

Секція: Нові технології екологічно чистого виробництва та будівництва, охорони навколишнього природного середовища, видобутку та переробки корисних копалин; хімічні процеси та речовини в екології; раціональне природокористування

Назва напрямку секції: 4. Видобуток та переробка корисних копалин

АНОТОВАНИЙ ЗВІТ **за завершеною науковою роботою за 2017 – 2020 роки**

Тема: Оптимізація процесу буріння свердловин на основі визначення фізико-механічних і хіміко-мінералогічних характеристик гірської породи

Керівник роботи: Моркун Наталя Володимирівна

Номер державної реєстрації: 0117U007193

Номер облікової картки заключного звіту: 0221U104184

Повне найменування організації-виконавця: Криворізький національний університет

Назва пріоритетного тематичного напрямку організації-виконавця: 4. Раціональне природокористування.

Строки виконання: початок – 01.10.2017, закінчення – 31.12.2020

Обсяг коштів, виділених на виконання розробки за весь період (згідно із запитом/ фактичний): 1669.16 / 2299,860 тис. гривень.

1. КОРОТКИЙ ЗМІСТ ЗАПИТУ

1.1. Проблема, на вирішення якої було спрямовано наукову роботу: Проблема, на вирішення якої спрямовано проект полягає у встановленні закономірностей змінення у процесі буріння параметрів сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів у комплексі з параметрами бурової установки (швидкість буріння, крутний момент, енергетичні характеристики), що дозволить у процесі буріння здійснювати формування моделі геологічної структури та оптимізувати на її основі технологію й підвищити ефективність буріння свердловин при видобутку залізорудної сировини, представленої мінералого-технологічними різновидами

1.2. Об'єкт і предмет наукової роботи: Об'єкт наукової роботи – технологія буріння свердловин та процеси оптимізації керування процесом буріння при видобутку залізорудної сировини, представленої мінералого-технологічними різновидами.

Предмет наукової роботи – закономірності змінення у процесі буріння параметрів сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів у комплексі з параметрами бурової установки (швидкість буріння, крутний момент, енергетичні характеристики) для оптимізації даних процесів при видобутку залізовмісних руд, представлених мінералого-технологічними різновидами шляхом формування моделі геологічної структури, критеріїв і методів адаптивної оптимізації процесу буріння.

1.3. Мета і основні завдання наукової роботи: Метою досліджень є оптимізація технології й підвищення ефективності та якості автоматизованого керування бурінням свердловин у процесі видобутку залізовмісних руд, представлених мінералого-технологічними різновидами, шляхом визначення закономірностей змінення параметрів сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів та характеристик бурової установки і застосування даних закономірностей для оптимізації показників процесу буріння.

Сформульована мета роботи зумовила необхідність розв'язання таких завдань:

- аналіз проблеми підвищення ефективності технології та методів керування процесом буріння свердловин у процесі у процесі видобутку залізовмісних руд;
- дослідження закономірностей змінення у процесі буріння свердловин параметрів сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів у комплексі з параметрами бурової установки;
- розроблення методу формування структури моделі геологічної структури породи, що буриться;
- розроблення методу параметричної ідентифікації моделі геологічної структури породи, що буриться;

- розроблення методу оптимізації технології та керування бурінням свердловин у процесі видобутку та перероблення залізорудної сировини на основі моделі геологічної структури;
- розроблення і апробація технології та системи формування оптимальних параметрів процесу буріння свердловин.

1.4. У випадку, якщо відбувалося коригування мети, об'єкта, предмета, основних завдань, відхилення від запланованого календарного плану роботи - описати у звіті: Дослідження здійснювались без відхилення від запланованого календарного плану.

2. ОПИС ПРОЦЕСУ НАУКОВОЇ РОБОТИ

2.1. Описати підхід до проведення наукової роботи, визначити її новизну: Основою досліджень за проектом є системний підхід, згідно з яким здійснюється визначення закономірностей змінення у процесі буріння параметрів сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів, які у комплексі з результатами оперативного вимірювання у процесі буріння параметрів бурової установки (швидкість буріння, крутний момент, енергетичні характеристики) використовуються оптимізації процесів буріння свердловин при видобутку залізовмісних руд, представлених мінералого-технологічними різновидами

Новизною підходу оптимізація технології буріння свердловин із розпізнаванням у процесі буріння мінералого-технологічних різновидів породи шляхом комплексного застосування методів оперативного вимірювання у процесі буріння: параметрів бурової установки (швидкість буріння, крутний момент, енергетичні характеристики) та характеристик породи на основі дослідження закономірностей змінення параметрів сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів.

2.2. Розкрити основні ідеї наукової роботи, як вони втілювались: Ідея наукової роботи полягає у тому, що оптимізувати технологію та підвищити ефективність процесу буріння свердловин при видобутку залізорудної сировини, представленої декількома мінералого-технологічними різновидами, можна шляхом формування моделі геологічної структури на основі даних комплексу оперативного вимірювання у процесі буріння: параметрів бурової установки (швидкість буріння, крутний момент, енергетичні характеристики) та характеристик породи на основі дослідження закономірностей змінення параметрів сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів.

Втілення ідеї дослідження здійснювалось шляхом дослідження закономірностей змінення у процесі буріння свердловин параметрів сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів у комплексі з параметрами бурової установки та розроблення методів структурної і параметричної ідентифікації моделі геологічної структури породи, що буриться, з наступною оптимізацією технології та керування бурінням свердловин у процесі видобутку та перероблення залізорудної сировини. Практична реалізація ідеї дослідження відбувалась шляхом розроблення програмних і апаратних компонентів технології та системи формування оптимальних параметрів процесу буріння свердловин.

2.3. Навести основні гіпотези наукової роботи, як вони підтверджувались або спростовувались, перетворювались на методику чи технологію: Робоча гіпотеза проекту полягає у наявності залежності між геологічною структурою гірського масиву, що буриться у процесі видобутку залізорудної сировини та даними комплексу оперативного вимірювання у процесі буріння: параметрів бурової установки (швидкість буріння, крутний момент, енергетичні характеристики) та характеристик породи визначених із застосуванням сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів.

Для перевірки робочої гіпотези проекту здійснюється розроблення методів магнітометричного, радіаційного та ультразвукового неруйнівного контролю. Для реалізації зазначених методів оцінювання характеристик породи у процесі буріння виконано роботу щодо створення системи багатоканальних магнітних, радіаційних та ультразвукових вимірювань на основі дослідження закономірностей поширення відповідних полів та випромінювання у гірській породі у процесі буріння.

2.4. Представити нові або оновлені методи та засоби, методику та методологію наукової роботи, що створені авторами у ході виконання роботи; обґрунтувати, чим вони відрізняються від наявних: У ході виконання роботи створено:

- методологія управління технологічним процесом формування профілів свердловин, як відрізняється від відомих тим, що вона заснована на концепції управління рухом бурового

інструменту як багатозв'язним динамічним об'єктом з використанням прогнозуючих моделей, залежно від результатів вимірювання комплексу параметрів бурової установки та характеристики різновидів породи, що буриться;

- метод побудови та ідентифікації моделей керованого і трендового прогнозу руху бурового інструменту, що відрізняється від відомих тим, що здійснює комплексування кінематичної моделі руху бурового інструменту та нейромережевої моделі ідентифікації геологічних і технологічних збурень;

- методу багатопараметричної оптимізації технології та керування бурінням свердловин у процесі видобутку залізорудної сировини, що відрізняється від відомих тим, що оптимізація здійснюється на основі ієрархічного критерію, представленого множиною нерівнозначних складових, що доповнена показниками швидкості буріння, крутного моменту, енергетичними характеристиками та характеристики різновидів породи, що буриться.

2.5. Описати особливості структури та складових проведення дослідження: Особливість структури проведення досліджень обумовлена інтегрованістю ієрархічної структури управління технологічним процесом формування профілів свердловин. На усіх етапах досліджень була реалізована інтеграція і комплексний аналіз результатів підсистем (структурних елементів) оперативного контролю профілів свердловин та фізико-хімічних параметрів породи.

Особливостями складових виконання досліджень є поєднання результатів дослідження у трьох напрямках: теоретичних і практичних досліджень технологій видобутку корисних копалин; методів і засобів контролю фізико-хімічних характеристик гірської породи, просторового положення та глибини свердловин; формування інформаційних технологій оброблення одержаної інформації та синтезу динамічних математичних та імітаційних моделей просторового розподілення зазначених параметрів у масиві гірської породи.

3. ОДЕРЖАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

3.1. Результати етапів (відповідно до технічного завдання) відобразити у таблиці:

Таблиця 1

Номер етапу, строки	Назва етапу згідно з техн. завданням	Заплановані результати	Отримані результати
1. з 01.10.2017 по 31.12.2017	Аналіз та обґрунтування перспективних підходів до підвищення ефективності буріння у процесі видобутку та перероблення залізорудної сировини. Встановлення залежностей між геологічною структурою породи, що буриться у процесі видобутку залізорудної сировини та даними оперативного контролю процесу буріння.	Опис результатів дослідження, аналізу та обґрунтування перспективних підходів до підвищення ефективності буріння у процесі видобутку та перероблення залізорудної сировини. Опис залежностей між геологічною структурою породи, що буриться у процесі видобутку залізорудної сировини та даними оперативного контролю процесу буріння.	Виконано опис результатів дослідження, аналізу та обґрунтування перспективних підходів до підвищення ефективності буріння у процесі видобутку та перероблення залізорудної сировини. Виконано опис залежностей між геологічною структурою породи, що буриться у процесі видобутку залізорудної сировини та даними оперативного контролю процесу буріння.

Номер етапу, строки	Назва етапу згідно з техн. завданням	Заплановані результати	Отримані результати
2. з <u>01.01.2018</u> по <u>31.12.2018</u>	Встановлення залежностей між геологічною структурою породи, що буриться у процесі видобутку залізорудної сировини та даними оперативного контролю процесу буріння та формування комплексу оперативного вимірювання у процесі буріння: параметрів бурової установки (швидкість буріння, крутний момент, енергетичні характеристики) та характеристик породи визначених із застосуванням сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів. Структурна і параметрична ідентифікація моделі геологічної структури на основі сформованого комплексу оперативного вимірювання параметрів у процесі буріння.	Опис залежностей між геологічною структурою породи, що буриться у процесі видобутку залізорудної сировини та даними комплексу оперативного вимірювання у процесі буріння: параметрів бурової установки (швидкість буріння, крутний момент, енергетичні характеристики) та характеристик породи визначених із застосуванням сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів. Опис сформованої моделі геологічної структури та методів її структурної і параметричної ідентифікації.	Виконано опис залежностей між геологічною структурою породи, що буриться у процесі видобутку залізорудної сировини та даними комплексу оперативного вимірювання у процесі буріння: параметрів бурової установки (швидкість буріння, крутний момент, енергетичні характеристики) та характеристик породи визначених із застосуванням сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів. Виконано опис сформованої моделі геологічної структури та методів її структурної і параметричної ідентифікації.
3. з <u>01.01.2019</u>	Оптимізація	Опис методу	Виконано опис методу

Номер етапу, строки	Назва етапу згідно з техн. завданням	Заплановані результати	Отримані результати
по <u>31.12.2019</u>	процесів буріння у процесі видобутку та перероблення залізорудної сировини на основі нейро-нечіткої моделі геологічної структури, сформованої із застосуванням даних оперативного контролю у процесі буріння: параметрів бурової установки (швидкість буріння, крутний момент, енергетичні характеристики) та характеристик породи визначених із застосуванням сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів; що дозволить підвищити ефективність буріння	багатопараметричної оптимізації процесу буріння. Опис ієрархічного критерію, представленого множиною нерівнозначних складових, що доповнена технологічними показниками.	багатопараметричної оптимізації процесу буріння. Виконано опис ієрархічного критерію, представленого множиною нерівнозначних складових, що доповнена технологічними показниками.
4. з <u>01.01.2020</u> по <u>30.09.2020</u>	Оптимізація процесів буріння у процесі видобутку та перероблення залізорудної сировини на основі моделі геологічної структури та апробація запропонованих методів.	Опис ієрархічного критерію та методу багатопараметричної оптимізації процесу буріння. Опис результатів апробації технології та системи оптимального формування керуючих впливів у процесі буріння.	Виконано опис ієрархічного критерію та методу багатопараметричної оптимізації процесу буріння. Виконано опис результатів апробації технології та системи оптимального формування керуючих впливів у процесі буріння.

3.2. Докладно розкрити одержані наукові результати, навести описи науково-технічних розробок, методик суспільних практик, положень, регламентів, стандартів, проектів нормативно-технічних документів, творів, що створюватимуться, змінюватимуться та/або доповнюватимуться авторами:

У результаті виконання проекту одержано такі результати: сформовано напрями підвищення ефективності технології та методів керування процесом буріння свердловин у процесі у процесі видобутку залізовмісних руд із застосуванням інформації про геологічну структуру породи у процесів буріння; встановлено закономірностей змінення параметрів магнітних, радіаційних та ультразвукових полів у процесі буріння свердловин; розроблено метод формування структури моделі геологічної структури породи, що буриться, на основі непрямої інформації щодо змінення параметрів магнітних, радіаційних та ультразвукових полів у процесі буріння свердловин; розроблено метод параметричної ідентифікації моделі геологічної структури породи, що буриться, на основі непрямої інформації щодо змінення параметрів магнітних, радіаційних та ультразвукових полів у процесі буріння свердловин; розроблено метод оптимізації технології та керування бурінням свердловин у процесі видобутку та перероблення залізорудної сировини на основі моделі геологічної структури; розроблено технологію та систему формування оптимальних параметрів процесу буріння свердловин.

3.3. Визначити, які з результатів і як саме були науково обґрунтовані та доведені. Які результати розробки було створено виключно на основі узагальнення практичного досвіду: Науково-обґрунтованими та доведеними є такі очікувані результати: закономірності змінення параметрів магнітних, радіаційних та ультразвукових полів у процесі буріння свердловин; метод формування структури моделі геологічної структури породи, що буриться, на основі непрямої інформації щодо змінення параметрів магнітних, радіаційних та ультразвукових полів у процесі буріння свердловин та параметрів бурової установки (швидкість буріння, крутний момент, енергетичні характеристики); метод параметричної ідентифікації моделі геологічної структури породи, що буриться, на основі непрямої інформації щодо змінення параметрів магнітних, радіаційних та ультразвукових полів у процесі буріння свердловин; метод оптимізації технології та керування бурінням свердловин у процесі видобутку та перероблення залізорудної сировини на основі моделі геологічної структури; технологія та система формування оптимальних параметрів процесу буріння свердловин.

Корисними методичними і технічними напрацюваннями є такі очікувані результати: спосіб формування керованого ультразвукового випромінювання; спосіб формування керованого радіаційного випромінювання; способи структурної та параметричної ідентифікації математичної моделі геологічної структури, спосіб розпізнавання мінералого-технологічних різновидів руди у геологічній структурі.

3.4. Довести наукову і науково-прикладну новизну результатів на основі їх порівняння з існуючими аналогами у світовій науці на основі посилань на конкретні публікації. Список цих публікацій навести у таблиці 8 цієї Форми. Довести переваги отриманих результатів над аналогами, суміжними науковими напрацюваннями світової спільноти вчених: Наукова новизна очікуваних результатів наукової роботи полягає у тому, що:

- встановлено залежності між геологічною структурою породи, що буриться, у процесі видобутку залізорудної сировини та даними оперативного контролю параметрів процесу буріння, які відрізняється від відомих [3-7] тим, що розпізнавання різновидів породи здійснюється на основі комплексу оперативного вимірювання у процесі буріння: параметрів бурової установки (швидкість буріння, крутний момент, енергетичні характеристики) та характеристик породи, визначених із застосуванням сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів, що дозволить підвищити точність розпізнавання різновидів породи у процесі буріння;

- удосконалено метод формування нейро-нечіткої моделі геологічної структури у процесі буріння на основі результатів оперативного контролю, який відрізняється від відомих [6 7] тим, що формування моделі здійснюється на основі даних комплексу оперативного вимірювання у процесі буріння: магнітної проникливості гірської породи, поглинання гірською породою гама-випромінювання, поглинання і відбиття ультразвукових хвиль, швидкості буріння, крутного моменту та енергетичних характеристик, що дозволить збільшити точність моделі геологічної структури при розпізнаванні різновидів породи, що буриться;

- удосконалено метод керування процесом буріння із застосуванням результатів оперативного контролю параметрів процесу, який відрізняється від відомих [8-9] тим, що формування керуючих впливів (осьове навантаження на долото та частота обертання) здійснюється залежно від результатів вимірювання комплексу параметрів, до яких відносяться технологічні параметри бурової установки (швидкість буріння, крутний момент, енергетичні характеристики) та характеристики різновидів породи, що буриться, оцінка яких здійснюється шляхом вимірювання параметрів сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів, що дозволить підвищити якість керування процесом буріння;

- удосконалено метод багатопараметричної оптимізації технології та керування бурінням свердловин у процесі видобутку залізорудної сировини, який відрізняється від відомих [1-2,8-9] тим, що оптимізація здійснюється на основі ієрархічного критерію, представленого множиною нерівнозначних складових, що доповнена показниками швидкості буріння, крутного моменту, енергетичними характеристиками та характеристики різновидів породи, що буриться, оцінка яких здійснюється шляхом вимірювання параметрів сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів, з розрахунком коефіцієнтів відносної важливості частинних критеріїв за адаптивною процедурою, що дозволить підвищити енергоефективність процесу буріння.

3.4. Обґрунтувати цінність очікуваних результатів для світової та вітчизняної науки:

Цінність очікуваних результатів для світової та вітчизняної науки полягає у розробленні методології управління технологічним процесом формування профілів свердловин, як відрізняється від відомих тим, що вона заснована на концепції управління рухом бурового інструменту як багатозв'язним динамічним об'єктом з використанням прогнозуючих моделей, залежно від результатів вимірювання комплексу параметрів бурової установки та характеристики різновидів породи, що буриться.

4. ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ ДЛЯ ЕКОНОМІКИ ТА СУСПІЛЬСТВА

4.1. Визначити та обґрунтувати використання очікуваних результатів для конкретної галузі суспільної практики, потреб розвитку соціогуманітарної сфери (для соціогуманітарного напрямку), вирішення світових проблем; довести відповідність потребам суспільства та економіки країни. Навести дані проведених маркетингових досліджень щодо просування результатів на світовий ринок, визначити потенційних замовників (таблиця 9 цієї Форми), навести перелік реальних майбутніх користувачів, з якими вже встановлено попередні договірні відносини (таблиця 10 цієї Форми): Для формування і апробації розробленого методу і критерію керування процесом буріння на основі встановлених залежностей між геологічною структурою породи, що буриться, та даними оперативного контролю параметрів процесу буріння використовувалися дані генеральних випробувань технологічної лінії збагачення ПРАТ «Полтавський ГЗК». Результати моделювання та апробації розробленої системи керування на основі встановлених залежностей між даними оперативного контролю параметрів бурової установки (швидкість буріння, крутний момент, енергетичні характеристики) та геологічних характеристик породи, що буриться, визначених із застосуванням сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів, дозволяють рекомендувати дану систему для промислового застосування на гірничих підприємствах. Зазначене підтверджується довідкою ПрАТ «Полтавський ГЗК» від 07.05.2019 про використання результатів науково-дослідних робіт виконаних ДВНЗ «Криворізький національний університет» Міністерства освіти і науки України. Також на замовлення ТОВ «Рудпромгеофізика» виконується госпдоговірна науково-дослідна робота «Дослідження підвищення точності каротажу вибухових свердловин в умовах гірничо-збагачувальних комбінатів», реєстраційний номер 0119U002390.

Зазначеними підприємствами використовуються такі результати роботи:

- метод формування нейро-нечіткої моделі геологічної структури у процесі буріння на основі результатів оперативного контролю, відповідно до якого що формування моделі здійснюється на основі даних комплексу оперативного вимірювання у процесі буріння: магнітної проникливості гірської породи, поглинання гірською породою гама-випромінювання, поглинання і відбиття ультразвукових хвиль, швидкості буріння, крутного моменту та енергетичний характеристик;

- метод керування процесом буріння із застосуванням результатів оперативного контролю параметрів процесу, відповідно до якого формування керуючих впливів (осьове навантаження на долото та частота обертання) здійснюється залежно від результатів вимірювання комплексу

параметрів, до яких відносяться технологічні параметри бурової установки (швидкість буріння, крутний момент, енергетичні характеристики) та характеристики різновидів породи, що буриться, оцінка яких здійснюється шляхом вимірювання параметрів сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів;

- метод багатопараметричної оптимізації технології та керування бурінням свердловин у процесі видобутку залізорудної сировини, відповідно до якого оптимізація здійснюється на основі ієрархічного критерію, представленого множиною нерівнозначних складових, що доповнена показниками швидкості буріння, крутного моменту, енергетичними характеристиками та характеристики різновидів породи, що буриться, оцінка яких здійснюється шляхом вимірювання параметрів сформованих відповідним чином магнітних, радіаційних та ультразвукових полів, з розрахунком коефіцієнтів відносної важливості частинних критеріїв за адаптивною процедурою.

4.2. Довести доцільність витрачання відповідних коштів державного бюджету для одержання наведених науково-прикладних результатів, що соціальний та економічний ефекти від впровадження результатів наукових робіт, науково-технічних (експериментальних) розробок перевищать витрати: Одержання ефекту від використання наведених наукових результатів потребуватиме їх використання у проектах щодо розроблення технологій та систем керування на існуючих або проєктованих гірничих підприємствах чи їх підрозділах. Слід відзначити, що практична реалізація запропонованих наукових результатів передбачає головним чином розроблення інформаційних технологій та програмного забезпечення систем проєктування і керування відповідно до наведених методик. Це дозволяє суттєво зменшити витрати на впровадження, оскільки програмне забезпечення характеризується: достатньо низькими витратами на перенесення та адаптування до нових виробничих умов; високим ступенем надійності, що забезпечується потужними засобами випробування та налагодження на початкових етапах розробки. Вартість модернізації функціональних можливостей даної технології є достатньо низькою, оскільки потребуватиме головним чином оновлення існуючого програмного і частини технічного забезпечення.

4.3. Довести цінність результатів для підготовки фахівців у системі освіти, зокрема вищої. При цьому відокремити використання очікуваних результатів за проєктом від науково-методичних завдань, що виконуються викладачами у межах їх основної науково-педагогічної діяльності. Навести у таблиці 11 цієї Форми тематику досліджень магістрантів (студентів), аспірантів і докторантів, кількість місяців роботи за темою.: Результати виконання проєкту будуть використані для підготовки таких магістерських робіт: Бурнасова Т. П. «Формування структури моделі геологічної структурна основі непрямої інформації»; Ісаченко Є. В.: «Параметрична ідентифікація моделі геологічної структури у процесі буріння свердловин»; Даць А. В. «Оптимізація керування бурінням свердловин на основі моделі геологічної структури»; Куменко С. О. «Розпізнавання мінералого-технологічних різновидів залізорудної сировини у процесі буріння на основі непрямих показників»; Донченко О. І. «Система формування оптимальних параметрів процесу буріння свердловин».

На основі результатів проєкту будуть підготовлені дисертація на здобуття наукового ступеня наукового ступеня доктора наук: Тронь В. В. «Оптимальне керування нелінійними організаційно-технічними структурами гірничого виробництва на основі інваріантних геометричних методів моделювання об'єктів з нелінійною динамікою» та доктора філософії: Паранюк Д. І. «Оптимальне керування процесом буріння свердловин на базі адаптивної нейронечіткої моделі геологічної структури», Тимошенко М. А. «Оптимізація керування і контролю процесів збагачення залізорудної сировини на основі динамічних ефектів високоенергетичного ультразвуку».

5. ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ

зараховуються виключно роботи, які належать колективу виконавців.

5.1. Перелік статей у журналах, що входять до наукометричних баз даних (Social Science Citation Index, Web of Science, Scopus та інші), наводяться у таблиці 2 цієї Форми:

Таблиця 2

№	Повні дані статей (<u>підкреслити прізвища авторів, зі списку виконавців</u>)	Наукометрична база даних
1	Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Tron V.</u> , Hryshchenko S. Investigation of the effect of characteristics of gas-containing suspensions on the parameters of the process of ultrasonic wave propagation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 6(5-90). P. 49-58. URL: http://journals.uran.ua/eejet/article/view/118943 .	Scopus
2	Morkun V. S., <u>Morkun N. V.</u> , <u>Tron V. V.</u> Automatic control of the ore suspension solid phase parameters using high-energy ultrasound. Radio Electronics, Computer Science, Control. 2017. Vol. 3. P. 175-182. URL: http://ric.zntu.edu.ua/article/view/116335/pdf_80 .	Scopus
3	Morkun V., Gubin G., Oliynyk T., Lotous V., <u>Ravinskaia V.</u> , <u>Tron V.</u> , <u>Morkun N.</u> , <u>Oliynyk M.</u> High-energy ultrasound to improve the quality of purifying the particles of iron ore in the process of its enrichment. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 6(12-90). P. 41-51. URL: http://journals.uran.ua/eejet/article/download/118448/115099 .	Scopus
4	Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Tron V.</u> , Hryshchenko S. Study of the Lamb waves propagation along a plate in contact with a randomly inhomogeneous heterogeneous medium. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 1(5-91). P. 18-27. DOI: https://doi.org/10.15587/1729%2D4061.2018.124057 .	Scopus
5	Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Tron V.</u> , Hryshchenko S. Synthesis of robust controllers for the control systems of technological units as iron ore processing plants. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 1(2-91), P 37-47. DOI: https://doi.org/10.15587/1729%2D4061.2018.119646 .	Scopus
6	Morkun, V., <u>Morkun, N.</u> Estimation of the crushed ore particles density in the pulp flow based on the dynamic effects of high-energy ultrasound. Archives of Acoustics. 2018. Vol. 43, Iss. 1, P. 61-67. DOI: http://dx.doi.org/10.24425%2F118080 .	Scopus
7	Morkun V.S., <u>Morkun N.V.</u> , <u>Tron V.V.</u> , Dotsenko I.A. Adaptive control system for the magnetic separation process. Sustainable Development of Mountain Territories. 2018. Vol. 10(4). P. 545-557. URL: http://naukagor.ru/en%2Dggb/Articles/ArtMID/2518/ArticleID/2908/ .	Scopus
8	Golik V.I., Komashchenko V.I., Morkun V.S., <u>Morkun N.V.</u> , Hryshchenko S.M. Energy saving in mining production. Nauka innov. 2018. Vol. 14(3). P. 33-45. DOI: https://doi.org/10.15407/scin14.03.033 .	Scopus
9	Morkun V. S., <u>Morkun N. V.</u> , Hryshchenko S. M., <u>Tron V. V.</u> Synthesis of the noise immune algorithm for adaptive control of ore concentration. Radio Electronics, Computer Science, Control. 2018. Vol. 3, P. 183-190. DOI: https://doi.org/10.15588/1607%2D3274%2D2018%2D3%2D20 .	Scopus
10	Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Tron V.</u> , Hryshchenko S., <u>Serdiuk O.</u> , Dotsenko I. Basic regularities of assessing ore pulp parameters in gravity settling of solid phase particles based on ultrasonic measurements. Archives of Acoustics. 2019. Vol. 44(1). P. 161-167. DOI: http://dx.doi.org/10.24425%2Faoa.2019.126362 .	Scopus

№	Повні дані статей (<u>підкреслити прізвища авторів, зі списку виконавців</u>)	Наукометрична база даних
11	Morkun V.S., <u>Morkun N.V.</u> , <u>Tron V.V.</u> , Hryshchenko S.M., Brovko D.V., Paranyuk D.I., <u>Serdyuk A.Y.</u> Evaluation of particle density of pulp solid phase using gamma-ray and Lamb waves measuring channels. Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering. 2019. Vol. 330(2). P. 19-33. DOI https://doi.org/10.18799/24131830/2019/2/88 .	Scopus
12	Golik V., Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Tron V.</u> Investigation of mechanochemical leaching of non-ferrous metals. Acta Mechanica et Automatica. 2019. Vol. 13, Iss. 2. P. 113-123. URL: http://www.acta.mechanica.pb.edu.pl/volume/vol13no2/16_2018_058_GOLIK_MO RKUN_MORKUN_TRON.pdf .	Scopus
13	Golik V., Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Gaponenko I.</u> Improvement of hole drilling technology for ore drawing intensification. Mining of Mineral Deposits. 2018. Vol. 12(3). P. 63-70. DOI: https://doi.org/10.15407/mining12.03.063 .	Scopus
14	Golik V., Mitsik M., Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Tron V.</u> Transportation of concentration and leaching tailings in underground mining of metal deposits. Mining of Mineral Deposits. 2019. 13(2). P. 111-120. URL: http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/154108 .	Scopus
15	Morkun V. S., <u>Morkun N.V.</u> , <u>Tron V. V.</u> Automatic control of the ore suspension solid phase parameters using high-energy ultrasound. Radio Electronics, Computer Science, Control. 2017. Vol. 3. P. 175-182. DOI: https://doi.org/10.15588/1607%2D3274%2D2017%2D3%2D19 .	Scopus

5.2. . Статті у журналах, що входять до переліку фахових видань України, статті у закордонних журналах, що не увійшли до підпункту 5.1 цього пункту, а також тези доповідей англійською мовою на міжнародних конференціях наводяться у таблиці 3 цієї Форми:

Таблиця 3

№	Повні дані статей і тез доповідей (<u>підкреслити прізвища авторів зі списку виконавців</u>)
1	Моркун В. С., <u>Тронь В. В.</u> , <u>Паранюк Д. И.</u> Оптимизация нейро-нечетких структур в системе управления процессом бурения с учетом типа породы. Качество минерального сырья : сб. науч. тр. 2018. Т. 2. С. 6-13.
2	<u>Микитин О. В.</u> , <u>Тронь В. В.</u> Автоматизована система інтелектуального керування транспортними потоками із застосуванням технології машинного зору. Вісник КНУ: зб. наук праць. 2017. Вип. 45. С. 149-154. URL: http://visnykknknu.com.ua/ua/journal/#2019
3	Моркун В. С., <u>Тронь В. В.</u> , <u>Равінська В. О.</u> Ультразвукова дезінтеграція рудних флокулоутворень перед флотаційним збагаченням залізної руди. Качество минерального сырья : сб. науч. тр. 2018. Т. 2. С. 101-109. URL: http://lib.ktu.edu.ua/?page_id=10108
4	Моркун В. С., <u>Тронь В. В.</u> , <u>Паранюк Д. И.</u> Оптимизация нейро-нечетких структур в системе управления процессом бурения с учетом типа породы. Качество минерального сырья : сб. науч. тр. 2018. Т. 2. С. 6-13. URL: http://lib.ktu.edu.ua/?page_id=10108
5	Моркун В. С., Губін Г. В., Олійник Т. А., <u>Тронь В. В.</u> , <u>Равінська В. О.</u> Моделювання впливу ультразвукового сигналу в середовищі для розробки нової технології рудопідготовки залізородної сировини. Збагачення корисних копалин. 2018. Вип. 69 (110). С. 95-109. URL: http://zzkk.nmu.org.ua/index.php/uk/arkhiv%2Dzhurnalu
6	Моркун В. С., <u>Моркун Н. В.</u> , <u>Тронь В. В.</u> , <u>Сердюк О. Ю.</u> Формування сепараційної характеристики процесу згущення рудної сировини на основі методу модельного

№	Повні дані статей і тез доповідей (підкреслити прізвища авторів зі списку виконавців)
	прогнозуючого керування. Гірничий вісник: зб. наук праць. 2019. Вип. 105. С. 8-13. URL: http://iomining.in.ua/ua/homeua/journal/#archive
7	Моркун В.С., <u>Моркун Н.В.</u> , <u>Сердюк О.Ю.</u> Використання високоенергетичного ультразвуку для оцінки параметрів процесу осадження часток твердої фази пульпи. Вісник Криворізького національного університету: зб. наук праць. 2019. Вип. 48. С. 3-7. URL: http://visnykknpu.com.ua/ua/journal/#2019
8	Моркун В. С., <u>Тронь В. В.</u> , <u>Гапоненко И. А.</u> , Паранюк Д. И. Идентификация структуры горной породы в процессе бурения на основе ультразвуковых измерений. Гірничий вісник : науково-технічний збірник. Вип. 104. 2018. с. 81-87. URL: http://iomining.in.ua/ua/homeua/journal/#archive
9	Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Hryshchenko S.</u> Method for ultrasonic control of a particle density distribution of crushed ore. IEEE International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering : Book of papers. 2017. P. 92-96. URL: http://ysc.org.ua/2017/ .
10	Morkun V., <u>Tron V.</u> , <u>Paranyuk D.</u> Neuro-fuzzy identification of drilling control system adapted to rock types. IEEE International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering : Book of papers. 2017. P. 96-99. URL: http://ysc.org.ua/2017/ .
11	Morkun V., <u>Tron V.</u> , <u>Ravinskaia V.</u> Optimization of high-energy ultrasound source parameters for cavitation disintegration of ore flocules before floatation. IEEE International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering 2017: Book of Papers. 2017. P. 96-99. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8126597 .
12	Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Hryshchenko S.</u> Method for ultrasonic control of a particle density distribution of crushed ore. IEEE International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering 2017: Book of Papers. 2017. P. 92-95. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8126657 .
13	Morkun V., <u>Tron V.</u> , Paranyuk D. Neuro-fuzzy identification of drilling control system adapted to rock types. IEEE International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering 2017: Book of Papers. 2017. P. 12-15. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8126584 .
14	Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Pikilnyak A.</u> Ultrasonic facilities complex for grinding and ore classification process control. IEEE 37th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2017 - Proceedings. 2017. P. 409-413. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/7939788 .
15	Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Pikilnyak A.</u> Method of ultrasonic measurement of the main characteristics of gas-containing ore suspensions. IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). 2019. P. 590-595. DOI: 10.1109/ELNANO.2019.8783887.
16	Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Pikilnyak A.</u> Flotation process optimization using high-energy ultrasound frequency control. IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). 2019. P. 620-625. DOI: 10.1109/ELNANO.2019.8783390.
17	Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Tron V.</u> , <u>Hryshchenko S.</u> , <u>Serdiuk O.</u> , Sulyma T. System of multi-channel ultrasonic and radiometric measurements for determining characteristics of concentration products. IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). 2019. P. 664-667. DOI: 10.1109/ELNANO.2019.8783226.
18	Golik V., Razorenov Y, Morkun V., <u>Morkun N.</u> Simulation of deposit parameters in underground development mining. Ukrainian School of Mining Engineering. E3S Web of Conferences. 2018. Vol. 60. No. 00029. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000029 .
19	Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Pikilnyak A.</u> Automated control system for the gas bubble size distribution in the iron ore flotation process. Proceedings of the XIV International Conference «Strategy of Quality in Industry and Education, June 4-7, 2018, Varna, Bulgaria. 2018. Vol. II. P.

№	Повні дані статей і тез доповідей (підкреслити прізвища авторів зі списку виконавців)
	305-309. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/7002/1/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB1212056703.pdf
20	Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Pikilnyak A.</u> Ultrasonic facilities complex for grinding and ore classification process control. 37th IEEE International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). Kyiv, Ukraine, Date: APR 18-20, 2017. P. 409-413. DOI: 10.1109/ELNANO.2017.7939788.
21	Morkun V.S., Semerikov S.O., <u>Morkun N.V.</u> , Hryshchenko S.M., Kiv A.E. Defining the structure of environmental competence of future mining engineers: ICT approach. 1st International Workshop on Augmented Reality in Education - CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2257, 2018, P. 198-203. URL: http://ceur%2Dws.org/Vol%2D2257/paper19.pdf
22	Моркун В. С., <u>Моркун Н.В.</u> , <u>Тронь В. В.</u> , Паранюк Д. І., Грищенко С. М. Спосіб керування процесом буріння свердловин в гірському масиві із феромагнітних порід : пат. 132690 Україна : МПК E21B 44/00, E21B 47/0228, E21B 47/13; заявл. 23.08.2018; опубл. 11.03.2019, Бюл. №5.
23	Моркун В. С., <u>Моркун Н.В.</u> , <u>Тронь В. В.</u> , Паранюк Д. І., <u>Гапоненко І. А.</u> Спосіб керування процесом буріння свердловин в гірському масиві із феромагнітних порід : пат. 132689 Україна : МПК E21B 44/00; заявл. 23.08.2018; опубл. 11.03.2019, Бюл. №5.
24	Моркун В. С., <u>Моркун Н.В.</u> , <u>Тронь В. В.</u> , Паранюк Д. І., Суворов О. І. Спосіб визначення характеристик феромагнітних гірських порід в процесі буріння свердловин в гірському масиві : пат. 132692 Україна : МПК E21B 49/00, G01N 27/72; заявл. 23.08.2018; опубл. 11.03.2019, Бюл. №5.
25	Моркун В. С., <u>Моркун Н.В.</u> , <u>Тронь В. В.</u> , Паранюк Д. І., <u>Сердюк О. Ю.</u> Спосіб автоматичного контролю характеристик феромагнітних гірських порід в процесі буріння свердловин в гірському масиві : пат. 132691 Україна : МПК E21B 44/00, E21B 47/13; заявл. 23.08.2018; опубл. 11.03.2019, Бюл. №5.
26	Моркун В. С., <u>Моркун Н. В.</u> , <u>Сердюк О. Ю.</u> Спосіб автоматичного керування роботою дешламатора : пат. 132345 Україна : МПК B01D 21/00, B03B 13/00; заявл. 23.08.2018; опубл. 25.02.2019, Бюл. №4.
27	Моркун В. С., <u>Моркун Н. В.</u> , <u>Сердюк О. Ю.</u> , <u>Тронь В. В.</u> , Сулима Т. С. Спосіб автоматичного керування роботою дешламатора : пат. 137455 Україна : МПК B01D 21/00, B03B 13/00; заявл. 27.03.2019; опубл. 25.10.2019, Бюл. №20.
28	Моркун В. С., <u>Моркун Н. В.</u> Спосіб автоматичного керування процесом збагачення рудних корисних копалин: пат. 111390 Україна : МПК B 03 B 13/00; заявл. 25.04.2016; опубл. 10.11.2016, Бюл. №21.
29	Моркун В. С., <u>Моркун Н. В.</u> Спосіб автоматичного керування процесом збагачення рудних корисних копалин: пат. 118114 Україна : МПК B 03 B 13/00; заявл. 23.01.2017; опубл. 25.07.2017, Бюл. №14.
30	Моркун В. С., <u>Моркун Н. В.</u> Спосіб автоматичного керування процесом збагачення рудних корисних копалин: пат. 118115 Україна : МПК B 03 B 13/00; заявл. 23.01.2017; опубл. 25.07.2017, Бюл. №14.
31	Моркун В. С., <u>Моркун Н. В.</u> Спосіб автоматичного керування процесом збагачення рудних корисних копалин: пат. 118975 Україна : МПК B02C 25/00, B03B 13/00; заявл. 16.01.2017; опубл. 11.09.2017, Бюл. №17.
32	Моркун В. С., <u>Моркун Н. В.</u> Пристрій контролю складу матеріалів в потоці пульпи : пат. 118218 Україна : МПК: G01N 29/00; заявл. 27.02.2017; опубл. 25.07.2017, Бюл. №14.
33	Моркун В. С., <u>Моркун Н. В.</u> Спосіб автоматичного контролю параметрів твердої фази рудної суспензії : пат. 118106 Україна : МПК: G01N 29/00; заявл. 16.01.2017; опубл.

№	Повні дані статей і тез доповідей (<u>підкреслити прізвища авторів зі списку виконавців</u>)
	25.07.2017, Бюл. №14.
34	Моркун В. С., <u>Моркун Н. В.</u> Спосіб автоматичного контролю параметрів твердої фази рудної суспензії : пат. 118220 Україна : МПК: G01N 29/00; заявл. 27.02.2017; опубл. 25.07.2017, Бюл. №14.
35	Моркун В. С., <u>Моркун Н. В.</u> , <u>Тронь В. В.</u> , <u>Сердюк О. Ю.</u> , <u>Пилипенко О. В.</u> Спосіб автоматичного контролю параметрів твердої фази рудної суспензії : пат. 137901 Україна : МПК: B03B 13/00; заявл. 22.04.2019; опубл. 11.11.2019, Бюл. №21.

5.3. Монографії та/або розділи монографій, що опубліковані українськими видавництвами за темою проекту державною мовою, наводяться у таблиці 4 цієї Форми.:

Таблиця 4

№	Повні дані монографій (розділів) (<u>підкреслити прізвища авторів</u> , зі списку виконавців)	Кількість друкованих аркушів
1	Моркун В.С., <u>Моркун Н.В.</u> Адаптивна система управління процесом магнітної сепарації залізної руди на базі засобів ультразвукового контролю. Кривий Ріг: КНУ, 2019. 159 с.	9,9
2	Моркун В.С., <u>Пікільняк А.В.</u> Адаптивне керування процесом флотації залізної руди. Кривий Ріг: Видавничий центр ДВНЗ «КНУ», 2017. 166 с.	5,2

5.4. Монографії та/або розділи монографій, що опубліковані за темою проекту у закордонних виданнях мовами країн, які входять до ОЕСР, та/або офіційними мовами Європейського Союзу, які не входять до ОЕСР, вказуються у таблиці 5 цього Звіту:

Таблиця 5

№	Повні дані монографій (розділів) (<u>підкреслити прізвища авторів</u> зі списку виконавців)	Кількість друкованих аркушів
1	Morkun V., <u>Morkun N.</u> , <u>Pikilnyak A.</u> The propagation of ultrasonic waves in gas-containing suspensions. Newcastle: Cambridge Scholars Publishing, 2019. 142 p.	6,0

5.5. Створені та передані для використання поза межами організації-виконавця методики, інформаційно-аналітичні документи, матеріали, рекомендації, пропозиції до органів влади тощо наводяться у таблиці 6 цієї Форми:

Таблиця 6

№	Передані методики, рекомендації, пропозиції, інші документи; <u>підкреслити прізвища авторів</u> , які належать до списку виконавців	З них підтверджено документами користувача
1	<u>Моркун Н. В.</u> , <u>Тронь В. В.</u> , <u>Сердюк О. Ю.</u> , <u>Гапоненко І. А.</u>	Методика керування процесом буріння із застосуванням результатів оперативного

№	Передані методики, рекомендації, пропозиції, інші документи; <u>підкреслити прізвища авторів</u> , які належать до списку виконавців	З них підтверджено документами користувача
		контролю параметрів процесу. Кривий Ріг: КНУ, 2020.
2	<u>Моркун Н. В., Тронь В. В., Ільницький А. В., Рицко О. І.</u>	Методика багато параметричної оптимізації технології та керування бурінням свердловин у процесі видобутку залізорудної сировини. Кривий Ріг: КНУ, 2020.
3	<u>Моркун Н. В., Тронь В. В. Пікільняк А. В., Сердюк О. Ю.</u>	Методика формування оптимальних параметрів процесу буріння свердловин. Кривий Ріг: КНУ, 2020.

6. ВИКОНАВЦІ ПРОЕКТУ

Молоді вчені до 35 років, з них:

кандидатів: 3, докторів: 1;

наукові працівники без ступеня: 3;

інженерно-технічні кадри: 2, допоміжний персонал: 3;

докторанти: 0; аспіранти: 0; студенти: 3.

Разом: 15.

Таблиця 7

Виконавці проекту* (з оплатою в межах запиту):

№	Прізвище, ім'я, по батькові	Науковий ступінь	Вчене звання	Посада і місце основної роботи	Вік
1	Тронь Віталій Валерійович	канд. техн. наук	доц.	доцент кафедри автоматизації, комп'ютерних наук і технологій. Криворізький національний університет	35
2	Сердюк Олександра Юріївна	без ступеня	без звання	асистент кафедри автоматизації, комп'ютерних наук і технологій. Криворізький національний університет	20
3	Пікільняк Андрій Валерійович	канд. техн. наук	доц.	В.о. декана МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ, доц. кафедри технології машинобудування.	31

№	Прізвище, ім'я, по батькові	Науковий ступінь	Вчене звання	Посада і місце основної роботи	Вік
				Криворізький національний університет	
4	Гапоненко Ірина Анатоліївна	канд. техн. наук	без звання	старший науковий співробітник. Криворізький національний університет	30
5	Завсегдашня Ірина Валентинівна	канд. техн. наук	доц.	доцент кафедри автоматизації, комп'ютерних наук і технологій. Криворізький національний університет	37

Рішення вченої (наукової, науково-технічної) ради від "24" листопада 2020р., протокол № № 4 щодо завершення роботи

Керівник роботи

ПІБ: Моркун Н.В.

Підпис, дата: _____

Проректор (заступник директора) з наукової роботи

ПІБ: Володимир МОРКУН

Підпис, дата: _____
МП

Додаток 1. Список основних публікацій закордонних та вітчизняних вчених, на які посилаються автори роботи для доведення наукової новизни власних результатів

Таблиця 8

№	Повні дані статей
1	Xiaowei Pan. Optimization of mineral processing plant through ROM ore size // AGH Journal of Mining and Geoengineering. 2012. Vol 36. No 4. P 123-132.
2	Victor Mwango Bowa. Optimization of blasting design parameters on open pit bench a case study of nchanga open pits // International journal of scientific & technology research. 2015. Vol 4. Issue 9. P 45-51.
3	Yue Z.Q., Lee C.F., Law K.T., Lam L.G. Automatic monitoring of rotary percussive drilling for ground characterization // International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. 2015. Vol 41. P 573-612.
4	Schunnesson H. Rock characterisation using percussive drilling // International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. 2014. 35(6). P 711-725.
5	Schunnesson H., Holme K. Drill monitoring for geological mine planning in the Viscaria copper mine, Sweden // CIM Bulletin. 2015. 90(1030). P 82-89.
6	Natalie Beattie. Monitoring-while-drilling for open-pit mining in a hard rock environment : Master`s thesis. Kingston. Queen`s University. 2012. 127 p.
7	Jorge Martin. Application of pattern recognition techniques to monitoring-while-drilling on a rotary electric blast hole drill at an open-pit coal mine : Master`s thesis. Kingston. Queen`s University. 2013. 213 p.
8	Segui J. B., Higgins M. Blast design using measurement while drilling parameters // Fragblast: International Journal for Blasting and Fragmentation. 2012. Vol 6. No 3-4. P 287-299.
9	Scoble M. J., Peck J., Hendricks C. Correlation between rotary drill performance parameters and borehole geophysical logging // Mining Science and Technology. 2012. Vol 8. P 301-312.

Додаток 2. Список потенційних замовників наукової та науково-технічної продукції

Таблиця 9

№	Реквізити замовників, з якими велися переговори	Документи, що підтверджують переговори
1	Приватне акціонерне товариство «Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат», м. Горішні Плавні, Полтавська обл., Україна	Довідка про використання результатів дослідження від 30.04.20 року
2	«Асоціація Укррудпром», м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., Україна	Довідка про використання результатів дослідження від 30.04.20 року
3	Товариство з обмеженою відповідальністю «Рудпромгеофізика», м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., Україна	Госпдоговір 26-30-19 Госпдоговір 26-11-18 Госпдоговір 18-20-18

Додаток 3. Список реальних замовників наукової та науково-технічної продукції

Таблиця 10

№	Реквізити замовників, з якими укладено договори щодо передачі результатів наукових робіт, науково-технічних (експериментальних) розробок, або документи, що підтверджують використання їх замовником	Документи, що підтверджують використання результатів
1	Товариство з обмеженою відповідальністю «Рудпромгеофізика», м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., Україна	Госпдоговір 26-30-19 Госпдоговір 26-11-18 Госпдоговір 18-20-18
2	ПрАТ «Полтавський ГЗК»	Довідка про використання результатів дослідження
3	«Асоціація Укррудпром»	Довідка про використання результатів дослідження

Додаток 4. Список докторантів, аспірантів, студентів, що брали участь у роботах за темою

Таблиця 11

№	П.І.Б.	Докторант, аспірант або студент	Завдання за темою	Кількість місяців роботи з оплатою
1	Бурнасова Т. П.	Студент	Формування структури моделі геологічної структурна основі непрямої інформації	1
2	Ісаченко Є. В	Студент	Параметрична ідентифікація моделі геологічної структури у процесі буріння свердловин	1

№	П.І.Б.	Докторант, аспірант або студент	Завдання за темою	Кількість місяців роботи з оплатою
3	Даць А. В.	Студент	Оптимізація керування бурінням свердловин на основі моделі геологічної структури	1
4	Куменко С. О.	Студент	Розпізнавання мінералого-технологічних різновидів залізорудної сировини у процесі буріння на основі непрямих показників	1
5	Донченко О. І.	Студент	Система формування оптимальних параметрів процесу буріння свердловин	1
6	Тимошенко М. А.	Аспірант	Оптимізація керування і контролю процесів збагачення залізорудної сировини на основі динамічних ефектів високоенергетичного ультразвуку	1
7	Паранюк Д. І.	Аспірант	Оптимальне керування процесом буріння свердловин на базі адаптивної нейро-нечіткої моделі геологічної структури	1

Додаток 5. Анотації статей українською мовою у журналах, що входять до наукометричних баз даних і представляють основні результати дослідження

Таблиця 12

№ статті у Таблиці 2	Анотація
1	У роботі виконано дослідження закономірностей зв'язку флуктуацій числа і розмірів зважених у рідині часток на характеристики поля об'ємних ультразвукових хвиль. Виявлено, що величина згасання об'ємних ультразвукових коливань високої частоти (≥ 5 МГц) у реальній пульпі залежить практично тільки від концентрації твердої фази і крупності часток подрібненого матеріалу
2	Пропонується метод оцінки функції розподілу корисного компонента по класах крупності частинок подрібненої руди в потоці пульпи на основі вимірів параметрів процесу поширення високочастотних і низькочастотних ультразвукових хвиль, а також гамма-випромінювання, який відрізняється від існуючих тим, що в процесі вимірювань здійснюють зсув частинок подрібненої руди певної крупності і щільності в область вимірювань шляхом впливу на пульпу високоенергетичного ультразвуку, що дозволяє підвищити точність вимірювань на 0,76%.

№ статті у Таблиці 2	Анотація
3	Погіршення якості концентратів в основному відбувається внаслідок утворення мікронних техногенних зростків. Запропоновано використання високоенергетичного ультразвуку в кавітаційному режимі для очищення поверхонь мінералів. Доведено, що ефективність ультразвукової обробки пов'язана з оновленням поверхонь часток, що призводить до збільшення контрастності магнітних і флотаційних властивостей мінералів. Виконано розрахунок пристрою формування високоенергетичного ультразвуку.
4	Представлені результати дослідження впливу характеристик неоднорідною гетерогенного середовища на параметри процесу поширення хвиль Лемба по пластині, що контактує з цим середовищем. Розглянуто вплив параметрів досліджуваного середовища на величину загасання хвиль Лемба. Встановлено, що в'язкість рідини і швидкість потоку не впливають на процес поширення хвиль Лемба. Отримані результати можуть бути використані при розробці методів і засобів контролю параметрів газовмісних суспензій.
5	Для керування процесами збагачувального виробництва в умовах зміни параметрів технологічних агрегатів, як об'єктів керування, досліджено можливість застосування робастних регуляторів. Встановлено, що за показниками номінальної і робастної якості керування доцільним є застосування робастного μ -регулятора, для зниження порядку якого виконано апроксимація з застосуванням Ганкелевої норми
6	Розглянуто метод автоматичного вимірювання густини рудних часток у потоці пульпи шляхом вимірювання величини загасання ультразвукових коливань високої частоти, які пройшли фіксовану відстань у досліджуваному середовищі під впливом високоенергетичних ультразвукових динамічних ефектів. Представлено результати розрахунку параметрів ультразвукового поля та просторове моделювання впливу енергетичного тиску ультразвукового випромінювання на потік пульпи, а також результати моделювання траєкторії переміщення частинок руди трьох фракцій в потоці пульпи під впливом високоенергетичного ультразвукового випромінювання.
7	Розроблена адаптивна система управління процесом магнітної сепарації, яка дозволяє мінімізувати час пошуку цільової функції управління, підтримувати оптимальне співвідношення між виходом концентрату і змістом корисного компонента в ньому в умовах мінливого якості вихідної руди і стану технологічного обладнання. Встановлено умови і вперше визначено, що найкращі параметри пошуку екстремуму в системі автоматичного управління процесом магнітної сепарації залізних руд, яка реалізує запропоновані принципи пошуку, за наявності збурень і шумів в контрольованих сигналах досягаються в тому випадку, коли відхилення статичних і динамічних характеристик об'єкта управління від номінального значення не перевищує $\pm 25\%$.
8	У дослідженні представлені результати промислового експерименту, спрямовані на заміну зв'язуючих компонентів бетонних сумішей активованим доменним шлаком. Визначено кількісні показники та закономірності споживання електричної енергії, необхідні для активації компонентів сумішей, що встановлюються. Встановлено загальні закономірності ефективності механічної активації та сформульовано концепцію та алгоритм ефективного споживання енергії при активації відходів гірничого виробництва.
9	Запропоновано шумостійкий алгоритм корекції параметрів контролера в автоматичному управлінні закритим контуром системи, яка базується на попередній ідентифікації статичних та динамічних характеристик керованого об'єкта відповідно до параметрів перехідного процесу, що починається в АСК

№ статті у Таблиці 2	Анотація
	замкнутого циклу подрібнення-класифікації. Визначено межі його застосованості в установках збагачувального виробництва.
10	Представлено метод визначення густини часток твердої фази пульпи на основі значень зміни ослаблення вимірювання у хвилях Лемба. Наведено залежності амплітуд вимірювальних каналів на основі об'ємних ультразвукових коливань та поверхневих хвиль Лемба, розподілу розмірів за частинками пульпи твердої фази для різних типів руд, що досліджуються, набір кривих для визначення відновленого сорту з урахуванням різних типів руди, що вивчаються.
11	Виявлені закономірності поширення гамма-випромінювання в випадково неоднорідних гетерогенних середовищах, а також хвиль Лемба по поверхнях, що контактують з цими середовищами, в процесі їх природного і спеціально організованого переміщення дозволяють визначити щільність частинок твердої фази, яка при відомій їх крупності і концентрації в контрольованому обсязі характеризує ступінь розкриття корисного компонента (мінералу). Розроблено схему пристрою контролю щільності твердої фази суспензій на основі отриманих закономірностей.
12	Дослідження стосується видобутку металу з руд та перероблення хвостів збагачення. Наведені результати моделювання параметрів вилуговування реагентів металів у дезінтеграторі. Дослідження обґрунтовує метод безвідходної переробки хімічно відновлених руд. Відновлення металів у розчин є однаковим як при багаторазовому вилуговуванні хвостів або руди в дезінтеграторі, так і при перемішуванні вилуговування хвостів або руд, раніше активованих у дезінтеграторі вилуговувальними розчинами.
13	Стаття підтверджує можливість та практичність одночасного свердління отворів та обсадної труби без передачі крутного моменту навантажень на труби та пропонує конструкцію бурильної колони зі шлангами всередині бурильних стрижнів та їх подальшим підтягуванням та трубопроводом з одночасним свердлінням. Складено схему взаємодії вибухових свердловин та обсадної труби при бурінні свердловин у зламаних рудах. Досліджено характер взаємозв'язку між швидкістю проникнення вертикальних і горизонтальних отворів із зміною осевої сили та їх довжиною для різних модифікацій бурового інструменту.
14	Дано розрахункові схеми визначення втрат напору та критичної швидкості потоку гідросуміші альтернативними методами з ранжируванням за ступенем надійності. Наукова новизна. Сформульована основа нового методу управління показниками приготування та транспортування сумішей при комбінованій розробці родовищ шляхом зміни напору і швидкості подачі сумішей. Практична значимість. Результати вирішення проблеми транспортування гідросумішей у режимі примусу шляхом спільного використання накопиченого виробничого досвіду та моделювання процесів доставки для умов комбінованої розробки родовищ дозволяють одержати комплексний еколого-економічний ефект.
15	Пропонується метод оцінки функції розподілу корисного компонента по класах крупності частинок подрібненої руди в потоці пульпи на основі вимірів параметрів процесу поширення високочастотних і низькочастотних ультразвукових хвиль, а також гамма-випромінювання, який відрізняється від існуючих тим, що в процесі вимірювань здійснюють зсув частинок подрібненої руди певної крупності і щільності в область вимірювань шляхом впливу на пульпу високоенергетичного ультразвуку, що дозволяє підвищити точність вимірювань на 0,76%.

Додаток 6. Анотації монографій українською мовою, які представляють основні результати дослідження і наведені у таблиці 4

Таблиця 13

№ монографії у таблиці 4	Анотація
1	Монографія присвячена питанням підвищення ефективності автоматичного управління процесами магнітного збагачення залізної руди, шляхом розробки теоретичної бази та адаптивної системи управління процесом магнітної сепарації, яка мінімізує час пошуку екстремуму характеристик динамічних об'єктів в умовах дії збурень і перешкод у контрольованих сигналах. Книга призначена для науковців, викладачів і студентів вищих навч. закладів та всіх, хто цікавиться питаннями застосування засобів автоматизації в процесах збагачення корисних копалин.
2	У монографії вирішено завдання розробки принципів, структури і системи адаптивного керування процесом флотації залізної руди з використанням керуючого впливу на основі високоенергетичного ультразвуку, що формується за допомогою ультразвукової фазованої решітки, що забезпечує формування та підтримку розподілу бульбашок газової фази пульпи за розмірами, який відповідає розподілу часток твердої фази пульпи за крупністю.

Додаток 6. Анотації українською мовою монографій англійською мовою, які представляють основні результати дослідження і наведені у таблиці 5

Таблиця 14

№ монографії у таблиці 5	Анотація
1	У цій книзі представлені результати досліджень у галузі автоматизованих систем моніторингу та управління технологічними процесами гірничого виробництва. Запропоновано математичний опис процесів розповсюдження хвиль Лемба на поверхнях, що контактують із випадково неоднорідними середовищами (газовмісними суспензіями). Це також перша книга, яка досліджує аналітичні залежності значень загасання хвиль Лемба та об'ємних ультразвукових хвиль від кількості, розміру, густини та інших характеристик неоднорідних середовищ під час їх природних та спеціально організованих рухів.

Додаток 7. Короткий зміст (анотації) українською мовою документів, матеріалів, рекомендацій, пропозицій, наведених у таблиці 6

Таблиця 15

№ документа у таблиці 6	Короткий зміст документів
1	Довідка про використання Асоціацією «Укррудпром»
2	Довідка про використання ПрАТ «Полтавський ГЗК»
3	Довідка про використання «Рудпромгеофізика»