

**Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
НАЦІОНАЛЬНОГО ГІРНИЧОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

№ 64

Дніпро
2021

УДК 622 (06)

Засновник та видавець
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТУ «ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Рік заснування – 1999

Збірник наукових праць НГУ. – Дніпро: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 2021 – № 64 – 283 с.

Наведено результати теоретичних і експериментальних досліджень з різних аспектів гірничої справи, розглянуто проблеми розробки родовищ корисних копалин, охорони праці і безпеки робіт на гірничих підприємствах, проблеми технологій захисту навколишнього середовища, геології, електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, матеріалознавства і галузевого машинобудування, прикладної механіки, будівництва та цивільної інженерії, нафтогазової інженерії та технологій, автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, висвітлені питання експлуатації гірничо-транспортного устаткування на шахтах, рудниках і кар'єрах.

Матеріали збірника призначені для наукових та інженерно-технічних працівників, які спеціалізуються в галузі гірничої справи.

Збірник друкується за рішенням вченої ради НТУ «ДП»
(протокол № 7 від 22.04.2021 р.)

Комп'ютерна верстка і набір – А.А. Адамчук

Збірник зареєстровано у державному комітеті
телебачення і радіомовлення України.

Свідоцтво про реєстрацію КВ № 9030 від 04.08.2004 р .

Ministry of Education and Science of Ukraine
Dnipro University of Technology

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS
OF THE NATIONAL MINING UNIVERSITY

№ 64

Dnipro
2021

Establisher and publisher
DNIPRO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Established in 1999

Collection of research papers of the National Mining University – Dnipro: Dnipro University of Technology, 2021 – № 64 – 283 p.

The results of theoretical and experimental studies in different branches of mining are described; the problems of mining, labour safety and labour protection in mining enterprises, as well as the problems environment protection technologies, geology, electrical energetics, electrical engineering and electromechanics, materials science and industrial machine-building applied mechanics, construction and civil engineering, oil and gas engineering and technologies, automation and computer-integrated technologies are considered. The issues of mining transport equipment operation in mines, pits, open casts are also covered.

The target readership of the collection includes research and engineering staff in the field of mining.

The journal is published by the decision of the Scientific Council of Dnipro University of Technology
(Record № 7 of 22.04.2021)

Design and layout – A.A. Adamchuk

State Registration Certificate of the printed source
of mass medium KV № 9030 of 04.08.2004

Редакційна Рада збірника:

акад. НАН України, д.т.н., проф. Г.Г. Півняк
чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. О.С. Бешта
д.т.н., проф. Р.О. Дичковський
д.т.н., проф. Б.Ю. Собко

Редакція:

головний редактор – д.т.н., проф. Б.Ю. Собко
заступник редактора – к.т.н., доц. О.О. Шустов
відповідальний секретар – с.н.с. А.А. Адамчук

Експертно-редакційна колегія

Гірництво

Півняк Г.Г. – д.т.н., проф.
Бешта О.С. – д.т.н., проф.
Собко Б.Ю. – д.т.н., проф.
Прокопенко В.І. – д.т.н., проф.
Симоненко В.І. – д.т.н., проф.
Дичковський Р.О. – д.т.н., проф.
Бондаренко В.І. – д.т.н., проф.
Кузьменко О.М. – д.т.н., проф.
Бузило В.І. – д.т.н., проф.
Ковалевська І.А. – д.т.н., проф.
Хоменко О.Є. – д.т.н., проф.
Пілов П.І. – д.т.н., проф.
Младецький І. К. – д.т.н., проф.
Полулях О.Д. – д.т.н., проф.
Горобець Л.Ж. – д.т.н., проф.
Шашенко О.М. – д.т.н., проф.
Роєнко А.М. – д.т.н., проф.
Сдвижкова О.О. – д.т.н., проф.
Соболев В.В. – д.т.н., проф.
Назаренко В.О. – д.т.н., проф.
Солодянкін О.В. – д.т.н., проф.
Чеберячко Ю.І. – д.т.н., доц.
Гапєєв С.М. – д.т.н., доц.
Четверик М.С., д.т.н., проф.
Кучин О.С. – д.т.н., проф.
Коптовець О.М. – д.т.н., проф.
Ширін Л.Н. – д.т.н., проф.
Судаков А.К. – д.т.н., доц.
Самуся В.І. – д.т.н., проф.
Кириченко Є.О. – д.т.н., проф.

Технології захисту

навколишнього середовища

Зберовський О.В. – д.т.н., проф.
Колесник В.Є. – д.т.н., проф.
Павличенко А.В. – д.т.н., проф.
Чеберячко С.І. – д.т.н., проф.
Устименко Є.Б. – д.т.н., доц.
Ковров О.С. – д.т.н., доц.
Голінько В.І. – д.т.н., проф.

Матеріалознавство

та галузеве машинобудування

Колосов Д.Л. – д.т.н., доц.
Зіборов К.А. – к.т.н., доц.
Кравець В.В. – д.т.н., проф.
Заболотний К.С. – д.т.н., проф.
Бондаренко А.О. – д.т.н., доц.
Проців В.В. – д.т.н., проф.

Прикладна механіка, будівництво та цивільна інженерія

Садовенко І.О. – д.т.н., проф.
Власов С.Ф. – д.т.н., проф.
Бондаренко А.О. – д.т.н., доц.
Колосов Д.Л. – д.т.н., доц.
Самуся В.І. – д.т.н., проф.
Заболотний К.С. – д.т.н., проф.
Кириченко Є.О. – д.т.н., проф.
Шашенко О.М. – д.т.н., проф.
Сдвижкова О.О. – д.т.н., проф.
Гапєєв С.М. – д.т.н., доц.
Солодянкін О.В. – д.т.н., проф.
Проців В.В. – д.т.н., проф.
Соболев В.В. – д.т.н., проф.

Науки про Землю

Барна Т.В. – к. геол.-мін. н.
Савчук В.С. – д. геол. н., проф.
Рузіна М.В. – д. геол. н., проф.
Приходченко В.Ф. – д. геол.-мін. н.,
проф.
Лукинов В.В. – д. геол. н., проф.
Довбніч М.М. – д. геол. н., проф.
Безручко К.А. – д. геол. н., с.н.с.
Баранов В.А. – д. геол. н., с.н.с.
Нікулін С.Л. – д. геол. н., проф.
Рудаков Д.В. – д.т.н., проф.
Садовенко І.О. – д.т.н., проф.
Інкін О.В. – д.т.н., проф.
Деревягіна Н.І. – к.т.н., доц.

Електроенергетика, електро- техніка та електромеханіка

Півняк Г.Г. – д.т.н., проф.
Азюковський О.О. – к.т.н., проф.
Бешта О.С. – д.т.н., проф.
Ципленков Д.В. – к.т.н., доц.
Іванов О.Б. – к.т.н., проф.
Папайка Ю.А. – д.т.н., доц.
Луценко І.М. – к.т.н., доц.
Ткачов В.В. – д.т.н., проф.
Бубликов А.В. – к.т.н., доц.

Нафтогазова інженерія та технології

Коровяка Є.А. – к.т.н., доц.
Давиденко О.М. – д.т.н., проф.
Судаков А.К. – д.т.н., проф.
Хоменко В.Л. – к.т.н., доц.
Камишацький О.Ф. – к.т.н., доц.
Расцветаєв В.О. – к.т.н., доц.
Пашенко О.А. – к.т.н., доц.
Ігнатов А.О. – к.т.н., доц.

Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Алексєєв М.О. – д.т.н., проф.
Мещеряков Л.І. – д.т.н., проф.
Ткачов В.В. – д.т.н., проф.
Куваєв В.М. – д.т.н., проф.
Кочура Є.В. – д.т.н., проф.
Слесарєв В.В. – д.т.н., проф.
Бубликов А.В. – к.т.н., доц.
Соснін К.В. – к.т.н., доц.

Закордонні члени редакційної колегії:

Проф. Карстен Дребенштедт
(Німеччина)
Др. Ян Барнес (Німеччина)
Проф. Мохамед Боуноала (Алжир)
Др. Сліман Качі (Алжир)
Проф. Джиованні Пардіні (Іспанія)
Проф. Жоао Хав'єр Матос (Португалія)
Д.т.н., проф. Ян Ваховіч (Польща)
Д.т.н., проф. Войцех Ченжковський (Польща)
Д.геол.н., проф. В.В. Гавриленко (РФ)
Д.т.н., проф. С.К. Молдабаєв (Казахстан)
Д.т.н., Л.А. Манукян (Вірменія)
Проф. А. Г. Магалашвілі (Грузія)

Адреса редакції:

49005, м. Дніпро,
пр. Д. Яворницького, 19,
НТУ “ДП”, Шустову О.О.,
тел. 756-00-98,
E-mail: shustov.o.o@nmu.one

Editorial council:

Acad. NASU, D.Sc., prof. G.G. Pivniak
 Corr. Mem. of NASU, D.Sc., prof. O.S. Beshta
 D.Sc., prof. R.O. Dychkovskiy
 D.Sc., prof. B.Yu. Sobko

Editorial board:

Editor-in-Chief – D.Sc., prof. B.Yu. Sobko
 Deputy editor – C.Sc., assoc. prof. O.O. Shustov
 Responsible secretary – s.r. A.A. Adamchuk

Review and editorial board***Mining Science***

Pivniak G.G. – D.Sc., prof.
 Beshta O.S. – D.Sc., prof.
 Sobko B.Yu – D.Sc., prof.
 Prokopenko V.I. – D.Sc., prof.
 Symonenko V.I. – D.Sc., prof.
 Dychkovskiy R.O. – D.Sc., prof.
 Bondarenko V.I. – D.Sc., prof.
 Kuzmenko O.M. – D.Sc., prof.
 Buzlyo V.I. – D.Sc., prof.
 Kovalevska I.A. – D.Sc., prof.
 Khomenko O.Ye. – D.Sc., prof.
 Pilov P. I. – D.Sc., prof.
 Mladetskiy I. K. – D.Sc., prof.
 Poluliakh O. D. – D.Sc., prof.
 Gorobets L.Zh. – D.Sc., prof.
 Shashenko O.M. – D.Sc., prof.
 Roenko A.M. – D.Sc., prof.
 Sdvizhkova O.O. – D.Sc., prof.
 Sobolev V.V. – D.Sc., prof.
 Nazarenko V.O. – D.Sc., prof.
 Solodiantkin O.V. – D.Sc., prof.
 Cheberiyachko Yu.I. – D.Sc., assoc. prof.
 Hapiev S.M. – D.Sc., assoc. prof.
 Chetveryk M.S. – D.Sc., prof.
 Kuchyn O.S. – D.Sc., prof.
 Koptovets O.M. – D.Sc., prof.
 Shyrin L.N. – D.Sc., prof.
 Sudakov A.K. – D.Sc., assoc. prof.
 Samusia V.I. – D.Sc., prof.
 Kirichenko Ie.O. – D.Sc., prof.

Environment protection technologies

Zberovskiy O.V. – D.Sc., prof.
 Kolesnyk V.Ie. – D.Sc., prof.
 Pavlychenko A.V. – D.Sc., prof.
 Cheberiyachko S.I. – D.Sc., prof.
 Ustymenko Ye.B. – D.Sc., assoc. prof.
 Kovrov O.S. – D.Sc., assoc. prof.
 Golinko V.I. – D.Sc., prof.

Materials Science and Industrial Machine-Building

Kolosov D.L. – D.Sc., assoc. prof.
 Ziborov K.A. – C.Sc., assoc. prof.
 Kravets V.V. – D.Sc., prof.
 Zabolotnyi K.S. – D.Sc., prof.
 Bondarenko A.O. – D.Sc., prof.
 Protsiv V.V. – D.Sc., prof.

Applied Mechanics, Construction and civil engineering

Sadovenko I.O. – D.Sc., prof.
 Vlasov S.F. – D.Sc., prof.
 Bondarenko A.O. – D.Sc., prof.
 Samusia V.I. – D.Sc., prof.
 Zabolotnyi K.S. – D.Sc., prof.
 Kirichenko Ie.O. – D.Sc., prof.
 Shashenko O.M. – D.Sc., prof.
 Sdvizhkova O.O. – D.Sc., prof.
 Hapiev S.M. – D.Sc., assoc. prof.
 Solodiantkin O.V. – D.Sc., prof.
 Protsiv V.V. – D.Sc., prof.
 Sobolev V.V. – D.Sc., prof.
 Kolosov D.L. – D.Sc., assoc. prof.

Earth and Planetary Sciences

Barna T.V. – C.Sc.
 Savchuk V.S. – D.Sc., prof.
 Ruzina M.V. – D.Sc., prof.
 Prykhodchenko V.F. – D.Sc., prof.
 Lukinov V.V. – D.Sc., prof.
 Dovbnich M.M. – D.Sc., prof.
 Bezruchko K.A. – D.Sc., s.r.o.
 Baranov V.A. – D.Sc.(geol.), s.r.o.
 Nikulin S.L. – D.Sc.(geol.), prof.
 Rudakov D.V. – D.Sc., prof.
 Sadovenko I.O. – D.Sc., prof.
 Inkin O.V. – D.Sc., prof.
 Dereviachina N.I. – C.Sc., assoc. prof.

Electrotechnics and electromechanics

Pivniak G.G. – D.Sc., prof.
 Aziukovskiy O.O. – C.Sc., prof.
 Beshta O.S. – D.Sc., prof.
 Tsyplenkov D.V. – C.Sc., assoc. prof.
 Ivanov O.B. – C.Sc., prof.
 Papaika Yu.A. – D.Sc., assoc. prof.
 Lutsenko I.M. – C.Sc., assoc. prof.
 Tkachov V.V. – D.Sc., prof.
 Bublikov A.V. – C.Sc., assoc. prof.

Oil and Gas Engineering and Technology

Koroviaka Ye.A. – C.Sc., assoc. prof.
 Davydenko O.M. – D.Sc., prof.
 Sudakov A.K. – D.Sc., prof.
 Khomenko V.L. – C.Sc., assoc. prof.
 Kamyshatskiy O.F. – C.Sc., assoc. prof.
 Rastsvietaiev V.O. – C.Sc., assoc. prof.
 Pashchenko O.A. – C.Sc., assoc. prof.
 Ihnatov A.O. – C.Sc., assoc. prof.

Automation and computer-integrated technologies

Alekseiev M.O. – D.Sc., prof.
 Meshcheriakov L.I. – D.Sc., prof.
 Tkachov V.V. – D.Sc., prof.
 Kuvaiev V.M. – D.Sc., prof.
 Kochura Ie.V. – D.Sc., prof.
 Sliesariyev V.V. – D.Sc., prof.
 Bublikov A.V. – C.Sc., assoc. prof.
 Sosnin K.V. – C.Sc., assoc. prof.

Foreign members of editorial board:

Prof. C. Drebenstedt (Germany)
 Dr. Ian Barnes (Germany)
 Prof. Mohamed Bounouala (Algeria)
 Dr. Slimane Kachi (Algeria)
 Prof. Giovanni Pardini (Spain)
 Dr. João Xavier Matos (Portugal)
 D.Sc., prof. Jan Wachowicz (Poland)
 D.Sc., prof. Wojciech Cigżkowski (Poland)
 D.Sc., prof. V.V. Gavrilenko (RU)
 D.Sc., prof. S.K. Moldabayev (Kazakhstan)
 D.Sc., prof. L.A. Manukyan (Armenia)
 Ph.D., A.G. Magalashvili (Georgia)

Address:

49005, Dnipro,
 D. Yavornytsky 19 Av.
 NTU “DP” Shustov O.O.,
 t. 756-00-98,
 E-mail: shustov.o.o@nmu.one

© Б.Ю. Собко¹, В.А. Кардаш¹¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ РОЗРОБКИ ПЕРЕДОВОГО РОЗКРИВНОГО УСТУПУ ПРИ КРИВОЛІНІЙНОМУ КОНТУРІ КАР'ЄРНОГО ПОЛЯ

© B. Sobko¹, V. Kardash¹¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

SUBSTANTIATION OF THE TECHNOLOGICAL SCHEME OF DEVELOPMENT OF THE OUTSTRIPPING OVERBURDEN BENCH AT QUARRY FIELD CURVILINEAR CONTOUR

Метою досліджень є розробка технологічних схем виймання порід розкриву на випереджаючому розкривному уступі з подальшим вибором раціональної схеми для умов криволінійного контуру кар'єру.

Методи дослідження - теоретичні та експериментальні; графоаналітичний метод; методи статистичного та системного аналізу; метод техніко-економічного аналізу для вибору ефективних технологічних схем розкривних робіт.

Результати дослідження. В результаті виконання роботи розглянуто можливі варіанти відпрацювання передового розкривного уступу. Проведена порівняльна техніко-економічна оцінка можливих варіантів розвитку гірничих робіт з врахуванням зміни довжини фронту гірничих робіт. Виконано вибір та обґрунтування технологічної схеми розробки передового розкривного уступу роторним комплексом з використанням екскаватора KU-800 на кар'єрі Мотронівського ГЗК на період проходження фронту робіт в північній частині кар'єрного поля.

Наукова новизна. Запропоновані можливі напрями забезпечення необхідної продуктивності розкривних робіт на випереджаючому уступі. Встановлено співвідношення собівартостей розробки розкривних порід для досліджуваних технологічних схем. Обрано раціональну технологічну схему з найменшою собівартістю виконання розкривних робіт.

Практичне значення. Виконані дослідження дозволяють вибрати раціональну схему виконання розкривних гірничих робіт з урахуванням криволінійного контуру кар'єрного поля та забезпечення необхідної продуктивності розкривних робіт за рахунок забезпечення необхідного посування фронту гірничих робіт на надрудному та середньому розкривних уступах.

Очікуваний техніко-економічний ефект виражається в зниженні собівартості розробки розкривних порід за рахунок застосування ефективного гірничо-технічного комплексу та технологічної схеми розробки розкривних порід.

Ключові слова: розсипні титано-цирконієві родовища, технологічні схеми, параметри системи розробки, кар'єрне поле, робоча зона кар'єра, криволінійний контур кар'єру.

При створенні плану контуру підрахунку запасів та гірничого відводу розробки розсипного родовища за рахунок санітарно-захисних зон, що залежать від розміщення на території родовища населених пунктів, зарезервованих заповідних зон формується, як правило, криволінійний, в вигляді ломаної лінії, контур підрахунку запасів та гірничий відвід, а також за рахунок яро-балкового рельєфу

поверхні кар'єрного поля відбувається часта зміна довжини фронту гірничих робіт. Приклад криволінійного контуру підрахунку запасів та гірничого відводу Мотронівського розсіпу Малишевського титан-цирконієвого родовища наведено на рис.1.

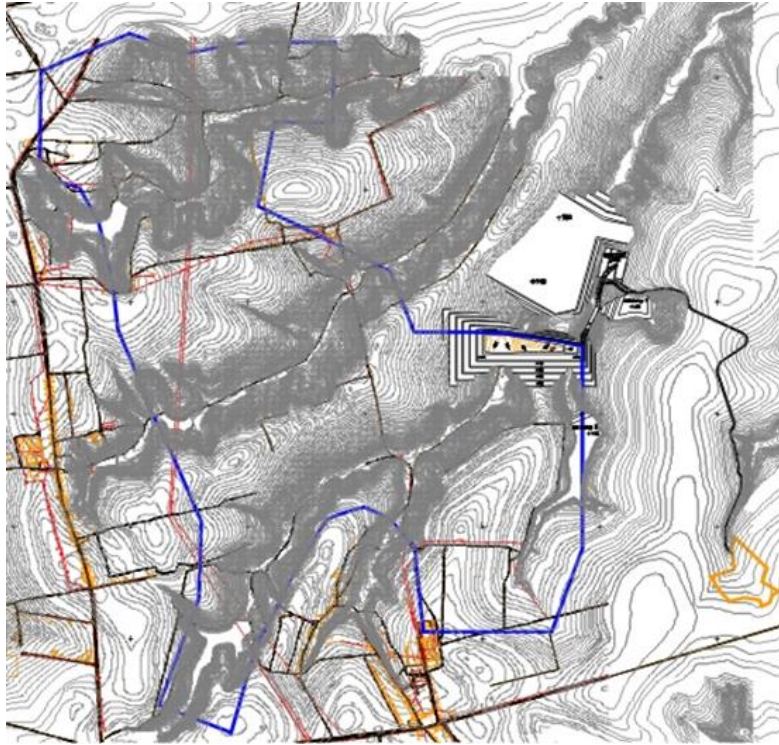


Рис. 1. Контур підрахунку запасів Мотронівського розсіпу

При цьому можливі різні варіанти технологічної схеми розробки передового розкривного уступу від розробки якого залежить забезпечення підготовки запасів корисних копалин для видобутку та виконання планових завдань гірничого підприємства в цілому. Таким чином, обґрунтування технологічної схеми розробки передового розкривного уступу при криволінійній формі фронту гірничих робіт є актуальним та своєчасним завданням.

Необхідно відмітити, що конфігурація робочої зони в плані та її довжина може змінюватися внаслідок зміни розмірів кар'єру в плані, викривлення фронту робіт через тимчасову консервацію бортів та окремих уступів чи зменшення швидкості просування гірничих робіт на окремих ділянках, а також при круговому фронті робіт та гористому чи балковому рельєфі [1].

Порівняльна оцінка можливих варіантів розвитку гірничих робіт при розробці горизонтальних родовищ показує, що найбільш економічно ефективною технологічною схемою розробки передового уступу є схема з поздовжніми заходами при транспортній системі розробки [1].

Однак при підході фронту гірничих робіт до кутових точок викривлення кар'єрного поля виникають певні складнощі із забезпеченням його прямолінійності на передовому уступі торця кар'єру, що потребують вигину торцевого (з'єднувального) конвеєра і придбання додаткової приводної станції конвеєрної лінії.

У зв'язку з цим виникла необхідність розгляду і інших альтернативних технологічних схем відпрацювання передового розкривного уступу.

У даній роботі розглянуті наступні варіанти технологічних схем розробки передового розкривного уступу із застосуванням комплексу машин безперервної дії (роторного комплексу):

схема 1 (базовий варіант) - відпрацювання уступу роторним комплексом поздовжніми заходками по транспортній системі розробки (існуюча технологічна схема) (рис. 2);

схема 2 – теж саме - поперечними заходками (рис. 3);

схема 3 – відпрацювання уступу діагональними заходками при віяловому переміщенні фронту розкривних робіт (рис. 4);

схема 4 – відпрацювання уступу поздовжніми заходками за транспортно-відвальною схемою (рис. 5 та 6).

Схема 1 являє собою фактично технологічну схему розробки розкривних уступів поздовжніми заходками. Перевагою такої схеми є забезпечення рівномірного просування фронту гірничих робіт на всіх уступах.

Недолік цієї технологічної схеми - необхідність придбання додаткової приводної головки для з'єднувального конвеєра, що пов'язано з вигином частини цього конвеєра, при просуванні фронту робіт на північ кар'єрного поля Мотронівського розсипу.



Рис. 2. Технологічна схема розробки передового уступу роторним комплексом поздовжніми заходками



Рис. 3. Технологічна схема розробки передового уступу роторним комплексом поперечними заходками



Рис.4. Технологічна схема розробки передового уступу роторним комплексом діагональними заходками при віяловому переміщенні фронту розкривних робіт

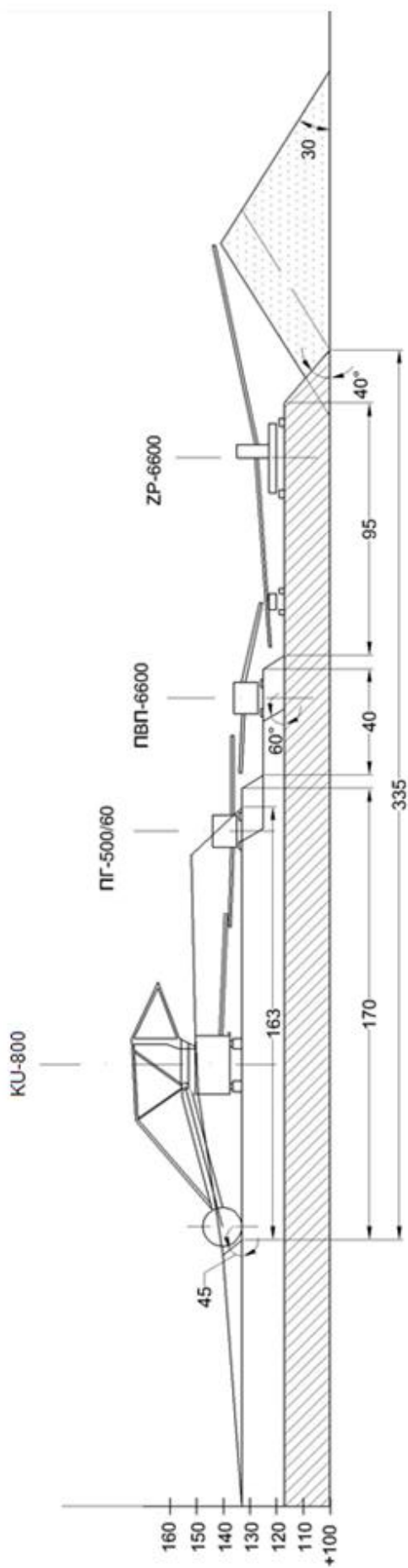


Рис. 5. Технологічна схема відпрацювання передового уступу роторним комплексом поздовжніми заходками за транспортно-відвальною схемою (при $A = 163$ м)

KU-800

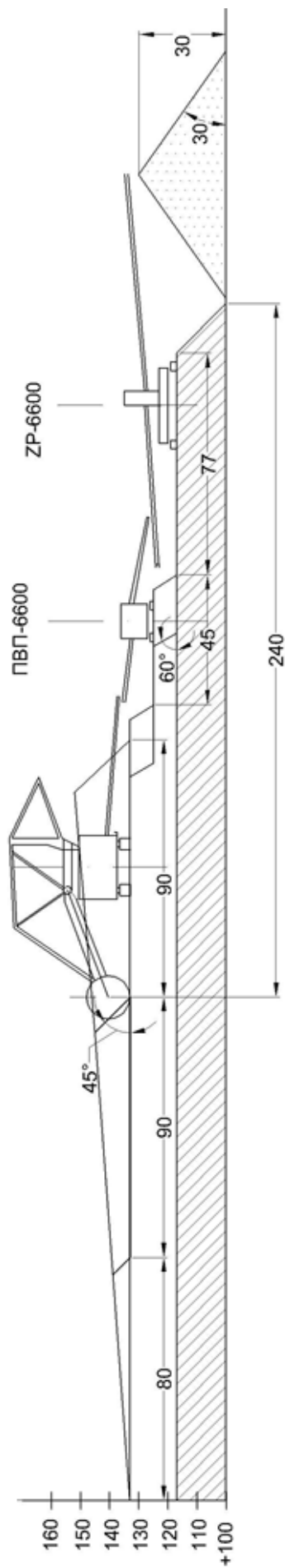


Рис. 6. Технологічна схема відпрацювання передового уступу роторним комплексом поздовжніми заходками за транспортно-відвальною схемою (при $A = 90$ м)

Схема 1 розглядається при порівняльній оцінці як базовий варіант відпрацювання передового уступу кар'єру.

Схеми 2-4, як альтернативні схеми, передбачають зміну порядку відпрацювання уступу, зміни ширини заходки роторного екскаватора (схеми 2 і 3), а також перехід від транспортної передачі розкриву стрічковими конвеєрами в відвал на транспортно-відвальний спосіб (схеми 5 та 6). Такі зміни технологічної схеми 1 відпрацювання уступу вимагають перевірки можливості забезпечення рівномірності посування гірничих фронтів на всіх уступах розкриву, що розробляються (надрудному, середньому і передовому).

Схема 2 характеризується тим, що частина об'єму розкривних порід передового уступу розробляються поперечними заходками. Сутність такої технологічної схеми полягає в тому, що роторним комплексом відпрацьовуються 2 поздовжні заходки шириною 120 м. Потім вибійний стрічковий конвеєр залишається на своєму місці, тобто не пересувається. Подача до нього розкривних порід від роторного екскаватора (працює поперечними заходками) проводиться через передавальний конвеєр довжиною 200-250 м, що розташовується перпендикулярно до вибійного конвеєру.

Технологічна схема поперечними заходками має наступні переваги:

- зменшується число переносів вибійного стрічкового конвеєра;
- можливе збільшення продуктивності роторного екскаватора в 1-й поперечній заходці, за рахунок великої ширини заходки;
- не вимагає придбання допоміжної привідної головки конвеєра.

Недолік даної схеми - порушення рівномірності посування всіх нижче розташованих уступів, що можливо не забезпечить виконання планової виробничої потужності кар'єру. Так при відпрацюванні 1-ї поперечної заходки швидкість посування вибою роторного екскаватора складе:

$$v_{\text{эп}} = \frac{Q_{\text{эп}}}{12 \cdot A \cdot H_n} = \frac{5000000}{12 \cdot 360 \cdot 12} = 96 \text{ м/міс.},$$

де $Q_{\text{эп}}$ – річна продуктивність роторного екскаватора, м³; A – ширина 1-ї поперечної заходки, м; H_n – середня висота передового уступу (20 м).

Термін відробки 1-ї поперечної заходки - T_1 складе:

$$T_1 = \frac{l_3}{v_{\text{эп}}} = \frac{220}{96} = 2,3 \text{ міс.},$$

де l_3 – середня довжина заходки, м.

Визначимо швидкість посування вибою ($v_{\text{эк2}}$) і тривалість відпрацювання заходки (T_n) комплексом «ЕШ-автосамоскиди» на надрудному розкривному уступі потужністю $H_n = 10$ м.

$$v_{\text{эк2}} = \frac{Q_{\text{эк2}}}{12 \cdot A \cdot H_n} = \frac{2000000}{12 \cdot 30 \cdot 10} = 555 \text{ м/міс.}$$

Таким чином, вже при відпрацюванні 1-ї поперечної заходки нижні розкривні і видобувних уступи підійдуть впритул до розташування робочого майданчика вищележачого передового уступу і призупинять своє посування, тобто призупиниться видобуток корисних копалин. З огляду на тривалість відпрацювання інших 3-х поперечних заходок сумарний час простою кар'єра (з видобутку) складе майже 4,0 міс., що відповідає недовидобутку близько 400-450 тис. м³ корисної копалини.

Варіант розробки передового уступу на даній ділянці віяловими заходками (схема 3) усуває основний недолік попередньої схеми, тобто не порушує рівномірності посування всіх уступів. Однак, при цьому, суттєво ускладнюється організація розкривних робіт на надрудному і середньому уступах, а також відвальних робіт поблизу району розташування пульпо-приготувальної установки для розмиву корисної копалини. Крім того зменшиться продуктивність розкривних комплексів «ЕШ + автосамоскиди», а також драглайнів, що працюють на видобувному уступі, оскільки буде змінюватися ширина їх заходок (від 0 до 30 м).

Розподіл об'ємів розкриву, що відпрацьовуються роторним комплексом віяловими заходками залишається приблизно таким же, як і при поперечних заходках. Тільки для 1-ї та 2-ї заходок об'єми розкривних порід перерозподілені. В середньому об'єми розкривних порід в кожній віяловій заходці відповідають номінально можливій місячній продуктивності роторного комплексу.

Схема 4 (рис. 5 та 6) передбачає застосування транспортно-відвального комплексу обладнання, виключаючи транспортування гірських порід розкриву у відвал стрічковими конвеєрами.

Транспортно-відвальний комплекс включає: роторний екскаватор КУ-800, перевантажувачі ПВП-6600 і ПГ-500/60, а також консольний відвалоутворювач ЗР-6600. Загальна довжина ділянки передового уступу, що відпрацьовує по даній схемі становить 180 м. Відпрацювати цю ділянку однією заходкою ($A = 180$ м) зазначений комплекс може тільки за ускладненою транспортно-відвальною схемою (рис. 5), що нераціонально, оскільки буде потрібно додатково підключати драглайни в відвальній частині робочої зони для переєкскавації відвальних порід, що підсипають пласт корисної копалини. Найбільш прийнятна в даному випадку друга схема (рис. 6), при якій уступ на даній ділянці розробляється двома заходками шириною $A = 90$ м без підсипки пласта корисної копалини породами розкриву. Висота внутрішнього відвалу (H_0), що відсипається роторним комплексом по цій схемі буде складати:

$$H_0 = H_n \cdot K_p + 0,25 A \cdot \operatorname{tg} \beta_0 = 15 \cdot 1,2 + 0,25 \cdot 90 \cdot 0,7 = 33 \text{ м},$$

де H_n – середня потужність передового уступу на ділянці, м; K_p – коефіцієнт розпушення породи у відвалі; β_0 – кут укосу відвалу.

Схема 4, що розглядається, виключає недоліки, пов'язані з порушенням рівномірного посування фронтів гірських робіт на розкривних уступах (схема 2), зі зниженням продуктивності роторного комплексу при відпрацюванні передового уступу віяловими заходками, а також ускладненням організації відвальних робіт (схема 3).

Основною перевагою застосування транспортно-відвального способу розробки передового уступу є значне скорочення експлуатаційних витрат на виймання 1 м^3 розкривних порід і їх відсіпання у відвал, тобто зменшується собівартість 1 м^3 розкривних порід, оскільки відсутнє їх транспортування стрічковими конвеєрами.

З теорії і практики відкритої розробки пологих родовищ як у нашій країні, так і за кордоном відомо, що транспортно-відвальні системи розробки (ТВСР) родовища за собівартістю виймання 1 м^3 розкривних порід поступаються тільки безтранспортній, та безтранспортній ускладненій (на 10-20 %).

У порівнянні з транспортною системою розробки з застосуванням конвеєрного транспорту собівартість виймання 1 м^3 розкривних порід при ТВСР в 2,4-2,5 рази менше (табл. 1).

Таблиця 1

Показники систем відкритої розробки вугільних родовищ

Система розробки	Собівартість 1 м^3 розкриву, %	Середня собівартість 1 м^3 розкриву, %
1. Безтранспортна (ускладнена)	100	100
2. Транспортно-відвальна (з конвеєрним відвалоутворювачем)	110-120	115
3. Спеціальна з гідромеханізацією розкривних робіт	190-375	280
4. Транспортна	185-300	240
5. Комбінована	250-290	270

Підтвердженням ефективності транспортно-відвальної системи розробки є і зарубіжний досвід роботи транспортно-відвальних комплексів на буро-вугільних розрізах США [2, 4]. Так, питомі витрати на розробку 1 м^3 розкриву комплексом BWE/XPS на Техаському розрізі в 2-3 рази менше, ніж комплексами з транспортуванням розкривних порід стрічковими конвеєрами [4].

Порівняльна економічна оцінка технологічних схем відпрацювання частини розкривних порід передового уступу на північній ділянці кар'єрного поля Мотронівського розсіпу проведена за показником - мінімум експлуатаційних витрат на розробку об'єму розкривних порід на цій ділянці (10 млн м^3). Результати розрахунків наведені в табл. 2, з якої видно, що найбільш ефективною є схема 4 – транспортно-відвальна система розробки ділянки передового розкривного уступу.

Таблиця 2

Показники порівнюваних технологічних схем розробки передового розкривного уступу

Технологічні схеми розробки передового розкривного уступу	Об'єм розкриву	Коефіцієнт технологічності	Собівартість 1 м ³ розкриву, грн	Сумарні експлуатаційні витрати, млн грн
1. Схема 1 – розробка повздовжними заходками	10 млн. м ³	0,9	$\frac{21,3}{21,78^*}$	210,78
2. Схема 2 – розробка поперечними заходками		0,5	$\frac{21,3}{42,6^*}$	420,60
3. Схема 3 – розробка віяловими заходками		0,8	$\frac{21,3}{26,6^*}$	260,60
4. Схема 4 – транспортно-відвальна схема розробки уступу		0,95	$\frac{8,6}{9,1^*}$	90,10

*- собівартість 1 м³ розкриву, грн з урахуванням коефіцієнта технологічності

Висновки. Основні результати досліджень полягають в наступному.

1. Проведені вибір і обґрунтування технологічної схеми розробки передового розкривного уступу роторним комплексом з використанням екскаватора KU-800 на кар'єрі Мотронівського ГЗК на період проходження фронту робіт в північній частині кар'єрного поля.

2. З чотирьох розглянутих варіантів найбільш економічно ефективним є варіант 4, який передбачає транспортно-відвальну систему розробки передового розкривного уступу. У порівнянні з варіантом 1 де пропонується технологічна схема з повздовжніми заходками зменшення експлуатаційних витрат на розкривні роботи становить 120,68 млн грн при розробці 10 млн м³ розкривних порід; в порівнянні з варіантом 2 (відпрацювання уступу поперечними заходками) – 330,5 млн грн; при варіанті 3 (відпрацювання уступу віяловими заходками) – 170,5 млн грн.

Перелік посилань

1. Новожилов, М. Г. (Ed.). (1971). *Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Часть I. Недра.*
2. *Наукове обґрунтування та дослідження стратегічних напрямків підвищення ефективності відкритої розробки родовищ України. отчет о НИР (заключительный) (2007).* № ГР 0106U001378. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. 173 с.
3. Собко, Б. Ю. (2008). *Удосконалення технології відкритої розробки розсіпних титано-цирконієвих руд.* Дніпропетровськ: Національний гірничий університет.
4. Tad S. (2006). *Golosinski Mining oil sands in Alberta, Canada: past, present and future. 8th International symposium continuours surface mining.* RWTH Aachen Germany.

АННОТАЦИЯ

Целью исследования является разработка технологических схем выемки пород вскрыши на опережающем вскрышном уступе с дальнейшим выбором рациональной схемы для условий криволинейного контура карьера.

Методы исследования – теоретические и экспериментальные; графоаналитический метод; метод статистического и системного анализа; метод технико-экономического анализа для выбора эффективных технологических схем вскрышных работ.

Результаты исследования. В результате выполнения работы рассмотрены возможные варианты отработки передового вскрышного уступа. Проведена сравнительная технико-экономическая оценка возможных вариантов развития горных работ с учетом изменения длины фронта горных работ. Выполнен выбор и обоснование технологической схемы разработки передового вскрышного уступа роторным комплексом с использованием экскаватора КУ-800 на карьере Мотроновский ГОК на период прохождения фронта работ в северной части карьерного поля.

Научная новизна. Предложены возможные направления обеспечения необходимой производительности вскрышных работ на опережающем уступе. Установлено соотношение себестоимости разработки вскрышных пород для исследуемых технологических схем. Произведён выбор рациональной технологической схемы с наименьшей себестоимостью выполнения вскрышных работ.

Практическое значение. Выполненные исследования позволяют выбрать рациональную схему выполнения вскрышных горных работ с учетом криволинейного контура карьерного поля и обеспечения необходимой производительности вскрышных работ за счет обеспечения необходимого подвигания фронта горных работ на надрудном и среднем вскрышных уступах. Ожидаемый технико-экономический эффект выражается в снижении себестоимости разработки вскрышных пород за счет применения эффективного горнотехнического комплекса и технологической схемы разработки вскрышных пород.

Ключевые слова: россыпные титан-циркониевые месторождения, технологические схемы, параметры системы разработки, карьерной поле, рабочая зона карьера, криволинейный контур карьера.

ABSTRACT

The purpose of the research is to develop technological schemes of overburden rocks extraction on the outstripping overburden bench with a further rational scheme choice in the curvilinear quarry contour conditions.

Research methods – theoretical and experimental; graphic-analytical method; method of statistical and system analysis; method of technical and economic analysis for the selection of effective technological schemes for stripping operations.

Research results. As a result of the research, possible options for the development of the outstripping overburden bench were considered. A comparative technical and economic assessment of possible options for the mining operations progress, taking into account the change in the length of the mining operations front, has been carried out. The selection and justification of the technological scheme for the outstripping overburden bench development with a rotary complex using a KU-800 excavator at the Motronivsky GOK quarry for the period of the mining operations front in the northern part of the quarry field has been performed.

Scientific novelty. Possible directions of ensuring the required productivity of stripping operations on the outstripping ledge are proposed. The ratio of the prime cost of overburden development for the studied technological schemes has been established. The choice of a rational technological scheme with the lowest cost of stripping works has been made.

Practical value. The performed research allow us to choose a rational scheme for performing stripping mining operations, taking into account the curvilinear contour of the quarry field and ensuring the required performance of stripping operations by ensuring the necessary advancement of the mining operation front on the above-ore and middle stripping benches.

The expected technical and economic effect is expressed in a reduction in the overburden development cost due to the use of an efficient mining complex and a technological scheme for the overburden development.

Keywords: *placer titanium-zirconium deposits, technological schemes, development system parameters, quarry field, working area of a quarry, curvilinear quarry contour.*