

мельної ділянки відвалу № 4 та запропоновані рекомендації та заходи по безпечному виконанню робіт з рекультивації даної земельної ділянки. Враховуючи наявну необхідність проведення робіт з рекультивації та забезпечення їх безпеки, рекомендується здійснення моніторингу активності геомеханічних процесів на ділянці з метою фіксації активності геомеханічних процесів за допомогою наявних геофізичних та інструментально-маркшейдерських методів.

Список літератури

1. Гірничий закон України: - м. Київ 6 жовтня 1999 р. № 1127-IV-XIV. ВВР, 1999, № 50, ст. 433.
2. Закон України про охорону навколишнього природного середовища: Відомості Верховної Ради України, 1991, № 41, ст.546.
3. НПАОН 13.1-1.01-75. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ в Криворожском железорудном бассейне. - Ленинград : ВНИМИ, 1975. - 68 с.
4. НПАОП 0.00-1.24-10. Правила охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом. [На заміну НПАОП 0.00-1.33-94; чинні від 23.03.2018].- Харків: Індустрія, 2020.- 104 с.
5. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. - Ленинград: ВНИМИ, 1971. - 187 с.
6. Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов разрезов и отвалов, интерпретации их результатов и прогнозу устойчивости. - Ленинград : ВНИМИ, 1987. - 177 с.
7. НПАОН 74.2-5.01-21. Правила виконання маркшейдерських робіт під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин. [На заміну НПАОН 74.2-5.01-85, НПАОН 74.2-5.03-85, НПАОН 74.2-5.06-85; чинні від 27.07.2021]. Вид. офіц. -Харків: Індустрія, 2021. - 260 с.
8. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. - Москва: Недра, 1988. - 112 с.
9. Исследование и разработка методов, обеспечивающих безопасное ведение горных работ в условиях карьеров № 1 и № 2 ЦГОКа: Отчет по НИР / КГРИ, рук. Сосик Д.И. - Кривой Рог, 1982. - 89 с.
10. Разработка мероприятий по безопасной отработке карьера № 1 и № 2 ЦГОКа до глубины 300-500 м в зонах влияния подземных разработок рудников им. К. Либкнехта, им. Коминтерна, им. Фрунзе и им. XX партсъезда: Отчет по НИР / КГРИ, рук. Сазонов В.А. - Кривой Рог, 1978. - 58 с.
11. Сазонов В.А., Сосик Д.И. Геофизика в маркшейдерском деле. - Москва: Недра, 1989. - 120 с.
12. Сдвижение горных пород и земной поверхности при разработке рудных залежей Криворожского бассейна / К.К. Байчук, А.Л. Малахов, В.Н. Романенко, А.В. Сазонов // В кн. IX международный конгресс по маркшейдерскому делу, Чешская республика, 18-22 июня 1994 г. Том-доклады. – Прага, 1994. –С. 542-544.
13. Исследование и прогноз характера процесса сдвижения с районированием подрабатываемых территорий при отработке глубоких горизонтов шахт Кривбасса на предмет использования в народном хозяйстве. Отчет о НИР/ ГНПП "МЭГТИ", рук. Сазонов А.В. - Кривой Рог, 1995. - 94 с.
14. Кучер Б.Ф., Моисеев Б.Ф., Сазонов А.В. Образование воронок-провалов в карьере ПАО «ЦГОК» // Гірничий вісник, № 95 (1), КНУ, 2012. – С. 39-43.
15. Контрольні спостереження за розвитком процесу зсуву поверхні та станом об'єктів, що охороняються, при підземній розробці залізних руд шахтами ПрАТ «СУХА БАЛКА» у 2021 році: Звіт групи спеціальних маркшейдерських досліджень ПрАТ «Суха Балка». - Кривий Ріг, 2021. - 180 с.

Рукопис подано до редакції 01.03.2023

УДК 622.271

С.О. ЛУЦЕНКО, канд. техн. наук, доц., С.О. ЖУКОВ, д-р техн. наук, проф.,
Ю.І. ГРИГОР'ЄВ, канд. техн. наук, доц., С.О. ФЕДОРЕНКО, ст. викл.
Криворізький національний університет

СИСТЕМНІ НЕВІДПОВІДНОСТІ ЗА ТРАДИЦІЙНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРІВ

Мета дослідження полягає в уточненні закономірностей утворення відхилень від проектів за умов підвищення динаміки зовнішніх впливів на функціонування кар'єрів.

Методами дослідження є ретроспективний, компаративний та каузальний аналіз розвитку невідповідності між видобувними та розкривними роботами у кар'єрі як чинника коригувань гірничих проектів, а також – оцінка періодичності даного явища.

Наукова новизна дослідження полягає в установленні системного характеру параметричних реакцій «кар'єр-системи» на зміну інтенсивності принципово значимих для неї кон'юнктурних коливань актуальної цінності руди.

Практичне значення: встановлення головних детермінантів перегляду принципів проектування розвитку гірничих робіт в кар'єрі адекватно динаміці стрибків цін на руду та обсягів потенційного її збуту, а також – приведення

до відповідності можливостей прогнозування динаміки коливань зовнішнього середовища та відповідного оперативного реагування на них динамічною адаптацією проектування та планування.

Результати. На підставі виконаного авторами аналізу регулярності, масштабів, причин та наслідків виникнення й накопичення відхилень гірничих робіт від проектних рішень й зумовлених цим відхилень головних параметрів кар'єрів Кривбасу від чинних нормативів, наочно доведено, що існуюче нині традиційне коригуюче проектування відпрацювання кар'єрів при непередбачуваній зміні продуктивності є не результатом належної стратегії розвитку гірничих робіт, а – лише вимушеною та завжди запізнілою, суто компенсаторною реакцією на зміну потреби в залізорудній продукції, в результаті чого гірничодобувні підприємства несуть значні збитки при повній неможливості адекватного гнучкого реагування на зміну цін і попиту на мінерально-сировинних ринках.

Викладена аргументація актуалізує необхідність коригування на концептуальному рівні ряду принципів проектування залізорудних кар'єрів та планування розвитку гірничих робіт стосовно підвищення оперативності та гнучкості взаємодії в системі «проект – рудник – відхилення від проекту – компенсаторне коригування», реалізація чого вбачається лише в розвитку засад динамічного проектування.

Ключові слова: кар'єр, розвиток гірничих робіт, руда, проектування та планування рудників.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Сучасний стан гірничих робіт залізорудних кар'єрів Кривбасу характеризується тим, що виймання більшої частини розкривних порід (65% від загального обсягу розкриття) здійснюється на верхніх горизонтах. Однак основні роботи з виймання руди здійснюються на нижніх горизонтах. У зв'язку з цим, обсяг готових до виймання запасів гірничої маси не відповідає нормативним вимогам, а ведення гірничих робіт характеризується значним їх розосередженням у кар'єрному просторі.

Крім цього характерною рисою сучасного стану Кривбасу є постійна зміна виробничих потужностей кар'єрів, погіршення основних техніко-економічних показників і велика заборгованість за розкривними роботами.

Тому, виходячи з фактичних показників середньозваженої ширини робочих площадок в кар'єрах і довжини активного фронту гірничих робіт (табл. 1), можна стверджувати, що в більшості кар'єрів існує відставання розкривних робіт від нормативних показників.

Таблиця 1

Фактичні значення готових до виймання запасів гірничої маси на кар'єрах Кривбасу

Показники	НКГЗК		ЦГЗК			ПівніГЗК		ІнГЗК
	№2 біс	№3	№1	№3	№4	Ганнівський	Першотравневий	
Забезпеченість готовими до виймання запасами, міс:								
за нормами	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
фактичні руда	1,8	1,4	0,6	1,0	0,9	0,98	0,56	0,82
фактичні розкрив	0,9	1,1	0,9	0,9	1,7	0,81	0,55	1,22
Мінімальна ширина робочої площадки, м	35		35			35		35
Нормальна ширина робочої площадки, м:								
фактична:								
руда	60	63	54	59	52	52	49	58
розкрив	47	53	47	53	58	49	45	53
за нормами:								
руда	54	65	83	62	64	61	72	77
розкрив	55	60	56	65	55	61	62	57
Довжина активного фронту гірничих робіт, м:								
руда	1055	1310	310	490	168	815	1295	1620
розкрив	1005	1331	3427	2451	2480	4328	4155	6845
Мінімальна довжина екскаваторного блоку, м:								
за нормами								
фактична	650	650	600	650	600	600	650	650
руда	525	430	310	245	168	270	320	330
розкрив	500	445	490	350	600	340	440	570

З аналізу стану гірничих робіт кар'єрів Кривбасу слідує висновок, що:

довжина активного фронту гірничих робіт не забезпечує нормальну роботу гірничотранспортного устаткування: довжина екскаваторних блоків є меншою нормативною;

нормальна ширина робочих площадок на уступах – менша проектної і не забезпечує наявності у кар'єрах нормативу готових до виймання запасів скельної гірничої маси;

активний фронт робіт розосереджується у кар'єрному просторі, що призводить до втрати робочого часу на переїзди екскаваторів, внаслідок чого знижується коефіцієнт їх використання (0,35-0,5).

Аналіз досліджень і публікацій. Одним з найважливіших завдань проектування кар'єрів є прийняття технічних рішень, що забезпечують стабільну, безперебійну роботу рудника й гірничо-збагачувального комбінату в цілому з видобутку корисних копалин заданої якості з мінімальними витратами [1-3].

Ефективність прийнятих рішень уточнюється лише після закінчення досить тривалого періоду часу і вимірюється роками, а в деяких випадках – десятиліттями. Тому періодично виникає необхідність в перегляді попередніх проектів, через відхилення фактичного стану гірничих робіт від проектних рішень [4-5].

Досвід роботи кар'єрів показує, що виробнича потужність кар'єру за корисними копалинами і розкритом, встановлена проектом, витримується на практиці протягом 3-5 років, після чого гірничі роботи відхиляються від проектних положень з відповідною зміною виймання обсягів, як руди, так і розкритих порід [6-7]. При цьому головна увага приділяється конструктивному удосконаленню даних засобів з метою максимально ефективного їх упровадження й застосування в кар'єрах [8-10].

Постановка завдання. Одним із напрямків підвищення ефективності розробки відкритим способом залізорудних кар'єрів України є підвищення якості проектних рішень, удосконалення техніки і технології видобутку мінеральної сировини. В даному дослідженні автори цілеспрямовано зосередили свою увагу на цьому, виходячи з ідеї «динамічного проектування», спираючись на робочу гіпотезу домінуючого впливу рівневої варіативності кар'єр-систем.

Викладення матеріалу та результати. Насамперед піддалися ретроспективному аналізу проектні рішення головних параметрів кар'єрів і їх зміна в часі

На рис. 1-8 показано динаміку проектних і фактичних обсягів видобутку руди та коефіцієнтів розкриття кар'єрів Кривбасу.

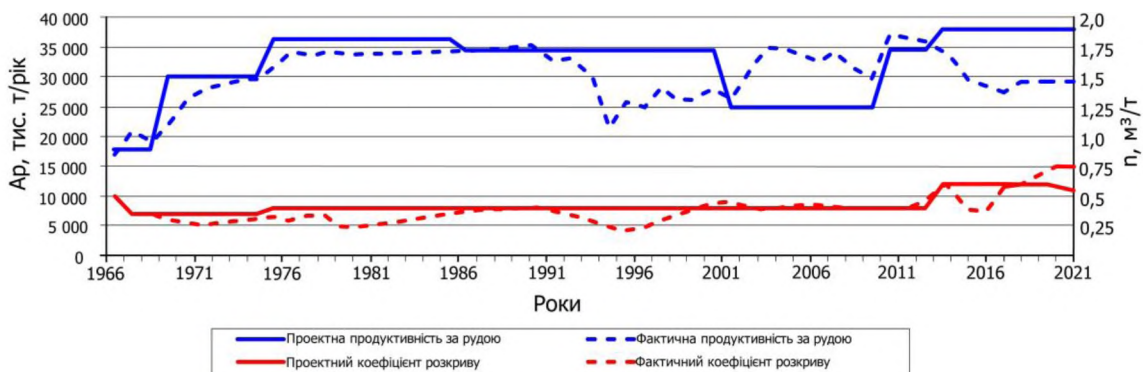


Рис. 1. Динаміка проектних і фактичних обсягів видобутку руди та коефіцієнтів розкриття в кар'єрі ІнГЗК

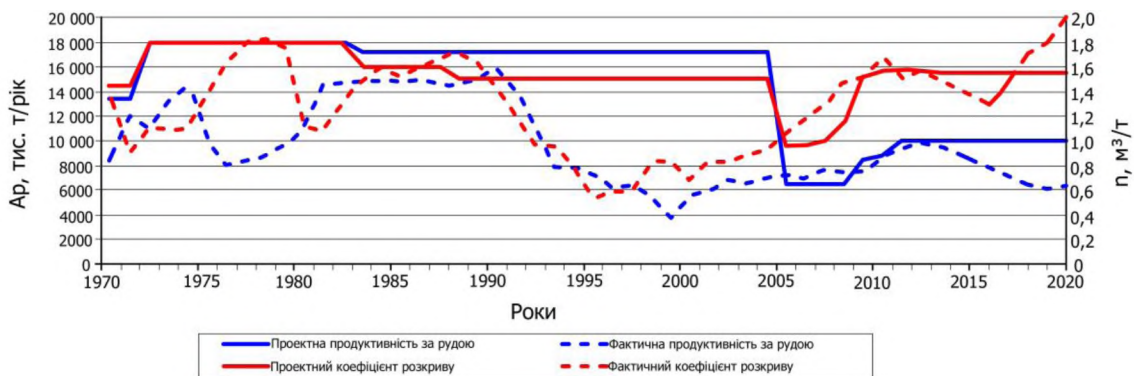


Рис. 2. Динаміка проектних і фактичних обсягів видобутку руди та коефіцієнтів розкриття в Ганнівському кар'єрі ПівніГЗК

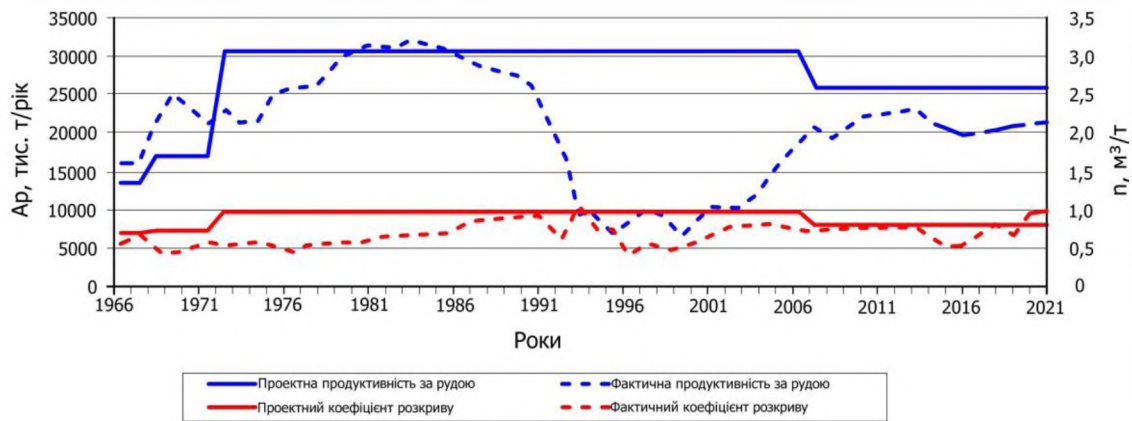


Рис. 3. Динаміка проектних і фактичних обсягів видобутку руди та коефіцієнтів розкриття в Першотравневому кар'єрі ПівніГЗК

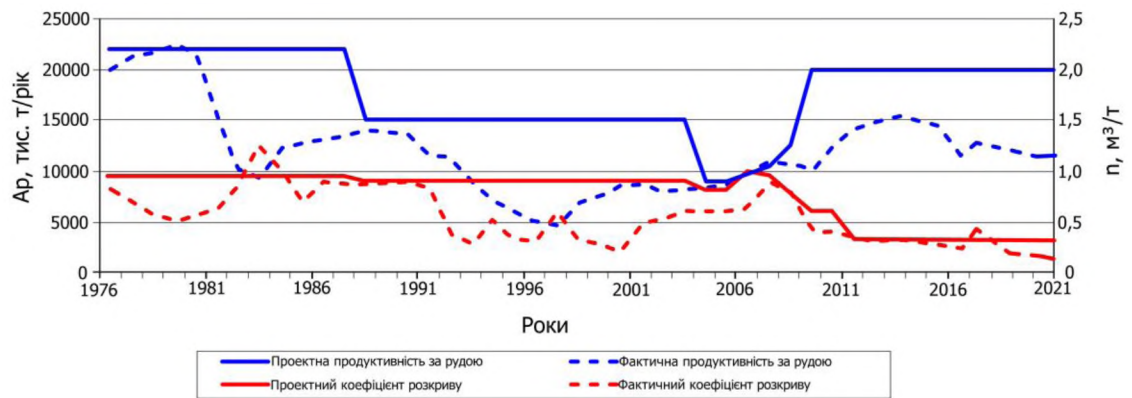


Рис. 4. Динаміка проектних і фактичних обсягів видобутку руди та коефіцієнтів розкриття в кар'єрі №3 АрселорМітталКривий Ріг

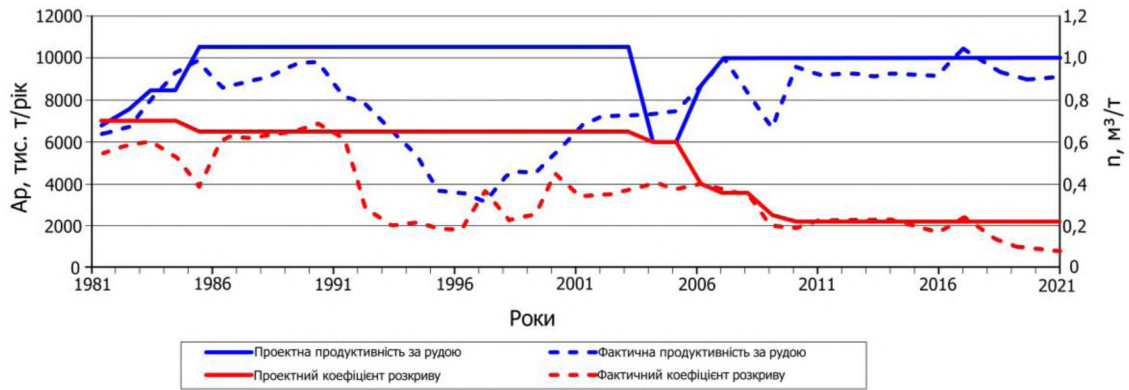


Рис. 5. Динаміка проектних і фактичних обсягів видобутку руди та коефіцієнтів розкриття в кар'єрі №2 біс АрселорМітталКривий Ріг

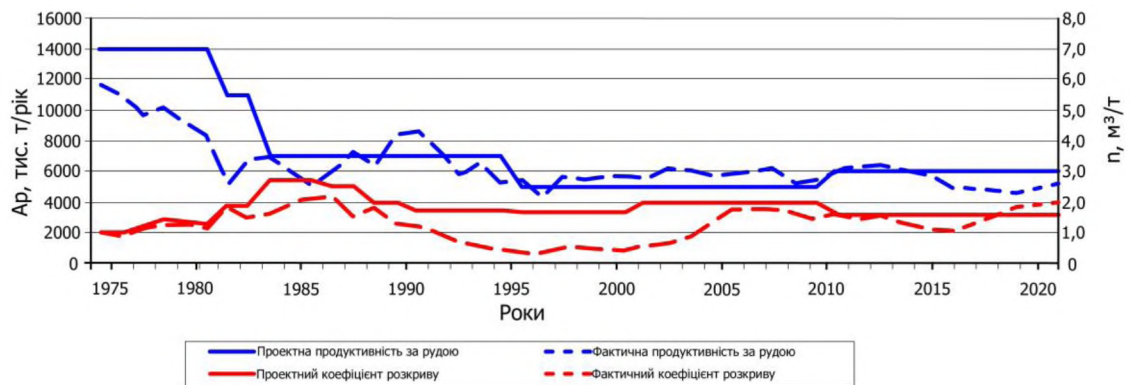


Рис. 6. Динаміка проектних і фактичних обсягів видобутку руди та коефіцієнтів розкриття в кар'єрі №1 ЦГЗК

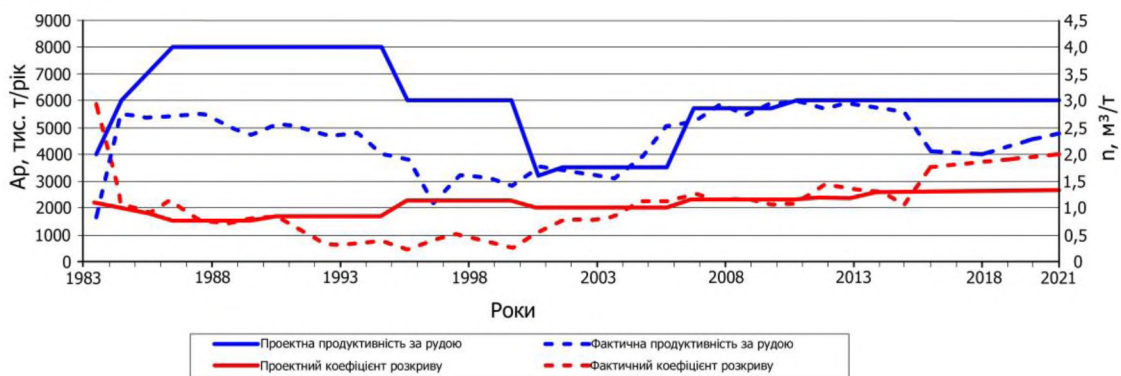


Рис. 7. Динаміка проектних і фактичних обсягів видобутку руди та коефіцієнтів розкриття в кар'єрі №3 ЦГЗК

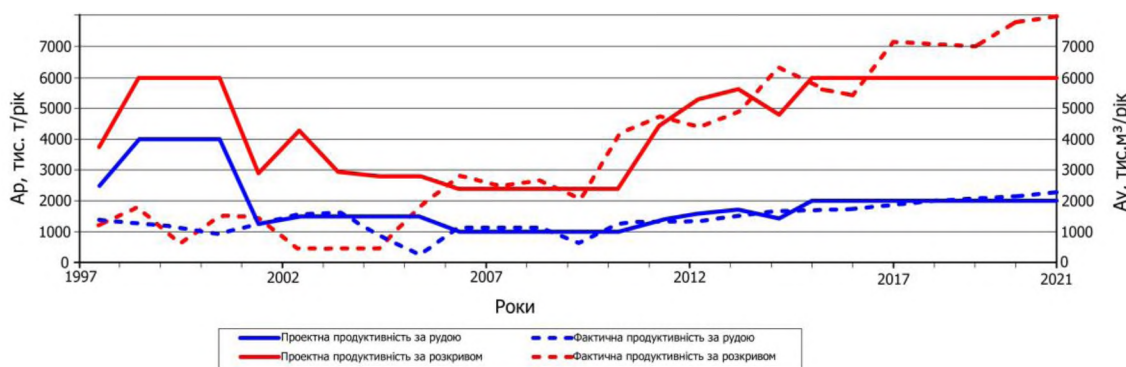


Рис. 8. Динаміка проектних і фактичних обсягів видобутку руди та розкриття в кар'єрі №4 ЦГЗК

Такий ретроспективний аналіз проектних рішень, виконаних в період з 1988 по 2021 рр. виключно для коригування розвитку гірничих робіт кар'єрів Кривбасу, показав, що за весь цей період виробнича потужність, визначена початковими проектами, змінювалася на всіх без винятку ГЗК. Це на кар'єрах – спостерігалось завжди і є системною ознакою даних об'єктів. Основними ж причинами даних змін є: коливання (особливо – стрибки) внутрішнього і зовнішнього попиту на залізородну сировину, спади і підйоми національного господарства, економічні кризи різного масштабу, необхідність зміни виробництва внаслідок перегляду границь кар'єру, збільшення продуктивності за розкритвом для підтримки обсягів видобутку руд на необхідному рівні, зміна обсягів видобутку й інші чинники, яких неможливо уникнути, і які завжди й неминуче вимагатимуть змін проектних рішень. Це ж стосується і випадків комплексної розробки родовищ.

І тут не зайвим буде нагадати, що проект – є абсолютно єдиним і кінцевим документом, який регламентує гірничі роботи цілком і не допускає ніяких порушень, а в разі ж виникнення непередбачених обставин або відхилень – роботи мають зупинитися до перегляду і перезатвердження проекту.

Завдання, які вирішуються в проектах, пов'язаних з підтриманням або збільшенням виробничої потужності, зумовлюються регулярними і вже традиційними відхиленнями від них реального стану гірничих робіт. Як правило – внаслідок відставання розкриття і зменшення рудних площ (що зрештою призводить до скорочення довжини активного фронту уступів), несвоєчасного перенесення поверхневих споруд й виносу інженерних мереж, недопоставок обладнання, затримок гірничо-капітального будівництва і перенесення розкривних виробок тощо.

Але за часів планової економіки відхилення різної природи мали зовсім незначну амплітуду і – головне – були в більшості випадків прогнозованими. На відміну від того, з чим зіткнулися комбінати останніми десятиліттями, коли запланована проектами узгодженість домінантних для кожного з ГЗК показників (обсягів видобутку руд і коефіцієнтів розкриття) почала повністю руйнуватися, а динаміка їх еволюцій – набувати явні ознаки непередбачуваних флуктуацій (див. рис. 1-8).

Цілком зрозуміло, що значною мірою дане явище пояснюється досить просто – різким переходом від планової економіки до ринкової. Але у цьому разі ми б, цілком закономірно, спостерігали близькі за характером відхилення (принаймні – тенденції) на більшості кар'єрів, і ці

відхилення, без сумніву, відображали б пропорційне відставання розкриття. Та з тих же графіків ми бачимо дещо вельми несподіване (особливо – рис. 2, 3, 6), що ніяк не підпадає під дану логіку і чітко демонструє, що розглянуті відхилення на різних ГЗК не тільки не є аналогічними, але подекуди мають явно протилежний характер.

Дані факти, як показує виконаний аналіз, є вельми симптоматичними і це змушує серйозно переглянути системний аспект регіональних гірничорудних комплексів.

Суть даного твердження полягає у визначенні адекватної ієрархії систем даного класу. Зрозуміло, що за планового господарювання загальною надсистемою була економіка країни, галузі в якій були спеціалізованими системами, в одній з яких – гірничодобувній – комбінати мали статус підсистем. Дана модель діяла протягом тривалого часу досить ефективно і наймасштабніша галузь промисловості – гірничорудна наочно це підтверджує.

Але з поверненням до капіталістичної моделі в Україні відбулися радикальні зміни, оригінальність яких полягає в тому, що зміни ці охопили здебільшого принципи господарювання, в той час, як структура більшості об'єктів господарювання залишилася майже без змін. В цьому аспекті ГЗК почали набувати статусу самостійних систем, що, на наш погляд, є хибним.

За усіма спостереженнями й висновками зі структурно-функціонального аналізу ГМК, власне системою варто все ж розглядати не ГЗК, а галузь. Принаймні – регіональний кластер комбінатів, найбільш залежних один від одного, що опосередковано підтверджують і рис. 9 та рис.10.

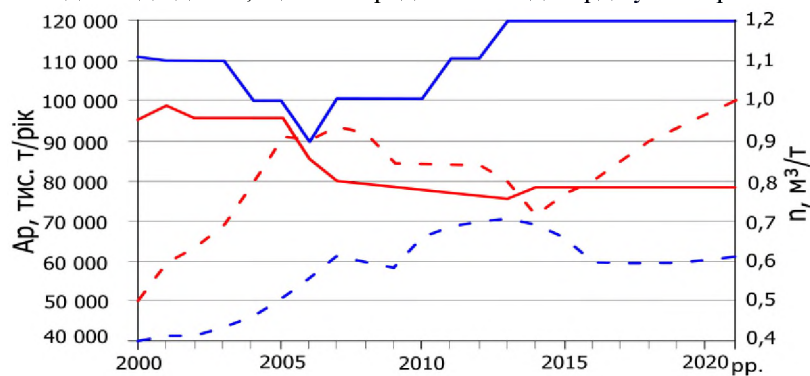


Рис. 9. Динаміка проектних і фактичних обсягів видобутку руди та розкриття в кар'єрах Кривбасу

Найбільш різке зменшення обсягів видобутку руд відбулося в період 1990-1996 рр. внаслідок значного скорочення споживання, як вітчизняних металургійних комплексів, так і країн Східної Європи, одночасно з погіршенням фінансового стану підприємств.

Як правило, в кризові періоди особливо різко відбувається падіння обсягів розкривних робіт, зумовлене прагненням підприємств обмежити зростання витрат виробництва за рахунок формування тимчасово неробочих бортів кар'єрів, а також – робочих бортів з підвищеними кутами нахилу. Все це є прямим і безпосереднім наслідком нездатності гірничодобувних підприємств, а фактично – неможливості забезпечити гнучке реагування на зміну внутрішнього і зовнішнього попиту на продукцію без значного зростання витрат на розробку, так як в проектах на розробку родовища не передбачається зміна продуктивності кар'єру за рудою протягом тривалих періодів.

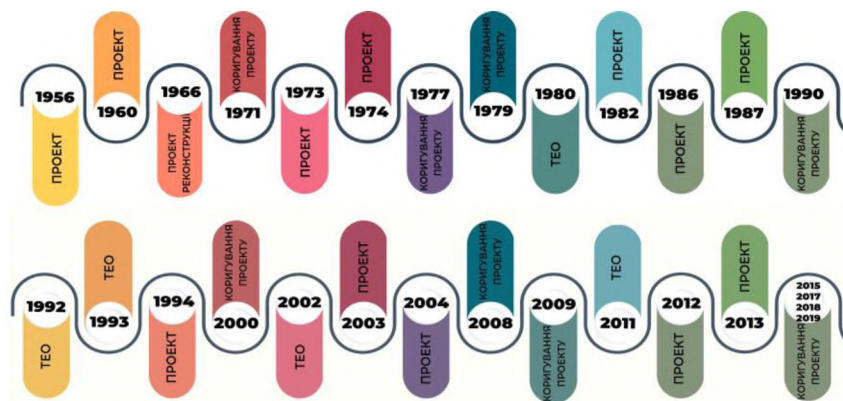


Рис. 10. Хронологія проектних рішень по Глеюватському кар'єру ЦГЗК з 1956 по 2020 рік.

Частково невідповідності (розбіжності) в характері розвитку окремих ГЗК можна пояснити стилем та компетентністю керівництва, частково – випадковим збігом обставин, але це далеко не завжди пояснює явні закономірності.

З рис. 1-9 видно, що з плином часу зменшується розбіжність між проектною потужністю і фактичними обсягами видобутку руди. Це відбувається внаслідок посилення впливу ринку і конкуренції, які змушують підприємства адаптувати проектні рішення шляхом коригування діючих проектів або розробки нових з метою зменшення економічних втрат [11]. Однак, стала наявність періодів, коли обсяги фактичного видобутку регулярно перевищують проектні, наглядно й переконливо свідчить про недоліки й невпинно зростаючі проблеми традиційної організації та технології проектування: проектування не встигає за надзвичайно динамічною ринковою реальністю; не має, не то що адекватного, але – ніякого механізму активного реагування на відхилення від власних статичних рішень, з належним оперативним зворотнім зв'язком. Але ж ці відхилення є абсолютно природними і неминучими, насамперед – внаслідок стохастичної природи й поведінки гірничо-виробничих динамічних систем з їх суто статистично-усередненими параметричними базами даних (геологічних, кліматичних, економічних, соціальних й ін.), а відтак – приречені на безліч ризиків.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Таким чином, в ході виконаного аналізу регулярності, масштабів, причин та наслідків виникнення й накопичення відхилень гірничих робіт від проектних рішень й зумовлених цим відхилень головних параметрів кар'єрів Кривбасу від чинних нормативів, наочно доведено, що існуюче нині традиційне коригуюче проектування відпрацювання кар'єрів при непередбачуваній зміні продуктивності є не результатом належної стратегії розвитку гірничих робіт, а – лише вимушеною та завжди запізнюю, суто компенсаторною реакцією на зміну потреби в залізородній продукції, в результаті чого гірничодобувні підприємства несуть значні збитки при повній неможливості адекватного гнучкого реагування на зміну цін і попиту на мінерально-сировинних ринках.

Викладена аргументація усе нагальніше актуалізує необхідність коригування на концептуальному рівні ряду принципів проектування залізородних кар'єрів та планування розвитку гірничих робіт стосовно підвищення оперативності та гнучкості взаємодії в системі «проект – рудник – відхилення від проекту – компенсаторне коригування», реалізація чого нами вбачається лише в розвитку засад динамічного проектування.

Список літератури

1. **Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю.** Проектирование карьеров. – М.: ГЕМОС Лимитед, 2003. – 176 с.
2. **Lutsenko. A. Sergey.** Open pits productivity control along with iron ore products demand variation / **Lutsenko. A. Sergey**/ Quality – Access to Success. – 2017. – vol. 18(S1) – С. 226-230.
3. **Azarian, V.** Applied scientific and systemic problems of the related ore-dressing plants interaction in the event of decommissioning the massif that separates their quarries/ **V. Azarian, S. Lutsenko, S. Zhukov, A. Skachkov, R. Zaiarskiy, D. Titov** // Mining of Mineral Deposits. – 2020. - 14(1), 1-10.
4. **Романенко А.В.** Обзор и анализ проектных решений по технологии открытых горных работ на глееватском карьере ПАО «ЦГОК» / **А.В. Романенко, А.Е.Биленко, В.В.Терещенко, В.Г.Пшеничный** // Гірничий вісник КНУ: збірник наук. праць, Вип. 95 (1). - Кривой Рог, 2012.- С.25-31.
5. Научно-исследовательская работа «Определение рациональной стратегии развития транспортной схемы Первомайского карьера ПАО «СЕВГОК». - «МИ-ЦЕНТР». - Кривой Рог, 2013.
6. **Луценко С.А.** Исследование влияния производительности карьера на экономические показатели разработки / **С.А. Жуков, С.А. Луценко** // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць, вип. 47. – Кривой Рог, 2018. – С. 139-142.
7. **Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В.** Проектирование карьеров - М.: Высшая школа, 2009. - 694с.
8. **Луценко С.А.** Исследование влияния параметров системы разработки на отставание вскрышных работ в карьере / **С.А. Луценко, С.А. Жуков** // Гірничий вісник. – Кривой Рог, 2018. - Вип. 104. – С.76-81.
9. **Луценко С.А.** Дослідження впливу продуктивності кар'єру за рудою і параметрів системи розробки на інтенсивність відпрацювання родовища / **С.А. Луценко, С.А. Жуков** // Збірник наукових праць НГУ. - Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2019. - №58. - С. 68 - 75.
10. **Черепанов Е.В.** Обоснование технологии горных работ на рудных карьерах, имеющих отставание по вскрышке / **Е.В.Черепанов** // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф.Решетнева. – 2006. – №5. – С. 267-270.
11. **Панченко В.В.** Анализ состояния и приоритетные направления повышения эффективности открытой разработки железорудных месторождений Украины / **В.В. Панченко, А.В. Романенко** // Матеріали міжнародної конференції „Форум гірників – 20016”. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2016. – С. 33-43.

Рукопис подано до редакції 27.03.2023