

Робота на здобуття премії Президента
України для молодих вчених в
2025 році



ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНИЙ ВИДОБУТОК БУДІВЕЛЬНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ПОВОЄННОГО ВІДРОДЖЕННЯ КРАЇНИ

Автори:

ЧЕБАНОВ Максим Олександрович – доктор філософії, доцент кафедри відкритих гірничих наук Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

АДАМЧУК Андрій Андрійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри відкритих гірничих наук Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».



АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

За роки **російської агресії в Україні**

зруйновано та пошкоджено :

- понад **200–250 тисяч** житлових будинків;
- **19** аеропортів;
- **126** залізничні станції
- **25 тис. км** доріг;
- **350** мостів та шляхопроводів.

Для **відбудови** Україні потрібно:

- **500 млрд** доларів (в т.ч. **62,8 млрд** доларів на будівельні матеріали);
- **3,9 млн м²** скла;
- **5,7 млн м³** бетону;
- **39,3 млн м³** цегли.

Україна має велику кількість

покладів **будівельної сировини:**

- для цементного виробництва – піски, вапняк, гіпс і ангідрит, каолін та крейда;
- для щебеневої продукції – мігматити, граніти;
- для цегляної промисловості – вогнетривкі та каолінові глини.



Рисунок 1 – Бахмут



Рисунок 2 – Вовчанськ



Рисунок 3 – Авдіївка



Рисунок 4 – Часів Яр



АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ (продовження)

Переважна більшість гранітних кар'єрів знаходиться у **Житомирській** та **Рівненській** областях, глиняних – в **Дніпропетровській** та **Донецькій**.

Найбільша кількість руйнувань приходить на **Донецьку, Луганську, Харківську, Запорізьку, Сумську та Херсонську області**, однак тільки **12,5 %** кар'єрів сировини знаходяться в цих регіонах, в тому числі **75 %** – на тимчасово окупованих територіях.

Транспортування з віддалених областей країни потребуватиме значних **витрат**, тому ефективним рішенням в повоєнній відбудові є **підвищення продуктивності** існуючих кар'єрів та **оперативне відновлення роботи** законсервованих підприємств в зруйнованих регіонах.

Розробка інноваційних технологічних рішень та обґрунтування параметрів технологічних схем відкритої розробки родовищ будівельної мінеральної сировини в контексті підвищеного на неї попиту повоєнної відбудови об'єктів інфраструктури України, є **актуальною науково-технічною проблемою**, розв'язання якої виконано в роботі.



Рисунок 5 – Мапа України

175 – кількість кар'єрів з видобутку **граніту**
26 – кількість родовищ **вогнетривких глин**



Об'єкт, предмет, мета і задачі роботи

Об'єкт дослідження. Інноваційні технології відкритої розробки родовищ будівельної мінеральної сировини.

Предмет дослідження. Параметри технологічних схем інтенсивного видобутку і оперативного транспортування будівельної мінеральної сировини.

Метою роботи є створення інноваційних технологічних рішень та методичних засад з обґрунтування параметрів технологічних схем відкритої розробки родовищ будівельної мінеральної сировини в контексті підвищеного на неї попиту повоєнної відбудови житлових та інфраструктурних об'єктів України, її сталого розвитку, з урахуванням зниження негативного впливу на довкілля.

- Під час виконання досліджень вирішувалися наступні **завдання**:
- встановлення впливу збільшення глибини кар'єру на показники роботи транспортної системи розробки при використанні автосамоскидів;
- визначення впливу місця розташування мобільно-дробильного комплексу на показники роботи автомобільного транспорту;
- обґрунтування ефективності застосування породоскатів при розробці глибоких горизонтів кар'єру;
- встановлення собівартості виготовлення щебеневої продукції при глибині кар'єру 50–150 м з урахуванням змінної продуктивності;
- визначення впливу річної продуктивності кар'єру на собівартість виготовлення щебеневої продукції при використанні мобільно-дробильного комплексу на концентраційному горизонті кар'єру;
- обґрунтування раціональних параметрів безтранспортної системи розробки вогнетривких глин за допомогою комп'ютерного моделювання та приладів GPS;
- розробка рекомендацій щодо оперативного підвищення продуктивності кар'єру при розробці будівельної сировини.



Наукова новизна

Розвиток технології освоєння родовищ нерудної сировини на сьогодні в Україні є гарантією забезпечення критичної потреби у значних об'ємах **будівельних матеріалів** для відновлення пошкодженої та зруйнованої інфраструктури в результаті російської агресії.

Особливість запропонованих технологій полягає в **оптимальному комбінуванні потокового, циклічного та гравітаційного виду гірничотранспортного обладнання в комплексі з мобільними дробарно-сортувальними установками** при поглибленні кар'єрів будівельної сировини за рахунок встановлення залежності ефективності їх роботи від місця розташування концентраційних горизонтів. Це дозволило підвищити продуктивність гірничого підприємства в **1,8 рази** та знизити собівартості розробки на **45 %**. Розроблені екологобезпечні технології знижують потреби в залученні до розробки нових родовищ корисних копалин, що сприятиме землезбереженню при повоєнному відродженні країни.

Запроваджене **цифрове моделювання** роботи екскаваційного устаткування при розробці родовищ будівельної сировини **дозволяє оптимізувати** організацію процесів видобутку, що надає змогу **підвищити ефективність** переміщення гірничої маси, **зменшити кількість** гірничотранспортного обладнання і **досягти збільшення** виробничої потужності підприємства.

Результати роботи впроваджені в підприємства з видобутку гранітів та вогнетривких глин, що дозволило отримати **економічний ефект у розмірі 32 млн грн на рік**. Розроблені технологічні рішення можуть бути адаптовані для впровадження в умовах експлуатації інших підприємств з розробки будівельних матеріалів.



Визначення оптимальної глибини встановлення мобільної дробильно-сортувальної установки

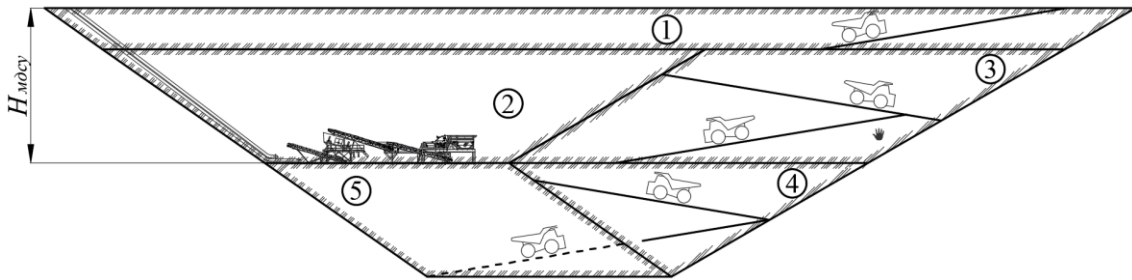


Рисунок 6 – Схема комбінованого автомобільно-конвеєрного транспорту із застосуванням мобільної дробильно-сортувальної установки:

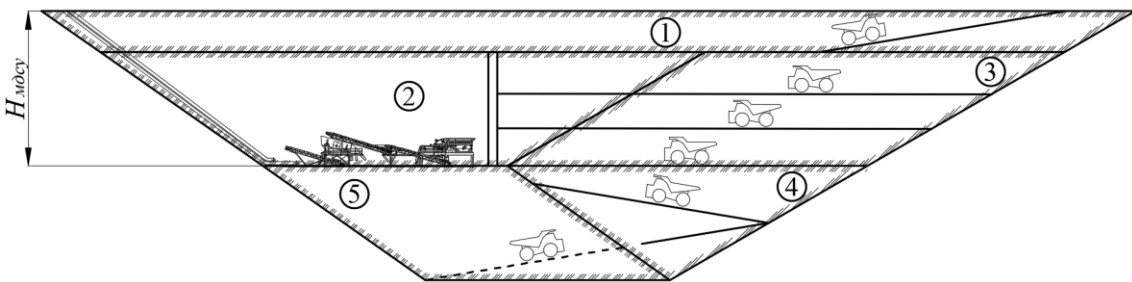


Рисунок 7 – Схема комбінованого автомобільно-конвеєрного транспорту із застосуванням мобільної дробильно-сортувальної установки і породоскатів

Досягається:

- підвищення **продуктивності** з видобутку будівельної сировини;
- зниження **собівартості** готової продукції;
- скорочення **парку автомобільного транспорту**;
- зменшення **викиду** шкідливих газів;
- скорочення **відстані транспортування** корисної копалини;
- суттєве зниження витрат **дизельного палива**.

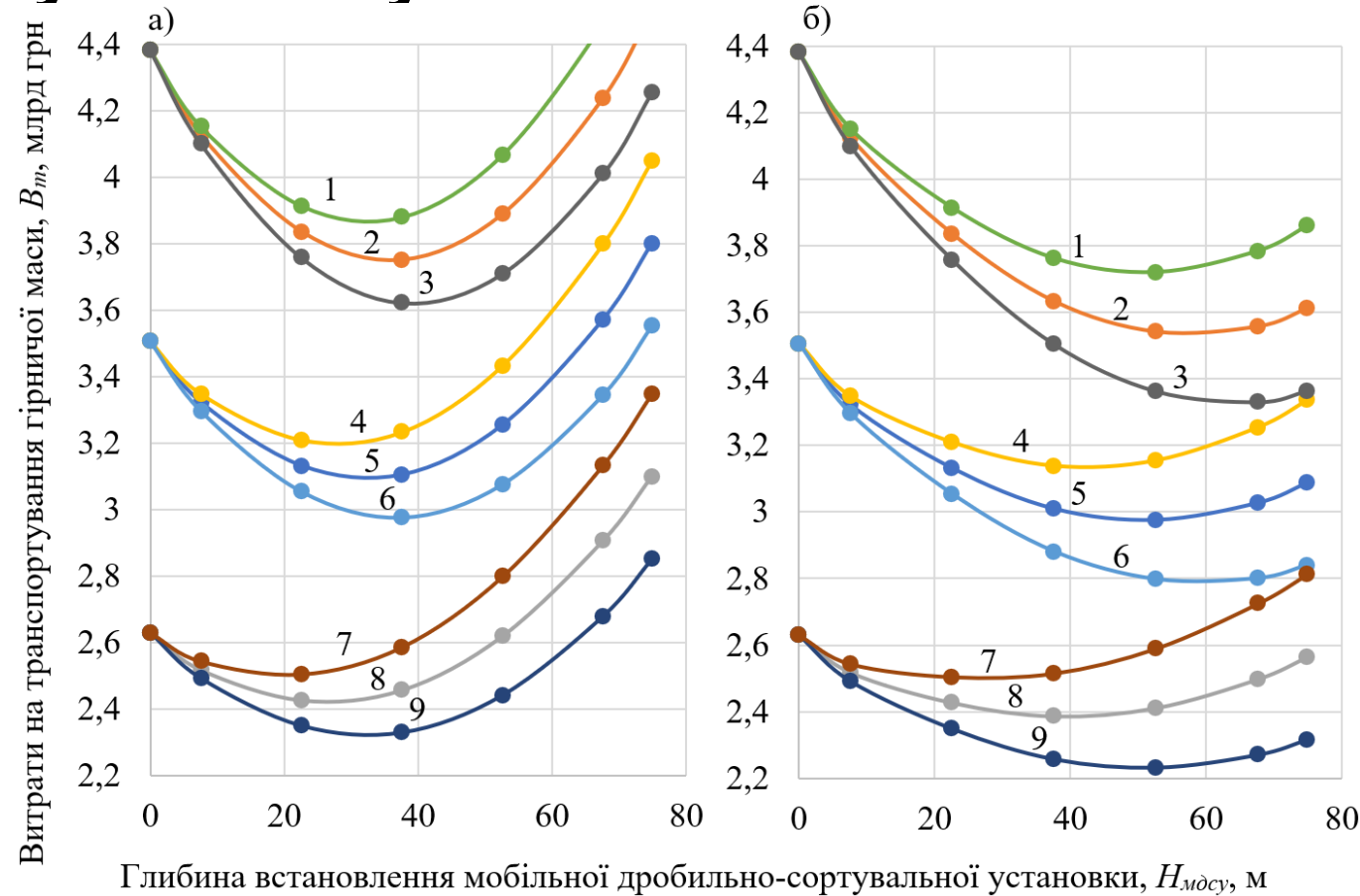


Рисунок 8 – Графік залежності витрат на транспортування гірничої маси (V_t , млрд грн) від глибини встановлення мобільної дробильно-сортувальної установки ($H_{мдсу}$, м): а – для схеми комбінованого автомобільно-конвеєрного транспорту; б – те ж, із застосуванням породоскатів



Встановлення впливу глибини кар'єру на показники циклічно-поточної технології при відпрацюванні нерудних родовищ

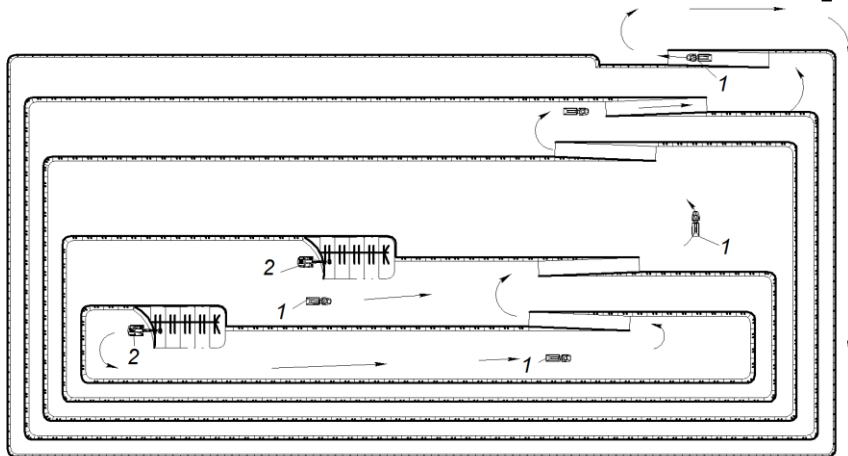


Рисунок 9 – Схема до визначення параметрів транспортної системи розробки нерудного кар'єру з використанням автосамоскидів:
1 – автосамоскид; **2** – екскаватор

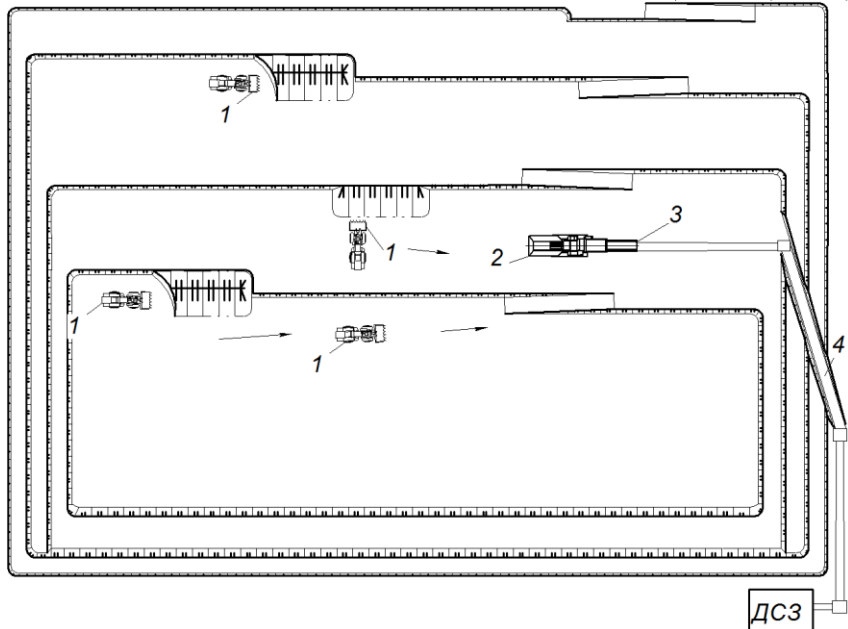


Рисунок 10 – Схема до визначення параметрів транспортної системи розробки нерудного кар'єру з використанням циклічно-поточної технології з мобільною дробаркою:
1 – автосамоскид; **2** – екскаватор; **3** – навантажувач; **4** – мобільна дробарка; **5** – крута траншея

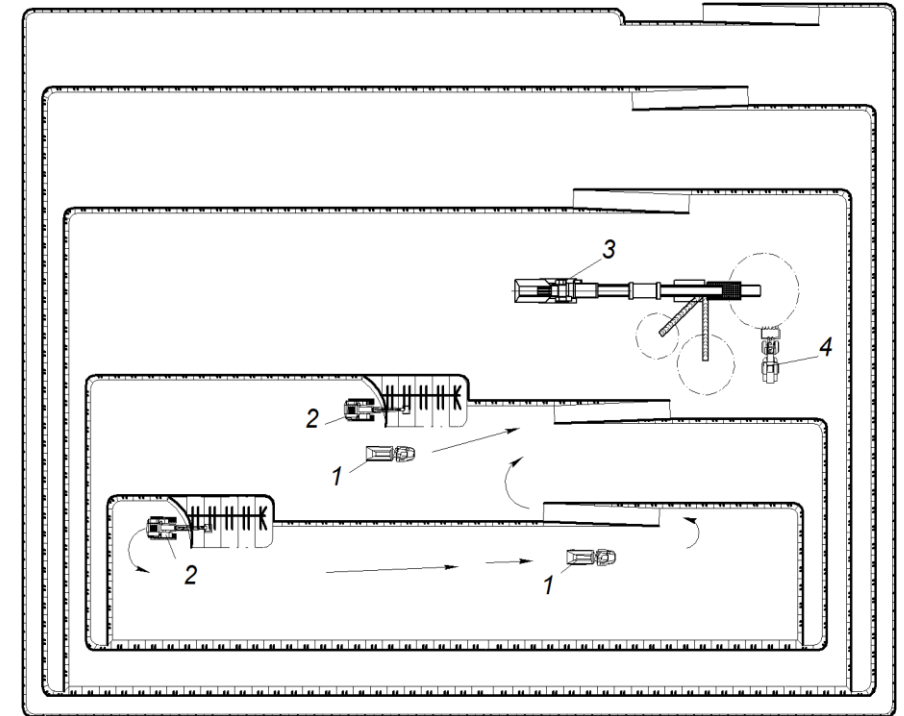


Рисунок 11 – Технологічна схема розробки нерудного кар'єру з переробкою гірничої маси на концентраційному горизонті: **1** – автосамоскид; **2** – екскаватор; **3** – мобільна дробарка; **4** – навантажувач; **5** – мобільна дробильно-сортувальна установка; **6** – крута траншея



Встановлення впливу глибини кар'єру на показники циклічно-поточної технології при відпрацюванні нерудних родовищ

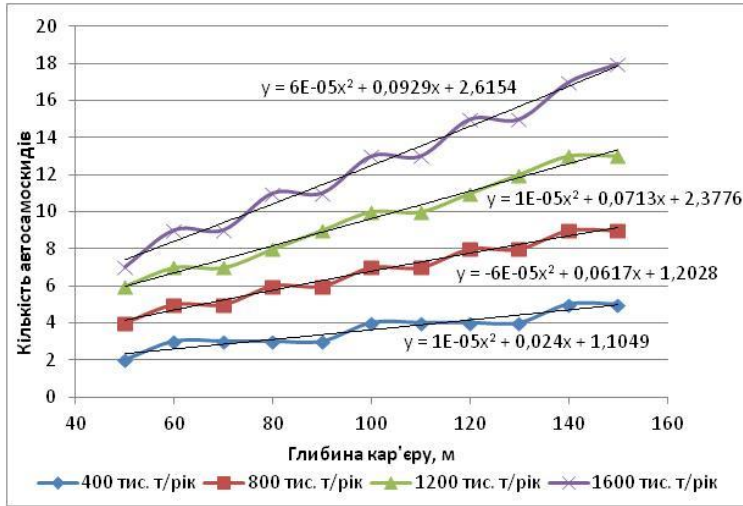


Рисунок 12 – Вплив глибини розробки нерудного кар'єру на кількість автосамоскидів при заданій річній продуктивності підприємства

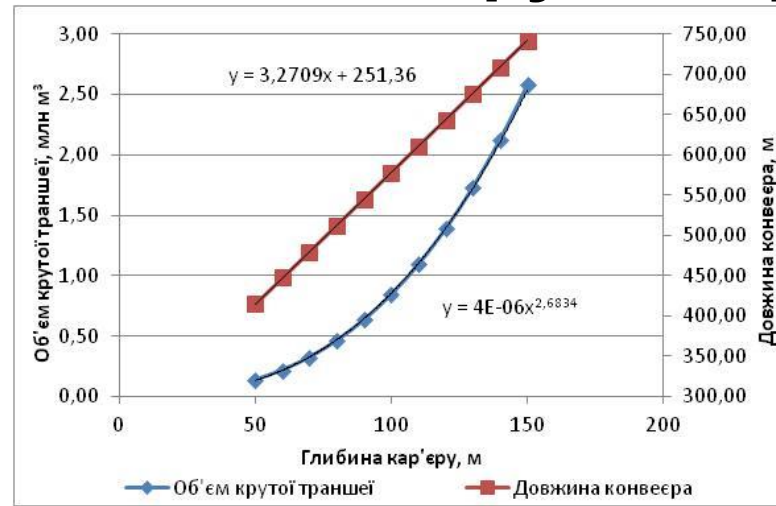


Рисунок 15 – Залежність об'єму крутої траншеї і довжини конвеєрів від глибини нерудного кар'єру при циклічно-поточної технології

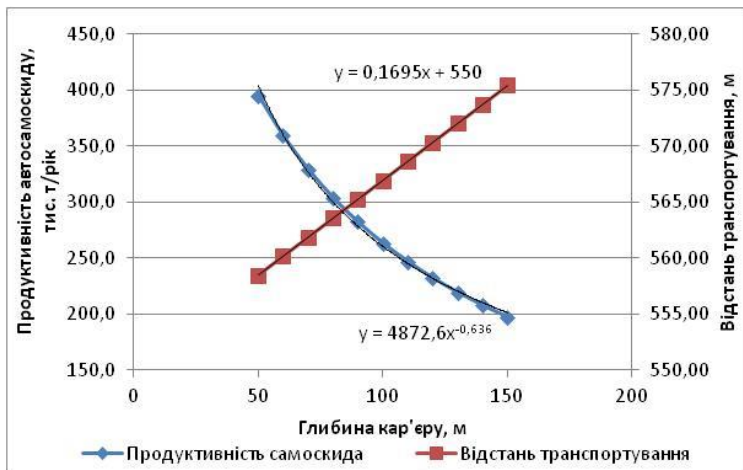


Рисунок 13 – Вплив глибини розробки нерудного кар'єру на продуктивність автосамоскидів при використанні циклічно-поточної технології

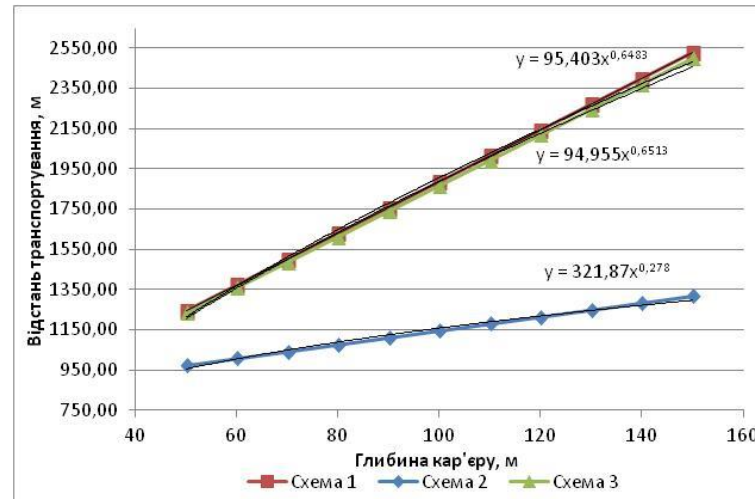


Рисунок 16 – Вплив глибини розробки нерудного родовища на відстань транспортування гірничої маси на поверхню кар'єру

Відповідно до наведених залежностей встановлено, що найбільш ефективним технологічним рішенням є застосування циклічно-поточної технології відпрацювання кар'єру з розташуванням мобільно-дробильного комплексу на концентраційному горизонті, що розташовується на другому уступі від дна кар'єру. Таке рішення дозволяє скоротити загальну відстань транспортування гірничої маси на поверхню кар'єру в **1,9 рази** з 2550 до 1350 м при глибині кар'єру **150 м**, за рахунок чого досягається зменшення кількості автосамоскидів в **2 рази з 18 до 9 одиниць** при продуктивності кар'єру **1600 тис. т**.



Техніко-економічні показники застосування мобільних дробильно-сортувальних установок на гранітних кар'єрах

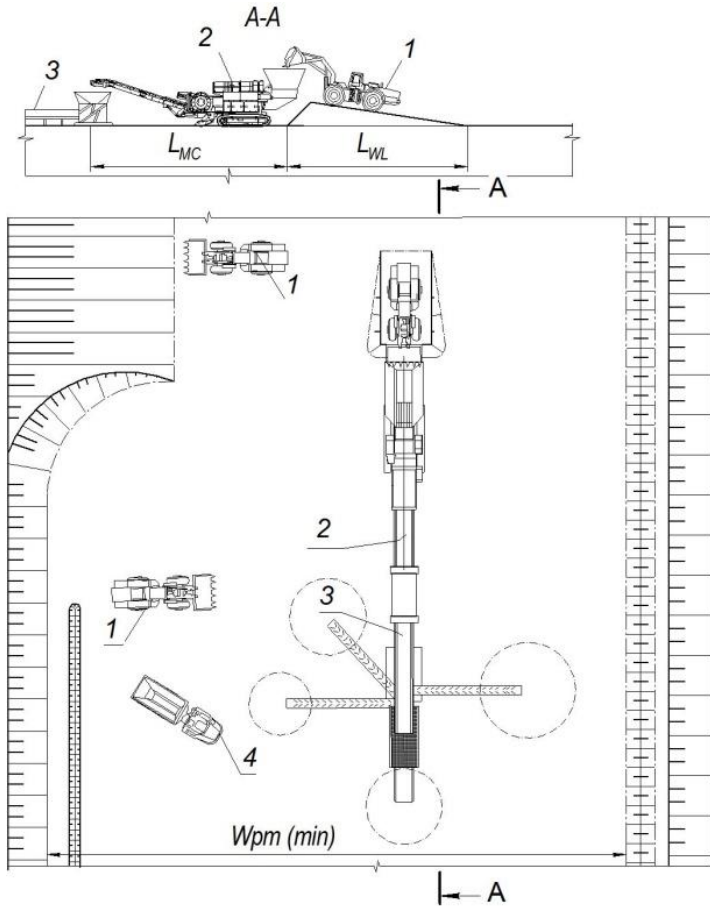


Рисунок 17 – Схема розташування мобільного дробильно-сортувального комплексу на концентраційному горизонті в кар'єрі: **1** – колісний навантажувач; **2** – мобільна дробарка; **3** – МДСУ; **4** – автосамоскид

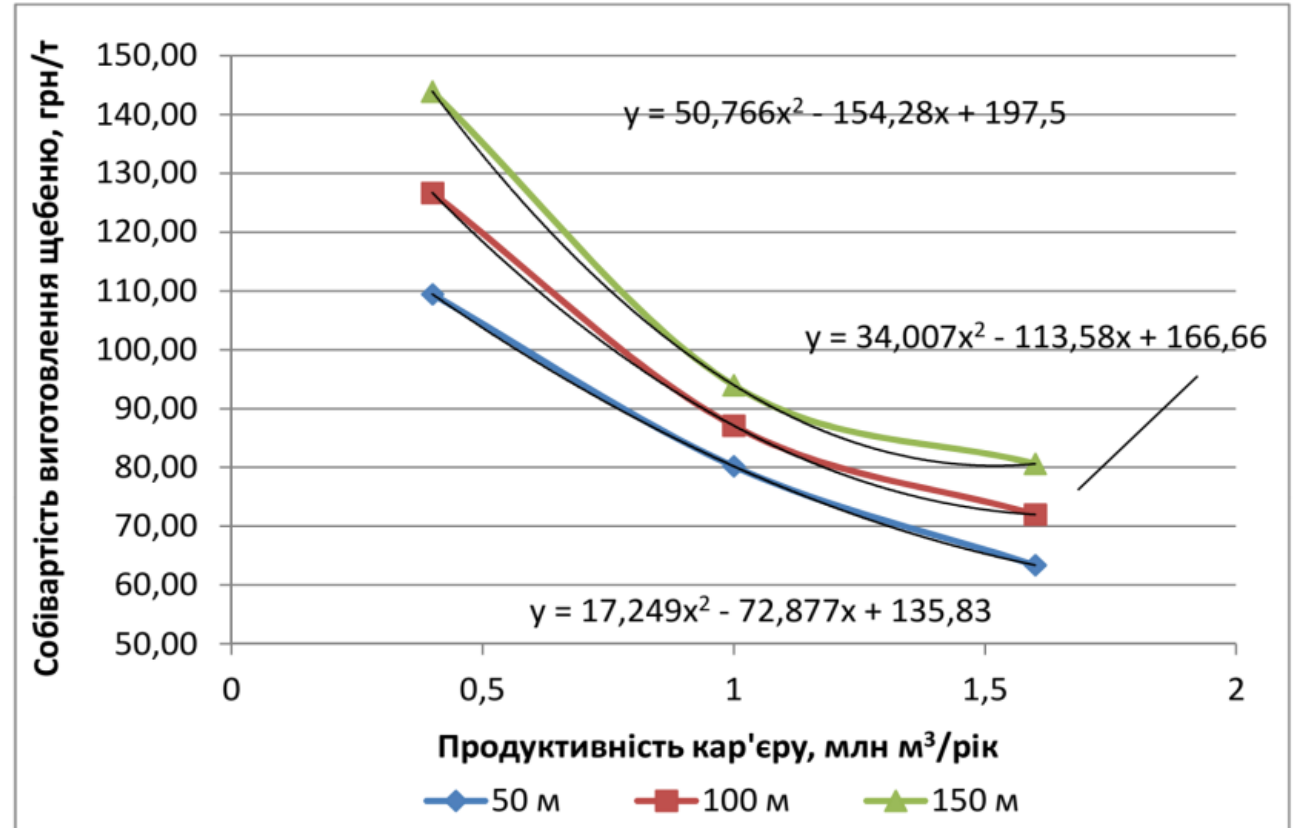


Рисунок 18 – Залежність собівартості виготовлення щебеневої продукції від річної продуктивності кар'єру при використанні мобільної дробильно-сортувальної установки на концентраційному горизонті кар'єру: **50, 100, 150** – глибина кар'єру



Обґрунтування ефективної технологічної схеми розробки гранітного кар'єру з застосуванням гравітаційного транспорту

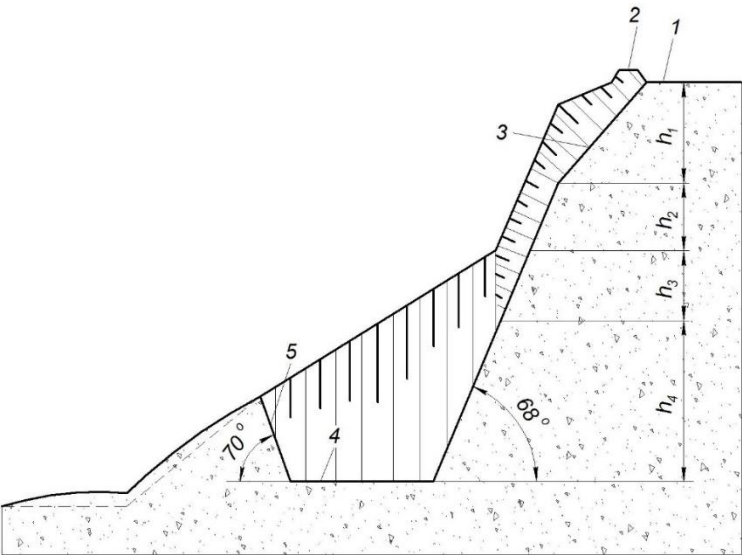


Рисунок 19 – Профіль без бункерного породоскату:

- 1 – верхній розвантажувальний майданчик;
- 2 – запобіжний борт; 3 – похила частина породоскату;
- 4 – нижній приймальний майданчик; 5 – захисний цілик

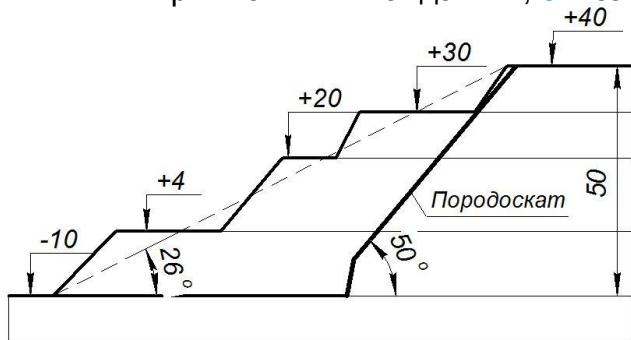


Рисунок 20 – Профіль борта кар'єру з породоскатом

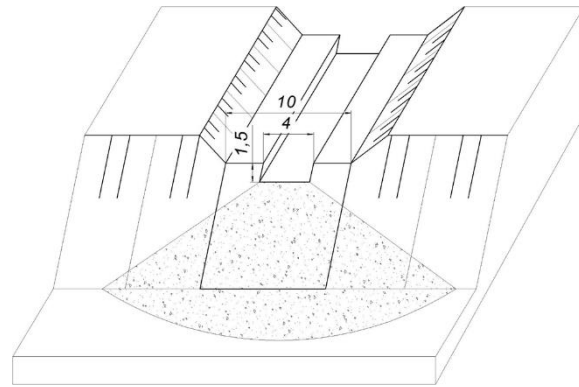


Рисунок 21 – Конструкція жолоба породоската

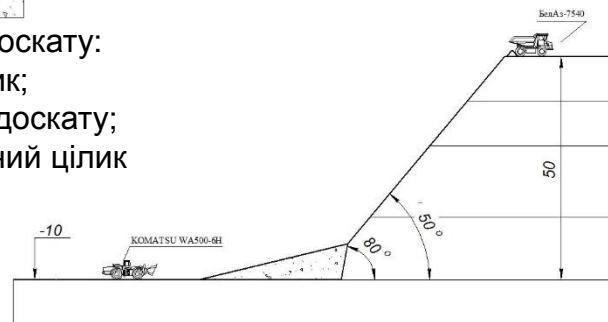


Рисунок 22 – Конструктивна схема породоскату

Застосування **породоскатів** в схемах комбінованого автомобільно-конвеєрного транспорту із застосуванням мобільної дробильно-сортувальної установки дозволить не тільки суттєво скоротити відстань транспортування будівельної сировини автосамоскидами, а і – за рахунок тертя поверхні породоскату і гірничої маси, відокремити її дрібну фракцію, завдяки чому зменшити навантаження на механізми мобільної дробильно-сортувальної установки, що збільшить термін її експлуатації і підвищить якість будівельної сировини.

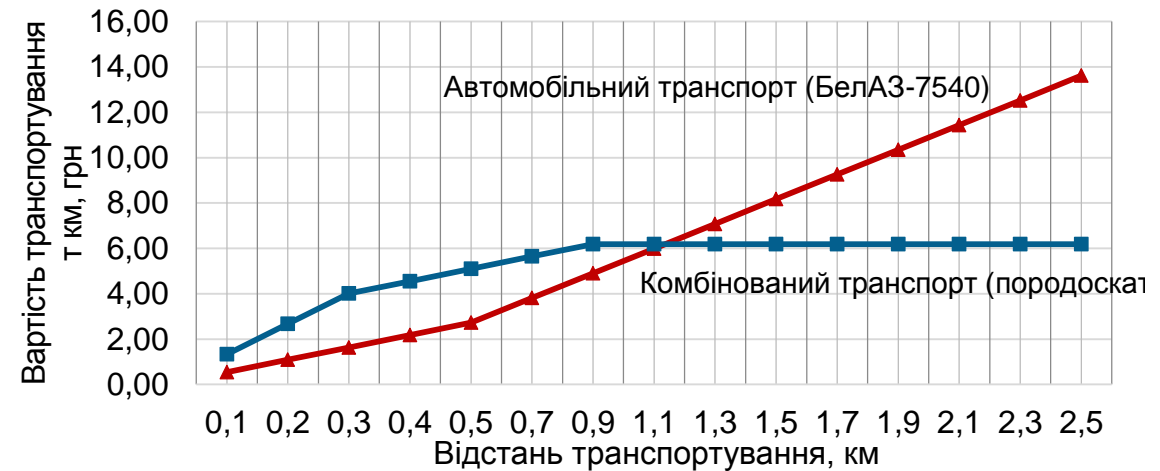


Рисунок 23 – Залежність вартості транспортування 1 т корисної копалини від відстані транспортування

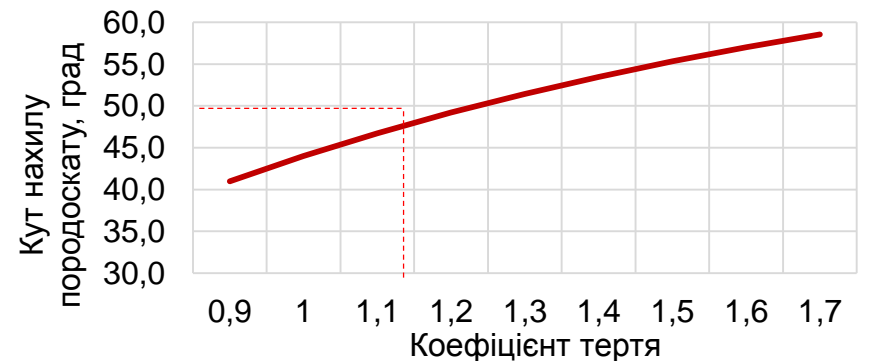


Рисунок 24 – Залежність кута нахилу породоскату від коефіцієнту тертя



Екобезпечний спосіб відкритої розробки родовищ

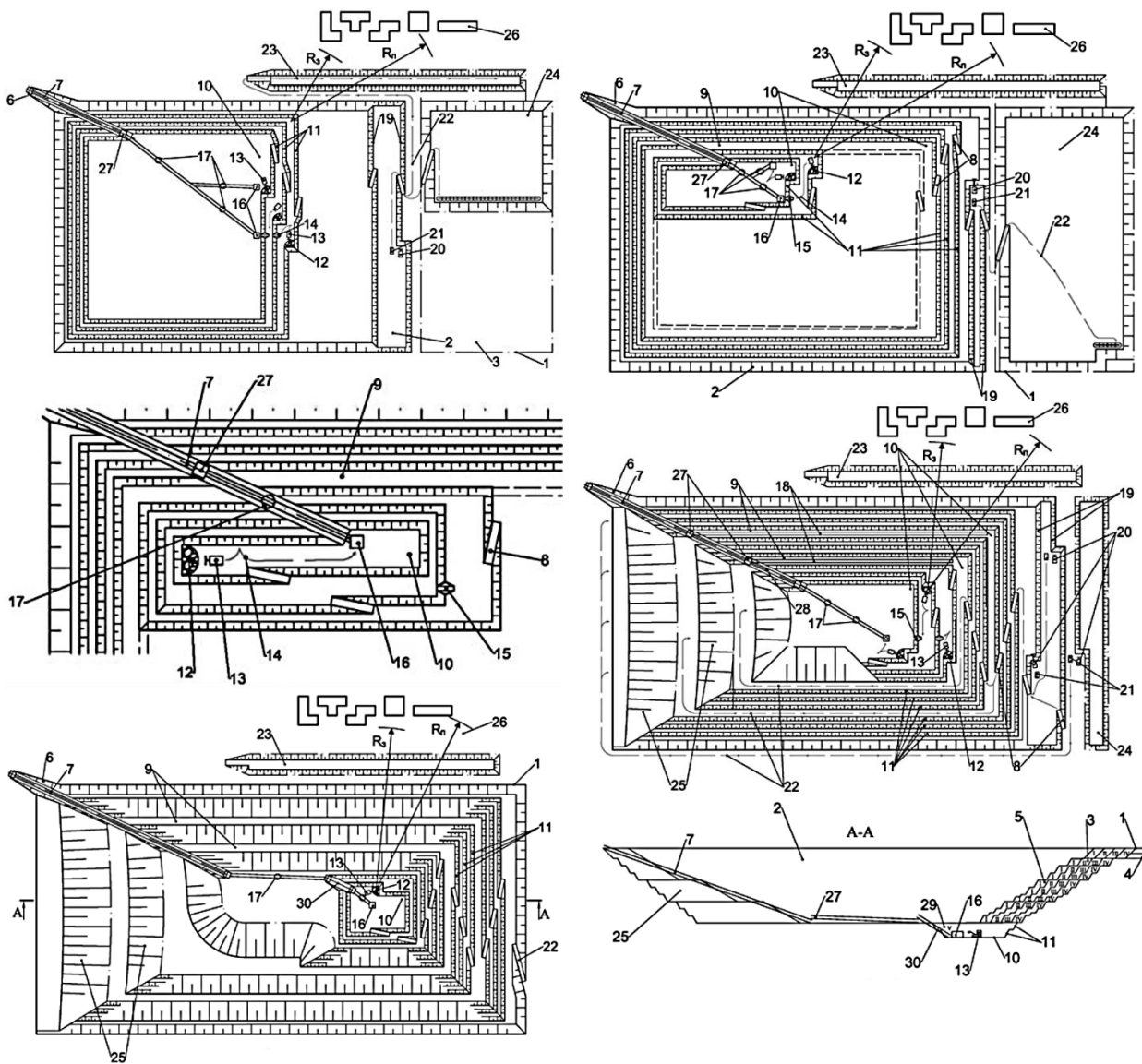


Рисунок 25 – Спосіб відкритої розробки родовищ
(Патент на винахід № 126011)

I, II, III, IV – етапи відпрацювання кар'єрного поля в межах контурів другорядного кар'єра; R_3, R_n – радіус відповідно зменшених та нормативної (повної) санітарно-захисної зони в напрямку житлової забудови та споруд культурно-побутового призначення; **V** – етап відпрацювання дорозвіданих і поставлених на облік додаткових запасів корисної копалини; **1** – контур кар'єрного поля по поверхні; **2** – початковий кар'єр; **3** – другорядний кар'єр; **4** – горизонтальні шари з виймання гірських порід; **5** – круті шари з виймання гірських порід; **6** – розкривна крута траншея; **7** – стрічковий підймальний конвеєр; **8** – напівтраншеї-з'їзди; **9** – транспортні берми на бортах кар'єрів; **10** – майданчики концентраційних горизонтів; **11** – видобувні уступи; **12** – вибої видобувних уступів; **13** – фронтальний пневмоколісний навантажувач; **14** – шляховий напрямок транспортування корисної копалини; **15** – породоскат; **16** – самохідний дробильний агрегат; **17** – самохідно-пересувний стрічковий конвеєрний перевантажувач; **18** – стрічковий конвеєр транспортної берми, що нарощується; **19** – уступи розкривних порід; **20** – екскаватор; **21** – автосамоскид; **22** – маршрути перевезення порід розкриву; **23** – приконтурний протягнутий захисний відвал; **24** – приконтурний нарощений відвал; **25** – внутрішній відвал; **26** – захищаємі об'єкти і споруди житлової та суспільно-культурної сфери; **27** – приймальний бункер підймального конвеєра; **28** – нижня ділянка підймального конвеєра, яка підлягає демонтажу та нарощуванню; **29** – додаткові запаси взятої на облік дорозвіданої ділянки другорядного кар'єру; **30** – ділянка розкривної траншеї, що проходиться в нижній частині кар'єру.



Екобезпечний спосіб відкритої розробки родовищ (продовження)

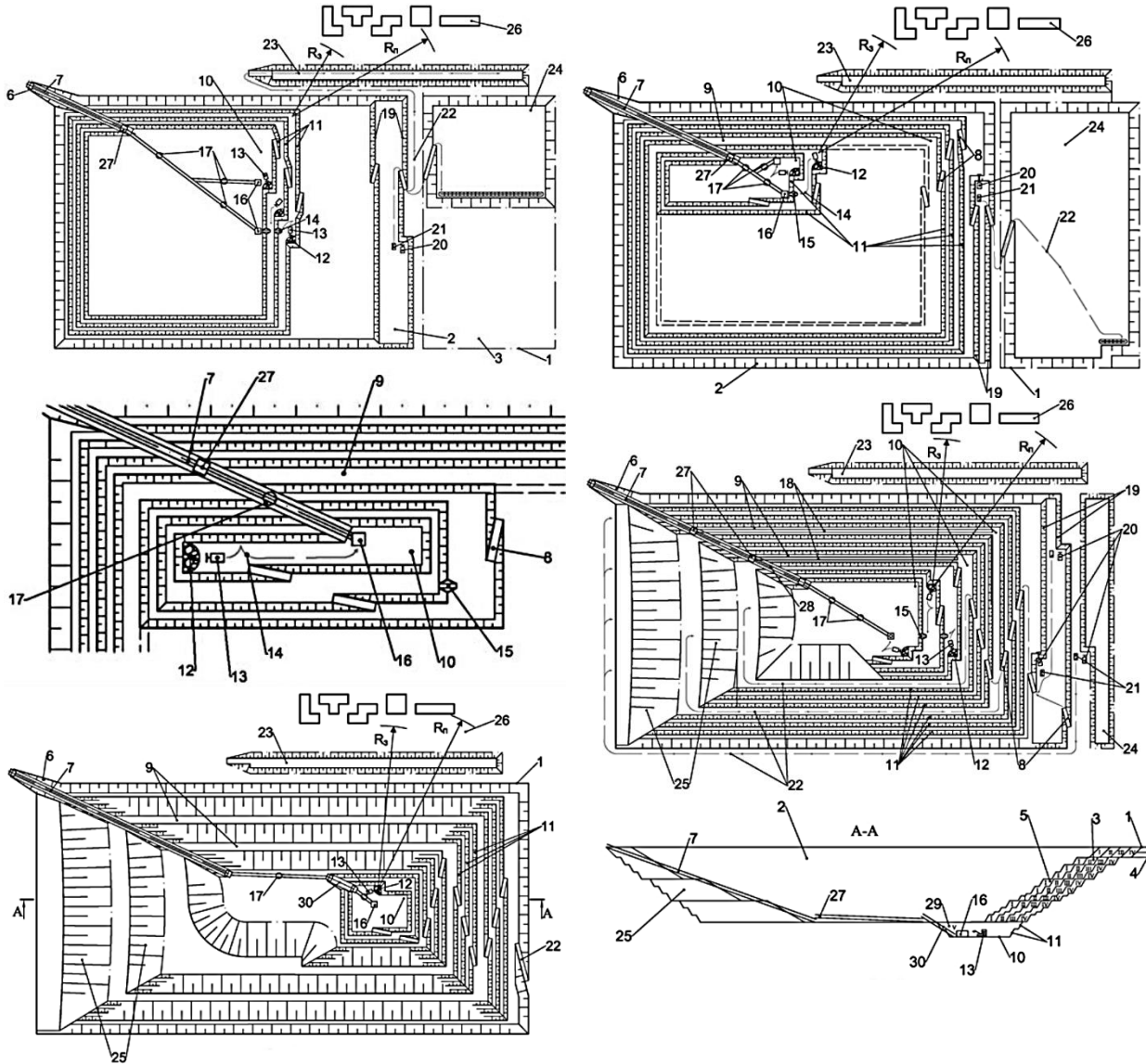


Рисунок 25 – Спосіб відкритої розробки родовищ
(Патент на винахід № 126011)

Досягається:

- підвищення продуктивності кар'єру і продуктивності праці людей в **1,5–1,6 разів** (за рахунок використання конвеєрного транспорту замість автомобільного);
- зниження собівартості виробництва готової продукції (щебеню, піску з кам'яного природно-мінерального матеріалу, бута) на **20–22 %** за рахунок внутрішньокар'єрних перевозок порід конвеєрним транспортом;
- виключення застосування в кар'єрі екологічно шкідливого автомобільного транспорту, що забезпечує досягнення нормативних концентрацій шкідливих газових викидів на відстанях **400–600 м** від кар'єру;
- скорочення ширини транспортних берм в кар'єрі, що забезпечує зменшення на **1,8–3 %** втрат корисної копалини в бортах кар'єра; скорочення відстані транспортування корисної копалини на робочих горизонтах колісним транспортом на **0,8–1,0 км**, що дозволяє зекономити дизельне паливо на **9–11 %** і зменшити шкідливі викиди газоподібних речовин в атмосферу;
- скорочення санітарно-захисної зони на кар'єрах від **1500 м** до **400–500 м**, що створить можливість введення в розробку до **10–15 млн м³** додаткових запасів корисної копалини на нерудних кар'єрах з потужністю від 600 до 1200 тис. м³/рік без відчуження для цього родючих земель.



Схема розвантаження автосамоскидів із наскрізним проїздом з метою землезбереження на глибоких кар'єрах

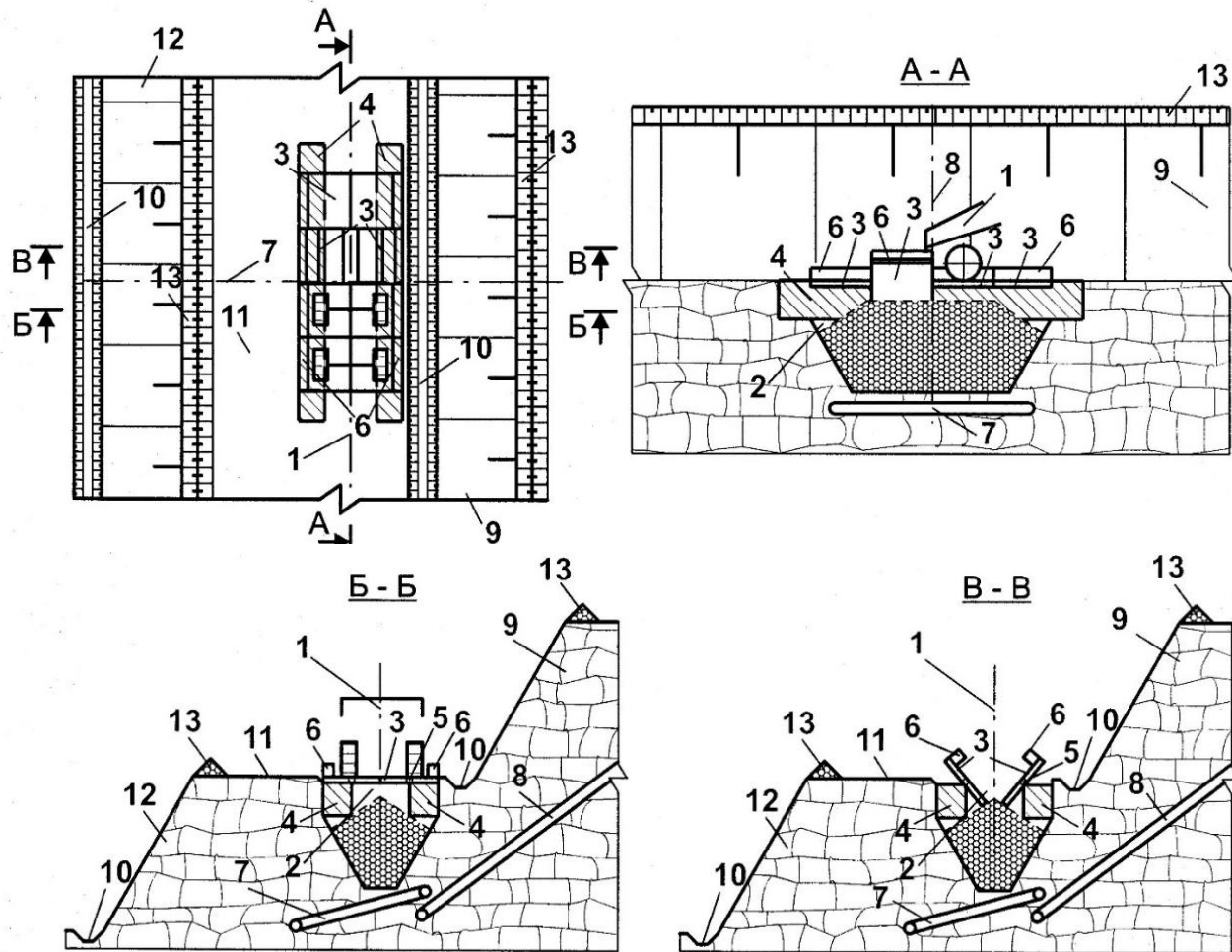


Рисунок 26 – Пристрій для розвантаження скельних порід у накопичувальний бункер із наскрізним проїздом автосамоскидів

Досягається:

- Зменшення загальних витрат на транспортування гірничої маси за рахунок **скорочення витрат на гірничо-капітальні роботи**.
- Зменшення ширини перевантажувального горизонту на **23,2–49,3 м**, ніж при тупиковому розвороті, що дозволяє використовувати наявні транспортні комунікації для спорудження нового перевантажувального пункту.
- Схеми із наскрізним проїздом автосамоскидів при розвантаженні **не передбачають** потребу в додаткових транспортних ціликах і не потребують додаткового розносу бортів.
- Можлива **розконсервація запасів** корисної копалини під ціликами перевантажувальних пунктів.
- Скоротити споживання дизельного палива автосамоскидами на **100–200 тис. л/р**;
- Зберегти від порушення гірничими роботами **5–13 га** земель.



Транспортування будівельної сировини річковим транспортом

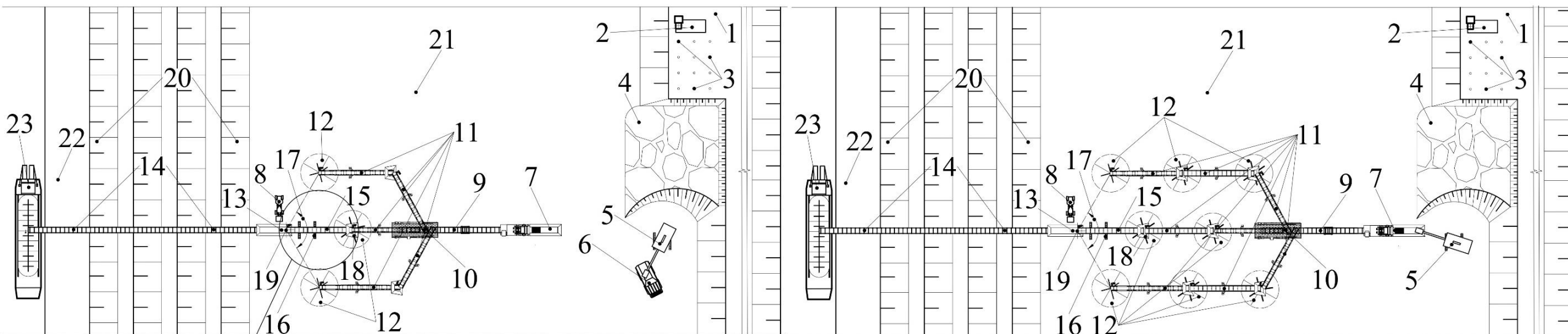


Рисунок 27 – Спосіб транспортування будівельної сировини

1 – масив нерудної корисної копалини; 2 – буровий верстат; 3 – свердловини; 4 – розпушена вибухом гірнича маса; 5 – екскаватор; 6 – автосамоскид; 7 – дробарка; 8 – колісний навантажувач; 9 – стрічковий конвеєр для подачі дробленої породи на грохот; 10 – грохот; 11 – стрічковий конвеєр готової продукції; 12 – конусні штабелі готової продукції; 13 – бункер-навантажувач магістрального конвеєра; 14 – магістральний конвеєр; 15 – перевантажувач готової продукції; 16 – ходова частина перевантажувача готової продукції; 17 – траєкторія руху ходової частини перевантажувача готової продукції; 18 – лоток перевантажувача готової продукції; 19 – точка віялового зміщення перевантажувача готової продукції; 20 – неробочий борт кар'єру; 21 – концентраційний горизонт; 22 – земна поверхня навколо кар'єру; 23 – річковий транспорт.

Досягається:

- Скорочення відстані транспортування готової продукції колісними навантажувачами на **20–100 м** (і більше);
- Зменшення часу циклу навантаження готової продукції колісними навантажувачами на **30 %**; збільшення швидкості завантаження річкового транспорту на **40–110 т/г** за рахунок роботи перевантажувача готової продукції, що становить близько **2–11 %** від загальної швидкості навантаження;
- Зменшення часу навантаження баржі на час **від 30 до 96 хв** залежно від вантажності баржі, за рахунок **спільної роботи** колісного навантажувача і перевантажувача готової продукції, а також **близького розташування** конусних штабелів готової продукції до бункера-перевантажувача магістрального конвеєра;
- скорочення об'єму складу готової продукції до **320 м³** і зменшення його площі на величину до **170 м²**.

Обґрунтування раціональних параметрів ускладненої безтранспортної системи розробки вогнетривких глин

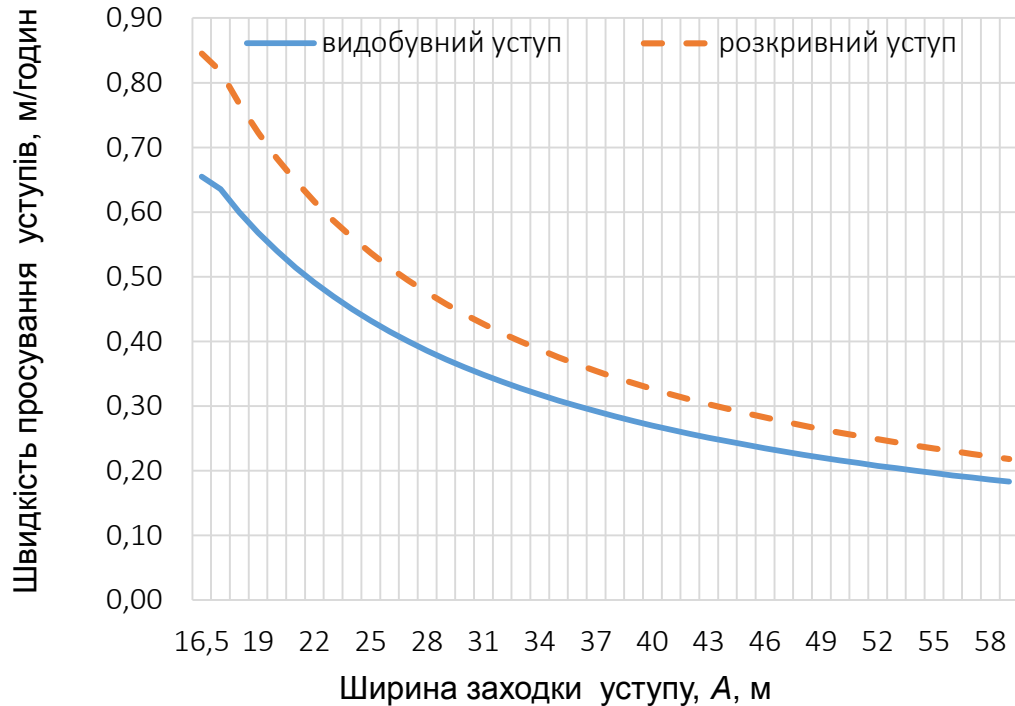


Рисунок 28 – Залежність швидкості відпрацювання уступів при змінній ширині заходки

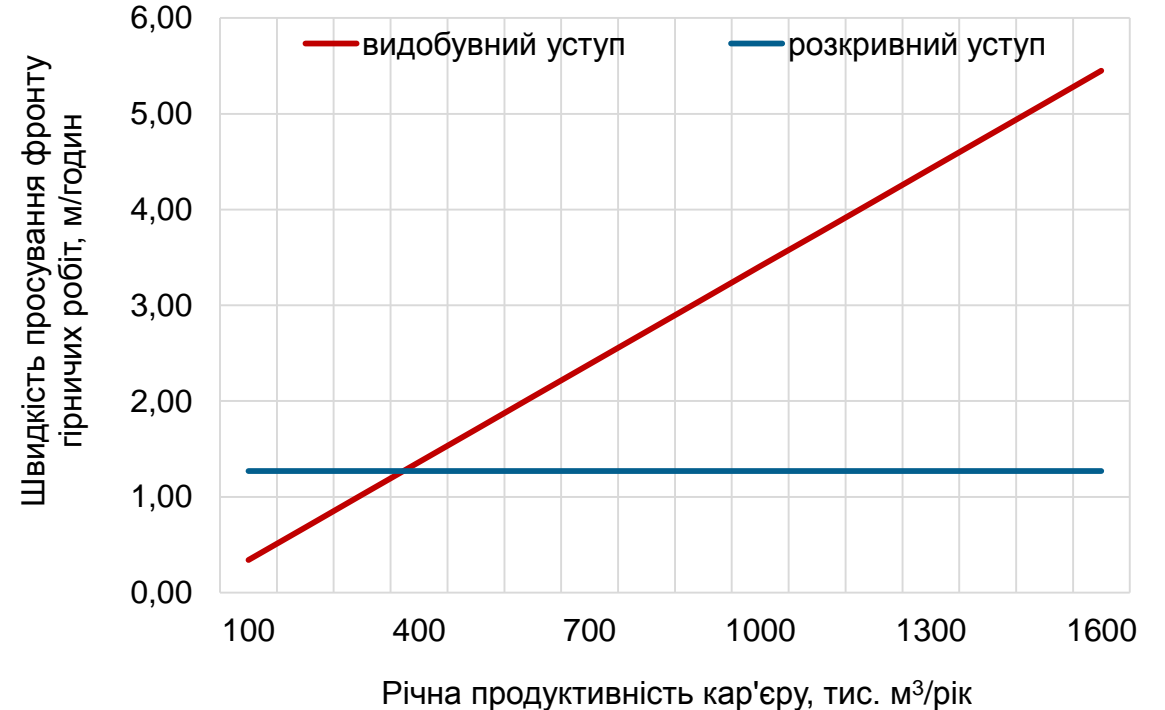


Рисунок 29 – Залежність швидкості руху уступів при змінній продуктивності кар'єру

З огляду на необхідність підвищення продуктивності з видобутку глини у повоєнний період, був встановлений потенціал достатніх темпів розроблення розкривних порід з урахуванням запропонованої ускладненої безтранспортної системи розробки. Швидкість просування фронту розкриву при запропонованій системі розробки буде більшою ніж швидкість просування фронту видобутку. Також застосування даної системи розробки можливо без зміни комплексів гірничого обладнання при збільшенні продуктивності кар'єру до **400 тис. м³/рік**, що в **1,8 рази** більше за проектну,



Обґрунтування раціональних параметрів ускладненої безтранспортної системи розробки вогнетривких глин

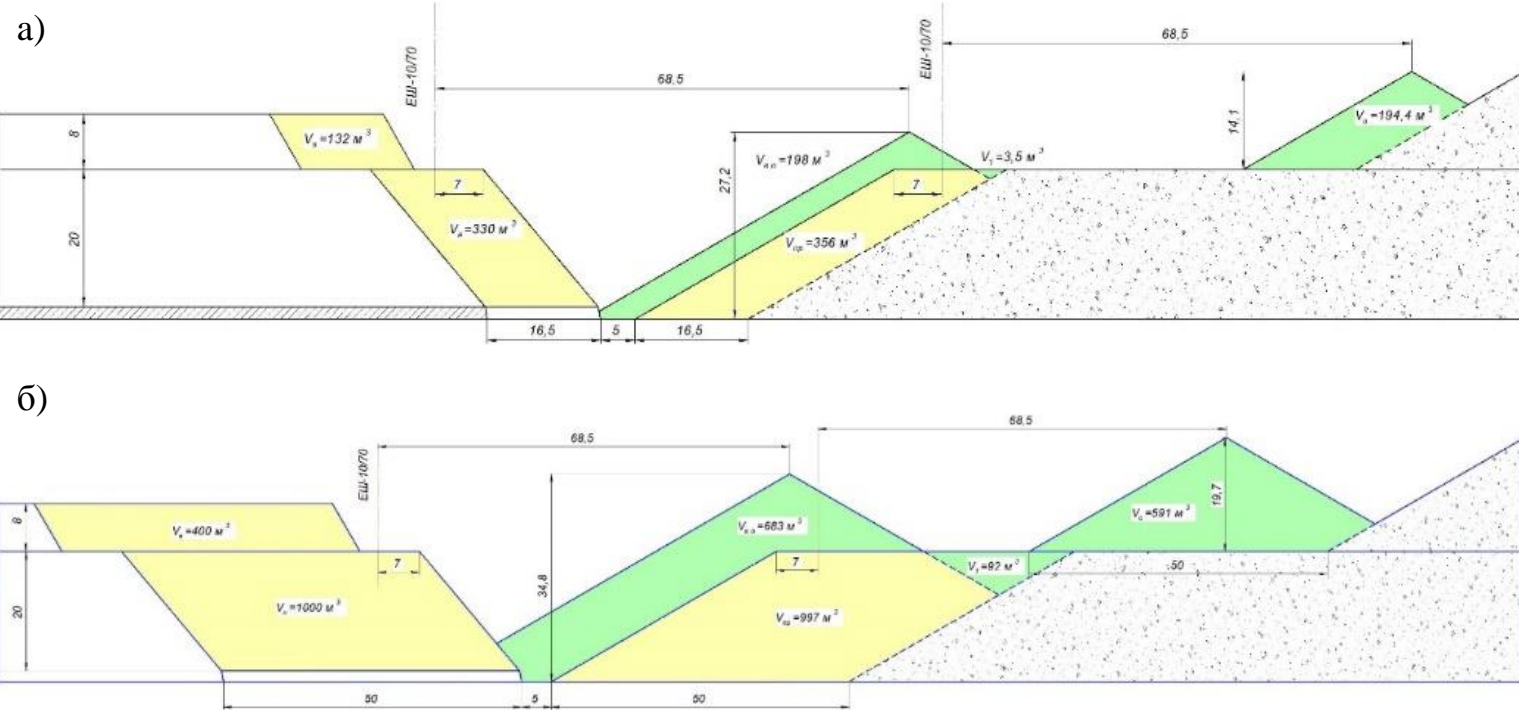


Рисунок 30 – Технологічні схеми розкриття при ускладненій системі розробки з верхнім і нижнім черпанням драглайна. а – $A = 16,5 \text{ м}$; б – $A = 50 \text{ м}$

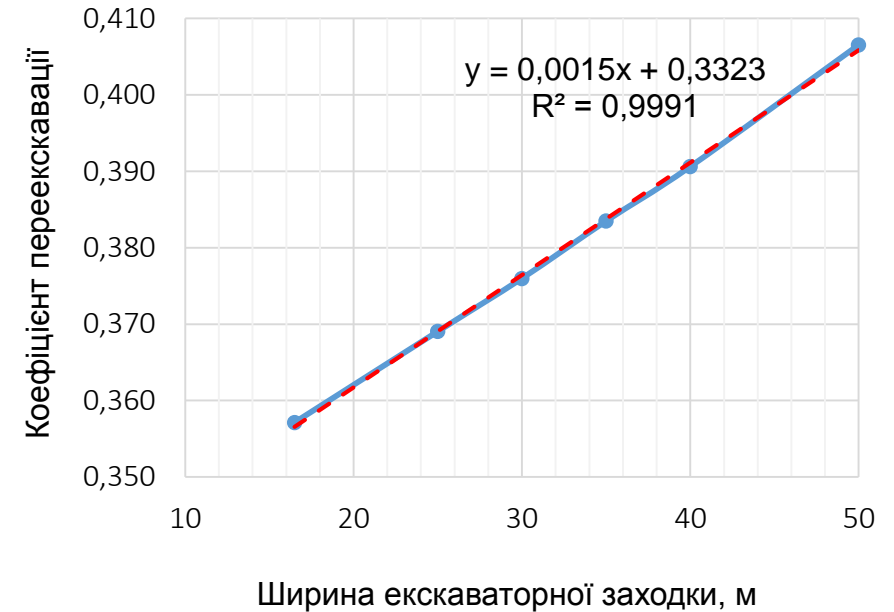


Рисунок 31 – Залежність коефіцієнта переекскавації при змінній ширині заходки

Мінімальний коефіцієнт переекскавації досягається при мінімальній ширині заходки, однак значення коефіцієнта переекскавації збільшується не суттєво на 6 % при збільшенні ширини заходки до максимального значення. Тому раціональним значенням ширини заходки $A = 30 \text{ м}$, так як при цьому значенні ширини заходки досягається найбільше використання екскаватора у часі, та забезпечуються максимальний огляд вибою машиністом екскаватора.



Методика визначення фактичних параметрів кутів повороту стріли драглайну ЕШ 10/70 в умовах ускладненої безтранспортної системи розробки

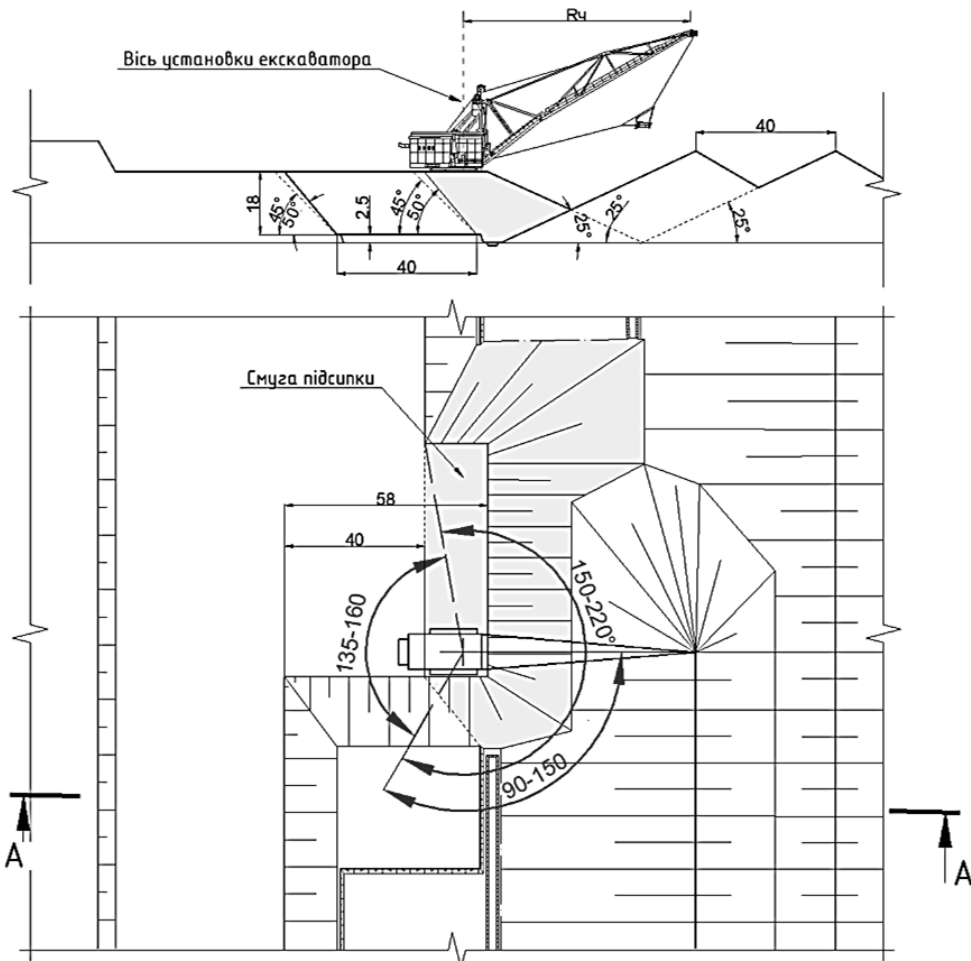


Рисунок 32 – Безтранспортна ускладнена схема з утворенням смуги підсипки на рівні робочого майданчика



Рисунок 33 – Приклад отриманих даних приладів GPS за робочу зміну екскаватора у різних положеннях

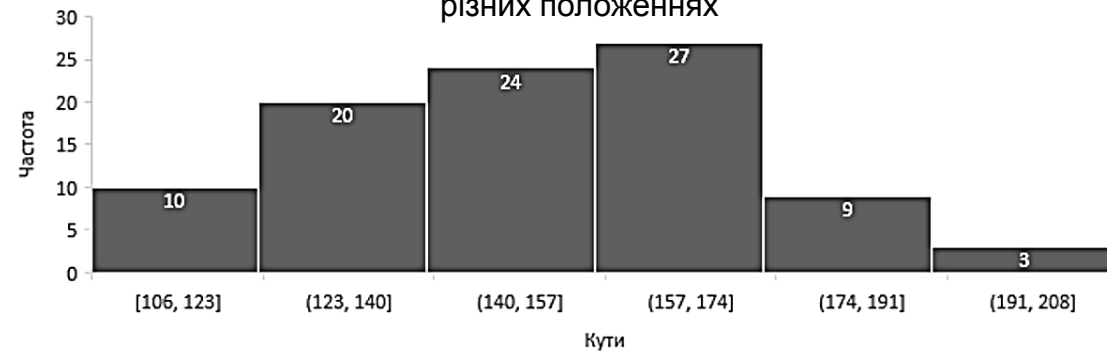


Рисунок 34 – Частота використання кутів при розробці Андріївського родовища за новою схемою відпрацювання уступу драглайном ЕШ 10/70



Обґрунтування раціонального місця розташування драглайна при транспортній системі розробці вогнетривких глин

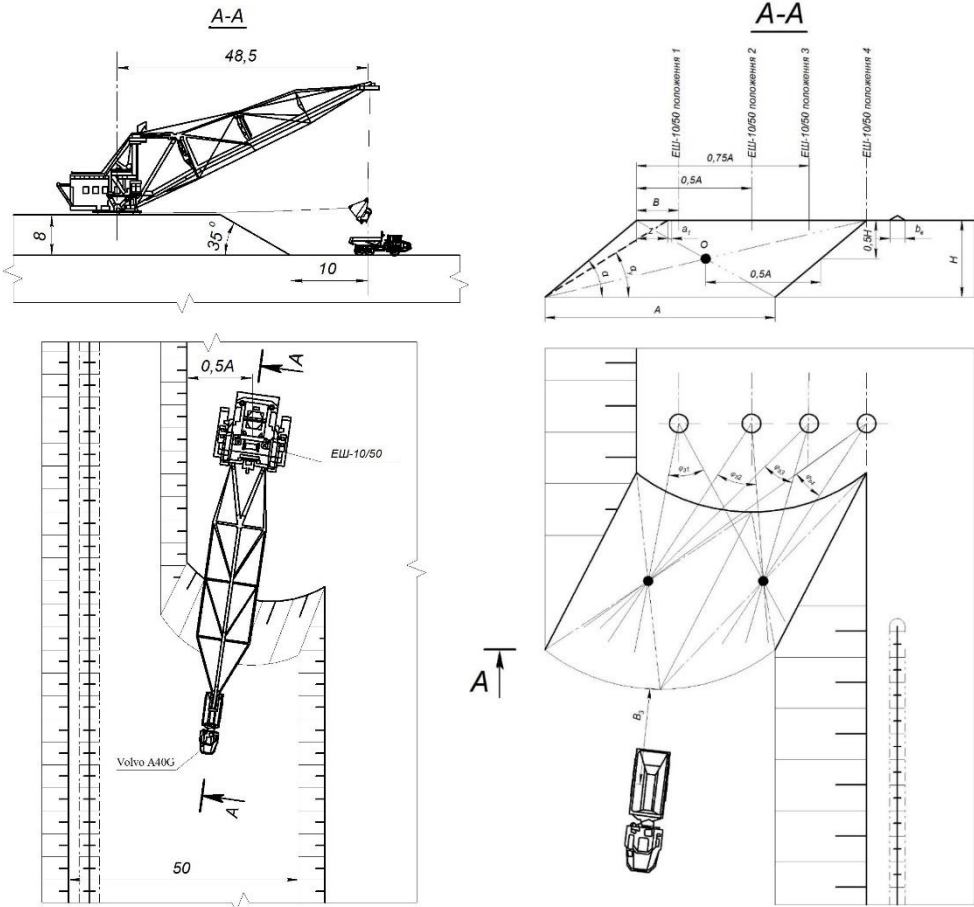


Рисунок 35 – Технологічна схема роботи екскаватора ЕШ-10/50

Рисунок 36 – Паспорт роботи ЕШ-10/50 нижнім черпанням з розвантаженням в автосамоскид, з різним положенням драглайна у вибої

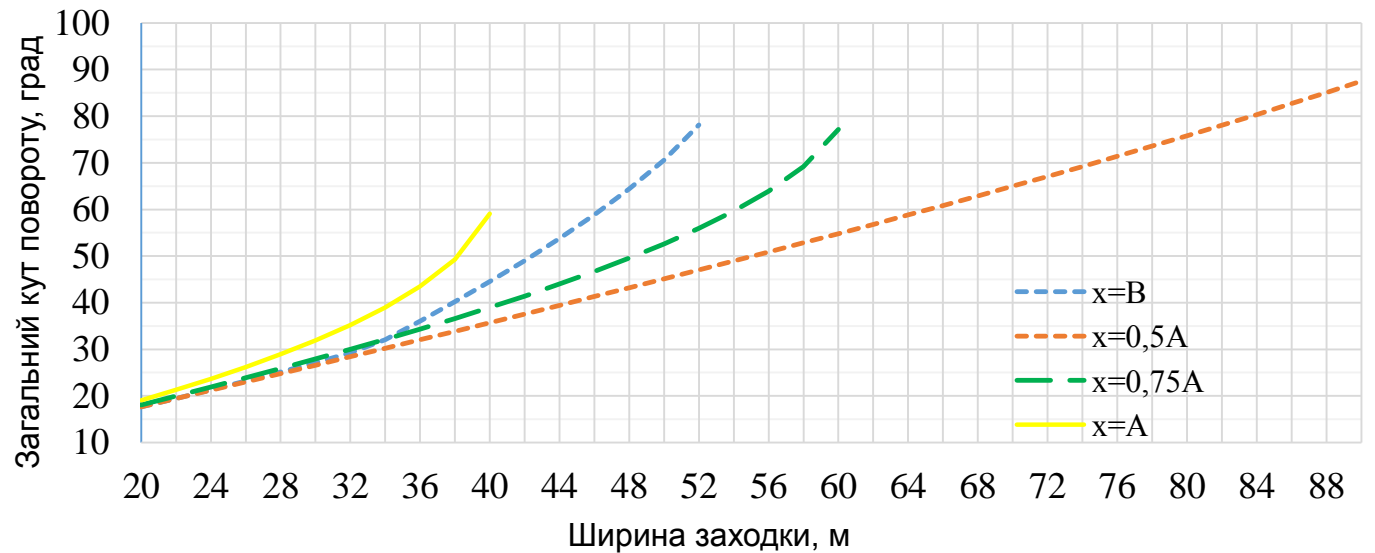


Рисунок 37 – Залежність загального кута повороту від ширини заходки

Встановлено:

- при встановленні екскаватора на різній відстані від верхньої бровки уступу, буде змінюватися значення максимально можливої ширини заходки при кожному положенні. Звідси при розташуванні екскаватора на відстані **0,5A** від верхньої бровки уступу можливе найбільше значення $A_{max2} = 90$ м. Відповідно при встановленні драглайна в положенні **1, 3 та 4** максимальне значення ширини заходки склали $A_{max1} = 54$ м, $A_{max1} = 60$ м та $A_{max4} = 40$ м. Ці значення обумовлені максимальним радіусом черпання драглайна та безпечною зоною поблизу верхньої бровки уступу;
- для ширини заходки **A = 20÷32 м** положення екскаватора в вибої практично не впливає на загальний кут повороту. Однак зі збільшенням ширини вибою мінімальний кут повороту досягається при розташуванні драглайна на відстані **0,5A** від верхньої бровки. Це положення також доцільне для створення однорідної форми вибою і забезпечення максимального обзору вибою під час роботи оператора. Крім того, таке положення дає змогу екскаватору драглайна працювати з шириною заходки до **90 м**, що більше, ніж в інших положеннях.

Землезберігаючі схеми видобутку родовищ вогнетривкої глини

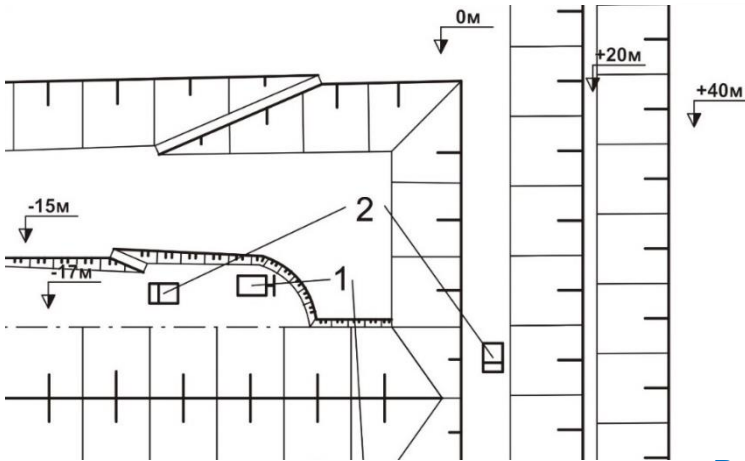


Рисунок 38 – Існуюча технологічна схема транспортування корисних копалин (схема 1): 1 – екскаватор Volvo EC460; 2 – автосамоскид Volvo F35

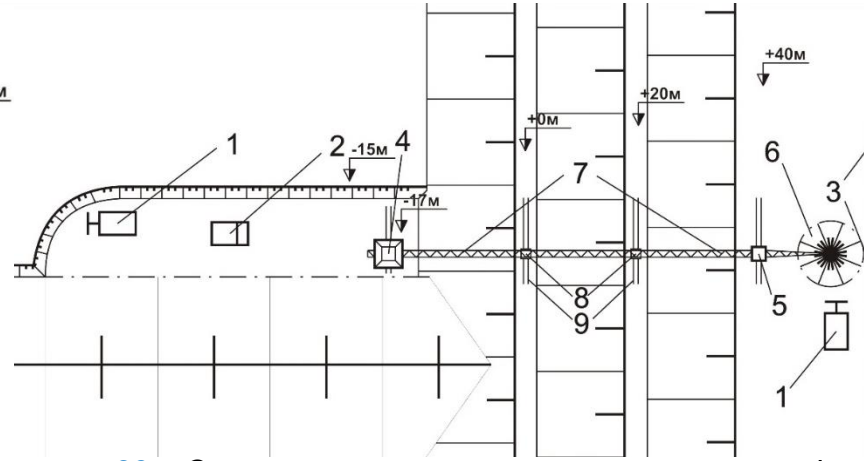


Рисунок 39 – Схема транспортування корисних копалин із застосуванням крутопохилого конвеєра (схема 2): 1 – екскаватор Volvo EC460; 2 – автосамоскид Volvo F35; 3 – земна поверхня; 4 – бункер-живильник; 5 – бункер-приймач; 6 – борт корисної копалини; 7 – крутопохилий конвеєр; 8 – рухомі опори; 9 – рейковий шлях

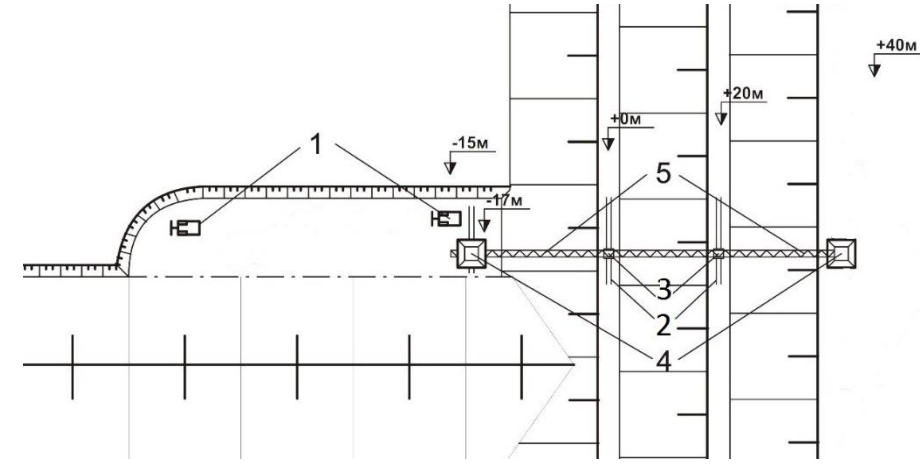


Рисунок 40 – Схема транспортування корисних копалин із застосуванням крутопохилого конвеєра (схема 3): 1 – колісний навантажувач Caterpillar 988 H; 2 – рейковий шлях; 3 – рухомі опори; 4 – бункер-живильник; 5 – крутопохилий конвеєр



Рисунок 41 – Графік зміни собівартості транспортування 1 м³ глини в залежності від виробничої потужності кар'єру для роботи за різними схемами

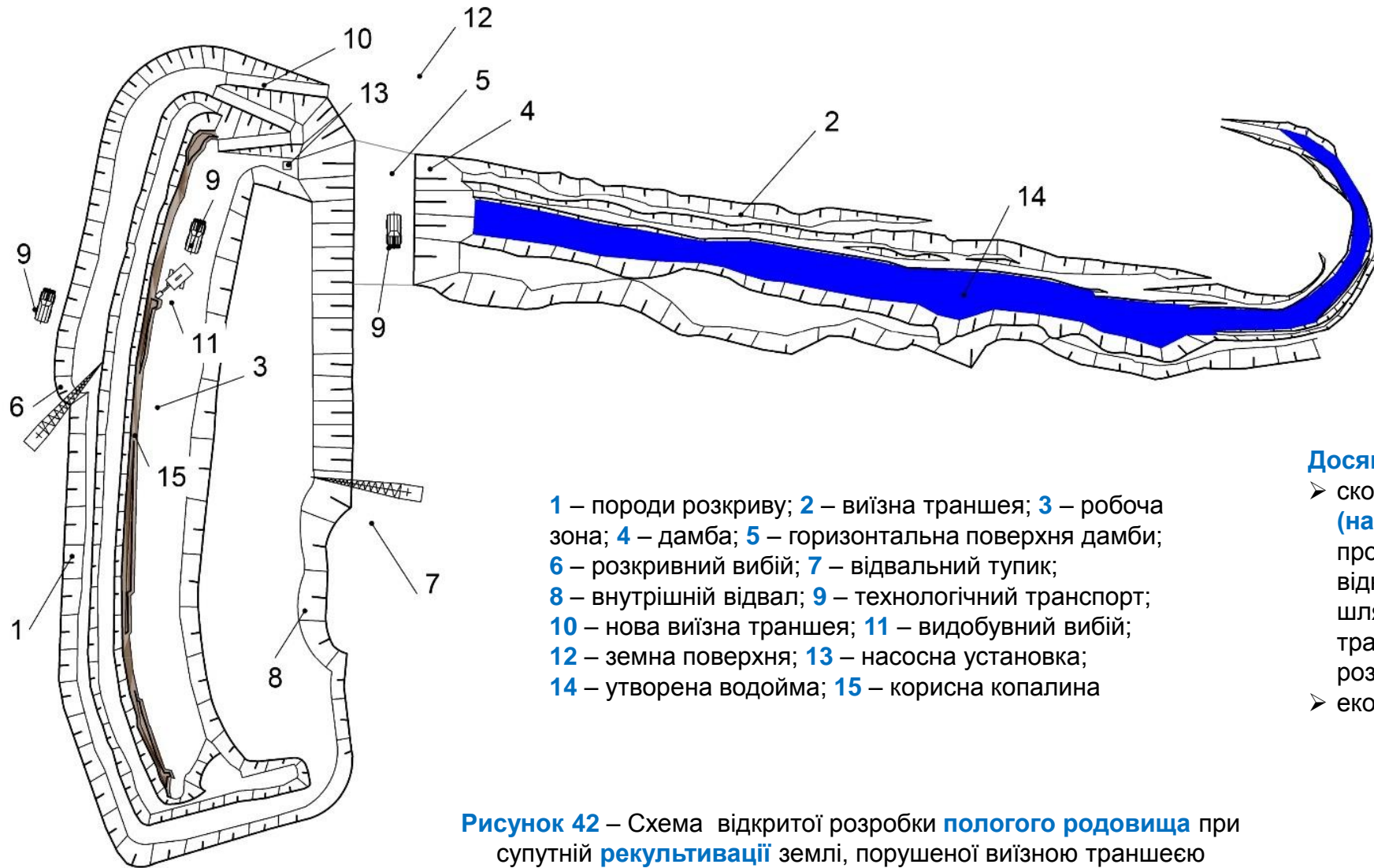
Встановлено, що найбільш ефективною є **схема 3** із застосуванням **колісного навантажувача** як виїмкового та транспортного обладнання в комплексі з **крутопохилим конвеєром**.

Досягається:

- скорочення кількості порушених земель на **70–80 га**;
- зниження **собівартості** корисної копалини (див. рис.);
- зменшення відстані транспортування на **2 км**.

Отримані результати доцільно використовувати при **проектванні** кар'єрів, що розробляють родовища **горизонтального залягання**, наприклад, родовищ вогнетривких глин **Західного Донбасу**.

Введення в експлуатацію затоплених кар'єрів вогнетривких глин



- 1 – породи розкриву; 2 – виїзна траншея; 3 – робоча зона; 4 – дамба; 5 – горизонтальна поверхня дамби; 6 – розкривний вибій; 7 – відвальний тупик; 8 – внутрішній відвал; 9 – технологічний транспорт; 10 – нова виїзна траншея; 11 – видобувний вибій; 12 – земна поверхня; 13 – насосна установка; 14 – утворена водойма; 15 – корисна копалина

Досягається:

- скорочення **об'єму відведення води (на 4,3 млн м³)** із внутрішньокар'єрного простору за рахунок **зменшення об'єму** відкритої гірничої виробки, що осушується, шляхом відділення частини капітальної траншеї, **дамбою**, утвореною із порід розкриву;
- економічного ефекту – **18 млн грн.**

Рисунок 42 – Схема відкритої розробки **пологого родовища** при супутній **рекультиватії** землі, порушеної виїзною траншеєю (Патент на винахід № 126747)



Обґрунтування параметрів дамби в умовах високої водонасиченості м'яких гірських порід

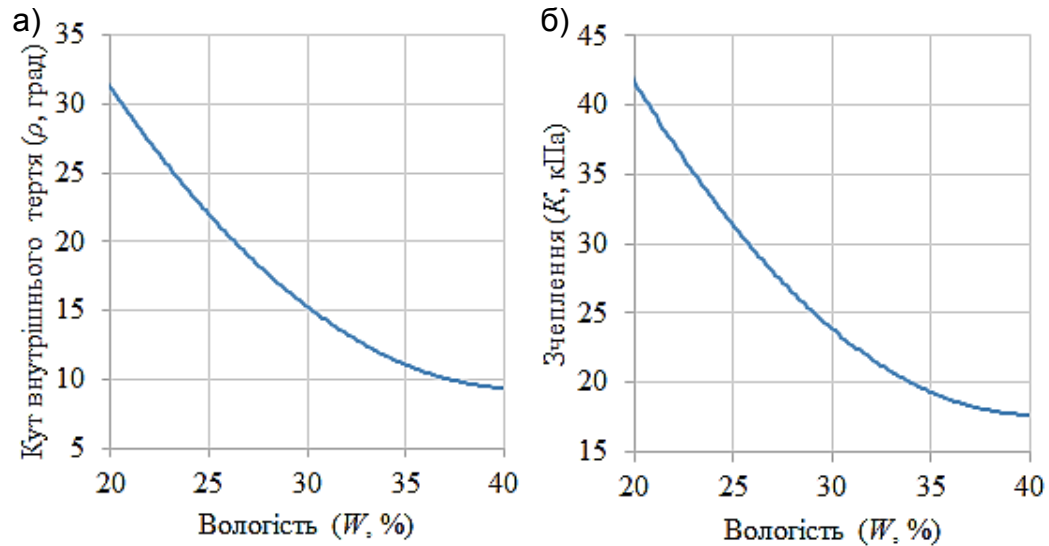


Рисунок 43 – Залежність кута внутрішнього тертя ρ , град (а) і зчеплення K , кПа (б) від вологості м'яких порід W , %

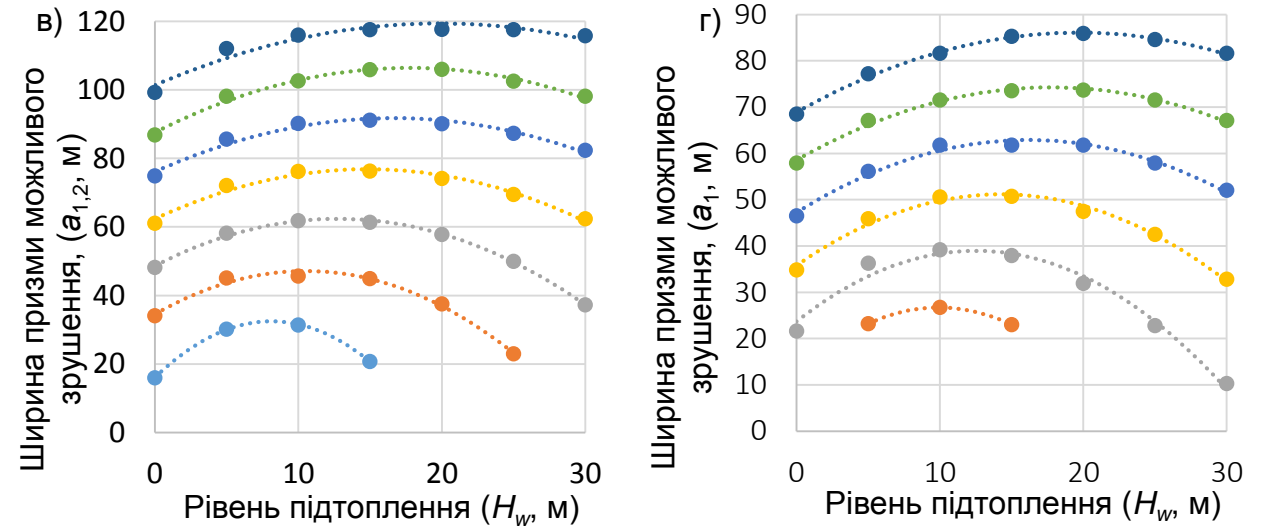


Рисунок 44 – Графіки залежності ширини призми можливого зрушення від висоти дамби (а) та рівня її підтоплення (б)

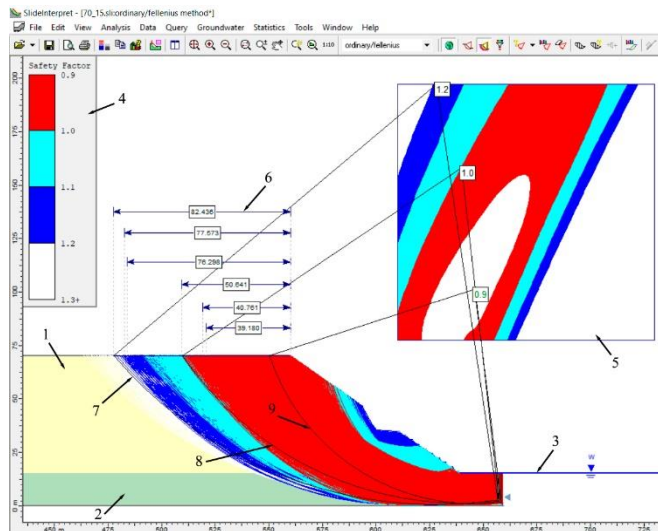


Рисунок 45 – Приклад розрахунку ширини призми можливого зрушення укусу дамби з м'яких порід розкриття висотою **70 м**, рівнем підтоплення **15 м** в програмі **Slide**

Для умов відновлення роботи затоплених кар'єрів із видобутку вогнетривких глин отримані дані розрахунку параметрів призми можливого зрушення **дозволяють** обґрунтувати доцільність формування дамби із м'яких порід висотою 40–60 м драглайном **ЕШ-10/70** в запропонованій технологічній схемі

Схема рекультивації глибоких кар'єрів

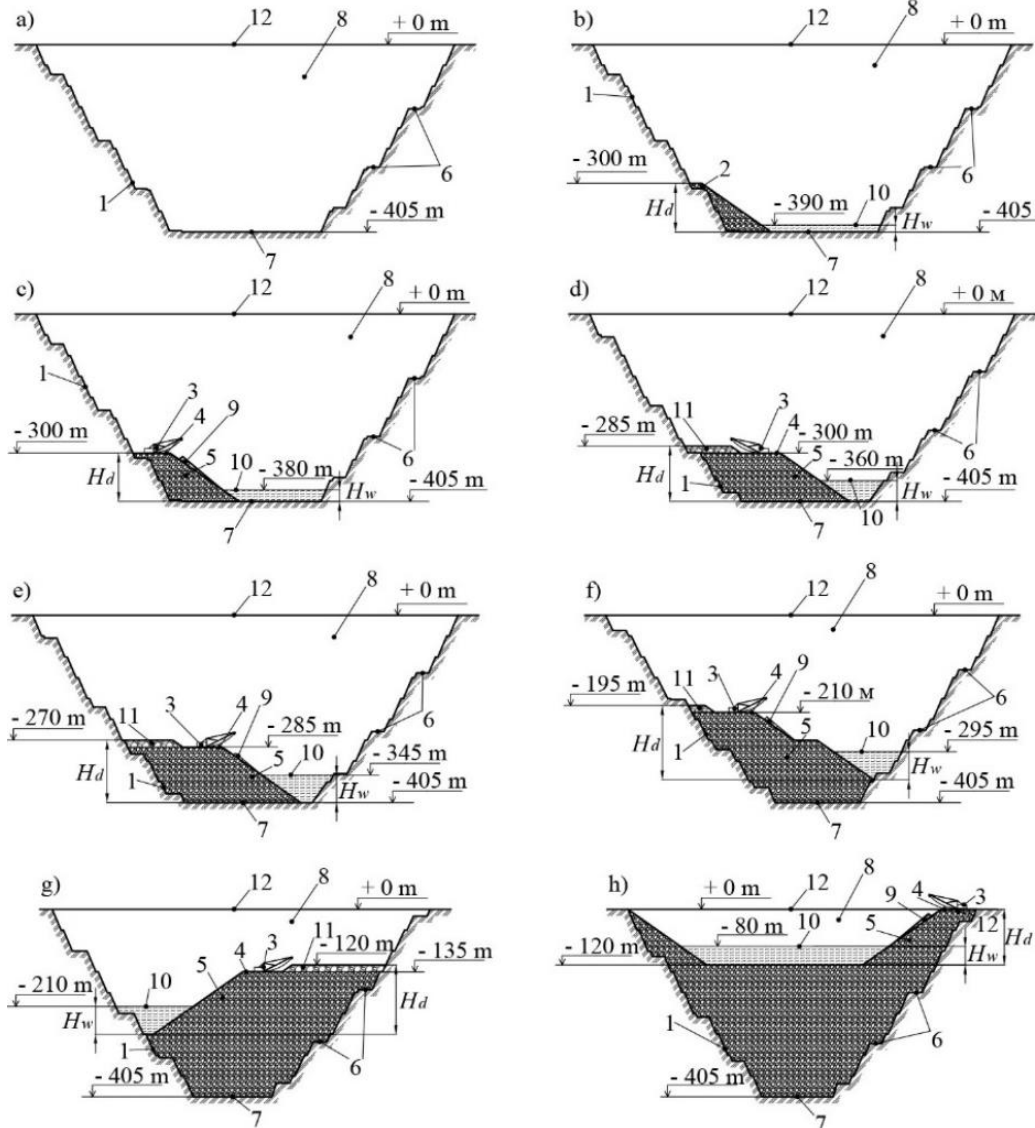


Рисунок 46 – Спосіб рекультивації глибокого кар'єру
(Патент № 152133)

1 – борт кар'єру; 2 – піонерний насип; 3 – екскаватор-драглайн; 4 – призма можливого зрушення; 5 – відвальний ярус; 6 – транспортні берми; 7 – дно кар'єру; 8 – вироблений внутрішньокар'єрний простір кар'єру; 9 – відвальна західка; 10 – висотна відмітка рівня води у внутрішньокар'єрному просторі; 11 – наступний відвальний ярус; 12 – денна поверхня

Досягається:

- Складування у відпрацьований простір кар'єру глибиною понад **100–200 м** породи розкрити із максимально можливою повнотою заповнення його об'єму;
- Оптимальні параметри ведення внутрішнього відвалоутворення з точки зору **безпеки** роботи екскаватора-драглайна, його продуктивності, відстані транспортування порід розкрити та повноти заповнення ними відпрацьованого кар'єру;
- Застосування **сили ваги води** у внутрішньокар'єрному просторі на укіс ярусу відвалу для підвищення його стійкості, замість витрат на його осушення;
- **Відновлення землі**, що порушена відкрити гірничими роботами під сільськогосподарські або лісницькі потреби;
- Утворення **ставку**, вода з якого може бути використана як технічна для різних напрямків промисловості;
- Попередження від порушення зовнішніми відвалами площі земель розміром **160–180 га**;
- Загальний економічний ефект за рахунок збереження земель від порушення **50–90 млн грн**;
- Скорочення **відстані транспортування** порід розкрити при утворенні внутрішнього відвалу на глибоких горизонтах кар'єру.



Рекомендації з вибору засобів механізації для ліквідації вирв викидів, утворених в результаті вибухів снарядів і ракет

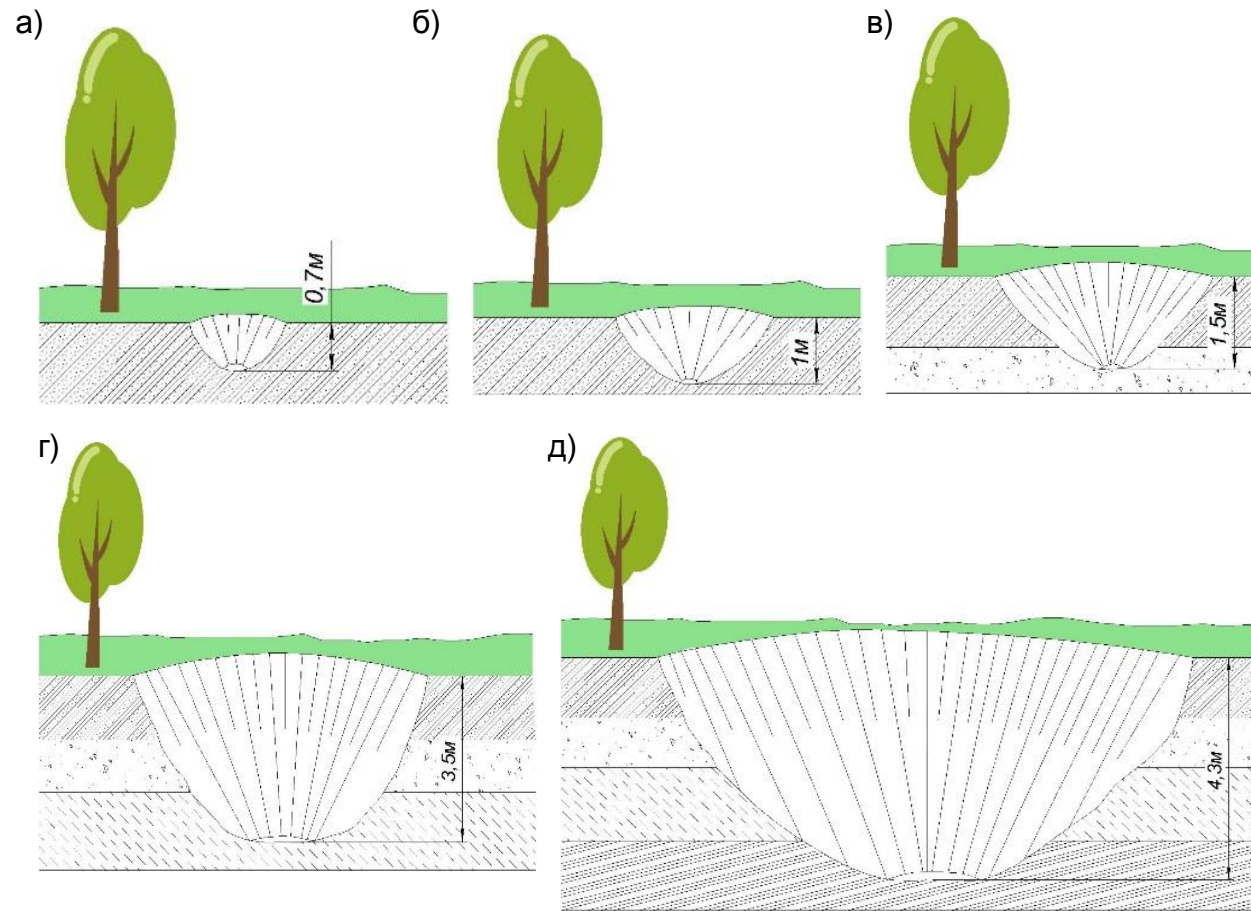


Рисунок 47 – Схематичне зображення вирв викидів: а – малі; б – неглибокі; в – середні; г – глибокі; д – надглибокі

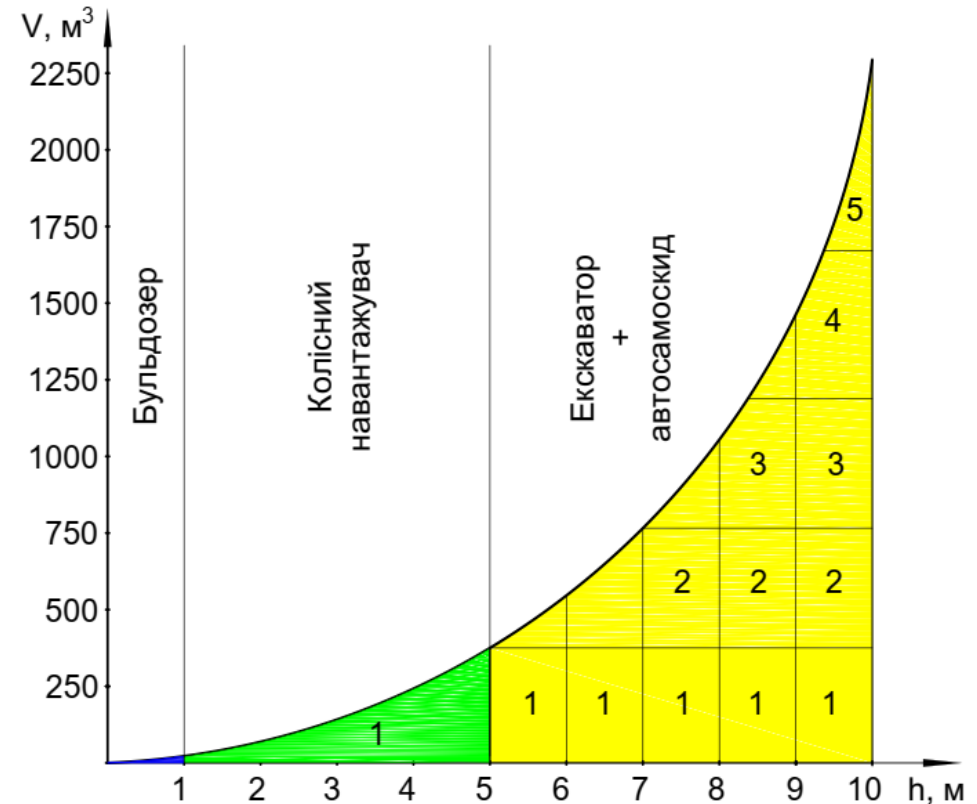


Рисунок 48 – Схема для вибору засобів механізації для ліквідації вирв викидів і встановлення кількості машино-годин для їх засипання

Визначено, що при збільшенні глибини вирви у **10 разів з 1 до 10 м**, її об'єм зростає від **350 до 450 разів** в залежності від кута нахилу укосу вирви, а збільшення кута укосу вирви на **28 % з 35 до 45°** призводить до збільшення її об'єму **на 95 %**, а площі **на 98 %**.

Встановлено, що необхідний час їх засипки може варіюватися **від однієї до п'яти годин**, в залежності від обраного засобу механізації та об'ємів планувальних робіт.



ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Запропоновані в роботі **інноваційні технології** дозволяють **вдвічі** збільшити об'єм забезпечення післявоєнної відбудови об'єктів інфраструктури України **будівельною сировиною** з мінімальним впливом на довкілля за рахунок застосування ефективних комбінованих систем розробки з використанням концентраційних горизонтів та породоскатів.

Результати роботи мають **новизну**, оскільки запропоновані рішення враховують **виклики** підвищеного попиту потреб **повоєнної відбудови** об'єктів інфраструктури України в **будівельній сировині**.

- Вперше розроблено концепцію **оперативного освоєння родовищ** будівельної сировини, яка включає технологічні, екологічнобезпечні та ресурсозберігаючі аспекти для **повоєнної відбудови** та сталого економічного розвитку України.
- Обґрунтовано застосування породоскатів в схемах комбінованого автомобільно-конвеєрного транспорту із використанням мобільних дробильно-сортувальних установок, що дозволяє **скоротити** відстань транспортування будівельної сировини на **30 %**, відокремити її дрібну фракцію, та зменшити навантаження на гірниче обладнання та навколишнє середовище;
- Встановлено, що збільшення продуктивності кар'єру в **4 рази** з **0,4** до **1,6 млн м³/рік**, позитивно впливає на зменшення собівартості виготовлення щебеневої продукції для усього діапазону розглянутих глибин
- Вперше, методом апаратного та програмного обчислення, на основі даних навігаційних систем **GPS**, встановлена динаміка зміни робочих параметрів екскаватора-драглайна, що дозволила оптимізувати час його робочого циклу та збільшити продуктивність роботи кар'єрів з видобутку вогнетривких глин;
- Розроблені технологічні рішення відкритої розробки родовищ вогнетривких глин дозволяють знизити собівартість видобутку корисних копалин за рахунок зменшення його відстані транспортування на **2–2,5 км**, та суттєво підвищують виробничу продуктивність кар'єру на **45–80 %**;
- Вперше встановлені залежності параметрів кар'єру з застосуванням комбінованого автомобільно-конвеєрного і автомобільно-гравітаційного транспортування корисної копалини від собівартості її видобутку, що дозволило науково обґрунтувати глибину встановлення концентраційного горизонту мобільних дробильно-сортувальних установок, що забезпечує підвищення виробничої потужності кар'єру з видобутку гранітів в **2,1 рази**, зменшити собівартість на **45 %**;
- Розроблено **алгоритм** розрахунку горизонту розташування та спорудження перевантажувальних пунктів, обладнаних мобільними дробильно-сортувальними установками, у технології одночасного використання автомобільно-конвеєрного та автомобільно-гравітаційного комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту, яка забезпечує мінімальні витрати на транспортування гірничої маси.



Масштаб впровадження

- Рекомендації по вибору ефективних параметрів елементів системи розробки та технологічних схем освоєння Пинязевицького родовища гранітів – впроваджені на підприємстві **ТОВ «Юнігран»**;
- Рекомендації з вибору раціональних параметрів транспортної системи розробки при видобутку вогнетривких глин малої потужності – впроваджені на підприємстві **ТОВ «ШАХТОБУД»**

Кількість публікацій за роботою

- **3** колективні монографії, в т.ч. **2** в **європейському** виданні;
- **23** статті (**8** – індексовано у Scopus / WoS);
- **3** матеріали конференції у Scopus/WoS;
- **2** одноосібні тези доповідей;
- **2** патенти України на винахід;
- **1** патент на корисну модель;
- **1** заявка на винахід (корисну модель)

Відомості про цитування

| | Власне ім'я та прізвище кожного з авторів роботи | Згідно з базами даних (посилання за останні 5 років) | | | | | |
|---|--|--|---|--|----|--|----|
| | | Web of Science кількість посилань / h-індекс | | Scopus кількість посилань / h-індекс | | Google Scholar кількість посилань / h-індекс | |
| 1 | Максим Чебанов | 16 | 2 | 51 | 4 | 80 | 5 |
| 2 | Андрій Адамчук | 14 | 2 | 187 | 11 | 339 | 12 |

