

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

В.С. Моркун

« _____ » _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на науково-дослідну роботу

«Методи і програмно-технічні комплекси забезпечення якості
залізорудної сировини при видобутку і переробці»

РК№ 0120U 102310

Підстава для виконання НДР

Засідання Вченої ради Університету та наказу МОН України від 11.01.2020 року № 29 «Про Перелік проектів фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних (експериментальних) розробок вищих навчальних закладів та наукових установ, що належать до сфери управління Міністерства освіти і науки України з експертними оцінками, отриманими за результатами проведення наукової та науково-технічної експертизи»

1. Мета та вихідні дані

Ідея проекту полягає у комплексному застосуванні ядерно-фізичних, магнітометричних і ультразвукових методів оперативного контролю характеристик рудної маси на всіх етапах її видобутку і переробки, синтезу математичних моделей і розподіленого керування технологічними процесами при відкритому і підземному видобутку та збагаченні залізорудної сировини для оптимізації технології та підвищення якості продукції гірничо-переробних підприємств.

Робоча гіпотеза проекту полягає у тому, що комплексне застосування ядерно-фізичних, магнітометричних та ультразвукових методів для оперативного контролю характеристик залізорудної сировини та синтез математичної моделі і розподіленого керування якісними характеристиками рудної маси на всіх етапах її видобутку і перероблення дозволить оптимізувати процеси і технологію переробки мінералого-технологічних різновидів залізорудної сировини.

Метою проекту є оптимізація технології та підвищення якості продукції гірничо-переробних підприємств шляхом комплексного розвитку методології оперативного контролю, синтезу математичних моделей і розподіленого керування якістю залізорудної сировини на всіх етапах її видобутку і переробки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- розробка методу оцінки якості руди, яка видобувається відкритим способом із застосуванням ядерно-фізичних, магнітометричних і ультразвукових методів;
- розробка методу роботи мобільного дробильно-сортувального комплексу;
- вибір і обґрунтування умов застосування мобільного дробильно-сортувального радіометричного комплексу в залізорудному кар'єрі;
- розробка технології управління якістю рудопотоків в залізорудному кар'єрі з використанням дробильно-сортувального радіометричного комплексу, дослідження впливу ефективного атомного номера елементів гірських порід на процес радіометричного сортування залізорудної сировини в кар'єрі;
- розробка методу оцінки якості руди, яка видобувається підземним способом із застосуванням ядерно-фізичних, магнітометричних і ультразвукових методів;
- алгоритмізація процесу каротажу свердловин в умовах підземного видобутку;
- розробка математичної моделі розпізнавання образів при каротажі залістистих кварцитів; розробка і дослідження математичної моделі чинників, що впливають на якість руди;
- оптимізація режимів оперативного контролю вмісту загального і магнітного заліза;
- дослідження і аналіз впливу фізико-хімічних і фізико-механічних властивостей залістистих кварцитів і окислених руд на точність оперативного контролю якості руди;
- розробка методу прогнозування точності контролю якості руди у забої, транспортних засобах і на конвеєрі;
- розробка методу оцінки якості руди при її переробці із застосуванням ядерно-фізичних, магнітометричних і ультразвукових методів;
- розробка методу управління якістю залізорудної сировини при її збагаченні;

- розробка програм та методики проведення апробації розроблених науково-практичних рішень;
- виконання апробації розроблених науково-практичних рішень та аналіз отриманих результатів; розроблення рекомендацій по їх впровадженню у виробництво.

2. Етапи роботи, термін виконання та кінцеві результати

<i>Етапи роботи (рік)</i>	<i>Назва та зміст етапу</i>	<i>Обсяг фінансування етапу</i>	<i>Очікувані результати етапу (зазначити конкретні наукові результати та наукову і науково-технічну продукцію). Звітна документація (зазначити кількість запланованих публікацій, захистів магістерських, кандидатських та докторських дисертацій, отримання охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності).</i>
1 етап (2020 р.)	<p>Розробка методів і програмно-технічного комплексу контролю і управління якістю залізородної сировини при її видобутку відкритим способом</p> <p>Розробка методу оцінки якості руди, яка видобувається відкритим способом із застосуванням ядерно-фізичних, магнітометричних і ультразвукових методів;</p> <p>розробка методу роботи мобільного дробильно-сортувального комплексу; вибір і обґрунтування умов застосування мобільного дробильно-сортувального радіометричного комплексу в залізородному кар'єрі;</p> <p>розробка технології управління якістю рудопотоків в залізородному кар'єрі з використанням дробильно-сортувального радіометричного комплексу, дослідження впливу ефективного атомного номера елементів гірських порід на процес радіометричного сортування</p>	1110,480 тис. грн	<p>Очікувані результати: опис методики, теоретичного обґрунтування і формалізації процедури оперативного контролю якості руди, яка видобувається відкритим способом; опис функціональної схема дробильно-сортувального радіометричного комплексу; опис методу оцінки якості залізородної сировини в масиві із застосуванням ядерно-фізичних, магнітометричних та ультразвукових методів; методологія роботи мобільного дробильно-сортувального комплексу; опис технології управління якістю рудопотоків в умовах кар'єру; опис функціональної залежності впливу ефективного атомного номера елементів гірських порід на точність радіометричного сортування</p> <p>Звітна документація: 3 статті у виданнях, які індексуються в Scopus і WoS, 4 статті у фахових виданнях, 5 матеріалів та тез доповідей конференцій, захист 3 магістерських дисертацій, підготовка до захисту 1 дисертації</p>

	залізорудної сировини в кар'єрі.		доктора філософії, 3 патенти на винаходи.
2 етап (2021 р.)	<p>Розробка методів і програмно-технічного комплексу контролю і управління якістю залізорудної сировини при її видобутку підземним способом</p> <p>Розробка методу оцінки якості руди, яка видобувається підземним способом із застосуванням ядерно-фізичних, магнітометричних і ультразвукових методів; алгоритмізація процесу каротажу свердловин в умовах підземного видобутку; розробка математичної моделі розпізнавання образів при каротажі залізистих кварцитів; розробка і дослідження математичної моделі чинників, що впливають на якість руди; оптимізація режимів оперативного контролю вмісту загального і магнітного заліза; дослідження і аналіз впливу фізико-хімічних і фізико-механічних властивостей залізистих кварцитів і окислених руд на точність оперативного контролю якості руди; розробка методу прогнозування точності контролю якості руди в забої, в транспортних засобах і на конвеєрі.</p>	1501,9 тис. грн	<p>Очікувані результати: опис методики, теоретичного обґрунтування і формалізації процедури оперативного контролю якості руди, яка видобувається підземним способом; опис математичної моделі розпізнавання образів при каротажі свердловин залізистих кварцитів і гематитів підземного видобутку; опис методу визначення і класифікації основних і додаткових факторів, що впливають на якість руди; побудова за результатами каротажу експлуатаційних свердловин 3D моделі шахт; опис методології оптимізації режимів оперативного контролю вмісту загального і магнітного заліза; опис теоретичного обґрунтування впливу фізико-хімічних і фізико-механічних властивостей залізистих кварцитів і окислених руд на точність оперативного контролю якості руди; метод прогнозування точності контролю якості руди в забої, у транспортних засобах і на конвеєрі.</p> <p>Звітна документація: 1 монографія, 3 статті у виданнях, які індексуються в Scopus і WoS, 4 статті у фахових виданнях, 5 матеріалів та тез доповідей конференцій, захист 3 магістерських дисертацій, 3 патенти на винаходи.</p>
3 етап (2022) р.	Розробка методів і програмно-технічного комплексу контролю і управління якістю залізорудної сировини при її переробці	1631,0 тис. грн	Очікувані результати: опис методики, теоретичного обґрунтування і формалізації процедури оперативного контролю якості руди при її збагаченні; опис методу управління якістю залізорудної

	<p>Розробка методу оцінки якості руди при її переробці із застосуванням ядерно-фізичних, магнітометричних і ультразвукових методів; розробка методу управління якістю залізорудної сировини при її збагаченні; розробка програм та методики проведення апробації розроблених науково-практичних рішень; виконання апробації розроблених науково-практичних рішень та аналіз отриманих результатів; розроблення рекомендацій по їх впровадженню у виробництво.</p>		<p>сировини при її збагаченні; опис програми та методики проведення апробації розроблених науково-практичних рішень; опис результатів апробації розроблених науково-практичних рішень та аналізу отриманих результатів; опис рекомендацій по впровадженню розроблених науково-практичних рішень у виробництво.</p> <p>Звітна документація: 1 монографія, 3 статті у виданнях, які індексуються в Scopus і WoS, 4 статті у фахових виданнях, 5 матеріалів та тез доповідей конференцій, захист 3 магістерських дисертацій, підготовка до захисту 2 дисертації доктора філософії та 1 дисертації доктора наук, 3 патенти на винаходи.</p>
--	---	--	--

3. Очікуванні результати проекту, спосіб реалізації результатів НДР

У результаті виконання проекту очікуються такі результати:

1. Удосконалений метод оцінки якості залізорудної сировини відкритого і підземного видобутку, а також в процесі її збагачення із застосуванням ядерно-фізичних, магнітометричних і ультразвукових методів із урахуванням залежності впливу фізико-хімічних і фізико-механічних властивостей залістистих кварцитів і окислених руд на точність оперативного контролю якості руди.
2. Новий метод визначення речовинного складу залізорудної сировини у процесі її видобутку і переробки на основі вимірювань інтенсивності розсіяного та нерозсіяного гамма випромінювання при його розповсюдженні у гірському масиві, кусковій руді та пульпі.
3. Удосконалений метод визначення концентрації, крупності часток твердої фази пульпи та їх розподілу у процесі її збагачення на основі вимірювань характеристик процесів розповсюдження поверхневих і об'ємних ультразвукових хвиль.
4. Теоретичне обґрунтування нового методу визначення вмісту феромагнітного компоненту у залізорудній сировині на основі вимірювань її магнітних властивостей в ультразвуковому полі.
5. Удосконалений метод визначення просторових координат об'єктів гірничого виробництва та тривимірного моделювання на основі ультразвукових і радіометричних вимірювань.
6. Новий метод визначення фізико-механічних і хіміко-мінералогічних властивостей залізорудної сировини, розпізнавання її мінералого-технологічних різновидів на основі комбінації ядерно-фізичних, ультразвукових і магнітометричних вимірювань.
7. Удосконалена технологія збагачення залізної руди із застосуванням мобільного дробильно-сортувального комплексу, оцінкою умов його застосування із урахуванням впливу ефективного атомного номера хімічних елементів гірських порід на процес

радіометричного сортування та із застосуванням високоенергетичного ультразвуку у процесі рудопідготовки до збагачення.

8. Удосконалена концепція управління якістю залізорудної сировини у процесі її видобутку і переробки на основі керування рудопотоками, продуктивністю та режимними параметрами технологічних агрегатів за еколого-економічним критерієм.

Заплановано такий перелік матеріалів, рекомендацій, розробок, пропозиції, що можуть бути передані для використання:

- опис методики, теоретичного обґрунтування і формалізації процедури оперативного контролю якості руди, яка видобувається відкритим способом;
- опис функціональної схеми дробильно-сортувального радіометричного комплексу;
- опис методики оцінки якості залізорудної сировини в масиві із застосуванням ядерно-фізичних, магнітометричних та ультразвукових методів;
- опис методики роботи мобільного дробильно-сортувального комплексу; технологія управління якістю рудопотоків в умовах кар'єру;
- опис методики, теоретичного обґрунтування і формалізації процедури оперативного контролю якості руди, яка видобувається підземним способом;
- опис математичних моделей розпізнавання образів при каротажі свердловин залізистих кварцитів і гематитів підземного видобутку;
- опис методики визначення і класифікації основних і додаткових факторів, що впливають на якість руди; побудова за результатами каротажу експлуатаційних свердловин 3D моделі шахт;
- опис методики оптимізації режимів оперативного контролю вмісту загального і магнітного заліза;
- опис методики прогнозування точності контролю якості руди в забої, у транспортних засобах і на конвеєрі.
- опис методики, теоретичного обґрунтування і формалізації процедури оперативного контролю якості руди при її збагаченні;
- опис методики управління якістю залізорудної сировини при її збагаченні.

4. Перелік звітної документації, якою завершується виконання НДР

№	Назви показників очікуваних результатів	Кількість
1.	Будуть опубліковані за темою проекту статті у журналах, що входять до науково-метричних баз даних WoS та/або Scopus з індексом SNIP $\geq 0,4$ (Source Normalized Impact Per Paper) (для соціо-гуманітарних наук з індексом SNIP > 0).	9
2.	Будуть опубліковані за темою проекту статті у журналах, що входять до переліку фахових видань України та мають ISSN, статті у закордонних журналах, що не увійшли до пп.10.1-10.2, а також англomовні тези доповідей у матеріалах міжнародних конференцій, що індексуються науково-метричними базами даних WoS або Scopus (Index Copernicus для соціо-гуманітарних наук) та охоронні документи на об'єкти права інтелектуальної власності	12
3.	Монографії за темою проекту, що будуть опубліковані у закордонних виданнях офіційними мовами Європейського Союзу (друкованих аркушів)	7
4.	Розділи монографій за темою проекту, що будуть опубліковані у закордонних виданнях офіційними мовами Європейського Союзу (друкованих аркушів).	4
5.	Монографії за темою проекту, що будуть опубліковані мовами, які не відносяться до мов Європейського Союзу (друкованих аркушів)	10
6.	Буде впроваджено наукові або науково-практичні результати проекту шляхом укладання господарчих договорів, продажу ліцензій, грантових угод поза межами організації-виконавця	2

7.	Буде захищено дисертації кандидата наук (доктора філософії) та доктора наук виконавцями за темою проекту	3
----	--	---

5. Порядок розгляду та приймання результатів НДР

Анотований звіт керівника НДР розглядається на засіданні вченої (науково-технічної) ради ВНЗ та надається до розгляду наукової ради МОН України. У разі закінчення строку виконання роботи – надається анотований звіт за завершеною НДР.

6. Техніко економічне обґрунтування

Гірничо-металургійний комплекс є однією з найважливіших складових промисловості України, зокрема вітчизняного експорту. За інформацією Державної служби статистики експорт чорних металів і виготовлених з них виробів склав 22,8% від загальної вартості експортованої продукції. Слід відзначити, що протягом останніх десятиліть якість залізородної сировини має негативну динаміку. А отже знижується конкурентоспроможність продукції вітчизняних підприємств залізородної промисловості на міжнародному ринку. Зокрема, за показником середнього вмісту заліза у виробленому концентраті, що становить 64–66%, українські підприємства суттєво поступаються потенційним закордонним конкурентам зі Швеції і Бразилії, аналогічні показники яких знаходяться на рівні 70%. Разом із проблемою забезпечення необхідних якісних характеристик продукції, актуальним залишається також проблема енергетичної та екологічної складової функціонування гірничо-збагачувальних комбінатів України.

В умовах зростання цін на енергоносії та із урахуванням того, що питомі витрати електроенергії на видобуток і переробку залізородної сировини вітчизняними підприємствами значно перевищують аналогічні показники закордонних підприємств, зростає важливість проблеми оперативного контролю і керування якістю сировини на всіх етапах видобутку і переробки з урахуванням стану технологічного устаткування. Наявність оперативних даних при формуванні керуючих впливів у системах розподіленого управління технологічними процесами видобутку і переробки дозволить оптимізувати зазначені процеси та підвищити їх техніко-економічні показники. Зокрема, збільшення вмісту заліза у концентраті з 64 до 65% дозволяє досягти такого ефекту у подальших відділеннях. У агломераційному відділенні – зменшити витрати руди на 23-32 кг/т і флюсів – на 30 кг/т; у металургійному відділенні – зменшити витрати коксу на 2,6-2,8%, підвищити відносну продуктивність доменної печі на 4,5-5%. Зазначене сприяє зменшенню сумарних витрат на виробництво чавуну на 4%. Отже, одержані наукові результати дозволять здійснити комплексне вирішення проблеми підвищення якості товарної руди, зниження втрат і засмічення підірваної гірничої маси, що матиме позитивний ефект як щодо оптимізації технології та підвищення економічної ефективності гірничо-переробних підприємств, так і щодо покращення екологічної ситуації в Україні.

Цінність очікуваних результатів досліджень для вітчизняної та зарубіжної науки полягає у вдосконаленні концепції управління якістю залізородної сировини у процесі її видобутку і переробки на основі розподіленого керування рудопотоками, продуктивністю та режимними параметрами технологічних агрегатів з урахуванням еколого-економічних показників на основі:

- удосконаленого методу оцінки якості залізородної сировини відкритого і підземного видобутку, а також в процесі її збагачення;

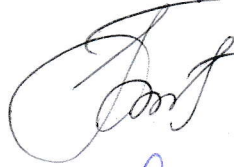
- нового методу визначення речовинного складу залізорудної сировини у процесі її видобутку і переробки;
- удосконаленого методу визначення концентрації, крупності часток твердої фази пульпи та їх розподілу у процесі її збагачення;
- нового методу визначення вмісту феромагнітного компонента у залізорудній сировині на основі вимірювань її магнітних властивостей в ультразвуковому полі;
- удосконаленого методу визначення просторових координат об'єктів гірничого виробництва та тривимірного моделювання;
- нового методу визначення фізико-механічних і хіміко-мінералогічних властивостей залізорудної сировини, розпізнавання її мінералого-технологічних різновидів.

Керівник НДР



А. А. Азарян

Начальник НДЧ



Д. В. Бровко

Нормоконтролер



В.Ю. Тищенко