

© О.О. Анісімов¹

¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ПРИ ВІДПРАЦЮВАННІ КРУТОНАХИЛЕНИХ ШАРІВ

© O. Anisimov¹

¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

FORMATION OF TECHNOLOGICAL SCHEMES DURING WORKING OFF STEEPLY INCLINED LAYERS

Мета. Створення технологічних схем відпрацювання крутонахилених шарів в умовах формуванні бортів глибоких залізрудних кар'єрів при розробці глибоких крутоспадних родовищ з метою визначення ширини робочого майданчика.

Методика дослідження полягає у розробці нових технологічних схем та використанні існуючих схем розробки уступів в умовах крутоспадних родовищ. Наступним кроком є визначенням ширини робочого майданчика в залежності від схеми розміщення основного обладнання і послідовності відпрацювання уступу. У той же час обрання обладнання дозволяє визначити параметри робочого майданчика уступу. Для вибору обладнання здійснено виділення чотирьох варіантів обладнання за усередненими параметрами сучасних гірничих машин, тобто використано метод усереднення показників.

Результати дослідження. Розроблені нові технологічні схеми, а також використанні існуючі технологічні схеми для обґрунтування ширини робочого майданчика при формуванні крутонахилених шарів на бортах глибоких кар'єрів при розробці глибоких залізрудних родовищ. Створена методика, що дозволяє попередньо визначити ширину робочого майданчика за допомогою номограми, яка враховує висоту уступу, один із варіантів обладнання, що може бути використаний при розробці уступу та схему розробки.

Наукова новизна. Встановлені графічні залежності для визначення ширини крутонахиленого шару, що підлягає розробці при відпрацюванні борту кар'єру. За допомогою отриманих залежностей які враховують формування технологічних схем попередньо можна визначити якою має бути ширина крутонахиленого шару залежно від комплексної механізації (варіанти 1-4) і застосовуваної схеми при різних висотах уступу, що дозволяє визначити найбільш перспективні схеми розробки, а в подальшому швидкість зниження майданчика крутонахиленого шару.

Практичне значення. Встановлена можливість графічним методом за умови визначеної комплексної механізації, технологічної схеми розробки уступу(ів), висоти уступів визначити доцільну ширину робочого майданчика, або крутонахиленого шару як на окремому горизонті, так і у межах блоку при етапному формуванні робочої зони. Результати досліджень дозволяють підготувати дані (технологічну схему відпрацювання уступу(ів), ширину майданчика (шару), обрати клас обладнання придатний для виконання робіт на уступі з відповідними параметрами) для подальшого проектування етапного відпрацювання крутонахиленими шарами глибоких кар'єрів.

Ключові слова: технологічна схема розробки уступу, крутонахилені шари, залізрудні кар'єри.

Вступ. Кар'єрне поле глибоких кар'єрів представлено, в основному, скельними породами: рудою і породами розкриву. М'які породи мають потужність в

середньому 40-50 м. На цей час відомі різні технологічні схеми розробки скельної породи. Вони передбачають виконання основних технологічних процесів: підготовку до виймання (буропідривні роботи), виймально-навантажувальні роботи, транспортування, складування корисної копалини і відвалоутворення порід розкриву. У процесі виймання скельних порід може змінюватися напрямок відпрацювання родовища, параметри робочого обладнання і параметри гірничих виробок.

Проблеми розробки крутоспадних родовищ з використанням крутонахилених шарів і формування технологічних схем напрямку розробки залізрудних родовищ розглянуті в роботах [1-4].

Формування цілей статті. При відпрацюванні гірської маси крутонахиленими шарами процес буріння і переміщення бурового верстату на уступі визначають діючими правилами безпеки і паспортами роботи обладнання. Основними обмежуючими факторами на робочій площадці при застосуванні екскаваторів є радіуси черпання гірської маси у вибої та розвантаження до транспортних засобів, висота уступу (розвалу). З урахуванням того, що для суттєвого зменшення обсягів виймання порід розкриву при плановому видобутку корисної копалини доцільно зменшувати ширину робочого майданчика до мінімальних розмірів, необхідно розробити можливі технологічні схеми розміщення обладнання з наступним формуванням крутонахилених шарів на глибоких кар'єрах.

При розгляді родовища як об'ємного об'єкта, на кожному етапі його відпрацювання слід визначити доцільний напрямок розвитку гірничих робіт не тільки у глибину, але і на кожному уступі. Для цього треба сформувати технологічні схеми, що дозволяють безпечно і своєчасно виконувати у повному обсязі запланований об'єм виймання порід. Для визначення ширини робочого майданчика окрім схеми розвитку уступу треба також визначитися з варіантом сукупності обладнання. Під варіантом сукупності обладнання слід розуміти екскаватори з відповідним інтервалом ємності ковша, автосамоскиди з відповідними габаритами і вантажопідємністю. Визначення технологічної схеми в подальшому впливає на послідовність відпрацювання родовища, розміри уступів або етапів при формуванні крутонахилених шарів. Отримана методика для визначення ширини крутонахилоного виймального шару враховує висоти уступу, варіант механізації і комплексу обладнання, що задіяні в основних операціях видобутку, схему формування уступу.

Виклад основного матеріалу. Багато підприємств, що відпрацьовують крутоспадні родовища за різних причин прагнуть зменшити ширину робочого майданчику до мінімальних розмірів, що суттєво зменшує обсяг виймання порід розкриву. В умовах обмеженого простору робочої зони при формуванні крутонахилених виймальних шарів можна застосувати одну із технологічних схем, представлених на рис. 1 і 2.

Кожна схема має ряд своїх переваг і недоліків, характеризується наявністю транспортних площадок, якими переміщується основне і допоміжне обладнання. Вони можуть обмежувати відпрацювання крутонахилоного шару, розташованого в нижній частині робочої зони борту кар'єра. Схеми враховують розміщення обладнання і послідовність формування робочої зони кар'єру.

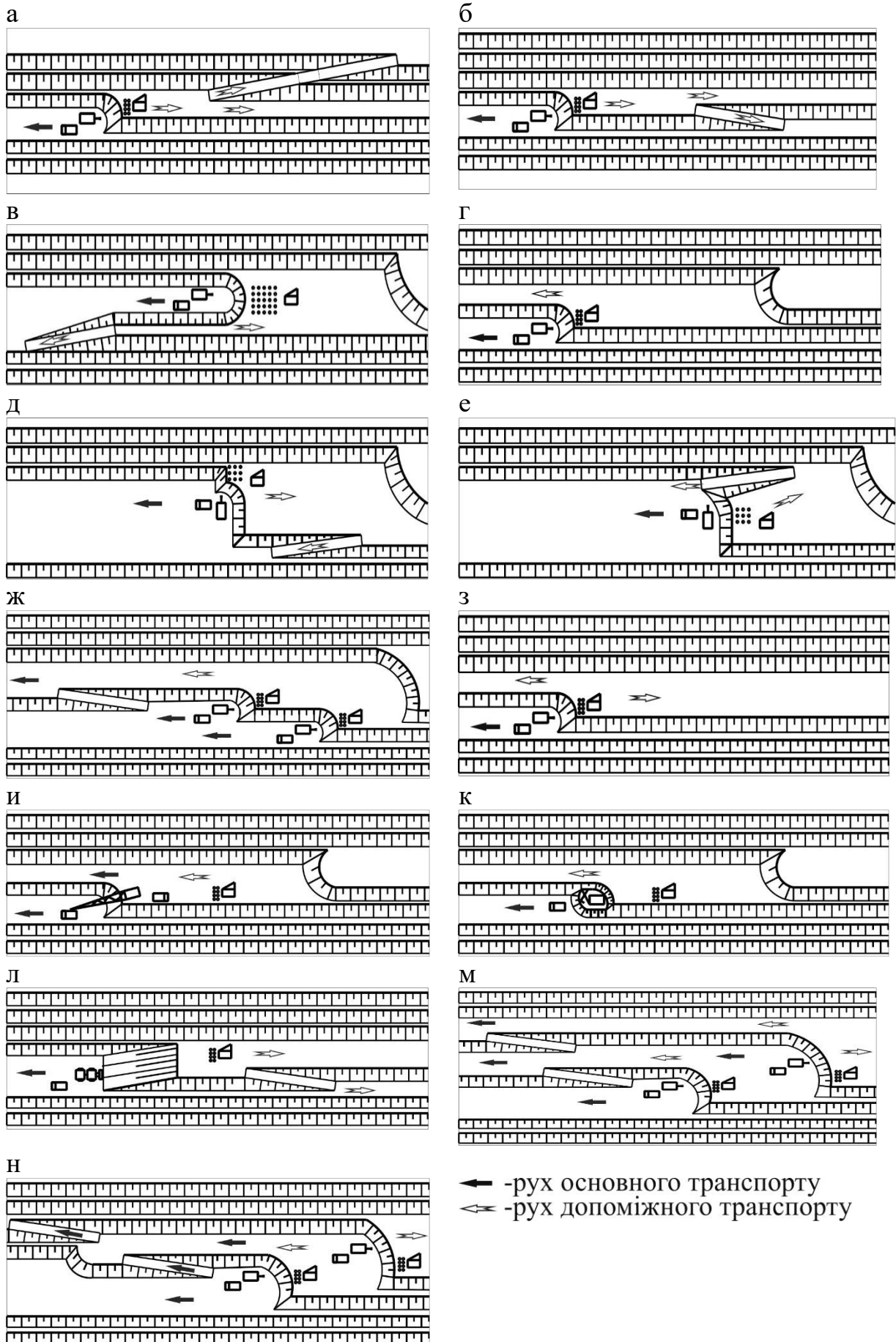


Рис. 1. Технологічні схеми формування уступів по скельним породам

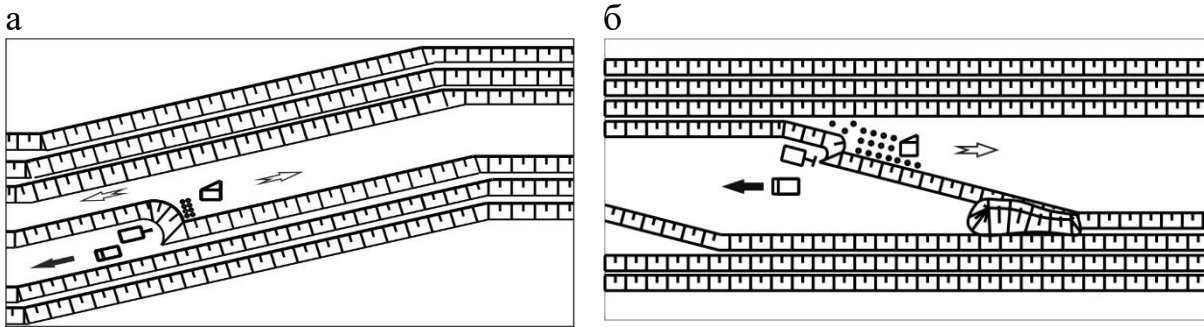


Рис. 2. Технологічні схеми формування уступів по скельним породам з діагональним переміщенням виймальної ділянки борту (а) і діагональним посуванням вибою на уступі (б)

Обмеження, також пов'язано з технологією ведення підривних робіт і формуванням розвалу порід після вибуху рис. 3. Переміщення розвалу породи вибухом у вироблений простір є небезпечним унаслідок можливого розміщення на нижніх уступах обладнання, площадок, засипання берм безпеки тощо.

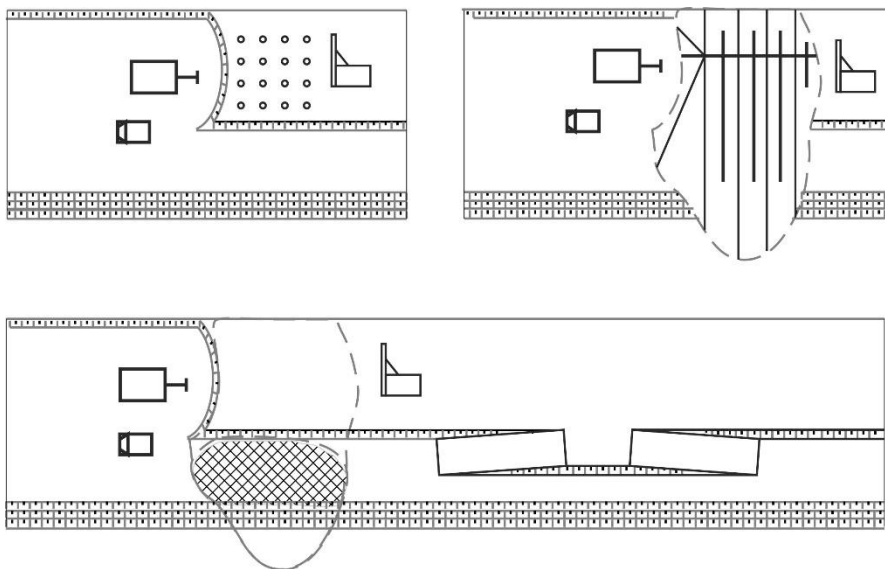


Рис. 3. Формування розвалу порід при підриванні уступу із двома бічними відкритими поверхнями

При відпрацюванні крутонахилених виймальних шарів схеми можуть характеризуватися поздовжнім розвитком гірничих робіт на уступі (рис. 1, а-г, ж-л; рис. 5, а), поперечним (рис. 1, д, е; рис. 4; рис. 5, б), діагональним (рис. 2, а, б) і змішаним. Кожна схема формування крутонахилоного шару має свої напрямки руху основного і допоміжного транспорту.

Ширина робочого майданчика визначається схемами відпрацювання і руху транспортних засобів за відомими формулами. На глибоких кар'єрах уступи розробляють з навантаженням гірської маси переважно до транспортних засобів. Виключенням є відпрацювання високих уступів з перевантаженням породи на нижчерозташований майданчик.

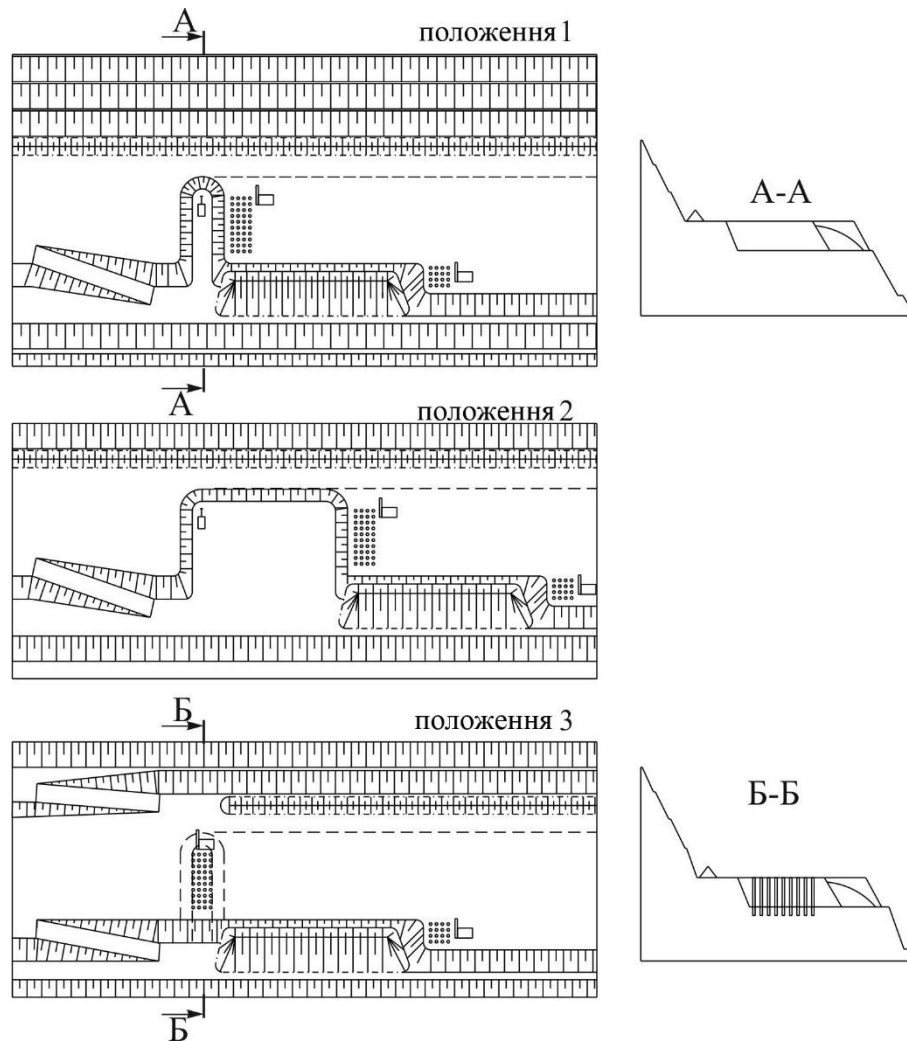


Рис. 4. Технологічна схема відпрацювання крутонахилого шару з поперечним проведенням траншеї з попереднім формуванням підпірної стінки: положення 1-3 – послідовність розвитку гірничих робіт на уступі

Для того, щоб уникнути засипки нижчележачих уступів розпушеною породою пропонується відпрацьовувати уступи широкими панелями, як показано на рис. 4, 5. Однак, такий розвиток схем вимагає формування значних по ширині робочих площадок, що приведе до виположування кутів укосів бортів кар'єру і збільшення об'ємів виймання розкриву. Технологічна схема, що представлена на рис. 4, 5, може бути використана при відпрацюванні крутонахилених виймальних шарів при поперечному посуванні бортів кар'єру.

Транспортні майданчики повинні забезпечувати на уступі наскрізний або ж тупиковий рух транспортних засобів. Наявність наскрізного проїзду забезпечується формуванням ширини нижнього майданчику уступу більше, ніж при використанні тупикового руху транспорту. При цьому ширина транспортної смуги при двухполосному русі, згідно норм проектування, становить від 11 до 24 м, залежно від ширини автосамоскиду. При односмуговому русі ширина транспортної смуги може бути від 4,5 до 10,5 м.

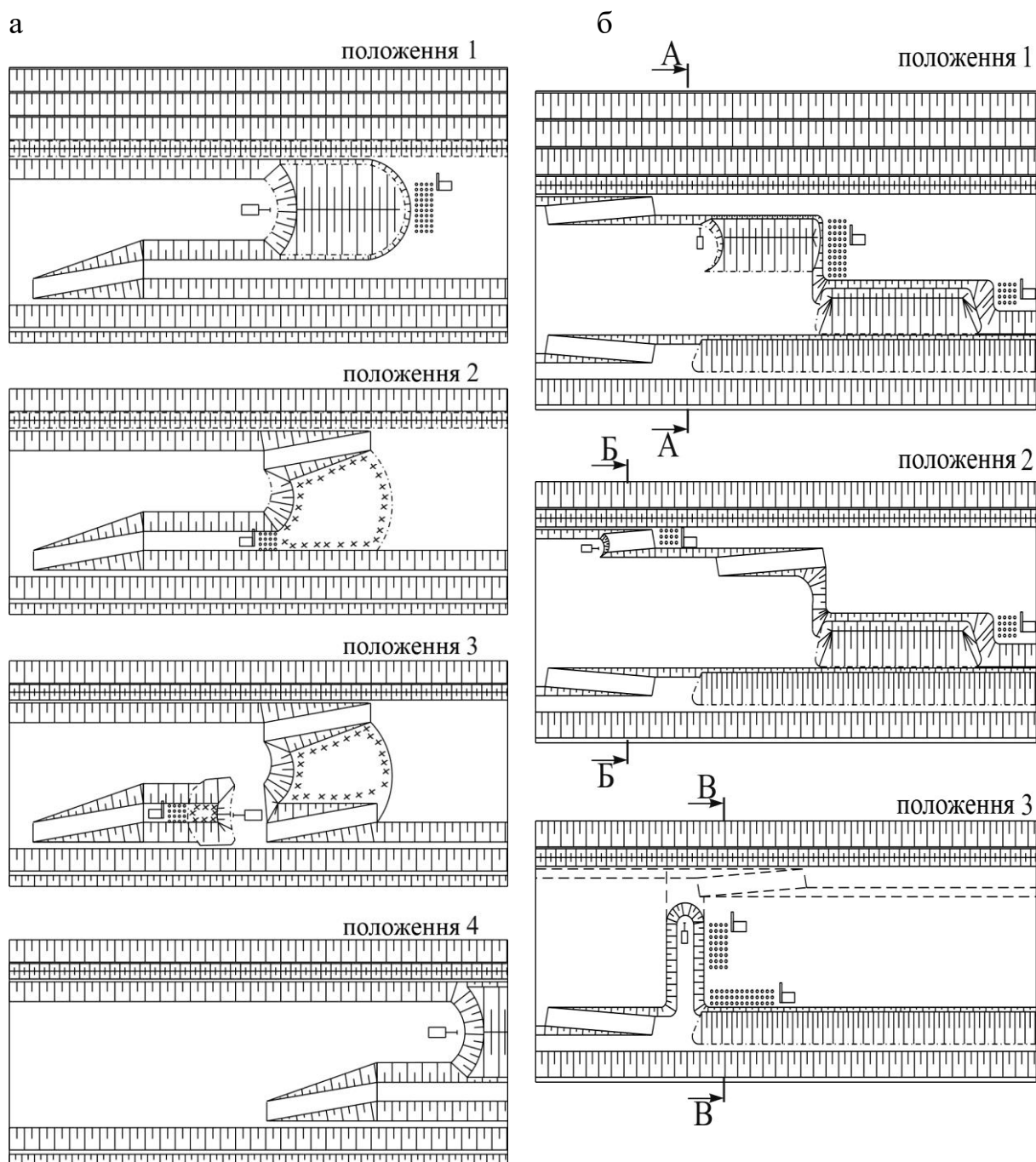


Рис. 5. Технологічна схема відпрацювання крутонахилого шару з поздовжньою проходкою випереджувальної траншеї (а) і з поперечним проведенням траншеї, а також попереднього формування підпірної стіни із зруйнованих вибухом порід (б) на нижньому уступі: положення 1-4 – послідовність розвитку гірничих робіт на уступі

Безпека роботи транспорту в кар'єрі забезпечується за рахунок формування утримуючого ґрунтового валу безпеки. Окрім того, можливе використання металевих і залізобетонних огорожень бар'єрного типу на ділянках, де роботи не здійснюються. З урахуванням експлуатації на глибоких кар'єрах автосамоскидів

вантажопідйомністю 75-120 т висота утримуючого валу складає 3,5 м, а при вантажопідйомності 120-180 т – 3,8 м. При улаштуванні валу висотою 3,5 м зі скельних порід кут його укусу становить 38-40°, а ширина майданчика під його розміщення – 4,48-4,86 м.

Технологічна схема відпрацювання крутонахилого шару з поздовжньою проходкою випереджувальної траншеї (рис. 4, а), з однієї сторони, дозволяє безпечно проводити підривні роботи, але з іншої, після її проведення, виникають труднощі прибирання негабаритів, які виникають при веденні підривних робіт. Підривні роботи на трапецеподібній площадці здійснюється із трьома відкритими поверхнями, що приводить до гіршого ефекту руйнування порід. Дана схема може бути прийнята тільки в певних гірничо-геологічних умовах і вимагає додаткових витрат на вторинне дроблення негабаритних шматків, що здійснюється підривним способом або із застосуванням бутобієв (гідромолотів) різних конструкцій.

Розвиток гірничотранспортних робіт на уступі за схемою, представленою на рис. 5, б, вимагає формування підпірної стіни із раніше підірваних порід, проходки на початковому етапі відпрацювання уступу поперечної розрізної траншеї з наступним поздовжнім посуванням вибою і спорудженням тимчасових з'їздів. Технологічна схема дозволяє відпрацьовувати уступи без будівництва капітальних з'їздів на верхній і нижній майданчик уступу.

При зменшенні ширини робочого майданчика велику роль відіграє форма розвалу породи. Технологічно намагаються виключити поширення розвалу на нижчерозташовані уступи, що пов'язано з безпекою ведення на них гірничих робіт. Встановлена ширина робочих площадок при різних схемах ведення гірничих робіт, дозволить визначити достатню ширину крутонахилого шару. Ширину робочих верхньої і нижньої площадок для вищенаведених схем, з урахуванням застосування автомобільного транспорту, визначають за відомими формулами. Схеми, що зображені на рис. 1-5 дозволяють визначити ширину площадок які утворюють шар, вибрати доцільні параметри з урахуванням обладнання, що використовується. Розрахунок здійснюється з урахуванням робочих габаритів устаткування, розміщення допоміжних площадок і площадок, регламентуючих безпечно ведення гірничих робіт.

При необхідності інтенсифікації гірничих робіт, пов'язаних з відпрацюванням бортів кар'єру, можуть бути використані технологічні схеми із експлуатацією декількох екскаваторів на одному шарі, що відпрацьовується (рис. 6). Такі схеми враховують відпрацювання одночасно трьох уступів. Перша схема (рис. 6, а), передбачає доступ до верхнього горизонту бурового обладнання, зарядних машин і допоміжної техніки. У роботі знаходиться один нижній концентраційний горизонт, на який доставляється гірська маса із всіх виймальних вибоїв.

Друга схема (рис. 6, б) забезпечує також доступ до верхнього майданчика верхнього уступу окремо і на концентраційний горизонт паралельно – при відпрацюванні трьох уступів у середній частині ділянки крутонахилого виймального шару.

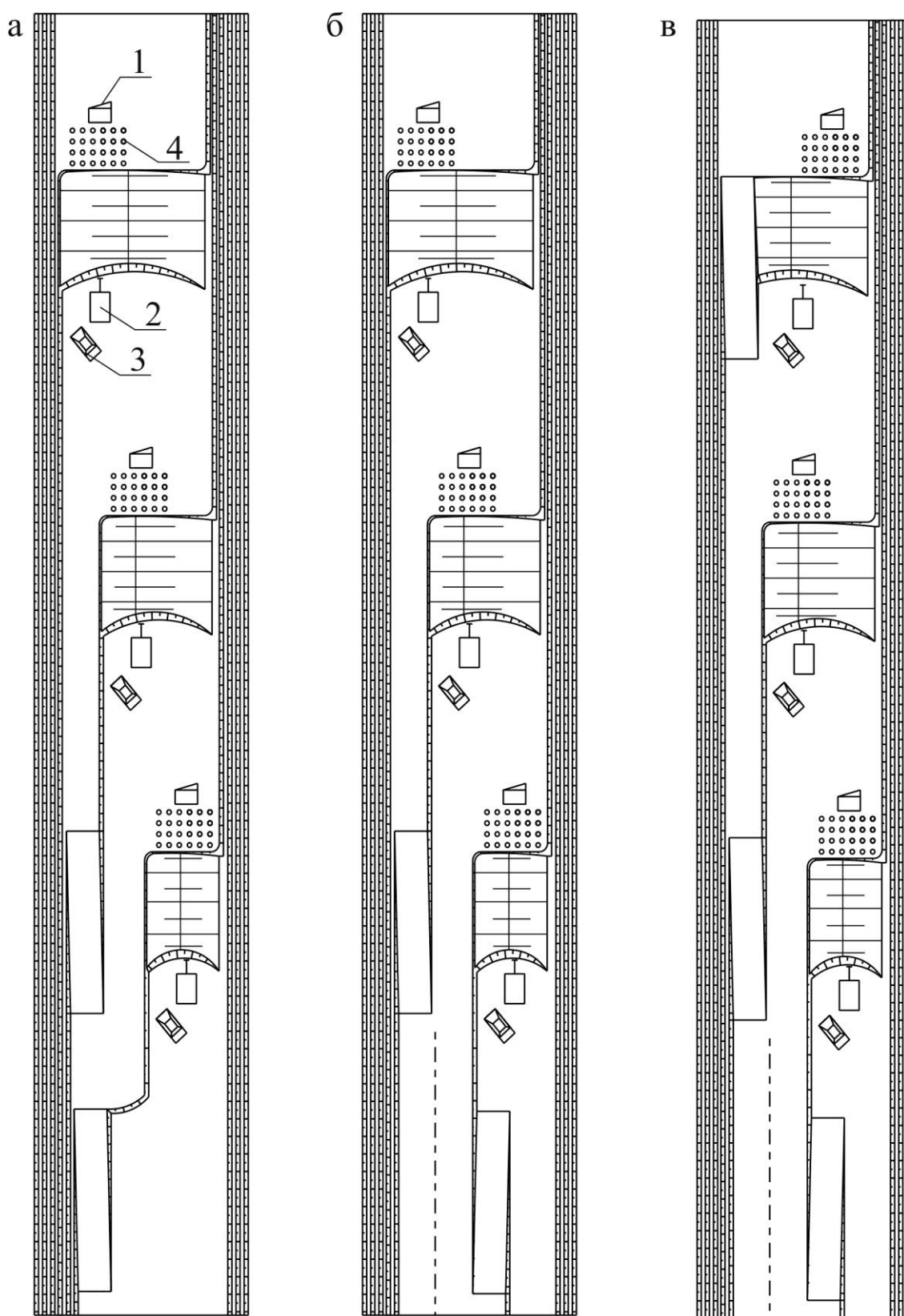


Рис. 6. Технологічна схема інтенсифікації відпрацювання крутонахилених шарів: 1 – буровий верстат; 2 – екскаватор; 3 – автосамоскид; 4 – свердловини

Третя схема (рис. 6, в) може містити у собі транспортні складові першої і другої схем. Відмінністю її є проведення тимчасового з'їзду на верхній майданчик верхнього уступу. Така схема можлива при відсутності під'їзду на верхню ділянку з протилежної сторони ділянки, що відпрацьовується.

Визначення раціональної ширини робочого майданчика виконується з урахуванням параметрів застосовуваних комплексів робочого обладнання і послідовності проведення гірничих робіт на уступі, горизонті або при відпрацюванні крутонахилого шару (табл.) [5].

Таблиця
Комплекси робочого обладнання

Варіант	Ємність ковша екскаватора, м ³ (E_k)	Вантажопідємність автосамоскиду, т ($G_{авто}$)	Радіус повороту автосамоскиду, м (R_a)	Ширина автосамоскиду, м (b_a)	Довжина автосамоскиду, м ($l_{авто}$)	Ширина проїзної частини, (T два шляхи)	Ширина заходки екскаватора, м ($A_{екс}$)	Радіус черпання екскаватора, м ($R_ч$)	Радіус розвантаження екскаватора, м (R_p)
1	8-15	65-155	13,2	6,67	11,57	19	21,9	12,9	16,9
2	15-25	120-200	13,8	7,4	12,59	22	25,8	15,2	19,3
3	25-30	200-250	14,9	7,77	13,55	22	27,2	16	21
4	більше 30	250 і більше	16,7	9,21	14,89	24	29,8	17,6	22,5

Розрахунки горизонтальної складової параметрів шарів враховує ширину робочих площадок з урахуванням параметрів транспортних площадок, що розташовують зверху або знизу робочого майданчика.

У цьому зв'язку, для визначення ширини крутонахилого виймального шару необхідно підсумувати відповідні показники. Використання даних здійснюється за наступною методикою:

1. Визначається схема відпрацювання уступу (див. рис. 1, 4-6).
2. Обирається варіант комплексної механізації (див. табл.).
3. Визначається ширина робочого майданчика з урахуванням висоти уступу (рис. 7).

Використання технологічних схем розвитку крутонахилого шару і показників експлуатації кар'єру дозволяють виконати попередню оцінку можливого

комплексу обладнання. Це дає можливість визначити параметри ширини шару і послідовність відпрацювання розкривних уступів. Зміна ширини майданчику за наведеними вище схемами (рис. 7) пов'язана з висотою уступу, що впливає на призму можливого обрушення породи, а також параметри комплексу гірничотранспортного обладнання.

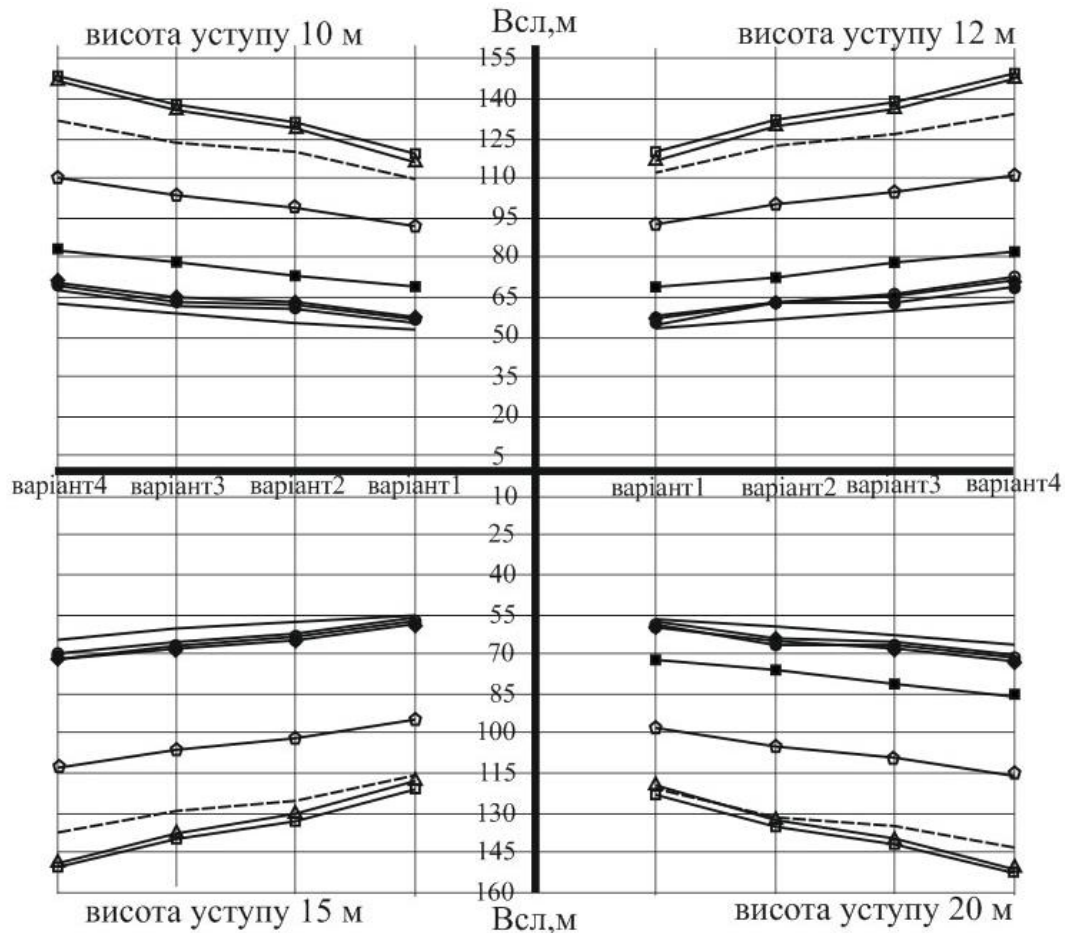


Рис. 7. Номограма зміни ширини крутонахилоного шару (Всл) залежно від комплексної механізації (варіант 1-4) і застосовуваної схеми при різних

висотах уступу:

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| —●— схема на рис. 1 (а, б) | —○— схема на рис. 1 (г, з) |
| —◆— схема на рис. 1 (д, е) | --- схема на рис. 1 (к) |
| —×— схема на рис. 1 (м) | —■— схема на рис. 5 |
| —■— схема на рис. 1 (в) | —+— схема на рис. 6 |
| —△— схема на рис. 1 (ж) | |

варіант 1 – комплекс обладнання $E_k = 8-15 \text{ м}^3$; $G_{авто} = 65-155 \text{ т}$;

варіант 2 – комплекс обладнання $E_k = 15-25 \text{ м}^3$; $G_{авто} = 120-200 \text{ т}$;

варіант 3 – комплекс обладнання $E_k = 25-30 \text{ м}^3$; $G_{авто} = 200-250 \text{ т}$;

варіант 4 – комплекс обладнання $E_k = \text{понад } 30 \text{ м}^3$; $G_{авто} = 250 \text{ т}$ і більше

Висновки. Практична користь від отриманого графіку-номограми полягає у тому, що при необхідності можливо зробити швидку оцінку потрібної ширини крутонахилоного шару. При цьому достатньо знати параметри виймально-транспортного устаткування і висоту окремого уступу.

Аналіз отриманих графіків рис. 7 показує, що схеми, представлені на рис. 1 а, б, д, е, м, з, по ширині шару дуже близькі один до одного. Різниця між ними відносно ширини становить 0,5-2 м, що в умовах формування уступу витримати складно, а отже, їх можна вважати однаковими. Схеми рис. 1 ж і 4 за своїми параметрами шару також ідентичні. При цьому різниця між ними становить до 4 м.

Встановлена можливість графічним методом визначати ширину крутонахиленого шару, що підлягає розробці при відпрацюванні борту кар'єру. За допомогою отриманих залежностей які враховують формування технологічних схем попередньо можна визначити якою має бути ширина крутонахиленого шару залежно від комплексної механізації.

Створено нову методику, що дозволяє попередньо визначити раціональні параметри крутонахиленого шару на основі обраного варіанту комплексної механізації і схеми відпрацювання уступів. Встановлено, що крутонахилені шари внаслідок їх тимчасового положення, високої інтенсивності відпрацювання і поглиблення необхідно створювати комплексом обладнання, яке у своєму складі передбачає використання винятково автосамоскидів.

Перелік посилань

1. Анисимов, О.А. (2015). *Технологии строительства и разработки глубоких карьеров: монография*. Днепропетровск: Национальный горный университет.
2. Symonenko, V., Hrytsenko, L., & Cherniaiev, O. (2016). Organization of non-metallic deposits development by steep excavation layers. *Mining of Mineral Deposits*, 10(4), 68–73. <https://doi.org/10.15407/mining10.04.068>
3. Молдабаев, С.К., Анисимов, О.А. (2018). Перспективные схемы производства эксплуатационных и горно-подготовительных работ в глубоких рудных карьерах. *Горный журнал Казахстана*, (10), 7-11.
4. Анисимов, О.А. (2018). Формування бортів глибокого кар'єру крутими шарами. *Збірник наукових праць НГУ*, (55), 8-17.
5. Анисимов, О.А. (2017). Исследование формирования механизированных комплексов и их влияние на ширину крутонаклонного слоя при отработке крутопадающих месторождений. *Збірник наукових праць НГУ*, (50), 26-32.

АННОТАЦИЯ

Цель. Создание технологических схем отработки крутонаклонных слоев в условиях формирования бортов глубоких железорудных карьеров при разработке глубоких крутопадающих месторождений с целью определения ширины рабочей площадки.

Методика исследования заключается в разработке новых технологических схем и использовании существующих схем разработки уступов в условиях крутопадающих месторождений. Следующим шагом является определение ширины рабочей площадки в зависимости от схемы размещения основного оборудования и последовательности отработки уступа. В то же время выбранное оборудование позволяет определить параметры рабочей площадки уступа. Для выбора оборудования осуществлено выделение четырех вариантов оборудования по усредненным параметрам современных горных машин, т.е. использован метод усреднения показателей.

Результаты исследования. Разработаны новые технологические схемы, а также использованы существующие технологические схемы для обоснования ширины рабочей площадки при

формировании крутонаклонных слоев на бортах глубоких карьеров при разработке глубоких железорудных месторождений. Создана методика, позволяющая предварительно определить ширину рабочей площадки с помощью номограммы, которая учитывает высоту уступа, один из вариантов оборудования, который может быть использован при разработке уступа и схему разработки.

Научная новизна. Установлены графические зависимости для определения ширины крутонаклонного слоя, подлежащего разработке при отработке борта карьера. С помощью полученных зависимостей учитывающих формирования технологических схем предварительно можно определить, какой должна быть ширина крутонаклонного слоя в зависимости от комплексной механизации (варианты 1-4) и применяемой схемы при различных высотах уступа, что позволяет определять наиболее перспективные схемы разработки, а в дальнейшем скорость снижения площадки крутонаклонного слоя.

Практическое значение. Установлена возможность графическим методом при определенной комплексной механизации, технологической схеме разработки уступа(ов), высоты уступа определять целесообразную ширину рабочей площадки, или крутонаклонного слоя как на отдельном горизонте, так и в пределах блока при этапном формировании рабочей зоны. Результаты исследований позволяют подготовить данные (технологическую схему отработки уступа(ов), ширину площадки (слоя), выбрать вариант оборудования пригодного для выполнения работ на уступе с соответствующими параметрами) для дальнейшего проектирования этапной отработки крутонаклонными слоями глубоких карьеров.

Ключевые слова: технологическая схема разработки уступа, крутонаклонные слои, железорудные карьеры.

ABSTRACT

Purpose. Creation of technological schemes of development of steeply inclined layers in the conditions of the formation of edges of deep iron ore pits during the development of deep steeply dipping deposits in order to determine the width of the working platform.

The research of the methodology consists in the development of new technological schemes and the use of existing schemes for the development of benches in the conditions of steeply dipping deposits. The next step is determining the width of the working platform, depending on the layout of the main equipment and the sequence of working off the bench. At the same time, the selected equipment allows to determine the parameters of the working platform of bench. For selecting the equipment, four options of equipment were distinguished according to the averaged parameters of modern mining machines, i.e. the method of averaging indicators was used.

Findings. New technological schemes have been developed, as well as existing technological schemes have been used to substantiate the width of the working platform during the formation of steeply inclined layers on the deep edges of pits during the development of deep iron ore deposits. A technique was created that allows you to preliminarily determine the width of the working platform using a nomogram that takes into account the height of the bench, one of the options of equipment that can be used in the development of the bench and the scheme of development.

The originality. Graphic dependencies were established for determining the width of the steeply inclined layer. These dependencies will be used during the development of the pit edge. Based on the obtained dependencies, taking into account the formation of technological schemes, it is possible to determine in advance what the width of the bench. Also, the complex mechanization (options 1-4) and the scheme with different heights of the bench are used, which allows to determine the most

promising schemes of development, and in the future the rate of change in the level of areas of the steeply inclined layer.

Practical implications. The possibility was established by a graphical method to determine the optimal width of the working platform or layer on a separate horizon or within a block, using complex mechanization. The results allow to prepare data (mining flowsheet bench (s), a width platform (layer) by selecting the equipment suitable to work on the bench with the corresponding parameters) for further design of the staged development of steeply inclined layers of deep open pits.

Keywords: *technological schemes of development of bench, steeply inclined layers, iron ore pits.*