною.

Наукове значення роботи полягає у встановленні залежності параметра довговічності гумових елементів опорного вузла УВД від впливу процесу старіння в умовах кислотного агресивного середовища, а також в доведенні ефективності двороторної конструкції ударно-відцентрового дезінтегратора, що реалізує руйнування матеріалу переважно ударними зсувними навантаженнями внаслідок сукупної дії кінетичної енергії взаємозустрічних потоків (в порівнянні з одноторною конструкцією) і встановленні залежностей її технологічних показників (продуктивність і споживана потужність) від режимних, конструктивних параметрів УВД і параметрів початкового матеріалу (крупність, міцність).

Практичне значення роботи полягає в наступному:

1) Розроблено пропозиції по модернізації системи віброізоляції опорного вузла робочого органу УВД на рівні винаходу.

2) Розроблено методичні рекомендації по визначенню довговічності гумових елементів важких гірничих машин в умовах кислотного агресивного середовища.

3) Розроблено нову двороторну конструкцію УВД на рівні винаходу та лабораторного зразка.

4) Розроблено технічну пропозицію по впровадженню двороторного ударно-відцентрового дезінтегратора в лінію дільниці з переробки відвальної золи уносу Краматорської ТЕЦ, а також визначенню його технологічних параметрів.

Реалізація результатів роботи:

Методичні рекомендації по розрахунку довговічності гумових елементів важких гірничих машин в умовах кислотних агресивних середовищ впроваджені в Державному ВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет» (акт від 02.02.17) і ВАТ «Шахтостроймонтаж» (акт від 23.02.17) із очікуваним економічним ефектом 138 400 грн/рік. Технічна пропозиція з впровадження двороторного ударно-відцентрового дезінтегратора в лінію дільниці переробки відвальної золи уносу Краматорської ТЕЦ, а також визначенню його технологічних параметрів для ПАТ «Новокраматорський машинобудівний завод» (акт від 27.09.2017р) із очікуваним економічним ефектом 791 600 грн/рік.

Особистий внесок здобувача. Автором самостійно обґрунтована мета та ідея роботи, визначені завдання дослідження і наукові положення, обрані методи дослідження, проведено математичне моделювання та експериментальні дослідження, обробка, аналіз і узагальнення отриманих результатів; автором зроблені висновки і розроблені методичні рекомендації для практичного застосування при проведенні науково-дослідних і конструкторських робіт. Текст дисертації і автореферат написані автором особисто.

Апробація результатів роботи. Основні положення дисертації і її окремі розділи доповідалися і були схвалені на всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Молодь: наука та інновації" (м. Дніпропетровськ – 3-4 грудня 2013р., форма участі - очна); IX Міжнародному форумі студентів і молодих вчених "Розширюючи обрії" (м. Дніпропетровськ – 3-4 квітня 2014р., форма участі – очна); міжнародній конференції "Розвиток інформаційно-ресурсної освіти і науки в гірничо-металургійній галузі та на транспорті" (м. Дніпропетровськ, 27-28 вересня 2014р., форма участі – очна); X Міжнародному форумі студентів і молодих вчених "Розширюючи обрії" (м. Дніпропетровськ – 23-24 квітня 2015р., форма участі – очна); Міжнародній конференції «Сучасні інноваційні технології підготовки інженерних кадрів для гірничої промисловості та транспорту» (м. Дніпропетровськ, 21-22 травня 2015р, 26-27 травня 2016р., форма участі – очна); XIV Міжнародній науково-технічній конференції "Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку" (м. Краматорськ, 31 травня – 3 червня 2016р., форма участі – заочна); XIV конференції молодих вчених "Геотехнічні проблеми розробки родовищ" (м. Дніпро, 27 жовтня 2016р., форма участі – заочна); XV Всеукраїнській науково-технічній конференції «Потураївські читання» (м. Дніпро, 20 січня 2017р., форма участі – очна).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 23 друковані роботи, в тому числі 1 монографія, 9 статей в спеціалізованих виданнях, 2 статті в міжнародних виданнях, отримано 3 патенти на корисну модель і 1 патент України на винахід. А також 7 публікацій у збірниках матеріалів і тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань із 97 джерел, містить 136 сторінок машинописного тексту, в тому числі 45 малюнків, 17 таблиць і 7 додатків на 13 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У розділі 1 виконано аналіз науково-технічної інформації з теми дисертаційної роботи. На сьогоднішній день існуюча конструкція ударно-відцентрових дезінтеграторів, що виготовляється промислово, набула обмеженого використання через меншу (в порівнянні з іншими дезінтеграторами) надійність. Порівняно низька надійність таких дезінтеграторів пов'язана з передчасним виходом з ладу підшипникових опорних вузлів, внаслідок дисбалансу (виникає в процесі подачі і розгону матеріалу та зносу елементів дезінтегратора), що обмежує швидкість обертання і крупність живлення УВД, і як наслідок, знижує їх конкурентоспроможність.

Основні експлуатаційні якості ударно-відцентрових дезінтеграторів такі як надійність, продуктивність, обмеження за параметрами вібрації, шуму багато в чому залежать від типу, конструктивного виконання і параметрів опорного вузла, а саме коректного розрахунку системи віброізоляції з урахуванням зміни її пружно-дисипативних властивостей від сукупної дії зовнішніх і внутрішніх факторів.

Аналіз відомих базових конструкцій опорних вузлів однороторних ударно-відцентрових дезінтеграторів показав велику різноманітність винайдених технічних рішень.

В той же час літературний огляд показав, що найбільш поширеними є опорні вузли, де у якості елемента демпфування використовується гумовий амортизатор. Це обумовлюється як економічними, так і технічними факторами, такими як надійність, простота виконання, малі розміри і вага.

Питання використання еластомерів у гірничому машинобудуванні з метою забезпечення високого рівня надійності машин, зменшення вібрації та її негативних наслідків розглянуті в роботах А.Ф. Булата, В.Л. Бідермана, І.Ф. Гончаревича, В.І. Дирди, К.А. Зіборова, В.Г. Карнаухова, Д.Л. Колосова, І.І. Круша, Е.Е. Лавендела, В.П. Надутого, Л.А. Манашкіна, В.М. Потураєва, К.М. Рагульскиса, М.І. Розовського та інших. Аналіз цих робіт показав, що теоретичний розрахунок довговічності еластомерів враховує зміну їх пружно-дисипативних характеристик з плином часу, проте відсутні дані, щодо уточнення характеру таких змін в умовах агресивного середовища, що є характерним для функціонування УВД, що призводить до отримання завищеного показника довговічності системи віброізоляції. Внаслідок чого

виникають аварійні зупинки технологічного процесу, що призводить до значних непередбачуваних збитків як при використанні УВД, так і при виконанні ремонтних робіт.

Враховуючи високе значення енергоспоживання процесу подрібнення і прагнення до зниження кількості його стадій, представляється перспективним зниження максимальної крупності кінцевого продукту на останніх стадіях (середня та дрібна) дроблення за рахунок створення сучасних машин, що матимуть більший діапазон дроблення (різницю між крупністю початкового матеріалу і кінцевого продукту) при сумірному рівні енергоспоживання.

За літературними і патентними джерелами виконано критичний аналіз механізму руйнування гірської породи дезінтеграторами, що застосовуються для середнього, дрібного та тонкого здрібнювання, із урахуванням якості кінцевого продукту та рівня енергоспоживання. При вивченні питання вдосконалення машин даного типу в напрямку зниження енергоспоживання із одночасним підвищенням питомої продуктивності, розглянуто роботи О.В. Анциферова, Є.К. Бабець, П.С. Берника, Л.А. Вайсберга, Є.Д. Верича, Б.В. Виноградова, І.Ф. Гончаревича, В.І. Дирди, В.І. Кириченка, В.П. Климовича, М.П. Корольова, В.А. Масленнікова, В.П. Надутого, Ю.А. Науменка, М.О. Олійника, В.М. Потураєва, Є.Є. Серго, М.І. Сокура, В.А. Тарасенка, О.О. Гилова, С.А. Учителя, В.П. Франчука, В.О. Федоскіна та інших. В роботах зазначених вчених описані особливості функціонування різних дезінтеграторів та вказані можливі шляхи їх вдосконалення. Проведений аналіз показав, що найбільш енергозберігаючим механізмом руйнування гірничих порід із отриманням кінцевого продукту високої якості є реалізація ударних зсувних навантажень. Такий ефект може бути досягнутий зміною кінематичної схеми однороторного ударно-відцентрового дезінтегратора на двороторний, що створює можливість унікального характеру формування зон дезінтеграції із значним рівнем сукупного використання кінетичної енергії потоків матеріалу за того самого рівня енергоспоживання, можливість керування процесом дезінтеграції та розширення діапазону крупності подрібненого продукту, зменшення виходу негабариту із одночасним зниженням навантажень на опорний вузол.

Таким чином, за результатами проведеного аналізу сформульовано наукову задачу, мету і завдання дослідження.

У розділі 2 викладено результати визначення залежностей пружно-дисипативних властивостей гумової системи віброізоляції опорного вузла УВД, конструкція якого захищена патентом України, від впливу ефекту старіння в умовах агресивного середовища.

Для дослідження процесу старіння гумової системи віброізоляції опорного вузла УВД в умовах агресивного середовища, було проведено ряд експериментів з вивчення впливу сірчаної кислоти з концентраціями 1,5 %, 3 %, 5 % і 10 % на пружно-дисипативні властивості еластомерів (Рисунок 1, Рисунок 2). В якості досліджуваних зразків – гумові віброізолятори типу ВР201 (гума марки А на основі СКІ-3, 45 мас.ч. технічного вуглецю). Гума марки А на

основі СКІ-3 апробована в промислових умовах експлуатації, тому для подальших досліджень була обрана саме вона. В якості інформативних параметрів обрані статична жорсткість і коефіцієнт дисипації (Рисунок 1, Рисунок 2).

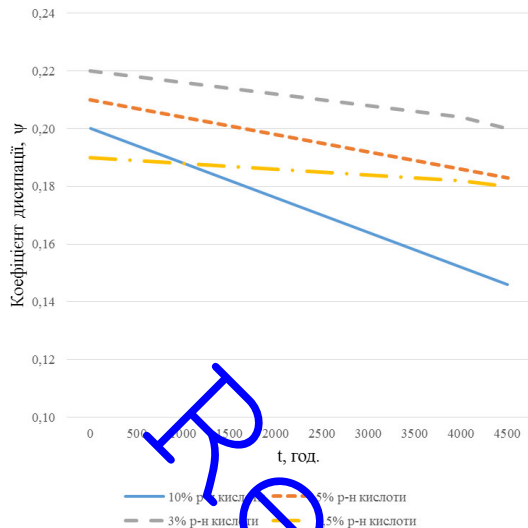


Рисунок 1 – Зміна коефіцієнта дисипації еластомерів при старінні в умовах впливу кислотного агресивного середовища.

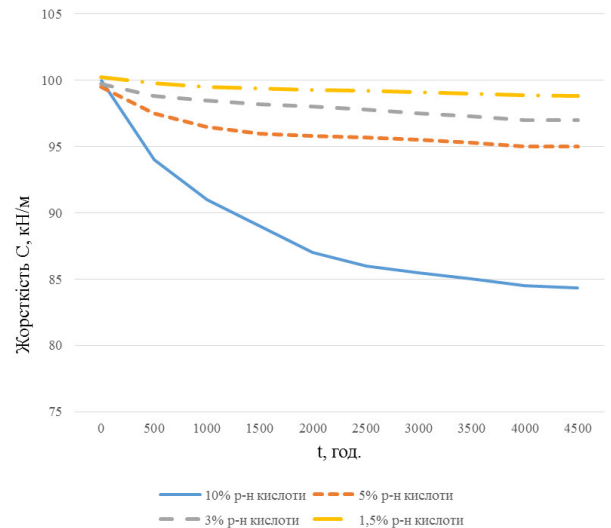


Рисунок 2 – Зміна жорсткості еластомерів при старінні в умовах впливу кислотного агресивного середовища.

Рух вала ротора УВД зі змінними в часі показниками жорсткості і демпфування гумових віброізоляторів описується рівняннями:

$$\ddot{x} + \frac{\psi(t)_x}{m} \dot{x} + \delta \frac{\pi R_{yz}^2 E(t)_{yz}}{m h_{yz}} x = g \sin vt,$$

$$\begin{bmatrix} \ddot{y} \\ \ddot{z} \end{bmatrix} + \frac{\psi(t)_{yz}}{m_b} \begin{bmatrix} \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix} \pm \omega \frac{g}{m_b} \begin{bmatrix} \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix} + \delta \frac{\pi R_{yz}^2 E(t)_{yz}}{m_b h_{yz}} \begin{bmatrix} y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega^2 d_b \sin(\Omega t + \beta) \\ \omega^2 d_b \sin(\Omega t + \gamma) \end{bmatrix}.$$

Використовуючи математичну модель Больцмана-Вольтерра в поєднанні з методом простору станів маємо характеристичне рівняння динамічної системи, що має вигляд

$$\det(\lambda I - A) = \begin{bmatrix} \lambda & -1 \\ \delta \frac{\pi R_{yz}^2 E(t)_{yz}}{m h_{yz}} & \lambda + \frac{\psi(t)_{yz}}{m} \end{bmatrix} = \lambda \left(\lambda + \frac{\psi(t)_{yz}}{m} \right) + \delta \frac{\pi R_{yz}^2 E(t)_{yz}}{m h_{yz}}$$

де R, h – геометричні розміри віброізолятора, м; m – маса системи, кг; $E(t)$ – модуль пружності, що змінюється з часом відповідно до залежностей, що представлені в Таблиці 1, Па; $\psi(t)$ – коефіцієнт дисипації, що змінюється з часом відповідно до залежностей, що представлені в Таблиці 1; δ – коефіцієнт посилення.

Випробуванням для кожної концентрації підлягали три пари зразків. Статична жорсткість і коефіцієнт дисипації визначалися через кожні 500 год.

Таблиця 1 – Експериментальні залежності жорсткості і коефіцієнту дисипації гумових віброізоляторів від впливу сірчаної кислоти.

Концентрація сірчаної кислоти	Залежність, що визначає зміну статичної жорсткості еластомеру	Залежність, що визначає коефіцієнт дисипації еластомеру
1,5%	$C_{1,5\%}(t) = C_k + (C_n - C_k) \cdot e^{-1,2 \cdot 10^{-3} \cdot t}$	$\psi_{1,5\%} = \psi_n - 3,2 \cdot 10^{-6} \cdot t$
3%	$C_{3\%}(t) = C_k + (C_n - C_k) \cdot e^{-10^{-3} \cdot t}$	$\psi_{3\%} = \psi_n - 4,1 \cdot 10^{-6} \cdot t$
5%	$C_{5\%}(t) = C_k + (C_n - C_k) \cdot e^{-9 \cdot 10^{-4} \cdot t}$	$\psi_{5\%} = \psi_n - 6 \cdot 10^{-6} \cdot t$
10%	$C_{10\%}(t) = C_k + (C_n - C_k) \cdot e^{-8,5 \cdot 10^{-4} \cdot t}$	$\psi_{10\%} = \psi_n - 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot t$

Аналізуючи корені характеристичного рівняння в аналітичному вигляді, а саме їх дійсну частину був отриманий висновок що фактичне зниження саме коефіцієнта дисипації ($\psi(t)$) від впливу різних чинників є одним з вирішальних в питанні про стійкість динамічної системи. Таким чином облік зміни коефіцієнта дисипації гуми з плином часу і від дії агресивного середовища в реальних умовах експлуатації є найважливішим фактором прогнозування довговічності гумових віброізоляторів опорного вузла УВД. Виходячи з даного висновку та виразів, що отримані експериментально (Рисунок 1 та Рисунок 2) було сформульовано залежність для визначення довговічності гумових елементів, що експлуатуються в умовах впливу кислотного агресивного середовища.

$$t = \frac{\psi_n - 2\pi \sqrt{\frac{P}{m \cdot A_{amp}} - [\omega_0^2 (1 - \chi A) - \omega^2]^2}}{\chi \omega_0^4} \cdot k_{a.c.-\psi} \quad (1)$$

де P – збурююча сила, Н; m – маса системи, кг; χ – реологічний параметр гуми; ω – частота збурюючої сили, Гц; ω_0 – частота власних коливань системи, Гц; A_{amp} – максимальна допустима амплітуда коливань динамічної системи, м; ψ_n – початкова величина коефіцієнта дисипації; $k_{a.c.-\psi}$ – коефіцієнт, що враховує вплив агресивного середовища на гуму, і, для різних концентрацій сірчаної кислоти (1,5 %, 3 %, 5 %, 10 %), дорівнює відповідно $3,2 \cdot 10^{-6}$; $4,1 \cdot 10^{-6}$; $6 \cdot 10^{-6}$; $1,2 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹; A – мінімальне значення реологічної характеристики гуми.

Тобто, довговічність гумових віброізоляторів опорного вузла УВД пропорційна різниці між початковим значенням коефіцієнта дисипації гуми і його кінцевим значенням, визначеним виходячи з реологічних параметрів гуми, максимально допустимої амплітуди коливань динамічної системи, частоти вимушених коливань і частоти власних коливань, та обернено пропорційна коефіцієнту, що враховує вплив агресивного кислотного середовища на гуму,

який в залежності від концентрації кислоти в межах від 1,5 % до 10 % змінюється з $3,2 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ до $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

У розділі 3 визначені технологічні показники дезінтеграції (продуктивності і споживаної потужності) від режимних, конструктивних параметрів УВД і параметрів вихідного продукту, з метою обґрунтування економічної та технологічної переваги використання двороторної кінематичної схеми УВД, що реалізує руйнування матеріалу ударними зсувними навантаженнями внаслідок сукупної дії кінетичної енергії взаємозустрічних потоків.

При розробці конструкції двороторного УВД, що реалізує руйнування матеріалу впливом переважно ударних зсувних навантажень, було створено експериментальний лабораторний стенд (Рисунок 3, Рисунок 4).

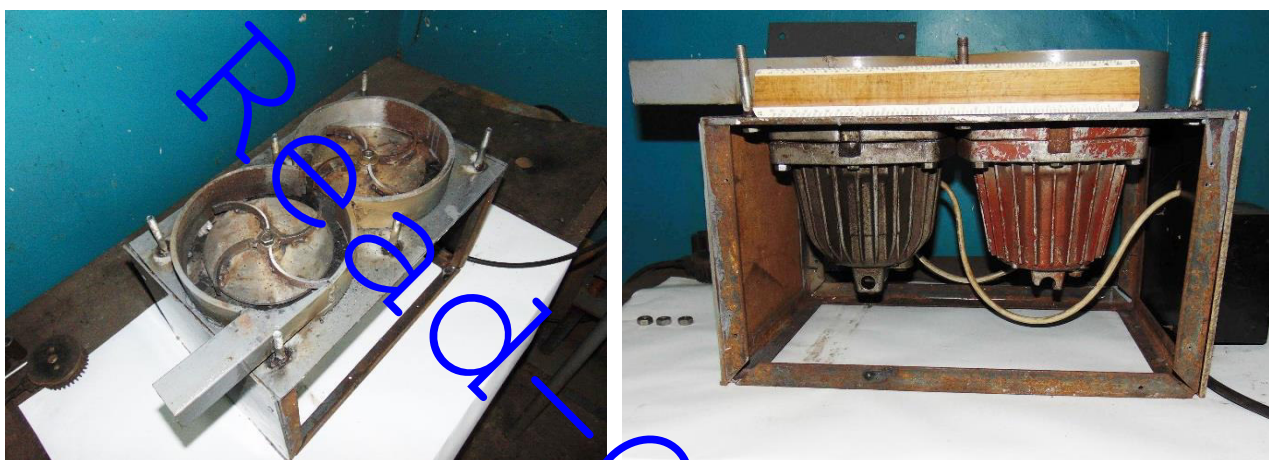


Рисунок 3 – Експериментальний лабораторний стенд двороторного УВД.

Особливістю запропонованої конструкції дезінтегратора є те, що за допомогою розгінних роторів одночасно формуються потоки матеріалу, що направлені до периферійної зони дезінтеграції, та взаємозустрічно між собою, із формуванням центральної зони дезінтеграції, де здійснюють розділення матеріалу переважно ударними зсувними навантаженнями.

Для отримання об'єктивних результатів було проведено серію експериментів по дезінтеграції різних порід, а саме граніту, базальту, вапняку. (Рисунок 5, Рисунок 6, Рисунок 7).

Результати досліджень засвідчують, що використання нової двороторної конструкції УВД в порівнянні з однороторною дозволяє збільшити вихід дрібної фракції на $30 \div 70 \%$, а також призводить до збільшення продуктивності дезінтеграції на 98% в той час як споживана потужність збільшуються лише на 15%.

Підтвердження отриманого результату на породах різноманітної крупності та міцності вказує на системність і об'єктивність отриманого результату.

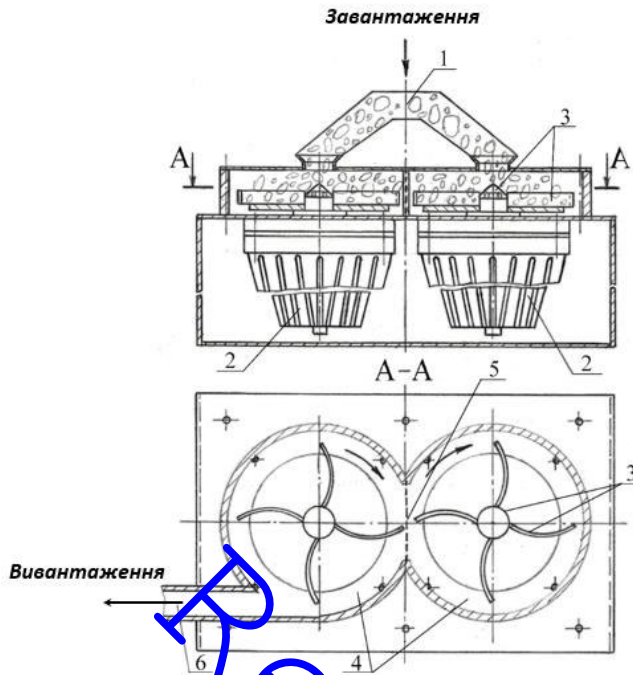
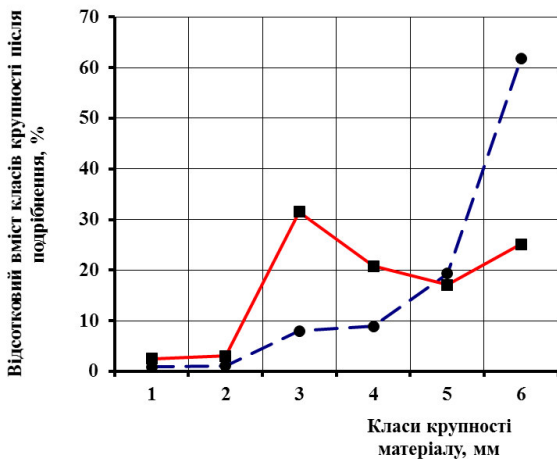


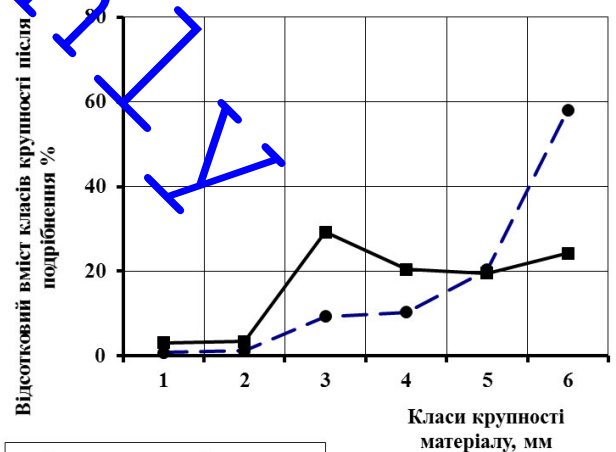
Рисунок 4 – Схема лабораторного станда двороторного УВД.

1 – пристрій завантаження, 2 – електропривод; 3 – розгінний ротор з лопатками; 4 – робоча камера; 5 – центральна зона дезінтеграції; 6 – отвір для розвантаження.



—●— один ротор —■— два ротора

Рисунок 5 – Відсотковий розподіл класів крупності після дезінтеграції граніту в одно- та двороторному УВД.



—●— один ротор —■— два ротора

Рисунок 6 – Відсотковий розподіл класів крупності після дезінтеграції вапняку в одно- та двороторному УВД.

Нижче наведені степеневі множинні регресійні залежності, отримані на основі кореляційного аналізу, для визначення залежностей продуктивності і споживаної потужності двороторного УВД від кількості роторів дезінтеграції (x_1), крупності вихідного матеріалу (x_2), міцності матеріалу (x_3), кількості обертів валу дезінтегратора (x_4). Дослідження проводилися з використанням таких видів гірських порід: граніт, туф, вапняк, базальт.

Для обробки і апроксимації результатів досліджень використовувався програмний продукт Microsoft Excel. Рішення про визначення характеру залежностей приймалося шляхом порівняння відповідних величин достовірності різних видів апроксимації.

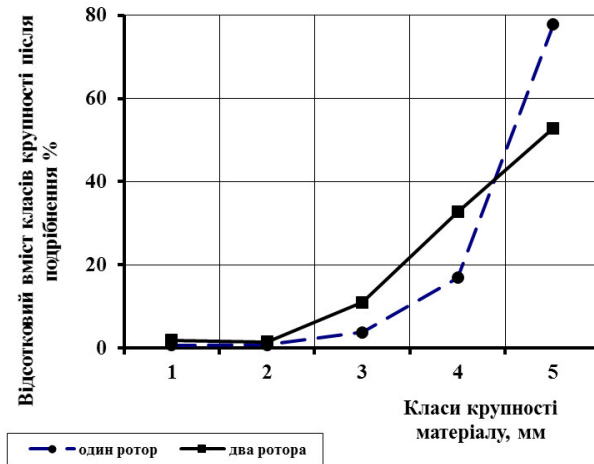


Рисунок 7 – Відсотковий розподіл класів крупності після дезінтеграції базальту в одного- та двороторному УВД.

Отримані рівняння множинної регресії, що визначають величину продуктивності і споживаної потужності відповідно, мають вигляд:

$$Q = 188,3x_1^{0,98} x_2^{-0,75} x_3^{-0,6} x_4^{0,31} \quad R^2 = 0,92 \quad (2)$$

$$N = 10^{-4} x_1^{0,15} x_2^{0,70} x_3^{0,24} x_4^{1,37} \quad R^2 = 0,96 \quad (3)$$

Оцінка значимості отриманих рівнянь (2), (3) з використанням статистики Фішера показала, що вони значимі.

Відповідні рівняння чистої регресії матимуть вигляд:

$Q(x_1) = 36,4x_1^{0,98}$	$\varepsilon = 8 \%$	$N(x_1) = 71,16x_1^{0,15}$	$\varepsilon = 12,9 \%$
$Q(x_2) = 283,1x_2^{-0,75}$	$\varepsilon = 14,9 \%$	$N(x_2) = 20,25x_2^{0,70}$	$\varepsilon = 6,3 \%$
$Q(x_3) = 972,5x_3^{-0,6}$	$\varepsilon = 6,8 \%$	$N(x_3) = 26,92x_3^{0,24}$	$\varepsilon = 14,9 \%$
$Q(x_4) = 5,36x_4^{0,31}$	$\varepsilon = 14,9 \%$	$N(x_4) = 0,001x_4^{1,37}$	$\varepsilon = 14,8 \%$

де ε – похибка апроксимації.

Таким чином, отримана узагальнена степенева множинна регресійна залежність продуктивності та споживаної потужності УВД від кількості роторів дезінтеграції (x_1), крупності вихідного матеріалу (x_2), міцності матеріалу (x_3), кількості обертів валу дезінтегратора (x_4).

У розділі 4 наведені дані щодо практичного використання і реалізації результатів роботи. Зокрема, наведені методичні рекомендації по розрахунку довговічності гумових елементів важких гірничих машин в умовах кислотних агресивних середовищ. Розроблені рекомендації передано до Державного ВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет» (м. Дніпро, Україна) і впроваджено в учбовий процес на кафедрі «Хімії і технологій переробки еластомерів» для підготовки магістрів за спеціальністю «Хімічні технології і інженерія», а також впроваджені в ВАТ «Шахтостроймонтаж» для

технічного обслуговування і ремонту гірничо-збагачувального обладнання, про що отримані відповідні акти.

Впровадження розроблених методичних рекомендацій дозволило визначити умови експлуатації еластомерних конструкцій гірничих машин з урахуванням впливу агресивного середовища і отримати економічний ефект в розмірі 138 400 грн/рік, про що отримано відповідний акт.

На підставі експериментів і теоретичних узагальнень розроблено технічну пропозицію з впровадження двороторного ударно-відцентрового дезінтегратора в лінію дільниці переробки відвальної золи уносу Краматорської ТЕЦ, а також визначення його технологічних параметрів та передано в ПАТ «Новокраматорський машинобудівний завод». Очікуваний економічний ефект від впровадження двороторного УВД в процес переробки мінеральної сировини становить 791 000 грн/рік (з урахуванням витрат на підготовку і реалізацію проекту), про що отримано відповідний акт.

ВИСНОВКИ

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою, в якій вирішена актуальна наукова задача по встановленню впливу ефекту старіння в умовах кислотного агресивного середовища на довговічність гумових елементів опорного вузла робочого органу ударно-відцентрових дезінтеграторів, а саме встановлено, що їх експлуатація в кислотному середовищі знижує параметр довговічності, що дозволило підвищити надійність УВД, а також по обґрунтуванню кінематичної схеми дезінтеграторів ударно-відцентрового типу, що забезпечує руйнування матеріалу переважно ударними зсувними навантаженнями, на підставі встановлених степеневих залежностей продуктивності і споживаної потужності від зміни режимних, конструктивних параметрів УВД та параметрів початкового матеріалу, що дозволило довести ефективність розробленої на рівні винаходу конструкції УВД, обґрунтувати її параметри і рекомендувати до широкого промислового впровадження.

Основні наукові та практичні результати полягають у наступному:

1. Аналіз стану питання показав, що характерними недоліками, які обмежують використання УВД є недостатні, в ряді випадків, показники по продуктивності і ефективності дезінтеграції, а також невідповідність, (при експлуатації УВД в умовах агресивного середовища) фактичного показника довговічності гумових віброізоляторів опорного вузла робочого органу УВД прогнозованому відповідно до стендових випробувань, що призводить до аварійних зупинок обладнання.

2. Доведено, що в умовах агресивного середовища закон зміни жорсткості гуми марки А, на основі СКІ-3 має експоненціально спадаючий характер, коефіцієнт дисипації – лінійно спадаючий, що пов'язано з переважанням процесу деструкції гуми.

3. Визначено, що основним критерієм який визначає довговічність гумових елементів і стійкість опорного вузла УВД є фактична зміна коефіцієнта дисипації в залежності від впливу зовнішніх і внутрішніх факторів.

4. Вперше встановлено, що довговічність гумових елементів прямо пропорційна різниці між початковим значенням коефіцієнта дисипації гуми і його кінцевим значенням, визначеним виходячи з реологічних параметрів гуми, максимально допустимої амплітуди коливань динамічної системи, частоти вимушених коливань і частоти власних коливань, і обернено пропорційна коефіцієнту, що враховує вплив агресивного кислотного середовища на гуму, який в залежності від концентрації кислоти в межах від 1,5 % до 10 % змінюється від $3,2 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ до $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

5. Отримано узагальнену степеневу множинну регресійну залежність продуктивності і споживаної потужності УВД від кількості роторів, частоти обертів валу, крупності та міцності вихідного матеріалу; визначено, що використання нової двороторної кінематичної схеми УВД, що реалізує руйнування матеріалу переважно ударними зсувними навантаженнями, у порівнянні з однороторною дозволяє збільшити вихід дрібної фракції на величину від 30 % до 70 %, а також призводить до збільшення продуктивності дезінтеграції на 98 % при прирості споживаної потужності на 15 %. Середня помилка апроксимації при визначенні продуктивності УВД становить 14,6 %, при визначенні споживаної потужності – 12,7 %.

6. Розроблено методичні рекомендації по визначенню довговічності гумових елементів важких гірничих машин в умовах кислотних агресивних середовищ і передано в Державний ВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет» (м. Дніпро, Україна) та впроваджені в навчальний процес на кафедрі «Хімії і технологій переробки еластомерів» для підготовки магістрів за спеціальністю «Хімічні технології та інженерія », а також впроваджені в ВАТ «Шахтостроймонтаж» для технічного обслуговування і ремонту гірничо-збагачувального обладнання, про що отримані відповідні акти.

7. Впровадження розроблених методичних рекомендацій з обліку фактору кислотності при визначенні довговічності еластомерів дозволило визначити умови ефективної експлуатації еластомерних конструкцій і отримати економічний ефект в розмірі 138 400 грн/рік, про що отримано відповідний акт.

8. Розроблено технічну пропозицію з впровадження двороторного ударно-відцентрового дезінтегратора в лінію дільниці переробки відвальної золи уносу Краматорської ТЕЦ, а також визначення його технологічних параметрів та передано в ПАТ «Новокраматорський машинобудівний завод», про що отримано відповідний акт.

9. Доведено економічну обґрунтованість застосування двороторної конструкції УВД. Очікуваний економічний ефект від впровадження двороторного УВД в процес переробки мінеральної сировини становить 791 000 грн/рік (з урахуванням витрат на підготовку та реалізацію проекту).

ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ Й ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ВІДОБРАЖЕНО У НАСТУПНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЯХ:

Основні наукові результати дисертації

1. Булат А.Ф., Дырда В.И., Звягильский Е.Л., Логинова А.А., Пухальский В.Н., Надутый В.П., Лисица Н.И., Морус В.Л. Эластомеры в горном деле: монография. К.: Наукова думка. 2016. 383 с.

2. Логинова А.О., Зіборов К.А., Трубіцин М.М. Аналіз особливостей робочого процесу і конструкцій опорного вузла ударно-відцентрових дробарок з вертикальним валом робочого органу // Горная электромеханика и автоматика. Днепропетровск: ГВУЗ «НГУ». 2014. № 91. С. 131-137.

3. Дырда В.И. Логинова А.А. Некоторые проблемы энергосбережения при разрушении минерального сырья в ударно-центробежных дробилках // Геотехническая механика : Межвед. сб. науч. тр. Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины. 2015. Вып.121. С. 121-125.

4. Логинова А.А., Дырда В.И., Шевченко В.Г. Расчёт систем виброизоляции горных машин с учётом эффекта старения // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины. 2015. Вып. 125. С. 251-261.

5. Гребенюк С.Н., Логинова А.А., Решевская Е.С., Дырда В.И., Шевченко В.Г. Разрушение эластомерных элементов сит грохотов в условиях нелинейного деформирования // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины. 2016. Вып. 126. стр. 106-116.

6. Логинова А.А., Дырда В.И., Шевченко В.Г. Исследование параметров виброизолирующих опор горных машин в условиях циклического нагружения // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины. 2016. Вып. 127. С. 34-49.

7. Дырда В.И., Логинова А.А., Шевченко В.Г. Определение реологических характеристик и параметров резиновых элементов горных машин // Научно-техническое обеспечение горного производства: Сборник научных трудов. Алматы: ИГД им. Д.А. Кунаева. 2016. Т. 88. С. 140-147.

8. Логинова А.А., Дырда В.И. Термическое старение массивных резиновых элементов горных вибрационных машин в напряженном состоянии // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины. 2016. Вып. 129. С. 217-229.

9. Надутый В.П., Логинова А.А., Сухарев В.В. Эффективность использования ударно-центробежного дезинтегратора, реализующего сдвиговые деформации при разрушении горной массы // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины. 2016. Вып. 131. С. 26-32.

10. Логинова А.А. Влияние процесса старения в условиях агрессивной среды на упруго-диссипативные свойства резиновых элементов // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. Днепр: ИГТМ НАН Украины. 2017. Вып. 130. С.79-85.

11. Логинова А.А. Определение долговечности резиновых виброизоляторов опорного узла рабочего органа ударно-центробежных дезинтеграторов при старении в условиях агрессивной среды // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. Днепр: ИГТМ НАН Украины. 2017. Вып. 132. С. 14-26.

12. Dyrda V.I., Loginova A.A., Shevchenko V.G. Prediction of rubber element useful life under the long-term cyclic loads // Mechanics, Materials Science & Engineering Journal. Austria. 2016. Vol. 6. P. 145-150.

13. Ударно-відцентрова дробарка: пат. 86726 Україна, № u201308275; заявл. 01.07.13; опубл. 10.01.14, Бюл. № 1. – 5 с.

14. Ударно-відцентрова дробарка: пат. 106443 Україна, № u201510667; заявл. 02.11.15; опубл. 25.04.15, Бюл. № 1. – 5 с.:іл.

15. Ударно-відцентрова дробарка: пат. 110223 Україна, № a201307304; заявл. 10.06.13; опубл. 10.12.15, Бюл. № 1. – 5 с.:іл.

16. Ударно-відцентровий дезинтегратор: пат. 116387 Україна; u201606741; заявл. 21.06.2016; опубл. 25.05.17, Бюл. № 10 – 4с.

Апробація результатів дисертації

1. Логинова А.А. Динамический дисбаланс ротора ударно-центробежной дробилки и условия, обеспечивающие его динамическое совершенство / А.А. Логинова, К.А. Зиборов // Сборник научных трудов международной конференции "Развитие информационно-ресурсного образования и науки в горно-металлургической отрасли и на транспорте 2014". Днепропетровск: ГВУЗ "НГУ" 2014. С. 15-18.

2. Loginova A., Ziborov K. L'analyse comparative des broyeurs-finisateurs // The 9th International Forum for Students and Young Researches "Widening our horizons". Dnipropetrovsk: NMU 2014. V.1. P. 103.

3. Loginova A. Les causes d'apparition de balourd dynamique du rotor de broyeur centrifuge à axe vertical // The 10th International Forum for Students and Young Researches "Widening our horizons". Dnipropetrovsk: NMU, 2015. V.1. P. 121.

4. Логінова А.О. Моделювання динамічних процесів роторних машин на основі методів структурного аналізу // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку : матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції. Краматорськ: ДДМА. 2015. С. 55.

5. Зиборов К.А., Логинова А.А. Аналитическое определение момента инерции ротора ударно-центробежной дробилки // Сборник научных трудов международной конференции «Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2015». Днепропетровск: ГВУЗ "НГУ". 2015. С.22-26.

6. Зиборов К.А., Логинова А.А. Аналитическое определение момента инерции ротора ударно-центробежной дробилки, заполненного дробимым материалом // VI Всеукраинская научно-техническая конференция студентов,

аспирантов и молодых ученых «Наукова весна 2015» Днепропетровск: ГВУЗ "НГУ". 2015. Т.5. С.21-23.

7. Логинова А.А., Дырда В.И. Исследование параметров виброизолирующих опор горных машин в условиях циклического нагружения // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. Материалы конференции «Геотехнические проблемы разработки месторождений - 2016». Днепр: ИГТМ НАН Украины. 2016. Вып. 127.С. 34-49.

Особистий внесок автора в роботи, опубліковані в співавторстві: узагальнення теоретичних та експериментальних досліджень, заснованих на застосуванні системного аналізу науково-технічних літературних джерел по використанню еластомерів у гірничому машинобудуванні в різноманітних умовах експлуатації [1,4,5,6,7,8,12,23]; систематизація теоретичних та практичних даних по конструюванню ударно-відцентрових дезінтеграторів [2]; розробка теоретичних засад щодо вдосконалення процесу дезінтеграції гірської породи в ударно-відцентрових дезінтеграторах [3]; розробка математичної моделі, що описує динамічне навантаження на ланки ударно-відцентрових дезінтеграторів [17,21,22]; розробка нової конструкції ударно-відцентрового дезінтегратора [9,13,14,15,16].

АНОТАЦІЯ

Логинова А.О. Обґрунтування раціональних параметрів та кінематичної схеми ударно-відцентрового дезінтегратора. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.06 «Гірничі машини». Державний ВНЗ «Національний гірничий університет» МОН України, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, м. Дніпро, 2018.

Дисертація присвячена вирішенню наукової задачі по встановленню впливу ефекту старіння в умовах кислотного агресивного середовища на показник довговічності гумових елементів опорного вузла ударно-відцентрових дезінтеграторів, а також обґрунтуванню кінематичної схеми дезінтеграторів ударно-відцентрового типу, що забезпечує руйнування матеріалу переважно ударними зсувними навантаженнями.

Доведено, що основним критерієм, що визначає довговічність гумових елементів і стійкість опорного вузла УВД, є фактична зміна коефіцієнта дисипації в залежності від впливу різних чинників. Враховуючи отримані результати встановлено, що довговічність гумових елементів пропорційна різниці між початковим значенням коефіцієнта дисипації гуми і його кінцевим значенням, визначеним виходячи з реологічних параметрів гуми, максимально допустимої амплітуди коливань динамічної системи, частоти вимушених коливань і частоти власних коливань, і обернено пропорційна коефіцієнту, що враховує вплив агресивного кислотного середовища на гуму, який в залежності від концентрації кислоти в межах 1,5 % ÷ 10 % змінюється від $3,2 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ до $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Встановлено степеневу множинну регресійну залежність продуктивності і споживаної потужності УВД від кількості роторів, частоти обертів валу, крупності і міцності початкового матеріалу; показано, що використання нової двороторної кінематичної схеми УВД в порівнянні з однороторною дозволяє збільшити вихід дрібної фракції на величину від 30 % до 70 %.

На основі отриманих результатів експериментальних та теоретичних досліджень розроблені технічні рішення щодо системи віброізоляції однороторних УВД та нової кінематичної схеми УВД на рівні винаходів. Розроблені і впроваджені методичні рекомендації щодо визначення довговічності гумових елементів важких гірських машин в умовах кислотних агресивних середовищ. Також розроблена технічна пропозиція з впровадження двороторного УВД в лінію дільниці переробки відвальної золи уносу Краматорської ТЕЦ, а також визначенню його технологічних параметрів

Ключові слова: ударно-відцентровий дезінтегратор, еластомер, гумовий віброізолятор, довговічність гуми, вплив агресивного середовища на гуму.

АННОТАЦИЯ

Логинова А.А. Обоснование рациональных параметров и кинематической схемы ударно-центробежного дезинтегратора. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.06 «Горные машины». Государственный ВУЗ "Национальный горный университет» МОН Украины, Институт геотехнической механики им. М.С. Полякова НАН Украины, Днепр, 2018.

Диссертация посвящена решению научной задачи по установлению влияния эффекта старения в условиях кислотной агрессивной среды на показатель долговечности резиновых элементов опорного узла ударно-центробежных дезинтеграторов, а также обоснованию кинематической схемы дезинтеграторов ударно-центробежного типа, реализующих разрушение материала преимущественно ударными сдвиговыми нагрузками.

Доказано, что основным критерием, определяющим долговечность резиновых элементов и устойчивость опорного узла УЦД, является фактическое изменение коэффициента диссипации в зависимости от влияния различных факторов. Учитывая полученные результаты установлено, что долговечность резиновых элементов пропорциональна разнице между начальным значением коэффициента диссипации резины и его конечным значением, определяемым исходя из реологических параметров резины, максимально допустимой амплитуды колебаний динамической системы, частоты вынужденных колебаний и частоты собственных колебаний, и обратно пропорциональна коэффициенту, учитывающему влияние агрессивной кислотной среды на резину, который в зависимости от концентрации кислоты в пределах 1,5% ÷ 10% изменяется от $3,2 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$ до $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$.

Установлена степенная множественная регрессионная зависимость производительности и потребляемой мощности УЦД от количества роторов, частоты вращения вала, крупности и прочности исходного материала; показано, что использование новой двухроторной кинематической схемы УЦД по сравнению с однороторной позволяет увеличить выход мелкой фракции на величину от 30% до 70%.

На основе экспериментальных и теоретических исследований разработаны технические решения по системе виброизоляции однороторных УЦД и новой кинематической схеме УЦД на уровне изобретений. Разработаны и внедрены методические рекомендации по определению долговечности резиновых элементов тяжелых горных машин в условиях кислотных агрессивных сред. Также разработано техническое предложение по внедрению двухроторного УЦД в линию участка переработки отвальной золы уноса Краматорской ТЭЦ, а также определению его технологических параметров.

Ключевые слова: ударно-центробежный дезинтегратор, эластомер, резиновый виброизолятор, долговечность резины, влияние агрессивной среды на резину.

ABSTRACT

Loginova A.O. Validation of Rational Parameters and Kinematic Scheme of Centrifugal Percussion Disintegrator. – Manuscript.

The thesis for a Candidate's of Technical Science degree by specialty 05.05.06 "Mining Machines". State higher education establishment The "National Mining University" of The Ministry of Education and Science of Ukraine, The M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics of The National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, 2018.

The dissertation objective is to solve a scientific problem of determining impact of aging effect on the wear-life of rubber elements in the support unit of the centrifugal percussion disintegrators (CPD) in conditions of acid aggressive environment and to validate kinematic scheme for disintegrators of the centrifugal percussion type, which destruct materials mainly by percussive shearing loads.

It is proved that main criterion that determines wear life of the rubber elements and stability of the CPD support unit is factual change of dissipation factor depending on influence of various factors. Taking into account the results obtained, it is stated that wear life of the rubber elements is proportional to the difference between initial value of the rubber dissipation factor and its finite value, which is determined by rheological parameters of the rubber, maximum permissible amplitude of dynamic system oscillations, frequency of forced oscillations and frequency of natural oscillations, and inversely proportional to the coefficient, which takes into account influence of aggressive acid medium on rubber, which varies from $3,2 \cdot 10^{-6} \text{ hour}^{-1}$ to $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ hour}^{-1}$ depending on the acid concentration within the range of $1.5 \div 10\%$.

Using correlation analysis, a multiple regressive dependency of the CPD productivity and power consumption on the quantity of rotors, speed of the shaft rotation, size and strength of the inputs was established; it is determined that use of the new two-rotor kinematic scheme in the CPD increases output of fine fraction by 30% -70% in comparison with the single-rotor scheme. Based on the results of experimental and theoretical studies, technical solutions were developed for the system of the single-rotor CPD vibration isolation, and the new kinematic scheme of CPD was designed (at the level of invention).

Methodical recommendations for determining wear-life of rubber elements in the heavy mining machines working in acid aggressive environments were developed. A technical proposal was developed for introducing the two-rotor centrifugal percussion disintegrator into the ash processing line at the Kramatorsk heat electropower station.

Key words: centrifugal percussion disintegrator, elastomer, rubber vibration isolator, wear-life of rubber, influence of aggressive environment on rubber.

Read-Only

Реклама-Онлайн

Підписано до друку 29.12.2017. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 1,16. Обл.-вид. арк. 1,03. Зам. № 1180.
Тираж 100 прим.

Віддруковано на базі поліграфічно-видавничого центру «Адверта»
Свідоцтво про державну реєстрацію № 2 224 000 0000 047520
49000, Дніпро, Короленко 3 / 308
тел. (066)-55-312-55, (056)-798-22-47
E-mail: 7984722@gmail.com
www.adverta.com.ua
www.vk.com/izdatelstvo_adverta
www.facebook.com/adverta.Izdatelstvo