

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**Демидова Наталія Дмитрівна**

УДК 622.271.33

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОБґРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І СХЕМ  
ЗАСТОСУВАННЯ ГУСЕНИЧНИХ САМОСКИДІВ НА КАР'ЄРАХ**

184 – «Гірництво»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Н.Д. Демидова

Науковий керівник  
доктор технічних наук, професор  
Анісімов Олег Олександрович

Дніпро 2026

## АНОТАЦІЯ

*Демидова Н.Д.* Обґрунтування технологічних параметрів і схем застосування гусеничних самоскидів на кар'єрах.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 184 – «Гірництво», - Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Міністерство освіти і науки України, Дніпро, 2026.

Аналіз сучасного стану показав зростаючі масштаби кар'єрів, виробничої потужності, збільшення глибини, що потребує удосконалення гірничотранспортного обладнання. В першу чергу, це стосується транспортного обладнання. Останнім часом на гірничих підприємствах, будівництві автошляхів, в інших галузях виробництва набуває попит на новий тип самоскидів – гусеничні самоскиди.

Гусеничні самоскиди, які з успіхом долають ухил до 45-50% широко застосовують в складних умовах. На кар'єрах України гусеничні самоскиди ще не мають поширення, що, в першу чергу, пояснюється малою вантажопідйомністю машин не більше 20 т, та невеликою швидкістю пересування до 20 км/год, а на крутих ухилах – 5 км/год.

В той же час їх застосування на кар'єрах у Великобританії, Італії, на будівництві доріг в багатьох країнах підтверджують їх перспективність для застосування на кар'єрах і при будівництві. Найбільш поширені в світі гусеничні самоскиди фірм Marooka, Prinoth, Komatsu та інші.

Поширення застосування гусеничних самоскидів обумовленні конструктивними особливостями: велика сила тяги, яка може дорівнювати масі самої машини; малий питомий тиск на поверхню дякуючи великому коефіцієнту зчеплення траків з опорною поверхнею; висока прохідність та можливість пристосовуватись до нерівностей дороги, що виключає необхідність спеціальних покриттів.

Важливим параметром кар'єрів є ширина транспортних майданчиків яка залежить від габаритів і робочих параметрів транспортних засобів. Треба зазначити, що для транспортного забезпечення нижніх горизонтів кар'єрів, коли

площа дна кар'єра поступово зменшується використання пневмоколісних автосамоскидів буде обмежено їх параметрами і радіусом розвороту, в такому випадку, на допомогу можуть прийти саме гусеничні автосамоскиди.

У зв'язку з появою нових типів сучасних автосамоскидів та екскаваторів закордонного виробництва, які з'являються на теренах України необхідно вивчати їх параметри, імовірності характеристики роботи, процеси їх взаємодії під час виймально-навантажувальних і транспортних робіт.

Багато кар'єрів, що здійснили технічне переоснащення на більш сучасні екскаватори та транспортні засоби, дуже мало уваги приділяють організації робіт з розкриття родовищ. Здебільшого підвищення продуктивності механізованого комплексу, який представлений однокішшевіми екскаваторами та автосамоскидами, здійснюється окремо для кожної з ланок процесу циклічної технології. Відсутність жорсткого взаємозв'язку між операціями циклічного обладнання призводить до зменшення норм виробки, зниження продуктивності окремих видів техніки і кар'єру в цілому. У цьому зв'язку виникає актуальність дослідження впливу робочих параметрів різнотипного обладнання, що використовують у кар'єрі, на продуктивність окремих ланок машин циклічної дії та вибору оптимальних розмірів цього обладнання і формування комплексів циклічної технології, а також вплив технологічних параметрів транспортного устаткування на параметри системи розробки кар'єрів і їх елементів.

Мета проведених досліджень – обґрунтування технології видобутку корисних копалин із застосуванням гусеничних самоскидів та визначення параметрів і елементів системи розробки.

Для досягнення мети було проаналізовано сучасне транспортне обладнання, що використовують в умовах кар'єрів і проведено дослідження впливу роботи гусеничних самоскидів на елементи системи розробки.

Досліджені та встановлені залежності та параметри для робочих майданчиків. Параметри робочої зони зменшуються за рахунок використання гусеничних самоскидів з повноповоротною платформою.

Для висот уступів від 10 до 20 м вперше встановлені коефіцієнти подовження

траси при використанні гусеничних самоскидів, які змінюються при ухилі 8% від 1,06 до 1,13, при ухилі 15% від 1,12 до 1,2, при ухилі 30% від 1,24 до 1,39. При підвищенні величини ухилу, слід підвищувати розмір коефіцієнту подовження траси, враховуючи висоту і кількість уступів в кар'єрі або їх кількість в робочій зоні.

Вперше досліджено продуктивність гусеничних самоскидів при перевезенні гірничої маси з різних глибин кар'єру і встановлено, що використання гусеничних самоскидів вантажністю 30 т у порівнянні з колісними машинами має перевагу. Продуктивність гусеничних машин досягається за рахунок зменшення часу на маневрування біля вибою і на майданчиках розвантаження, а також скорочення траси підйому гірничої маси.

Обґрунтовано ефективні комбінації гірничо-транспортного обладнання на основі оптимального поєднання виймально-навантажувального і транспортного обладнання з урахуванням їх продуктивності, об'ємів ківшів екскаваторів і кузовів гусеничних самоскидів, що дозволило розробити таблицю підбору типу екскаватора при використанні гусеничних самоскидів.

Розроблені та досліджені технологічні схеми та організація робіт гусеничних самоскидів з одноківшевими екскаваторами. Технологічні схеми роботи мобільного транспорту передбачають способи маневрування гусеничних самоскидів біля вибою і їх встановлення під завантаження. На технологічні схеми впливає послідовність відпрацювання робочих вибоїв, а також схеми маневрування гусеничних самоскидів, що дозволяє скоротити робочі розміри майданчику уступу з урахуванням радіусів роботи екскаватора.

У разі використання машин з повноповоротною платформою відбувається розворот платформи на якій розміщено кузов і водійська кабіна. Застосування гусеничного самоскиду на кар'єрах з повноповоротною платформою зараз не мають аналогів.

Встановлені залежності з визначення параметрів робочих майданчиків при застосуванні гусеничних та колісних самоскидів, а також при проведенні траншей. Встановлено, що мінімальна ширина майданчику для розвороту гусеничного

самоскиду на місці однією гусеницею залежить від радіусу, який визначається точкою обертання машини застопореної гусениці до крайніх протилежних розмірів за діагоналлю машини. Розворот за рухом вперед і одночасним поворотом на 90 градусів з наступним рухом назад можливий при достатніх розмірах робочого майданчику уступу. Найбільш ефективними є гусеничні машини з повноповоротною платформою, що виключає процес маневрування і відповідно зменшує параметри робочих майданчиків і тривалість рейсу.

Для гусеничних самоскидів проведено 3D моделювання параметрів траншей і кар'єрних полів з використанням програмного забезпечення Micromine, що дозволило встановити вплив цих параметрів на об'єми виймання.

Вперше розглянута технологічна схема використання специфічної конструкція гусеничного самоскиду з повноповоротною платформою в умовах розробки відвалів, при розбиранні складів або відвалів. При їх відпрацюванні човникова схема під'їзду без розворотів біля екскаватору дозволяє виключити час на маневри, та технологічно зменшує робочі майданчики, де працюють екскаватори, а також дозволяє створювати з'їзди на техногенні родовища на поверхні (вугільні терикони) без маневрових майданчиків.

Вперше встановлена лінійна зростаюча залежність собівартості транспортування та видобування корисної копалини, відповідно від відстані транспортування гусеничними, колісними самоскидами та їх комбінації.

Вперше досліджений вплив подовження траси на капітальні витрати при застосуванні гусеничних та колісних самоскидів. Встановлено, що на кожні 100 м подовження траси підйому при застосуванні гусеничних самоскидів необхідно здійснювати збільшення капітальних витрат. У той же час, при використанні комбінації гусеничних і колісних самоскидів капітальні витрати збільшуються на кожні 500м подовження траси підйому.

Досліджені основні параметри кар'єрного поля при доопрацюванні гранітів та визначені об'єми, що можна видобути при реалізації проекту розробки Плисецького родовища. Рекомендований ухил при застосуванні гусеничних самоскидів 20%, що дозволяє додатково видобути 949 тис м<sup>3</sup>; отримати

максимальний чистий дисконтований дохід на другий рік у сумі 371169 тис. грн при впровадженні комбінації колісного і гусеничного транспорту. При моделюванні доопрацювання кар'єру з різними ухилами з'їздів було отримано додаткові об'єми корисної копалини, що можуть бути вилучені з урахуванням заданої продуктивності Плисецького кар'єру. Вартість реалізації готового продукту на поточний час складає 1040 грн/м<sup>3</sup>.

Зроблені дослідження дозволили розробити методичні рекомендації щодо застосування гусеничних самоскидів при розробці нерудних кар'єрів. Рекомендації розглянуті для подальшої реалізації в проекті розробки Плисецького родовища. Для Плисецького кар'єру зроблена техніко-економічна оцінка розробки кар'єрного поля при застосуванні гусеничного самоскиду, яка прийнята підприємством до розгляду для майбутнього інноваційного розвитку.

Застосування схеми вибору відбувається з урахуванням типу родовища та гірничо-геологічних умов, системи розробки на кар'єрі і його параметрів, а також параметрів виробок (вибоїв, з'їздів, доріг, технологічних схем маневрів транспортних засобів). Вибір гусеничного самоскиду залежить від робочих параметрів виймально-навантажувального обладнання.

Під час вибору враховуються такі параметри кар'єру як: довжина, ширина, глибина, що впливають на відстані транспортування, тривалість рейсу і відповідно продуктивність транспортних засобів.

Вибір колісного або гусеничного автосамоскиду відбувається на основі техніко-економічних розрахунків. Комбінація цих транспортних засобів дозволяє додатково вилучити корисну копалину особливо в умовах обмеженого простору.

**Ключові слова:** гусеничний самоскид, автосамоскид, технологічна схема розробки уступу, технологічні параметри, ширина робочого майданчику, елементи системи розробки, маневрування самоскидів, продуктивність гусеничного самоскиду.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

*Статті у наукових виданнях, що індексовані у наукометричних базах даних Scopus:*

1. Davidenko, N. (2025). The impact of constructive features of dump trucks on quarry parameters. *Earth and Environmental Science*, 1481 (2025) 012010. CEUMR-2024. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1481/1/012010/pdf>

*Статті у наукових фахових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України:*

2. Анісімов, О. О., Гриценко, Л. С., Давіденко, Н. Д., Черняєва, О. В., & Сидоренко, І. К. (2023). Фактори, що впливають на продуктивність екскаваторно-автомобільних комплексів. *Технічна інженерія*, 1(91), 262–270. [https://doi.org/10.26642/ten-2023-1\(91\)-262-270](https://doi.org/10.26642/ten-2023-1(91)-262-270).

*Здобувачка отримала залежності норм виробки автосамоскидів від місткості ковша екскаватора при використанні гусеничних та колісних самоскидів.*

3. Давіденко, Н.Д., Анісімов, О.О. (2024). Дослідження зміни довжини транспортування гірничої маси при поглибленні кар'єру з застосуванням крутопохилих траншей. *Збірник наукових праць НГУ*, 76, 42-50. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/76.042>

*Здобувачкою встановлено коефіцієнти розвитку траси в залежності від параметру нахилу з'їздів та при найбільш поширених висотах уступів в прийнятих межах глибини нерудних кар'єрів.*

4. Давіденко, Н.Д., Анісімов, О.О., Саїк, П.Б., Демидов, М.С. (2024). До питання технології розробки породних відвалів вугільних шахт. *Збірник наукових праць НГУ*, 79 (2), 15-25. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/79.015>

*Здобувачкою розроблено та запропоновано технологічну схему розробки породного відвалу з використанням гусеничного самоскиду в складних умовах.*

5. Давіденко, Н.Д., Анісімов, О.О. (2025). Схеми розкриття нових горизонтів і формування крутонахилених з'їздів при використанні гусеничних самоскидів.

*Збірник наукових праць НГУ, 80, 28-39. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/80.028>*

*Здобувачка промодельовала гірничі виробки та дослідила вплив ухилу з їзду на довжину виробки при використанні гусеничних автосамоскидів та зробила основні висновки за проведеними дослідженнями.*

6. Davydenko, N.D., Anisimov, O.O. (2025). The feasibility of introducing articulated and tracked dump trucks at non-metallic quarries. *Geo-Technical Mechanics, Dnipro, 173*, 101-111. <https://doi.org/10.15407/geotm2025.173.101>

*Здобувачка здійснила порівняння відстаней транспортування та встановила тривалість рейсу при застосуванні різних видів транспортних засобів (колісних та гусеничних самоскидів) з наступним визначенням продуктивності транспортних засобів.*

*Матеріали наукових конференцій:*

7. Чебанов, М.О., Давіденко, Н.Д. (2022). Перспективи застосування гусеничних автосамоскидів при відкритому видобутку корисних копалин. XI конференція «Перспектива розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів». Державний університет «Житомирська політехніка». <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/05/109.pdf>

*Здобувачка обґрунтувала перспективне застосування гусеничних автосамоскидів і їх можливості при відпрацюванні кар'єрів.*

8. Давіденко, Н.Д. (2023). Відпрацювання нерудних кар'єрів з використанням гусеничних самоскидів. *Молодь: наука та інновації: матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 22–24 листопада 2023 року: у 2-х т. (2, с. 373-374)*. Дніпро: Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». <https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/molod-nauka-ta-innovatsii-2023/molod-2023-vol2.pdf> (виступ)

9. Давіденко, Н.Д. (2025). Оцінка впливу застосування гусеничних самоскидів на параметри кар'єру. *XV міжнародна науково-технічна конференція «Наукова весна»*. (507). Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». [https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/naukova-vesna-2025/Scientific\\_Spring\\_2025.pdf](https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/naukova-vesna-2025/Scientific_Spring_2025.pdf)

## ABSTRACT

*Demydova N.D.* Substantiation of technological characteristics and schemes for the use of crawler dump trucks in quarries. Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the speciality 184 - "Surface Mining", National Technical University "Dnipro Polytechnic", Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipro, 2026.

The current state of affairs has shown an increase in the scale of quarries, production capacity, and increased depth, which requires the improvement of mining equipment. Primarily, this concerns transport equipment. Recently, mining companies, road construction companies and other manufacturing industries have been showing demand for a new type of dump truck – crawler dump trucks.

Crawler dump trucks, which can successfully navigate gradients of up to 45–50%, are widely used in challenging conditions. Crawler dump trucks are not yet widespread in Ukrainian quarries, primarily due to their low load capacity of no more than 20 tons and their low travel speed of up to 20 km/h, and 5 km/h on steep slopes.

At the same time, their usage in quarries in the UK, Italy, and road construction in many countries confirms their potential for using in quarries and for construction. The most common tracked dump trucks in the world are manufactured by Marooka, Prinoth, Komatsu, and others.

The popularity of tracked dump trucks is caused by their constructional features: high pulling force, which can be equal to the weight of the machine itself; low specific pressure on the surface because of the high coefficient of friction between the tracks and the ground; high passability and ability to adapt to road roughness excluding the need for special surfaces. An important aspect of quarries is the width of transport areas which depends on the vehicle's size and operating parameters. It should be noted that for transporting materials from the lower levels of quarries, where the bottom area gradually decreases, the use of pneumatic-tyred dump trucks will be limited by their parameters and turning radius. In such cases, tracked dump trucks can come to the rescue.

Due to the new types of modern dump trucks and excavators from abroad that appear in Ukraine, it's important to study their parameters, probable operating characteristics, and how they interact during excavation, loading, and transport work.

Many quarries that have upgraded their equipment to more modern excavators and transport vehicles pay very little attention to the organisation of work on the open pit mining of deposits. Mostly, the increase in productivity of the mechanised complex, which consists of single-bucket excavators and dump trucks, is carried out separately for each stage of the cyclical technology process. The lack of a firm interconnection between the operations of cyclical equipment leads to a decrease in production rates, a reduction in the productivity of individual types of equipment and the quarry in general. In this regard, it is important to study the impact of the operating parameters of different types of equipment used in quarries on the productivity of individual links of cyclic machines and the selection of optimal sizes for this equipment and the formation of cyclic technology complexes, as well as the impact of the technological parameters of transport equipment on the parameters of the quarry development system and its elements.

The purpose of this study is justification the effectiveness of an innovative technology for the extraction of minerals using tracked dump trucks and to determine the parameters and elements of the development system.

To achieve this goal, modern transport equipment used in quarries was analysed and a study was conducted on the impact of tracked dump trucks on the elements of the mining system.

Dependencies and parameters for work sites have been researched and established. The working area parameters are reduced by using tracked dump trucks with a fully rotating platform. For the heights of ledges from 10 to 20 m, the coefficients of route prolongation when using tracked dump trucks have been established for the first time, which vary with a slope of 8% from 1.06 to 1.13, from 1.12 to 1.2 at a slope of 15%, and from 1.24 to 1.39 at a slope of 30%. In case of an increase in the slope value, the track elongation coefficient should be increased, taking into account the height and number of ledges in the quarry or their number in the working area.

The productivity of tracked dump trucks when transporting rock from different depths of the quarry was studied for the first time, and it was found that the use of tracked dump trucks with a load capacity of 30 tonnes has advantages over wheeled vehicles. The productivity of tracked machines is achieved by reducing the time spent on manoeuvring at the pit face and unloading sites, as well as by shortening the route for transporting rock mass.

Effective combinations of mining and transport equipment have been proven based on the optimal combination of excavation, loading and transport equipment, taking into account their productivity, the volume of excavator buckets and crawler dump truck bodies, which has made it possible to develop a table for selecting the type of excavator when using crawler dump trucks.

Technological schemes and organisation of work for tracked dump trucks with single-bucket excavators have been developed and researched. Technological diagrams of mobile transport operation include methods of manoeuvring tracked dump trucks near the pit and positioning them for loading. The technological schemes are influenced by the sequence of working faces, as well as the manoeuvring schemes of tracked dump trucks, which allows reducing the working space of the pit, taking into account the operating radius of the excavator.

In the case of machines with a fully rotating platform, the platform on which the body and driver's cab are located is rotated. The use of tracked dump trucks with a fully rotating platform in quarries is currently unrivalled.

Dependencies have been established for determining the parameters of working sites when using tracked and wheeled dump trucks, as well as when digging trenches. It has been established that the minimum width of the area required for a tracked dump truck to turn on the spot with one track depends on the radius, which is determined by the point of rotation of the machine's locked track to the extreme opposite dimensions along the diagonal of the machine. Turning forward and simultaneously turning 90 degrees with subsequent backward movement is possible if the working area of the ledge is large enough. The most effective are tracked machines with a fully rotating platform, which

eliminates the need for manoeuvring and, accordingly, reduces the size of the working areas and the duration of the route.

For tracked dump trucks, 3D modelling of trench and quarry field parameters was performed using Micromine software, which made it possible to establish the impact of these parameters on extraction volumes.

For the first time, a technological scheme for using a specific design of a tracked dump truck with a fully rotating platform in the conditions of developing dumps while dismantling warehouses or dumps, is considered. In the process of their development, the shuttle scheme of approach without turns near the excavator eliminates the time needed for manoeuvres and technologically reduces the working areas where excavators operate, as well as allows the construction of access roads to man-made deposits on the surface (coal pits) without manoeuvring areas.

For the first time, a linear increasing dependence of the prime cost of transportation and extraction of minerals has been established, depending on the distance of transportation by tracked and wheeled dump trucks and their combinations.

For the primary time, the impact of route extension on capital expenses when using tracked and wheeled dump trucks was investigated. It has been found that for every 100 m of extension of the haul road when using tracked dump trucks, capital expenses must be increased. At the same time, by using a combination of tracked and wheeled dump trucks, capital costs increase for every 500 m of extension of the haul road.

The main parameters of the quarry field during granite processing were studied, and the volumes that can be extracted during the implementation of the Plisetsk deposit development project were determined. The recommended slope for using tracked dump trucks is 20%, which allows an additional 949 thousand m<sup>3</sup> to be extracted; to obtain the maximum net discounted income in the second year in the amount of 371,169 thousand UAH by implementing a combination of wheeled and tracked transport. While modelling the refinement of the quarry with different slopes, additional volumes of useful minerals were obtained, which can be extracted taking into account the specified productivity of the Plisetsk quarry. The current cost of the finished product is 1040 UAH/m<sup>3</sup>.

The research has allowed us to develop methodological recommendations for the use of tracked dump trucks in the development of non-metallic quarries. The recommendations have been considered for further implementation in the Plisetsk deposit development project. For the Plisetsk quarry, a technical and economic assessment of the quarry field development using a tracked dump truck has been carried out, which has been accepted by the enterprises for consideration for future innovative development.

The selection scheme is based on the type of deposit and mining and geological conditions, the quarry development system and its parameters, as well as the parameters of the workings (excavations, ramps, roads, technological schemes for vehicle manoeuvres). The choice of a tracked dump truck depends on the operating parameters of the excavation and loading equipment.

The choice takes into account such parameters of the quarry as length, width and depth, which affect transport distances, journey times and, accordingly, the productivity of transport vehicles.

The choice between a wheeled or tracked dump truck is based on technical and economic calculations. The combination of these vehicles allows us to extract additional minerals, especially in limited space conditions.

**Keywords:** tracked dump truck, dump truck, technological scheme of slope development, technological parameters, working platform width, elements of the development system, manoeuvring of dump trucks, productivity of tracked dump trucks.

Scientific works in which the main scientific results of the dissertation are published:

*Articles in scientific publications indexed in Scopus scientometric databases:*

1. Davidenko, N. (2025). The impact of constructive features of dump trucks on quarry parameters. *Earth and Environmental Science*, 1481 (2025) 012010. CEUMR-2024. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1481/1/012010/pdf>

*Articles in scientific professional publications included in the list of scientific professional publications of Ukraine:*

1. Anisimov, O. O., Gritsenko, L. S., Davydenko, N. D., Chernyaeva, O. V., & Sidorenko, I. K. (2023). Factors affecting the productivity of excavator-truck systems. *Technical Engineering*, 1(91), 262–270.

[https://doi.org/10.26642/ten-2023-1\(91\)-262-270](https://doi.org/10.26642/ten-2023-1(91)-262-270).

*The researcher was able to determine the relationship between the productivity of dump trucks and the capacity of excavator buckets when using tracked and wheeled dump trucks.*

2. Davidenko, N.D., Anisimov, O.O. (2024). Study of changes in the length of rock mass transportation while deepening a quarry by using steeply sloping trenches. *Collection of scientific works of the National Mining University*, 76, 42-50.

<https://doi.org/10.33271/crpnmu/76.042>

*The researcher established the coefficients of track development depending on the slope parameter of the ramps and at the most common heights of the slopes within the accepted limits of the depth of non-metallic quarries.*

3. Davidenko, N.D., Anisimov, O.O., Saik, P.B., Demidov, M.S. (2024). On the issue of technology for the development of coal mine spoil dumps. *Scientific Papers of the National Mining University*, 79 (2), 15-25. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/79.015>

*The researcher has developed and offered a technological scheme for developing a rock dump by using a tracked dump truck in difficult conditions.*

5. Davidenko, N.D., Anisimov, O.O. (2025). Schemes for opening up new horizons and forming steep slopes by using tracked dump trucks. *Collection of scientific papers of the National Mining University*, 80, 28-39. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/80.028>

*The researcher modelled mining operations and investigated the impact of the slope of the exit on the length of the workings when using tracked dump trucks, and made the following main conclusions based on the conducted research.*

6. Davydenko, N.D., Anisimov, O.O. (2025). The feasibility of introducing articulated and tracked dump trucks at non-metallic quarries. *Geo-Technical Mechanics, Dnipro, 173*, 101-111. <https://doi.org/10.15407/geotm2025.173.101>

*The researcher compared transport distances and determined the duration of the trip when using different types of vehicles (wheeled and tracked dump trucks), followed by defining the productivity of the vehicles.*

Materials from scientific conferences:

7. Chebanov, M.O., Davydenko, N.D. (2022). Prospects for the use of tracked dump trucks in open-pit mining. XI Conference "*Prospects for the development of mining and rational use of natural resources*". Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr. <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/05/109.pdf>

*The researcher proved the potential use of tracked dump trucks and their capabilities in quarry operations.*

8. Davydenko, N.D. (2023). Processing of non-metallic quarries using tracked dump trucks. Youth: Science and Innovation: Materials of the XI International Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists, Dnipro, 22–24 November 2023: in 2 volumes (2, 373–374). Dnipro University of Technology. <https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/molod-nauka-ta-innovatsii-2023/molod-2023-vol2.pdf>

9. Davydenko, N.D. (2025). Assessment of the impact of tracked dump trucks on quarry parameters. *XV International Scientific and Technical Conference "Scientific Spring"*. (507). Dnipro University of Technology, Dnipro. [https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/naukova-vesna-2025/Scientific\\_Spring\\_2025.pdf](https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/naukova-vesna-2025/Scientific_Spring_2025.pdf)

## Зміст

|   |     |
|---|-----|
| ВСТУП .....   | 18  |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНОГО<br>ТРАНСПОРТУ .....  | 22  |
| 1.1 Сучасні тенденції розвитку мобільного транспорту на кар'єрах.....   | 22  |
| 1.2 Огляд теоретичних досліджень та характеристика досвіду практичного<br>застосування гусеничних самоскидів .....      | 28  |
| 1.3 Аналіз світового досвіду використання самоскидів та актуальність роботи<br>.....                                    | 39  |
| 1.4 Мета, задачі та методи досліджень.....  | 46  |
| РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ РОБОТИ<br>ГУСЕНИЧНИХ САМОСКИДІВ НА КАР'ЄРАХ.....                               | 48  |
| 2.1 Аналіз технологічних схем роботи мобільного транспорту на кар'єрах ..   | 48  |
| 2.2 Розробка технологічних схем роботи гусеничних самоскидів в умовах<br>обмеженого простору кар'єра .....              | 52  |
| 2.3. Методики вибору ефективних транспортних комплексів в умовах<br>обмеженого простору кар'єра .....                   | 59  |
| 2.3.1. Встановлення залежності довжини транспортування від глибини кар'єру<br>.....                                     | 59  |
| 2.3.2. Визначення тривалості рейсу (циклу) гірничого транспорту від<br>параметрів кар'єру .....                         | 67  |
| 2.4. Техніко-економічна оцінка ефективності транспортування гірничої маси в<br>умовах обмеженого простору кар'єра ..... | 78  |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2 .....   | 89  |
| РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ КОМБІНАЦІЙ<br>ГІРНИЧОТРАНСПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ.....                                   | 91  |
| 3.1. Визначення видів навантажувального обладнання при роботі в комплексі з<br>гусеничними самоскидами.....             | 91  |
| 3.2. Схеми розкриття нових горизонтів і формування круто-нахилених з'їздів<br>.....                                     | 105 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.3. Обґрунтування параметрів технологічних схем руху гусеничних самоскидів.....               | 115 |
| 3.4. Вплив конструктивних особливостей автосамоскидів на параметри кар'єрів .....              | 121 |
| 3.5 Застосування гусеничних самоскидів в умовах розробки техногенних утворювань.....           | 130 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3 .....  | 140 |
| РОЗДІЛ 4. АПРОБАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ЗАСТОСУВАННЯ ГУСЕНИЧНИХ САМОСКИДІВ.....                 | 143 |
| 4.1. Оцінка впливу застосування гусеничних самоскидів на параметри кар'єру .....               | 143 |
| 4.2. Проведення техніко економічної оцінки запропонованих технологічних схем .....             | 153 |
| 4.3. Методичні рекомендації застосування технологічних схем роботи гусеничних самоскидів ..... | 160 |
| 4.4. Практичне застосування запропонованої методики і результатів дослідження .....            | 167 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4 .....  | 181 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....   | 183 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....  | 185 |
| Додаток А .....  | 190 |
| Додаток Б.....   | 202 |
| Додаток В .....  | 203 |

## ВСТУП

**Актуальність теми.** На території України розвідано унікальні родовища рудних та нерудних корисних копалин. В межах Українського кристалічного щита спостерігається сотня видів корисних копалин. В експлуатації знаходиться майже три тисячі родовищ, більшість із них розробляються відкритими гірничими роботами. Вартість мінеральних ресурсів України складає 1,9 трлн. доларів, або 2,2 % світового об'єму.

Ефективність розробки родовищ нерудних корисних копалин пов'язано з підвищенням продуктивності роботи екскаваторно-автомобільного комплексу. Досвід застосування гусеничних самоскидів на території України на теперішній час відсутній.

Самоскиди на гусеничному шасі, незважаючи на ще малу ємність ринку, мають чітко окреслений ареал експлуатації. Основні переваги гусеничного самоскидну: малий питомий тиск на ґрунт, велика сила тяги завдяки великому коефіцієнту зчеплення траків гусениць з опорною поверхнею, можливість застосування на пересіченій місцевості.

Підвищення продуктивності нерудних кар'єрів може бути вирішено за рахунок технічного переоснащення кар'єрів більш продуктивним обладнанням з високою надійністю і сервісом обслуговування. У цьому зв'язку виникає актуальність дослідження впливу робочих параметрів різнотипного обладнання, що використовують у кар'єрі, на продуктивність окремих ланок, вибору оптимальних розмірів цього обладнання і формування комплексів циклічної технології.

Вплив робочих параметрів різнотипного обладнання, що використовують у кар'єрі, на продуктивність окремих ланок машин циклічної дії та вибір оптимальних розмірів обладнання під час формування комплексів циклічної технології, а також вплив технологічних параметрів транспортного устаткування на параметри системи розробки кар'єрів і їх елементи є сучасною **актуальною задачею**.

**Мета досліджень** – обґрунтування технології видобутку корисних копалин із застосуванням гусеничних самоскидів та визначення параметрів і елементів системи розробки при формуванні крутонахилених транспортних з'їздів.

Для досягнення мети досліджень вирішувались першочергові **завдання**, які ще не мають відповіді щодо застосування гусеничних самоскидів у кар'єрах, а саме:

1. Аналіз сучасного транспортного обладнання з оглядом досліджень та досвіду практичного застосування гусеничних самоскидів, визначення сучасних тенденції розвитку мобільного транспорту на кар'єрах.

2. Дослідження впливу роботи гусеничних самоскидів на елементи системи розробки.

3. Обґрунтування ефективних комбінацій гірничотранспортного обладнання та технологічних схем при використанні гусеничних самоскидів.

4. Розробка методичних рекомендацій щодо застосування гусеничних самоскидів та техніко-економічна оцінка прийнятих рішень.

**Об'єкт досліджень** – розробка нерудних родовищ із будівництвом крутопохилих траншей та застосуванням гусеничних самоскидів.

**Предмет досліджень** – параметри траншей і робочої зони при застосуванні гусеничних самоскидів в умовах стислих контурів кар'єрів.

**Методи досліджень.** Для досягнення зазначеної мети в роботі використані наступні методи: аналізу літературних та інформаційних джерел – для вивчення поточного стану транспортування гірничої маси на сучасних кар'єрах, метод моделювання кар'єрного простору в програмі Micromine при застосуванні гусеничних самоскидів – для обґрунтування застосування гусеничних машин в процесі транспортування, графо-аналітичні методи – для оцінки технологічних схем формування з'їздів і параметрів технологій розробки корисної копалини із застосуванням гусеничних та колісних самоскидів, математичної статистики – для аналізу продуктивності гірничо-транспортного обладнання в мовах розробки неметалічних родовищ, техніко- економічного обґрунтування – для визначення раціональних , технологічних схем відпрацювання кар'єрного поля, метод варіантів – для обґрунтування технологічних схем розкриття родовища.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

*Вперше:*

– встановлено, що обсяг транспортної роботи скорочується на 25...40% в порівнянні з існуючими колісними самоскидами;

– доведено залежність, яка показує, що збільшення ширини транспортної берми з 15 до 30 м веде до збільшення ширини проекції неробочого борту кар'єру зі 100 до 205 м, що зменшує результуючий кут укосу неробочого борту кар'єру з 38 до 34 градусів;

– встановлені залежності між глибиною кар'єру, висотою уступів та ухилом автодороги при використанні гусеничних самоскидів, що дозволило розрахувати коефіцієнт подовження траси в умовах розробки нерудних кар'єрів;

– встановлено зв'язок між довжиною траси гусеничних самоскидів і ухилом крутопохилих траншей, які досліджені в інтервалі від 10 до 35% і дозволяють скоротити відстань транспортування в 2,9 рази

– встановлена залежність визначення часів під'їзду та маневрів під навантаження та розвантаження, при використанні гусеничних самоскидів, що дозволяє визначити їх продуктивність.

*Дістало подальшого розвитку:*

– дослідження взаємодії гірничо-транспортного обладнання дозволило розробити методику вибору самоскидів та екскаваторів, яка дозволяє стверджувати, що ємність ковша екскаватора більше впливає на вибір вантажності самоскида.

**Практичне значення** отриманих результатів дослідження полягають у наступному:

1. Розроблено схеми до вибору транспортного обладнання в умовах обмеженого простору кар'єру, які дозволили створити методичні рекомендації на основі проведених досліджень з визначенням максимальної продуктивності гусеничних самоскидів.

2. Для Плисецького кар'єру з видобутку гранітів розроблено моделі розвитку гірничих робіт при застосуванні гусеничних самоскидів і формування з'їздів з ухилами 8%, 18%, 20%, 30%, 40%, що дозволило дослідити основні параметри кар'єрного поля і визначити об'єми гранітів, що можуть бути видобуті додатково. При збільшенні ухилу від 8% до 20% іде різке зростання додаткових об'ємів видобутку від 709 тис.м<sup>3</sup> до 949 тис. м<sup>3</sup>. Додаткові об'єми корисної копалини, що видобувають при формуванні крутих з'їздів дозволяють отримати підвищений ЧДД на другий рік у сумі 371169 тис. грн.

**Впровадження результатів досліджень.** Запропоновані методичні рекомендації «Обґрунтування технологічних параметрів і схем застосування гусеничних самоскидів при відпрацюванні покладів корисної копалини» розглянуті технічним відділом та прийняті до впровадження в умовах Плисецького родовища підприємством ТОВ «Плисецький гранітний кар'єр».

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Результати досліджень пов'язані з науковою програмою НТУ «Дніпровська політехніка» відповідно до плану НФДУ проєкт № 2022.01/0107 «Розробка ресурсозберігаючих технологій видобутку та переробки нерудної мінеральної сировини у воєнний та післявоєнний періоди» в рамках конкурсу «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди» в якій застосовані рішення автора щодо використання гусеничних самоскидів під час розробки відвалів в складних умовах, а також ДБ-29 «Розвиток наукових основ фізико-хімічних і термодинамічних процесів газифікації відходів вуглевидобутку для ресурсного забезпечення та сталого розвитку (№ д.р. 0126U003365) де розглянуто застосування гусеничних самоскидів.

**Особистий внесок здобувача** полягає у формулюванні мети, постановки та формулюванні завдань дослідження, обґрунтуванні наукових положень, наукової новизни за результатами проведених досліджень, створення рекомендацій щодо обґрунтування технологічних параметрів і схем застосування гусеничних самоскидів при відпрацюванні покладів корисної копалини.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

#### 1.1 Сучасні тенденції розвитку мобільного транспорту на кар'єрах

Україна має унікальну мінерально-сировинну базу. В надрах країни виявлено близько 20 000 родовищ і проявів 117 видів корисних копалин. В промисловому освоєнні знаходяться 3349 родовищ, більшість із них розробляються відкритими гірничими роботами. По оцінкам спеціалістів – вартість мінеральних ресурсів України складає 1,9 трлн. доларів, або 2,2 % світового об'єму.

Зростаючи, масштаби кар'єрів, виробничої потужності, збільшення глибини потребують удосконалення гірничотранспортного обладнання. В першу чергу, це стосується транспортного обладнання.

Як відомо, витрати на транспортування гірської маси на кар'єрах складають 60-70% від витрат на розробку корисної копалини.

Тому, в цьому огляді нами дуже коротко вирішено розглянути, як змінюється рухомий склад кар'єрного автомобільного транспорту, бо як відомо, на кар'єрах України значна частина перевезень здійснюється автосамоскидами, та як це вплине на розвиток відкритих гірничих робіт.

Згідно [1-5] на відкритих гірничих роботах за період 1930...2020 рр. вантажопід'ємність самоскидів виросла більш ніж в 50 разів.

Перше, що видно на кар'єрах та фірмах-виробниках – постійне зростання вантажопідйомності самоскидів. В цьому напрямку значних успіхів досягли такі держави: США, Японія, Китай, які створили машини вантажопідйомністю 320-360 т. БілАЗ створив на сьогодні найбільший самоскид БілАЗ – 75710 (рис. 1.1), який за один рейс перевозить 450 т гірської маси. Створення таких самоскидів має окрім позитивної сторони і зворотну – необхідність реконструкції кар'єрних автомобільних доріг, збільшення в 1,5-2,0 ширини дороги, транспортних майданчиків, зменшення кута неробочого борту кар'єру, зростання викидів в атмосферу газів, в обсязі 130 - 260 т СО одним середнім самоскидом.



Рис. 1.1. Вид автосамоскиду БілАЗ 75710.

Створення самоскидів великої вантажності стало можливим завдяки розміщенню на кожній осі здвоєних коліс.

З метою збереження довкілля для гірничої промисловості почали розробляти електросамоскиди (рис. 1.2). Окремі кар'єри це роблять самостійно, використовуючи для цього бази існуючих самоскидів, замінюючи дизельні двигуни на набір акумуляторів та електродвигунів. Електросамоскиди створюються фірмами Китаю, США, Японії, Німеччини та іншими.



Рис. 1.2. Електросамоскид БілАЗ 7558Е.

Один з перших досвідів – кар'єр Биля (Швейцарія) на базі Komatsu HB-605-7 вантажопідйомністю 65 т створили електросамоскид. Кар'єр нагірний, розробляє вапняки, ухил доріг до 13%. Батарея 600 кВт/год. При спуску, за рахунок рекуперації при гальмуванні накопичується енергія, частина якої під час

розвантаження кузова віддається в систему кар'єру (до 200 кВт). При цьому самоскид може двічі з'їздити під навантаження.

За рахунок цього викиди газів в атмосферу скоротились на 1,3 млн. кг (за період роботи самоскиду).

Окрім того, багатьма фірмами розробляються тролейвози, дизель-тролейвози та тролейвозні поїзди (рис. 1.3) для умов, якщо переробний комплекс знаходиться на відстані 10-15 км від кар'єру. Такі проекти розробляються фірмою «АлРоса» для Анголи та Якутії. Основний мотив - зменшення шкідливого впливу на довкілля. Слід відмітити, що ці транспортні засоби мають суттєвий недолік – меншу свободу дії, додаткові витрати на створення інфраструктури електрогосподарства, необхідність урахування вибухових робіт в кар'єрі та інш. Створюються фірмами Hitachi, Komatsu та інші, використовуються в південній Америці, Африці, Австралії.



Рис. 1.3. Дизель-тролейвоз БілаЗ 7530Е.

З метою скорочення відстані транспортування гірничої маси на кар'єрах почалось застосування автосамоскидів, які долають ухил доріг в 20-45 %. Використання цих самоскидів значно скоротить відстань транспортування.

Найбільш широкі застосування отримали ШЗС (шарнірно-зчленовані самоскиди) формули 4x4 та 6x6, які мають вантажопідйомність 30...70 т, найбільш поширені самоскиди фірм Volvo, Cattarpiller, які працюють на ухилах 18-24% (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Зчленований автосамоскид Volvo A60H.

Цікавими для кар'єрів є гусеничні самоскиди, які з успіхом долають ухил до 45-50%. Гусеничні самоскиди ще не мають значного поширення на кар'єрах України, що, в першу чергу, пояснюється малою вантажопідйомністю машин не більше 20 т, та невеликою швидкістю пересування до 20 км/год, а на крутих ухилах – 5 км/год.

В той же час їх застосування на кар'єрах у Великобританії, Італії, на будівництві доріг в багатьох країнах підтверджують їх перспективність для застосування на кар'єрах і при будівництві. Найбільш поширені в світі гусеничні самоскиди фірм Marooka, Prinoth, Komatsu та інші.



Рис. 1.5. Гусеничний самоскид Marooka MST-3000VD.

Однією з особливостей цих самоскидів – низький тиск на ґрунт, що робить їх екологічно безпечним вантажним транспортом. Проведені дослідження та досвід використання довели, що ШЗС та гусеничні самоскиди мають можливість значного поширення на кар'єрах, тому що параметри існуючих та перспективних машин, мають такі розміри, що позитивно вплинуть на кут неробочого борту кар'єру.

Цікавим напрямом розвитку богатовагового автотранспорту є створення автопоїздів. Компанія ETF розробила кар'єрний автосамоскид МТ-240 на шасі з повним приводом, причому всі його п'ять пар коліс є керованими. Модульний дизайн дозволяє створити широку гаму автосамоскидів з різною кількістю провідних мостів від 2 до 5 осей і більше з вантажністю від 80 до 240 т. За рахунок об'єднання (зчіпки) кількох таких машин до єдиного автопоїзда вантажопідйомність МТ-240 можна збільшити до 870 т, відстань транспортування може досягти до 200 км (рис 1.6).



Рис. 1.6. Кар'єрний авто потяг МТ-240.

Позитивний досвід експлуатації багатоланкових автопоїздів Scania було отримано в Удачнінському ГЗК, де зменшення вартості перевезень досягло 20-35%. Багатоосьові машини випускають фірми Scania, ETF, Volvo, ТОНАР та інші.

Все більше поширення отримують роботизовані самоскиди таких фірм, як Caterpillar, Komatsu IAHV, БілАЗ, Scania AXL, Volvo HX2. Вантажність таких самоскидів від 25 до 230 т. На рис. 1.7 наведено самоскид Scania AXL, який розглядається як альтернатива для роботи на кар'єрах по видобутку вогнетривких глин на одному з підприємств України. Він може використовувати існуючі дороги і не потребує суттєвих інфраструктурних змін, замість традиційної кабіни водія – спеціальний інтелектуальний модуль.



Рис. 1.7. Роботизований самоскид Scania AXL.

ВО «КрАЗ» створило геолокаційний причеп (рис. 1.8), який виконує роль «маячків» при застосуванні роботизованих самоскидів - безпілотників на кар'єрах. Він створений за замовленням Полтавського ГЗК, енергетично незалежний, обладнаний сонячною батареєю, акумулятором, а також бензиновим генератором. На телескопічний щоглі встановлені світло і антена для передачі даних. Крім того, причеп обладнаний шлагбаумом для перекриття руху самоскидів.



Рис. 1.8. Геолокаційний причеп.

Ще одна особливість сьогодення – створення нових двигунів для автосамоскидів, які зменшили б негативний вплив на довкілля. Це створення (ГТД) газотурбінного двигуна, який значно скорочує витрати палива. Перехід на використання природнього зрідженого газу, використання паливних елементів та водню. Водневі двигуни вже встановлюються компанією Toyota на вантажівки та тягачі. Останні зараз малоефективні у зв'язку з високою ціною на паливні елементи, в яких застосовуються метали платинової групи.

Таким чином, тенденції розвитку мобільного транспорту на кар'єрах мають наступні показники:

1. Зростання вантажності одиниці самоскида.
2. Зменшення негативного впливу на довкілля за рахунок впровадження нових типів двигунів, електромобілів, дизель-тролейвозів, тролейбусів.
3. Впровадження багатоланкових автопоїздів.
4. Впровадження самоскидів здатних долати крутопохилі траси гірничих виробок і працювати в стислому просторі кар'єрів.
5. Створення роботизованих самоскидів для роботи в екстремальних умовах.

## **1.2 Огляд теоретичних досліджень та характеристика досвіду практичного застосування гусеничних самоскидів**

Як відомо, в світі відкритими гірничими роботами видобувається близько 75% корисних копалин. Для транспортування корисних копалин використовується різноманітні транспортні засоби, але більш поширене розповсюдження має мобільний транспорт. В залежності від виробничої потужності підприємства на кар'єрах застосовують автосамоскиди вантажопідйомністю до 300-400 т [6-8]. На деяких вугільних розрізах використовуються напівпричепи - «вуглевози», вантажопідйомністю до 500 т. Окрім того, деякі гірничі підприємства використовують тролейвози та дизель- тролейвози, які працюють з рекуперацією електроенергії при русі під ухил. Названі мобільні засоби відрізняються між собою

не тільки конструктивною вантажопідйомністю, але ще й можливістю подолання ухилів автодоріг. Як відомо, напівпричепи можуть долати ухил доріг не більше 60 %, автосамоскиди до 80-100 %, а тролейвози та дизель-тролейвози до 150 %. Ухил доріг відіграє значну роль при розробці корисних копалин. В першу чергу ухил впливає на довжину транспортування корисної копалини.

Суттєвим моментом сьогодення є зростання видобутку корисних копалин, масштабів будівництва, наслідком чого є зростання кількості кар'єрних автосамоскидів [9]. Якщо не розглядати інші питання (зростання вантажопідйомності, потужності двигунів та інш.) одним з болючих питань стає забезпечення попиту на великогабаритні шини. Зараз попит на вантажні шини значно перевищує потужність постачання, з тривалим часом замовлення. Це спричинило серйозний дефіцит шин у промисловості, що призводить до збільшення вартості останніх. Аналіз попиту-пропозиції показує дисбаланс, що створює дефіцит. Як очікується, він буде стійким у довгостроковій перспективі, що створює потребу в захисті шин і продовження терміну їх служби. Для захисту шин вантажних автомобілів необхідне середовище, яке запобігає перегріву шин з наступним зворотним процесом вулканізації зносу і попередження повного виходу шин з ладу при перегріві, відриві каркаса, зносі протектора та висування. Промисловість набула широкого розмаху практичних заходів щодо продовження терміну служби шин із значним результатом. Проте довгострокове вирішення цієї проблеми буде досягнуто лише в майбутньому. Таким чином, виникають два аспекти, які вирішують питання про шляхи підвищення ефективності мобільного транспорту. Треба мати на увазі, що під час руху по дорозі колісні автосамоскиди повинні долати три сили: силу опору, силу підйому, зусилля ваги. При цьому необхідно враховувати якість дорожнього покриття. В таблиці 1.1 наведено питомий опір кочення.

Фірмою Zeppelin International AG на основі аналізу багатьох експериментальних даних для кар'єрних автосамоскидів було запропоновано ці сили враховувати наступним чином: силу опору – кочення,  $RW_k = 20 \text{ кг/т}$  ваги машини, крім того треба враховувати силу опору від поглиблення колеса в дорогу,

$RW_s = 6 \text{ кг/т}$ , тоді загальна сила  $RW_g = RW_k + RW_s$ . Подолання ухилу потребує додаткової сили. Кожен відсоток ухилу потребує додатково 10кг/т ваги автосамоскида.

Таблиця 1.1

## Питомий опір котіння

|   | <b>Якість основи дороги</b>   | <b><math>RW_s</math>,<br/>кг/т</b> |
|---|---|------------------------------------|
| 1 | Тверда укріплена дорога нема заглиблення шин (бетон, асфальт)                 | 20                                 |
| 2 | Тверда, мала деформація під загрузкою (до 2 см), щебінь або земельне покриття | 30                                 |
| 3 | Не укріплена дорога (занурення колеса до 5 см)                                | 50                                 |
| 4 | Розбита, неукріплена дорога з м'якою поверхнею (занурення колеса 10 см)       | 80                                 |
| 5 | Пухкий пісок, гравій  | 100                                |
| 6 | М'яка, мулиста розбита дорога   | 100-200                            |
| 7 | Сніг, пухкий, щільний   | 25/45                              |

Таким чином, якщо врахувати ці складові при переміщенні автосамоскиду, то виходить, що він буде мати загальний опір при ухилі 10% ( $20 \text{ кг/т} + 6 \text{ кг/т} + 10 \cdot 10 \text{ кг/т}$ ). В тому випадку, якщо загальна вага самоскида 100 т опір складатиме 12600 кг. Ця обставина впливає на швидкість переміщення автосамоскида, витрати паливно-мастильних матеріалів, нагрів двигуна. Значне заглиблення кар'єрів, що на багатьох підприємствах досягло 450-700 м призводить до того, що автосамоскиди в таких кар'єрах можуть долати не більш 300 м (по висоті) при транспортуванні гірничої маси. Це призводить до необхідності облаштування спеціальних вузлів на бортах кар'єрів для перевантаження гірської маси з автосамоскидів в самоскиди.

Це стало каталізатором, що змусив звернути увагу гірничої спільноти на пошук нових засобів транспортування гірничої маси в кар'єрах. Такими машинами зможуть стати гусеничні самоскиди в яких витрати сили, які обумовлені внутрішнім тертям та поглибленням гусениць в дорогу – мінімальні. З урахуванням відносно невеликих швидкостей гусеничних машин втрати майже не будуть впливати на потужність двигунів, але необхідно буде врахувати опір подолання

ухилу.

*Характеристика гусеничних самоскидів.* Останнім часом на гірничих підприємствах, будівництві автошляхів, в інших галузях виробництва з'явився новий тип самоскидів – гусеничні самоскиди. Найбільш поширені машини фірм Panther, Marooka, Borgman Tracket, Cattarpiller та інші. Вантажопідйомність найбільш поширених самоскидів 5-20 т. На деяких кар'єрах використовуються машини вантажопідйомністю 40-60 т.

Гусеничні самоскиди існують в таких модифікаціях:

1. Кабінного варіанту з розвантаженням на три сторони.
2. Кабінного варіанту з розворотом корпусу на 360° ( в тому числі під час руху).
3. Безкабінного варіанту, з управлінням від оператора на відстані.
4. Роботизовані безкабінні гусеничні самоскиди.

Поширення застосування гусеничних самоскидів обумовленні конструктивними особливостями: велика сила тяги, яка може дорівнювати масі самої машини; малий питомий тиск на поверхню, дякуючи великому коефіцієнту зчеплення траків з опорною поверхнею, висока прохідність та можливість пристосовуватись до нерівностей дороги, що виключає необхідність спеціальних покриттів.

Окрім того, в умовах кар'єрів – подолання ухилів до 360-450 ‰; повноповоротна платформа забезпечує безманеврову роботу при навантажені і розвантажені самоскиду, таким чином, значно скорочуючи час рейсу; відсутність руху самоскида заднім ходом підвищує безпеку роботи в обмежених умовах вибою, або розвантажувальних майданчиків; потужність двигуна на деяких гусеничних самоскидах досягає 1000 к.с., ресурс двигуна може бути 10000 мото-годин, трансмісії гідростатичні, термін використання резино-металевих гусениць до 5000 мото-годин. Діапазон температур +40°...- 60°.

Механізм ходової частини дозволяє зробити управління самоскидом більш легким і плавним, щоб при пересуванні самоскидів не виникало сильної тряски. Вся система складається з двох редукторів бортового типу, привід гідравлічного типу, та рушій, що забезпечує обертання гусениць самоскиду.

Вантажна платформа створена за всіма останніми технологіями. Вона виконується посиленою спеціальними металевими балками. Як правило, вантажна платформа має ковшовий тип, і кут нахилу її підбирається таким чином, щоб як найбезпечніше можна було провезти вантаж по похилій місцевості.

Кабіна оператора виконується з посилених елементів, що покриваються цільнолистовим залізом. Кабіна включає мінімальну кількість елементів, таким чином вона не перевантажена, що дозволяє оператору почуватися найбільш комфортно. Все управління самоскидом здійснюється за допомогою лише джойстика, тому особливих навичок роботи на самоскиді мати не обов'язково. Потужність двигуна гусеничного самоскида досягає однієї тисячі кінських сил. Термін гарантійної служби гусеничної техніки при швидкості від 5 до 10 миль на годину дорівнює 2,5 тис мото-годин. Трансмісія самоскида гідростатична. Ресурс самого двигуна гусеничного самоскида дорівнює десяти тисяч мото-годин.

Висота завантаження самоскида дорівнює трьом метрам. Об'єм вантажної платформи з розрахунку того, що завантаження виконується з «шапкою» може досягати дев'ятнадцяти кубометрів. До того ж, він може перевозити до 20 тон вантажу, а також має всебічне розвантаження, що робить його найпродуктивнішим транспортним засобом подібного типу. Ця машина так само чинить мінімальний шкідливий вплив на природу. Рівень викидів його двигуна відповідає найсуворішим нормам екології, а за власної ваги майже 17 тон, він надає тиск силою всього 279 г/см<sup>2</sup>. Сьогодні нерідко стало використання такого виду техніки, як гусеничний самоскид. Існуючі самоскиди найчастіше використовуються у важкодоступних районах і на непрохідній місцевості. Також їх часто застосовують там, де ґрунт є розмитим і дуже вологим. Основним призначенням цього типу техніки є перевезення матеріалу, його вивантаження на об'єкти. Часто використовують гусеничний самоскид на будівництві, а також у гірничодобувному виробництві в кар'єрах зі складними умовами (рис.1.9).

Гусеничний самоскид представляє один з типів важкої техніки, який має високий рівень вантажопідйомності. Середні межі є вантажопідйомність, яка може перевищувати 60 тон. Однак, такий параметр може бути різним, залежно від марки

та моделі самоскида.

Корпус техніки виконується з високоміцної сталі. Як правило, платформа гусеничного самоскида виконана поворотною. До того ж, при поворотній платформі самоскид має можливість рухатися в протилежному напрямку, що є просто необхідним у обмежених умовах, де немає можливості розвернути техніку.



Рис. 1.9. Мароока на будівництві дороги.

Двигун цієї техніки працює за допомогою рідкого дизельного палива. Важливою перевагою даного типу техніки є те, що додаткові агрегати, які можуть стати в нагоді в роботі, можна розташувати знизу самоскиду, у просторі між гусеницями. На це впливає і зниження маси техніки, що забезпечує їй ще більшу здатність до подолання важко прохідних місць. Максимальною робочою швидкістю середнього за вантажністю самоскида можна вважати швидкість, що дорівнює 8-10 кілометрів на годину. Однак, порожній самоскид пересувається зі швидкістю 20 км/год. Градус нахилу, при якому самоскид може вільно рухатися гірською місцевістю, може досягати двадцяти-тридцяти градусів.

Експлуатація цього виду техніки може відбуватися в діапазоні температур від мінус шістдесят градусів до плюс сорока градусів. Таким чином, видно, що робота на самоскиді може проводитись у найважчих кліматичних та рельєфних умовах (рис. 1.10).



Рис. 1.10. Самоскид Panther T-14

А ось найновіша гусенична модель, машина Panther T14R, вже зараз називається експертами найефективнішим транспортером у світі. Він оснащений надбудовою (операторською кабіною та самоскидним кузовом), що обертається навколо своєї вісі навіть під час руху, у будь-якому напрямку над шасі. Така надбудова дозволяє вантажівці здійснювати мінімум рухів і розворотів, а значить працювати в найстисліших умовах, заощаджуючи паливо і час.

Серія гусеничних транспортерів Panther марки PRINOTH – це машини із надзвичайно низьким питомим тиском на ґрунт. Дивлячись на те, як вони рухаються, створюється відчуття неймовірної легкості, адже здається, що важка вантажівка лише трохи торкається землі. Переїнявши від граціозної дикої кішки ім'я та вміння плавно рухатися, Пантера справді з легкістю справляється з їздою по повному бездоріжжю, долаючи круті підйоми, болота, піски та навіть воду. Особлива конструкція цього всюдихода дозволяє йому перетинати водянні потоки глибиною до 1,4 метрів. А завдяки незвичайній будові гусениць із зигзагоподібним малюнком, Пантера має дуже сильне зчеплення з ґрунтом, і високу маневреність, що робить її незамінним транспортером з доставки вантажів у важкодоступні місця (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Резино-металеві гусеничні самоскиди Panther T-14.

Створена для експлуатації в гірничодобувній промисловості, будівництві, нафтогазовій та комунальній галузях, модель Panther T14 виявилася неймовірно легким і швидким транспортером, який, вмiючи розвивати швидкість по пересiченiй мiсцевостi до 15 км/год, при власнiй вазi трохи менше 6,9 тон здатний тягти вантаж вагою до 15 тон. При цьому вiн чинить на ґрунт настiльки маленький тиск - 154 г/см<sup>2</sup>, що пiсля себе практично не залишає слiду. У той же час, успiшно працює на кар'єрах на видобутку каменю блочного, облаштуваннi середземноморських берегiв [10].

Самоскиди на гусеничному шасi, незважаючи на ще малу емнiсть ринку, мають чiтко окреслений ареал експлуатацiї. Можливостi та переваги гусеничної самоскидної машини складаються з можливостей гусеничних машин як таких – це малий питомий тиск на ґрунт, велика сила тяги завдяки великому коефiцiєнту зчеплення траків гусениць з опорною поверхнею. Все це дозволяє впевнено експлуатувати завантажену самоскидну гусеничну машину на пересiченiй

місцевості, при такій складності, коли рух навіть високо прохідних зчленованих колісних самоскидів є великою складністю, і вони рухаються тільки вниз, тобто, закопуються. Малий питомий тиск разом з великою площею контакту дозволяють розвивати гусеничні машини тягу, що дорівнює масі самої машини.

На параметри робочого майданчику впливає радіус повороту транспортних засобів і схема організації робіт. Найменші показники таких радіусів відповідають саме гусеничним машинам, коли використовують поворот дволанкових гусеничних транспортерів шляхом взаємного складування в горизонтальній площині першої та другої ланок по відношенню одна до іншої за допомогою спеціальних гідроциліндрів і поворотно - зчепного пристрою [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, с.188-190]. На поточний час вже розроблені довговічні гумовометалеві гусениці – це результат багаторічного співробітництва Morooka з фірмою Bridgestone. Конструкція, що використовується дозволяє сумістити комфорт і плавність ходу гумових шин з високою тягою і низьким тиском на ґрунт гусеничного рушійника.

На теперішній час вже використовуються подібні машини, які мають вантажність від 7 до 30 т (табл. 1.2) виготовлені фірмами Prinoth, Morooka, Komatsu, Bergmann [10, 12, 13, 14].

Особливість гусеничних автосамоскидів те, що вони здатні долати підйом з кутом до  $30^\circ$ , що дозволяє знизити довжину траншей, а відповідно і з'їздів всередині кар'єру.

Область застосування гусеничних транспортних засобів все більше розширюється, що відповідно буде призводити до проектування потужних типів таких машин зі збільшеною вантажопідйомністю, габаритами і відповідними гусеничними системами для роботи в важких умовах.

Важливим параметром кар'єрів є ширина транспортних майданчиків яка залежить від габаритів і робочих параметрів транспортних засобів. Треба зазначити, що для транспортного забезпечення нижніх горизонтів кар'єрів, коли площа дна кар'єра поступово зменшується використання пневмоколісних автосамоскидів буде обмежено їх параметрами і радіусом розвороту, в такому

випадку, на допомогу можуть прийти саме гусеничні автосамоскиди.

Таблиця 1.2

## Параметри гусеничних автосамоскидів

| Фірма (тип машини)                                     | Вантаж-ність, т | Об'єм кузова, м <sup>3</sup> | Довжина/ширина машини, м | Долаємий кут підйому, град | Швидкість, км/год |
|--|-----------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|
| Prinoth (Panther T22R)                                 | 20,865          | -                            | 9083/3479                | 31 (спуск 21)              | 9,5               |
| Prinoth (Panther T16R)                                 | 15,195          | 6,6                          | 8,141/2980               | 31                         | 13,0              |
| Prinoth (Panther T14R)                                 | 13,2            | 5,1                          | 5936/2570                | 15                         | 13,5              |
| Prinoth (Panther T12)                                  | 11,34           | 4,9(5,9)                     | 6107/2570                | 31(21,8)                   | 13,5              |
| Morooka (MST-4000 VDR)                                 | 20,0            | 10,25                        | 6800/3200                | 30                         | 11,6              |
| Morooka (MST-3000VD)                                   | 15,0            | 4,9                          | 6200/3 050               | 30                         | 8-12              |
| Morooka (MST-2200VDR)                                  | 11,0            | 3,53                         | 5888/2980                | 30                         | 8-11              |
| Komatsu (CD110R-1)                                     | 11,0            | 6,4                          | 6215/2950                | 30                         | 6,2-10            |
| Bergmann (C912 RK)                                     | 10,0            | 4,7                          | 5963/2900                | 30                         | 6,0-10            |
| Wilhelm Haddick GmbH & Co (Cit 5719 Raupentransporter) | 30              | -                            | 8500/3000                | 28-30                      | 10                |

Гусеничні автосамоскиди можуть здійснювати човниковий рух без розвороту на місці. Для завантаження такого гусеничного автосамоскиду він облаштований поворотною платформою, яка обертається на вісі. В такому разі умовою використання такого транспортного засобу у вибої кар'єру є радіус повороту платформи (рис. 1.12).

У зв'язку з появою нових типів сучасних автосамоскидів та екскаваторів закордонного виробництва, які з'являються на теренах України необхідно вивчати їх параметри, імовірності характеристики роботи, процеси їх взаємодії під час виймально-навантажувальних і транспортних робіт.



Рис. 1.12. Гусеничний автосамоскид Panther з повноповоротною платформою при відсипанні первинного відвалу.

Для транспортування гірничої маси в кар'єрах застосовують автомобільний транспорт, залізничний транспорт, конвеєрний транспорт. Машини з гусеничним ходом найбільш задіяні в процесі видобутку. Основними з них є: екскаватори, бульдозери, навантажувачі. Однак, треба приділити увагу використанню на сучасних кар'єрах гусеничних автосамоскидів. Такі машини дуже широко використовують в складних гірничо-геологічних умовах за кордоном. Конструкція гусеничних автосамоскидів дозволяє сумістити комфорт, потужність, а плавність ходу резинових шин які мають низький тиск на ґрунти дають високу прохідність у складних умовах [15]. Автосамоскиди на гусеничному ході мають вантажність від 7 до 30 т. Сучасні гусеничні автосамоскиди можуть здійснювати човниковий рух без розвороту на місці. Платформа з кузовом і кабіною обертається разом, що виключає необхідність розвертання за допомогою гусениць. Гусеничний автосамоскид облаштований поворотною платформою, яка обертається на вісі і це дозволяє як завантажуватися, так і розвантажуватися на всі сторони світу без руху ходової частини. Відповідно використання такого транспортного засобу у вибої кар'єру обмежується габаритами радіусу повороту платформи.

### 1.3 Аналіз світового досвіду використання самоскидів та актуальність роботи

Загальнодержавною програмою розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року [16] зазначається, що одним із вагомих чинників для подолання важкого становища в економіці України є відповідне забезпечення потреб економіки в мінерально-сировинних ресурсах та цільове їх використання. Мінерально-сировинна база України є достатньо вагомою для держави та впливає на світовий ринок. У надрах України визначено майже 20 тис. родовищ та геологічних проявів 117 різновидів корисних копалин, з яких 8290 родовищ і 1110 об'єктів обліку за 98 видами мінеральної сировини мають промислове значення і враховані в державному реєстрі як балансові запаси корисних копалин, з них 3349 знаходиться у промисловій розробці.

Всесвітній видобувний конгрес "World Mining Data - 2020" про роботу гірничо-видобувної промисловості в 2019 році констатував, що за час 1988-2018 рр. Видобуток мінеральної сировини виріс з 10,4 млрд т до 17,7 млрд т, що складає збільшення в 1.7 рази. Найбільше всього виросла потреба в паливі з 9,3 млрд т до 15,2 млрд т.

Промислових мінералах - з 505 млн т до 811 млн т ( гіпс, сіль, сірка, магнезит, тальк та інші, що використовуються в будівельній та паперовій промисловостях, а також агрокомплексі).

В цілому Україна по видобутку сировини зайняла 28 місце, але в той же час по видобутку таких корисних копалин, як марганець, уран, графіт-9, залізо-7, каолін, титан-6, гелій-5. Що дозволило по цим корисним копалинам України посісти місце в першій десятці.

Валовий національний продукт значно формується за рахунок мінерально-сировинного комплексу. Видобуток та використання корисних копалин формує значний відсоток промислового потенціалу країни, і в галузі задіяно досить багато трудових ресурсів. Відсоток використання цих ресурсів не менші ніж в розвинутих країнах Європи, Азії та інших країнах з потужними гірничодобувними та

переробними виробництвами. Значний відсоток загальних інвестицій зосереджено саме в промисловості з видобутку та подальшої переробки мінеральної сировини із залученням місцевих трудових ресурсів. Значна частина родовищ корисних копалин Донбасу, що відпрацьовують відкритим способом, мають значну потужність порід розкриву та шари з малою потужністю корисної копалини за винятком металургійної сировини. Треба зазначити, що більш ніж половина витрат припадає на виймально-навантажувальні роботи, транспортування і наступне складання або відвалоутворення порід. Треба зазначити, що більш ніж половина витрат припадає на виймально-навантажувальні роботи, транспортування і наступне складання або відвалоутворення порід. На кар'єрах, що розробляють родовища з м'якими породами (каоліни, вогнетривкі глини), виймально-навантажувальне обладнання представлене одноківшевыми екскаватори (переважно гідравлічними), для переміщення порід розкриву застосовують автосамоскиди з різною вантажністю. Ефективність розробки родовищ нерудних корисних копалин і поступове підвищення продуктивної роботи екскаваторно-автомобільного комплексу залежить від правильно підібраного, економічно обґрунтованого робочого обладнання **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. Вирішенням цього питання може бути технічне переоснащення кар'єрів більш продуктивним обладнанням з високою продуктивністю і сервісом обслуговування на території України. Підтримка зазначеної виробником продуктивності екскаваторно-автомобільного парку здійснюється за рахунок правильних умов експлуатації, своєчасного ремонту та обслуговування. Не останню роль на виробництві відіграють організація та планування гірничих робіт під час виймання порід розкриву та корисної копалини. Багато кар'єрів, що здійснили технічне переоснащення на більш сучасні екскаватори та транспортні засоби, дуже мало уваги приділяють організації робіт з розкриття родовищ. Здебільшого підвищення продуктивності механізованого комплексу, який представлений одноківшевыми екскаваторами та автосамоскидами, здійснюється окремо для кожної з ланок процесу циклічної технології. Відсутність жорсткого взаємозв'язку між операціями циклічного обладнання призводить до зменшення норм виробки, зниження

продуктивності окремих видів техніки і кар'єру в цілому. У цьому зв'язку виникає актуальність дослідження впливу робочих параметрів різнотипного обладнання, що використовують у кар'єрі, на продуктивність окремих ланок машин циклічної дії та вибору оптимальних розмірів цього обладнання і формування комплексів циклічної технології. Значну увагу було приділено встановленню ефективності використання вантажності та місткості кузовів автосамоскидів.

При вивченні ефективності використання циклічної технології мають статистичні данні і отримані з них залежності змінної або місячної продуктивності обладнання притаманні виключно для відповідних гірничотехнічних умов. Як правило, такі дослідження здійснюється для технологічного обладнання ЦТ і враховують не більш одного, двох факторів.

Одним з істотних впливів на ефективність транспортної системи розробки на родовищах є розміщення транспортних засобів у екскаваторному вибої. Зв'язок між водієм автосамоскиду та оператором екскаватора – важливий момент взаємодії роботи обладнання при впровадженні циклічної технології.

Основними характеристиками, які відображають взаємодію між екскаватором та автосамоскидом є час виймально-навантажувальних робіт і очікування, а також простою транспортних засобів. На цикл роботи екскаватора впливає подрібненість порід, якість вибою і співвідношення ємності ковша екскаватора з місткістю кузова транспортного засобу. Підготовленість вибою і час циклу роботи екскаваторів, що працюють разом з автосамоскидами були висвітлені в багатьох наукових роботах [1-5, 17, 18]. Значна кількість науковців визначала тривалість простоїв автосамоскидів, у тому числі очікування навантаження та розвантаження, з використанням залежностей теорії масового обслуговування. Треба зазначити, ці формули не враховують різні фактори, наприклад, умови в яких працюють машини, досвідченість працівників. Багато досліджень пов'язані з встановленням регресійних залежностей циклу роботи від відстаней транспортування корисної копалини. Аналіз роботи виймально-навантажувальних машин що працюють разом з автосамоскидами дозволяє зробити висновок, що плече транспортування не

єдиний фактор, який впливає на цикли роботи машин. Дослідження підтверджують низький коефіцієнт кореляції між залежностями основних процесів циклу.

Вивчення наукової літератури, яка пов'язана з продуктивністю транспортних засобів на кар'єрах і факторами які впливають на останні, показало багатогранність проблеми і вивчаємих аспектів. Здебільше в попередні роки вивчалися автосамоскиди типу БілАЗ -540, БілАЗ-548 і останні роки БілАЗ-549. Вивчення роботи гусеничних самоскидів у різних умовах вимагає додаткових досліджень. Дослідження пов'язані з гірничотехнічними умовами експлуатації машин і їх впливу на цикл роботи транспортних засобів. У зв'язку з появою нових типів сучасних автосамоскидів та екскаваторів закордонного виробництва, які з'являються на теренах України необхідно вивчати їх параметри, імовірності характеристики роботи, процеси їх взаємодії під час виймально-навантажувальних і транспортних робіт. Виходячи із наведеного вище тема наукової роботи – актуальна.

В монографії [18] на основі багаторічного досвіду експлуатації гірничотранспортного обладнання фірми Zeppelin international AG отримані цікаві висновки, які мусять зацікавити українську гірничу спільноту. Перший висновок – шлях створення без вибухової технології розробки міцних корисних копалин, які видобуваються поблизу населених пунктів та промислових споруд. Другий висновок – в умовах розробки нерудних корисних копалин України, які характеризуються різноманітними копалинами, умовами залягання, фізико-механічним складом гірських порід, конструктивним станом автодоріг, не слід орієнтуватися тільки на кар'єрні самоскиди формули 4x2. Особливість сучасних кар'єрних самоскидів є не тільки зростаюча вантажність до 450 т на одиницю машини, але й забезпечення двох вимог: здатністю працювати на скельних породах та забезпечення транспортування гірської маси з високими швидкостями (конструктивна швидкість самоскиду 55-70 км/год).

На нерудних кар'єрах все частіше почалась експлуатація шарнірно-зчленованих самоскидів. Шарнірно-зчленовані самоскиди конструктивно відрізняються від кар'єрних, їх модифікація – 4x4, та 6x6. Вони повнопривідні, на

деяких моделях модифікації 6х6 третій міст виконує функцію підтримки і підключається при необхідності. Ці самоскиди обладнані широкопрофільними шинами низького опору, що значно зменшує питомий опір коліс і опір кочення. В таблиці 1.3 наведені показники тиску в шинах і відповідний тиск на ґрунт.

Таблиця 1.3.

## Показники тиску в шинах і питомому тиску на ґрунт [15]

| Тип самоскида | Тиск, бар/кг/см <sup>2</sup> |           |                |           |              |           |
|---------------|------------------------------|-----------|----------------|-----------|--------------|-----------|
|               | Передні колеса               |           | Середні колеса |           | Задні колеса |           |
|               | в шинах                      | на ґрунт  | в шинах        | на ґрунт  | в шинах      | на ґрунт  |
| Кар'єрний     | 7.00/5.86                    | 5.70/5.58 |                |           | 7.10/5.96    | 6.70/5.57 |
| ШЗС 4х4       | 3.20/3.13                    | 3.00/2.94 |                |           | 4.10/4.02    | 3.70/3.63 |
| ШЗС 6х6       | 3.20/3.13                    | 3.00/2.94 | 3.30/3.23      | 3.10/3.04 | 3.10/3.04    | 3.00/2.94 |

Як видно з таблиці 1.3 питомий тиск на ґрунт у кар'єрних самоскидів на 50-80% вище ніж у шарнірно-зчленованих самоскидах (ШЗС). Якщо подивитись на таблицю 1.3, з урахуванням опору порід кар'єрні самоскиди в цих умовах працювати не будуть. В той час, як шарнірно-зчленовані самоскиди будуть працювати в більшості із наведених умов. Звідси поширене використання ШЗС на кар'єрах по видобутку глин (WBB, Minerals, Devon, Британія, ПрАТ «Веско», Україна), піску (НГЗК Новоселівський гірничий збагачувальний комбінат, Україна) та багатьох інших гірничих підприємств по видобутку нерудних корисних копалин. Конструктивні особливості ШЗС дають можливість складання полурам майже під кутом 45 градусів, що робить їх маневреними, здатними працювати в обмеженому просторі кар'єрів.

Досвід застосування в умовах ФРН свідчить, що двухосні самоскиди ефективні при відстані транспортування до 1000м, в трьохосні до 3000м. Вони не конкурентоспроможні по швидкості руху з кар'єрними самоскидами, але враховуючи здатність долати ухилів до 30-35% вони з успіхом виправдовують себе

в специфічних умовах, особливо враховуючи, що тягові зусилля у них на 40-45% більше ніж у кар'єрних самоскидів. Треба зупинитись на деяких особливостях використання ШЗС. Кар'єрна дорога на з'їздах повинна бути одностороння; в випадку доопрацювання запасів допускається облаштування двосторонньої її дороги, але на протяжливих з'їздах необхідно створювати вставки довжиною не менше 50 м з ухилом не більше 5% через кожні 100 м підйому. Завантаженим шарнірно-зчленованим самоскидам спуск дозволяється на відстань не більше 200 м. Специфікою гусеничних самоскидів є та обставина, що у них дорога «завжди з собою» зроблена зі сталі, або гумо-металева. Вона завжди така, що дозволяє не враховувати витрати тягової сили на внутрішнє тертя та заглиблення траків в дорогу, тому, що вони мінімальні в зв'язку з мінімальними швидкостями руху ГС (до 20 км на годину). При застосуванні ГС нам необхідно буде в розрахунках враховувати головним чином, опір ухилу. Як рекомендують [18] кожний відсоток ухилу збільшує опір руху на 10 кг на кожну тонну ваги машини. Що стосується колісних самоскидів, то необхідно в розрахунках враховувати: опір кочення – 20 кг/т ваги самоскида при бетонному покритті дороги; опір від заглиблення колеса в дорогу – 6 кг/т при заглибленні на 1см; опір від ухилу 10 кг/т на 1 % ухилу. Малий питомий опір, велика площа контакту гусениць з поверхнею дозволяє ГС розвивати тягу, яка відповідає масі самоскида і долати ухили до 45-50%, а при необхідності і вище.

Гусеничні самоскиди мають значне розширення в різних країнах світу: ЮАР, Канаді, Чилі, Австралії, Китаї, Японії та інш. Компанія Tracked Dumper Hire володіє великою кількістю гусеничних самоскидів, вантажністю до 22 т різних марок, таких як, Hitachi, Marooka, Mitsubishi, Yanmar та інші, які працюють і різних умовах, не тільки в Англії, але й багатьох країнах світу. Вони працюють різних умовах: там де зовсім немає доріг, де гірські породи з слабкою несучою здібністю, в горах з необхідністю додання крутих схилів, на відсіпці насипів з необхідністю переміщення по укосам.

В Аргентині гусеничні самоскиди працювали на прокладці трубопроводів по схилах з уклоном до 30°, доставляючи вантаж на відстані 5 – 7 км [10].

На кар'єрах Канади з успіхом працюють гусеничні самоскиди Yanmar C – 50 R-5A (Японія) вантажністю 3.81 т; Marooka MST 2200 VDR – вантажністю 11 т виробництва США; Hitachi EG 70 R (Японія) – вантажністю 11,2 т; Marooka MST 3000 VDR (США) – вантажністю 15,5 т; Prinoth Panther T 14 R (Італія) – вантажністю 16 т. Гусеничні самоскиди розроблені для роботи в складних кліматичних умовах на місцевості із гірським рельєфом, який значно ускладнює транспортування гірської маси. Конструктивно всі гусеничні самоскиди виконані з урахуванням місцевих особливостей і забезпечення комфортних умов роботи операторів (рис. 1.13).



Yanmar C50R-5A.



Marooka MST 2200 VDR



Marooka MST 3000 VDR



Hitachi EG 70 R



Prinoth Panther T14 R.

Рис. 1.13. Гусеничні самоскиди на золотих копальнях Канади.

Вплив робочих параметрів різнотипного обладнання, що використовують у кар'єрі, на продуктивність окремих ланок машин циклічної дії та вибір оптимальних розмірів обладнання під час формування комплексів циклічної технології, а також вплив технологічних параметрів транспортного устаткування на параметри системи розробки кар'єрів і їх елементи є сучасною актуальною проблемою.

#### 1.4 Мета, задачі та методи досліджень

Гусеничні транспортні засоби вже давно використовують в умовах кар'єрів. Основними гусеничними машинами які задіяні в процесі видобутку є: екскаватори, бульдозери, навантажувачі. Однак, треба звернути увагу на використання гусеничних автосамоскидів, які дуже широко використовують в складних умовах.

**Метою роботи** є обґрунтування інноваційної технології видобутку корисних копалин із застосуванням гусеничних самоскидів та визначення параметрів і елементів системи розробки при формуванні крутонахилених транспортних з'їздів.

Автомобільний транспорт найбільш використовується коли є складні умови місцевості, коли кар'єри мають невеликі розміри і запаси, є необхідність в короткі терміни почати видобуток і дістатися до корисної копалини.

На параметри робочого майданчику впливає радіус повороту транспортних засобів і схема організації робіт. Найменші показники таких радіусів відповідають саме гусеничним машинам, коли використовують поворот дволанкових гусеничних транспортерів шляхом взаємного складування в горизонтальній площині першої та другої ланок по відношенню одна до іншої за допомогою спеціальних гідроциліндрів і поворотного-зчепного пристрою [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. На поточний час вже розроблені довговічні резинові гусениці – це результат багаторічного співробітництва Morooka з фірмою Bridgestone. Конструкція, що використовується дозволяє сумістити комфорт і плавність ходу резинових шин з високою тягою і низьким тиском на ґрунт гусеничного движку [12].

Для вирішення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні **завдання**, а саме:

1. Аналіз сучасного транспортного обладнання з оглядом досліджень та досвіду практичного застосування гусеничних самоскидів, визначення сучасних тенденції розвитку мобільного транспорту на кар'єрах.

2. Дослідження впливу роботи гусеничних самоскидів на елементи системи розробки.

3. Обґрунтування ефективних комбінацій гірничотранспортного обладнання та технологічних схем при використанні гусеничних самоскидів.

4. Розробка методичних рекомендацій щодо застосування гусеничних самоскидів та техніко-економічна оцінка прийнятих рішень.

Для досягнення зазначеної мети в роботі використані наступні **методи**: аналізу літературних та інформаційних джерел – для вивчення поточного стану транспортування гірничої маси на сучасних кар'єрах, метод моделювання кар'єрного простору в програмі Micromine при застосуванні гусеничних самоскидів – для обґрунтування застосування гусеничних машин в процесі транспортування, графо-аналітичні методи – для оцінки технологічних схем формування з'їздів і параметрів технологій розробки корисної копалини із застосуванням гусеничних та колісних самоскидів, математичної статистики – для аналізу продуктивності гірничо-транспортного обладнання в мовах розробки неметалічних родовищ, техніко- економічного обґрунтування – для визначення раціональних , технологічних схем відпрацювання кар'єрного поля, метод варіантів – для обґрунтування технологічних схем розкриття родовища.

## РОЗДІЛ 2

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ РОБОТИ ГУСЕНИЧНИХ САМОСКИДІВ НА КАР'ЄРАХ

#### 2.1 Аналіз технологічних схем роботи мобільного транспорту на кар'єрах

Застосування шарнірно-зчленованих і кар'єрних самоскидів в умовах розробки родовищ є найбільш поширеним при розробці кар'єрів з невеликою продуктивністю. До таких кар'єрів можна віднести гірничі підприємства які відпрацьовують нерудні поклади (пісок, глина, граніти, кварцити та інше).

Технологічні схеми передбачають організацію робіт автосамоскидів з одноківшевыми екскаваторами. На поточний час найбільш розповсюдженими є гусеничні гідравлічні екскаватори з невеликим об'ємом ковша, які в повній мірі забезпечують продуктивність підприємств з виймання порід розкриву і видобутку корисної копалини. Технологічні схеми роботи мобільного транспорту передбачають способи маневрування автосамоскидів біля вибою і способи встановлення транспортного засобу під навантаження.

Гідравлічні екскаватори за технологією навантаження передбачається розміщувати на насипу або на проміжному майданчику уступу, що формується екскаватором. Розміри проміжного майданчика уступу залежать від технологічних параметрів роботи і габаритів виймально-навантажувального засобу (рис. 2.1). Екскаватор може здійснювати виймання як нижче майданчику встановлення, так і брати гірничу масу з верхньої частини, поступово формуючи майданчик для розміщення. Таким чином, поступово відпрацьовується уступ і здійснюється відпрацювання західки. Періодично нижня частина уступу підчищається і формується бульдозером для нормальної роботи автотранспортних засобів.

Треба зазначити що радіус розвороту, а відповідно і ширина робочого майданчику при використанні шарнірно-зчленованих самоскидів значно менше, чим при застосуванні звичайних кар'єрних автосамоскидів.

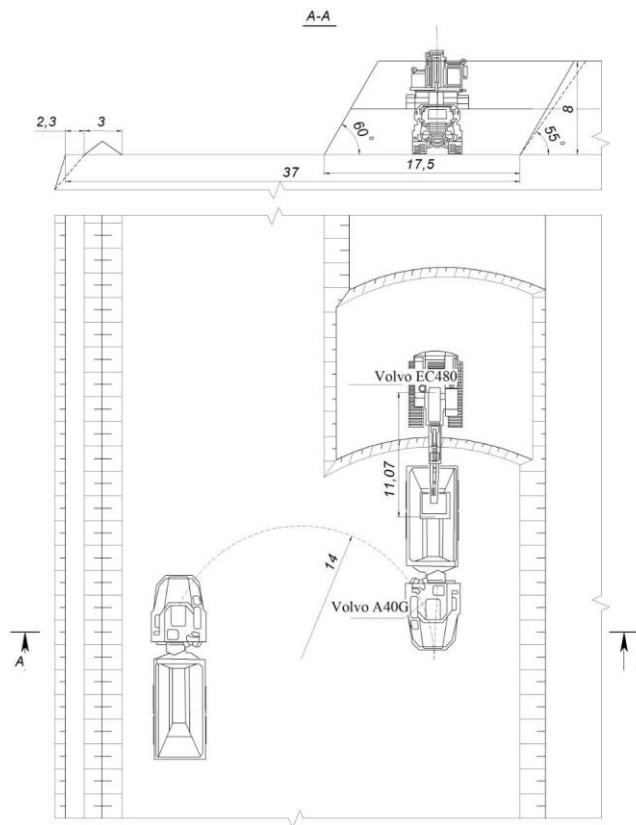


Рис. 2.1. Технологічна схема маневрування шарнірно-зчленованого самоскиду за кільцевою схемою.

Технологічна схема вказана на рис. 2.1 передбачає виїзд транспортного засобу в ліву смугу і маневрування машини за радіусом з правим розворотом за кільцевою схемою, при завершенні маневрування машина здійснює рух заднім ходом до місця завантаження у вибій. Зупинка транспортного засобу є сигналом для оператора екскаватора про початок завантаження.

Ширина робочого майданчику при застосуванні кільцевої схеми маневрування визначається за формулою:

$$Ш_{рм} = Z + b_1 + 2R_a + C, \text{ м} \quad (2.1)$$

де  $Z$  – призма можливого обрушення, м;

$b_1$  – вал безпеки, м;

$R_a$  – радіус розвороту, м;

$C$  - безпечна відстань між автосамоскидом і нижньою брівкою уступу, м.

Наступна найбільш розповсюджена технологічна схема руху автосамоскидів поблизу вибоїв та при розвантаженні на відвалах – з тупиковою схемою і розворотом на 180 градусів (рис. 2.2). У порівнянні з попередньою схемою вона дозволяє зменшити ширину робочого майданчику уступу на величину радіуса розвороту і є найбільш простою і зрозумілою для водіїв. Завантаження транспортного засобу може бути як з правого борту так і з лівого. Екскаватор як було описано раніше знаходиться на проміжному майданчику уступу.

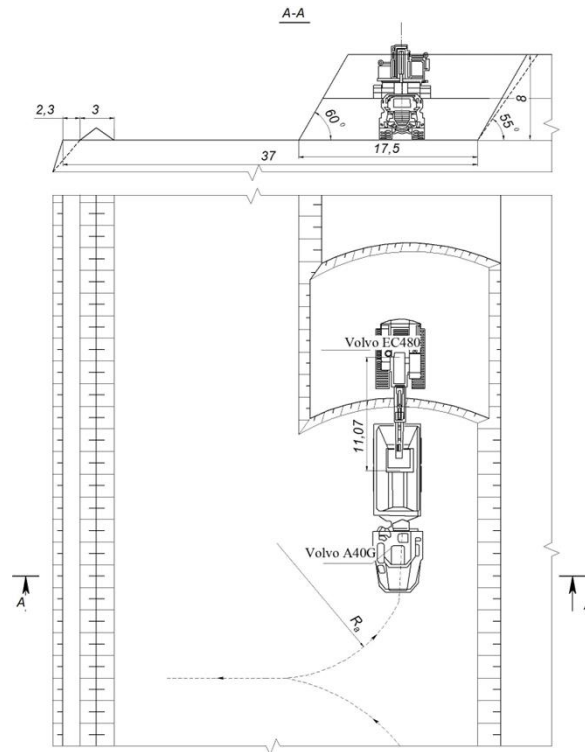


Рис. 2.2. Технологічна схема маневрування шарнірно-зчленованого самоскиду з тупиковою схемою з розворотом на 180 градусів.

Ширина робочого майданчику при застосуванні тупикової схеми маневрування і розворотом на 180 градусів визначається за формулою:

$$Ш_{рм} = Z + b_1 + C_1 + R_a + l_a + C, \text{ м} \quad (2.2)$$

де  $Z$  – призма можливого обрушення, м;

$b_1$  – вал безпеки, м;

$C_1$  – безпечна відстань між автосамоскидом і валом безпеки, м;

$R_a$  – радіус розвороту, м;

$l_a$  – габаритна довжина автосамоскиду, м;

$C$  – безпечна відстань між автосамоскидом і нижньою брівкою уступу, м.

Ще один різновид розміщення транспортного засобу з тупиковою схемою маневрування і розворотом на кут 90 градусів і більш (рис. 2.3).

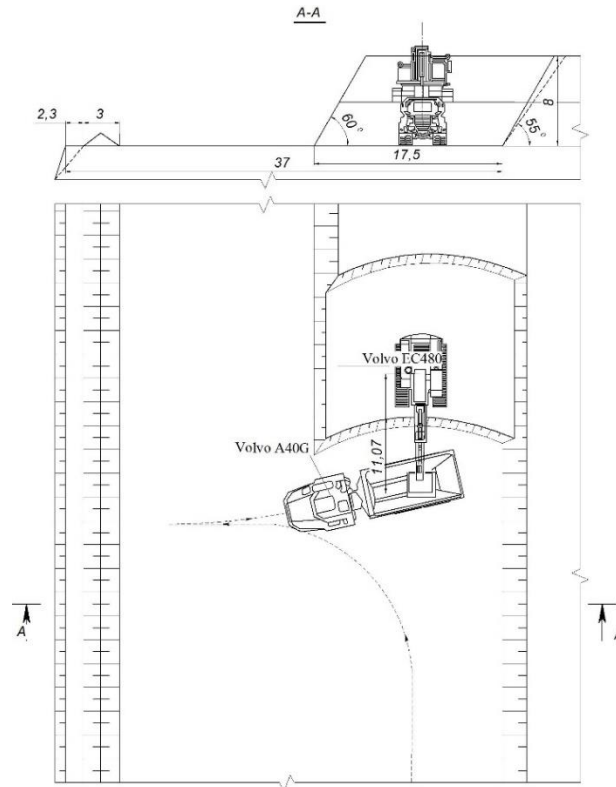


Рис. 2.3. Технологічна схема маневрування зчленованого самоскиду з тупиковою схемою з розворотом на кут 90 градусів і більш.

Фактично автосамоскид розміщується майже перпендикулярно до західки екскаватора. Недоліком такого маневру і встановлення машини є те, що під час навантаження водій має залишити транспортний засіб. Це пов'язано з технікою безпеки. Під час навантаження заборонено пронесення ковша над кабіною автосамоскиду. При присутності водія в кабіні завантаження може бути тільки зі сторони кузова. Щодо розміщення гідравлічного екскаватору то воно подібне описаному раніше. Формула розрахунку ширини робочого майданчику уступу при використанні тупикової схеми маневрування і розворотом на кут 90 градусів аналогічна формулі 2.2.

## 2.2 Розробка технологічних схем роботи гусеничних самоскидів в умовах обмеженого простору кар'єра

В сучасних умовах відсутні технологічні схеми, що передбачають використання гусеничних самоскидів в кар'єрах. При використанні гусеничних самоскидів на робочих майданчиках їх розворот залежить від майстерності водія. Розворот може відбуватися за рахунок руху однієї гусениці, двох гусениць одночасно в реверсі, що дозволяє скоротити час на маневрування. Технологічно гусеничний самоскид може здійснювати як лівий так і правий поворот в межах робочої ділянки майданчику. Незначні радіуси розвороту дозволяють скоротити робочі розміри майданчику уступу з урахуванням радіусів роботи екскаватора.

Деякі різновиди гусеничних самоскидів взагалі не потребують розвороту на гусеницях. Розворот відбувається не ходової частини, а робочої платформи на якій розміщено кузов і водійська кабіна. В такому разі технологічна схема маневрування гусеничного самоскиду зовсім не схожа з відомими (рис. 2.4)



Рис. 2.4. Робота гусеничного автосамоскида з поворотною платформою.

Використання гусеничних самоскидів найбільш доцільно при застосуванні екскаваторів пряма або обернена лопата з ємністю ковша від 1,5 до 3 кубів. Застосування екскаватору типу обернена лопата з навантаженням в кузов гусеничного самоскиду показано на рис 2.5-2.9. Гусеничний самоскид може здійснювати різні види маневрів (див. розділ 3). Подача гусеничного самоскиду

може бути з правим поворотом радіус маневру на половину розміру машини (рис. 2.5) яка може бути застосовано в певних випадках з урахуванням правостороннього руху машин. Завантаження здійснюється гідравлічним екскаватором, який розміщують на проміжному майданчику уступу, виймання гірничої маси відбувається як нижче майданчику встановлення, так і з верхньої частини.

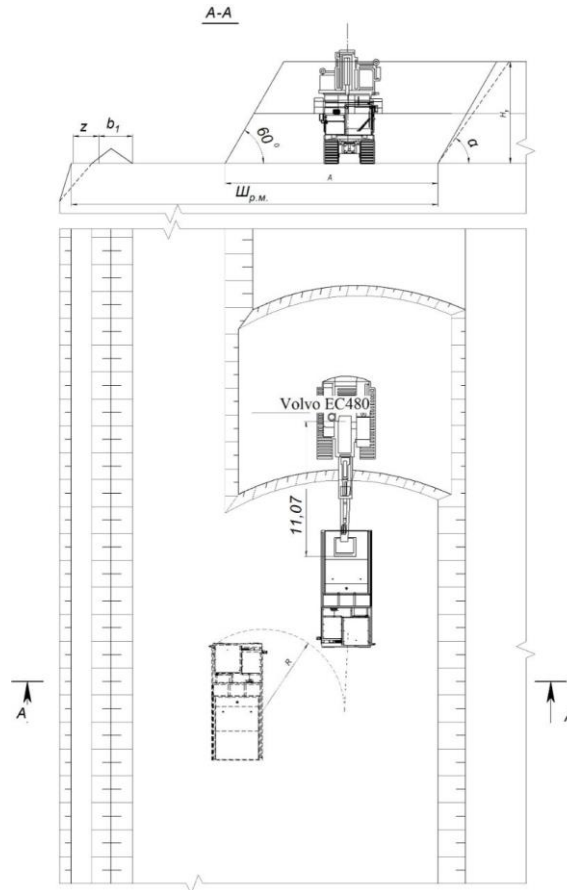


Рис. 2.5. Технологічна схема роботи гусеничного самоскиду з правим поворотом.

Технологічна схема вказана на рисунку 2.5 передбачає правий поворот гусеничного самоскиду, при цьому рухи здійснюються лівою гусеницею права в положенні «стоп». Після розвороту машини відбувається рух заднім ходом до місця завантаження у вибій. Після зупинки транспортного засобу відбувається процес завантаження кузова. По завершенні завантаження подається звуковий сигнал і водій автосамоскиду рухається до місця розвантаження.

Ширина робочого майданчику при застосуванні гусеничного автосамоскиду визначається за формулою:

$$Ш_{р.м} = Z + b_1 + b_{авто} + R_{аз} + \frac{b_{авто}}{2} + C, \text{ м} \quad (2.3)$$

де  $Z$  – призма можливого обрушення, м;

$b_1$  – вал безпеки, м;

$b_{авто}$  – ширина автосамоскиду, м;

$R_{аз}$  – радіус розвороту гусеничного автосамоскиду, м;

$C$  – безпечна відстань між автосамоскидом і нижньою брівкою, м.

За технологічною схемою рис. 2.6 передбачається лівий поворот гусеничного самоскиду, при цьому рухи здійснюються правою гусеницею ліва гусениця перебуває в положенні «стоп».

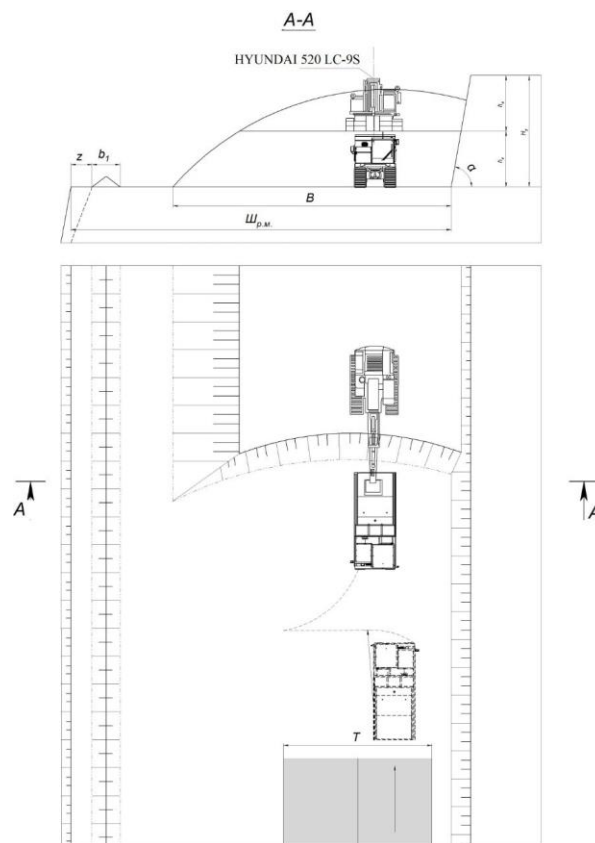


Рис. 2.6. Технологічна схема роботи гусеничного самоскиду з лівим поворотом.

Після розвороту машини відбувається рух заднім ходом до вибою. Після зупинки транспортного засобу відбувається процес завантаження кузова. Завантаження може бути здійснено як з правого, так і лівого борту автосамоскиду.

Така схема може бути поширена з урахуванням правостороннього руху машин. Схеми що показані на рис. 2.5-2.6 придатні для гусеничних самоскидів зі стандартною платформою, кузовом і водійською кабіною. Такі технологічні схеми можна використати і на гусеничних самоскидах з повноповоротною платформою (див. рис. 2.4)

Ширина робочого майданчику при застосуванні гусеничного автосамоскиду з лівим поворотом визначається за формулою (2.3). Застосування гусеничного самоскиду на кар'єрах з повноповоротною платформою зараз не мають аналогів.

Використання гусеничних автосамоскидів з повноповоротною платформою в умовах розробки корисних копалин передбачає зменшення тривалості рейсу за рахунок зменшення, а також відсутності часу на маневри. Під'їжджаючи до вибою такий автосамоскид здійснює обертання несучої платформи навкруги вісі кріплення (рис. 2.7).

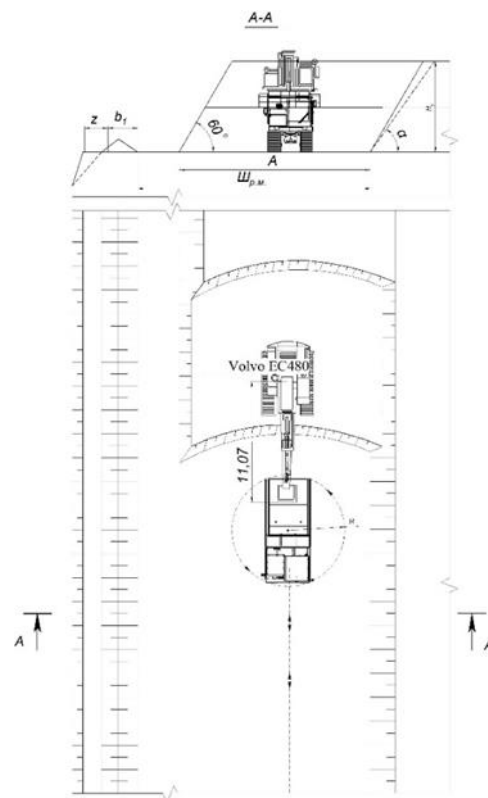


Рис. 2.7. Технологічна схема роботи гусеничного самоскиду з поворотною платформою біля вибою.

Рух такої машини біля вибою відбувається за човниковою схемою без

розвороту ходової частини. Кузов з кабіною обертається на поворотній платформі відносно ходової частини на  $180^\circ$ . Після зупинки біля вибою відбувається завантаження гусеничного самоскиду. Завантаження відбувається зі сторони кузова, з лівого або правого борту. Після завершення завантаження автомобіль рухається у зворотному напрямку, майже без маневрування, при цьому, ширина транспортної смуги на робочому майданчику обмежується габаритами машини.

При використанні гусеничних автосамоскидів в обмежених умовах розкриття нових горизонтів можливе застосування технологічних схем, що зображені на рис. 2.8.

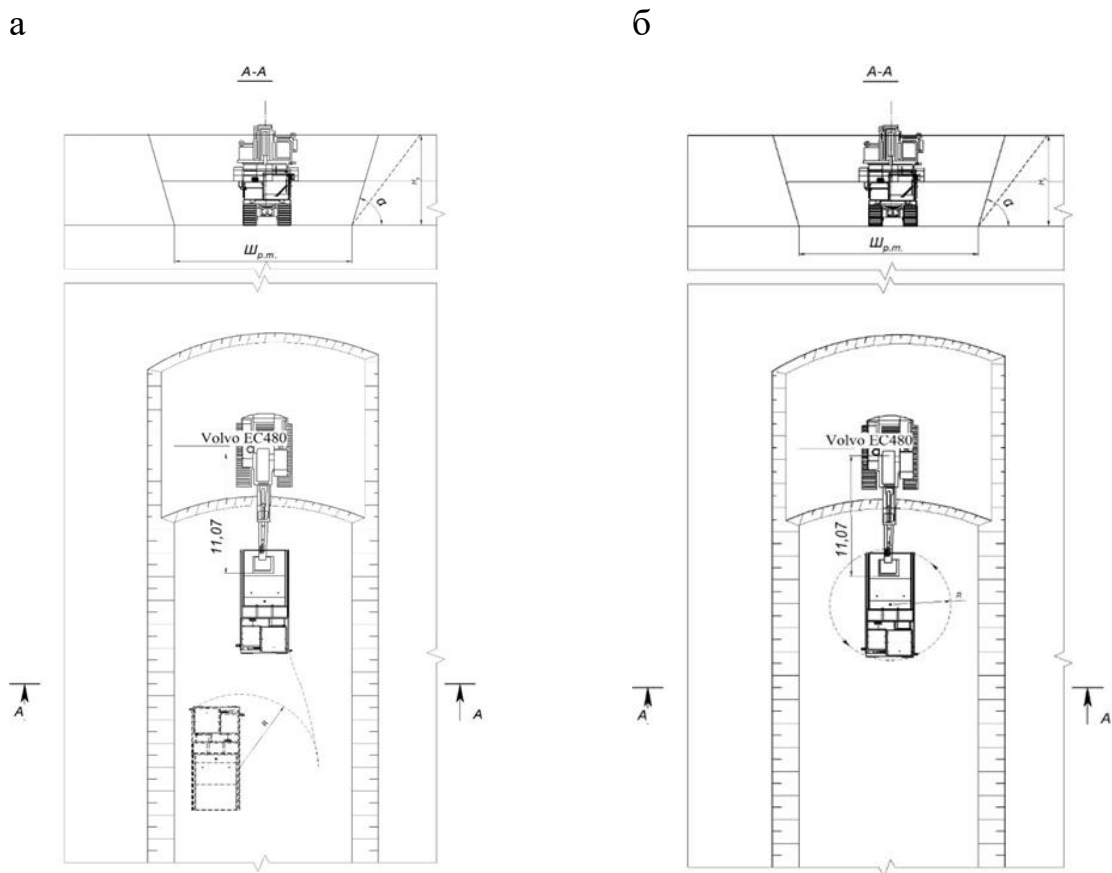


Рис. 2.8. Технологічна схема роботи гусеничного самоскиду при проведенні траншеї : а – з маневруванням ходової частини, б – з використанням повноповоротної платформи.

Застосування гусеничних самоскидів, що не мають поворотної платформи передбачає маневрування в траншеї за допомогою ходової частини (рис.2.8, а). Гусеничний автосамоскид спускається в траншею кабіною вперед, здійснює

поворот за допомогою гусениць і встановлюється під навантаження у вибої. В деяких випадках можливе переміщення гусеничного самоскиду заднім ходом, якщо параметри траншеї занадто вузькі.

При застосуванні гусеничного самоскиду з повноповоротною платформою маневрування, як таке відсутнє. Машина кабіною вперед переміщається в траншеї до вибою. Біля вибою відбувається поворот платформи на  $180^\circ$  і машина під'їжджає до екскаваторного вибою.

Ширина траншеї може бути обмежена габаритами екскаватора та радіусом його черпання, а також радіусом обертання платформи гусеничного автосамоскида.

Ширина робочого майданчику при формуванні траншей з використанням гусеничного самоскиду визначається за формулою:

$$Ш_{pt} = C_\delta + R_{az} + 2C, \text{ м} \quad (2.4)$$

де  $C_\delta$  – ширина додаткової смуги, м;

$R_{az}$  – радіус розвороту гусеничного самоскиду (або поворотної платформи), м;

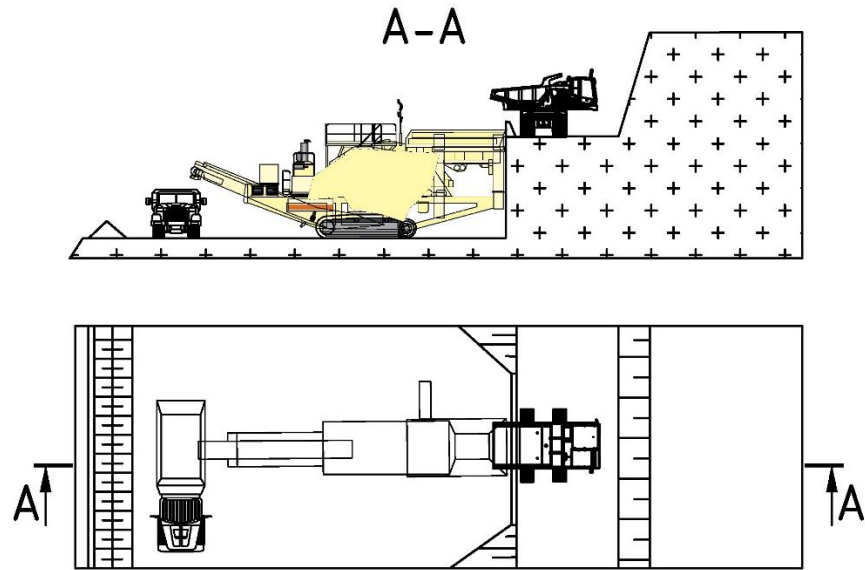
$C$  – безпечна відстань між автосамоскидом і нижньою брівкою, м.

Для реалізації можливостей гусеничних самоскидів їх потрібно застосовувати у комплексі з колісними автосамоскидами. Відповідно в межах виробленого простору необхідно створювати умови для перевантажування. Застосування мобільних дробарних установок первинного дроблення на гусеничному ході дозволяє отримати першу стадію дроблення в середині кар'єру і здійснити перевантаження з гусеничного транспорту на колісний (рис. 2.9).

На рисунках зображено застосування мобільної дробарної установки з розміщенням гусеничної машини на верхньому уступі, а також на пандусі.

За певних умов можливе використання спеціалізованих перевантажувальних пристроїв у вигляді вібраційних перевантажувальних виробів з попереднім накопиченням в бункерах.

а)



б)

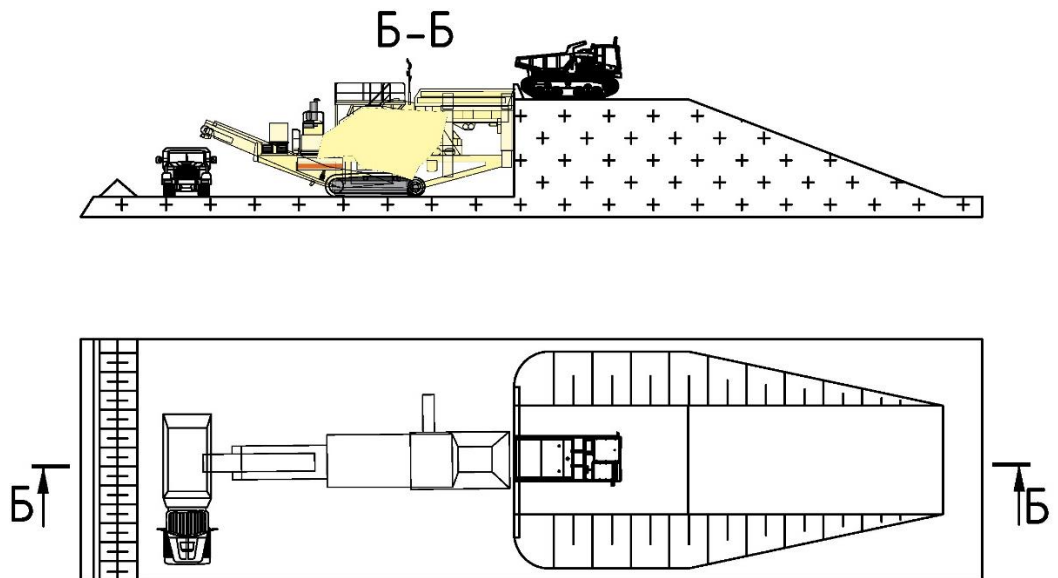


Рис. 2.9. Перевантаження гірничої маси з гусеничних самоскидів в колісні з попереднім дробленням.

Застосування таких перевантажувальних пристроїв вимагатиме додаткових капітальних витрат. Якщо брати пересувну дробарну установку, та така машина може бути орендована, або залучена від сторонніх організацій за договором.

## **2.3. Методики вибору ефективних транспортних комплексів в умовах обмеженого простору кар'єра**

### **2.3.1. Встановлення залежності довжини транспортування від глибини кар'єру**

Розкриття родовища - багатоваріантне комплексне техніко-економічне завдання в якому значна частина чинників не піддаються кількісній оцінці. Окрім того, завдання може бути вирішене тільки з урахування його динамічного характеру, у зв'язку з тим, що система розкриття постійно розвивається під час усього періоду існування кар'єру і потребує неодноразові реконструкції. Для того щоб розглядати можливі варіанти першочергового розташування розкривних виробок і переміщення фронту гірничих робіт, повинні бути вирішені питання розташування поверхневого комплексу гірничого підприємства( відвалів, виробничих споруд , шляхів та інше), а також зон впливу промислових об'єктів на довкілля.

При встановленні місця вводу траси в кар'єрі, конфігурації транспортних комунікацій встановлюються основні її параметри: ухили, радіуси поворотів, форми примикання до робочих уступів, довжина траншеї, довжина площадок примикання, та інше.

Окрім того, проектувальники повинні, по мірі відробки запасів родовища вирішити питання облаштування стаціонарної траси, її розміщення в межах кар'єрного поля.

В обов'язковому порядку повинні бути обґрунтовані всі можливі варіанти розкриття пов'язані з розвитком фронту гірничих робіт, встановлені: пропускна та провізна здатність транспортних комунікацій та наведені плани траси виробок на характерні періоди існування кар'єру ( початок експлуатації, освоєння проектної потужності та інше).

Як відомо, при застосуванні автомобільного транспорту більшість родовищ розкривається внутрішніми або комбінованими траншеями в яких розміщуються основні автодороги між робочими горизонтами, пунктами прийому корисної копалини та відвалами. Дороги які розташовані на робочих горизонтах та відвалах звуться сполученими.

При використанні мобільного транспорту з метою скорочення внутрішньої довжини транспортування застосовують тимчасові та ковзні з'їзди що забезпечує швидкий доступ до корисної копалини, відстань між тимчасовими з'їздами, в залежності від довжини фронту на уступі приймається 50-150 м, термін служби з'їздів 6-12 місяців [19].

Автодороги різняться, в залежності від призначення: характеристиками, ухилом, шириною, радіусом закруглення, типом дорожнього покриття.

Ухил доріг залежить від типу автомобільного транспорту, і, при використанні поширеного типу, складає 6,0-8,0%, а при використанні дизель-тролейвозів, троллейвозів, гусеничних самоскидів та шарнірно-зчленованих автосамоскидів до 15-45%; радіуси кривих складають 20-60 м. При розрахунках довжини транспортування по основній транспортній магістралі використовують вираз:

$$L_{TP} = \frac{1000 \cdot H}{i_k \cdot K_T}, \text{ м} \quad (2.5)$$

де  $H$  - глибина кар'єру, м;

$i_k$  - керівний ухил, ‰;

$K_T$  - коефіцієнт розвитку траси.

Запровадження на кар'єрах шарнірно-зчленованих та гусеничних самоскидів дозволяє значно підвищити ухил доріг. В цьому випадку для розкриття горизонтів є можливість застосовувати «круті» траншеї, що зменшує відстань транспортування та обсяг гірничо-капітальних робіт.

Термін “крута траншея” при відкритих гірничих роботах отримав поширення в технічній літературі в 40-х роках минулого століття.

Поява цього терміну на гірничих підприємствах пов'язана із застосуванням на відкритих розробках конвеєрного транспорту, в першу чергу, для транспортування вугілля на розрізах, а в подальшому і для транспортування інших видів корисної копалини.

Як відомо, кут нахилу траншей для розміщення конвеєрних ставів складав 15-

17 градусів (ухил до 25%), в той час, як інші види транспорту долали ухили в 2%...8%.

В сьогоденні термін «крута траншея» застосовується до розкривних виробок при використанні на кар'єрах не тільки конвеєрного транспорту або скіпових підйомників, але і при застосуванні нових типів автосамоскидів, поширення яких набирає обертів на гірничих підприємствах. Це, в першу чергу, автосамоскиди типу шарнірно-зчленованих самоскидів (ШЗС) різних модифікацій, які долають ухили до 25...30% і гусеничні самоскиди, які по ствердженню деяких фірм-виробників, здатні долати ухили до 45% і більше відсотків.

На рис. 2.10 наведені графіки теоретичної залежності довжини траси (1) та її скорочення при застосуванні крутих траншей (2).

Як видно найбільш суттєво скорочення довжини транспортування по крутій траншеї при зміні величини похилу спостерігається (2) в межах 10...35% (на 30...75%), подальше збільшення його впливає в межах 5-7%, на скорочення довжини транспортування.

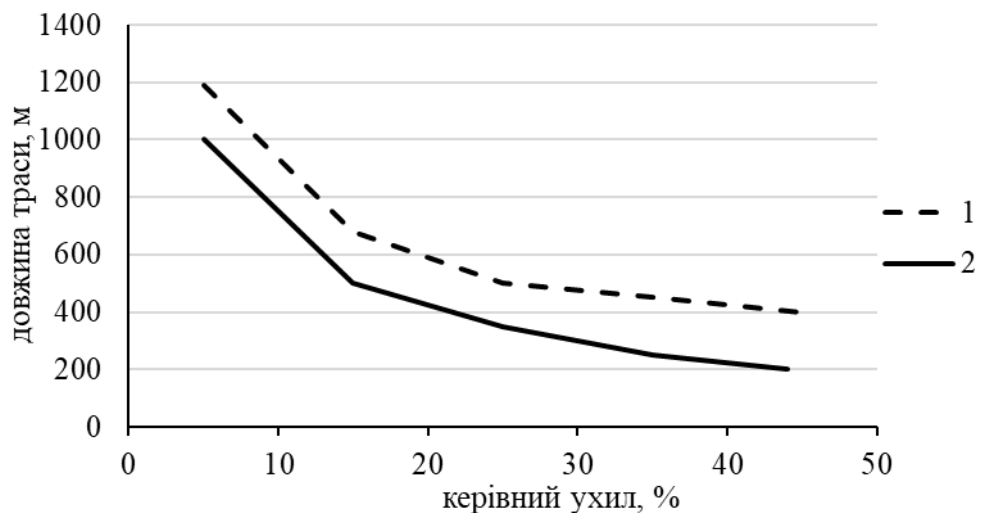


Рис. 2.10. Залежність довжини транспортування та її скорочення при застосуванні крутих траншей: 1 –  $L_{\text{тр}}=f(i)$ ; 2 –  $L_{\text{тр}}^{\text{ск}}=f(i)$ . За 100% взята довжина при похилі 8%.

У виразі (2.5) самою невизначеною складовою є коефіцієнт розвитку

(подовження) траси –  $K_T$ . Він суттєво впливає на довжину траси кар'єру. При обґрунтуванні розміру коефіцієнта  $K_T$ , більшість авторів рекомендує враховувати конструкцію пунктів примикання стаціонарних з'їздів до сполучених доріг робочих горизонтів.

В цьому випадку в першу чергу треба враховувати форму траси. При простій формі сполучені дороги примикають до з'їздів на горизонтальних або похилих (ухил 2,0...4,0%) вставках (майданчиках) довжиною 20...40м. При петльовій формі траси та примиканні до основного з'їзду на петлі, яка виконана в формі серпантина треба робити додаткові горизонтальні вставки. Окрім того, в випадку коли на неробочому борту кар'єру маємо затяжний спуск для забезпечення безпеки руху на ньому, через 500...600 метрів необхідно передбачати майданчики з ухилом не більше 2,0% і довжиною не менше 50м.

В пунктах примикання к вибійним автодорогам з'їздів на робочому борту кар'єру необхідно робити горизонтальні вставки довжиною не менше суми радіусу повороту дороги та ширини робочої площадки. Таким чином, в існуючій літературі коефіцієнт подовження трас залежить від виду траси - проста або складна (петльова); з одностороннім примиканням чи двостороннім; на якому борту кар'єру розташована - на робочому чи не робочому, та інше. Тому розмір коефіцієнтів подовження траси змінюється від 1,07...1,12 до 1,4...2,0. Окрім того ніде не враховуються висоти уступів, які в значній мірі впливають на кількість робочих горизонтів в кар'єрі та пунктів примикання до основної траси. Свого часу деякі вчені (Дриженко А.Ю., Бизов В.Ф., Васільєв М.В., Хохряков В.С., Ржевський В.В., Анісімов О.О.) [3,20,21] стверджували, що коефіцієнт подовження траси слід збільшувати разом із збільшенням розміру похилої дороги, довжини майданчиків на уступах, мінімального радіусу повороту дороги, висоти робочої зони та зменшенням розмірів кар'єру в плані.

В роботах українських вчених професора Симоненко В.І. та к.т.н. Черняєва О.В. [22, 23] на базі оцінки біля трьохсот кар'єрів України, які розробляють нерудні корисні копалини встановлено що 85 % із них мають річну продуктивність в межах 115...800 тис м<sup>3</sup>, а кінцеву глибину - 80...110 м. Ця

обставина дає можливість розглядати питання зміни показників траси виробок кар'єру в межах глибини його в 100м. Аналіз повздовжнього профілю автодоріг в кар'єрах розглянутої групи свідчить, що більшість з них мають горизонтальні майданчики примикання майже на всіх, в тому числі і на непрацюючих уступах. Розвиток та формування трас були розглянуті в роботах [24-26].

Необхідно підтвердити твердження вчених відносного зростання  $K_T$ , при підвищенні ухилу траси; встановити розмір  $K_T$  для нерудних родовищ в прийнятих умовах розробки. Було розглянуто декілька варіантів зміни довжини траси виробок при глибині кар'єру – 100м з урахуванням вищенаведених рекомендацій.

В цьому випадку вираз (2.5) можна записати таким чином:

$$L_{TP} = \frac{1000 \cdot H}{i_k} + (n_1 \cdot l_1 + n_2 \cdot l_2 + n_3 \cdot l_3), \text{ м} \quad (2.6)$$

де  $n_1, n_2, n_3$ , - кількість майданчиків примикання горизонтів, майданчиків безпеки та петель розвороту;

$l_1, l_2, l_3$ , -відповідно довжина примикання горизонтів, майданчиків безпеки та петель розвороту.

Вираз (2.6) має дві складові. Перша характеризує протяжність траси з керівним ухилом, що дає можливість встановити зміни довжини похилої частини траси при зміні керівного ухилу (рис. 2.1). Друга складова – відстань транспортування по перерахованим майданчикам, яка не залежить від розмірів керівничого ухилу. Ця складова залежить від висоти уступів та розмірів майданчиків примикання, безпеки та довжини петель розвороту.

В роботі було встановлено коефіцієнти розвитку траси в залежності від розміру похилу та при найбільш поширених висотах уступів в прийнятих межах глибини нерудних кар'єрів (табл. 2.1).

На рис. 2.11 показана залежність  $K_T$  від похилу траси та при різних висотах уступів.

Коефіцієнт подовження траси

| Висота уступів,<br>м | Ухил, % |      |      |      |
|----------------------|---------|------|------|------|
|                      | 8       | 15   | 30   | 45   |
| 20                   | 1,06    | 1,12 | 1,24 | 1,36 |
| 15                   | 1,13    | 1,18 | 1,36 | 1,54 |
| 12                   | 1,14    | 1,21 | 1,42 | 1,63 |
| 10                   | 1,18    | 1,27 | 1,54 | 1,81 |
| Середній             | 1,13    | 1,20 | 1,39 | 1,58 |

Як видно з графіку (рис. 2.11)  $K_T$  при збільшенні ухилу дороги має тенденцію до збільшення. З цього слід зробити висновок, що при збільшенні ухилу складових траси суттєво впливають на довжину транспортування по борту кар'єру, особливо враховуючи зріст їхньої кількості при зменшенні висоти уступів.

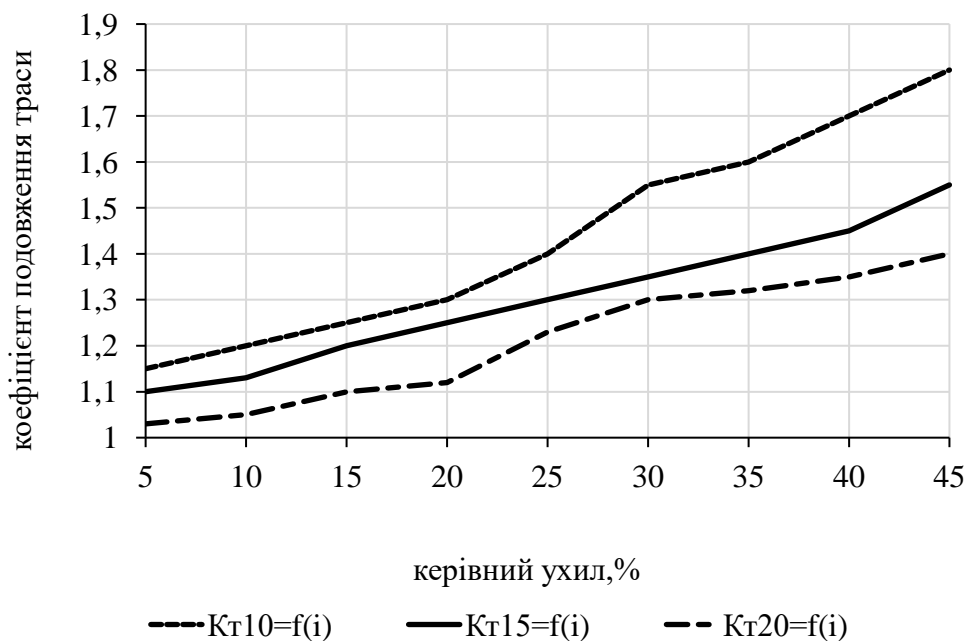


Рис. 2.11. Коефіцієнт подовження траси в залежності від ухилу траси та висоти уступів на кар'єрі ( $H_k = 100$ ).

На рис. 2.12 наведено, як змінюється відстань транспортування при зміні керівного ухилу та традиційно використовуваного  $K_T$ , а також отриманих значень  $K_{Ty}$ , (з урахуванням змін висоти уступів).

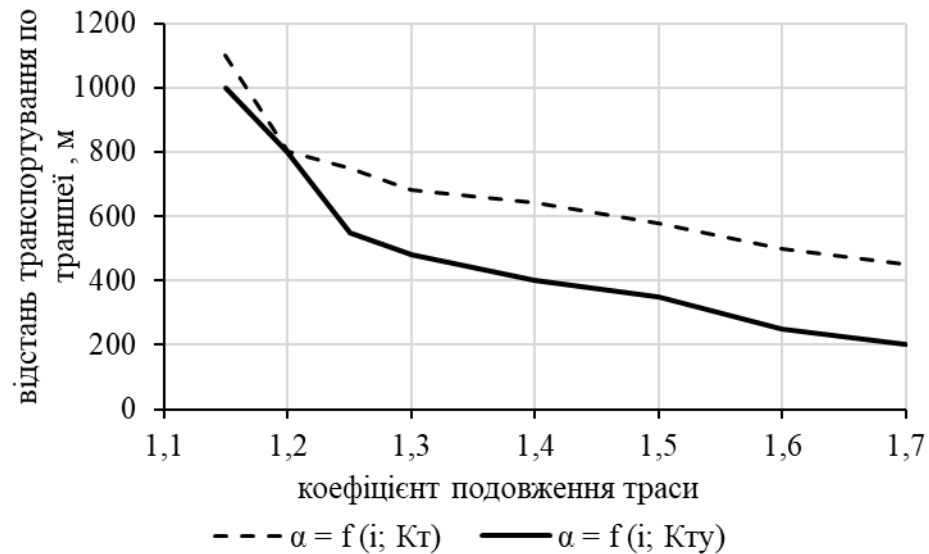


Рис. 2.12. Графіки відстані транспортування ( $L_T$ ) по траншеї в залежності від ухилу ( $i$ ) та коефіцієнту подовження траси ( $K_T$ ).

Згідно з розглянутих залежностей розмір коефіцієнту подовження траси суттєво впливає на її довжину, особливо при ухилах більш 15%. Різниця в отриманих результатах складає в 1,35...2,2 рази більше при збільшенні величин  $K_T$  разом із зростанням ухилу.

Таким чином, при встановленні довжини транспортування, при застосуванні крутопохилих з'їздів необхідно враховувати, що з підвищенням величини ухилу слід підвищувати розмір коефіцієнту подовження траси. При встановленні розміру  $K_T$  необхідно враховувати висоту та кількість уступів на кар'єрі, або їх кількість в робочій зоні глибокого кар'єру.

Розглянувши характер змін  $K_T$  при розробці глибоких кар'єрів (рис. 2.13) можна зробити висновок, що він з підвищенням глибини має тяж тенденцію до зростання (зі 100 м до 600 м) на 40%.

Досвід застосування існуючих типів кар'єрного автотранспорту дозволяє зробити деякі висновки про можливості подолання ухилів транспортних доріг:

- традиційні самоскиди (2x2) – 8-10%;

- тролейвози та дизель-тролейвози – 10-12%;
- електросамоскиди – 12-15%;
- шарнірно-зчленовані самоскиди – 20-25%;
- гусеничні самоскиди – 25-35% і більше.

Таким чином в «крутих траншеях» можна буде застосовувати ШЗС та гусеничні самоскиди.

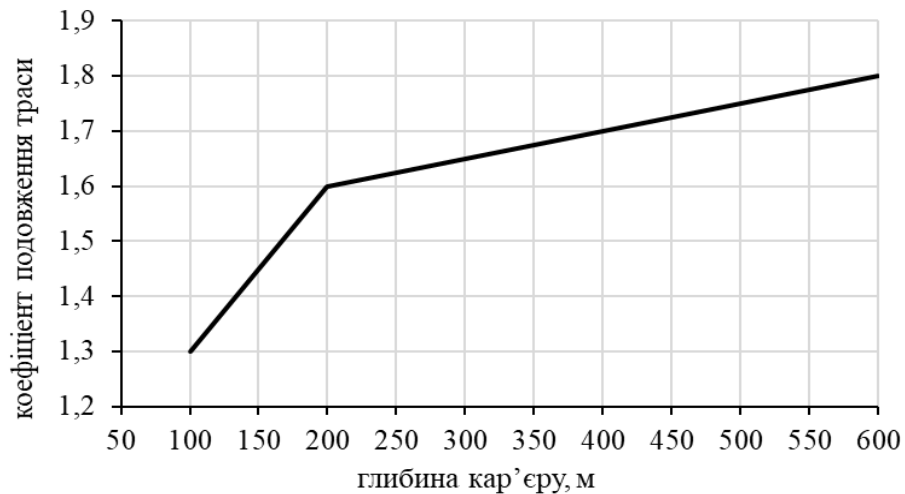


Рис. 2.13. Графік зміни  $K_T$  (при  $i=30\%$ ,  $h_y=15$  м – висота уступу) в залежності від глибини кар'єру.

На рис. 2.14 наведені залежності довжини траси (1) та її похилої частини (2).

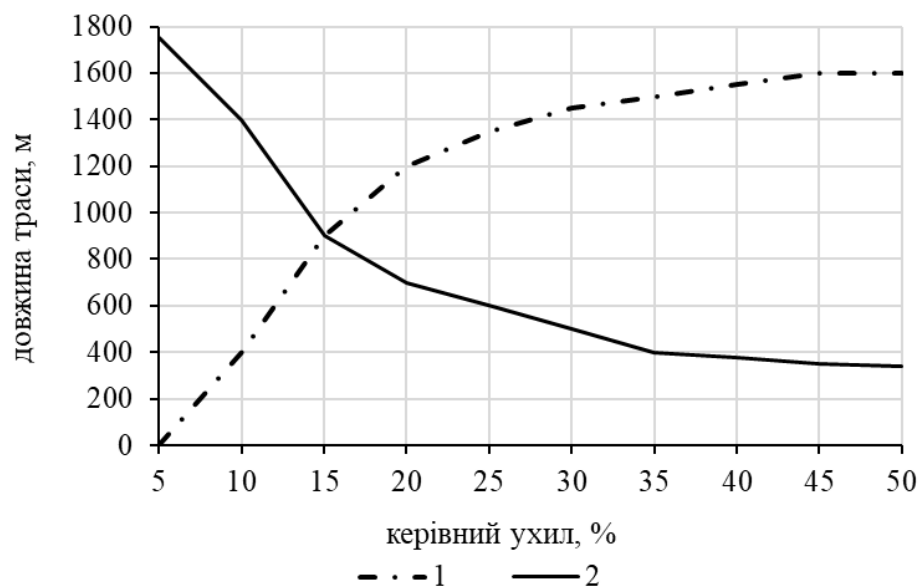


Рис. 2.14. Залежність довжини траншеї та її похилої частини: 1 – довжина траси; 2 – довжина похилої частини траси.

Різниця між отриманими залежностями на графіку (рис. 2.14) – друга складова виразу 2.6 (сумарна довжина ділянок траси в траншеї). Як бачимо, при зростанні розміру ухилу суттєво зростає сумарний вплив ділянок траси на відстань транспортування. А це означає, що обґрунтовуючи трасу виробок, необхідно приділяти увагу параметрам різних складових траси щоб забезпечити ефективність роботи транспорту.

Наведені матеріали дозволили зробити наступні висновки:

1) Зменшення висоти уступів призводить до зростання кількості майданчиків примикання і впливу складових траси на відстань транспортування особливо при збільшенні глибин кар'єру (30-50%).

2) Рекомендувати для прийнятих в роботі умов розробки родовищ, коефіцієнти розвитку траси  $K_t$ , з урахуванням зміни розмірів ухилу та уступів в кар'єрі.

3) Підтверджено вказані вченими твердження про необхідність в майбутньому при збільшенні ухилу дороги збільшувати розмір  $K_t$ .

4) Встановлено, що при збільшенні глибини кар'єрів зі 100 до 400...600 м коефіцієнт  $K_t$  змінюється в межах 1,36...1,76 при ухилі дороги в 30%.

5) В прийнятих умовах розробки кар'єрів при застосуванні «крутих» траншей (траси) є можливість трасу розкривних виробок розміщати на одному із бортів кар'єру, що суттєво дозволить зменшити запаси корисної копалини під транспортними майданчиками, підвищити кути бортів та скоротити термін вводу кар'єру в експлуатацію за рахунок зменшення капітальних робіт.

### **2.3.2. Визначення тривалості рейсу (циклу) гірничого транспорту від параметрів кар'єру**

Самоскиди найбільш поширений транспорт на нерудних кар'єрах України. Максимальне поширення мають самоскиди формули 4х2, вантажністю 30...40 т. На деяких кар'єрах використовують, не в значній кількості, інші моделі самоскидів. В роботі розглядаються альтернативні самоскиди, які ще не мають значного поширення на нерудних кар'єрах України. Це шарнірно-зчленовані та гусеничні

самоскиди. ШЗС виробляються багатьма зарубіжними фірмами, такими як, Volvo, Caterpillar, BilAZ, Bell, Komatsu, Terex та багатьма іншими (рис. 2.15).

Ці самоскиди мають значне поширення на нерудних кар'єрах в Англії при розробці вапняку (кар'єр «Tarmac Pant Quarry»), пластичних глин («WBB Minerals»), в Італії при розробці родовища мармуру («Marmi di Carrara Srl») [27]. В Україні ШЗС з успіхом використовуються на кар'єрах ПрАТ «Веско», Новоселівському ГЗК, та деяких інших. Вони підтвердили можливість долати значні ухили (до 35%), працювати в умовах гористої місцевості, при відсутності покриття доріг, забезпечуючи безпечні умови транспортування та керування самоскидами.



Рис. 2.15. Шарнірно-зчленований самоскид Volvo.

До позитивних якостей ШЗС слід віднести добру маневреність, відносно малий радіус розвертання. До негативних – зниження стійкості в складних умовах експлуатації, заборона переміщення на ухилах (більше 8-10%) задньою ходом за умов безпеки переміщення.

Гусеничні самоскиди (ГС) на кар'єрах України широко не застосовуються, що пояснюється, в першу чергу, малою вантажністю ГС, яка зараз складає 10-20 т, і

швидкістю руху в 12-20 км на годину та недостатньою інформованістю гірничої спільноти. ГС виробляються фірмами Mitsubishi, Komatsu, Muraoka та іншими. В Італії випускається ГС Panthera T-16, який з успіхом працює на мармурових кар'єрах Італії. Його особливістю, наряду з конструктивними – є можливість роботи в різних умовах у т.ч. при висоті водяного стовпа до 1,4 м, що дає можливість застосовувати їх при видобутку піску і гравію з річок та відсипці захисних валів з блоків на морях. Вони з успіхом працюють на будівництві доріг, в місцевостях з низькою несучою здатністю ґрунту, гористій місцевості, здатні долати ухил до 45%. Цікавим є ГС Muraoka MST H000VDR вантажністю 20т, швидкістю 12 км на годину, з повноповоротною платформою. Повноповоротність платформи самоскида (кузова разом з кабіною оператора) дозволяє без додаткових маневрів під'їзд самоскида під навантаження та розвантаження і таким чином, скорочуючи витрати часу транспортного циклу та на підготовку майданчиків розвороту і зменшує ширину робочого майданчика.

До недоліків слід віднести: відносно мала вантажність ГС; низька швидкість переміщення; низький ресурс гумово-металевих гусениць (1000 мото-годин), при вартості 9000 долл.

Здатність долати високі ухили, працювати в стислих умовах з урахуванням габаритів самоскидів, веде до зменшення транспортних майданчиків і збільшення кута неробочого борту кар'єра. З нашої точки зору, вони можуть бути задіяні, в якості основного транспорту при розробці нагірних родовищ в Карпатах (таких, як «Трибушани», «Рокосово», «Новоселицький кар'єр» та інші) розробці гальки в річці Стрий та інші [28].

З метою оцінки доцільності застосування моделі самоскидів для транспортування гірничої маси в конкретному кар'єрі, необхідно розглянути як змінюється відстань транспортування, тривалість транспортного циклу, як застосування типу самоскиду вплине на параметри самого кар'єру.

Враховуючи конструктивні особливості ШЗС і ГС є необхідність розглянути складові транспортного циклу кожної з машин, наприклад при транспортуванні корисної копалини на ДСЗ одного з гранітних кар'єрів. Як відомо, транспортний

цикл складається з: навантаження самоскидів у вибої екскаватором; переміщення транспортних засобів до місця розвантаження (в нашому випадку – бункера дробарки); розвантаження самоскидів; переміщення порожніх самоскидів в кар'єр.

Витрати часу на транспортування можна встановити по відомій формулі:

$$T_p = t_n + \frac{l}{V_n} + t_p + \frac{l}{V_p} + t_{mn} + t_{mp} \quad (2.7)$$

де  $t_n$  – час навантаження самоскида, хв;

$l$  – відстань транспортування, км;

$t_p$  – час розвантаження самоскида, хв;

$V_n, V_p$  – швидкість переміщення завантажених та порожніх самоскидів, км/год;

$t_{mn}, t_{mp}$  – тривалість маневрів самоскидів при установці під навантаження і розвантаження, хв.

Відстань транспортування складається з окремих складових траси і транспортування по траншеї, по тимчасовій дорозі в кар'єрі, по поверхні від траншеї до пункту розвантаження (ПР):

$$l = \sum_{j=1}^n l_j \quad (2.8)$$

де  $l_j$  - довжина  $j$ -тої ділянки траси, м;

$$l = l_T + \frac{1000H}{i} K_T + l_n, \text{ м} \quad (2.9)$$

де  $l_T$  – довжина транспортування в кар'єрі, м;

$H$  – глибина кар'єру, м;

$i$  – ухил траншеї, %;

$K_T$  – коефіцієнт розвитку траси ;

$l_n$  – довжина транспортування на поверхні, м.

Як видно з графіку (рис. 2.16) відстань транспортування суттєво змінюється для різних моделей самоскидів, від 700м для гусеничних самоскидів до майже 2000 м для БілАЗ-7510.

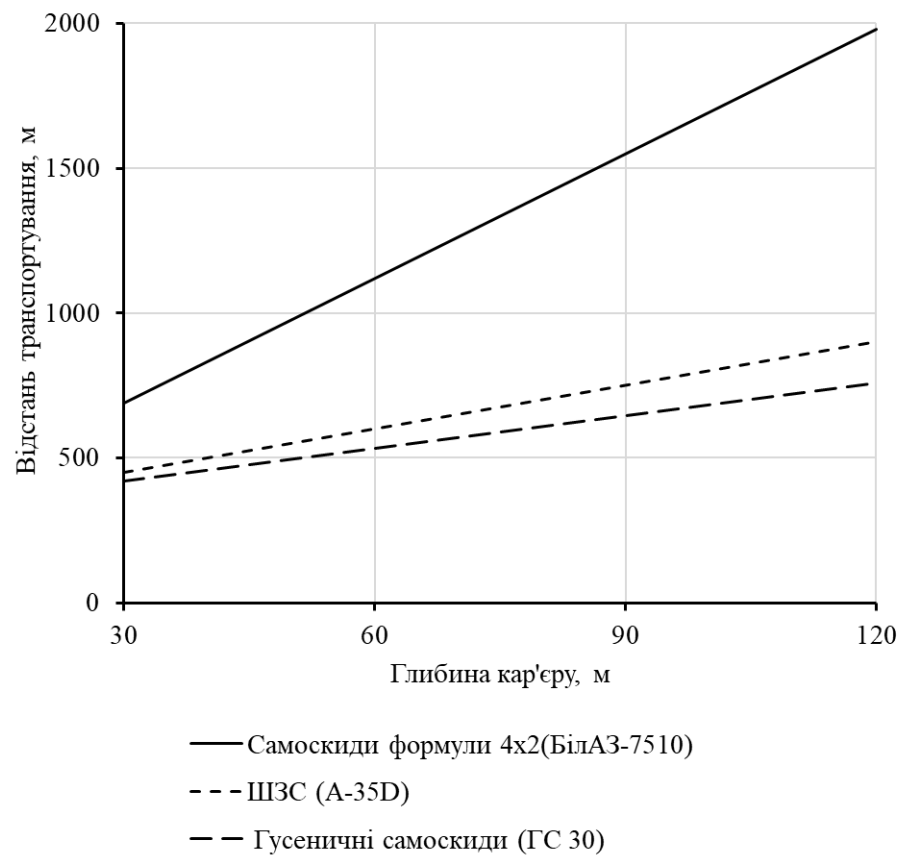


Рис. 2.16. Графік зміни довжини транспортування для самоскидів, що розглянуті в залежності від глибини кар'єрів.

В нашому випадку довжина транспортування по траншеї залежить від глибини кар'єра та ухилу, який долають наші самоскиди. Відстань транспортування по тимчасовій дорозі в кар'єрі в середньому складає 200 м, а відстань від траншей до бункера складає 100 м.

Отримані відстані дають можливість розрахувати час на переміщення самоскидів та підрахувати витрати часу на транспортний цикл.

В даному випадку, при аналізі складових циклу нас, в першу чергу, цікавлять дві складові «час навантаження» та «час розвантаження», на які впливатимуть особливості конструкції самоскидів. Час навантаження самоскида буде залежати

від організації роботи транспорту в забої екскаватора: схеми установки самоскидів під навантаження, ширина робочого майданчика, що забезпечує необхідні схеми маневрів при установці машин під екскаватор та інші. Час розвантаження також буде залежати від конструкції самоскида. Час навантаження самоскидів залежить від вантажності та ємності самоскидів, ємності ковшу екскаватора та характеристики гірських порід. Його можна встановити за формулою:

$$t_n = t_u \cdot n_k + t_{нид}, \text{ хв} \quad (2.10)$$

де  $t_u$  – час циклу екскаватора при навантаженні гірської маси в самоскид, хв;

$n_k$  – кількість ковшей екскаватора, які завантажують в кузов самоскида, од;

$t_{нид}$  – час під'їзду і маневрів при установці під навантаження, хв.

Час під'їзду, в першу чергу, буде залежати від відстані, де самоскид чекає на навантаження і конструкції самоскиду з колісною формулою 4х2 ШЗС або ГС. Слід мати на увазі, що 4х2 ШЗС повинні виконати маневри при постановці заднім рухом під навантаження і розвантаження і проїхати відстань від стоянки при очікуванні навантаження, а ГС тільки відстань від стоянки. Час на під'їзд ШЗС можна визначити:

$$t_{нидШЗС} = \frac{R(0,5\pi + 1) + 2l_m}{V_m} + t_{nn} \cdot (n - 1), \text{ хв} \quad (2.11)$$

Час на під'їзд ГС

$$t_{нидГС} = \frac{S_m + l_m}{V_m}, \text{ хв} \quad (2.12)$$

де  $t_{нидШЗС}$  – час на під'їзд під навантаження та розвантаження, хв;

$R$  – радіус розвороту самоскиду, м;

$l_m$  – довжина кузова машини, м;

$V_m$  – швидкість руху самоскидів при маневрах на майданчиках навантаження та розвантаження, м/хв;

$t_m$  – час на перемикання передачі, хв;

$n$  – кількість змін напрямів руху, од.;

$S_m$  – безпечна відстань між самоскидами на майданчику, м.

«Час навантаження» складається з сум часу навантаження екскаватора і часу маневрів при навантаженні, аналогічно і з «часом розвантаження» вихідні данні наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Вихідні данні для розрахунку часу навантаження і розвантаження

| Самоскиди\показники | ШЗС<br>А35D | ГС 30  | Morooka | БілАЗ<br>7510 |
|---------------------|-------------|--------|---------|---------------|
| Вантажність, т      | 37,5        | 30     | 20      | 30            |
| R,м                 | 8,72        | -      | -       | 8,3           |
| $l_m$ ,мм           | 11,200      | 8,300  | 7200    | 7250          |
| $V_m$ ,км/год       | 50          | 10,0   | 12,0    | 50,0          |
| $S_m$ ,м            | 12,0        | 12,000 | 10,000  | 10,0          |

Тривалість завантаження самоскидів залежить від таких чинників, як фізико-механічні характеристики гірничих порід, пухкості порід, параметрів вибою, типу екскаватора, місткості його ковша, організації робіт та інше.

Тривалість завантаження можна встановити з виразу:

$$t_n = n_k \cdot t_u, \text{ хв} \quad (2.13)$$

де  $t_u$  – тривалість циклу екскаватора, хв;

$n_k$  – кількість ковшей, які вміщуються в кузові, од;

$$n_k = \frac{Q_a \cdot k_{p2}}{E_e \cdot K_n \cdot \gamma}, \text{ од} \quad (2.14)$$

де  $Q_a$  – вантажність самоскиду, т;

$E_e$  – ємність ковша екскаватора, м<sup>3</sup>;

$k_{p2}$  – коефіцієнт розпушення гірської маси в ковші екскаватор;

$K_n$  – коефіцієнт наповнення ковша екскаватора;

$\gamma$  – щільність гірських порід, т/м<sup>3</sup>.

В табл. 2.3 наведені вихідні данні для розрахунку часу завантаження самоскидів.

Таблиця 2.3

Вихідні данні для розрахунку тривалості завантаження самоскидів

| $Q_a$          | $E_e, \text{ м}^3$ | $k_{p2}$ | $K_n$ | $\gamma, \text{ т/м}^3$ |
|----------------|--------------------|----------|-------|-------------------------|
| Див. табл. 2.2 | 4,0                | 1,6      | 1,5   | 2,65                    |

Складові транспортного циклу наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Складові транспортного циклу

| Самоскиди<br>Складові                   | БілАЗ<br>7510 | A35D | ГС-30 | ГС-20 |
|---|---------------|------|-------|-------|
| Під'їзд до екскаватора<br>(бункера), хв | 0,35          | 0,67 | 0,36  | 0,18  |
| Навантаження, хв                        | 2,00          | 2,00 | 2,00  | 1,35* |
| Розвантаження, хв                       | 1,11          | 1,33 | 0,86  | 0,49  |
| Екскаватор з ковшем, м <sup>3</sup>     | 3,46          | 4,0  | 3,22  | 2,02  |

На рис. 2.17 наведені залежності транспортного циклу самоскидів від глибини

кар'єра, при цьому слід мати на увазі, що ми при бажанні можемо підвищити ухил доріг для ШЗС до 35%, гусеничних до 45%, що може значно зменшити тривалість транспортного циклу.

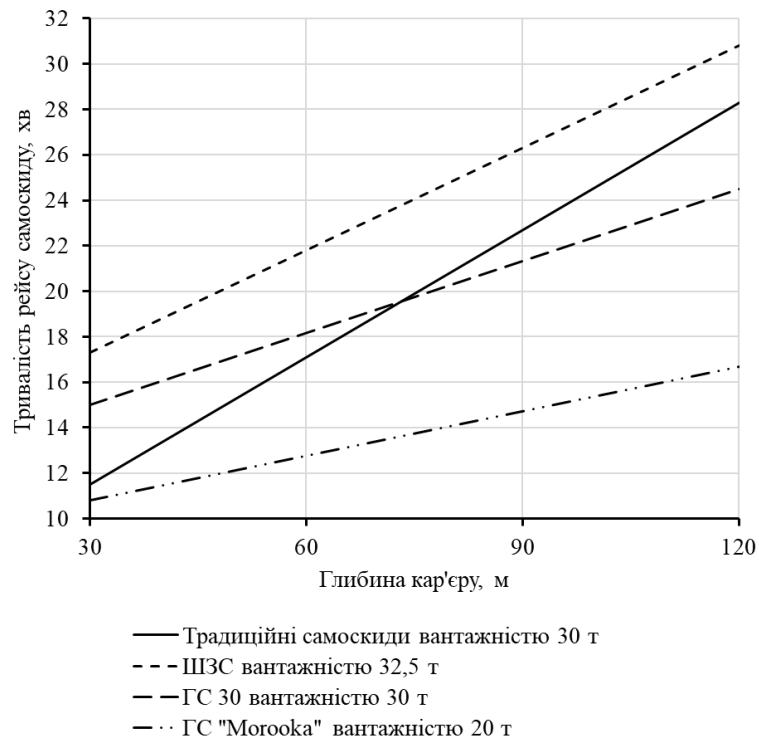


Рис. 2.17. Тривалість рейсу самоскидів в залежності від глибини нерудного кар'єру.

Швидкість руху використана рекомендована фірмами-виробниками для ШЗС при ухилах 20...30% завантаженого самоскиду 3, км/год. Світовий досвід їх застосування підтверджує, що швидкість переміщення в кар'єрі складає 8...15 км/год. В Україні це підтверджує досвід роботи ПрАТ «Веско». Як видно з рис. 2.17 тривалість рейсу максимальна у ШЗС, що пояснюється низкою швидкістю руху.

Слід звернути увагу, що при відстані транспортування гірничої маси в межах 300...500 м час складових рейсу, пов'язаних з маневрами, завантаженням і розвантаженням самоскидів складає 20...30% часу транспортного циклу.

Конструктивно: основне призначення шарнірно-зчленованих самоскидів – робота в найбільш несприятливих умовах, де вони себе виправдовують. Якщо розрахувати собівартість транспортування, витрати, порівнюючи з самоскидами 4x2, вони будуть конкурентно здатні за рахунок зменшення відстані транспортування

в 1,4...2,1 рази. При порівнянні з ГС цей показник ще збільшиться.

Таким чином, застосування ШЗС та ГС в умовах кар'єру є доцільним. Встановивши тривалість транспортування циклу для самоскидів, можна розрахувати продуктивність кожного з них:

$$P_c = q \frac{T_{зм}}{t_p} k_{зм}, \text{ т/зМ} \quad (2.15)$$

де  $q$  – маса вантажу в кузові самоскида, т;

$T_{зм}$  – тривалість зміни, хв;

$t_p$  – тривалість рейсу самоскида, хв;

$k_{зм}$  – коефіцієнт використання зміни.

На рис. 2.18 наведені графіки залежності продуктивності самоскидів від глибини кар'єрів, з яких видно, що колісні самоскиди більш інтенсивно знижують продуктивність у порівнянні з гусеничними, що пояснюється значним скороченням відстані транспортування у останніх.

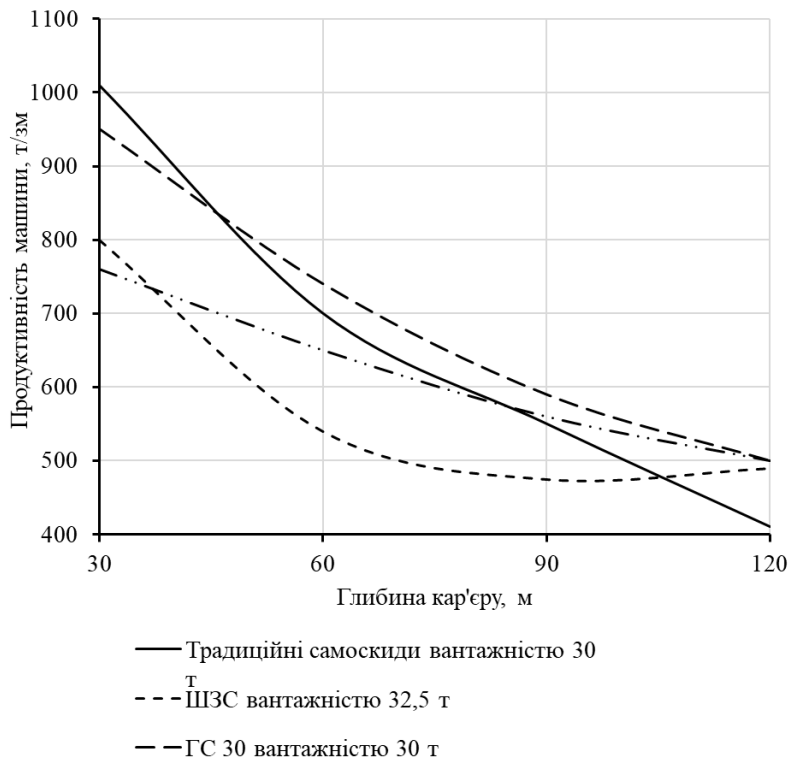


Рис. 2.18. Графік залежності продуктивності самоскидів від глибини кар'єру.

Треба звернути увагу, що ці самоскиди працюють в тандемі з крутими траншеями.

На рис. 2.19 наведена діаграма обсягу транспортної роботи самоскидів (ткм).

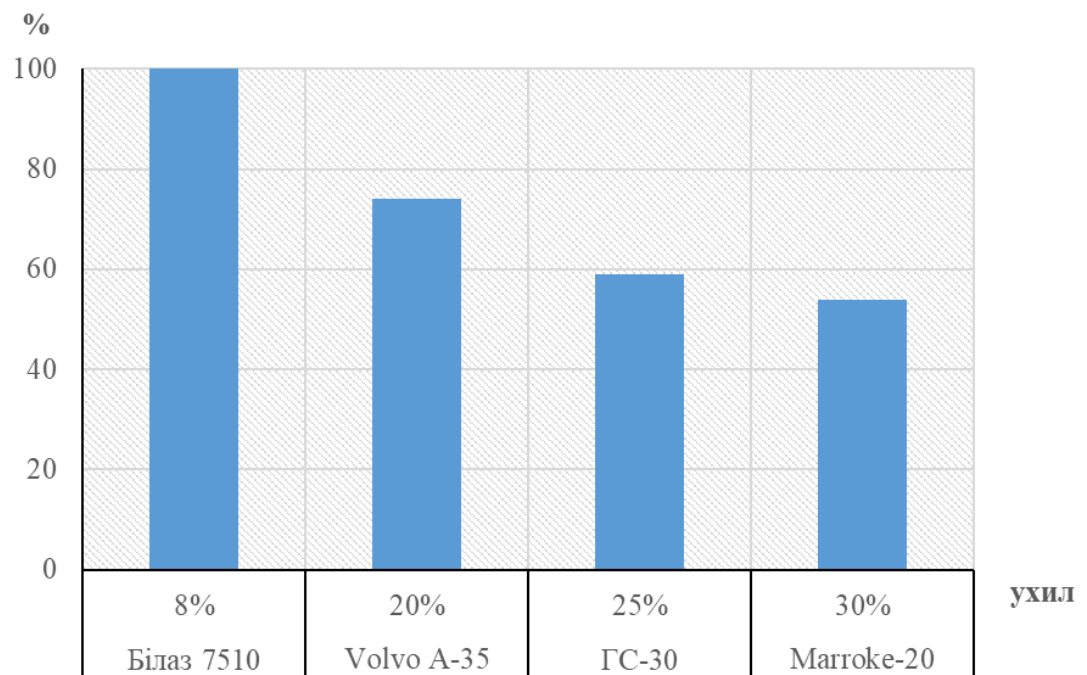


Рис. 2.19. Обсяг транспортної роботи самоскидів.

Як видно з рис. 2.19, для перевезень видобутої сировини в кар'єрі, гусеничним самоскидам, завдяки скороченню відстані транспортування потребується виконати обсяг транспортної роботи (ткм) майже на 40% менше ніж при використанні колісних кар'єрних самоскидів. Скорочення транспортної роботи приводить до зменшення витрат паливо-мастильних матеріалів та викидів їхнього згорання в атмосферу. Це в значній мірі мінімізує забруднення довкілля.

Встановлено, що найбільші відстані транспортування зі збільшенням глибини нерудного кар'єру від 30 до 120 м спостерігається у колісних самоскидів з формулою коліс 4x2. Зменшення відстаней транспортування за рахунок використання крутих з'їздів визначено для гусеничних самоскидів.

Найбільша тривалість рейсу в межах нерудного кар'єру встановлена для шарнірно-зчленованого самоскиду при глибині кар'єру 60 м, яка склала – 22 хвилини, а найменше для гусеничного самоскиду вантажністю 20 т, яка сягає – 13 хвилин. Застосування гусеничних машин вантажністю 30 т дозволяє здійснити

рейс за 18-19 хвилин.

Визначена продуктивність самоскидів при перевезенні гірничої маси з різних глибин кар'єру дозволяє стверджувати, що використання колісних самоскидів вантажністю 30 т і такої ж вантажності гусеничних самоскидів дає перевагу саме гусеничним машинам. Це пов'язано із зменшенням часу на маневрування біля вибою і на майданчику розвантаження, а також із скороченням траси підйому гірничої маси.

#### **2.4. Техніко-економічна оцінка ефективності транспортування гірничої маси в умовах обмеженого простору кар'єра**

Вибір транспортного засобу для переміщення гірничої маси в умовах кар'єра залежить від багатьох факторів, серед яких особливе значення мають обмежений простір, складність рельєфу та інфраструктури, а також економічна ефективність кожного варіанту транспорту. Техніко-економічна оцінка варіантів транспортування в таких умовах передбачає ретельний аналіз не лише технічних характеристик транспортних засобів, а й витрат, пов'язаних з їх експлуатацією, обслуговуванням та ефективністю в роботі.

Основні технічні аспекти роботи транспорту для роботи на обмежених ділянках кар'єра визначаються його прохідністю, маневреністю, продуктивністю.

Одним з головних факторів, що впливає на вибір транспортних засобів для обмежених територій кар'єра, є їх здатність долати складні ділянки, зокрема, м'які, заболочені (на торф'яних родовищах) чи круті схили. Гусеничні самоскиди мають значну перевагу перед колісними вантажівками в таких умовах, оскільки завдяки своїй конструкції з гусеничними траками вони забезпечують рівномірний розподіл ваги на площі контакту з поверхнею, що дозволяє їм працювати на ґрунті, який може бути проблемним для колісної техніки. Це дозволяє знижувати ймовірність занурення в м'який ґрунт або болото, що є важливим для безперебійної роботи на кар'єрних ділянках з важкими умовами експлуатації.

Маневреність техніки на обмежених майданчиках також має велике значення. Гусеничні самоскиди можуть працювати в умовах обмеженого простору, де робота

машин може бути ускладнена через вузькі проходи або перешкоди. Їхня конструкція дозволяє легко здійснювати маневри та зменшувати час на зміни напрямку руху.

Продуктивність транспортних засобів визначається їх здатністю перевозити гірничу масу за одиницю часу, що в умовах обмеженого простору може бути обмежено низкою факторів. Для гусеничних самоскидів важливими є не тільки технічні характеристики, але й швидкість завантаження та вивантаження. У разі обмежених просторових умов кар'єра може виникнути потреба у створенні додаткової інфраструктури для ефективного виконання цих операцій, наприклад, спеціальних розвантажувальних майданчиків.

Гусеничні самоскиди можуть продовжувати роботу навіть на ділянках, де складно проїхати колісним транспортом, що забезпечує менші витрати часу на транспортування та більшу кількість рейсів за день. Водночас слід враховувати, що такі самоскиди споживають більше пального, що може впливати на загальні експлуатаційні витрати.

Капітальні витрати. Капітальні витрати на закупівлю техніки є важливим фактором, оскільки гусеничні самоскиди зазвичай мають вищу вартість порівняно з колісними вантажівками через складнішу конструкцію і додаткові компоненти. Такі самоскиди зазвичай коштують дорожче через використання спеціалізованих матеріалів та інженерних рішень, що забезпечують їх високу прохідність та маневреність на складних ділянках.

Однак, у довгостроковій перспективі витрати на закупівлю можуть бути компенсовані завдяки здатності гусеничних самоскидів працювати в умовах, де інші типи техніки не можуть забезпечити належну ефективність. Це важливий момент, оскільки кар'єр, що має обмежений простір, може заощадити на кількості необхідних транспортних засобів, що призводить до загальних економічних вигод.

Операційні витрати. Операційні витрати включають витрати на паливо, технічне обслуговування, зарплату працівників та інші повсякденні витрати. Гусеничні самоскиди, незважаючи на вищі витрати на паливо, часто є більш економічно ефективними в обмежених просторах, оскільки їх здатність працювати на складних ділянках дозволяє уникати необхідності постійно застосовувати інші

транспортні засоби для виконання роботи на тих самих ділянках (колісні машини, конвеєр, залізничний транспорт).

Витрати на технічне обслуговування також є важливим аспектом, оскільки гусеничні самоскиди мають підвищену схильність до зносу через інтенсивну експлуатацію в складних умовах. Проте їхня здатність долати важкі ділянки, де інша техніка може бути неефективною або навіть неспроможною, забезпечує більш високий рівень продуктивності, що допомагає компенсувати ці витрати.

Витрати на ремонт і обслуговування. Технічне обслуговування та ремонт гусеничних самоскидів є необхідними етапами для забезпечення безперебійної роботи. Часто на обмежених територіях кар'єрів виникають додаткові труднощі з обслуговуванням техніки через обмежений доступ до самих машин, що підвищує витрати на утримання та ремонти.

Відповідно до наведеного вище визначаємо основні операційні витрати і їх вартість. Час роботи обладнання

$$T = \frac{Q}{H_v}, \text{ годин} \quad (2.16)$$

$Q$  – річна продуктивність з видобутку корисної копалини, м<sup>3</sup>;

$H_v$  – норма виробки відповідного обладнання, м<sup>3</sup>/годину.

Річний об'єм витрат матеріалів

$$N = T \cdot D, \text{ од.} \quad (2.17)$$

де  $D$  – витрати певного матеріалу за одиницю часу.

Вартість матеріалів

$$B = N \cdot C, \text{ грн} \quad (2.18)$$

де  $C$  – ціна одиниці матеріалу, грн/од.

При використанні дизельних машин (екскаватори, бульдозери, автосамоскиди, бурові верстати) загальні витрати на виконання процесів становлять

$$\sum B = N_{ом} \cdot C_{ом} + N_{ог} \cdot C_{ог} + N_з \cdot C_з + N_{дп} \cdot C_{дп} + B_{зп}, \text{ грн} \quad (2.19)$$

де  $N_{ом}, N_{ог}, N_з, N_{дп}$  – відповідно об'єми витрат оливи моторної, оливи гідравлічної, змазки, дизельного палива, л

$C_{ом}, C_{ог}, C_з, C_{дп}$  – відповідно вартість оливи моторної, оливи гідравлічної, змазки, дизельного палива, грн/л;

$B_{зп}$  – вартість запасних частин, грн.

Витрати пов'язані з річною заробітною платою працівникам визначаємо за наступною залежністю:

$$З = n \cdot З_м \cdot 12 \quad (2.20)$$

де  $n$  – кількість працівників задіяних в процесі видобутку (окремо інженерно-технічні робітники та адміністрація і робочі), людей;

$З_м$  – заробітна платня на місяць, грн;

12 – відповідно кількість робочих місяців на рік.

Також враховуються відповідні нарахування на заробітну плату.

Капітальні витрати на придбання обладнання визначаються за формулою

$$K = \sum n_o \cdot B_o, \text{ грн} \quad (2.21)$$

де  $n_o$  – кількість відповідного обладнання (виймально-навантажувального, транспортного, бурильного, допоміжного) задіяного в процесі видобутку, од.;

$B_o$  – вартість (початкова або залишкова) одиниці обладнання на певний період,

грн

Амортизаційні витрати встановлюються за залежністю

$$\sum A = \sum B_o \cdot N_a \quad (2.22)$$

де  $N_a$  – норма амортизації відповідного обладнання, %.

Собівартість по процесам видобутку корисної копалини визначаємо за формулою:

$$C = \frac{\sum B_n}{Q}, \text{ грн/м}^3 \quad (2.23)$$

$\sum B_n$  – загальні витрати на виконання процесу з видобутку корисної копалини, грн.

Для оцінки економічної ефективності варіантів транспортування на обмежених територіях кар'єра можна застосувати різні методи, такі як порівняння варіантів за кількома основними критеріями: капітальні витрати (вартість закупівлі), експлуатаційні витрати (паливо, обслуговування, ремонт), продуктивність (швидкість завантаження, кількість рейсів за день), а також вартість транспортування одиниці матеріалу.

Розрахунок окупності та рентабельності. Розрахунок рентабельності кожного варіанту транспортування здійснюється за допомогою методів, таких як внутрішня норма доходності (IRR) та чиста приведена вартість (NPV). За допомогою цих методів можна оцінити, який саме транспорт буде найбільш економічно вигідним у довгостроковій перспективі, враховуючи як початкові витрати на техніку, так і витрати на її експлуатацію, обслуговування та ремонти.

При техніко-економічній оцінці інвестиційних проектів, реалізація яких може бути довгостроковою, необхідно в розрахунках враховувати фактор часу та пов'язані з цим такі показники, як дисконтований ефект, дисконтований дохід та

індекс прибутковості [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

В основу кількісної оцінки ефективності капітальних вкладень покладено такі показники:

- $K$  – одноразові капіталовкладення;
- $C$  – собівартість річного обсягу виробництва;
- $R$  – рентабельність виробництва;
- $ЧДП$  – чистий дисконтований прибуток;
- $ВД$  - індекс прибутковості;
- $Ed$  - дисконтований ефект;
- $R_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності;
- $Z$  – наведені витрати;
- $E$  – норма дисконту;
- ЧПС - чиста поточна вартість.

Відносна (порівняльна) ефективність – це вибір із двох і більше варіантів економічного за сукупністю результатів економічного розрахунку, що обчислюється шляхом порівняння капітальних витрат ( $K$ ) та експлуатаційних витрат ( $C$ ) двома методами:

- методом терміну окупності додаткових капіталовкладень:

$$\frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2} = \frac{\Delta K}{\Delta C} = T_p \leq T_n, \quad (2.24)$$

де  $\Delta K$  –додаткові капітальні вкладення;

$\Delta C$  –економія експлуатаційних витрат;

$T_p$  - Розрахунковий термін окупності;

$T_n$  – нормативний термін окупності.

- методом наведених витрат:

$$Z = K \times E_n + C \rightarrow \min, \quad (2.25)$$

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Для врахування чинника часу, коли капітальні вкладення по варіантах вкладаються різночасно, необхідно порівнювані варіанти, приводити до вихідного моменту через коефіцієнт приведення різночасних витрат  $\alpha_t$ :

$$\alpha_t = \frac{1}{(1 + E_{\text{нп}})^t}, \quad (2.26)$$

де  $t$  - термін, період приведення (вважаючи рік, до якого наводяться показники, за нульовий);

$E_{\text{нп}}$  – нормативний коефіцієнт приведення різночасних витрат.

Тоді наведені витрати з урахуванням фактора часу розраховуються за такою формулою:

$$Z_{\text{нп}} = \sum_{t=0}^{t_p} \frac{K_t}{(1+E_{\text{нп}})^t} + \sum_{t=0}^{t_p} \frac{C_t}{(1+E_{\text{нп}})^t}, \quad (2.27)$$

де  $t_p$  - період, за який враховують витрати за варіантами;

$K_t, C_t$  - капітальні вкладення та експлуатаційні витрати відповідних років.

Витрати у кожному варіанті за роками, помножені на коефіцієнт приведення, підсумовують та порівнюють за варіантами.

Найбільш економічно вигідним вважається варіант із найменшими сумарними витратами за розрахунковий період.

Коефіцієнти приведення різночасних витрат при  $E_{\text{нп}}=0,15$  наведено у табл. 2.5.

Коефіцієнти приведення різночасних витрат

| Рік<br>розрахункового<br>періоду | $\frac{1}{(1 + E_{nn})^t}$ | Рік<br>розрахункового<br>періоду | $\frac{1}{(1 + E_{nn})^t}$ |
|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| 0                                | 1,000                      | 11                               | 0,215                      |
| 1                                | 0,870                      | 12                               | 0,187                      |
| 2                                | 0,756                      | 13                               | 0,163                      |
| 3                                | 0,658                      | 14                               | 0,141                      |
| 4                                | 0,572                      | 15                               | 0,123                      |
| 5                                | 0,497                      | 16                               | 0,107                      |
| 6                                | 0,432                      | 17                               | 0,093                      |
| 7                                | 0,376                      | 18                               | 0,081                      |
| 8                                | 0,326                      | 19                               | 0,070                      |
| 9                                | 0,284                      | 20                               | 0,061                      |
| 10                               | 0,247                      | 21                               | 0,053                      |

Найбільш ефективний варіант здійснення капітальних вкладень встановлюється на основі порівняльної ефективності, а за наявності великої кількості варіантів – щонайменше наведених витрат:

$$Z_{np} = C_i + K_i \times R_{np} \rightarrow \min \text{ або } Z_{np} = C_i \times T_n + K_i \rightarrow \min, \quad (2.28)$$

де  $C_i, K_i$  – собівартість і капітальні вкладення, що припадають одиницю продукції;

$R_{np}$  – рентабельність підприємства, у частках одиниці;

$T_n$  - термін окупності,

$$T_n = \frac{1}{R_{np}}. \quad (2.29)$$

Окрім технічних і економічних аспектів, важливу роль у виборі транспорту для кар'єра відіграють зовнішні фактори. Це можуть бути зміни в цінах на паливо, погодні умови, що впливають на прохідність ділянок, та інші фактори, такі як попит на гірничу масу. Врахування цих факторів дозволяє вибрати найбільш ефективний варіант транспорту на кожен конкретний період роботи.

Оцінка варіантів транспортування гірничої маси в умовах обмеженого простору кар'єра не може обмежуватись лише економічними показниками. Важливо також враховувати екологічний вплив, який можуть мати різні види транспорту на навколишнє середовище, а також соціальні аспекти, такі як вплив на здоров'я працівників і навколишні громади.

*Екологічні вимоги.* Технічні засоби, що використовуються для транспортування гірничої маси, повинні відповідати екологічним стандартам, зокрема в частині викидів CO<sub>2</sub> та інших шкідливих речовин. Вибір більш екологічних видів транспорту, таких як електричні або гібридні самоскиди, може зменшити вплив на навколишнє середовище.

*Соціальний аспект.* Операції з транспортування гірничої маси можуть впливати на здоров'я працівників, особливо якщо використовується техніка, що спричиняє великі викиди, шум або вібрації. У таких випадках важливо враховувати можливість використання технологій, що знижують негативний вплив на працівників та місцеві громади, зокрема, шляхом впровадження безпілотних або автоматизованих систем.

Інновації в транспортуванні гірничої маси. Технологічний прогрес не стоїть на місці, і з кожним роком з'являються нові рішення, які можуть значно змінити підходи до транспортування гірничої маси. Серед таких інновацій можна виділити:

- Екологічно чисті технології, такі як електричні самоскиди або використання водневих двигунів.
- Інтелектуальні транспортні системи, що включають автоматизацію маршрутів і моніторинг стану техніки в реальному часі.
- Системи автоматизованого управління, які дозволяють знижувати людський

фактор і підвищувати безпеку при транспортуванні на обмежених ділянках [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

З метою підвищення ефективності відкритої розробки, не припиняються пошуки нових технологічних схем, а також шляхів їх вдосконалення.

З цією метою іноземними фірмами (Італії, Кореї, Японії, Німеччини) розроблені нові моделі самоскидів на гусеничному ході, які створюються, в першу чергу, для складних умов застосування. Вантажопідйомність гусеничних автосамоскидів варіюється в залежності від необхідної продуктивності кар'єру.

Так наприклад для алмазних кар'єрів Анголи використовуються гусеничні автосамоскиди вантажопідйомністю до 40т, потужністю двигуна до 2 тис кінських сил, з ресурсом 12000 км.

Переваги гусеничних самоскидів:

1. Висока вантажопідйомність.
2. Можливість роботи в складних гірничо-геологічних та кліматичних умовах.
3. Можливість створення комплексу технологічних машин на уніфікованій гусеничній базі
4. Можливість подолання ухилів доріг до 360 ‰, а деякі моделі до 450 ‰.

Особливістю конструкції гусеничних автосамоскидів є поворотна платформа, яка забезпечує мінімальний час на маневрування автосамоскида при навантаженні та розвантаженні. Також за рахунок гусеничного ходу автосамоскиди мають низький тиск на ґрунт, що забезпечує більш безпечне переміщення по вузьким транспортним горизонтам, та зменшує гірничо-будівельні обсяги на підготовку нових уступів.

Це робить їх особливо привабливими в умовах розробки надглибоких кар'єрів (особливо на алмазних кар'єрах, глибина яких перевищує в даний час 600-700м – Ангола, Канада та інші) У цьому випадку подібні самоскиди мають високу прохідність і пристосованість до нерівностей доріг, що виключає необхідність в спеціальному покритті.

Гусеничні автосамоскиди можна використовувати на притрасових кар'єрах, при будівництві автомобільних і залізничних доріг в неосвоєних територіях. Часто

їх використовують для розробки локальних ділянок родовищ, розробці гравію і піску, в річках і озерах.

Фірмою Morooka була впроваджена автоматизація видобувного комплексу за рахунок використання безпілотних гусеничних автосамоскидів. Так для в умовах одного із кар'єрів - 7 «безпілотників» демонструють ту ж ефективність, що і 9 автосамоскидів керованих людьми. Паливні витрати при цьому скорочуються на 6%, а продуктивність підвищується на 49%.

На основі отриманих даних впровадження безпілотних гусеничних автосамоскидів, були проведені дослідження з можливості застосування даного гірничо-транспортного обладнання на нерудному кар'єрі України.

Термін окупності впровадження технологічної схеми з застосуванням гусеничного автосамоскиду на кар'єрі з заданою продуктивністю (т/рік) визначається за формулою:

$$T = \frac{K}{(C - C_1)A}, \text{ рік} \quad (2.30)$$

де  $K$  – витрати на придбання гусеничного самоскиду, грн;

$C$  – вартість перевезень існуючим транспортом, грн/т;

$C_1$  – вартість перевезень гусеничним самоскидом, грн/т;

$A$  – об'єм перевезення гірничої маси за рік, т.

$$T = \frac{6000000}{(90 - 85)500000} = 2,4 \text{ роки}$$

Проведений аналіз досвіду використання гусеничних автосамоскидів на кар'єрах, дає змогу зробити висновок, що впровадження гусеничних автосамоскидів дозволить значно скоротити відстань транспортування і обсяг гірничокапітальних робіт на їх проведення і може бути рентабельною в умовах гранітних кар'єрів України. Окрім того, роботизація перевезень, особливо в умовах глибоких кар'єрів, суттєво підвищить безпеку на транспорті.

Загалом, техніко-економічна оцінка транспортування гірничої маси в умовах

обмеженого простору кар'єра має враховувати не тільки технічні характеристики транспорту, але й економічні, екологічні та соціальні фактори. Вибір оптимального варіанту транспорту може значно вплинути на ефективність роботи кар'єра, його рентабельність, а також на безпеку працівників та довкілля.

Ключовими аспектами, які слід враховувати, є:

- Продуктивність транспорту в специфічних умовах обмеженого простору.
- Операційні витрати, включаючи витрати на паливо, технічне обслуговування та обслуговування.
- Економічна ефективність кожного варіанту на основі розрахунку внутрішньої норми доходності (IRR) та чистої приведеної вартості (NPV).
- Інновації та новітні технології, які можуть підвищити ефективність і зменшити витрати.

Використання комплексного підходу до оцінки кожного варіанту дозволяє вибрати найбільш ефективний метод транспортування гірничої маси, який максимально відповідає специфічним умовам кар'єра та досягати високих результатів в довгостроковій перспективі.

## **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2**

1. Розроблені та досліджені технологічні схеми та організація робіт гусеничних самоскидів з однокішчевими екскаваторами. Технологічні схеми роботи мобільного транспорту передбачають способи маневрування гусеничних самоскидів біля вибою і їх встановлення під завантаження. На технологічні схеми впливає послідовність відпрацювання робочих вибоїв, а також схеми маневрування гусеничних самоскидів, що дозволяє скоротити робочі розміри майданчику уступу з урахуванням радіусів роботи екскаватора.

У разі використання машин з повноповоротною платформою відбувається розворот платформи на якій розміщено кузов і водійська кабіна. Застосування гусеничного самоскиду на кар'єрах з повноповоротною платформою зараз не мають аналогів.

2. Використання гусеничних автосамоскидів з повноповоротною платформою

в умовах розробки корисних копалин передбачає зменшення тривалості рейсу за рахунок зменшення, а також відсутності часу на маневри. Машина кабіною вперед переміщається до вибою, біля вибою відбувається поворот платформи на  $180^\circ$  і машина встановлюється під навантаження без додаткових маневрів.

3. Встановлені залежності з визначення параметрів робочих майданчиків при застосуванні гусеничних та колісних самоскидів, а також при проведенні траншей.

4. Зменшення висоти уступів призводить до зростання кількості майданчиків примикання і впливу складових траси на відстань транспортування особливо при збільшенні глибин кар'єру (30-50%). З урахуванням зміни розмірів ухилу та уступів в кар'єрі для прийнятих в роботі умов розробки родовищ визначено коефіцієнти розвитку траси  $K_t$ . Встановлено, що при збільшенні глибини кар'єрів зі 100 до 400...600 м коефіцієнт  $K_t$  змінюється в межах 1,36...1,76 при ухилі дороги в 30%.

5. В прийнятих умовах розробки кар'єрів при застосуванні «крутих» траншей (траси) є можливість трасу розкривних виробок розміщати на одному із бортів кар'єру, що суттєво дозволить зменшити запаси корисної копалини під транспортними майданчиками, підвищити кути бортів та скоротити термін вводу кар'єру в експлуатацію за рахунок зменшення капітальних робіт.

6. Розраховано тривалість рейсу самоскидів в залежності від глибини нерудного кар'єру. Встановлено, що при порівнянні гусеничного та шарнірно-зчленованого самоскидів тривалість рейсу максимальна у ШЗС, що пояснюється низкою швидкістю руху ГС.

7. Для оцінки економічної ефективності варіантів транспортування на обмежених територіях кар'єра пропонується застосувати метод порівняння варіантів з використанням таких критеріїв, як: капітальні, експлуатаційні витрати і собівартість транспортування гірничої маси. Для розрахунку рентабельності в роботі використано показник чистої приведеної вартості (NPV).

## РОЗДІЛ 3

### ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ КОМБІНАЦІЙ ГІРНИЧОТРАНСПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ

#### 3.1. Визначення видів навантажувального обладнання при роботі в комплексі з гусеничними самоскидами

Значна частина родовищ корисних копалин Донбасу, що відпрацьовують відкритим способом мають значну потужність порід розкриву та шари з малою потужністю корисної копалини [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Треба зазначити, що більш ніж половина витрат припадає на виймально-навантажувальні роботи, транспортування і наступне складання або відвалоутворення порід. На кар'єрах, що розробляють родовища з м'якими породами (каоліни, вогнетривкі глини) виймально-навантажувальне обладнання представлене одноківшевими екскаватори (у більшості гідравлічними), для переміщення порід розкриву застосовують автосамоскиди з різною вантажністю. Ефективність розробки родовищ нерудних корисних копалин і поступове підвищення продуктивної роботи екскаваторно-автомобільного комплексу залежить від правильно підібраного, економічно обґрунтованого робочого обладнання. Вирішенням цього питання може бути технічне переоснащення кар'єрів більш продуктивним обладнанням з високою продуктивністю і сервісом обслуговування на території України. Підтримка зазначеної виробником продуктивності екскаваторно-автомобільного парку здійснюється за рахунок правильних умов експлуатації, своєчасного ремонту та обслуговування. Не останню роль на виробництві мають організація та планування гірничих робіт при вийманні порід розкриву та корисної копалини .

Багато кар'єрів, що здійснили технічне переоснащення на більш сучасні екскаватори та транспортні засоби дуже мало уваги приділяють організації робіт з розкриття родовищ. У більшості випадків підвищення продуктивності механізованого комплексу, який представлений одноківшевими екскаваторами та автосамоскидами здійснюється окремо для кожної з ланок процесу циклічної технології. Відсутність жорсткого взаємозв'язку між операціями циклічного

обладнання призводить до зменшення норм виробки, зниження продуктивності окремих видів техніки і кар'єру в цілому.

У цьому зв'язку виникає актуальність дослідження впливу робочих параметрів різнотипного обладнання, що використовують в кар'єрі на продуктивність окремих ланок машин циклічної дії та вибору оптимальних розмірів цього обладнання і формування комплексів циклічної технології. Значну увагу було приділено встановленню ефективності використання вантажності наявних автосамоскидів при роботі разом з гідравлічними екскаваторами зі встановленням оптимальних норм виробки для сучасних гусеничних автосамоскидів, як альтернативного транспорту.

Підвищення ефективності використання виймально-навантажувального та транспортного обладнання в умовах розробки кар'єрів де виймають суглинки, глини або подібні породи є головною метою будь-якого гірничого підприємства. Для рішення поставленої мети при виконанні роботи вирішувалися наступні завдання:

1. Виконати дослідження існуючих технології та особливостей ведення розкривних робіт при вийманні пухких порід;

2. На основі досліджень зробити аналіз технічних характеристик обладнання, вплив організаційних та гірничих факторів на виробничу продуктивність обладнання та циклічної технології ведення робіт;

3. Дослідити технологічну взаємодію екскаваторів з автосамоскидами та встановити ефективну область застосування кар'єрного обладнання та раціональні параметри циклічного обладнання під час виймання порід розкриву.

Кар'єри, що видобувають будівельні матеріали, глини здебільше використовують для виймання верхніх шарів (суглинків, ґрунтово-рослинного шару) використовують невеличкі екскаватори. Для досліджень були обрані гідравлічні екскаватори Volvo 480 DL (3,3 м<sup>3</sup>) та CAT 336D2L (2,1 м<sup>3</sup>) із завантаженням у автосамоскиди Scania P440 (24 т), Volvo FM 6×4 (25 т), Volvo FM 8×4 (30 т) Volvo A40G (39 т), Альтернативним варіантом є використання екскаваторів CAT, Hitachi, Volvo (об'єм ковша 1,7-3,5 м<sup>3</sup>) і автосамоскидів

гусеничних Prinoth, Morooka, Cit ГС-40П УКБТМ (вантажопідйомністю 15-40 т). Засобами кар'єрного транспорту проводиться перевезення видобутої корисної копалини на склади (споживачам) та розкривних порід у відвали. У відповідності до класифікації гірських порід ЕНіВ на відкриті гірничі роботи товща розкривних порід та шари глин належать до I групи. Категорія порід за ЕНіВ – VII. Уступ суглинків, глин екскаваторами виймають із завантаженням у автосамоскиди і вивозять на внутрішні відвали (рис. 3.1).

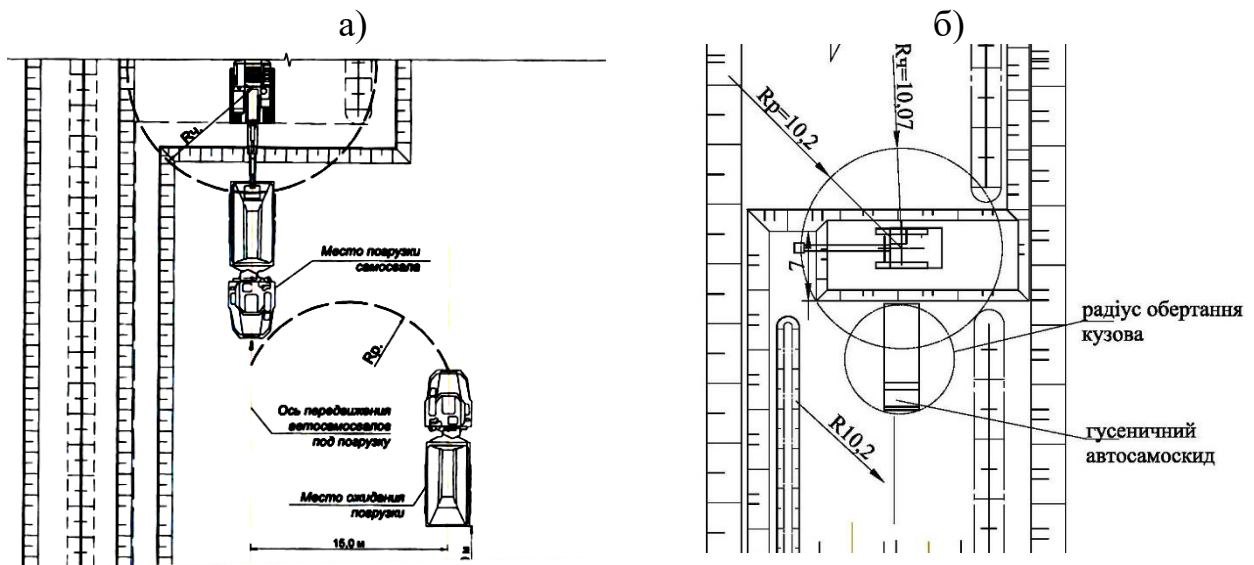


Рис.3.1. Схема завантаження порід розкриву екскаваторами в автосамоскиди:  
а – колісні; б – гусеничні.

На розкривних роботах, що складають основний об'єм виймально-навантажувальних і транспортних робіт на кар'єрі, можуть застосувати екскаватори та автосамоскиди кількох типорозмірів з різними технічними характеристиками. Організація транспортної циклічної технології (ЦТ) здійснюється без дотримання загальноприйнятих, на відкритих гірничих роботах, принципів та підходів у визначенні оптимального співвідношення місткості ковша екскаватора та кузова автосамоскида.

До факторів, що мають певний вплив на ефективність ЦТ, відносяться фізичний та моральний знос автосамоскидів, правильно закладена траса, глибина закладення траси, організація та диспетчеризація процесу транспортування, якість

і підготовка автодоріг до експлуатації і підтримка їх у задовільному стані, а також ряд інших факторів, що впливають на продуктивну роботу сучасних автосамоскидів в кар'єрах.

Істотними для кар'єрного автосамоскида є взаємозв'язки з екскаватором, підготовленість майданчику перевантажувального пункту, дорожні умови траси, клімат регіону де експлуатують машини. Для повного та всебічного визначення впливу різних факторів на продуктивність транспорту в кар'єрі необхідно представити автосамоскид у вигляді елемента системи. Система включає в себе комплекс обладнання у вибої, а саме, екскаватор (пряма лопата, обернена лопата), автосамоскид і місце розвантаження. Метою діяльності даної системи є транспортування гірничої маси від вибою до місця розвантаження (склади корисної копалини, зовнішні та внутрішні відвали, фабрики переробки мінералів у готову продукцію). Не останню роль мають організація робіт основного гірничого обладнання, поточний і капітальний ремонт.

Екскаваторно-автомобільні комплекси можна характеризувати за наступними показниками: габаритними що включають радіуси черпання та розвантаження екскаватора; розмірами маневрових майданчиків біля вибою та в місцях розвантаження; безпечними відстанями між робочим обладнанням (у тому числі і допоміжним); тривалістю операцій основного виймально-навантажувального обладнання, транспортного обладнання, часу що пов'язаний із їх простоями.

Кількість автосамоскидів, що працює у комплексі з екскаватором впливає на продуктивність комплексу і залежить від продуктивності окремих автосамоскидів, та навичок машиністів екскаваторів. Існують різні способи розрахунку комплексів, які дозволяють визначити оптимальне значення одиниць транспортних засобів, що працюють разом з виймально-навантажувальним обладнанням. Процес прийняття рішення, щодо кількості транспортних засобів, здійснюється протягом змінного планування, який враховує готовність автопарку, підготовлені породи, готовність екскаватору, підготовленість і стан людського ресурсу.

Існуючі методики планування роботи кар'єрних автосамоскидів залежать від їх продуктивності і під час формування календарних планів, у зв'язку з рядом

недоліків сучасних програм виникають похибки, які впливають на нормування автотранспортних робіт. Під час планування роботи гірничо-транспортного комплексу між проектною та фактичною продуктивністю транспортних засобів виникає очевидна розбіжність, що призводить до зниження точності планувальних робіт, а відповідно до порушення ритмічності роботи гірничо-транспортного комплексу і часу на виконання технологічних процесів з виймання і транспортування гірничої маси. Не дивлячись на зростання потужності механізованих комплексів кар'єрів відбувається зниження коефіцієнту використання обладнання у часі, уповільнення темпів їх продуктивності, зменшення техніко-економічних показників роботи гірничої техніки. Виникає необхідність постійного вдосконалення способів і методів розрахунку продуктивності гірничого обладнання. Відповідно необхідно враховувати нові чинники, що впливають на роботу основної гірничої техніки і приділяти значну увагу транспортній одиниці, як важливого елемента системи "екскаваторного-автомобільного комплексу".

Продуктивність ЦТ (одноківшевий екскаватор + автосамоскида) залежить від співвідношення ємності ковша екскаватора і геометричних параметрів кузова автосамоскида, кількості ковшів у кузові та їх кратності, що впливає на ефективність використання вантажності транспортних засобів, тривалість циклу гірничого обладнання. На продуктивність комплексу екскаватор + автосамоскида значний вплив мають наступні чинники: тривалість знаходження транспортного засобу під навантаженням, кількість повних ковшів екскаватора, що розміщують в кузові автосамоскида, максимальне завантаження кузова автосамоскида з урахуванням геометричних параметрів та вантажності, ємність та тип ковша екскаватора.

Під час формування механізованого комплексу з автосамоскида та екскаватора в багатьох джерелах вказано співвідношення між об'ємами ковша екскаватора та кузова автосамоскида 3-5 одиниць. При розрахунку використовують показники місткості ковша екскаватора і кузова автосамоскиду взятих з технічних характеристик. Однак технічні характеристики обладнання в багатьох випадках

виключають деякі показники порід, які виймають і транспортують. Одним з таких показників є коефіцієнт розпушення породи. Треба зазначити, що він для однієї і тієї ж самої породи відрізняється в ковші екскаватора і в кузові автосамоскиду. Різні геометричні параметри ковша екскаватора і кузова автосамоскида є основною причиною такої відмінності.

Вибір автосамоскиду здійснюється також за умови навантаження на його колісні вісі, а відповідно треба враховувати вагу порід, що транспортують в кузові автосамоскида. Кожний автосамоскид має вантажність і перевищення ваги може призводити з скорішого зносу транспортного засобу, а також виходу його з ладу. Отже, під час формування комплексу обладнання вибір автосамоскиду за технічними характеристиками здійснюється враховуючи дві умови: співвідношення кількості ковшів екскаватору у кузові автосамоскиду і значення вантажності автомобіля з урахуванням ваги породи.

На годинну (змінну) продуктивність автосамоскида впливають наступні показники: вантажність, геометрична місткість кузова (із «шапкою»), відстань переміщення гірничої маси («плече відкатки»), швидкість руху, час що витрачається на очікування, маневри, завантаження, транспортування, розвантаження. Саме ці показники і їх зміна протягом робочого часу впливають на норми виробки автосамоскиду. Найбільшу частку при визначенні продуктивності мають відстань транспортування, яка впливає на час перевезень та час завантаження гірничої породи в кузов автосамоскиду.

Аналіз роботи ЦТ кар'єру показав, що подача автосамоскидів під завантаження носить здебільшого випадковий характер без урахування ефективності роботи кожного з вузлів ЦТ. Тому в роботі встановлена продуктивність вузлів ЦТ при різних варіантах поєднання виймально-навантажувального і транспортного обладнання. Норма виробки одноківшевого екскаватора визначалася з урахуванням методики, що наведені в нормах [31], вимог [32] та методики в роботах [33]. При дослідженні визначені норми виробки екскаваторів з різною місткістю ковша та різних типів транспортного обладнання (колісних та гусеничних автосамоскидів). Отримані результати дозволили

порівняти продуктивність (рис. 3.2) і зробити попередні висновки, що зі збільшенням вантажності автосамоскидів продуктивність екскаваторів збільшується, що цілком закономірно.

Збільшення продуктивності екскаваторів відбувається за рахунок підвищення коефіцієнту використання обладнання в часі оскільки простої екскаватора в очікуванні автосамоскидів та їх установки під навантаження зменшується, збільшується час перебування автосамоскиду в пункті завантаження, що уже негативно впливає на продуктивність.

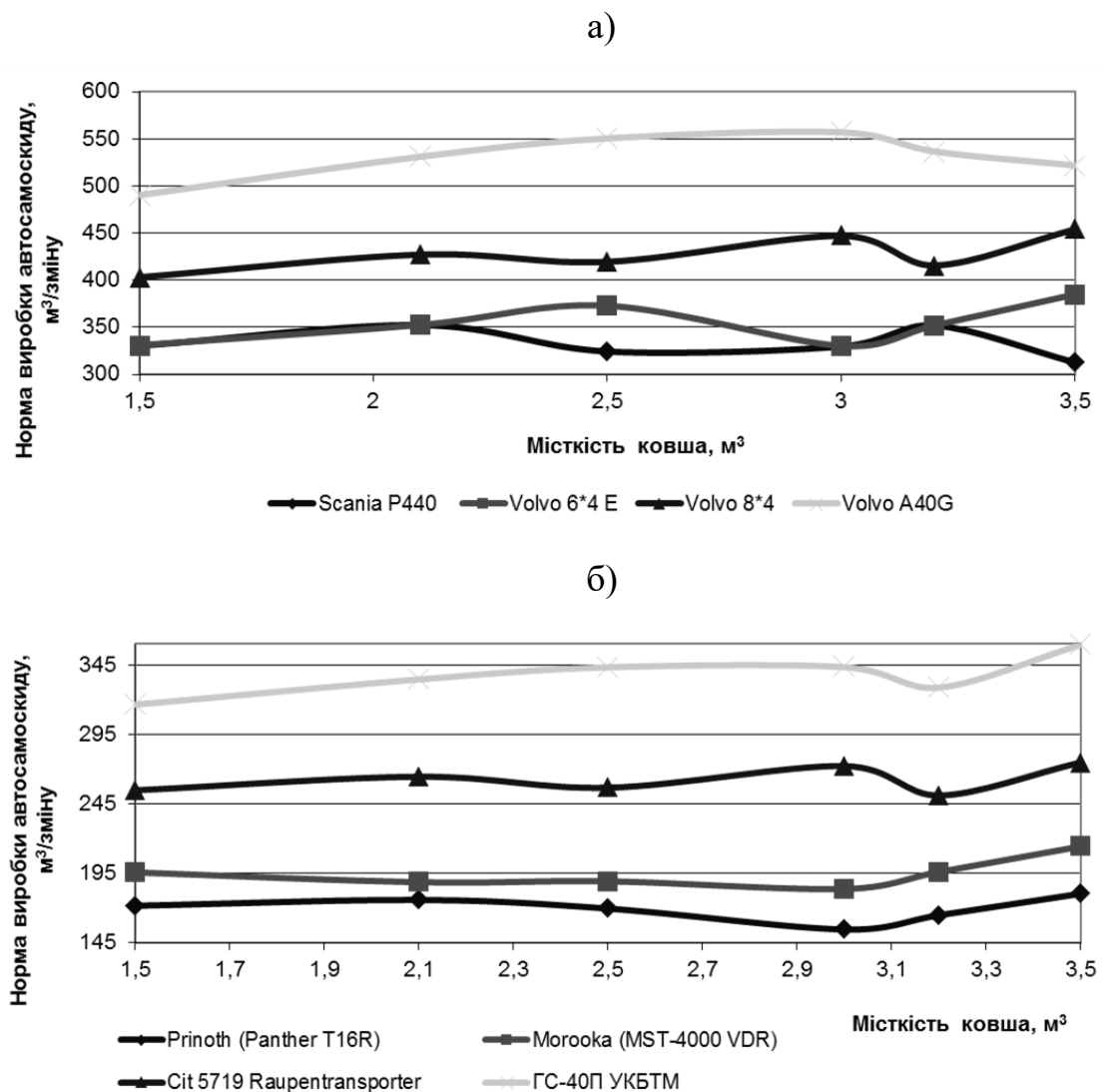


Рис. 3.2. Графіки залежності норм виробки автосамоскидів від місткості ковша екскаватора при використанні: а – колісних автосамоскидів; б – гусеничних автосамоскидів.

Порівняння роботи колісних та гусеничних автосамоскидів показує більшу продуктивність у колісних машин, що пов'язано із їх більшою швидкістю. Однак треба зазначити, що при зволоженні суглинків та глин гусеничні машини є більш прохідними.

На основі отриманих розрахункових значень продуктивності наявного виймально-навантажувального і транспортного обладнання ЦТ, при різних комбінаціях застосування, можна визначити оптимальне поєднання виймально-навантажувального і транспортного обладнання. Так для екскаваторів CAT 336 D2L і Volvo EC480 максимальна продуктивність досягається при роботі з автосамоскидом Volvo A40G. Максимальний приріст продуктивності становить 6,47 і 9,47 % відповідно – максимальне зростання ефективності використання виймально-навантажувального обладнання досягається саме при роботі екскаватора Volvo EC480 із автосамоскидом Volvo A40G.

Для автосамоскидів Volvo FM 6×4 і Volvo A40G максимальна норма виробки досягається при роботі з екскаватором Volvo EC480. Приріст норми виробки автосамоскидів становить 9,52 і 14,16 % відповідно. Максимальне зростання ефективності використання автосамоскидів досягається саме при роботі автосамоскида Volvo A40G із екскаватором Volvo EC480.

Проведені дослідження дозволяють стверджувати, що в конкретних умовах розмір ковша екскаватора значно впливає на норму виробки автосамоскидів, ніж типорозмір автосамоскида на продуктивність екскаватора. Це пов'язано з тим, що застосування екскаватору Volvo EC480 з місткістю ковша 3,3 м<sup>3</sup> дозволяє скоротити час простою автосамоскидів під навантаженням у 1,6 разів не залежно від типорозміру автосамоскида, що забезпечує зменшення часу рейсу автосамоскида в 1,15-1,2 рази.

Виконані дослідження продуктивності основного гірничо-технічного обладнання з урахуванням відмінної комплексної механізації циклічної технології дозволяють стверджувати про доцільність використання на невеликих кар'єрах автосамоскидів Volvo A40G (вантажність 39 т) разом з одноковшовими гідравлічними екскаваторами Volvo EC480 (ковш 3,3 м<sup>3</sup>).

Було здійснено дослідження впливу коефіцієнту наповнення ковша екскаватора на продуктивність обладнання в умовах кар'єру. На продуктивність автосамоскиду, що працює разом з однокішцевим екскаватором впливає ефективність використання геометричної місткості ковша екскаватора. Ефективність можна оцінити коефіцієнтом наповнення ковша екскаватора з наступним завантаженням у автосамоскид. Цей коефіцієнт має вплив на співвідношення ємностей ковша екскаватора і кузова автосамоскида, а відповідно на величину кількості повних ковшів у кузові. Під час розрахунків кількості повних ковшів у кузові автосамоскиду дробову частину зазвичай округляють, що також впливає на остаточний результат продуктивності обладнання.

Треба зазначити, що під час досліджень розрахунок проводився для транспортування гірничої маси трьома уступами висотою по 6 м, при цьому транспортний шлях з'їздами для колісних автосамоскидів склав 238 м (ухил 80%), а гусеничних – 75 м (кут з'їзду 20 градусів). Відповідно шлях транспортування для колісних машин і гусеничних відповідно склав 2,8 та 2,6 км.

При визначенні норми виробки автосамоскидів, в ході досліджень встановлено, що для наявного обладнання обмежувальним фактором виступала саме кількість ковшів екскаватора в кузові автосамоскиду за його вантажністю. Результати досліджень із впливу коефіцієнта наповнення ковша на ефективність використання вантажності автосамоскидів наведено на рис. 3.3.

Аналіз графіка на рис. 3.3 показує, що чим менша вантажність автосамоскиду, тим більша розбіжність пов'язана з незавантаженістю автосамоскиду. У той же час збільшення вантажності автосамоскидів як колісних, так і гусеничних зі збільшенням об'ємів ковша екскаватору призводить до повного завантаження автосамоскидів.

При роботі екскаватора CAT 336 D2L максимальна ефективність використання вантажності автосамоскидів досягається при завантаженні автосамоскида Volvo FM 6×4 з дотриманням коефіцієнта наповнення ковша 1-1,05 (відхилення розрахункової вантажності від паспортної 0-4,8 %). При роботі автосамоскида Volvo A40G з екскаватором CAT 336 D2L ефективність

використання вантажності вкрай низька (відхилення розрахункової вантажності від паспортної до 17,7 %).

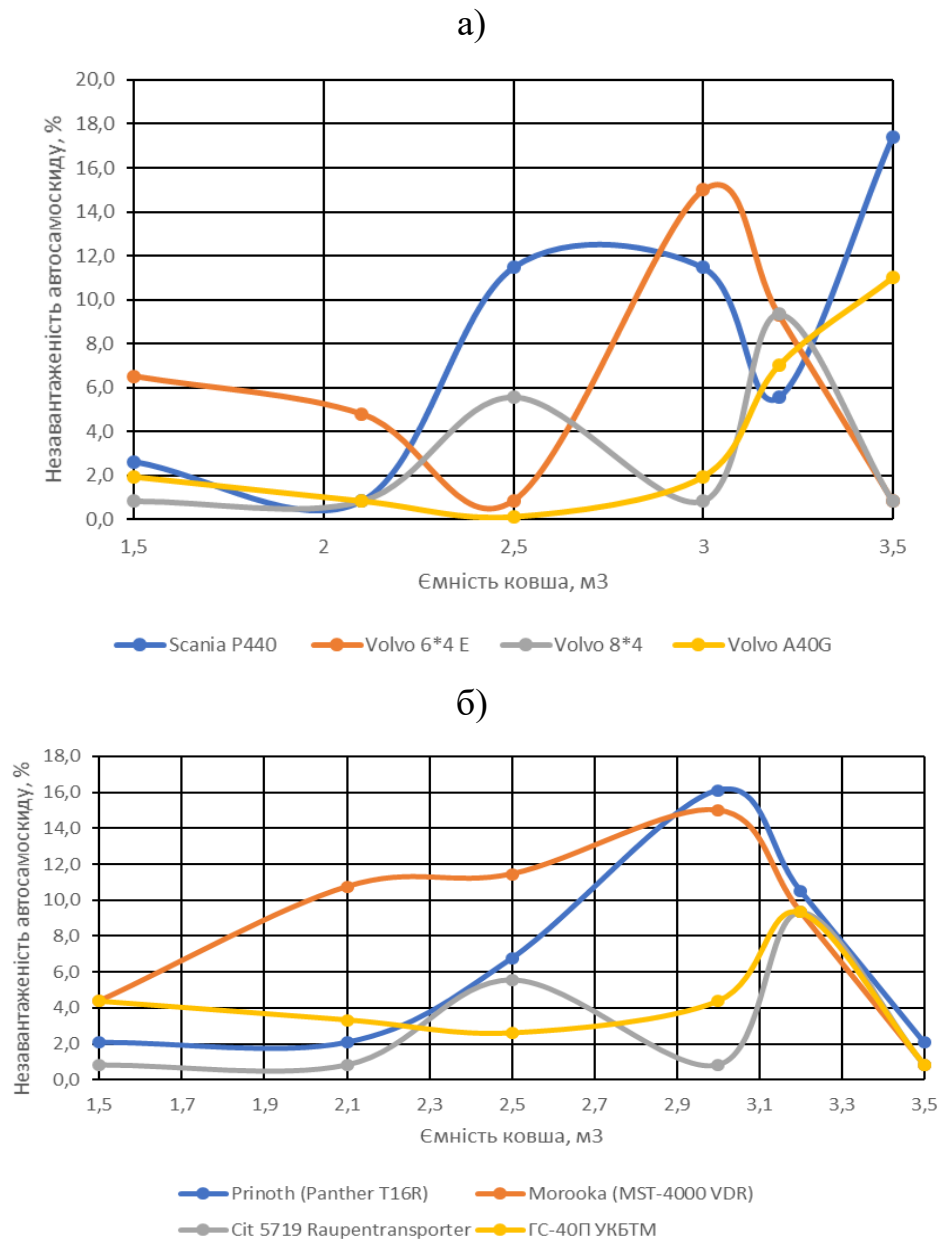


Рис.3.3. Графіки залежності ефективності використання вантажності автосамоскидів від місткості ковша екскаватора при використанні:  
а – колісних автосамоскидів; б – гусеничних автосамоскидів.

Натомість максимальна ефективність автосамоскидів Volvo A40G досягається при роботі з екскаватором Volvo EC480 при коефіцієнті наповнення ковша 1,0 (відхилення розрахункової вантажності від паспортної 4,1 %). Результати щодо ефективності роботи комплексів обладнання узгоджуються з результатами про

доцільність використання в якості транспортного обладнання автосамоскидів Volvo A40G вантажністю 39 т при завантаженні їх екскаваторами Volvo EC480.

На основі виконаних досліджень залежності продуктивності основного виробничого обладнання від різного компонування циклічної технології відпрацювання порід розкриву можна зробити висновок про наявність відхилень розрахункової вантажності автосамоскидів від заявленої постачальником.

Збільшення корисного використання екскаваторів Volvo EC480 в часі, за рахунок повного завантаження автосамоскидів, веде до збільшення продуктивності виймально-навантажувального обладнання в 1,1 рази. В той же час, на основі проведених досліджень, можна стверджувати, що типорозмір екскаватора в умовах Андріївського кар'єру суттєво впливає на норму виробки автосамоскидів. Приріст норми виробки автосамоскиду Volvo A40G вантажністю 39 т при завантаженні його екскаватором Volvo EC480 становить 14,16 % у порівнянні із його завантаженням екскаваторами CAT 336 D2L. Застосування екскаватору Volvo EC480 з місткістю ковша 3,3 м<sup>3</sup> дозволяє скоротити час простою автосамоскидів під навантаженням у 1,6 разів не залежно від типорозміру автосамоскида у порівнянні з екскаватором CAT 336 D2L, що забезпечує зменшення часу рейсу автосамоскида в 1,15-1,2 рази.

Проведені дослідження з ефективності використання вантажності наявних автосамоскидів дозволили встановити, що при роботі екскаватора CAT 336 D2L максимальна ефективність використання вантажності автосамоскидів досягається при завантаженні автосамоскида Volvo FM 6×4 з дотриманням коефіцієнта наповнення ковша 1-1,05 (відхилення розрахункової вантажності від паспортної 0-4,8 %).

При роботі автосамоскида Volvo A40G з екскаватором CAT 336 D2L ефективність використання вантажності вкрай низька (відхилення розрахункової вантажності від паспортної до 17,7 %). Натомість максимальна ефективність автосамоскидів Volvo A40G досягається при роботі з екскаватором Volvo EC480 при коефіцієнті наповнення ковша 1,0 (відхилення розрахункової вантажності від паспортної 4,1 %).

На основі виконаних досліджень основного виробничого обладнання циклічної технології відпрацювання порід розкриву можна зробити висновок про доцільність використання в якості транспортного обладнання автосамоскидів Volvo A40G вантажністю 39 т при завантаженні їх екскаваторами Volvo EC480.

Аналіз сучасного стану використання гірничого обладнання на кар'єрах показав, що організація циклічної (транспортної) технології здійснюється без дотримання загальноприйнятих, на відкритих гірничих роботах, принципів та підходів у визначенні оптимального співвідношення місткості ковша екскаватора та кузова автосамоскида, з поміж масиву наявного обладнання. В роботі розглядається удосконалення розкривних робіт в кар'єрах шляхом підвищення ефективності циклічної технології на відпрацюванні порід розкриву.

Визначено оптимальне поєднання виймально-навантажувального і транспортного обладнання, на основі отриманих розрахункових значень продуктивності виймально-навантажувального і транспортного обладнання ЦТ, при різних їх комбінаціях:

- для екскаваторів CAT 336 D2L і Volvo EC480 максимальна продуктивність досягається при роботі з автосамоскидом Volvo A40G. Максимальний приріст продуктивності становить 6,47 і 9,47 % відповідно – максимальне зростання ефективності використання обладнання досягається саме при роботі екскаватора Volvo EC480 із автосамоскидом Volvo A40G.

- для автосамоскидів Volvo FM 6×4 і Volvo A40G максимальна норма виробки досягається при роботі з екскаватором Volvo EC480. Приріст норми виробки автосамоскидів становить 9,52 і 14,16 % відповідно. Максимальне зростання ефективності використання автосамоскидів досягається саме при роботі автосамоскида Volvo A40G із екскаватором Volvo EC480.

- визначено, що типорозмір екскаватора впливає більш суттєво на норму виробки автосамоскидів, ніж типорозмір автосамоскида на продуктивність екскаватора. Це пов'язано з тим, що застосування екскаватору Volvo EC480 з місткістю ковша 3,3 м<sup>3</sup> дозволяє скоротити час простою автосамоскидів під

навантаженням у 1,6 разів не залежно від типорозміру автосамоскида, що забезпечує зменшення часу рейсу автосамоскида в 1,15-1,2 рази.

Порівняння роботи колісних та гусеничних автосамоскидів показує більшу продуктивність у колісних машин, що пов'язано із їх більшою швидкістю. Треба зазначити, що при зволоженні суглинків, глин гусеничні машини є більш прохідними. Потенціал гусеничних машин не повністю досліджений, тому є необхідність розглянути використання цих машин в умовах діючих кар'єрів України. Для порівняння роботи сучасного виймально-навантажувального обладнання та гусеничних автосамоскидів розроблена таблиця 3.1, яка дозволяє здійснити вибір під екскаватор транспортного засобу.

В таблиці 3.1 в шапці наведено цифри що відповідають ковшу екскаватора. Нижче наведені виробники гідравлічних екскаваторів та типи машин відповідних типорозмірів. Кожна виймально-навантажувальна машина покриває діапазон ковшів. Це пов'язано з тим, що в більш складних умовах з урахуванням зусиль на копання треба використовувати менший за розмірами ковш, а в умовах легкого виймання (наприклад, піски) ковш може бути збільшений.

В нижній частині таблиці наведено типорозміри гусеничних автосамоскидів які відповідають відповідному ковшу та типу екскаватора. Для порівняння в самому низу таблиці вказано кількість ковшів які можна розмістити в відповідному об'ємі кузова самоскида.

Під час досліджень застосовано статистичні методи обробки результатів, теорію масового обслуговування під час планування продуктивності обладнання протягом зміни. Визначено, що значення норми виробки екскаватора прямо пропорційно ефективності використання місткості ковша останнього. Встановлена зміна норми виробки автосамоскидів від ефективності використання та місткості ковша екскаватора, що пов'язано з округленням розрахункової кількості ковшів до цілого значення. Встановлено, що при роботі екскаватора CAT 336 D2L максимальна ефективність застосування такого параметру як вантажність автосамоскиду досягається при завантаженні автосамоскида Volvo FM 6×4 з

Таблиця 3.1 – Таблиця підбору обладнання при використанні гусеничних самоскидів

|  |                                 | Модель обладнання                                      |                  |                        |     |     |     |
|--|---------------------------------|--|------------------|------------------------|-----|-----|-----|
| Ковш, м3   | 0,6                             | 1  | 1,5              | 2                      | 2,5 | 3   |     |
| <b>Виробник, торгова марка екскаватору</b>           |                                 |  |                  |                        |     |     |     |
| Case   | CX330                           |  |                  |                        |     |     |     |
|  | CX 350                          |  |                  |                        |     |     |     |
|  | CX460                           |  |                  |                        |     |     |     |
| CATERPILLAR  | 322C LN                         |  |                  |                        |     |     |     |
|  | 325C                            |  |                  |                        |     |     |     |
|  | 325CL                           |  |                  |                        |     |     |     |
|  | 330CL                           |  |                  |                        |     |     |     |
|  |                                 |  | 345B fill        |                        |     |     |     |
| Doosan   |                                 |  | DH40.1           |                        |     |     |     |
| Daewoo   |                                 |  | Solar 420LC-V    |                        |     |     |     |
|  |                                 |  | SoLar 470LC-V    |                        |     |     |     |
|  |                                 |  | Solar 500LC-V    |                        |     |     |     |
| KOMATSU  | PC210LC-10M0                    |  |                  |                        |     |     |     |
|  | PC270LC-8                       |  |                  |                        |     |     |     |
|  | PC350LC-8M0                     |  |                  |                        |     |     |     |
| LIEBHERR   | R 317 Litronic                  |  |                  |                        |     |     |     |
|  | R 900 C Litronic                |  |                  |                        |     |     |     |
|  | R 904 C Litronic                |  |                  |                        |     |     |     |
|  | R 914 B Litronic                |  |                  |                        |     |     |     |
|  |                                 |  | R 924 B Litronic |                        |     |     |     |
|  |                                 |  | R 934 B Litronic |                        |     |     |     |
|  |                                 | R 944 B Litronic                                       |                  |                        |     |     |     |
| ORENSTEIN & KOPPEL<br>(O&K)                          |                                 |  | RH-12.5          |                        |     |     |     |
|  |                                 |  | RH-16            |                        |     |     |     |
| VOLVO  |                                 |  | EC240B           |                        |     |     |     |
|  |                                 |  | EC290B           |                        |     |     |     |
| <b>Виробник, торгова марка гусеничного самоскиду</b> |                                 |  |                  |                        |     |     |     |
|  |                                 | Prinoth (Panther T12)                                  |                  |                        |     |     |     |
|  |                                 | Prinoth (Panther T14R)                                 |                  |                        |     |     |     |
|  |                                 | Morooka (MST-3000VD)                                   |                  |                        |     |     |     |
|  |                                 | Morooka (MST-2200VDR)                                  |                  |                        |     |     |     |
|  |                                 | Komatsu (CD110R-1)                                     |                  |                        |     |     |     |
|  |                                 | Bergmann (C912 RK)                                     |                  |                        |     |     |     |
|  |                                 | PowerBully 9D  |                  |                        |     |     |     |
|  |                                 |  |                  | Prinoth (Panther T16R) |     |     |     |
|  |                                 |  |                  | Morooka MST 200 CR     |     |     |     |
|  |                                 |  |                  | Bergmann 4010 R        |     |     |     |
|  |                                 |  |                  | PowerBully 12D         |     |     |     |
|  |                                 |  |                  | Morooka MST3300VDR     |     |     |     |
|  |                                 |  |                  | Morooka (MST-4000 VDR) |     |     |     |
|  |                                 |  |                  | Mastenbroek CT/12      |     |     |     |
|  |                                 | Prinoth (Panther T22R)                                 |                  |                        |     |     |     |
|  |                                 | Wilhelm Haddick GmbH & Co (Cit 5719 Raupentransporter) |                  |                        |     |     |     |
|  |                                 | ГЕЗОМ УКБТМ  |                  |                        |     |     |     |
|  |                                 | ТС-40 УКБТМ  |                  |                        |     |     |     |
| <b>Об'єм кузова</b>                                  | <b>Вантажність самоскиду, т</b> | <b>Кількість ковшів</b>                                |                  |                        |     |     |     |
| 5  | до 10                           | 8,3  | 5,0              | 3,3                    | 2,5 |     |     |
| 6,6  | від 10 до 15                    |  | 6,6              | 4,4                    | 3,3 | 2,6 |     |
| 9,5  | від 15 до 20                    |  |                  | 6,3                    | 4,8 | 3,8 | 3,2 |
| 11   | від 20 і більш                  |  |                  | 7,3                    | 5,5 | 4,4 | 3,7 |

дотриманням коефіцієнта наповнення ковша 1-1,05 (відхилення розрахункової вантажності від паспортної 0-4,8 %).

Максимальна ефективність автосамоскидів Volvo A40G досягається при роботі з екскаватором Volvo EC480 при коефіцієнті наповнення ковша 1,0 (відхилення розрахункової вантажності від паспортної 4,1 %). На основі отриманих розрахункових значень продуктивності наявного виймально-навантажувального і транспортного обладнання циклічних технологій, при різних комбінаціях застосування, можна визначити оптимальне поєднання виймально-навантажувального і транспортного обладнання.

Запропоновані рішення з виконання розкривних робіт під час розробки гірничої маси дозволяють підвищити ефективність роботи основного гірничого обладнання при здійсненні основних процесів гірничих робіт.

Для удосконалення розкривних робіт та підвищення ефективності роботи виймально-навантажувального та транспортного обладнання розглянуті умови розробки кар'єрів де виймають суглинки, глини. Визначення напрямків дослідження пов'язано з аналізом сучасного стану гірничих робіт на кар'єрах, оглядом літературних джерел із удосконалення розкривних робіт в умовах кар'єру, дозволяє сформулювати цілі, завдання з обґрунтування технологічної схеми використання комплексів обладнання транспорту та екскаваторів циклічної дії при вийманні порід розкриву. В ході досліджень встановлено взаємозв'язок параметрів роботи екскаваторів із автосамоскидами та досліджено вплив коефіцієнта наповнення ковша екскаватора на продуктивність обладнання, що використовують для виймання та транспортування в умовах кар'єру [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

### **3.2. Схеми розкриття нових горизонтів і формування круто-нахилених з'їздів**

Розкриття нових горизонтів при розробці родовищ має важливу роль. Схема розкриття, параметри закладання укосів і ухилів з'їздів впливають на загальні

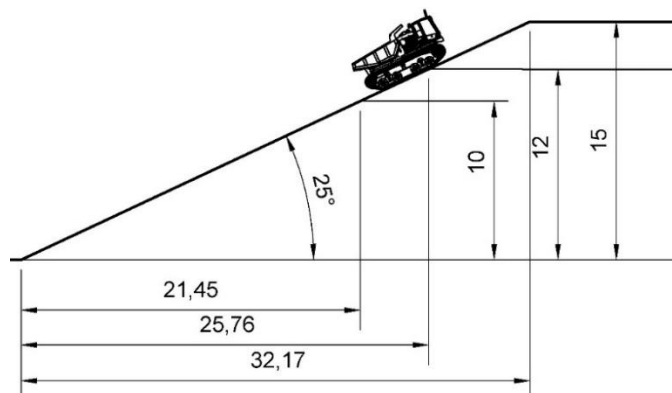
об'єми корисної копалини що виймають і залишають під ціликами при створенні транспортних берм і з'їздів [33].

Для дослідження схем і обґрунтування розкриття нових горизонтів необхідно:

1. Дослідити довжину з'їзду від висоти уступу.
2. Дослідити залежність довжини з'їзду від ухилу з обмеженим використанням колісних автосамоскидів.
3. Дослідити залежність довжини з'їзду від ухилу при використанні гусеничних самоскидів.
4. За допомогою програмних продуктів побудувати моделі з'їздів і дослідити їх параметри.

Застосування гусеничних самоскидів з урахуванням їх технічних характеристик дозволяють долати значні ухили і кути підйомів. На схемі рис. 3.4 зображено трасу з підйомом у  $25^\circ$ . Як видно з рисунку зменшення висоти уступу веде до зменшення траси підйому, кут також впливає.

а



б

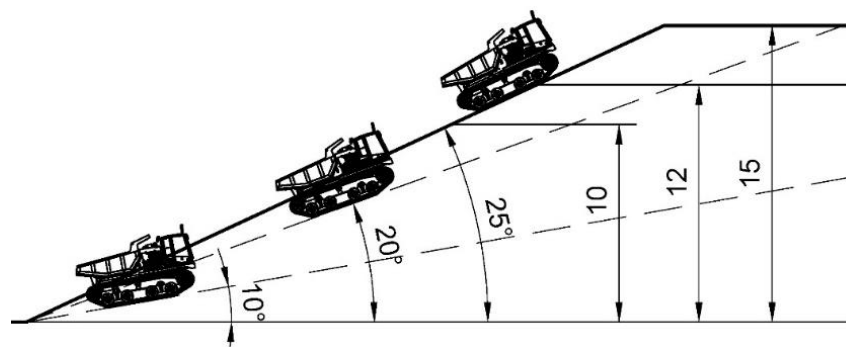


Рис. 3.4. Схеми з'їздів при використанні гусеничних самоскидів: а – довжина проєкції траси при різній висоті уступу; б – кути ухилів що долаються машинами.

Треба зазначити що довжина траси в плані і реальна довжина відрізняються. На рис. 3.5 зображена реальна довжина траси, дослідження якої дозволяє чітко визначати загальну довжину транспортування автосамоскидами в умовах діючих кар'єрів.

Дослідження залежності реальної довжини з'їзду від висоти уступу з кутом закладання траси від  $4^\circ$  до  $25^\circ$  показують лінійну залежність.

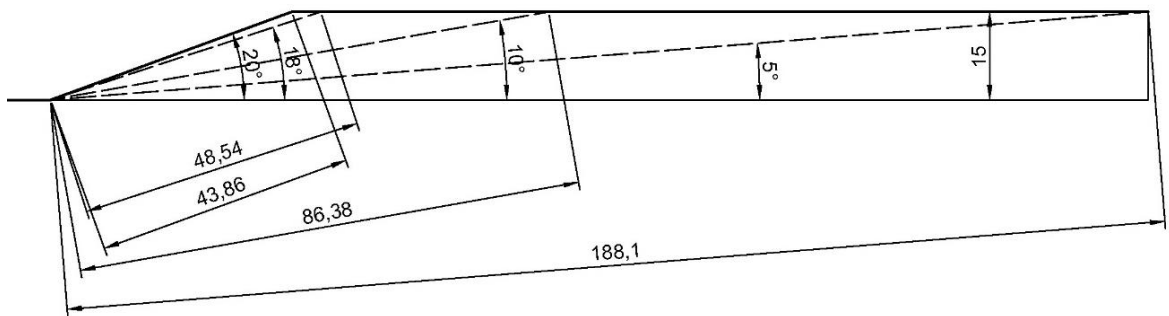


Рис. 3.5. Схема з визначеними значеннями реальної довжини траси при висоті уступу 15 м і різними кутами закладання.

Зі збільшенням висоти уступу відбувається пропорційне збільшення довжини реальної траси (рис. 3.6).

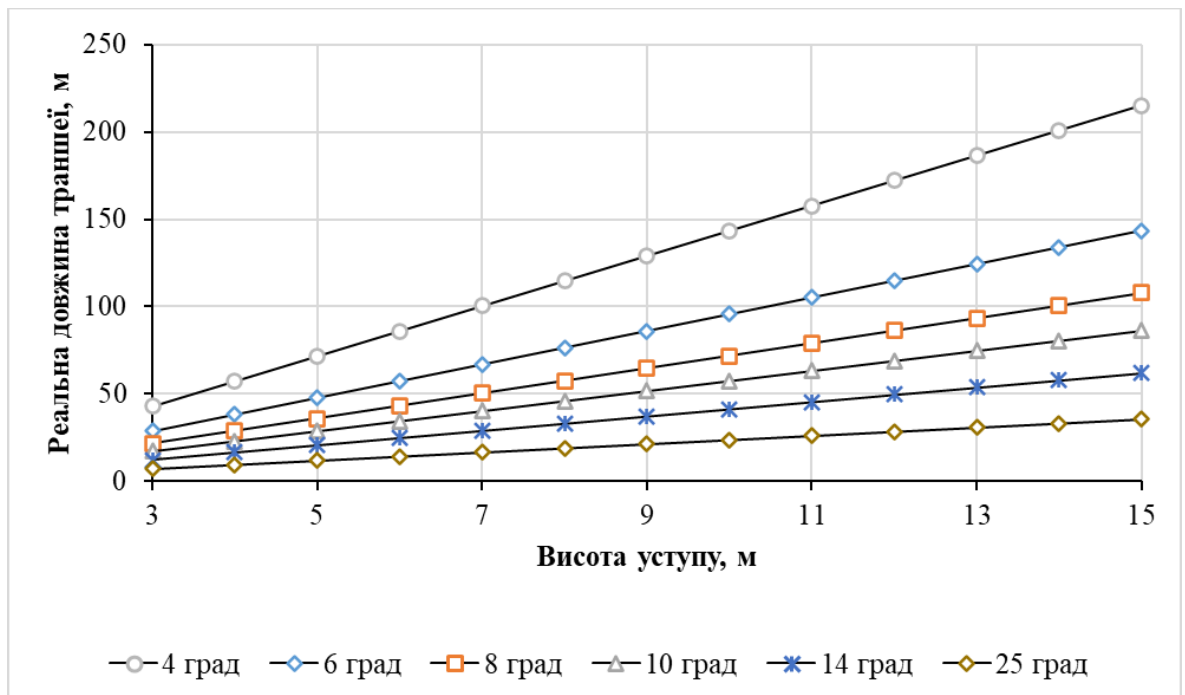


Рис. 3.6. Графік залежності реальної довжини з'їзду від висоти уступу з різним кутом закладання траси (градуси).

Зворотнім графіком до рис. 3.6 є графік залежності реальної довжини з'їзду від кута закладання траси при різній висоті уступу, що показаний на рис. 3.7. Однак, як видно з графіка на рис. 3.7 цей графік має вже криволінійну залежність, яка показує, що зі збільшенням кута нахилу проїзної частини траншеї відбувається різке зниження реальної довжини траси.

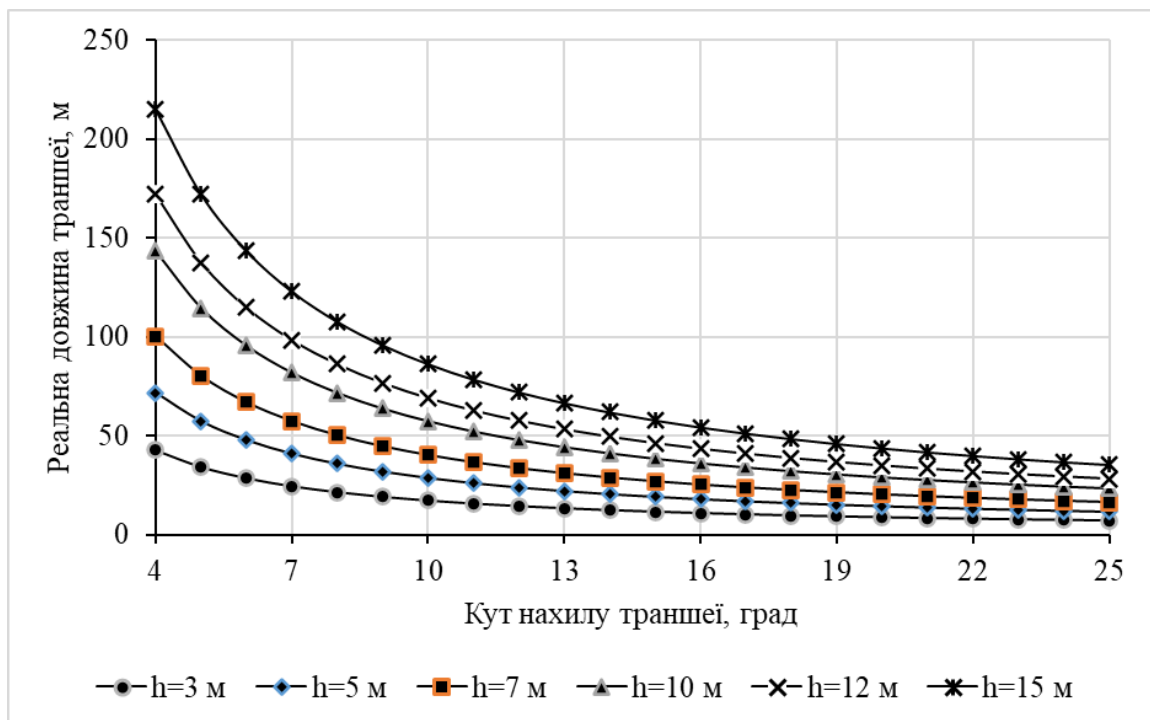


Рис. 3.7. Графік залежності реальної довжини з'їзду від кута закладання траси при різній висоті уступу.

Згідно з ДСТУ «Промисловий транспорт» на долаємий ухил впливає колісна формула звичайних самоскидів. У той же час на гусеничні машини не визначено ухили. Рішення питання щодо ухилів які можуть долати гусеничні машини потребують досліджень. Дослідження довжини звичайних з'їздів рис. 3.8. та крутих з'їздів рис. 3.9. дозволяють встановити довжину траси що утворюють під час проведення розкривних траншей і які в подальшому перетворюють на з'їзди.

Дослідження впливу параметрів траншеї на об'єми за допомогою спеціального програмного продукту Micromine дозволяє визначити зміну об'ємів при зміні параметрів.

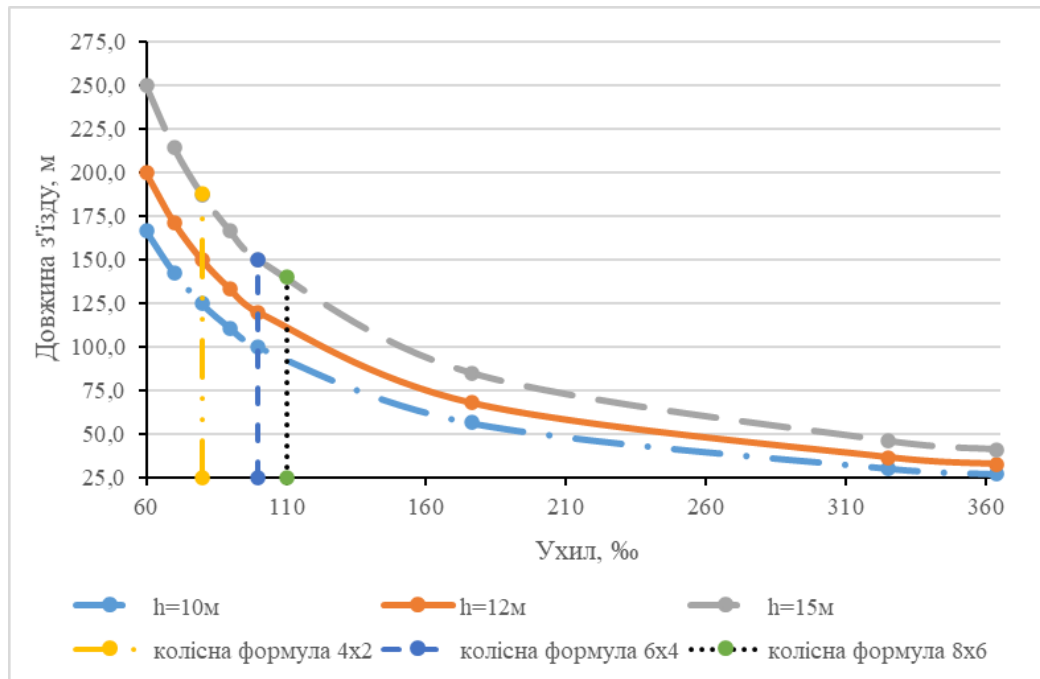


Рис. 3.8. Залежність довжини з'їзду від ухилу (промиле) з обмеженим використанням колісних автосамоскидів з різними колісними формулами (для різних висот уступів в кар'єрі).

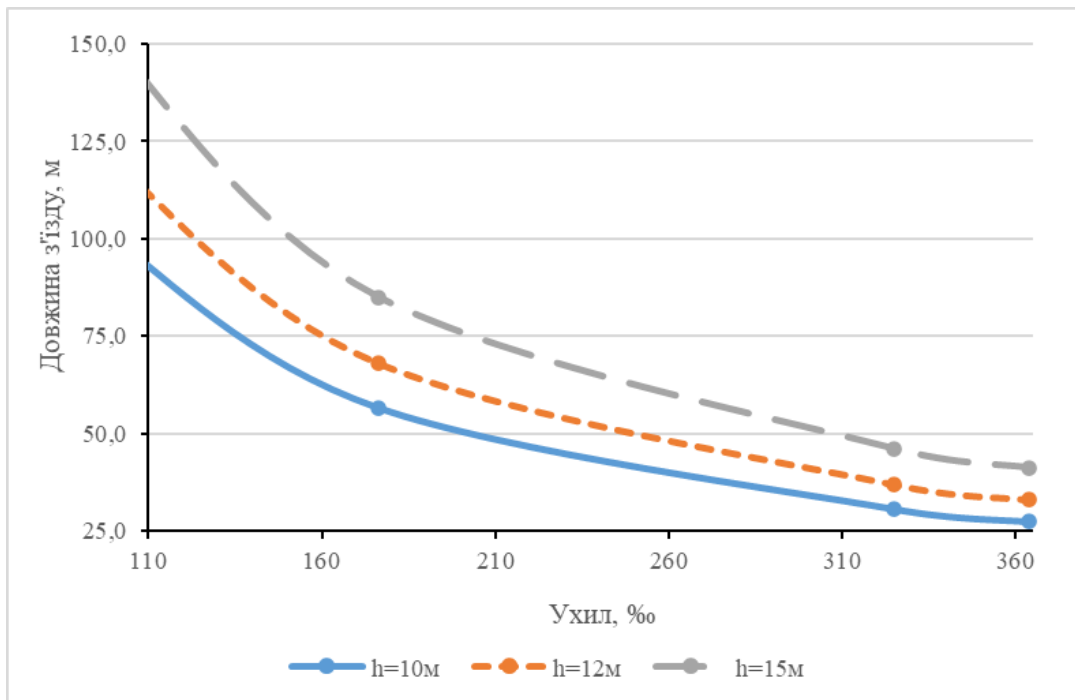


Рис. 3.9. Залежність довжини з'їзду від ухилу при використанні гусеничних автосамоскидів (для різних висот уступів в кар'єрі).

Для дослідження необхідно побудувати 3D моделі траншей. При моделюванні враховувались наступні параметри (рис. 3.10-3.11): уступи різної висоти (10, 12, 15 м); ухил що закладається (10, 20, 30 градусів); ширина з'їзду (для гусеничних самоскидів прийнято 7,5 та 11 м); кут укосу траншеї (для різних порід приймалися 30, 45, 60, 75 градусів).

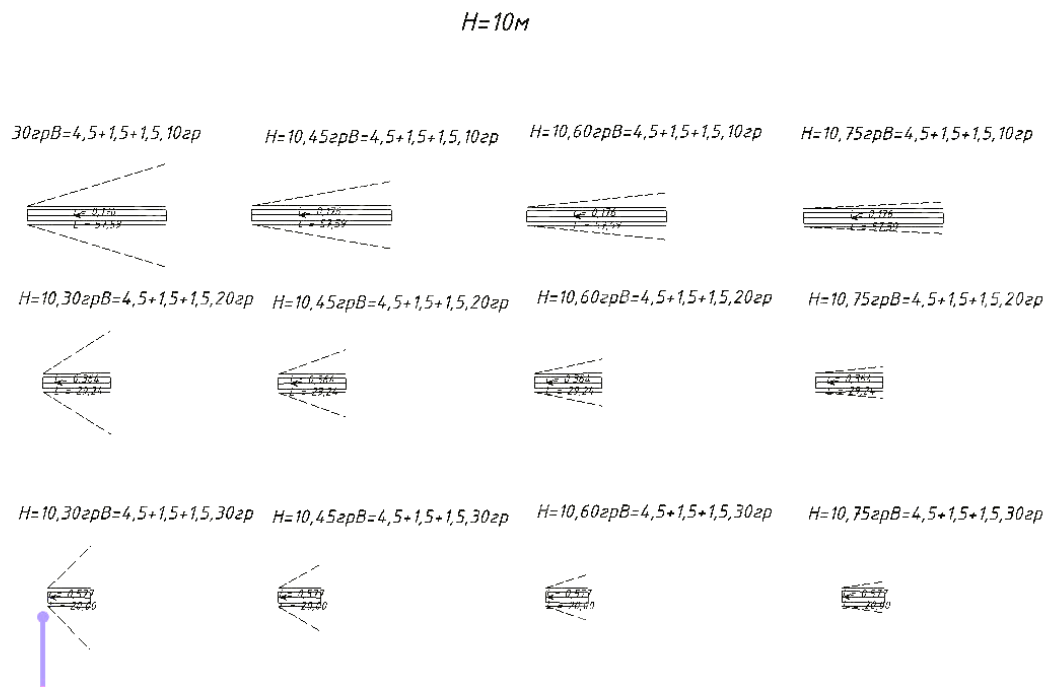


Рис. 3.10. Моделювання з'їздів при розкритті нових горизонтів в програмному продукті.

$$30грВ=4,5+1,5+1,5,10гр$$

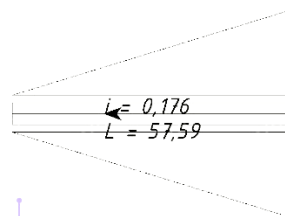


Рис. 3.11. Модель з'їзду в плані.

При моделюванні з'їздів в програмі створені каркасні моделі що дозволили розрахувати об'єми при різних параметрах. Дослідження розкриття нових горизонтів відбувалась з урахуванням застосування гусеничних самоскидів (рис. 3.12).

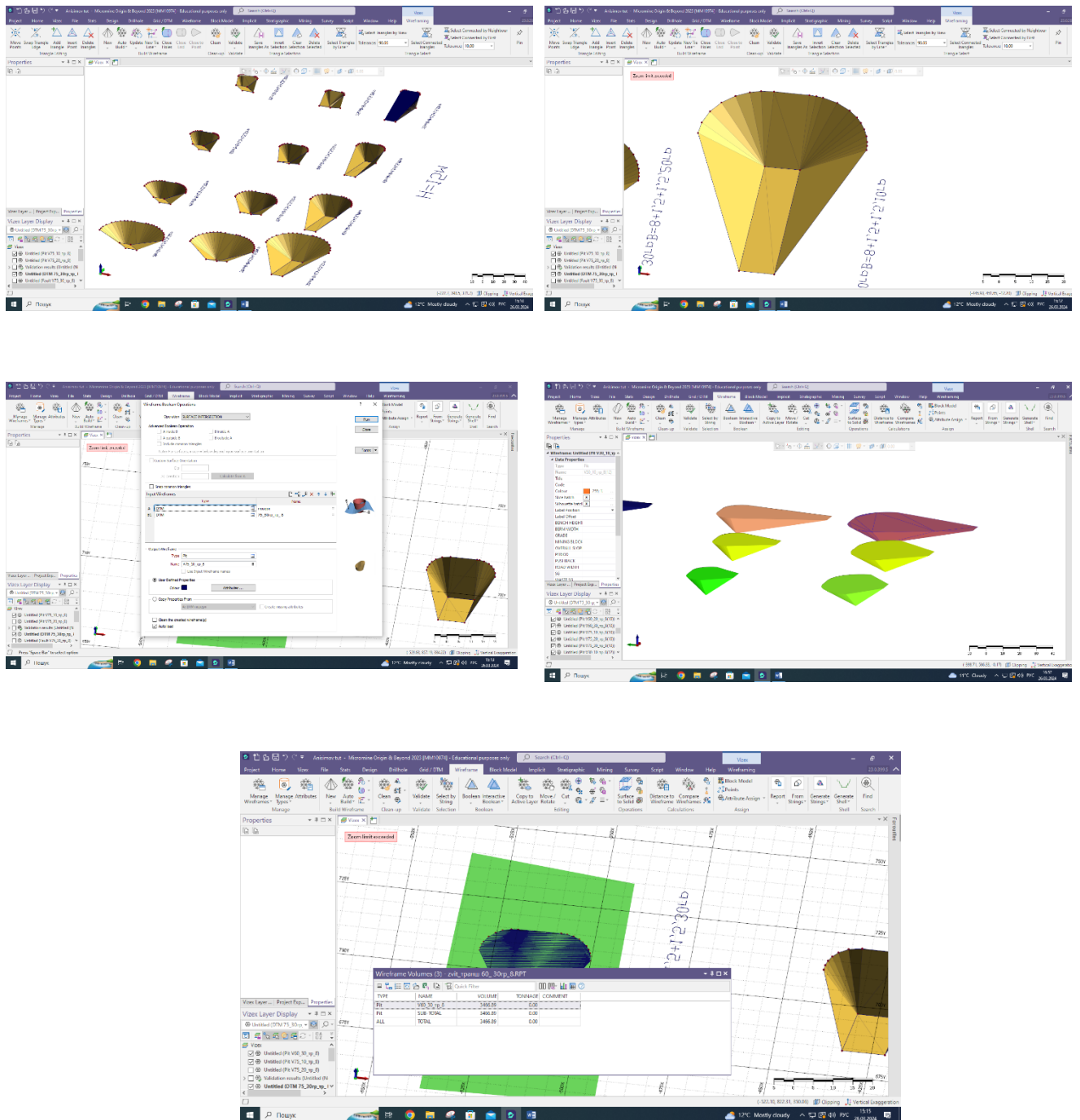


Рис. 3.12. Моделювання та розрахунки об'ємів крутих траншей із застосуванням програмного комплексу MicroMine.

В результаті розрахунку було визначено об'єми робіт з урахуванням односмугової дороги шириною з'їзду 7,5 м (рис. 3.13-3.15) та двосмугової дороги шириною з'їзду 11 м (рис. 3.16-3.18).

Закономірно що при формуванні траншеї в м'яких породах що мають стійкий укіс 30 градусів об'єми робіт з їх створення збільшуються, а при підвищенні кута до 70 градусів, що притаманно скельним породам – зменшуються.

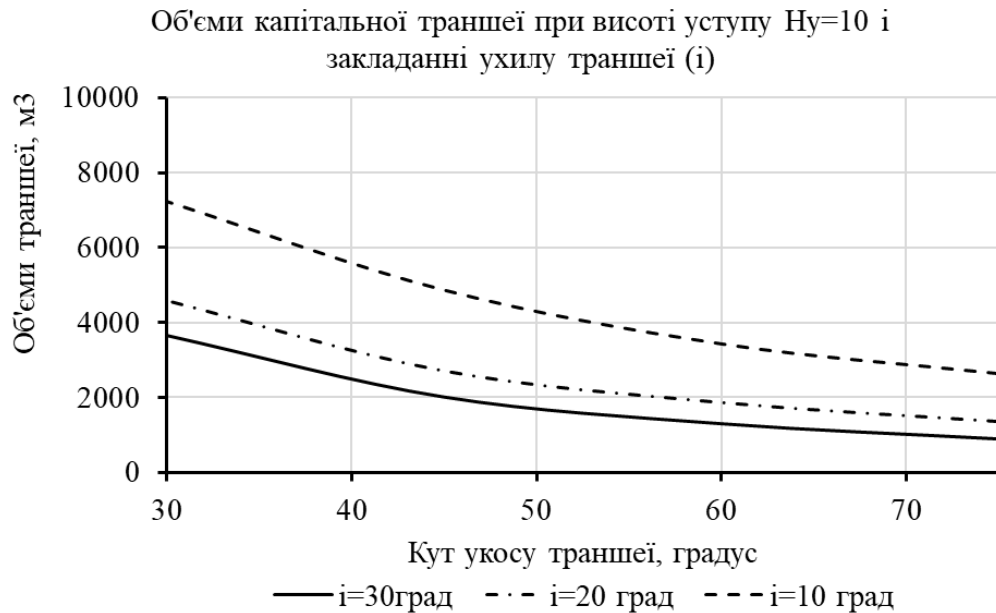


Рис. 3.13. Визначення об'ємів робіт при створенні крутих траншей глибиною 10 м з односмуговим рухом гусеничної машини.

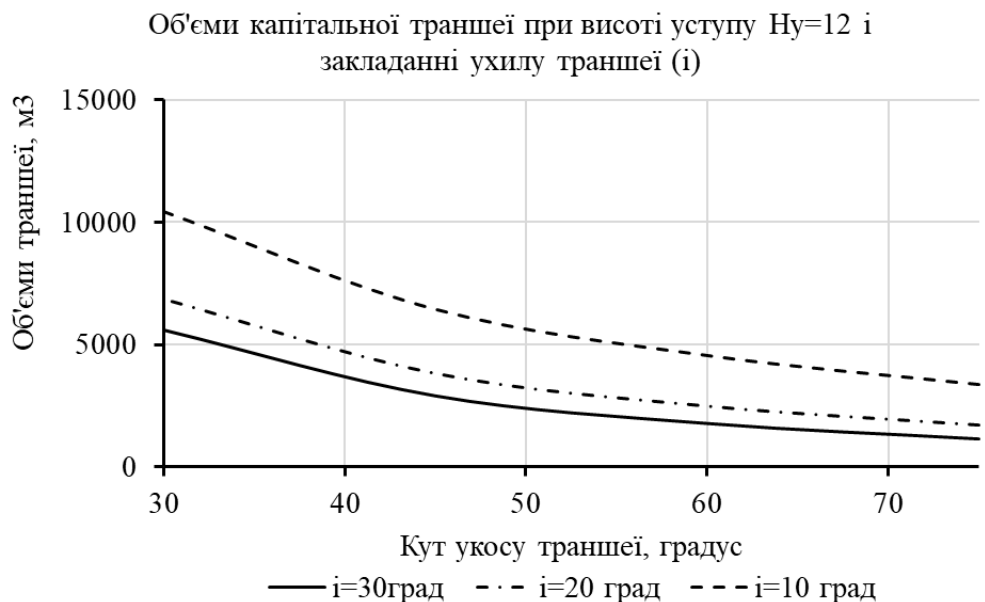


Рис. 3.14. Визначення об'ємів робіт при створенні крутих траншей глибиною 12 м з односмуговим рухом гусеничної машини.

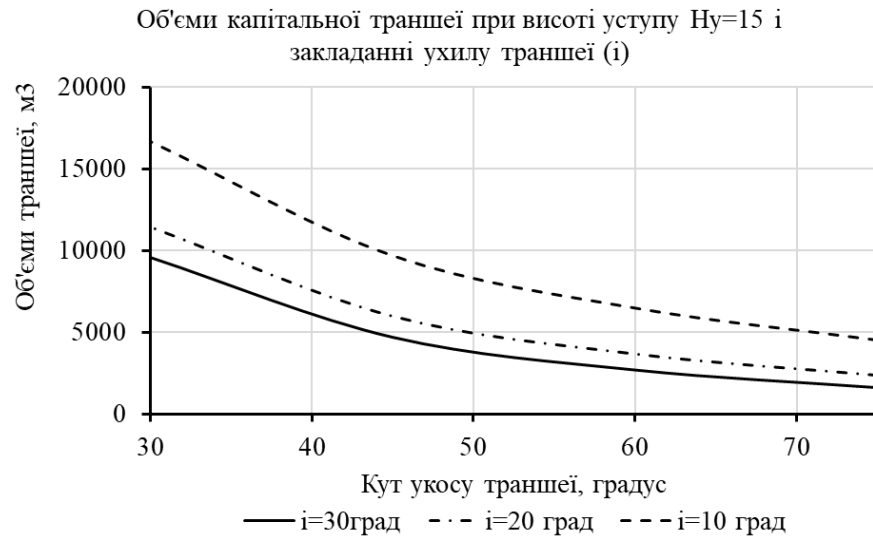


Рис. 3.15. Визначення об'ємів робіт при створенні крутих траншей глибиною 15 м з односмуговим рухом гусеничної машини.

Під час визначення двосмугової полоси руху транспорту враховується ширина машини та безпечна відстань між машинами що рухаються. Ширина дороги з урахуванням малих габаритних розмірів гусеничних автосамоскидів визначена 8 м. Додатково враховується безпечні відстані від укосів траншеї в 1,5 м. У порівнянні з попередніми графіками (рис. 3.13-3.15) збільшення ширини дороги веде до відповідного збільшення об'ємів виймання при створенні крутих траншей від гусеничний транспорт (рис. 3.16-3.18).

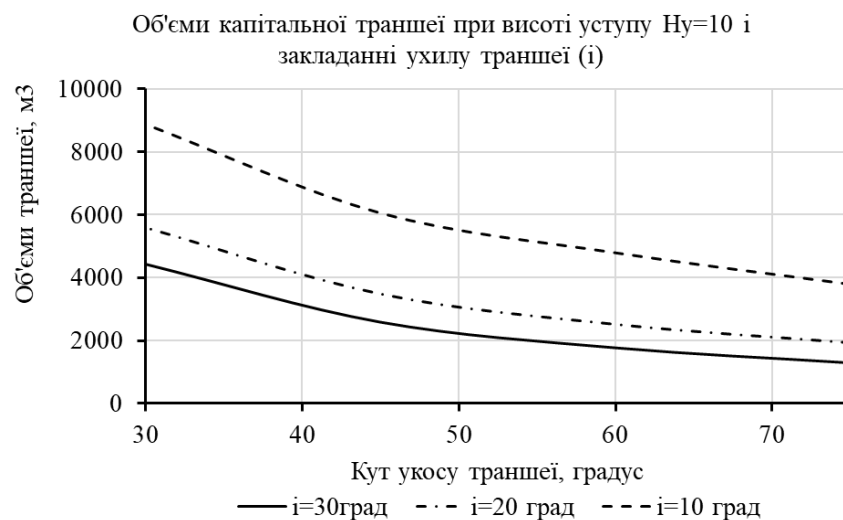


Рис. 3.16. Визначення об'ємів робіт при створенні крутих траншей глибиною 10 м з двосмуговим рухом гусеничної машини.

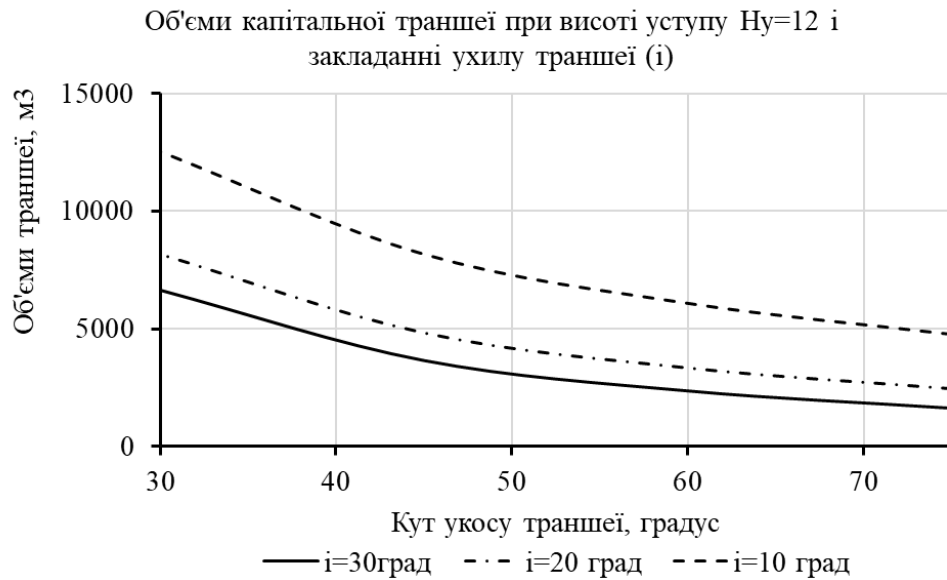


Рис. 3.17. Визначення об'ємів робіт при створенні крутих траншей глибиною 12 м з двосмуговим рухом гусеничної машини.

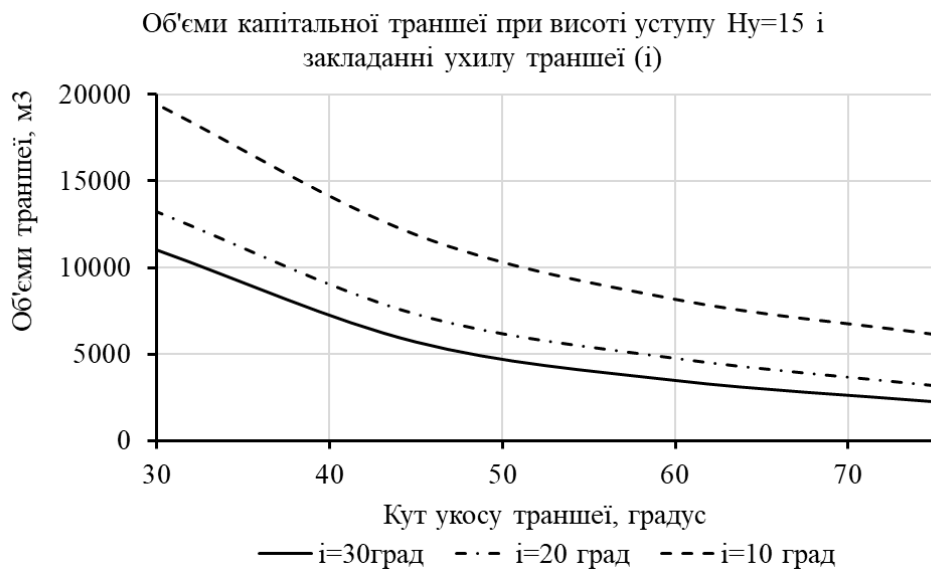


Рис. 3.18. Визначення об'ємів робіт при створенні крутих траншей глибиною 15 м з двосмуговим рухом гусеничної машини.

Можливі варіанти розкриття родовищ корисних копалин з односмуговим розміщенням з'їздів і формуванням ніш для розминувки гусеничного транспорту, що рухається зустрічним маршрутом. Ніши можна формувати уздовж траси з внесенням відповідних інструкцій щодо руху гусеничного транспорту. В нішу має

заїзжати порожня машина що рухається зверху пропускаючи завантажену. Така організація робіт гусеничного транспорту дозволить зменшити простої завантаженої машини і підвищить їх продуктивність. Ніши мають бути побудовані під час розкриття нових горизонтів.

Основні висновки за проведенням дослідженням: закладання більшого ухилу дозволяє зменшити об'єми робіт при підготовці нових горизонтів; на об'єми порід що вилучають впливають фізико-механічні властивості порід, це проявляється у вигляді кутів укосів траншеї що формуються; для гусеничних машин визначені ухили, що долаються і впливають на довжину з'їзду (технічні характеристики гусеничних машин вказують на те, що долаємий ухил становить від 12 до 30 градусів); на реальну довжину з'їзду впливає у глибина закладання з'їзду (при існуючих виймально-навантажувальних машинах розглянуто глибину закладання 10, 12 та 15 м); застосування сучасних ГІС технологій дозволяє визначати точні дані щодо об'ємів робіт при формуванні крутих траншей різної конфігурації та траси.

### **3.3. Обґрунтування параметрів технологічних схем руху гусеничних самоскидів**

Технологічні схеми руху гусеничних самоскидів обумовлені конструкцією і параметрами гусеничної ходової частини, навичками оператора машини, габаритними параметрами машини в плані, розмірами майданчику та вибою екскаватора в кар'єрі.

Найбільш ефективним з точки зору мінімізації руху та необхідних розмірів майданчику є розворот машини на місці двома гусеницями що рухаються в протилежні напрямки (рис. 3.19). Машина підїзжає до вибою і за рахунок руху двох гусениць в різних напрямках майже на місці розвертається до вибою. Ширина майданчику для розвороту можна визначати двома радіусами. Перший радіус це радіус пов'язаний з габаритами самої машини ( $R_r$ , м), а другий радіус це дотик гусеничної ходової частини із поверхнею ґрунту ( $R_x$ ). Перший радіус впливає на безпеку руху машини і її зіткнення з укосом уступу, або іншими машинами. Другий радіус це радіус за

яким відбувається рух на земній поверхні. Обидва радіуса важливі для технологічних схеми підїзду машин до місць завантаження і розвантаження.

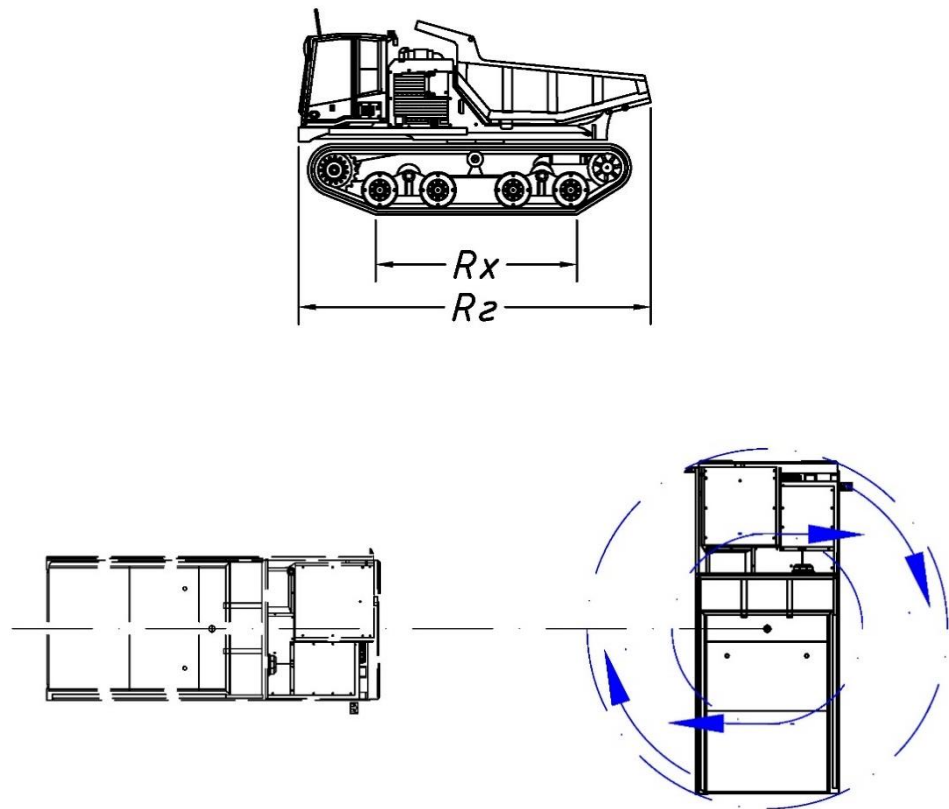


Рис. 3.19. Розворот на місці двома гусеницями що рухаються в протилежні напрями

Ширина транспортної смуги при розвороті на місці має визначатися:

$$B_m \geq R_x, \text{ м} \quad (3.1)$$

де  $B_m$  – ширина транспортної смуги, м;

$R_x$  – радіус дотику гусеничної ходової частини із поверхнею ґрунту, м.

Мінімальна ширина майданчику для розвороту гусеничного автосамоскиду

$$Ш_m \geq R_z, \text{ м} \quad (3.2)$$

де  $Ш_m$  – ширина майданчику для розвороту гусеничного самоскиду, м;

$R_z$  – габаритний радіус гусеничного самоскиду, м.

Можливий варіант розвороту гусеничного самоскиду це розворот на місці за рахунок руху однієї гусениці. Тобто, одна гусениця стопориться, а інша рушає і переміщує праву або ліву сторону машини навкруги застопленої гусениці (рис. 3.20).

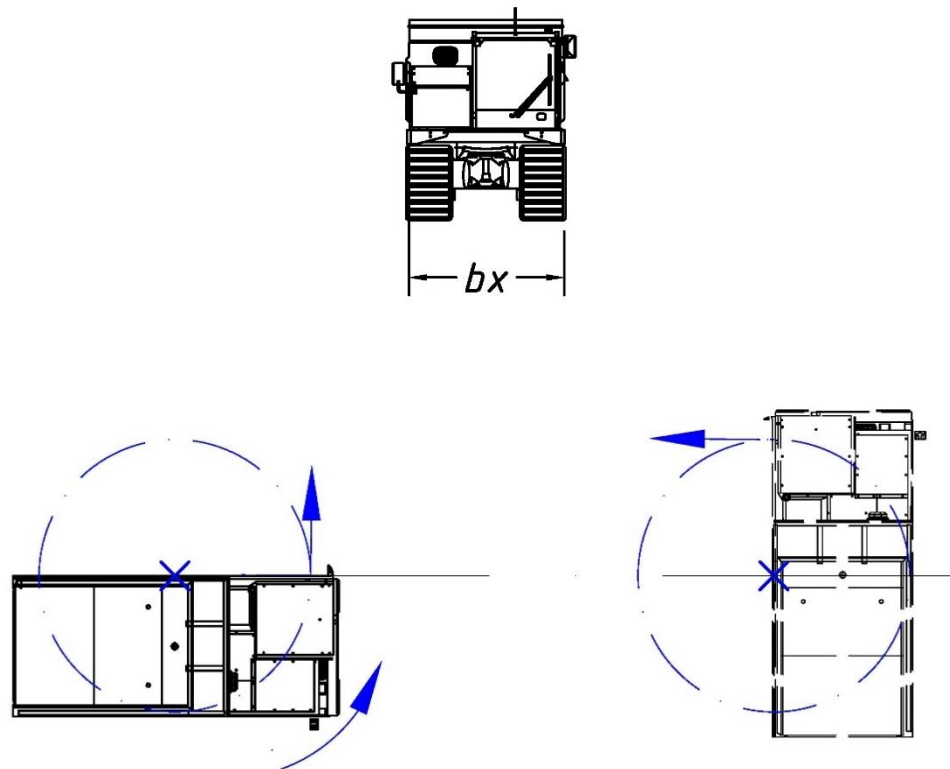


Рис. 3.20. Розворот на місці однією гусеницею.

Ширина транспортної смуги при розвороті на місці однією гусеницею визначається:

$$B_m \geq 2b_x, \text{ м} \quad (3.3)$$

де  $B_m$  – ширина транспортної смуги, м;

$b_x$  – ширина гусеничної ходової частини, м.

Мінімальна ширина майданчику для розвороту гусеничного автосамоскиду на місці однією гусеницею буде залежати від радіусу який визначається точкою

обертання машини застопореної гусениці до крайніх протилежних розмірів за діагоналлю машини (рис. 2 зовнішня стрілка обертання відносно центру).

Розворот з рухом вперед і одночасним поворотом на 90 градусів з наступним рухом назад можливий при достатніх розмірах робочого майданчику уступу (рис. 3.21). В цьому випадку мінімальна ширина майданчика обмежується радіусом що описує машина при повороті і як мінімум половиною довжини транспортного засобу.

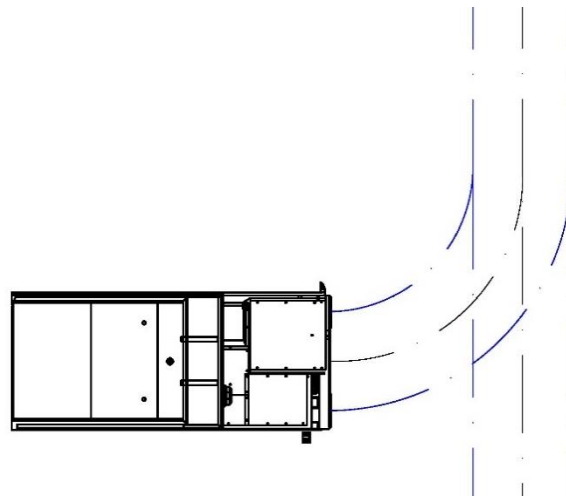


Рис. 3.21. Розворот з рухом вперед на 90 градусів і назад по прямій лінії

Мінімальна ширина майданчику для розвороту гусеничного автосамоскиду

$$Ш_m \geq \frac{b_x}{2} + R + \frac{l}{2}, \text{ м при } R \geq R_x, \text{ м} \quad (3.4)$$

де  $Ш_m$  – ширина майданчику для розвороту гусеничного самоскиду, м;

$R$  – довільний середній (між ходовою частиною) радіус руху гусеничного самоскиду, м.

$l$  – габаритна довжина гусеничного самоскиду, м.

За способом переміщення наступний варіант дуже схожий з попереднім. Відемністю є те, що коли машина рухається заднім ходом вона рухається не за лінійною траєкторією а також за радіусом що відзеркалює (рис. 3.22).

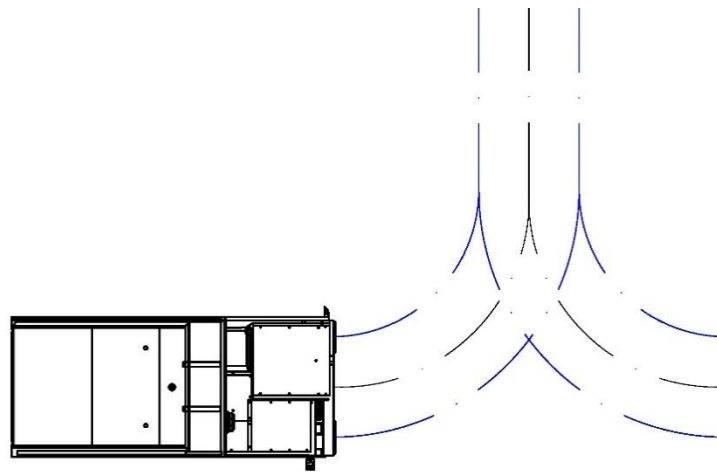


Рис. 3.22 Розворот з рухом вперед і назад з довільними радіусами

Мінімальна а ширина майданчику для розвороту гусеничного автосамоскиду за схемою на рис. 3.22 аналогічна попереднього визначення на рис. 3.21.

Технологічна схема руху що показана на рис. 3.23 за своїми характеристиками відповідає схемі на рис. 3.22 з різницею в тому, що машина може здійснити переміщення на будь-який кут заднім ходом з попереднім розворотом на місці.

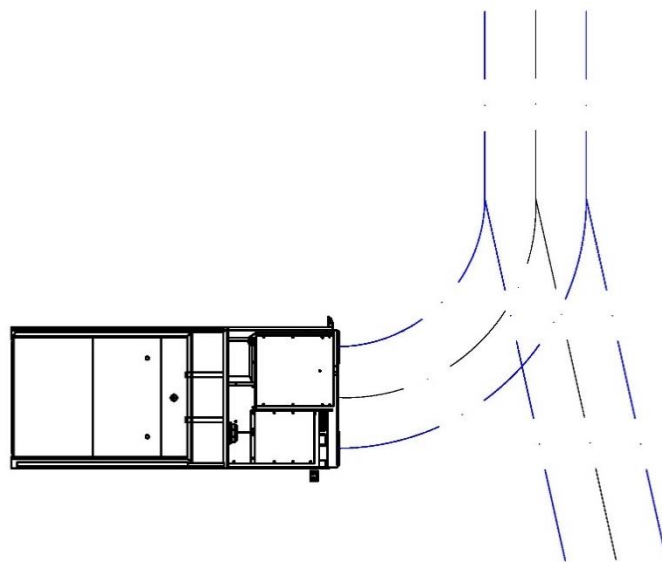


Рис. 3.23. Розворот з рухом вперед на 90 градусів і назад з зміною кута руху від 1 до 90 градусів.

Ще одним різновидом траєкторії руху на робочому майданчику є комбінований. При такому переміщенні машина може здійснювати різні види маневрів і рухів в межах робочого майданчику. Наприклад, на рис. 6 зображено комбіновану траєкторію руху гусеничного самоскиду при якому спочатку машина здійснила поворот з довільним радіусом, потім застопорила ліву гусеницю і здійснила маневрування правою гусеницею що продовжує рух. Такий маневр дозволить оператору підвернути машину до необхідного положення. Після довороту машина починає рух назад до вибою екскаватора на робочому майданчику.

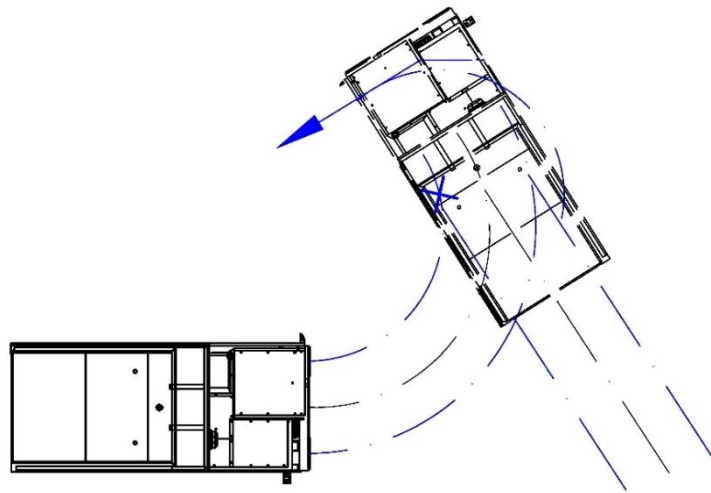


Рис. 3.24 Розворот гусеничного автосамоскиду із комбінованою траєкторією руху (поворот на 90 градусів з рухом вперед, поворот однією гусеницею та рух назад).

Таким чином, можливі різні варіанти траєкторії переміщення гусеничного самоскиду поблизу вибою. Основними технологічними обмежувачими параметрами є габарити машини в плані (довжина і ширина) і габарити ходової частини гусеничної машини що торкається ґрунту. Найбільш вигідним є розворот машини на місці при руху двома гусеницями в проти хід. Інші варіанти також можуть бути застосовані при розробці уступів з необхідними параметрами робочого майданчика уступу.

### **3.4. Вплив конструктивних особливостей автосамоскидів на параметри кар'єрів**

Зростання глибини та продуктивності гірничих підприємств спонукало необхідність систематичного зростання вантажності рухомого складу автотранспорту. Яка в Україні за останні 80 років виросла з 3-5 т до 320-360 т на одиницю самоскида. В той же час в світовій практиці вантажність самоскидів виросла до 450 т. Зростання вантажності одиниць самоскидів негативно впливає на довкілля, в першу чергу, за рахунок використання потужних дизельних двигунів та зростання габаритів автосамоскидів, що впливає на збільшення параметрів гірничих виробок слідством чого є вилучення додаткової земельної площі у користувачів.

Транспорт займає суттєве місце в загальних витратах при розробці корисної копалини. Свого часу при повноцінній роботі кар'єрів транспорт займав до 70% не тільки в грошовому вимірюванні, але й в працемістких витратах на розробку сировини. Це спонукало необхідність систематичного зростання вантажності самоскидів, яка в Україні з 50 років минулого сторіччя, коли почався інтенсивний розвиток відкритих гірничих робіт – будівництво Криворізьких ГЗК, кар'єрів будівельних матеріалів, сучасних кар'єрів та інших, зросла з 3-5 т до 320-360 т на одиницю самоскида. Це пов'язано, в першу чергу, зі зростанням виробничої потужності кар'єрів, підвищенням глибини розробки і відстані транспортування гірничої маси. Дослідження спеціалістів встановило, що в світовій практиці відкритих гірничих робіт за період 1930 до 2020 років вантажність зросла в 56 разів з 8 т до 450 т.

Підвищення вантажності рамних самоскидів вже не доцільне, особливо враховуючи негативний вплив на довкілля. В даному випадку необхідно врахувати негативний вплив на довкілля за рахунок використання не тільки дизельних двигунів, але й за рахунок вилучання додаткової земельної площі у користувачів. Зростання вантажності самоскидів супроводжується зростанням габаритів машин, що впливають на параметри гірничих виробок – траншей, транспортних берм та робочих майданчиків. Наприклад, якщо ширина проїзного полотна при

двосторонньому русі для самоскидів вантажністю 27-45 т складає 10...12 м, то для БілАЗ -75710 більше 30 м. Вже відмічалось, що зростання глибини кар'єрів приводить до зростання довжини транспортних комунікацій, необхідності облаштування петель розворотів, серпантинів, майданчиків примикання до горизонтів.

Окрім габаритів треба звернути увагу на дизельні двигуни, які використовуються на автосамоскидах і потребують мільярди кубометрів дизельного пального, споживання якого призводить до виділення в атмосферу CO у відпрацьованих газах. В той же час, впровадження нових типів дизельних двигунів дозволяє скоротити, як потребу в дизельному пальному на транспортування, так і викиди CO у повітря. Окрім того, йде впровадження двигунів що використовують газ, що значно зменшує витрати на паливо (30%). Впровадження тролейвозів і електросамоскидів, яке набирає обертів, дозволяє підвищити ухили траншей до 10...15% [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Поширення автосамоскидів формули 6x4 і 6x6 дозволяє долати ухили доріг до 20...25%, а гусеничним самоскидам створювати керівні ухили доріг до 45%, в той же час, деякі фірми стверджують, що це показник може бути збільшений. Всі згадані особливості впливають як на параметри кар'єрів так і на довкілля. На рис. 3.25 Наведені можливі зони використання самоскидів за ухилами доріг в кар'єрі.



Рис. 3.25. Зони використання кар'єрних самоскидів (по ухилу дороги): 4x2 – колісна формула автосамоскиду.

Таким чином, гусеничні та шарнірно-зчленовані самоскиди мають більш широкі можливості застосування ніж самоскиди формули 4x2 на нерудних кар'єрах України.

Розміри кар'єрів в плані залежить від таких чинників, як фізико-механічні якості гірських порід родовища, глибини кар'єру, виду кар'єрного транспорту і його рухомого складу, організації руху транспортних засобів, способу розкриття родовища, потужності підприємства та інше.

Більшість цих чинників впливають, в першу чергу на розміри транспортних берм, де розташовуються транспортні комунікації. В нашому випадку використовується автомобільний транспорт, що рухається по дорожньому полотні та може бути одно або двосмуговим. Ширина полотна дороги залежить від типу рухомого складу, ширини машин та організації руху. Окрім ширини полотна на ширину транспортної берми впливає згідно [32] ширина узбіччя, розмір водовідливної канами, ширина захисного валу, ширина берми обвалення (призми можливого зрушення), яка залежить від кута укосу уступу та додаткові смуги пов'язані з забезпеченням технологічного процесу (лінії електрозабезпечення, водоводи, пульповоди та інше) (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

#### Ширина проїзного полотна

| Вантажність, т | Габарити самоскидів, м | Двосмугові дороги II-IIIк | Двосмугові дороги IV к | Односмугові дороги, м |
|----------------|------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|
| 12             | 2,75                   | 8,5-8,0                   | 7,5                    | 4,5                   |
| 27-30          | 3,5                    | 11-10,5                   | 9,5                    | 5,5                   |
| 40-45          | 3,8                    | 12-11,5                   | 10,5                   | 6,0                   |
| 75-80          | 5,2                    | 16-15                     | 14,0                   | 7,0                   |

Нормаами регламентуються основні параметри захисних пристроїв транспортної берми табл. 3.3.

Таблиця 3.3

## Основні параметри захисних пристроїв технологічних автодоріг

| Вантажність<br>автосамоскидів, т | Орієнтуючий ґрунтовий вал |  |  | Утримуючий<br>ґрунтовий вал |  | Залізобетонна<br>орієнтуюча<br>огорожа |              |
|----------------------------------|---------------------------|--|--|-----------------------------|--|--|--------------|
|                                  | Висота<br>,м              | Ширина<br>при<br>м'яких<br>ґрунтах<br>,м | Ширина<br>при<br>скальних<br>ґрунтах,<br>м | Висота<br>,м                | Ширина<br>при куті<br>відкосу<br>35°...45°,м | Висота,<br>м                           | Ширина<br>,м |
| До 20                            | 0,7                       | 2,1                                      | 1,8  | 1,0                         | -  | -                                      | -            |
| 27...30                          | 0,9                       | 2,7                                      | 2,3  | 2,0                         | 4,8...5,7                                    | 1,6                                    | 1,0          |
| 40...45                          | 1,0                       | 3,0                                      | 2,0  | 2,5                         | 6,0...7,1                                    | 1,7                                    | 1,3          |
| 75...110                         | 1,0                       | 3,3                                      | 2,8  | 3,0                         | 7,2...8,5                                    | 1,8                                    | 1,5          |

Якщо врахувати всі рекомендації СОУ-Н МПП 73.020-078-1.2007, то для автосамоскидів вантажністю до 40-45 т, ширина транспортної берми становитиме 20,5-30 м, а для великовантажних самоскидів, до 50-60м.

На практиці на деяких нерудних кар'єрах ширина транспортної берми складає (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

## Ширина транспортної берми на нерудних кар'єрах України

| Підприємства           | Характеристика<br>гірничих порід | Колісна<br>формула<br>самоскидів | Ширина<br>транспортної<br>берми, м | Кут укосу борта<br>кар'єру, град |
|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Любимівський<br>кар'єр | Скельні, м'які,<br>пухкі         | 4x2,6x4                          | 17,5                               | 43-45                            |
| Новоселівський<br>ГЗК  | Скельні, м'які,<br>пухкі         | 6x4                              | 20,0                               | 43-45                            |
| ПрАТ «Веско»           | М'які, пухкі                     | 6x4(ШЗС*)                        | 16,0                               | 45                               |

Примітка. ШЗС\* – шарнірно-зчленовані самоскиди

Діючі кар'єри, що розробляють нерудні корисні копалини мають земельні відводи розміром 23-65 га, а наприклад, свого часу, Яворівське виробниче об'єднання, сірчане родовище у Львівській області, а також підприємства по видобутку каолінів в Дніпропетровській, Вінницькій областях мало гірничі відводи в декілька тис. га. Якщо врахувати, що зараз розробляються на території України

більш 3000 родовищ, можна підрахувати скільки земельних угідь вилучено у користувачів.

При встановленні розмірів кар'єрів на поверхні, які в разі відрізняються від розмірів земляного відвалу, враховується тип і вид рухомого складу транспорту, умови забезпечення безпечної роботи і, в першу чергу, ширина транспортних одиниць, що впливає на ширину транспортної смуги (табл. 3.5-3.6)

Таблиця 3.5

## Габарити самоскидів вантажністю 12...45т

| Тип/<br>Габарити,<br>мм   | КрАЗ<br>6x4<br>(12т) | МоАЗ<br>4x4<br>(20т) | БілАЗ<br>7510<br>4x2<br>(30т) | Cat 730<br>6x6<br>(28т) | Cat 740<br>6x6<br>(35т) | Volvo<br>A35D<br>6x6<br>(35т) | Volvo<br>A40D<br>6x6 (40т) |
|---------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Довжина                   | 8100                 | 7540                 | 7435                          | 10890                   | 10890                   | 11780                         | 11287                      |
| Ширина                    | 2640                 | 3245                 | 3480                          | 3350                    | 3430                    | 3208                          | 3432                       |
| Висота                    | 2830                 | 3250                 | 3620                          | 3700                    | 3750                    | 3680                          | 3750                       |
| Радіус<br>розвороту,<br>м | 12                   |                      | 8,7                           | 8,6                     | 8,6                     | 8,72                          | 8,9                        |

Таблиця 3.6

## Гусеничні самоскиди

| Тип/<br>Габарити,<br>мм | Panther<br>T16<br>(16т) | Predtor<br>(20т) | Marooke<br>MST3300VD<br>(15т) | ГЕЗОМ<br>УКБТМ<br>(30т) | ТС-40<br>УКБТМ<br>(УОТ) |
|-------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Довжина                 | 5900                    | 8500             | 3200                          | 8265                    | 9500                    |
| Ширина                  | 2700                    | 3600             | 3220                          | 3568                    | 3200                    |
| Висота                  | 3200                    | 3240             | 3360                          | 3360                    | 4600                    |

Використавши відому формулу нами було встановлено, як змінюються кути борту кар'єру  $\beta$  та ширина кар'єре по поверхні (рис. 3.26).

$$\beta = \arctg \frac{H}{n \cdot h \cdot \operatorname{ctg} \alpha + (n-1) \cdot b}, \text{ град} \quad (3.5)$$

$\beta$  – кут неробочого борту кар'єру, град;

$h$  – висота уступу, м;

$\alpha$  – кут уступу, град;

$n$  – кількість уступів, од.;

$b$  – ширина транспортної берми, м.

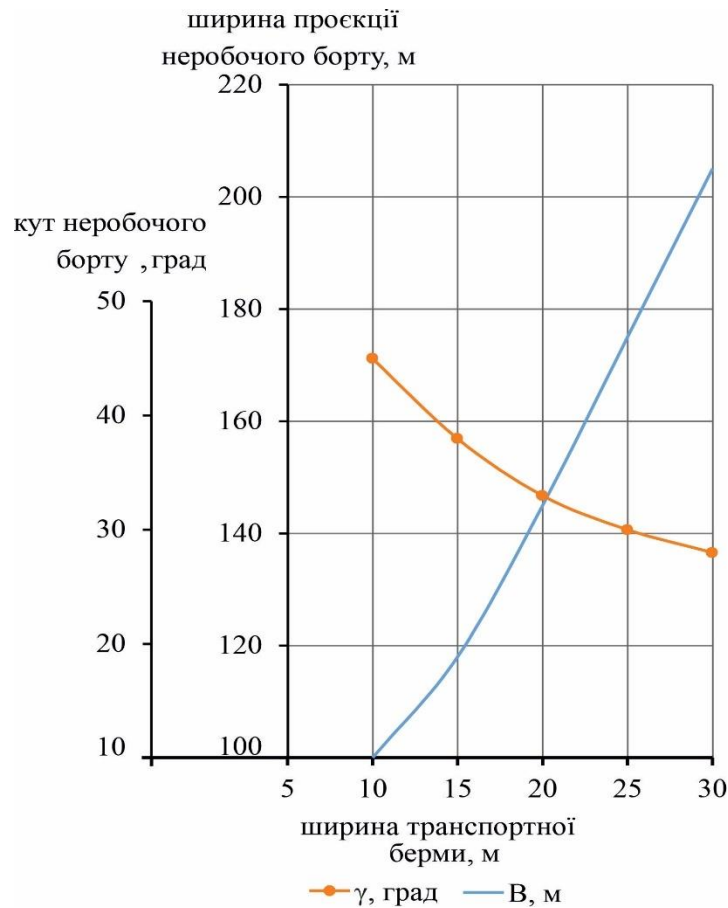


Рис. 3.26. Залежність кута неробочого борту ( $\gamma$ ) кар'єру та ширини його проєкції (В) від ширини транспортної берми.

Як видно з графіку залежності (рис. 3.26), зростання ширини транспортного майданчика з 15 м до 20 м призводить до зменшення кута неробочого борту з  $38^\circ$  до  $34^\circ$ , а ширина збільшиться в 1,25 раз, що складає біля 25...30 м на одиницю довжини борту кар'єру.

При розробці крутопохилих або крутих родовищ зростання ширини транспортного майданчика призводить до збільшення об'єму розкривних порід на 15...20% та поверхневій площі кар'єру, слідством цього – зростання коефіцієнту розкриття, плати за землю і собівартості корисної копалини.

Щоб завершити розгляд впливу габаритної ширини самоскидів на параметри кар'єрів слід розглянути вплив ширини дна трапеції траншеї на її об'єм (рис. 3.27)

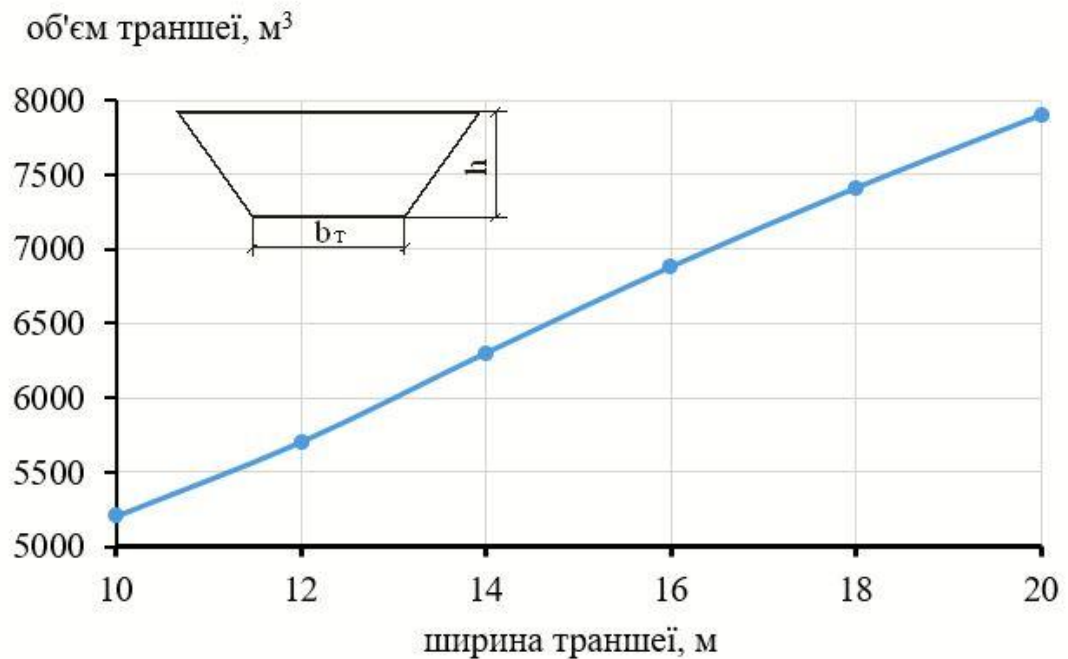


Рис. 3.27. Залежність об'єму траншеї від ширини дна:  $V=f(b)$ ,  $i=25\%$ ,  $\beta=45^\circ$   
 Як відомо об'єм траншей можна встановити за виразом

$$V = \frac{h^2}{i} \left( \frac{b}{2} + \frac{h \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{3} \right), \text{ м}^3 \quad (3.6)$$

де  $V$  – об'єм траншеї, м<sup>3</sup>;

$i$  – ухил траншеї, %;

$b$  – ширина дна траншеї, м;

$h$  – висота уступу, м;

$\alpha$  – кут укосу траншеї, град.

Як видно з графіку зміна ширини дна траншеї суттєво впливає на її об'єм. Підвищення ширини дна з 10 м до 20 м супроводжується підвищення об'єму 1,5 рази. Ну, а нам вже відомо, що ширина дна траншеї, в першу чергу, залежить від габаритів рухомого складу автотранспорту. Зміна інших параметрів траншеї, за винятком ухилу, не впливають так суттєво на об'єм траншей.

Окрім габаритів на параметри елементів кар'єру впливають не тільки габарити самоскидів, але також можливості долання ухилів доріг (рис. 3.25). В той же час ухили впливають на довжину транспортних магістралей в кар'єрі.

Свого часу, аналізуючи, деякі нерудні родовища О.В. Черняєв встановив, що вони мають такі поверхні розміри (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

## Поверхневі розміри нерудних кар'єрів

| Довжина, м | Ширина, м | Співвідношення розмірів |
|------------|-----------|-------------------------|
| 290-610    | 220-390   | 39%                     |
| 480-1200   | 320-760   | 47%                     |
| 850-1650   | 600-1000  | 14%                     |

Аналізуючи отримані автором результати можна зробити висновок, що розміри 87% цих кар'єрів, не дозволяють розміщення траси гірничих виробок на одному з бортів кар'єру при застосуванні поширених транспортних засобів, які долають ухили 8-10%. Особливо виникне проблема при поглибленні робіт, що потребує розносу бортів, застосування спіральної форми траси і вилучення додаткової площі у користувачів.

На рис. 3.28. наведені графіки зміни довжини та об'єму траншей в залежності від ухилу дороги.

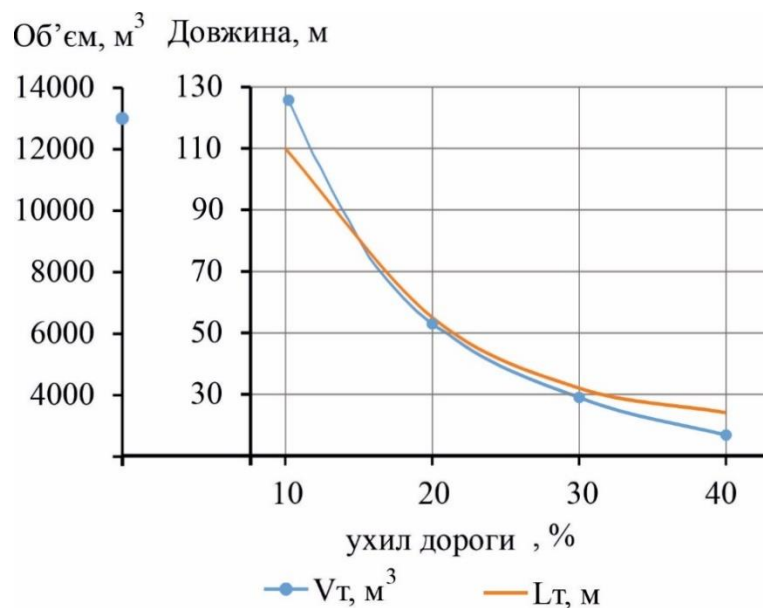


Рис. 3.28. Графіки залежності довжини траншей ( $L_t=f(i)$ ) та її об'єму ( $V_t=f(i)$ ) від ухилу дороги.

Як видно з графіків (рис. 3.28) гірничо-будівельні об'єми при використанні крутих траншей порівняно з траншеями традиційними ухилами зменшуються в 3-4 рази. Повертаючись до перших сторінок цієї роботи приходимо до висновку, що рухомий склад автомобільного транспорту впливає на параметри і окремі елементи кар'єрів.

Маючи, відносно, не велику потужність нерудних кар'єрів з метою скорочення цього негативного впливу слід поширити застосування шарнірно зчленованих самоскидів, тим паче, що багато українських підприємств вже мають позитивний досвід їх експлуатації в умовах розробки вогнетривких глин, пісків та інших корисних копалин.

Ці самоскиди мають відносно високу прохідність і долають ухил в 20-25%, що значно скоротить відстань транспортування. З метою скорочення ширини транспортних берм, траншей на нерудних кар'єрах доцільно буде використовувати гусеничні самоскиди. Суттєвим недоліком їх в сучасний час є відносно мала вантажність (15-30 т) та швидкість руху (до 12 міль в годину). Але вони здатні долати ухили до 45% , що в 2 рази скорочує довжину похилої частини траси, яку він проходить зі швидкістю 6 км/годину, мають незначний тиск ходової частини на ґрунт що не потребує великих витрат на підтримку стану дороги, які по інформації спеціалістів складають до 8% від вартості корисної копалини.

Ще одним позитивним моментом є використання гусеничних самоскидів при розробці розкривних порід і транспортуванні їх на зовнішні відвали. Вони при відповідному обладнанні можуть самі формувати відвал. Для цього вони додатково споряджаються відвалом, що дозволяє обходитись без застосування бульдозеру на ділянці. Однак це буде збільшувати час рейсу, це пов'язано з часом на планувальні роботи.

Враховуючи, що більшість гусеничних самоскидів повно поворотні або мають повно поворотні робочі місця операторів застосування їх на кар'єрах дозволить скоротити цикл транспортування.

Враховуюче вищезазначене можна стверджувати, що:

1. Більшість кар'єрів, які розробляють скельні нерудні корисні копалини характеризуються не великою виробничою потужністю і глибиною розробки, що дає перевагу при використанні невеликого за розмірами мобільного гірничого обладнання.

2. Рухомий склад автомобільного транспорту суттєво впливає на розміри кар'єру в плані за рахунок кута неробочого борту, який в значній мірі залежить від ширини автосамоскидів, яка впливає на основні розміри транспортної берми в кар'єрах. В роботі встановлені зони використання кар'єрних самоскидів за ухилами доріг в кар'єрі, що дозволяє визначити тип самоскиду і ухил що долається.

3. Враховуючи поверхневі розміри нерудних кар'єрів доцільно для транспортування гірничої маси використовувати шарнірно зчленовані самоскиди або гусеничні самоскиди, це дозволить розмістити транспортні комунікації на одному з бортів кар'єрів і повне відпрацювання інших бортів.

### **3.5 Застосування гусеничних самоскидів в умовах розробки техногенних утворювань**

У гірничодобувній промисловості раціональний вибір транспортного обладнання є вирішальним чинником для забезпечення ефективності та безперервності виробничих процесів. Особливого значення це набуває в умовах обмежених розмірів кар'єру та при розробці відвалів із порушеними транспортними зв'язками або такими що мають круті укоси, коли необхідно забезпечити мобільність, маневровість і високу продуктивність техніки. Гусеничні самоскиди займають важливе місце серед технічних рішень, які можуть ефективно функціонувати в умовах складного рельєфу та обмеженого простору.

Перспективним варіантом є переробка порід з відвалів на будівельні матеріали та вилучення з них корисних копалин [36]. Отже, проблема розширення сфери використання відвальних порід набуває особливої актуальності, а в умовах можливого дефіциту будівельних матеріалів, можуть стати будівельною сировиною, наприклад, у дорожньому будівництві. Такий комплексний підхід не тільки дозволить зменшити дефіцит будівельних матеріалів у гірничодобувних

регіонах. Використання відвальних порід у будівельній галузі може значно знизити викиди вуглецю, оскільки процес їхньої переробки та використання вимагає менше енергії порівняно з видобутком і переробкою корисних копалин. Досвід застосування відвальних порід дозволяє вважати, що, за умови їхньої належної переробки, вони можуть бути ефективно використані як у конструктивних шарах дорожнього покриття, так і у інших областях будівництва. Тому пропонується розглянути можливі варіанти вилучення порід з відвалів, у тому числі і при застосуванні гусеничних самоскидів.

Гусеничні самоскиди є важливим елементом транспортної системи в обмежених кар'єрах. Їхня висока прохідність, маневровість і здатність працювати в складних умовах роблять їх оптимальним вибором для багатьох видобувних об'єктів. Завдяки сучасним технологіям і технічним інноваціям гусеничні самоскиди забезпечують не лише високу продуктивність, а й економічну ефективність, сприяючи сталому розвитку гірничодобувної промисловості.

У гірничодобувній промисловості раціональне використання техніки забезпечує не лише ефективність виробничих процесів, а й зниження витрат, мінімізацію ризиків для довкілля та підвищення безпеки роботи. Гусеничні самоскиди відіграють ключову роль у вирішенні цих завдань, особливо в умовах кар'єрів з обмеженим простором. Вони поєднують у собі інноваційні рішення, адаптовані для роботи в складних умовах, та можливість знижувати витрати за рахунок оптимізації транспортних маршрутів і зменшення вимог до інфраструктури.

Гусеничні самоскиди представлені різними моделями, які адаптовані під конкретні виробничі умови. Основні технічні параметри, які визначають їх вибір:

1. Вантажопідйомність. Від 5 до 40 тонн залежно від моделі. Для обмежених кар'єрів зазвичай використовуються самоскиди із середньою вантажопідйомністю (20-30 тонн), які забезпечують баланс між продуктивністю та маневровістю.

2. Ширина гусениць. Більші гусениці дозволяють працювати на пухкому ґрунті без просідання.

3. Розмір платформи. Компактні розміри дозволяють використовувати машини на вузьких уступах.

4. Максимальна швидкість. Зазвичай не перевищує 20-25 км/год, оскільки основний акцент робиться на безпеку та прохідність.

5. Кут підйому. Гусеничні самоскиди здатні долати підйоми до 35-40°, що робить їх ідеальними для роботи в глибоких кар'єрах із крутим рельєфом.

Попри вищу початкову вартість гусеничних самоскидів, їх використання дозволяє досягти значної економії:

1. Зниження витрат на обслуговування інфраструктури. Завдяки високій прохідності потреба в дорогах із твердим покриттям зменшується.

2. Ефективність у тривалому використанні. Гусеничні машини демонструють високу зносостійкість навіть у складних умовах, що дозволяє знизити частоту ремонту.

3. Зменшення часу простоїв. У кар'єрах із нестабільним ґрунтом самоскиди на гусеничному ході працюють без перебоїв, тоді як колісна техніка може простоювати через несприятливі умови.

Приклади успішного впровадження.

1. Австралійський кар'єр з видобутку бокситів. У регіоні з нестійким рельєфом гусеничні самоскиди дозволили знизити витрати на облаштування дорожньої інфраструктури на 40%.

2. Кар'єр у Скандинавії. Завдяки використанню самоскидів на гусеничному ході вдалося забезпечити транспортування породи під час тривалого періоду зледеніння, коли колісна техніка була непридатною для роботи.

3. Проєкт в Африці. У зоні з обмеженим доступом і вузькими уступами впровадження компактних гусеничних машин збільшило продуктивність видобутку на 30%.

Довгий період промислового розвитку гірничо-видобувних регіонів України сприяли появі техногенних утворень (териконів, породних відвалів) поблизу районів розробки родовищ корисних копалин. Такі відвали розповсюджені на землях Донбасу, Українського кристалічного щита та Закарпаття. Вони займають

значну площу, змінили рельєф і негативно впливають на оточуюче середовище. Наприклад, в процесі розробки вугільних родовищ підземним способом супутньо з видобутком вугілля із шахт на поверхню видається порода, що вилучається із підготовчих і очисних виробок (при нарізних роботах). Породи, що вилучають з шахти в багатьох випадках мають прошарки вугілля. Залишки вугілля в середині відвалів призводять до самозагоряння таких споруд, що впливає на повітря навкруги, утворення провалів в локаціях спалених твердих вуглевмісних порід і відповідно, зміни форми відвалу, стійкості споруди. Найбільш розповсюдженими районами, де розміщені такі відвали є Донецька, Дніпропетровська та Луганська області. Розробка вугільних родовищ у Львівсько-Волинському, Дніпровському басейнах також сприяли появі відвалів, що містять вуглевмісну сировину.

Особливої ваги набуває проблема розширення сфери використання шахтних відвальних порід в умовах дефіциту місцевих природних кам'яних матеріалів на території Волинської області. Досвід застосування цих порід дає змогу прогнозувати, що за дотримання належної підготовки та укладання добре випалені шахтні горілі породи можна успішно використовувати і в конструктивних шарах дорожнього одягу.

Понад 50 % кількості відвалів Донецької обл. (314 шт.) мають конічну форму. На другому місці за кількістю (182 шт. або 30,4 %) знаходяться плоскі відвали, на третьому - відвали типу "усічений конус" - конічні відвали зі зрізаною верхівкою (102 шт. або 17,1 %). Площа під відвалами всіх типів 3533 га, сумарний обсяг - 1,045 млрд м<sup>3</sup>.

Породний відвал по конфігурації може бути конусний, хребтовий, секторний та наливний. Під час підготовки та виймання порід в межах відвалів пропонується застосовувати наступні схеми за технікою, що застосовується: екскаватор-автосамоскид; бульдозер; скрепер; бульдозер-екскаватор-автосамоскид; екскаватор-вал охолодження-екскаватор-автосамоскид (човникова схема); гідромонітор-земснаряд-гідротранспорт; екскаватор-гусеничний автосамоскид.

Відпрацювання конічного техногенного родовища можливо тільки зверху до низу. З урахуванням кута підйомника 19°, та відсутності майданчику для

розміщення виймально-навантажувального обладнання необхідно створити такий майданчик. Для його створення кінцевий вигляд треба перевести до усіченого (рис. 3.29).

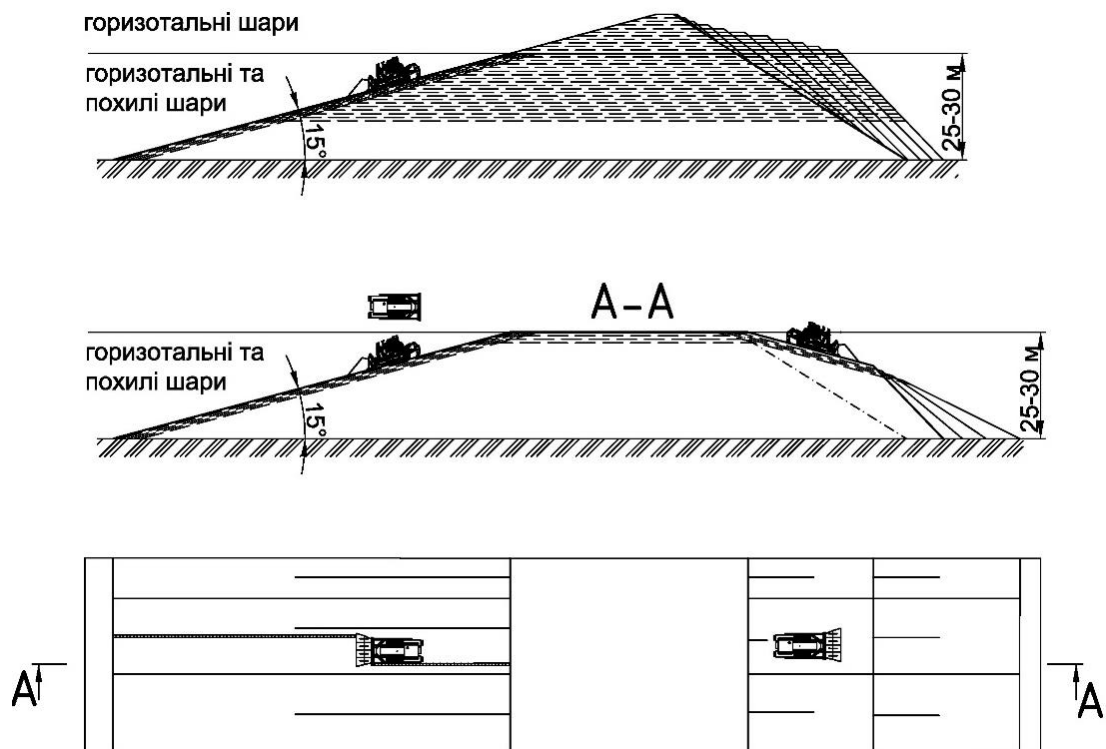


Рис. 3.29. Схема розробки відвалу з використанням бульдозерів.

Заїзд на верхню частину можливо тільки бульдозером, який може долати подібний кут. Використовуючи бульдозер пошарово зрізають поверхню з утворенням майданчику з розмірами достатніми для розміщення обладнання, або достатніх параметрів щоб можна було побудувати дорогу.

Побудова дороги здійснюється з менш крутого укосу уздовж скату укосу техногенного родовища з використанням екскаватора, який виймає породи і розміщує під укіс. Дорога створюється односмугова з урахуванням робочих параметрів екскаватора (рис. 3.30).

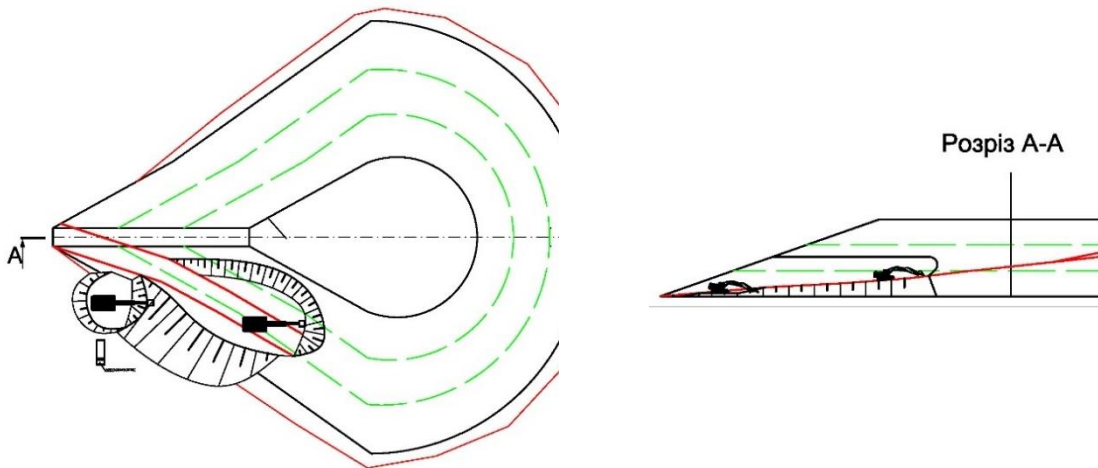


Рис. 3.30. Схема розробки відвалу з використанням екскаватора, автосамоскидів.

Пропонується варіант з перевалкою порід з верхньої частини терикону екскаватором (рис. 3.30) на нижній майданчик з подальшим прибиранням нижньої частини екскаватором, що рухається на відстані не менш 2 радіусів розвантаження ковшу від попереднього. Така схема поліпшує роботу автотранспорту. Завантаження автосамоскидів здійснюється фактично на нижньому майданчику. До певної пори немає необхідності автосамоскидам виїжджати на з'їзд терикону і там маневрувати. Всі маневри автосамоскиду відбуваються у підніжжя терикону.

Згідно з НПАОП 10.0-5.21-04 «Інструкція із запобігання самозапалюванню, гасіння та розбирання породних відвалів» розбирання відвалу бульдозерами здійснюється горизонтальними шарами. Після зниження відвалу до висоти 25-30 м дозволяється розбирання похилими (до 15°) шарами. Завантаження породи у транспортні засоби здійснюється бульдозерами у сполученні з беззатворними бункерами, естакадами та за допомогою екскаваторів (рис. 3.29-3.30). Розроблення та транспортування породи її завантаження і складування дозволяється самохідними та причіпними скреперами (рис. 3.31). Існує певне обмеження щодо висоти окремих уступів відвалу порід з вугільними залишками при розбиранні за допомогою екскаваторів. При застосуванні екскаваторів висота уступів не повинна бути більша ніж 4 м. При комбінованому способі розбирання породних відвалів після пошарового зниження бульдозером до висоти, на яку може бути споруджено

в'їзду на дорогу, подальше розбирання здійснюється екскаватором із безпосереднім завантаженням породи у транспортні засоби.

Згідно з Інструкції для захисту прилеглої до породного відвалу території від зливових потоків, що стікають з укосів по контуру зони впливу відвалу відсипається дамба висотою до 2 м. Також між дамбою та нижнім контуром відвалу формується водовідвідна канава для дренажу атмосферних вод, яка надходить з укосів відвалу і перехоплення води зовні відвалу, яка може порушити стійкість самого відвалу.

Під час розбирання шахтних відвалів що розміщені поряд з вугільними родовищами відбувається охолодження нагрітих порід та зменшення висоти споруди відповідно до «Інструкції...» [37] (рис. 3.32).

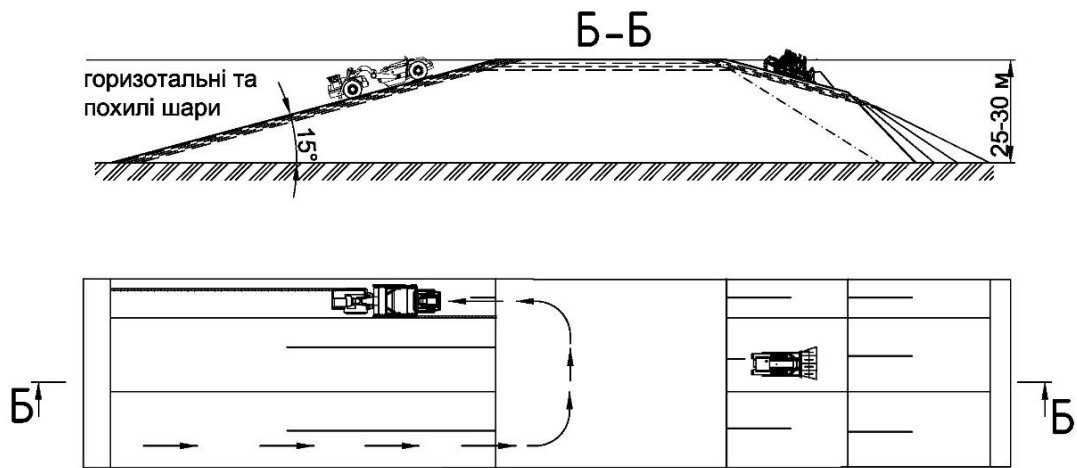


Рис.3.31. Схема розробки відвалу з використанням скрепера.

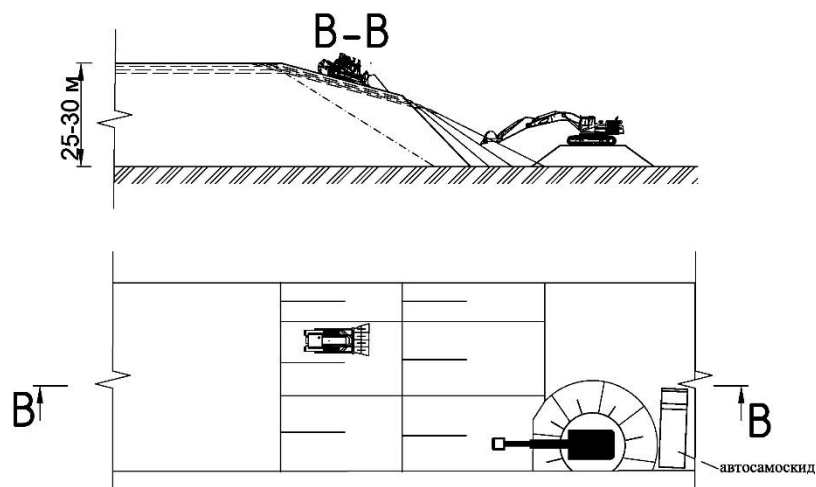


Рис. 3.32. Схема розробки відвалу з використанням схеми бульдозер-екскаватор-автосамоскид.

На діючих та сформованих відвалах, які схильні до самозагоряння, здійснюють виміри температури. Такі виміри проводяться три рази на рік (основними місяцями коли треба приділяти більше уваги є – травень, липень, вересень). Температура вуглецевмісних порід, що переміщуються бульдозером або розбираються екскаватором, не повинна перевищувати 80 °С (рис. 3.33).

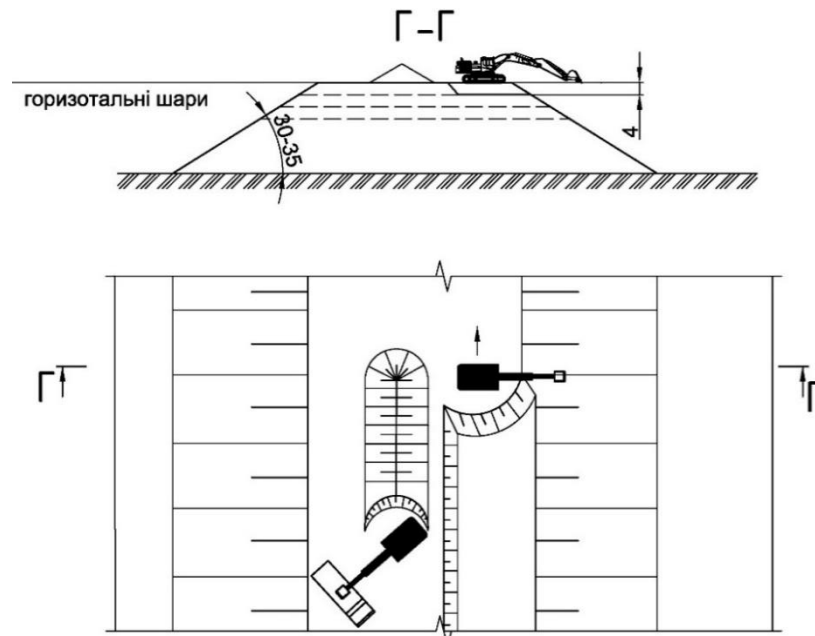


Рис. 3.33. Схема розробки відвалу з використанням схеми екскаватор-вал охолодження-екскаватор-автосамоскид.

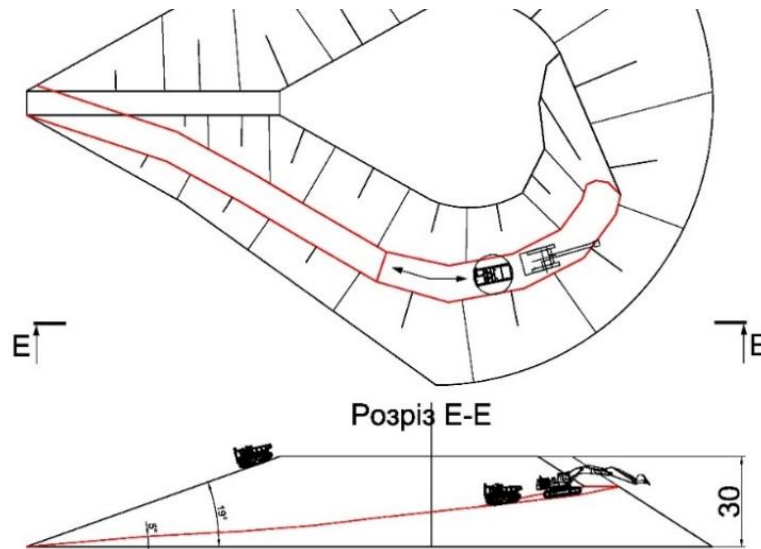
Використання сучасного транспортного обладнання, такого як гусеничний автосамоскид, дозволяє збільшити ухил траси відвалу і обмежити майданчик, де відбувається завантаження породи. Гусенична ходова частина дозволяє долати значні ухили, а відповідно зменшується довжина траси на відвалі. Зчеплення гусениць з породами відбувається на більшій площі, що дає можливість їх використання у негоду (дощ, сніг, ожеледиця) і дозволяє збільшити долаємий ухил. Робота гусеничного транспорту більш безпечна ніж при використанні колісного транспорту.

Додатковою перевагою гусеничного самоскиду є його принцип роботи, пов'язаний з поворотною платформою кузова та кабіни (рис. 3.34).

Машина виїжджаючи на відвал обертає платформу на осі без розвороту ходової частини. Човникова схема під'їзду без розворотів біля екскаватору

дозволяє виключити час на маневри, та технологічно зменшує робочі майданчики, де працюють екскаватори.

а)



б)



Рис. 3.34. Технологічна схема розробки відвалу з використанням схеми екскаватор-гусеничний автосамоскид (човниковий рух транспорту): а – схема створення траси на відвалі; б – робота гусеничного самоскиду з повноповоротною платформою в складних умовах.

Гусеничні автосамоскиди за тяговими властивостями двигунів з урахуванням площі опори та тиску на ґрунт, придатні для роботи в гірській, болотяній місцевості

або в ґрунтах, що розмокають (глини) і робить такі машини універсальними. Залежності від сформованого кута відвалу їх можна використати безпосередньо переміщуючи по трасі скіпового або конвеєрного підйомника при розбиранні складів або відвалів.

Дослідження технологічних схем розробки породних відвалів підтвердили, що адекватний вибір технологічних схем механізації гірничих робіт має вирішальне значення для ефективності та безпеки процесів. Зокрема, бульдозери використовуються для заїзду на верхню частину відвалу, де вони можуть ефективно долати круті укоси. Для формування доріг на менш крутих схилах застосовують екскаватори, які виймають породу, створюючи дороги з однією смугою, які є достатньо широкі для розміщення обладнання.

Відповідно до інструкції НПАОП 10.0-5.21-04, розбирання відвалів здійснюється бульдозерами горизонтальними шарами до висоти 25-30 метрів, після чого можливе розбирання похилими шарами до 15°. Гусеничні автосамоскиди використовуються для ефективного переміщення порід по крутих схилах, їх конструкція з поворотною платформою забезпечує швидке і безпечне завантаження порід, уникаючи зайвих маневрів. Це значно підвищує ефективність та безпеку транспортування матеріалів на гірничих відвалах.

Гусеничні самоскиди є надзвичайно ефективним рішенням для транспортування породи в умовах обмежених кар'єрів та при розробці техногенних утворень. Їхні технічні характеристики, висока надійність і здатність працювати у складних умовах дозволяють суттєво підвищити ефективність гірничодобувних робіт. Інвестиції в сучасні гусеничні машини окупаються за рахунок зменшення витрат на обслуговування інфраструктури, зниження простоїв і підвищення загальної продуктивності видобутку.

Технологічні схеми, розглянуті у контексті відпрацювання породних відвалів на гірничих підприємствах, відіграють ключову роль у значному покращенні екологічного стану навколишнього середовища. Застосування цих методів не тільки сприяє зменшенню впливу на довкілля, але й дозволяє ефективно повторно вилучати корисні компоненти з відходів. Це забезпечує важливу можливість

рециклінгу ресурсів та зниження загальних витрат на видобуток сировини. Розробка і вдосконалення технологічних схем для роботи з породними відвалами є актуальним і значущим питанням, що вимагає подальших досліджень і інноваційних підходів для оптимізації використання природних ресурсів.

У роботі детально проаналізовано шість технологічних схем, кожна з яких використовує різні методики і обладнання для відпрацювання відвалів. Рациональність застосування схеми залежить від багатьох факторів: розмірів відвалу; наявного обладнання; необхідної продуктивності з виймання порід; стану техногенних відвалів; фізико-механічних властивостей порід, які укладені у відвал; наявності геологічних порушень поруч з відвалом; житлових забудов та господарчих будівель; визначеності місць для складування порід після переробки на збагачувальній фабриці (можливість складування поряд з техногенним родовищем або на ньому з визначенням місць виймання і місць складування) тощо.

### **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3**

1. Визначена ефективна комбінація використання вантажності наявних автосамоскидів при роботі разом з гідравлічними екскаваторами та встановлені оптимальні норми виробки для сучасних гусеничних автосамоскидів, як альтернативного транспорту. Для повного та всебічного визначення впливу різних факторів на продуктивність транспорту в кар'єрі необхідно представити автосамоскид у вигляді елемента системи.

Порівняння роботи колісних та гусеничних автосамоскидів показує більшу продуктивність у колісних машин, що пов'язано із їх більшою швидкістю. Однак треба зазначити, що при відпрацюванні зволожених суглинків та глин гусеничні машини є більш прохідними.

Збільшення вантажності автосамоскидів як колісних, так і гусеничних зі збільшенням об'ємів ковша екскаватору призводить до повного завантаження автосамоскидів.

Для порівняння роботи сучасного виймально-навантажувального обладнання та гусеничних автосамоскидів розроблена таблиця, яка дозволяє здійснити вибір під певний тип екскаватору відповідний транспортний засіб.

2. Встановлено, що схема розкриття, параметри закладання укосів і ухилів з'їздів впливають на загальні об'єми корисної копалини що виймають і залишають під ціликами при створенні транспортних берм і з'їздів. Дослідження залежності реальної довжини з'їзду від висоти уступу з кутом закладання траси від  $4^\circ$  до  $25^\circ$  показують лінійну залежність. Зі збільшенням висоти уступу відбувається пропорційне збільшення довжини реальної траси.

Використання спеціалізованого програмного забезпечення Micromine, що передбачає застосування 3D моделювання дозволило встановити вплив параметрів траншеї на об'єми виймання.

3. Розроблені технологічні схеми руху гусеничних самоскидів. Найбільш ефективним з точки зору мінімізації руху та необхідних розмірів майданчику є розворот машини на місці двома гусеницями, що рухаються в протидіючий хід.

Мінімальна ширина майданчику для розвороту гусеничного автосамоскиду на місці однією гусеницею буде залежати від радіусу який визначається точкою обертання машини застопореної гусениці до крайніх протилежних розмірів за діагоналлю машини. Розворот з рухом вперед і одночасним поворотом на  $90^\circ$  градусів з наступним рухом назад можливий при достатніх розмірах робочого майданчику уступу. Найбільш ефективними є гусеничні машини з повноповоротною платформою, у яких відсутня необхідність маневрування на робочому майданчику.

4. При розробці родовищ зростання ширини транспортного майданчика призводить до збільшення об'єму розкривних порід на 15...20%. Встановлено, що зростання ширини транспортного майданчика з 15 м до 20 м призводить до зменшення кута неробочого борту з  $38^\circ$  до  $34^\circ$ , а ширина збільшиться в 1,25 раз, що складає біля 25...30 м на одиницю довжини борту кар'єру. Гірничо-будівельні об'єми при використанні крутих траншей порівняно з траншеями традиційними ухилами зменшуються в 3-4 рази.

В роботі зазначено, що використання гусеничних самоскидів має недоліки, а саме, відносно мала вантажність (15-30 т) та швидкість руху (до 12 міль в годину). До переваг можна віднести: здатність долати ухили до 45% , що в 2 рази скорочує довжину похилої частини траси, незначний тиск ходової частини на ґрунт, що не потребує великих витрат на підтримку стану дороги.

5. Розробка і вдосконалення технологічних схем для розробки породних відвалів є актуальним і значущим питанням, що вимагає подальших досліджень і інноваційних підходів для оптимізації використання природних ресурсів. Гусеничні самоскиди з повноповоротною платформою можна застосувати при розробці відвалів переміщуючи гірничу масу по трасі відвалу або конвеєрного підйомника при розбиранні складів або відвалів. При їх відпрацюванні човникова схема під'їзду без розворотів біля екскаватору дозволяє виключити час на маневри, та технологічно зменшує робочі майданчики, де працюють екскаватори.

## РОЗДІЛ 4

### АПРОБАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ЗАСТОСУВАННЯ ГУСЕНИЧНИХ САМОСКИДІВ

#### 4.1. Оцінка впливу застосування гусеничних самоскидів на параметри кар'єру

Застосування гусеничних самоскидів може суттєво змінити такі параметри кар'єру як: дно кар'єру (довжина, ширина, залишкова площа), довжина кар'єрної траси, кількість порід що виймається і втрати корисної копалини.

Для оцінки впливу необхідно мати загальні проєктні параметри кар'єрів. Подібні роботи були виконані раніше проф. Симоненко В.І., к.т.н. Черняєвим О.В. [38, 39]. Відповідно в роботі була прийнята їх систематизація і прийняті вихідні параметри нерудних родовищ будівельних матеріалів для виробництва щебеневої продукції. Це пов'язано з тим, що кар'єри на яких видобувають такі матеріали мають досить невеликі розміри і використання такої техніки як гусеничний самоскид може гармонійно запровадитись на діючих гірничих підприємствах.

В роботі к.т.н. Черняєва О.В. [39] виділені три групи кар'єрів за просторовими розмірами (великої, середньої та маленької площі), які в свою чергу поділені за потужністю розкривних порід (малої, середньої та великої). Кожна група та тип кар'єрів має свої розміри по поверхні, що дозволяє створити моделі родовищ з урахуванням усіх проєктних вимог і визначити крайні параметри на які може впливати використання гусеничного самоскиду.

Найбільш цікавими з точки зору використання гусеничних самоскидів є кар'єри невеликих розмірів де застосування колісних самоскидів обмежене до певної глибини. Застосування колісних самоскидів потребує маневрових майданчиків і ухил що долається призводить до збільшення втрат корисної копалини в бортах кар'єру, а також траси з'їздів.

Для подальшого моделювання і оцінки застосування гусеничних самоскидів були прийняті кар'єри великої площі, середньої площі та маленької (табл. 4.1).

Дані кар'єрів за систематизацією О.В. Черняєва

| Найменування групи кар'єрів за просторовими розмірами | Параметри кар'єрів   |              |                         |           |           |
|---|----------------------|--------------|-------------------------|-----------|-----------|
|   | Потужність           |              | Розміри кар'єрного поля |           |           |
|   | Корисної копалини, м | Розкриття, м | Довжина, м              | Ширина, м | Площа, га |
| Великої площі   | 50-84                | 6-9          | 1000-1350               | 600-1000  | 66,6-120  |
|   | 60-99                | 12-20        | 860-1650                | 600-800   | 64,5-112  |
|   | 54-100               | 29-45        | 900-1120                | 600-900   | 72-141    |
| Середньої площі                                       | 43-90                | 4-10         | 480-900                 | 345-760   | 20,2-59,3 |
|   | 40-85                | 11-19        | 500-1200                | 350-560   | 22,7-55   |
|   | 57-100               | 20-35        | 560-950                 | 320-640   | 21-52,5   |
| Маленької площі                                       | 34-85                | 6,2-10       | 290-600                 | 220-360   | 6,1-18,4  |
|   | 35-80                | 11-20        | 340-610                 | 200-390   | 8,8-19,5  |
|   | 40-54                | 20,1-31,3    | 420-570                 | 240-358   | 10-19,7   |

На поверхневі параметри кар'єру гусеничні самоскиди не мають ніякого впливу. Для того щоб розібратись як такі машини впливають на параметри в середині кар'єру необхідно зробити моделі кар'єрів і встановити основні параметри впливу.

Для аналізу великих і середніх площ (табл. 4.1) такі моделі будуть обмежені глибиною, а також довжиною і шириною кар'єрного поля, що наведена в систематизації.

Умови моделі для великих і середніх площ:

$$H_m \leq H_{nc} \quad (4.1)$$

$$L_m = L_{nc}$$

$$B_m = B_{nc}$$

де  $H_m$ ,  $L_m$ ,  $B_m$  – відповідно мінімальні глибина, довжина і ширина 3D моделі, м;

$H_{nc}$ ,  $L_{nc}$ ,  $B_{nc}$  – відповідно глибина, довжина і ширина проектна за систематизацією що наведена в табл. 4.1, м.

Для аналізу кар'єрів з маленькою площею обираються найменші довжина і ширина і моделюється кар'єр до максимальної глибини дна з урахуванням можливості заїзду гусеничного самоскиду.

Умови моделі для маленьких площ за просторовими розмірами:

$$\begin{aligned} H_m &\rightarrow \max & (4.2) \\ L_m &= L_{nc_{\min}} \\ B_m &= B_{nc_{\min}} \end{aligned}$$

де  $L_{nc_{\min}}$ ,  $B_{nc_{\min}}$  – відповідно мінімальна довжина і ширина кар'єрів з маленькою площею за систематизацією що наведена в табл. 4.1, м.

Процес моделювання кар'єру при використанні гусеничного самоскиду складається з наступних етапів [40]:

1) в спеціалізованій гірничо-геологічній програмі задаються обмежувальні по поверхні початкові параметри кар'єру (полілініями, сплайнами);

2) вносяться данні щодо проектуємих гірничих виробок кар'єру (висота уступу, кут укосу уступу, ширина берм, напрямок формування кар'єру зверху-вниз). В подальшому при побудові кар'єру такі дані можуть бути змінені при формуванні окремих уступів в моделі;

3) вносяться данні щодо моделі кар'єрної дороги (ширина дороги, радіуси розвороту, ухил);

4) на основі побудованої обмежувальної поверхні (п.1) відбудовується модель кар'єру;

5) під час побудови моделі згідно діючого нормативного акту через кожні два уступи залишається берма безпеки, а також на тому ж горизонті пропонується

залишати горизонтальну вставку певної довжини. Горизонтальна площадка необхідна для зменшення навантаження на двигун самоскиду з урахуванням куту підйому.

При закладанні значних кутів з'їзду запропоновано робити горизонтальні майданчики вставки на дорозі через кожні два уступи. Довжина таких майданчиків в роботі прийнята 20 м. Її розміри треба додатково досліджувати з урахуванням типу машини і їх спроможностей в реальних умовах. Гусенична машина може долати кути від 15 до 20 градусів, а де-які і більше. Однак відсутня інформація скільки може рухатись в такому режимі гусеничний самоскид з урахуванням його завантаженості.

Згідно вище зазначеному процесу моделювання в програмному продукті Micromine було промодельовано систематизовані кар'єри. Під час моделювання враховано мінімальні розміри кар'єрного поля (рис. 4.1-4.4).

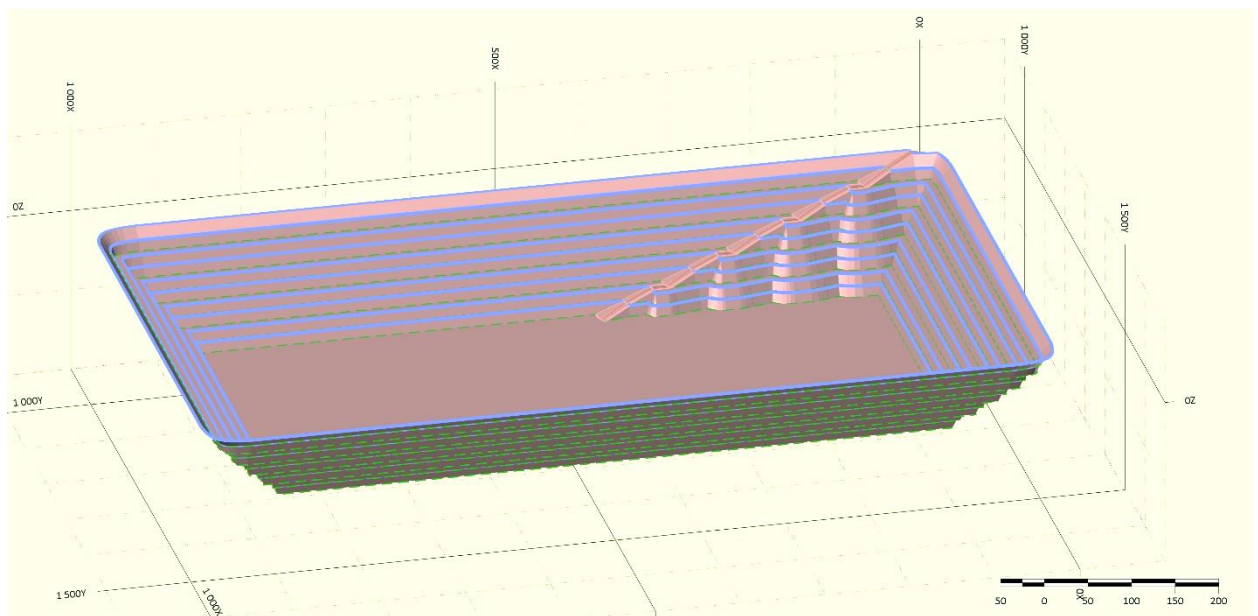
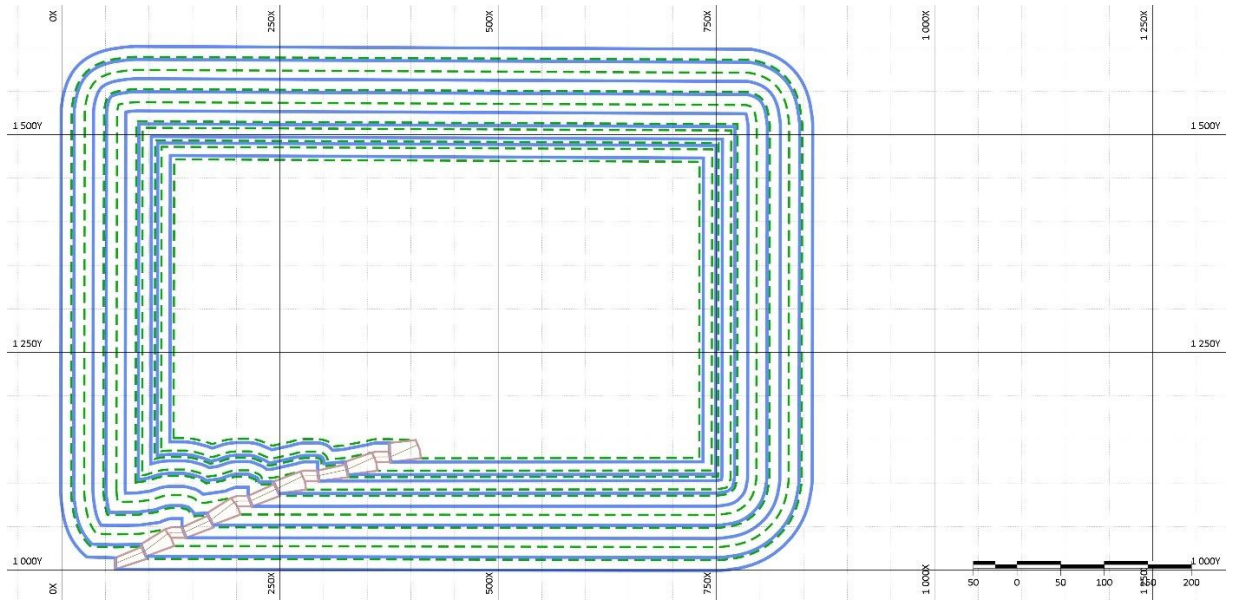
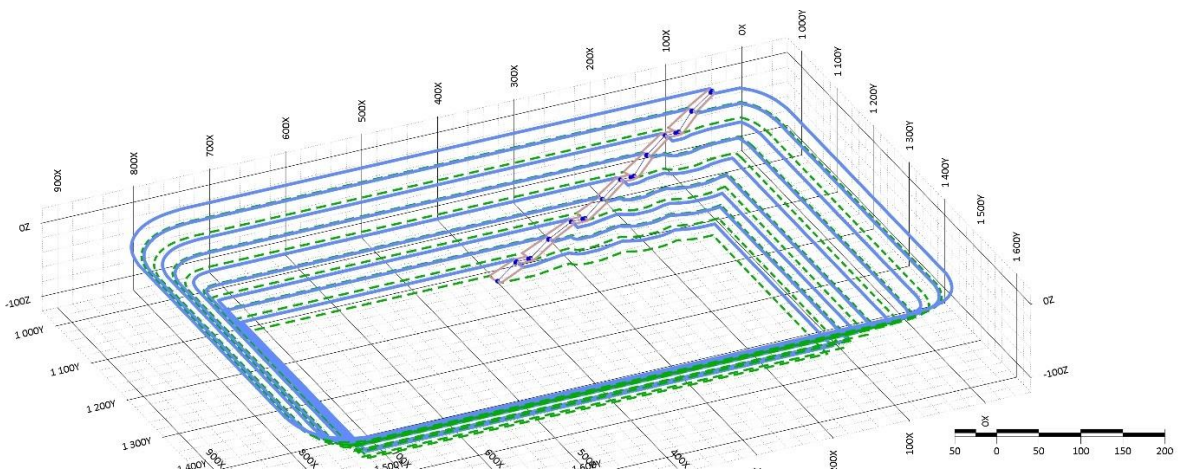


Рис. 4.1. Модель кар'єру з великою площею (1000х600) і формуванням крутих траншей.

а)



б)



в)

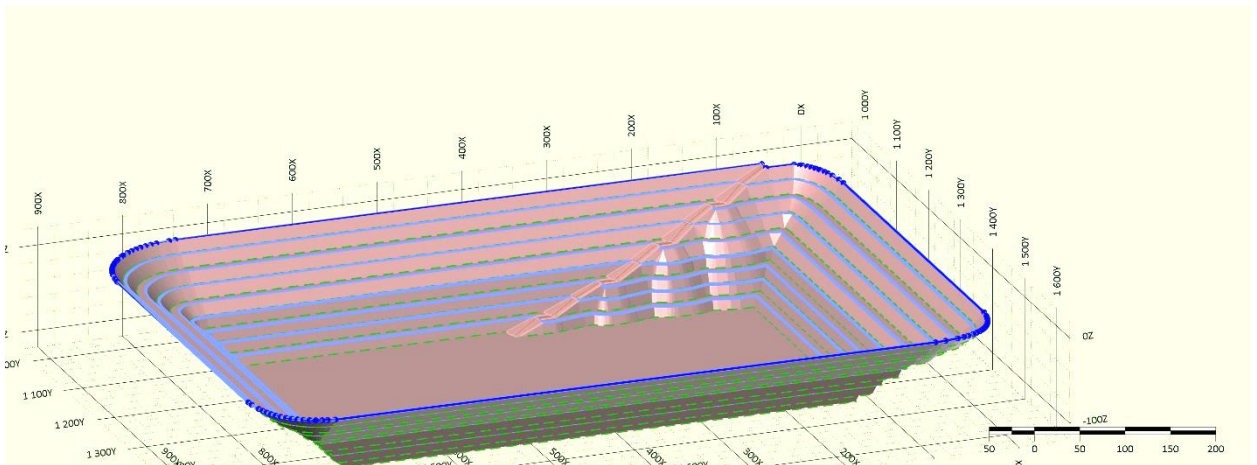
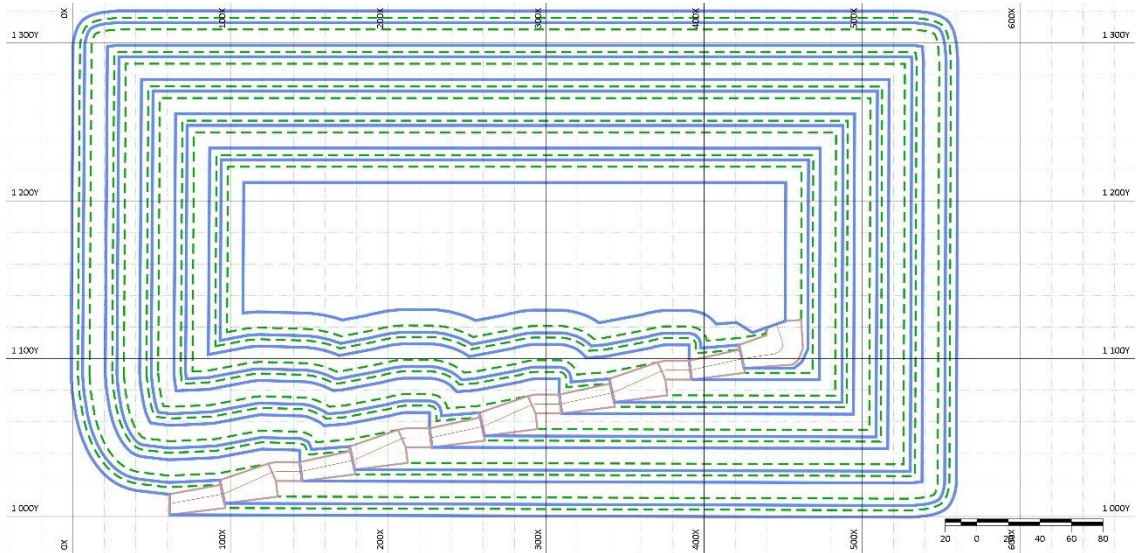
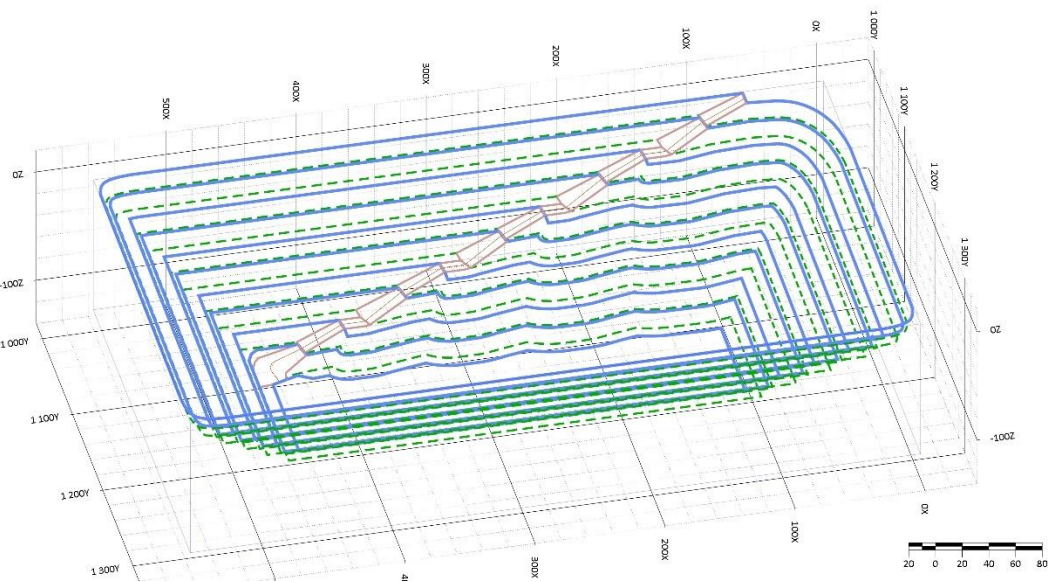


Рис. 4.2. Модель кар'єру великою площею (860x600) і формування крутих траншей: а – вид в плані, б – вид в 3D форматі, в – каркасна 3D модель.

а)



б)



в)

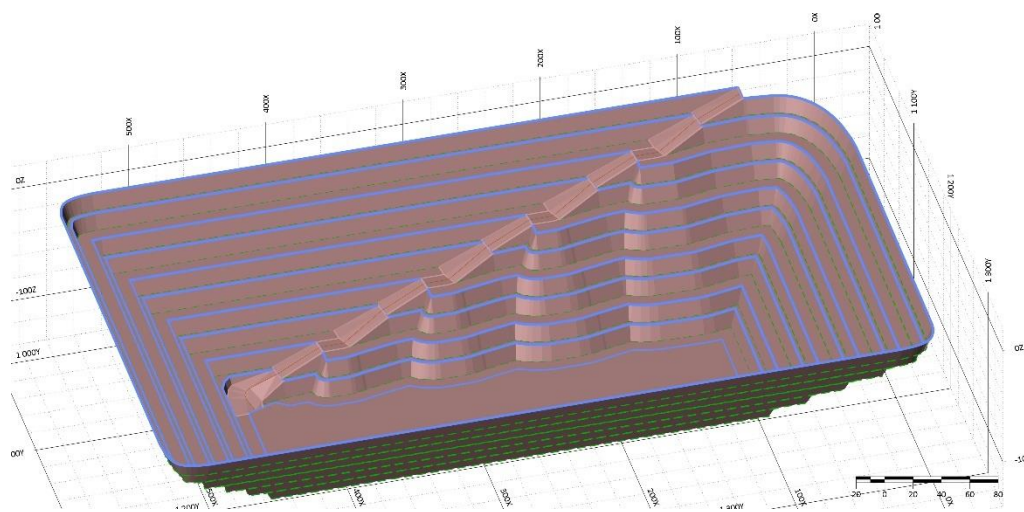
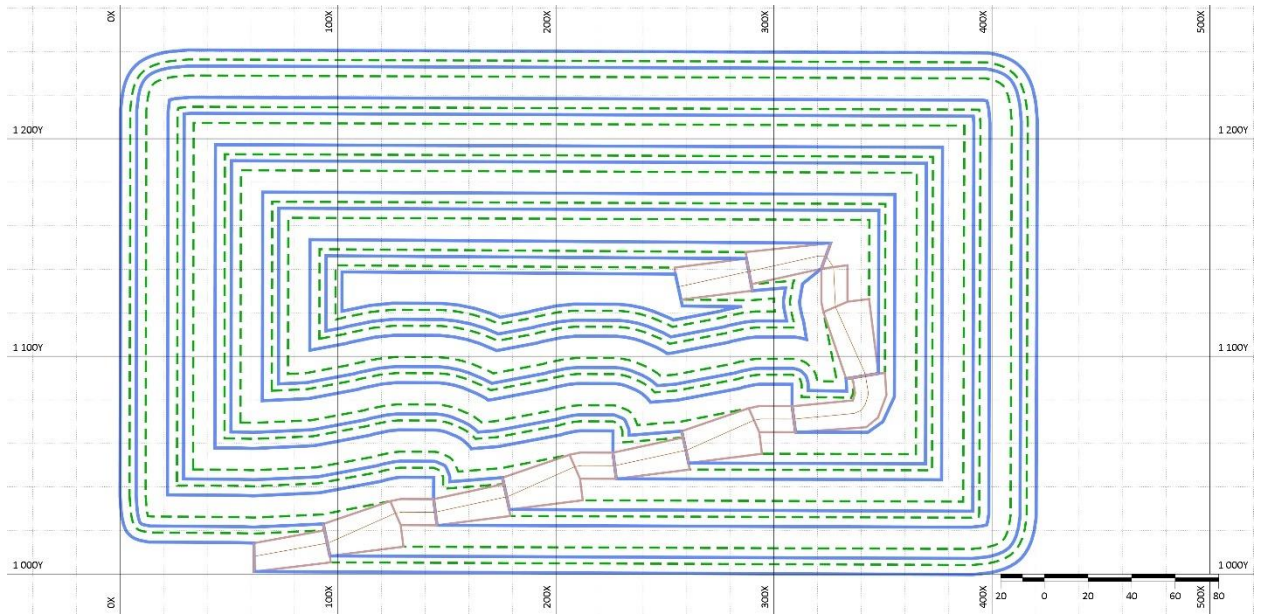
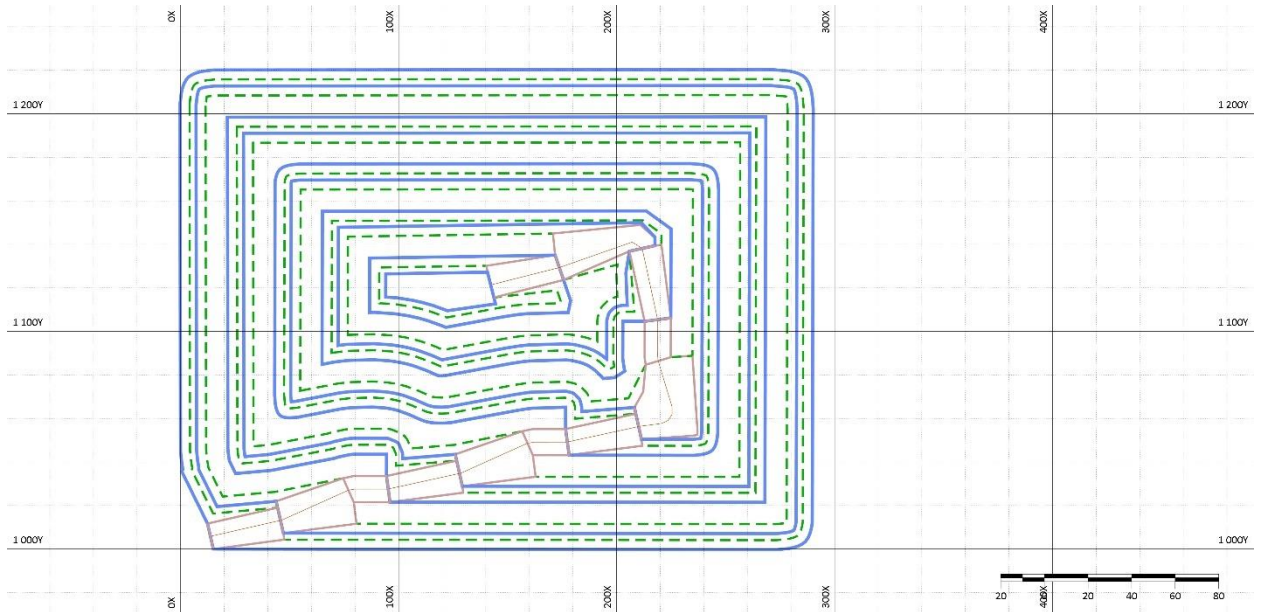


Рис. 4.3. Модель кар'єру середньої площі (560x320) і формування крутих траншей: а – вид в плані, б – вид в 3D форматі, в – каркасна 3D модель.

а)



б)



в)

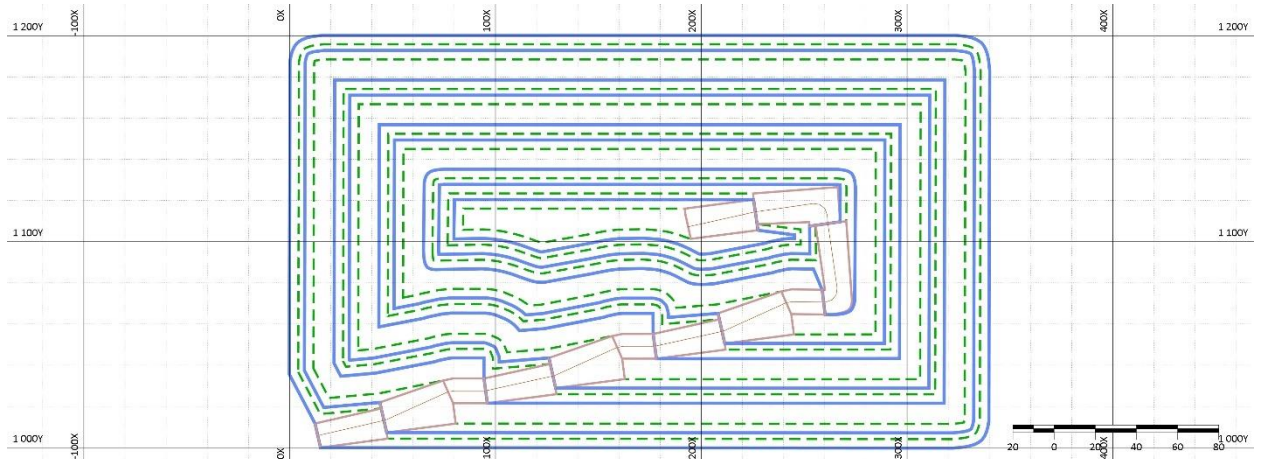


Рис. 4.4. Модель кар'єру маленької площі і формування крутих траншей (вид в плані) з розмірами по поверхні: а – 420х240; б – 340х200; в – 290х220.

В процесі моделювання визначені основні параметри, на які впливає використання гусеничних самоскидів, а саме: площа дна (його розміри); мінімальна довжина траси підйому від дна кар'єру до поверхні; глибина кар'єру, що проектується; об'єми виймання гірничої маси в середині відповідних моделей.

При моделюванні кар'єрів обирались усередненні показники параметрів гірничих виробок з урахуванням застосування гусеничних машин: висота уступу – 12 м, кут укосу для м'яких порід – 45°, для скельних – 70°, ширина берм безпеки – 10 м, ширина дороги – 12 м, довжина горизонтальної вставки – 20 м, ухил з'їзду – 20°.

Основні данні після моделювання кар'єру з урахуванням обмежень та використання гусеничного самоскиду наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Оцінка впливу використання гусеничних самоскидів на параметри кар'єрів з видобутку будівельних матеріалів

| Найменування за просторовими розмірами | Прийняті розміри поверхні (довжина x ширина), м | Глибина кар'єрної моделі, м* | Мінімальна довжина траси, м | Площа дна кар'єрної моделі, тис. м <sup>2</sup> | Об'єм гірничої маси в середині моделі, млн. м <sup>3</sup> |
|--|---|------------------------------|-----------------------------|---|--|
| Великої площі                          | 1000x600  | 90/101                       | 432                         | 166,4   | 52,82  |
| Великої площі                          | 860x600   | 111/108                      | 397                         | 97,6  | 35,67  |
| Середньої площі                        | 560x320   | 120/120                      | 441                         | 17,8  | 12,27  |
| Маленької площі                        | 420x240   | 60/120                       | 455                         | 2,4   | 5,46   |
| Маленької площі                        | 340x200   | 50/108                       | 393                         | 1,3   | 3,15   |
| Маленької площі                        | 290x220   | 40/108                       | 391                         | 1,04  | 2,97   |

Примітка. \* у чисельнику вказана глибина за систематизацією О.В. Черняєва, у знаменнику – отримана при моделюванні

Аналіз отриманих даних використання гусеничних самоскидів і їх вплив на параметри кар'єру при моделюванні кар'єрного простору показує, що при застосуванні таких машин в кар'єрах з великими та середніми розмірами і площею вони суттєво не вплинуть на об'єми виймання гірничої маси. Обмежуючим фактором буде геологічне вивчення родовища до певної проєктної глибини. Значна площа по поверхні дозволяє формувати дно з будь-якою конфігурацією і площа дна буде значна без обмежень для транспорту. Застосування гусеничних самоскидів в таких умовах можливе лише у якості допоміжного обладнання. Більш доцільним в таких умовах буде використання звичайних колісних автосамоскидів або, наприклад, шарнірно-зчленованих.

Для кар'єрів, що мають не значні параметри по поверхні дуже важливо повне виймання корисної копалини. Як видно з таблиці 4.2 об'єм гірничої маси в кар'єрах з маленькими площами також незначний і вийняти додаткову сотню тисяч кубів порід є важливим для таких гірничих підприємств. Тож, при розробці родовищ з малою площею по поверхні повнота виймання буде залежати від площі по дну кар'єра (рис. 4.5).

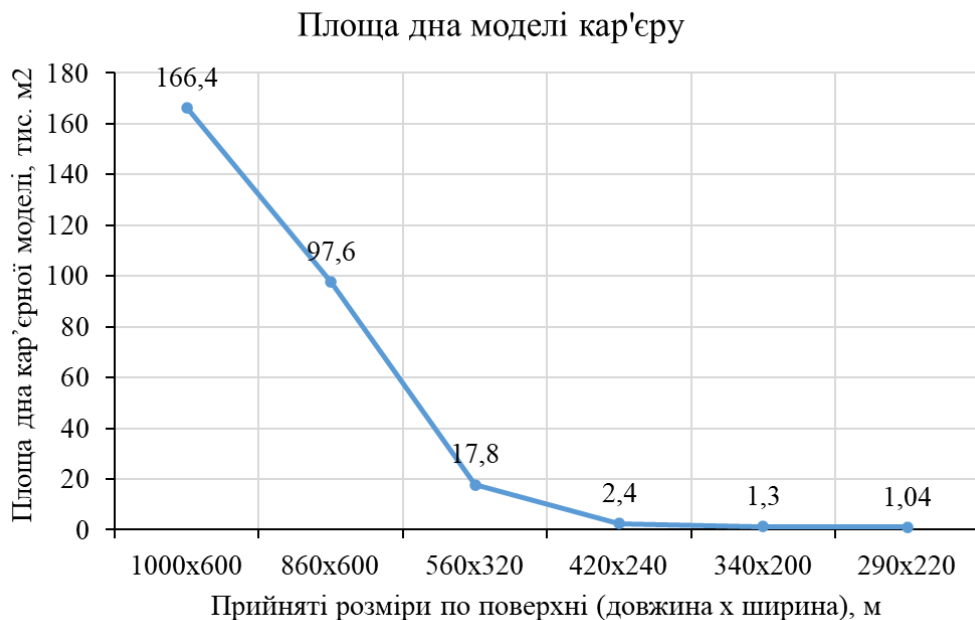


Рис. 4.5. Графічна залежність параметрів дна кар'єрної моделі для різних типів родовищ при використанні гусеничного самоскиду.

Розміри дна кар'єру (довжина і ширина) для маленьких родовищ за площею і просторовими розмірами по поверхні наведена на рис. 4.6. Як видно з графічної залежності для маленьких кар'єрів з розмірами по поверхні 420x240 м дно кар'єру при застосуванні гусеничного самоскиду буде мати розміри 160 м по довжині і 15 по ширині. Дно представлено подовженою траншеєю і дозволяє гусеничним машинам переміщуватись і маневрувати на робочому майданчику. Для звичайних колісних самоскидів які здійснюють відповідні маневри біля вибою розміри дна мінімально складають 50x50 м.

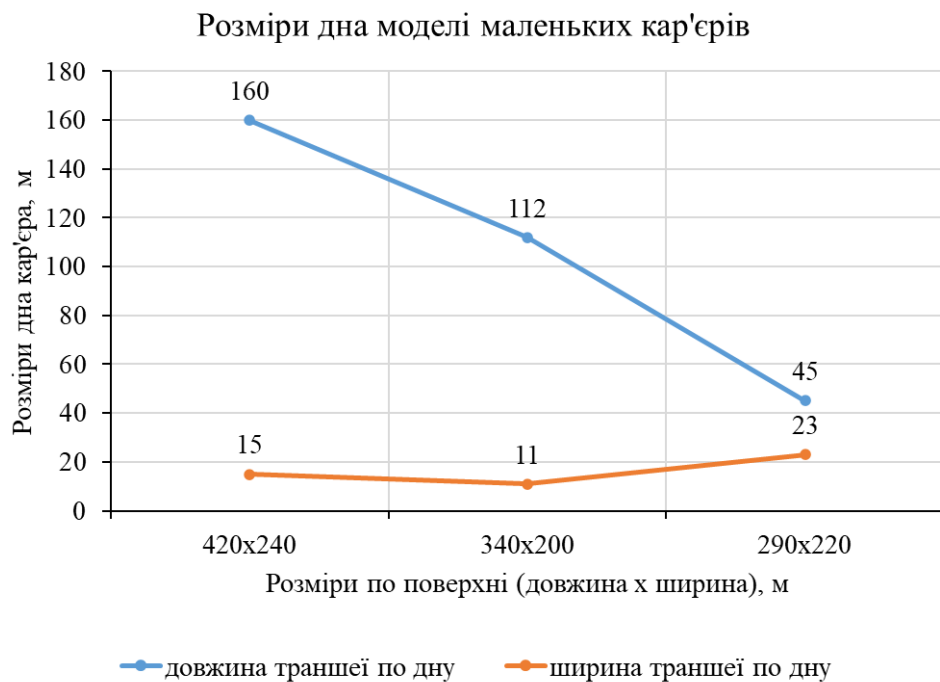


Рис. 4.6. Залежність розмірів дна кар'єру від розмірів по поверхні для маленьких кар'єрів при використанні гусеничних самоскидів.

Відповідно графіку рис. 4.6. зменшення параметрів кар'єрного поля по поверхні веде до зменшення параметрів дна кар'єру. При розробці маленьких кар'єрів розмірами по поверхні 290x220 м ширина по дну кар'єру збільшилась на 12 м у порівнянні з кар'єром розмірами 340x200 м. Це відбулось за рахунок збільшення ширини кар'єрного поля на 20 м.

Висновки:

- оцінку можливості застосування гусеничних самоскидів та їх вплив на параметри кар'єру пропонується здійснювати з використанням моделювання

гірничих виробок з певними обмеженнями. Моделювання пропонується здійснювати з використанням сучасних геоінформаційних технологій і відповідних програмних продуктів;

- застосування гусеничних самоскидів при розробці нерудних родовищ будівельних матеріалів для виробництва щебеневої продукції можливо при розробці кар'єрів малої площі за просторовими розмірами. Для кар'єрів і родовищ, що мають значні розміри по поверхні на поточний час використання гусеничних машин не є доцільним. В майбутньому можливе більше використання таких машин при доопрацюванні родовищ, або при необхідності зменшення втрат корисної копалини в бортах кар'єрів під з'їздами і дорогами;

- маневреність гусеничних самоскидів у порівнянні з колісними самоскидами дозволяє створювати дно кар'єру у вигляді витягнутих траншей розмірами за моделюванням систематизованих кар'єрів 160x15 м, 112x11 м, 45x23 м. Розмір ширини траншеї обмежується радіусом повороту платформи гусеничної машини, її габаритами.

#### **4.2. Проведення техніко економічної оцінки запропонованих технологічних схем**

В якості прикладу в роботі розглянуто відпрацювання не глибокого кар'єру з видобутку нерудної мінеральної сировини. Було розглянуто економічні та технологічні показники роботи колісного, гусеничного та робота комбінованого транспорту(автомобільного+ гусеничного). Збільшення відстані транспортування призводить до підвищення вартості переміщення сировини. Відповідно до методики розділу 2.4 отримано графіки залежності собівартості транспортування від відстані перевезень, який має майже лінійну залежність(рис. 4.7, 4.8). Як видно з графіка при порівнянні транспортування найбільша собівартість виникає при застосуванні виключно гусеничного транспорту, насамперед це пов'язано з меншим об'єм перевезень однією машиною і значними витратами палива. Найменші показники відповідають транспортуванню з використанням колісних

самоскидів. На рис. 4.7 показана собівартість порівняння виключно транспортування різними видами самоскидів.

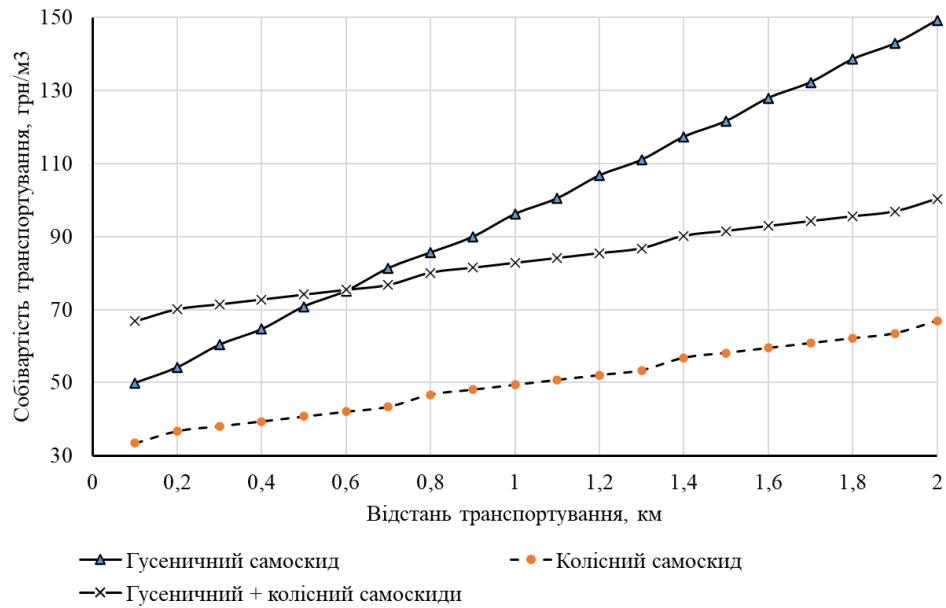


Рис. 4.7. Графік залежності собівартості транспортування корисної копалини від відстані транспортування при порівнянні виключно самоскидів (гусеничні, колісні) та їх комбінації (гусеничні + колісні).

Рис. 4.8 показує собівартість з урахуванням амортизаційних витрат на всі види гірничо-транспортного обладнання, що працює в кар'єрі.

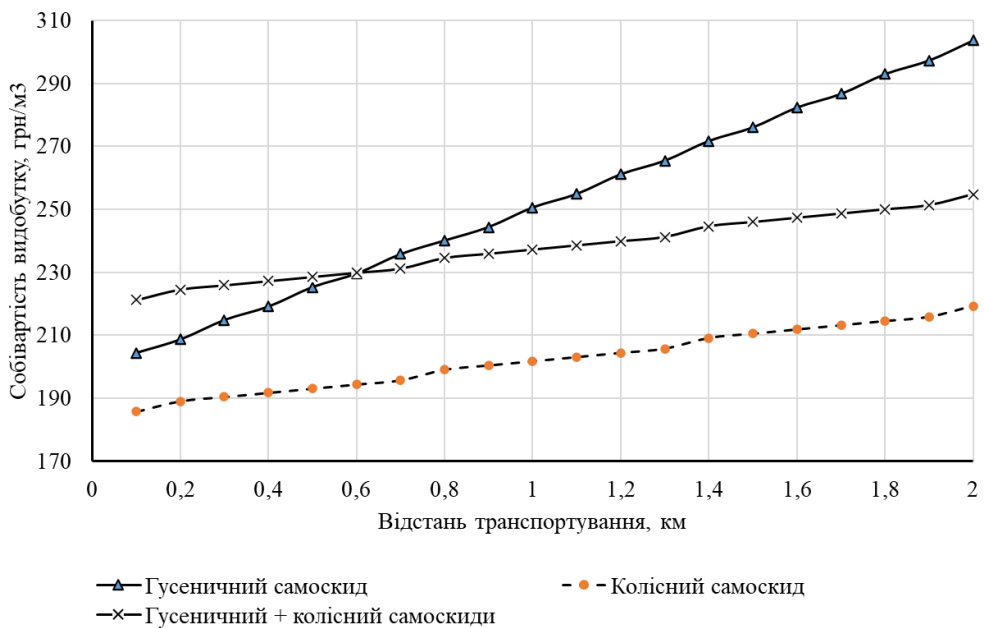


Рис. 4.8. Графік залежності собівартості видобутку корисної копалини від відстані транспортування з урахуванням амортизації всього обладнання в кар'єрі (гусеничні, колісні, екскаватори, бурові верстати та інше).

Зі збільшенням відстані транспортування кількість транспортних засобів збільшується, що призводить до додаткових капітальних витрат на їх придбання. Капітальні витрати при застосуванні різних типів самоскидів та їх комбінації наведені на рис. 4.9. При застосуванні колісних самоскидів та комбінації колісних+ гусеничних, як видно з графіка, навіть при збільшенні відстані транспортування капітальні витрати довгий період залишаються незмінними. Збільшення відстані транспортування при застосуванні гусеничних машин призводить до необхідності постійних капітальних вкладень на кожні 100 м подовження траси. При застосуванні комбінації гусеничних та колісних самоскидів капітальні вкладення будуть збільшуватись при збільшенні відстані транспортування на кожні 0,5 км.

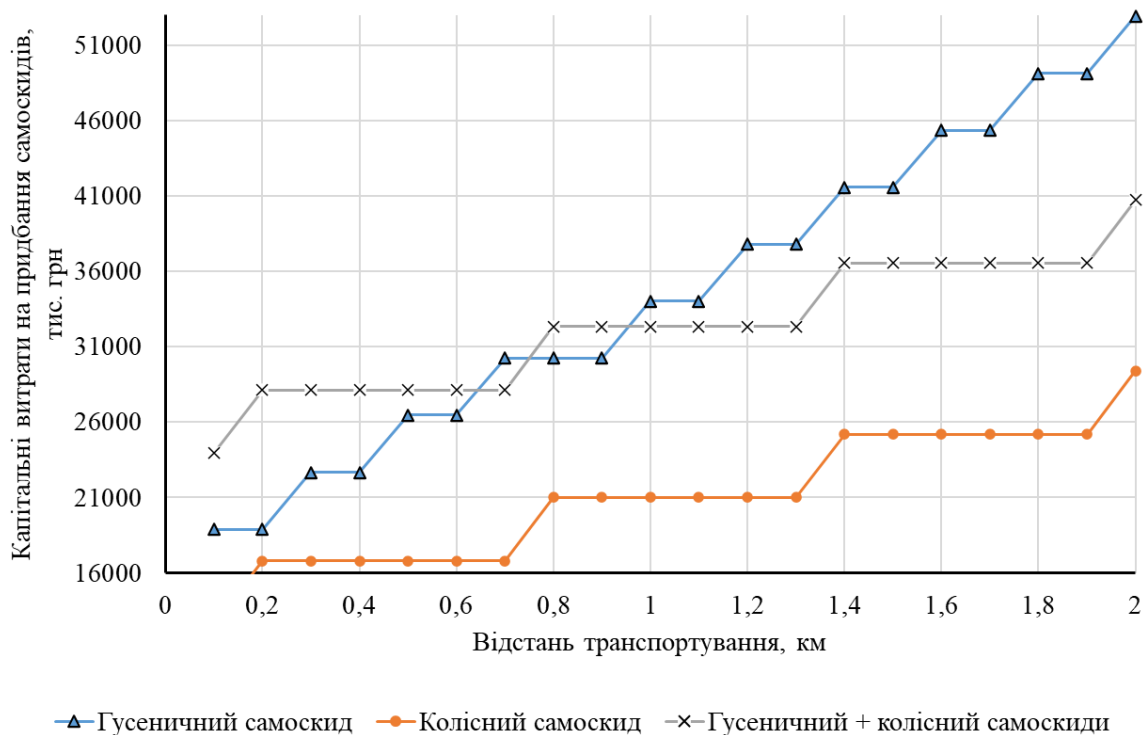


Рис.4.9. Графік залежності капітальних вкладень у придбання основного обладнання від відстані транспортування при використанні самоскидів (гусеничні, колісні) та їх комбінації (гусеничні + колісні).

В умовах Плисецького кар'єру було здійснено розрахунок собівартості перевезення корисних копалин з урахуванням закладання ухилів (див. розділ 4.4). Під час розрахунку приймалися ухили 8%, 20%, 30%, 40%.

Собівартість перевезення корисної копалини (грн/м<sup>3</sup>)

| Собівартість застосування гусеничного самоскиду | Окремо     | Окремо   | комбінація                 |                   |        |
|---|------------|----------|----------------------------|-------------------|--------|
|   | гусеничний | колiсний | Гусеничний (на поглиблені) | колiсний (1244 м) | разом  |
| Ухил 8% (1700м)                                 | 132,25     | 61       | 49,95                      | 52,64             | 102,59 |
| Ухил 20 %(1517м)                                | 121,63     |          | 42,65                      | 52,64             | 95,29  |
| Ухил 30 %(1499м)                                | 121,63     |          | 41,89                      | 52,64             | 94,53  |
| Ухил 40 %(1465м)                                | 121,63     |          | 40,44                      | 52,64             | 93,08  |

8% відповідає ухилам, що використовують при колiсному транспортi. При застосуванні гусеничних самоскидiв моделювалися ухили 20%, 30%, 40%. Капітальні витрати на гусеничний самоскид – 11340000 грн. При моделюванні доопрацювання кар’єру з різними ухилами з’їздів було отримано додаткові об’єми корисної копалини, що можуть бути вилучені з урахуванням заданої продуктивності Плисецького кар’єру (табл. 4.4). Вартість реалізації готового продукту на поточний час складає 1040 грн/м<sup>3</sup>.

Таблиця 4.4

Додаткові об’єми при моделюванні відпрацювання корисної копалини в кар’єрі за роками

| Ухил | Об’єми, м <sup>3</sup> |        |       |        |
|------|------------------------|--------|-------|--------|
|      | 1 рік                  | 2рік   | 3рік  | Разом  |
| 8%   | 450000                 | 259619 |       | 709619 |
| 20%  | 450000                 | 450000 | 19974 | 919974 |
| 30%  | 450000                 | 450000 | 31751 | 931751 |
| 40%  | 450000                 | 450000 | 46134 | 946134 |

При використанні транспортних засобів згідно методики (див. розділ 2.4) для отриманих моделей відпрацювання Плисецького родовища розраховано наведені витрати (рис 4.10 – 4.12) відповідно до отриманих об’ємів виймання протягом трьох років.

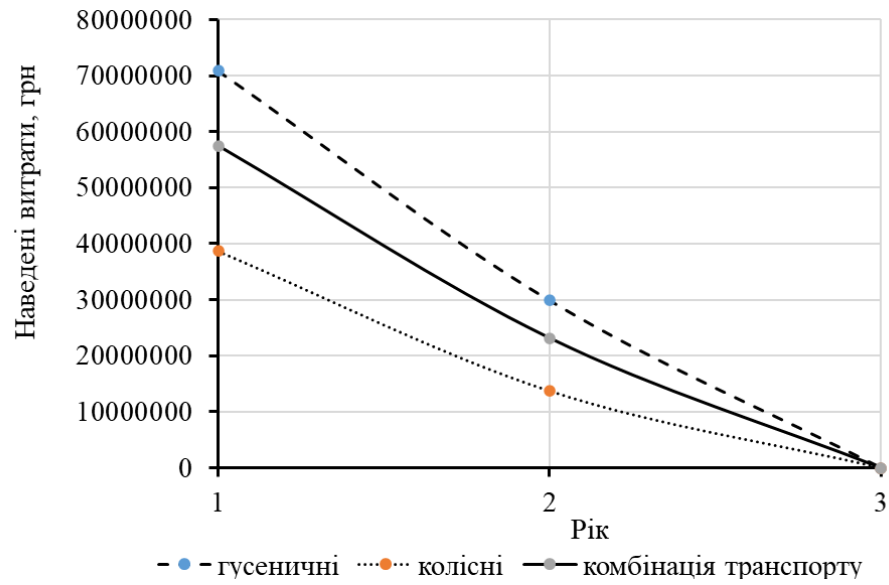


Рис. 4.10. Графік наведених витрат при відпрацюванні додаткових об'ємів із з'їздами 8%.

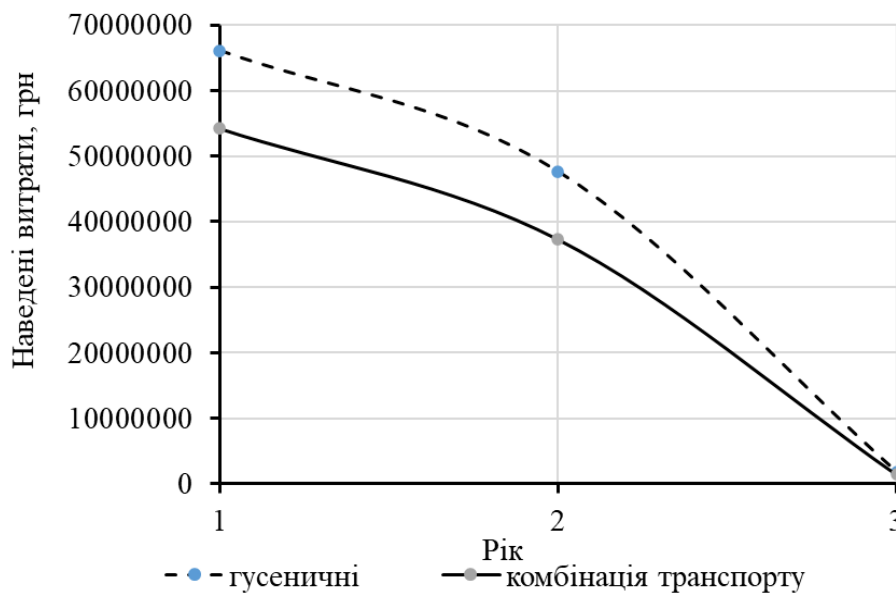


Рис.4.11. Графік наведених витрат при відпрацюванні додаткових об'ємів із з'їздами 20%.

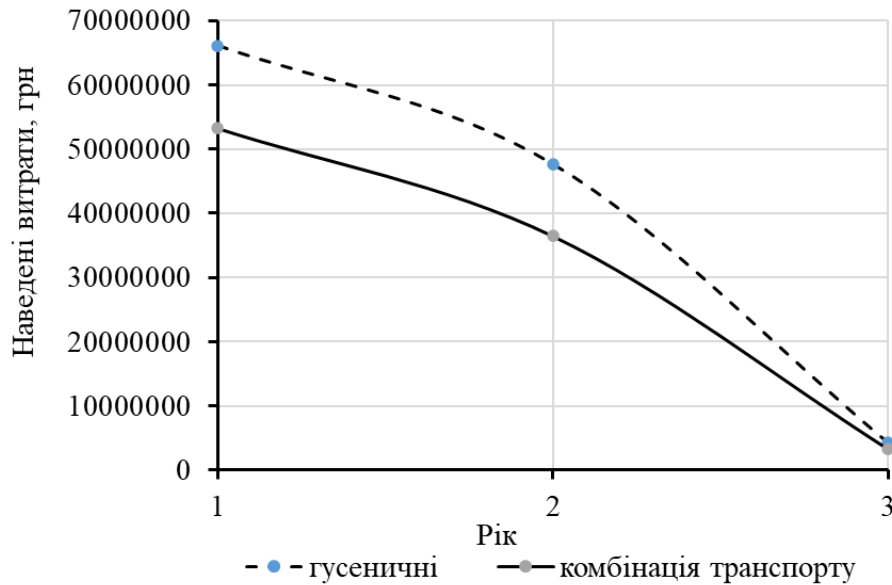


Рис.4.12. Графік наведених витрат при відпрацюванні додаткових об'ємів із з'їздами 40%.

Чистий дисконтований дохід (ЧДД) — це сума поточних ефектів за весь розрахунковий період, приведена до початкового кроку, або перевищення інтегральних результатів над інтегральними затратами. Чистий дисконтований дохід визначимо за формулою [41]:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{I_t}{(1+r)^t} \quad (4.3)$$

де  $NPV$  — чистий дисконтований дохід;

$CF_t$  — грошовий потік від здійснення інноваційного проекту в  $t$ -му році (чисті надходження);

$I_t$  — інвестиції в реалізацію інноваційного проекту (витрати  $i$ -го періоду);

$r$  — норма дисконту (ставка дисконту);

$T$  — період життєвого циклу інноваційно-інвестиційного проекту.

Треба зазначити: якщо  $ЧДД > 0$  — проект є прибутковим,

$ЧДД < 0$  проект є збитковим,

$ЧДД = 0$  — проект а ні прибутковий, ані збитковий.

ЧДД при відпрацюванні додаткових об'ємів із з'їздами 8% наведено на рис. 4.13. При моделюванні доопрацювання додаткових об'ємів корисної копалини в умовах Плисецького родовища враховувалось, що підприємство є діючим і основні капітальні витрати лягають на придбання гусеничних самоскидів, що переміщують корисну копалину з нижнього горизонту на відстань від 100 до 200 м. Застосування ухилів 30% та 40% на даному родовищі будуть не доцільні. Це пов'язано з тим, що відстань транспортування майже сильно не змінюється. Тому визначення чистого дисконтованого доходу при використанні комбінованого колісного та гусеничного транспорту було здійснено для ухилів 20% (рис. 4.14).

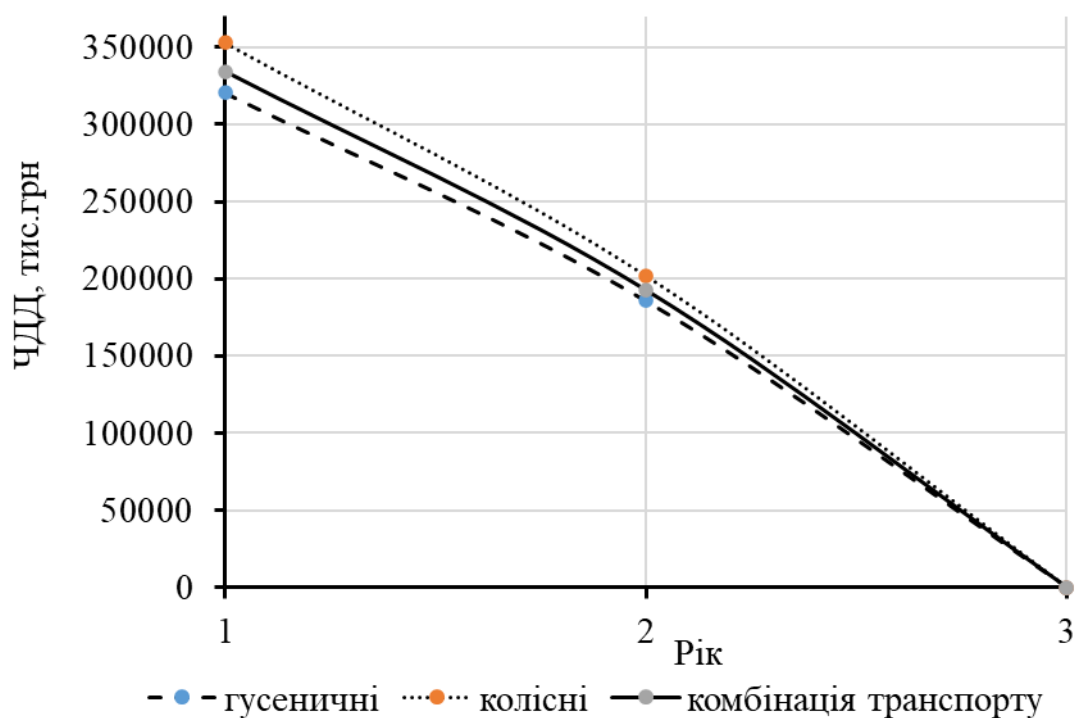


Рис. 4.13. Графік ЧДД при відпрацюванні додаткових об'ємів із з'їздами 8%.

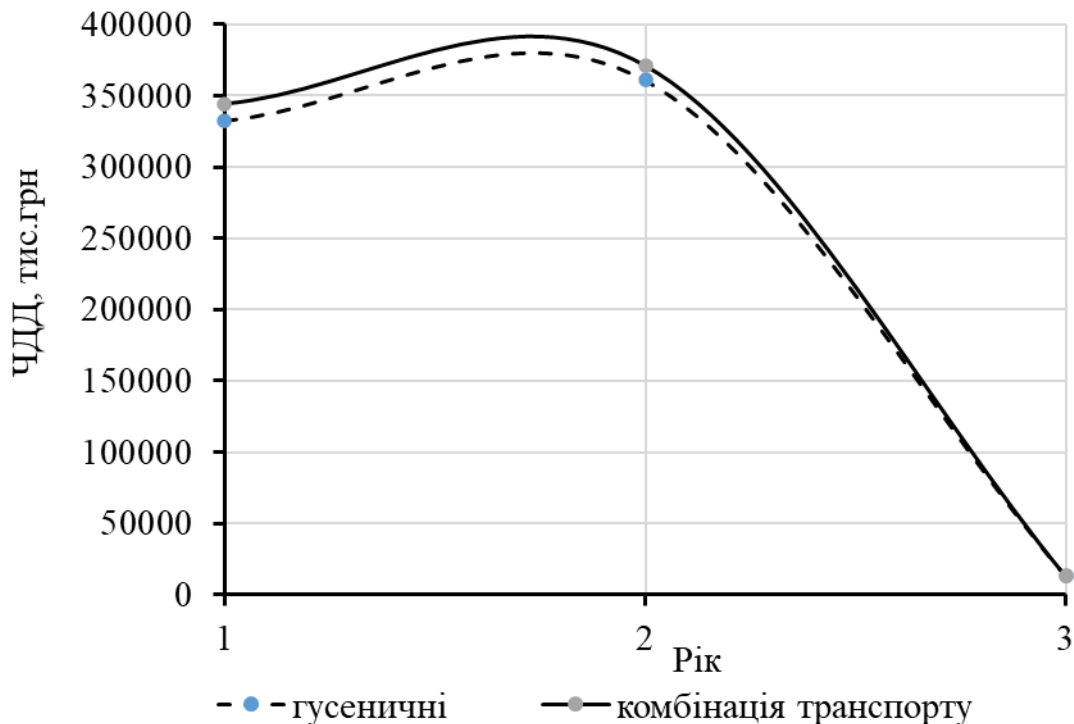


Рис.4.14. Графік ЧДД при відпрацюванні додаткових об'ємів із з'їздами 20%.

З урахуванням виймання додаткових об'ємів застосування ухилів 8% роботи будуть вестися тільки 2 роки, що дозволяє отримати чистий дисконтований дохід, який зменшується з 334077 тис. грн до 0. У той же час, при будівництві з'їздів з ухилом 20% строк існування підприємства становить 3 роки. Додаткові об'єми корисної копалини, що видобувають при формуванні крутих з'їздів дозволяють отримати підвищений ЧДД на другий рік у сумі 371169 тис. грн. Використання комбінованого колісного та гусеничного транспорту в умовах відпрацювання Плисецького родовища дозволяє отримати додатковий прибуток, що підтверджено моделюванням кар'єру з різними ухилами з'їздів.

### 4.3. Методичні рекомендації застосування технологічних схем роботи гусеничних самоскидів

Для визначення технологічної схеми і можливостей застосування гусеничних самоскидів в умовах розробки кар'єрів з обмеженими просторовими параметрами запропоновано схему вибору транспортного обладнання (рис. 4.15).

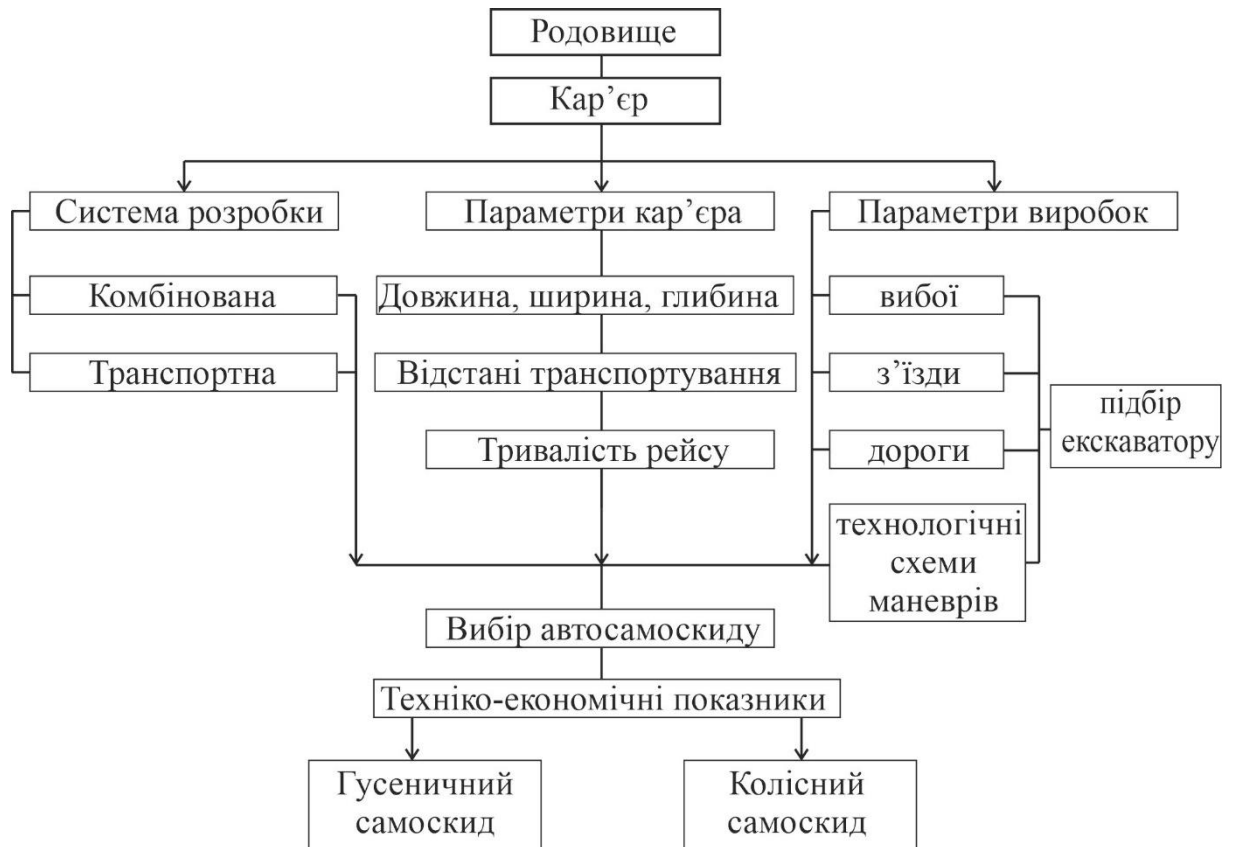


Рис. 4.15. Схема до вибору транспортного обладнання в умовах обмеженого простору кар'єру.

Застосування схеми вибору відбувається з урахуванням типу родовища та гірничо-геологічних умов, системи розробки на кар'єрі і його параметрів, а також параметрів виробок (вибоїв, з'їздів, доріг, технологічних схем маневрів транспортних засобів). Вибір гусеничного самоскиду залежить від робочих параметрів виймально-навантажувального обладнання.

Під час вибору враховуються такі параметри кар'єру як: довжина, ширина, глибина, що впливають на відстані транспортування, тривалість рейсу і відповідно продуктивність транспортних засобів.

Вибір колісного або гусеничного автосамоскиду відбувається на основі техніко-економічних розрахунків. Комбінація цих транспортних засобів дозволяє додатково вилучити корисну копалину особливо в умовах обмеженого простору.

Основні методичні рекомендації застосування гусеничних самоскидів:

1. Аналіз технологічних схем роботи мобільного транспорту на кар'єрах - вибір технологічної схеми маневрування самоскиду біля вибою;

- розробка технологічних схем роботи гусеничних самоскидів в умовах обмеженого простору кар'єра;

- можливості гусеничних самоскидів із застосуванням їх у комплексі з колісними автосамоскидами (застосування на окремих ділянках, перевантаження гірничої маси в кар'єрі та інш.);

2. Застосування методики вибору ефективних транспортних комплексів в умовах обмеженого простору кар'єра:

- залежність довжини транспортування від глибини кар'єру;

- встановлення коефіцієнту подовження траси його вплив на відстань транспортування із застосуванням рекомендацій:

а) при зменшенні параметру висота уступу відбувається збільшення кількості майданчиків примикання що впливає на відстань транспортування при збільшенні глибин кар'єру (30-50%);

б) необхідно враховувати для прийнятих в роботі умов розробки родовищ, коефіцієнти розвитку траси  $K_t$ , із урахуванням зміни розмірів ухилу та уступів в кар'єрі;

г) при збільшенні глибини кар'єрів зі 100 до 400...600 м коефіцієнт  $K_t$  змінюється в межах 1,36...1,76 при ухилі дороги в 30%.

д) при застосуванні «крутих» траншей (траси) є можливість трасу розкривних виробок розміщати на одному із бортів кар'єру, що суттєво дозволить зменшити втрати запасів корисної копалини під транспортними майданчиками, підвищити кути бортів та скоротити термін вводу кар'єру в експлуатацію за рахунок зменшення капітальних робіт;

- визначення тривалості рейсу (циклу) гірничого транспорту від параметрів кар'єру. Залежності транспортного циклу самоскидів від глибини кар'єра наведені на рис 2.17 (п.2.3.2), за необхідності можна підвищити ухил доріг для ШЗС до 35%, гусеничних до 45%, що може значно зменшити тривалість транспортного циклу.

- встановлення продуктивності самоскидів від глибини кар'єрів (див. рис. 2.18. П.2.3.2) за допомогою аналізу графіка залежності, видно, що колісні самоскиди більш інтенсивно знижують продуктивність при порівнянні з гусеничними, що

пояснюється значним скороченням відстані транспортування у останніх. Гусеничні самоскиди працюють в тандемі з крутими траншеями. Для умов кар'єру що відпрацьовує Плисецького родовище гранітів було розглянуто можливість його поглиблення без розносу існуючих бортів (контурів) кар'єру. Це дозволило встановити на яку глибину можна поглибити дно кар'єру, використовуючи траншеї з різними ухілами.

- визначення видів навантажувального обладнання при роботі в комплексі з гусеничними самоскидами. Екскаваторно-автомобільні комплекси можна характеризувати за наступними показниками: габаритними що включають радіуси черпання та розвантаження екскаватора; розмірами маневрових майданчиків біля вибою та в місцях розвантаження; безпечними відстанями між робочим обладнанням (у тому числі і допоміжним); тривалістю операцій основного виймально-навантажувального обладнання, транспортного обладнання, часу що пов'язаний із їх простоями. На продуктивність комплексу екскаватор + автосамоскиди значний вплив мають наступні чинники: тривалість знаходження транспортного засобу під навантаженням, кількість повних ковшів екскаватора, що розміщують в кузові автосамоскида, максимальне завантаження кузова автосамоскида з урахуванням геометричних параметрів та вантажності, ємність та тип ковша екскаватора. Зі збільшенням вантажності автосамоскидів продуктивність екскаваторів збільшується, що цілком закономірно.

Порівняння роботи колісних та гусеничних автосамоскидів показує більшу продуктивність у колісних машин, що пов'язано із їх більшою швидкістю. Однак треба зазначити, що при зволоженні суглинків та глин гусеничні машини є більш прохідними.

На продуктивність автосамоскиду, що працює разом з одноківшевим екскаватором впливає ефективність використання геометричної місткості ковша екскаватора. Ефективність можна оцінити коефіцієнтом наповнення ковша екскаватора з наступним завантаженням у автосамоскид. Цей коефіцієнт має вплив на співвідношення ємностей ковша екскаватора і кузова автосамоскида, а

відповідно на величину кількості повних ковшів у кузові.

Кожна виймально-навантажувальна машина покриває діапазон ковшів. Це пов'язано з тим, що в більш складних умовах з урахуванням зусиль на копання треба використовувати менший за розмірами ковш, а в умовах легкого виймання (наприклад, піски) ковш може бути збільшений. Для порівняння роботи сучасного виймально-навантажувального обладнання та гусеничних автосамоскидів розроблена таблиця 3.1 (розділ 3.1), яка дозволяє здійснити вибір під екскаватор транспортного засобу.

3. Схеми розкриття нових горизонтів і формування круто-нахилених з'їздів. Для дослідження схем і обґрунтування розкриття нових горизонтів необхідно:

- Дослідити довжину з'їзду від висоти уступу.
- Дослідити залежність довжини з'їзду від ухилу з обмеженим використанням колісних автосамоскидів.
- Дослідити залежність довжини з'їзду від ухилу при використанні гусеничних самоскидів.
- За допомогою програмних продуктів побудувати моделі з'їздів і дослідити їх параметри.

Рекомендації щодо схем розкриття нових горизонтів: закладання більшого ухилу дозволяє зменшити об'єми робіт при підготовці нових горизонтів; на об'єми порід що вилучають впливають фізико-механічні властивості порід, це проявляється у вигляді кутів укосів траншеї що формуються; для гусеничних машин визначені ухили, що долаються і впливають на довжину з'їзду (технічні характеристики гусеничних машин вказують на те, що долаємий ухил становить від 12 до 30 градусів); на реальну довжину з'їзду впливає глибина закладання з'їзду; застосування сучасних ГІС технологій дозволяє визначати точні дані щодо об'ємів робіт при формуванні крутих траншей різної конфігурації та траси.

- рекомендації технологічних схем руху гусеничних самоскидів. Технологічні схеми руху гусеничних самоскидів обумовлені конструкцією і параметрами гусеничної ходової частини, навичками оператора машини, габаритними параметрами машини в плані, розмірами майданчику та вибою екскаватора в

кар'єрі. можливі різні варіанти траєкторії переміщення гусеничного самоскиду поблизу вибою. Основними технологічними обмежувачими параметрами є габарити машини в плані (довжина і ширина) і габарити ходової частини гусеничної машини що торкається ґрунту. Найбільш вигідним є розворот машини на місці при руху двома гусеницями в проти хід. Інші варіанти також можуть бути застосовані при розробці уступів з необхідними параметрами робочого майданчика уступу.

- вплив конструктивних особливостей автосамоскидів. Подальше підвищення вантажності рамних самоскидів вже не доцільне, особливо враховуючи негативний вплив на довкілля. В даному випадку необхідно врахувати негативний вплив на довкілля за рахунок використання не тільки дизельних двигунів, але й за рахунок вилучання додаткової земельної площі у користувачів. Зростання вантажності самоскидів супроводжується зростанням габаритів машин, що впливають на параметри гірничих виробок – траншей, транспортних берм та робочих майданчиків. Ширина проїзного полотна при двосторонньому русі для самоскидів вантажністю 27-45 т складає 10...12 м.

Зростання ширини транспортного майданчика з 15 м до 20 м призводить до зменшення кута неробочого борту з  $38^\circ$  до  $34^\circ$ , а ширина збільшиться в 12,5 раз, що складає біля 25...30 м на одиницю довжини борту кар'єру.

Зміна ширини дна траншеї суттєво впливає на її об'єм. Підвищення ширини дна з 10 м до 20 м супроводжується підвищення об'єму 1,5 рази.

Аналізуючи статистичні результати обстежень кар'єрів з видобутку нерудних будівельних матеріалів можна зробити висновок, що розміри 87% цих кар'єрів, не дозволяють розміщення траси гірничих виробок на одному з бортів кар'єру при застосуванні поширених транспортних засобів, які долають ухили 8-10%. Особливо виникне проблема при поглибленні робіт, що потребує розносу бортів, застосування спіральної форми траси і вилученню додаткової площі у користувачів. Гірничо-будівельні об'єми при використанні крутих траншей порівняно з траншеями традиційними ухилами зменшуються в 3-4 рази.

1. Більшість кар'єрів, які розробляють скельні нерудні корисні копалини характеризуються не великою виробничою потужністю і глибиною розробки, що дає перевагу при використанні невеликого за розмірами мобільного гірничого обладнання.

2. Рухомий склад автомобільного транспорту суттєво впливає на розміри кар'єру в плані за рахунок кута неробочого борту, який в значній мірі залежить від ширини автосамоскидів, яка впливає на основні розміри транспортної берми в кар'єрах. В розділі 3.4 встановлені зони використання кар'єрних самоскидів за ухилами доріг в кар'єрі, що дозволяє визначити тип самоскиду і ухил що долається.

3. Враховуючи поверхневі розміри нерудних кар'єрів доцільно для транспортування гірничої маси використовувати шарнірно зчленовані самоскиди або гусеничні самоскиди, це дозволить розмістити транспортні комунікації на одному з бортів кар'єрів і повне відпрацювання інших бортів.

Гусеничні автосамоскиди за тяговими властивостями двигунів з урахуванням площі опори та тиску на ґрунт, придатні для роботи в гірській, болотяній місцевості або в ґрунтах, що розмокають (глини) і робить такі машини універсальними. Залежності від сформованого кута відвалу їх можна використати безпосередньо переміщуючи по трасі скіпового або конвеєрного підйомника при розбиранні складів або відвалів.

4. Техніко-економічна оцінка транспортування гірничої маси в умовах обмеженого простору кар'єра. Враховується не тільки технічні характеристики транспорту, але й економічні, екологічні та соціальні фактори. Вибір оптимального варіанту транспорту може значно вплинути на ефективність роботи кар'єра, його рентабельність, а також на безпеку працівників та довкілля.

Ключовими аспектами, які слід враховувати, є:

- Продуктивність транспорту в специфічних умовах обмеженого простору.
- Операційні витрати, включаючи витрати на паливо, технічне обслуговування та обслуговування.
- Економічна ефективність кожного варіанту на основі розрахунку внутрішньої норми доходності (IRR) та чистої приведеної вартості (NPV).

- Інновації та новітні технології, які можуть підвищити ефективність і зменшити витрати.

#### **4.4. Практичне застосування запропонованої методики і результатів дослідження**

Реалізація рішень щодо застосування гусеничних самоскидів в умовах діючого підприємства розглянуто на прикладі розробки Плисецького родовища гранітів. В адміністративному відношенні Плисецьке родовище гранітів розташоване на території Васильківського району Київської області, гірниче підприємство є діючим. Родовище розміщено на відстані в 5 км на захід від с. Плисецьке на території Плисецької сільської ради, на лівому березі р. Унава. Найближчі залізничні станції Корчі, Мотовилівка знаходяться на відстані близько 8-10 км на схід від кар'єру [42].

Найблищий до родовища райцентр місто Васильків знаходиться в 30 км на схід, до Києва – 50 км на північний схід. Оглядова карта району родовища представлено на рис. 4.16.

В геоморфологічному відношенні родовище знаходиться в межах другої надзаплавної тераси Дніпра в межах Київського Полісся.

Рельєф ділянки характеризується як рівнинний з рідкою сіткою неглибоких ярів і балок, наявністю заболочених ділянок, поширена сіть невеликих струмків, які відносяться до системи річок Унава і Ірпінь. Спостерігається загальний нахил поверхні в північно-західному напрямку із зміною відносних відміток поверхні від 56,0 м на південному сході до 44,0-45,0 м в західному і північно-західному напрямках.

Гідрографічна мережа входить до складу водного басейну річки Дніпро. Район робіт у північно-західному напрямку перетинає ліва притока річки Ірпінь – річка Унава (згідно статті 79 Водного кодексу України відноситься до малих річок). Довжина річки Унава становить 87 км, нахил 1,2 м/км, водозабірна площа басейну 680 км<sup>2</sup>. Ширина прибережної захисної смуги від річки згідно 88 Водного кодексу України становить 25 м. Русло річки Унава знаходиться в 100 м на захід і північний

захід від гранітного кар'єра. Заплава річки в районі родовища не перевищує 2,0 км, ширина її складає від 1-2 до 10,0 м, глибина 1-2 м. проте часто зустрічаються ділянки глибиною 0,3-0,5 м.

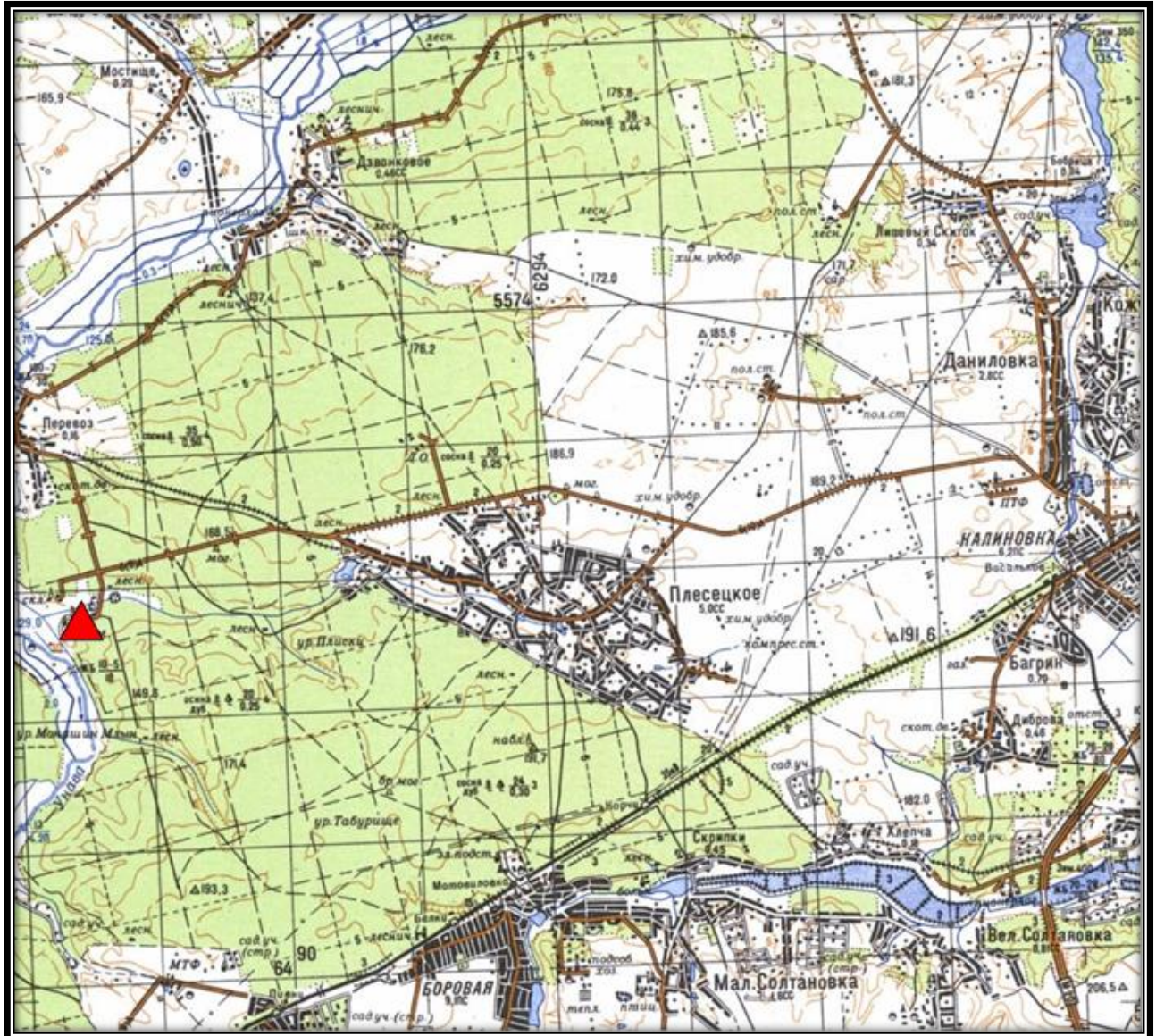


Рис. 4.16. Оглядова карта району родовища. Масштаб 1:100 000



- Плісецьке родовище гранітів.

Клімат помірно-континентальний, з середньою температурою найтеплішого місяця липня – 19,5° і найхолоднішого січня – - 5,5°. Зими переважно теплі, з численними відлигами. Абсолютні мінімуми температур -33 – -34°. Влітку абсолютні максимуми температур становлять 36-37° середня тривалість безморозного періоду – 165 днів. Середнє число днів із сніговим покривом – 93.

Сніговий покрив тримається із середини листопада по кінець березня. Переважають вітри північно-західного напрямку. Річна кількість опадів 450-500 мм. Максимальна кількість випадає влітку, мінімум – взимку та на початку весни.

В економічному відношенні район, переважно, сільськогосподарський. . В межах району, окрім даного родовища граніту, розробляються глини, суглинки, піски. Кам'яні будівельні матеріали використовуються в дорожньому та промисловому будівництві, для облаштування доріг, фундаментів та в якості облицювального матеріалу.

Плисецьке родовище гранітів розробляється з 1959 року. Перші геологорозвідувальні роботи на площі родовища були проведені в 1935 р., проте підраховані запаси граніту в установленому порядку не затверджувались.

Протягом 1957-1958 рр. геологорозвідувальним відділом Українського державного проектного інституту "Укргіпропром" проведена розвідка Плисецького родовища. В межах родовища було пробурено 15 свердловини (загальний обсяг 383,7 п.м.). Горизонт підрахунку був обмежений глибиною розвідувальних свердловин. За результатами проведених робіт УкрТКЗ до затверджені запаси гранітів у кількості 9878,7 тис. м<sup>3</sup>, у т. ч. за категоріями (тис. м<sup>3</sup>): А<sub>2</sub> – 4462,6, В – 5416,1 (протокол УкрТКЗ від 10.01.1959 № 1745).

У 2006 р. ТОВ "Плисецький гранітний кар'єр" отримало спеціальний дозвіл на користування надрами Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 09.06.2006 № 3871, наданий з метою видобування гранітів Плисецького родовища на площі 23,0 га, придатних як сировина для виробництва щебеню будівельного, шашки та каменю побутового, строком дії на 13 років.

У 2016-2017 рр ВК "Геолог" за технічним завданням ТОВ "Плисецький гранітний кар'єр" проведено повторну геолого-економічну оцінку та дорозвідку гранітів Плисецького родовища до горизонту з умовною відміткою мінус 26,0 м. Було пробурено 3 свердловини (загальний обсяг 61,3 п.м.).

Загальна кількість промислових балансових запасів Плисецького родовища затверджених протоколом ДКЗ України № 3918 від 04.05.2017 р становить 8 661 тис.м<sup>3</sup>. Дані запаси залучені до корегування робочого проекту.

В проекті прийнята система розробки родовища – транспортна, багатоуступна з паралельним просуванням фронту робіт, зовнішнім розташуванням відвалів. Горизонт відпрацювання запасів згідно проекту умовна відмітка -4 м. Висота уступів 10-14 м. Добувні проектні горизонти + 26 м, + 16 м, + 6 м, - 4 м.

Проектна продуктивність кар'єру по видобуванню корисної копалини була прийнята на рівні 450,0 тис.м<sup>3</sup> в щільному тілі за рік. Термін забезпеченості запасами становив 20,8 років. Площа кар'єрного поля 25,8 га.

В геолого-структурному відношенні район родовища розташований в межах північно-східної частини Українського щита. В геологічній будові території беруть участь докембрійські кристалічні породи (рис. 2.1), перекриті відкладами юрської, крейдової, палеогенової, неогенової та четвертинної систем.

Корисна копалина Плисецького родовища представлена незмінними вивітрюванням гранітами звенигородського комплексу нижньо-протерозойського віку. Граніти рожево-сірі, середньо-дрібнозернисті масивної текстури. Нижньою межею підрахунку запасів – горизонт мінус 26,0 м. Верхня межа підрахунку обмежена покрівлею незмінених гранітів. При підрахунку запасів було враховано положення існуючого кар'єру, в межах якого діють 3 видобувних горизонтів +27 м, +16 м, +4 м (Висота добувних уступів – 10-12 м) та 3 проектні горизонти -6 м, -16 м, та -26 м.

Згідно результатів фізико-механічних досліджень корисна копалина (незмінені вивітрюванням граніти) Плисецького родовища відповідає вимогам вимогам ГОСТ 23845-86 "Породы горные скальные для производства щебня для строительных работ. Технические требования и методы испытаний" і придатні для виробництва каменю бутового марок 800-1400 за міцністю, F-50 за морозостійкістю відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-241:2010 "Камінь бутовий. Технічні умови", що підтверджується багаторічним досвідом промислової експлуатації родовища.

За даними мінералого-петрографічних досліджень (1957-1958 рр.) граніти Плисецького родовища середньозернисті, інколи середньо-дрібнозернисті, масивні

з рівномірним поширенням в породі темноколірних мінералів. Головними породоутворюючими мінералами є плагіоклаз, мікроклін, кварц, біотит; акцесорними – циркон, апатит, рудні мінерали, вторинними – мусковіт, серицит. Основними породотвірними мінералами є плагіоклаз (20-40 %), калішпат (від 20-40 %), кварц (25-30 %), біотит (3-8 %), акцесорні мінерали (рудні, апатит, циркон – 0,5-2 %).

В умовах Плисецького родовища застосована система розробки – транспортна, поглиблююча із паралельним переміщенням фронту робіт із зовнішнім та внутрішнім відвалоутворенням.

Режим роботи кар'єру по видобутку корисної копалини та розробці скельних порід цілорічний (285 днів на рік) при п'ятиденній робочій неділі в три зміни, а по м'яких розкривних породах сезонний (110 днів на рік) при п'ятиденній робочій неділі водну зміну.

На розкривному уступі ширина робочої площадки становить – 38,0 м, по корисній копалині – 57 м, по ґрунтово-рослинному шару – 10,0 м. Висота уступів по корисній копалині – 10-14 м.

Для проїзду транспорту уздовж неробочого борту кар'єру залишаються транспортні берми шириною 30 м. Ширина транспортної берми 20 м. Ширина проїзної частини автодороги при однополосному русі встановлена 7,0 м. Ухил з'їздів – 80 %.

*Технологічна схема видобувних робіт:* екскавація корисної копалини, одноковшеvim екскаваторами Caterpillar 365L (обернена лопата з ковшем ємністю 4 м<sup>3</sup>) та DOOSAN SOLAR 500 LC (з ковшем ємністю 3,2 м<sup>3</sup>) з попереднім розпушенням БВР методом свердловинних зарядів і транспортування на ДСЗ автосамоскидами Mercedes Benz AxoR 3028K/ACROS4140.

Свердловини прийняті вертикальні, діаметром 152 мм, буріння свердловини здійснюється станком шарошечного буріння Atlas Copco ROC L6H. Висадження електричне, коротко-уповільнене, а також СІН «Імпульс».

В умовах кар'єру використовують допоміжне обладнання бульдозер Caterpillar D6R, розробка негабариту гідроударним методом на базі екскаватора DOOSAN DX3 40 LCA.

*Технологічна схема розкривних робіт включає:* екскавацію розкривних порід одноковшевим екскаватором Caterpillar 320D (обернена лопата) з ковшем ємністю 1,1 м<sup>3</sup> з наступним транспортуванням до місця використання та у відвал автосамоскидами Mercedes Benz AxoR 3028K/ACROS4140 вантажністю 40 тонн.

Для моделювання системи розробки з використанням гусеничних самоскидів будують гірничі виробки з системою розробки на поточний час (рис. 4.17).

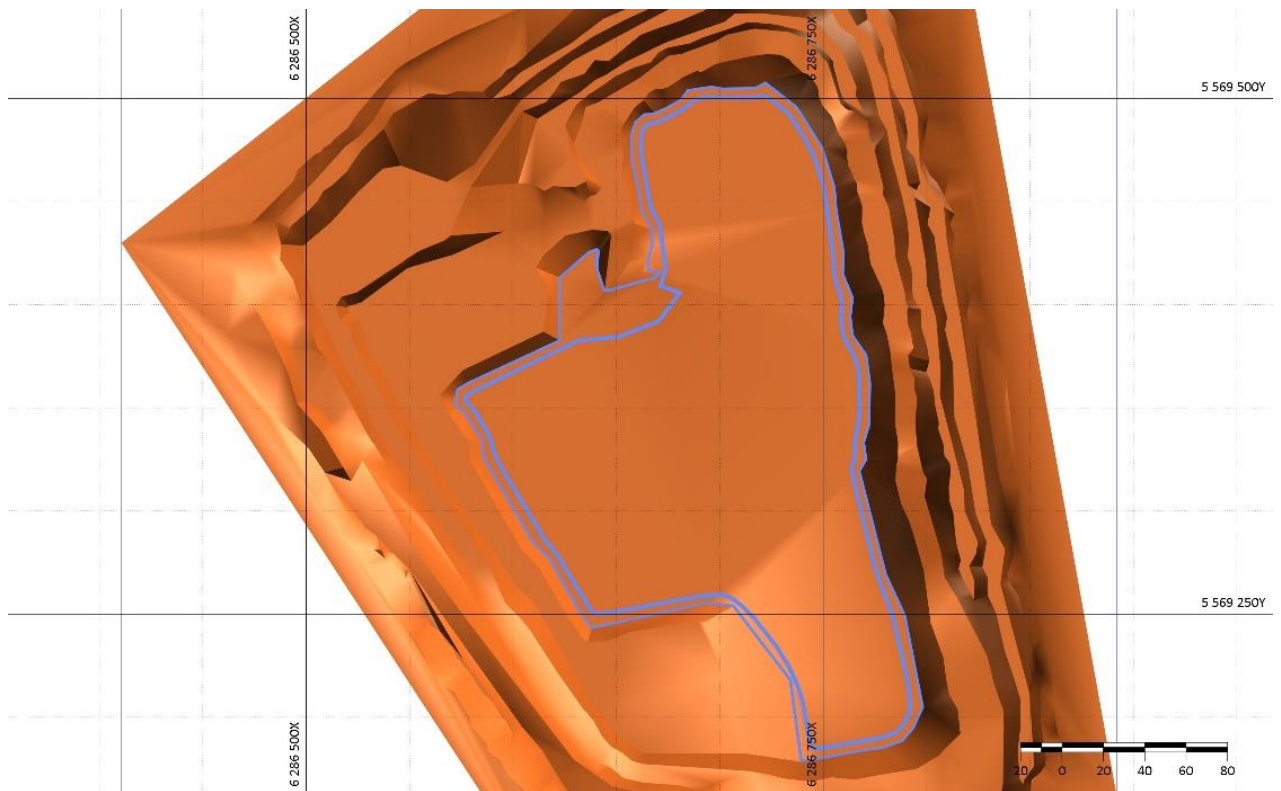


Рис. 4.17. Каркас моделі кар'єру поточний стан з межами дна відбудований в програмі Micromine

Розглянемо стан гірничих робіт при поглибленні дна за існуючою технологічною схемою розвитку кар'єру (рис. 4.18-4.19).

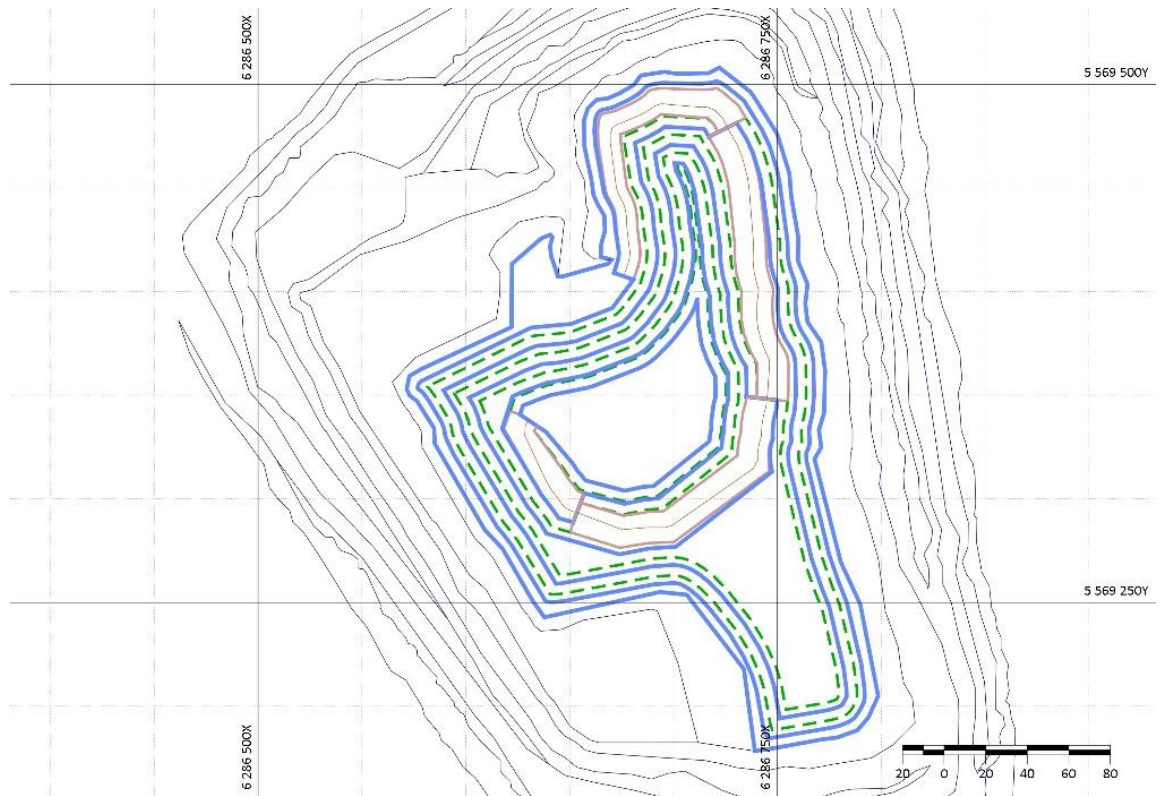


Рис. 4.18. Положення виробок при доопрацювання дна при з'їздах з ухилом 80%

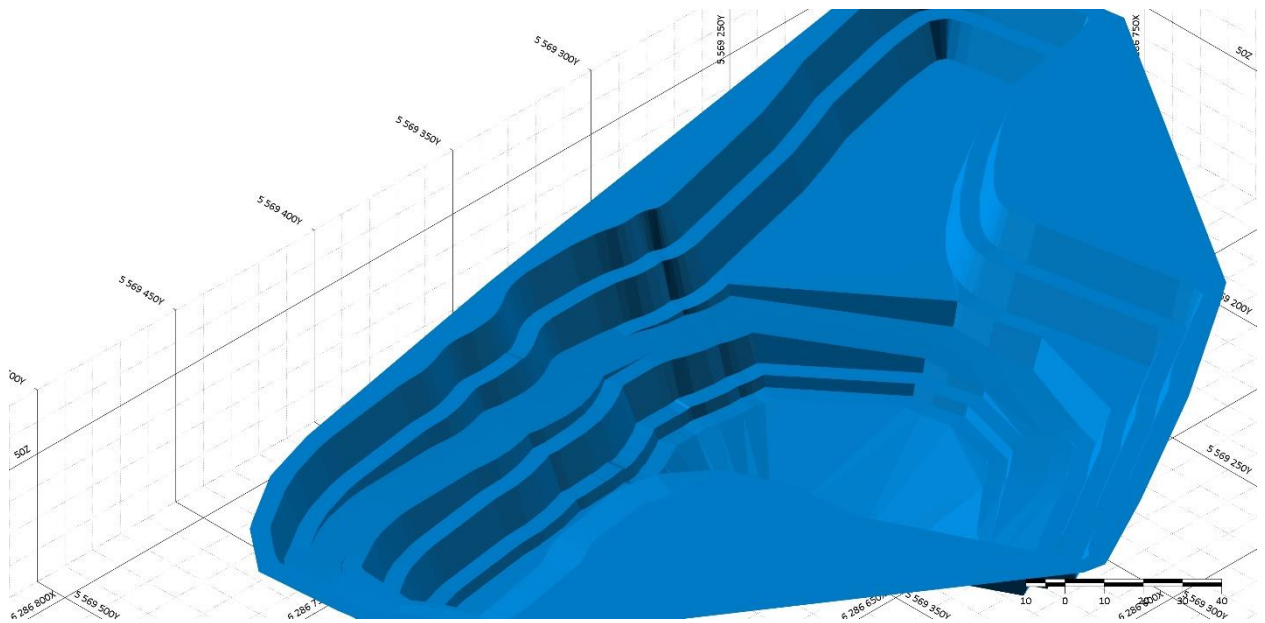


Рис. 4.19. Каркас моделі кар'єру вид на Пд-Сх при доопрацювання дна при з'їздах з ухилом 80%

Побудована каркасна модель (рис. 4.3) дозволить порівняти поточну технологічну схему розвитку кар'єру зі схемою при використанні гусеничних самоскидів.

В умовах Плисецького родовища при використанні гусеничних самоскидів система розробки не змінюється – транспортна, з поглибленням гірничих робіт, паралельним переміщенням фронту робіт. Відвалоутворення зовнішнє та внутрішнє.

Режим роботи кар'єру по видобутку корисної копалини та розробці скельних порід не змінюється 285 днів на рік, п'ятиденна робоча неділя, а по м'яких розкривних породах 110 днів на рік, п'ятиденна робоча неділя, одна зміна.

Мінімальна ширина робочих майданчиків на розкриву буде становить – 15 м, по корисній копалині – 43,5 м. Висота уступів по корисній копалині прийнята – 10 м.

Для проїзду транспорту уздовж неробочого борту кар'єру залишаються транспортні берми шириною 15 м. Ширина транспортної берми 10 м. Ширина проїзної частини автодороги при однополосному русі встановлена 7,0 м.

*Технологічна схема видобувних робіт:* екскавація корисної копалини здійснюється тими самими одноковшовими екскаваторами Caterpillar 365L (обернена лопата з ковшем ємністю 4 м<sup>3</sup>) та DOOSAN SOLAR 500 LC (з ковшем ємністю 3,2 м<sup>3</sup>) з попереднім розпушенням БВР методом свердловинних зарядів. Буріння свердловини здійснюється станком шарошечного буріння Atlas Copco ROC L6H. Свердловини вертикальні, діаметром 152 мм. Висадження електричне, коротко-уповільнене, а також СІН «Імпульс».

Для транспортування на ДСЗ пропонується застосовувати при доопрацюванні родовища нижче поточної відмітки дна гусеничні автосамоскиди Morooka (MST-4000 VDR) вантажністю 20 т (табл.4.5).

Таблиця 4.5

| Параметри гусеничних автосамоскидів |                |                              |                          |                            |                   |  |
|-------------------------------------|----------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|--|
| Фірма (тип машини)                  | Вантажність, т | Об'єм кузова, м <sup>3</sup> | Довжина/ширина машини, м | Долаємий кут підйому, град | Швидкість, км/год |  |
| Morooka (MST-4000 VDR)              | 20,0           | 10,25                        | 6800/3200                | 30                         | 11,6              |  |

Допоміжне обладнання без змін. Бульдозер Caterpillar D6R використовують для відвалоутворення, зачистки вибоїв, доріг. Розробка негабариту гідроударним методом на базі екскаватора DOOSAN DX3 40 LCA з використанням гідромолоту.

Технологічна схема розкривних робіт включає: екскавацію розкривних порід одноковшевим екскаватором Caterpillar 320D (обернена лопата з ковшем ємністю 1,1 м<sup>3</sup>) з наступним транспортуванням до місця використання та у відвал гусеничними автосамоскидами Morooka (MST-4000 VDR) вантажністю 20 тон (рис. 4.20).

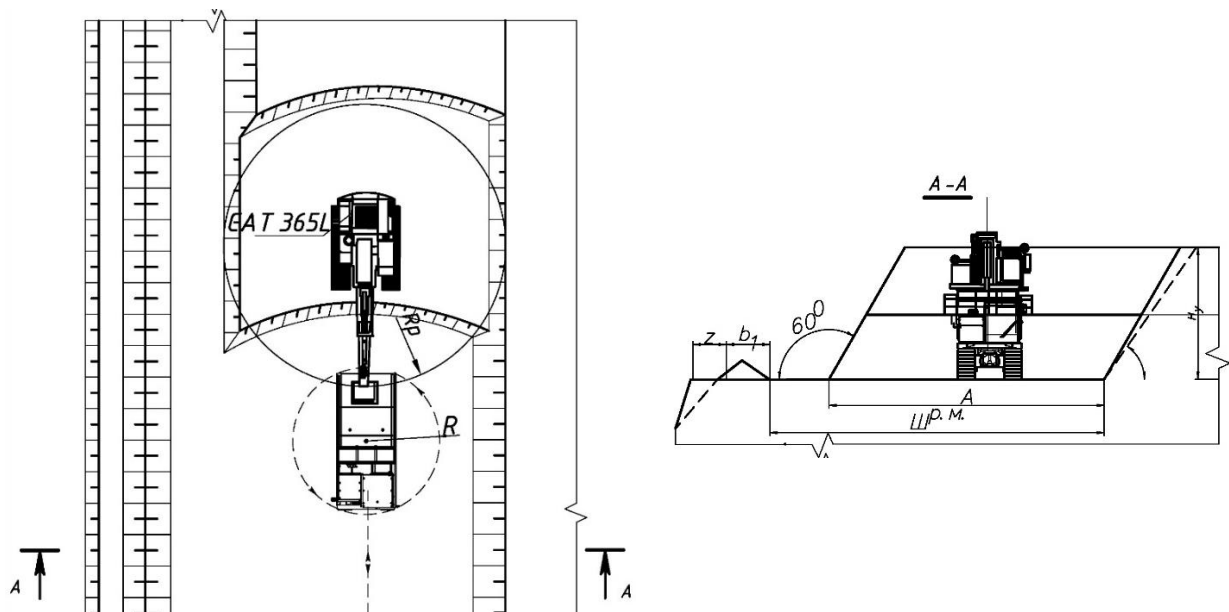


Рис. 4.20. Технологічна схема роботи гусеничного самоскиду з поворотною платформою біля вибою екскаватора Caterpillar 365L.

Мінімальна ширина робочого майданчику при вийманні м'яких порід буде визначатись з формули (2.3) і становитиме – 15 м.

Ширина робочого майданчику при веденні БВР буде визначатись з формули:

$$Ш_{pm} = Z + b_1 + B_p = 1.5 + 3 + 39 = 43,5, \text{ м} \quad (4.4)$$

де  $Z$ - призма можливого обрушення, м

$b_1$  – вал безпеки, м;

$B_p$  - ширина розвалу масиву після підривання, м.

При розрахунку враховується умова

$$B_p \geq 2R_a, \text{ м} \quad (4.5)$$

$$39 \geq 2 \cdot 3,2 = 6,4, \text{ м}$$

$R_a$  - радіус розвороту платформи гусеничного самоскиду, м;

Для Плисецького родовища розглянемо можливі схеми доопрацювання запасів корисної копалини нижче дна кар'єра при використанні гусеничних самоскидів. Сформовано моделі формування виробленого простору Плисецького кар'єру зі з'їдами, що мають ухил 10°, 20%, 30%, 40% (рис. 4.21-4.28).



Рис. 4.21. Положення виробок при доопрацювання дна при з'їздах з ухилом 10°

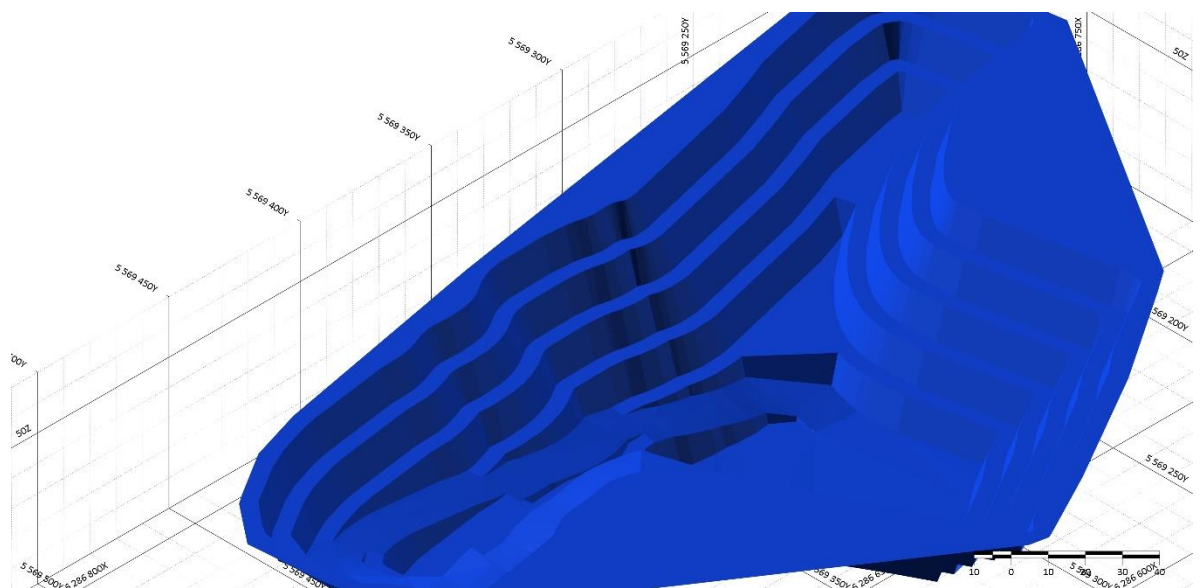


Рис. 4.22. Каркас моделі кар'єру вид на Пд-Сх при доопрацювання дна при з'їздах з ухилом 10°



Рис. 4.23. Положення виробок при доопрацювання дна при з'їздах з ухилом 20%

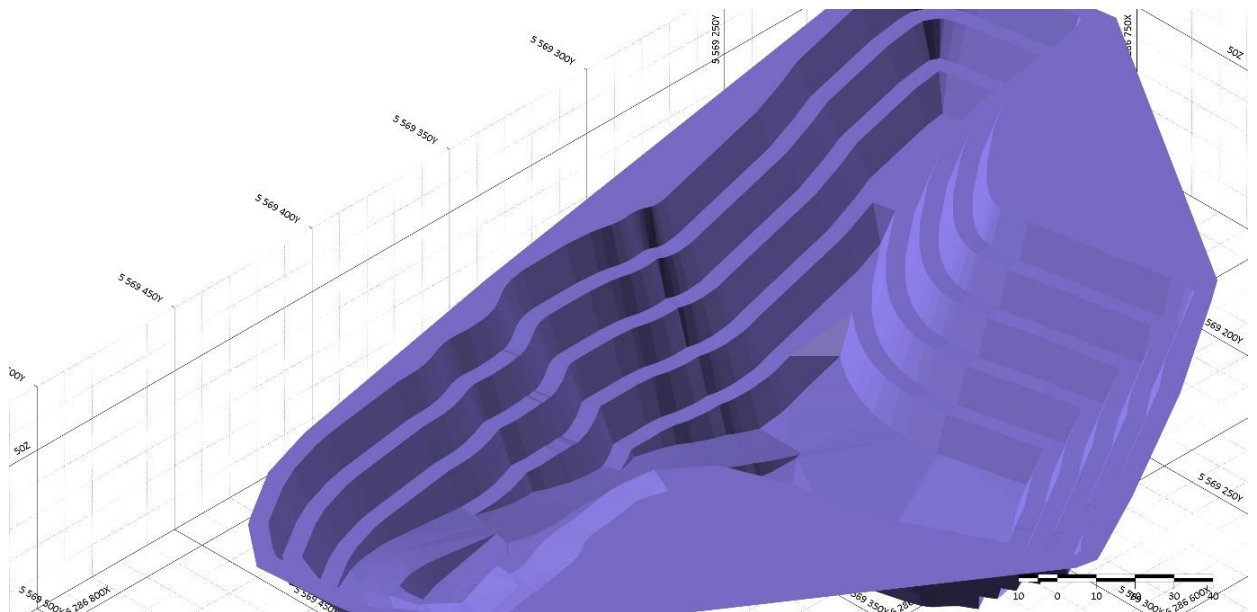


Рис. 4.24. Каркас моделі кар'єру вид на Пд-Сх при доопрацювання дна при з'їздах з ухилом 20%

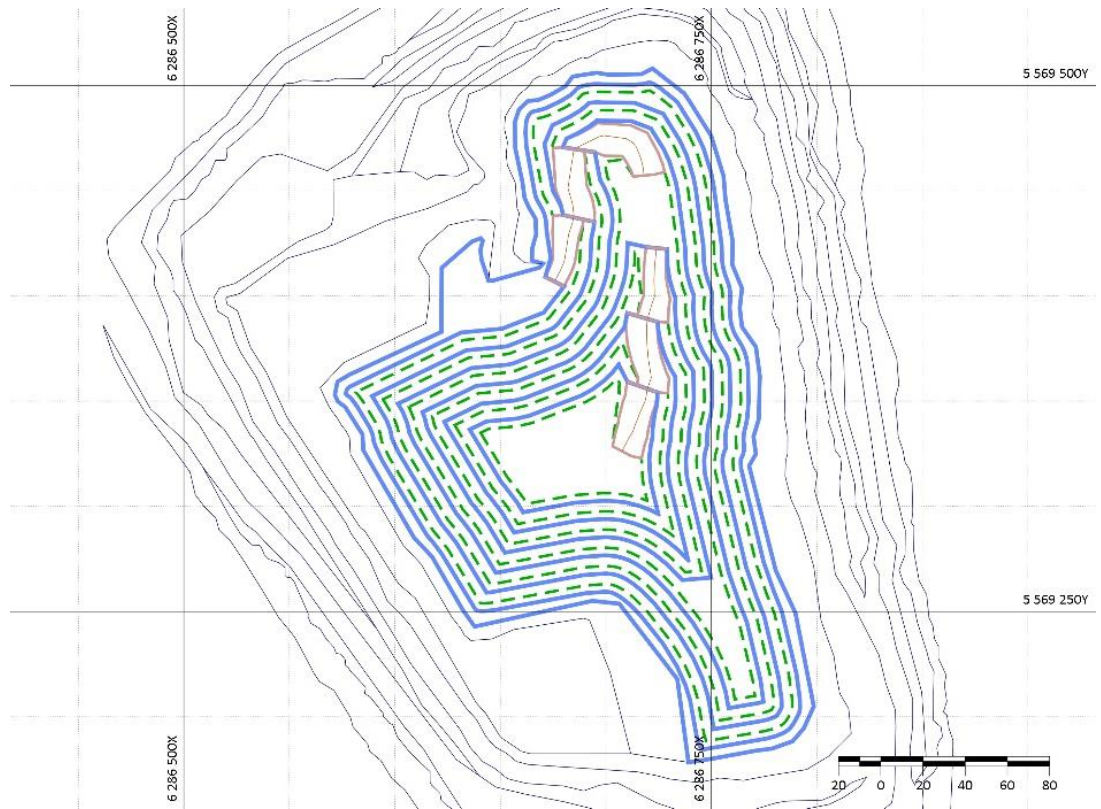


Рис. 4.25. Положення виробок при доопрацювання дна при з'їздах з ухилом 30%

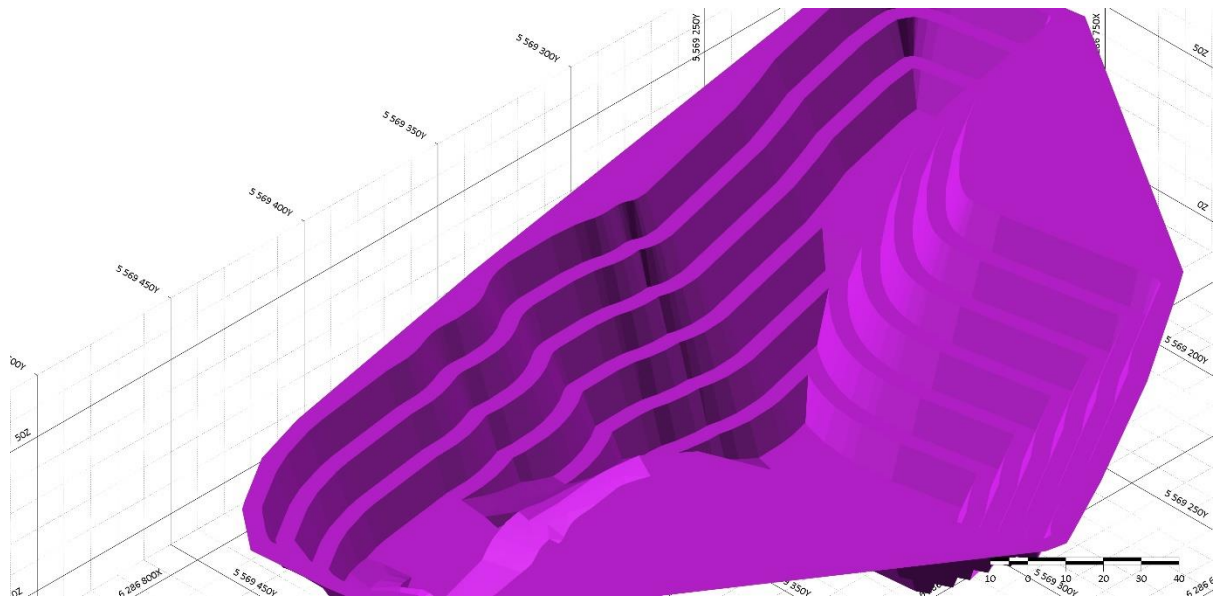


Рис. 4.26. Каркас моделі кар'єру вид на Пд-Сх при доопрацювання дна при з'їздах з ухилом 30%

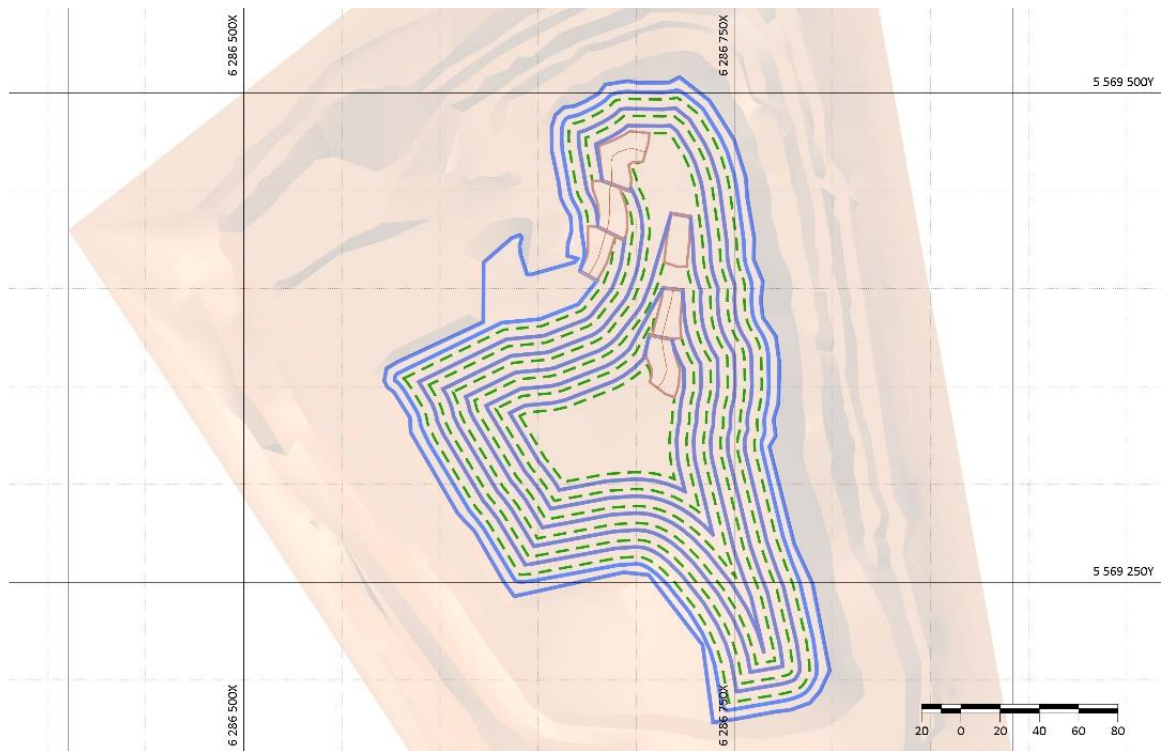


Рис. 4.27. Положення виробок при доопрацювання дна при з'їздах з ухилом 40%

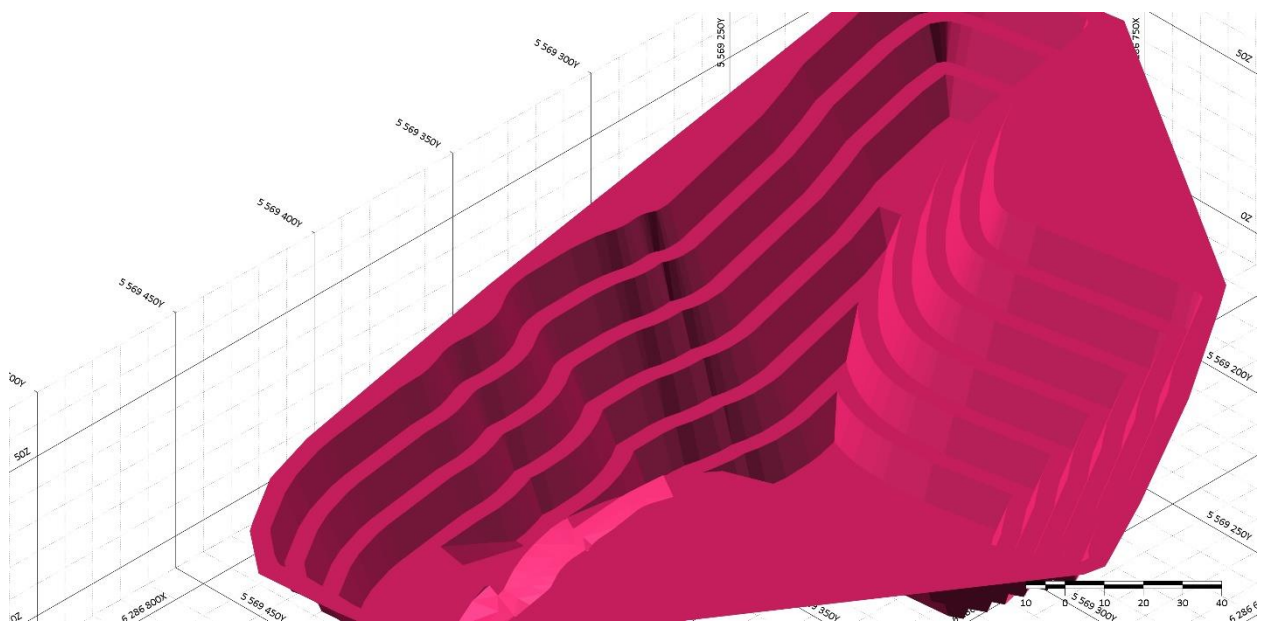


Рис. 4.28. Каркас моделі кар'єру вид на Пд-Сх при доопрацювання дна при з'їздах з ухилом 40%

При моделюванні доопрацювання кар'єрного простору Плисецького родовища було отримано дані параметрів кар'єрного поля (табл. 4.6), а саме: кількість уступів, що можна відпрацювати нижче поточного дна, глибина

відпрацювання нижче дна кар'єру, ширина та довжина дна кар'єру, площа дна після моделювання, додаткові об'єми гірничої маси при доопрацюванні кар'єрів (рис. 4.29) з використанням гусеничних машин.

Таблиця 4.6

Основні параметри кар'єрного поля при моделюванні доопрацювання запасів з різними ухилами з'їзду

| Ухил з'їзду | Кількість уступів нижче поточного дна, од | Глибина нижче поточного дна | Довжина дна кар'єра, м | Ширина дна кар'єра, м | Площа дна кар'єра, м <sup>2</sup> | Об'єми що можуть бути видобуті нижче поточного дна, м <sup>3</sup> |
|-------------|---|-----------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|--|
| 80‰(8%)     | 3   | 30                          | 91                     | 63                    | 4170                              | 709619   |
| 10град(18%) | 5   | 50                          | 81                     | 63                    | 484                               | 898662   |
| 20%         | 5   | 50                          | 67                     | 56                    | 4653                              | 919974   |
| 30%         | 6   | 60                          | 56                     | 39                    | 2514                              | 931751   |
| 40%         | 6   | 60                          | 69                     | 40                    | 2854                              | 946134   |

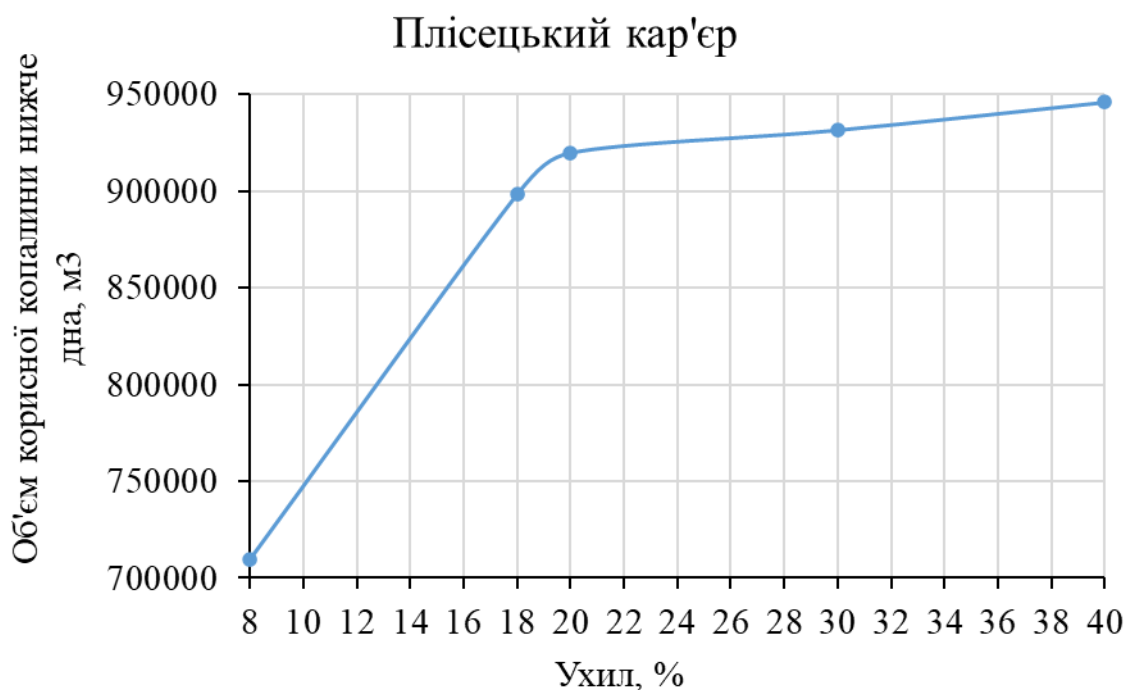


Рис. 4.29. Залежність додаткових об'ємів корисної копалини нижче дна Плісецького кар'єру при формуванні з'їздів під гусеничні самоскиди.

Основними параметрами технологічного процесу є об'єми видобутку і управління мінеральними ресурсами при роботі гірничої компанії протягом певного періоду. В умовах розробки Плисецького родовища збільшення об'ємів видобутку мінеральних ресурсів можливе за рахунок збільшення ухилу з'їздів. Згідно рис. 4.14 при застосуванні гусеничних самоскидів що долають ухили 18% відбувається збільшення запасів які можна вилучити з 700 тис. м<sup>3</sup> до 900 тис. м<sup>3</sup>. Ухили що формують під 30% додатково дозволяє вилучити 40 тис. м<sup>3</sup>.

#### **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4**

1. Промодельовано параметри кар'єру для систематизованих кар'єрних полів, що дозволило зробити оцінку застосування гусеничних самоскидів. Встановлено, що для кар'єрів великої площі мінімальна довжина траси для гусеничного самоскида складає 397-432 м; середньої – 441 м; маленької – від 391 до 455м.

2. Встановлена лінійна зростаюча залежність собівартості транспортування та видобування корисної копалини, відповідно від відстані транспортування гусеничними, колісними самоскидами та їх комбінації. Порівняння переміщення гірничої маси показало, що найбільша собівартість виникає при застосуванні виключно гусеничного транспорту, який має маленькі розміри кузову і значні витрати палива.

3. На кожні 100 м подовження траси підйому при застосуванні гусеничних самоскидів необхідно здійснювати збільшення капітальних витрат. У той же час, при використанні комбінації гусеничних і колісних самоскидів капітальні витрати збільшуються на кожні 500м подовження траси підйому.

4. Наведені витрати при відпрацюванні Плисецького родовища з використанням з'їздів з ухилами 8%, 20%, 40% показує, що збільшення ухилів веде до збільшення витрат. При цьому з урахуванням можливого доопрацювання додаткових об'ємів чистий дисконтований дохід на 2 роки при використанні з'їздів з ухилами 20%, 40% збільшується.

5. Розроблено схеми до вибору транспортного обладнання в умовах обмеженого простору кар'єру, які дозволили створити методичні рекомендації на основі проведених досліджень.

6. Для Плисецького кар'єру з видобутку гранітів розроблено моделі розвитку гірничих робіт при застосуванні гусеничних самоскидів і формування з'їздів з ухилами 8%, 18%, 20%, 30%, 40%, що дозволило дослідити основні параметри кар'єрного поля і визначити об'єми гранітів, що можуть бути видобуті додатково. При збільшенні ухилу від 8% до 20% іде різке зростання додаткових об'ємів від 709 тис.м<sup>3</sup> до 949 тис. м<sup>3</sup>. В подальшому збільшення ухилу з'їздів може підвищити загальні запаси на 50 тис м<sup>3</sup>. Рекомендований ухил для Плисецького кар'єру при застосуванні гусеничних самоскидів 20%.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Тенденції розвитку сучасного транспортного обладнання в кар'єрі полягає у: зростанні вантажності самоскидів, впровадження нових типів двигунів, впровадження самоскидів здатних долати крутопохилі траси і працювати в стислих умовах, створення роботизованих самоскидів. Однією з таких машин – є гусеничний самоскид.

2. Досліджені та встановлені залежності та параметри робочих майданчиків, зменшення таких параметрів відбувається за рахунок використання гусеничних самоскидів з повноповоротною платформою. Для висот уступів від 10 до 20м встановлені коефіцієнти подовження траси, що змінюються при ухилі 8% від 1,06 до 1,13, при ухилі 15% від 1,12 до 1,2, при ухилі 30% від 1,24 до 1,39. При підвищенні величини ухилу, слід підвищувати розмір коефіцієнту подовження траси, враховуючи висоту і кількість уступів в кар'єрі або їх кількість в робочій зоні.

3. Зменшення висоти уступів призводить до зростання кількості майданчиків примикання, що безпосередньо впливає на відстань транспортування, яка може збільшитись на 30-50%

4. Визначена продуктивність самоскидів при перевезенні гірничої маси з різних глибин кар'єру дозволяє стверджувати, що використання гусеничних самоскидів вантажністю 30т дає значну перевагу у порівнянні з колісними машинами. Така продуктивність досягається за рахунок зменшення часу на маневрування біля вибою і на майданчиках розвантаження, а також скорочення траси підйому гірничої маси.

5. На основі оптимального поєднання виймально-навантажувального і транспортного обладнання з урахуванням їх продуктивності, а також об'ємів ківшів екскаваторів і кузовів гусеничних самоскидів обґрунтовано ефективні комбінації гірничо-транспортного обладнання, що дозволило розробити таблицю підбору типу екскаватора при використанні гусеничних самоскидів.

6. Встановлено, що мінімальна ширина майданчику для розвороту гусеничного самоскиду на місці однією гусеницею залежить від радіусу, який

визначається точкою обертання машини застопореної гусениці до крайніх протилежних розмірів за діагоналлю машини. Розворот за рухом вперед і одночасним поворотом на 90 градусів з наступним рухом назад можливий при достатніх розмірах робочого майданчику уступу. Найбільш ефективними є гусеничні машини з повноповоротною платформою, що виключає процес маневрування і відповідно зменшує параметри робочих майданчиків.

7. Моделювання параметрів систематизованих кар'єрних полів дозволило зробити оцінку застосування гусеничних самоскидів. Для кар'єрів великої площі мінімальна довжина траси з використанням гусеничних самоскидів становить 397-432м, середньої площі – 441м, маленької – від 391 до 455м.

8. Розроблено методичні рекомендації щодо застосування гусеничних самоскидів при розробці нерудних кар'єрів. Рекомендації розглянуті для подальшої реалізації в проекті розробки Плисецького родовища. Для Плисецького кар'єру зроблена техніко-економічна оцінка розробки кар'єрного поля при застосуванні гусеничного самоскиду.

Досліджені основні параметри кар'єрного поля при доопрацюванні гранітів та визначені об'єми, що можна видобути при реалізації проекту. Рекомендований ухил при застосуванні гусеничних самоскидів 20%, що дозволяє додатково видобути 949 тис м<sup>3</sup>, отримати максимальний чистий дисконтований дохід на другий рік у сумі 371169 тис. грн при впровадженні комбінації колісного і гусеничного транспорту.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Півняк, Г.Г. (2011). *Наукові основи раціонального природокористування при відкритій розробці родовищ: монографія*. ГВНЗ «Національний гірничий університет», Техн. Ун-т «Фрайбергська гірнича академія. Д. .НГУ.
2. Маланчук, З. Р., Корнієнко, В. Я., Сорока, В. С., Васильчук, О. Ю. (2018). *Транспортні системи гірничих підприємств : навч. посіб.* Рівне : НУВГП.
3. Бизов, В. Ф., Дриженко, А. Ю. (2004). *Відкриті гірничі роботи*. Т. 13. Кривий Ріг: Мінерал.
4. Давіденко, Н.Д. (2020). *Доробка запасів граніту Запорізького кар'єроуправління*, [Кваліфікаційна робота НТУ «Дніпровська політехніка»] Інституційний репозитарій НТУ «ДП» <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/151036>
5. ШВАРЦМЮЛЛЕР Україна. (2017, 12 листопада). *Класифікація самоскидів. Переваги та недоліки при використанні*. <https://schwarzmueller.ub.ua/analitic/34650-klasifikaciya-samoskidiv-perevagi-ta-nedoliki-pri-vikoristanni.html>.
6. Стрілець, О.П., Пчолкін, Г.Д., Чорний М.Ю. (2017). Вплив фракційного складу гірничої маси на продуктивність великовантажних автосамоскидів. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, 50, 125–131. <https://znp.nmu.org.ua/pdf/2017/50.pdf>
7. Біліченко, М.Я., Півняк, Г.Г., Ренгевич О.О. (2005). *Транспорт на гірничих підприємствах: підруч. для вуз*. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет
8. Стрілець, О.П., Пчолкін, Г.Д., Чорний М.Ю. (2017). Дослідження впливу довжини тимчасової частини автодороги на продуктивність великовантажних автосамоскидів. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, 50, 132–136. <https://znp.nmu.org.ua/pdf/2017/50.pdf>
9. Собко, Б.Ю., Черняєв, О.В., Гриценко, Л.С. (2017). Дослідження ефективності впровадження землезберігаючих технологій при відпрацюванні східної ділянки Біляївського родовища каолінів. *Збірник наукових праць НГУ*, 52, 16–23. <https://znp.nmu.org.ua/pdf/2017/52/4.pdf>

10. Платонов, В.Ф., Леіашвілі, Г.Р. (1986). *Гусеничні та колісні транспортно-тягові машини*. Машинобудування.
11. Давіденко, Н.Д. (2023). Відпрацювання нерудних кар'єрів з використанням гусеничних самоскидів. *Молодь: наука та інновації: матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 22–24 листопада 2023 року: у 2-х т. (2, с. 373-374)*. Дніпро: Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». <https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/molod-nauka-ta-innovatsii-2023/molod-2023-vol2.pdf>
12. ENKI. (2017). *Нові гусеничні самоскиди PRINOTH з неймовірно низьким тиском на ґрунт* <https://enki.ua/novye-gusenichnye-samosvaly-prinoth-s-neveroyatno-nizkim-davleniem-na-grunt-7697>
13. Анісімов, О. О., Гриценко, Л. С., Давіденко, Н. Д., Черняєва, О. В., & Сидоренко, І. К. (2023). Фактори, що впливають на продуктивність екскаваторно-автомобільних комплексів. *Технічна інженерія*, 1(91), 262–270. [https://doi.org/10.26642/ten-2023-1\(91\)-262-270](https://doi.org/10.26642/ten-2023-1(91)-262-270)
14. Technostroycontract. (2023, 23 лютого ) *Morooka Tracked Dump Trucks*. <https://www.t-s-c.ru/upload/tech/pdf/MST-3000VD.pdf>.
15. Nick Drew (2020). *Heavyweight Tracked Dumper with Cat Roots*. [https://www.earthmoversmagazine.co.uk/digger-man/view,heavyweight-tracked-dumper-with-cat-roots\\_2595.htm](https://www.earthmoversmagazine.co.uk/digger-man/view,heavyweight-tracked-dumper-with-cat-roots_2595.htm)
16. Офіційний сайт Prinoth Corporate. (2023, 23 February). *PRINOTH GROUP*. <https://www.prinoth.com/en/>
17. Фрімпінг, С., Галецький, Г., Роберт Квенон (2024). *Вивчення напруги шин самоскида для збільшення терміну служби*. Міссурійський Університет науки та технологій, Ролла, Міссурі.
18. Сймер В. (2006). *Переміщення ґрунтів*. Kirschbaum Verlag GmbH, Германия Бонн.
19. Давіденко, Н.Д., Анісімов, О.О. (2024). Дослідження зміни довжини транспортування гірничої маси при поглибленні кар'єру з застосуванням

крутопохилих траншей. *Збірник наукових праць НГУ*, 76, 42–50.  
<https://doi.org/10.33271/crpnmu/76.042>

20. Дриженко, А.Ю. (2014). Відкриті гірничі роботи. Навчальний посібник . с. 245-260.

21. Саїк, П.Б., Анісімов, О.О., Черняєв, О.В., Лозініський, В.Г., Дичковський, Р.О. (2024). *Оптимізація процесів виодобутку та переробки нерудних корисних копалин*. НТУ "ДП". Дніпро. Герда.

22. Симоненко, В.І. (2004). *Технологічні основи розробки нерудних родовищ з внутрішньокар'єрним складуванням відходів гірничого виробництва*. [Автореф. Дис. д-ра. техн. наук, ДВНЗ «Національний гірничий університет»] Дніпропетровськ.

23. Симоненко, В.І., Павличенко, А.В., Анісімов, О.О., Бондаренко, А.О., Черняєв, О.В. & Гриценко, Л.С. (2022). *Технологія екологобезпечної відкритої розробки нерудних родовищ твердих корисних копалин: монографія*. Дніпро: Журфонд.

24. Khazin, M.I. (2021). Directions Transport Development. *Perm Journal of Petroleum and Mining Enginneering*, 1(3), 144-150. <https://doi.org/10.15593/2712-8008/2021.3.7>

25. Анісімов, О.О. (2015). *Технологія будівництва та розробки глибоких кар'єрів: Монографія* Дніпропетровськ: Національний гірничий університет.

26. Анісімов, О. О., & Довгалюк, І. А. (2015). Дослідження показників роботи кар'єрних самоскидів та підвищення їх продуктивності в умовах Стрижавського родовища мігматитів. *Збірник наукових праць НГУ*, (49), 25–31.

27. Glebov, A. (2017). Selection of gathering autotransport for the systems of cyclical-and-continious technology. *Mining of Mineral Deposits*, 11(4), 11-18.  
<https://doi.org/10.15407/mining11.04.011>

28. Davydenko, N.D., Anisimov, O.O. (2025) The feasibility of introducing articulated and tracked dump trucks at non-metallic quarries. *Geo-Technical Mechanics*, (173), 101–111. <https://doi.org/10.15407/geotm2025.173.101>

29. Солодовник, Л.М., Пономаренко, П.І. (2004). *Економіка виробничого*

*підприємства: Навчальний посібник.* Дніпропетровськ: Національний гірничий університет.

30. Чебанов, М.О., Давіденко, Н.Д. (2022). Перспективи застосування гусеничних автосамоскидів при відкритому видобутку корисних копалин. XI конференція «Перспектива розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів». Державний університет «Житомирська політехніка». <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/05/109.pdf>

31. Норми технологічного проектування підприємств промисловості нерудних будівельних матеріалів (1977). *Будвидат*.

32. СОУ-Н МПП 73.020-078-1:2007. Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. Частина 1 (2007). *К.: Міністерство промислової політики України.*

33. Собко, Б.Ю., Пчолкін, Г.Д., Корсунський, Г.Я., Ложніков, О.В. (2020). *Технологія відкритої розробки родовищ корисних копалин: учбовий посібник.* НТУ «Дніпровська політехніка».

34. Давіденко, Н.Д., Анісімов, О.О. (2025). Схеми розкриття нових горизонтів і формування крутонахилених з'їздів при використанні гусеничних самоскидів. *Збірник наукових праць НГУ*, 80, 28-39. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/80.028>

35. Davidenko, N. (2025). The impact of constructive features of dump trucks on quarry parameters. *Earth and Environmental Science*, 1481 (2025) 012010. CEUMR-2024. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1481/1/012010/pdf>

36. Давіденко, Н.Д., Анісімов, О.О., Саїк, П.Б., Демидов, М.С. (2024). До питання технології розробки породних відвалів вугільних шахт. *Збірник наукових праць НГУ*, 79(2), 15-25. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/79.015>

37. НПАОП 10.0-5.21-04. Інструкція із запобігання самозапалюванню, гасіння та розбирання породних відвалів. (2007). *Стандарт Мінвуглепрому України.*

38. Симоненко, В.І. (2004). *Технологічні основи розробки нерудних родовищ з внутрішньокар'єрним складуванням відходів гірничого виробництва.* [Дис. д-ра.

техн. наук, ДВНЗ «Національний гірничий університет»] Дніпропетровськ

39. Черняєв, О. В. (2021). *Обґрунтування глибини розробки нерудних родовищ скельних корисних копалин з внутрішнім відвалоутворенням* [Автореф. дис. канд. техн. наук,]. Інституційний репозитарій НТУ «Дніпровська політехніка». <https://ir.nmu.org.ua/entities/publication/c5e0b1f7-7f0b-4fdf-8e03-3536cd8d43e2>

40. Давіденко, Н.Д. (2025). Оцінка впливу застосування гусеничних самоскидів на параметри кар'єру. *XV міжнародна науково-технічна конференція «Наукова весна»*. (507). Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». [https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/naukova-vesna-2025/Scientific\\_Spring\\_2025.pdf](https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/naukova-vesna-2025/Scientific_Spring_2025.pdf).

41. Білоцерківський, О. Б., Шапран, Є. М. (2021). *Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Інноваційне підприємництво» для студентів спеціальності 076 - «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність»*. Харків, НТУ «ХПІ».

42. «Розширення дробильно-сортувального заводу Плисецького кар'єру. Коригування робочої документації Плисецького гранітного кар'єру (гірничча частина)» (2007). Виконано ВК «НПІ Будпроектіндустрія», Київ.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

**Список авторів**

Професор, докт. техн. наук

Аспірантка кафедри ВГР



Агісімов О.О.

Давиденко Н.Д.

**РЕКОМЕНДАЦІЇ**

**Обґрунтування технологічних параметрів і схем застосування гусеничних  
самоскидів при відпрацюванні покладів корисної копалини**

Дніпро  
2025

## ЗМІСТ

## 1. Актуальність роботи

|  |      |  |
|--|------|--|
| Україна має унікальну мінерально-сировинну базу. В надрах країни виявлено близько 20 000 родовищ і проявів 117 видів корисних копалин. В промисловому освоєнні знаходяться 3349 родовищ, більшість із них розробляються відкритими гірничими роботами. По оцінкам спеціалістів – вартість мінеральних ресурсів України складає 1,9 трлн. Доларів, або 2,2 % світового об'єму.  | Стр. |  |
| Зростаючи, масштаби кар'єрів, виробничої потужності, збільшення глибини потребують удосконалення гірничотранспортного обладнання. В першу чергу, це стосується транспортного обладнання.   | 4    |  |
| Як відомо, витрати на транспортування гірської маси на кар'єрах складають 60-70% від витрат на розробку корисної копалини. У цьому зв'язку виникає актуальність дослідження впливу робочих параметрів різного типу обладнання, що використовують у кар'єрі, на продуктивність окремих ланок машин циклічної дії та вибору оптимальних розмірів цього обладнання і формування комплексів циклічної технології. Значну увагу було приділено встановленню ефективності використання вантажності наявних автосамоскидів при роботі разом з гідравлічними екскаваторами зі встановленням оптимальних норм виробки для сучасних гусеничних автосамоскидів як альтернативного транспорту. | 4    |  |
| <b>2. Методики вибору ефективних транспортних комплексів в умовах обмеженого простору кар'єра</b>  | 12   |  |
| <b>2.1. Встановлення параметрів технологічних схем роботи гусеничних самоскидів</b>  | 15   |  |
| Визначення тривалості рейсу (циклу) гірничого транспорту від параметрів кар'єру.....   | 17   |  |
| Визначення видів навантажувального обладнання при роботі в комплексі з гусеничними самоскидами.....  | 22   |  |
| Розрахунок економічної ефективності від запропонованої технологічної схеми та її параметрів.....   |      |  |
| Заключення.....  |      |  |

Використання гусеничних самоскидів найбільш доцільно при застосуванні екскаваторів пряма або обернена лопата з смістко ковша від 1,5 до 3 кубів. Застосування екскаватору типу обернена лопата з навантаженням в кузов гусеничного самоскиду показано на рис 1-3. Гусеничний самоскид може здійснювати різні види маневрів. Подача гусеничного самоскиду може бути з правим або лівим поворотом радіус маневру на половину розміру машини (рис. 1) яка може бути застосовано в певних випадках з урахуванням правостороннього руху машин. Завантаження здійснюється гідравлічним екскаватором, який розміщують на проміжному майданчику уступу, виїзання гірничої маси відбувається як нижче майданчику встановлення, так і з верхньої частини.

Технологічна схема вказана на рис. 1 передчас час правий або лівий поворот гусеничного самоскиду, при цьому рухи здійснюються лівою або правого гусеницею права або лева в положенні «стоїть». Після розвороту машини відбувається рух заднім ходом до місця завантаження у вибій. Після заповнення транспортного засобу відбувається процес завантаження кузова. По завершенні завантаження подається звуковий сигнал і водій автосамоскиду рухається до місця розвантаження.

Ширина робочого майданчику при застосуванні гусеничного автосамоскиду визначається за формулою:

$$Ш_{\text{прз}} = Z + b_1 + b_{\text{авто}} + R_{\text{кр}} + \frac{b_{\text{авто}}}{2} + C, \quad (1)$$

де  $Z$ - призма можливого обрушення, м

$b_1$  – вал безпеки, м,

$b_{\text{авто}}$ - ширина автосамоскиду, м,

$R_{\text{кр}}$ - радіус розвороту гусеничного автосамоскиду, м;

$C$ - безпечна відстань між автосамоскидом і нижньою брівкою, м.

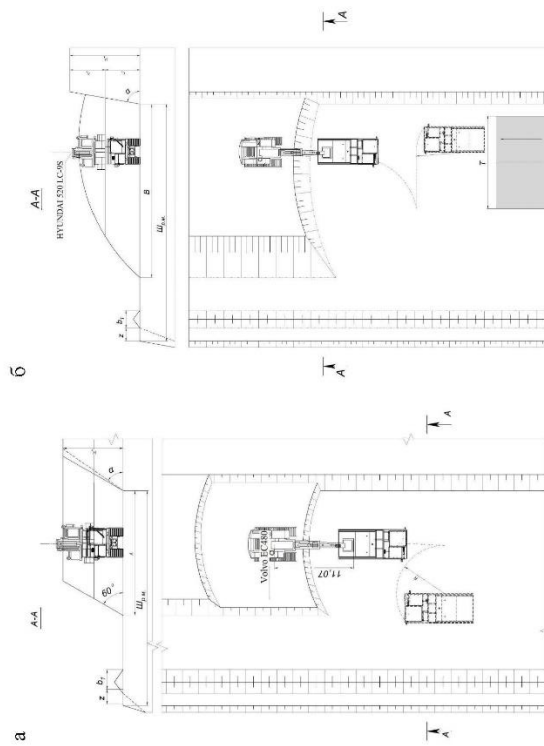


Рис. 1. Технологічна схема роботи гусеничного самоскиду з правим (а) та лівим (б) поворотом

Схеми що показані на рис. 1 придатні для гусеничних самоскидів зі стандартною платформою, кузовом і водійською кабіною.

Застосування гусеничного самоскиду на кар'єрах з повноповоротною платформою зараз не мають аналогів. Використання гусеничних автосамоскидів з повноповоротною платформою в умовах розробки корисних копалин передбачає зменшення тривалості рейсу за рахунок зменшення, а також відсутності часу на маневри. Під'їждючи до вибою такий автосамоскид здійснює обертання несучої платформи навкруги вісі кріплення (рис. 2). Рух такої машини біля вибою відбувається за човниковою схемою без розвороту ходової частини. Кузов з кабіною обертється на поворотній платформі відносно ходової частини на  $180^\circ$ .

Після зупинки біля вибою відбувається завантаження гусеничного самоскиду. Завантаження відбувається зі сторони кузова, з лівого або правого борту. Після завершення завантаження автомобіль рухається у зворотному напрямку, майже без маневрування, при цьому, ширина транспортної смуги на робочому майданчику обмежується габаритами машини.

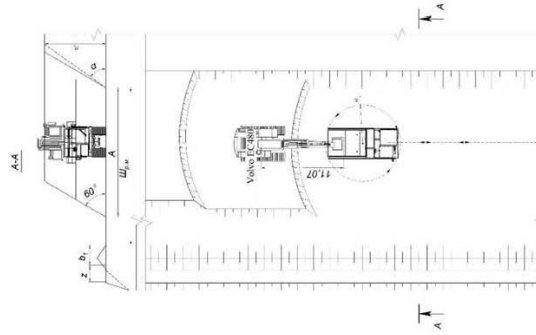


Рис. 2. Технологічна схема роботи гусеничного самоскиду з поворотною платформою біля вибою.

При використанні гусеничних автосамоскидів в обмежених умовах розкриття нових горизонтів можливе застосування технологічних схем, що зображені на рис. 3. Застосування гусеничних самоскидів, що не мають поворотної платформи передбачає маневрування в траншеї за допомогою ходової частини (рис. 3, а). Гусеничний автосамоскид спускається в траншею кабіною вперед, здійснює поворот за допомогою гусениць і встановлюється під навантаження у вибої. В деяких випадках можливе переміщення гусеничного самоскиду заднім ходом, якщо параметри траншеї занадто вузькі.

При застосуванні гусеничного самоскиду з повноповоротною платформою маневрування, як таке відсутнє. Машинна кабіною вперед переміщається в траншеї до вибою. Біля вибою відбувається поворот платформи на  $180^\circ$  і машина під'їжджає до екскаваторного вибою.

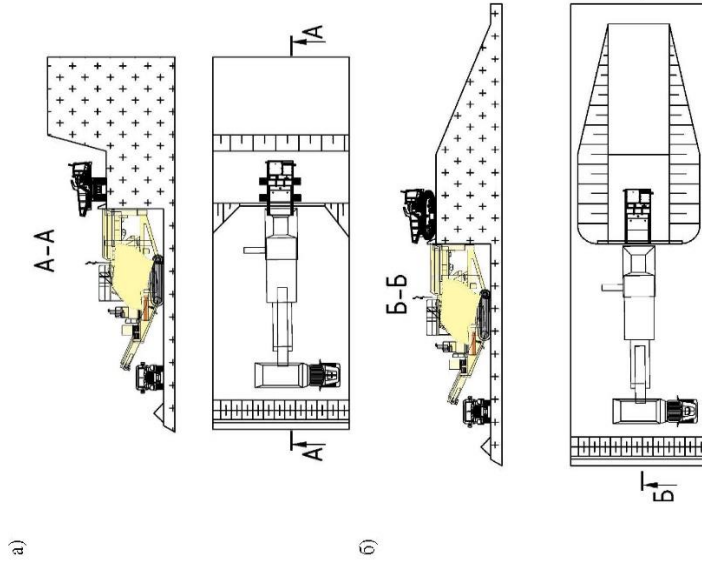


Рис. 4. Перевантаження гірничої маси з гусеничних самоскидів в колісні з попереднім дробленням

Пайлпліт ефективним з точки зору мінімізації руху та необхідних розмірів майданчику є розворот машини на місці двома гусеницями проти рухаються в протилежні напрямки майже на місці розвертається до вибою. Ширина майданчику для розвороту можна визначати двома радіусами. Перший радіус це радіус поєдзаний з габаритами самої машини ( $R_{г, м}$ ), а другий радіус це дотик гусеничної ходової частини із поверхнею ґрунту ( $R_{х}$ ). Перший радіус впливає на безпеку руху машини і її зітнення з укосом уступу, або іншими машинами. Другий радіус це радіус за яким відбувається рух на земній поверхні. Обидва радіуса важливі для технологічних схеми підїзду машин до мість завантаження і розвантаження.

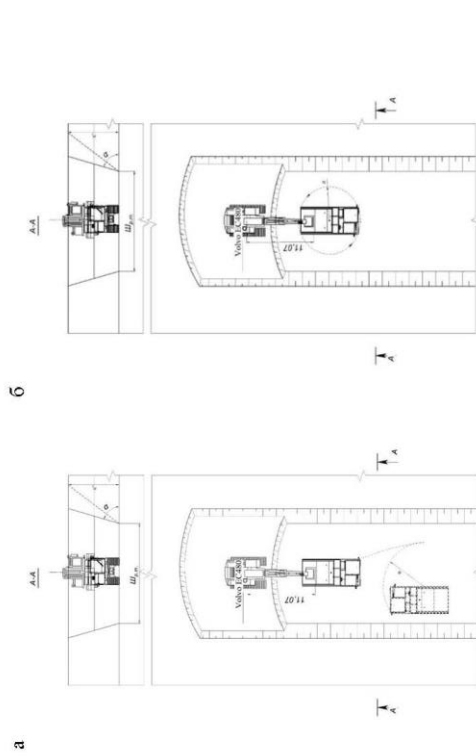


Рис. 3. Технологічна схема роботи гусеничного самоскиду при проведенні траншеї : а – з маневруванням ходової частини, б – з використанням повноповоротної платформи.

Ширина траншеї може бути обмежена габаритами екскаватора та радіусом його черпання, а також радіусом обертання платформи гусеничного автосамоскида.

Ширина робочого майданчику при формуванні траншеї з використанням гусеничного самоскиду визначається за формулою:

$$Ш_{гр} = C_{д} + R_{ат} + 2C, \text{ м}, \quad (2)$$

де,  $C_{д}$  - ширина додаткової смуги, м;

$R_{ат}$  - радіус розвороту гусеничного самоскиду (або поворотної платформи), м;  
 $C$  - безпечна відстань між автосамоскидом і нижньою брівкою, м.

Для реалізації можливостей гусеничних самоскидів їх потрібно застосовувати у комплексі з колісними автосамоскидами. Відповідно в межах виробленого простору необхідно створювати умови для перевантаження. Застосування мобільних дробарних установок первинного дроблення на гусеничному ході дозволяє отримати першу стадію дроблення в середній кар'єру і здійснити перевантаження з гусеничного транспорту на колісний (рис. 4).

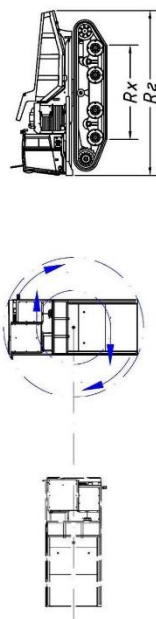


Рис. 5. Розворот на місці двома гусеницями що рухаються в протилежні напрями.

Ширина транспортної смуги при розвороті на місці має визначатися:

$$B_m \geq R_x, \text{ м} \quad (3)$$

де  $B_m$  – ширина транспортної смуги, м;  
 $R_x$  – радіус дошки ходової частини із поверхнею ґрунту, м.  
 Мінімальна ширина майданчику для розвороту гусеничного автосамоскиду

$$III_m \geq R_x, \text{ м} \quad (4)$$

де  $III_m$  – ширина майданчику для розвороту гусеничного самоскиду, м;  
 $R_x$  – габаритний радіус гусеничного самоскиду, м.  
 Можливий варіант розвороту гусеничного самоскиду це розворот на місці за рахунок руху однієї гусениці. Тобто, одна гусениця зупиняється, а інша рухає і переміщує праву або ліву сторону машини навкруги застопореної гусениці (рис. 6).

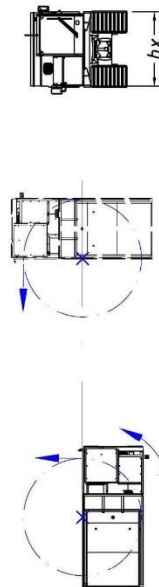


Рис. 6. Розворот на місці однією гусеницею

Ширина транспортної смуги при розвороті на місці однією гусеницею визначається:

$$B_m \geq 2b_x, \text{ м} \quad (5)$$

де  $B_m$  – ширина транспортної смуги, м;  
 $b_x$  – ширина гусеничної ходової частини, м.

Мінімальна ширина майданчику для розвороту гусеничного автосамоскиду на місці однією гусеницею буде залежати від радіусу який визначається точкою обертання машини застопореної гусениці до крайніх протилежних розмірів за діагоналлю машини (рис. 6 зовнішня стрілка обертання відносно центру).

Розворот з рухом вперед і одночасним поворотом на 90 градусів з наступним рухом назад можливий при достатніх розмірах робочого майданчику уступу (рис. 7). В цьому випадку мінімальна ширина майданчика обмежується радіусом що описує машина при повороті і як мінімум половиною довжини транспортного засобу.

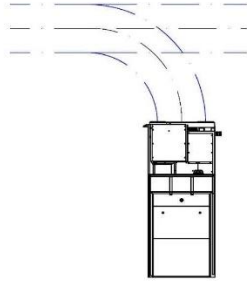


Рис. 7. Розворот з рухом вперед на 90 градусів і назад по прямій лінії

Мінімальна ширина майданчику для розвороту гусеничного автосамоскиду

$$III_m \geq \frac{l}{2} + R, \text{ м} \text{ при } R \geq R_x, \text{ м} \quad (6)$$

де  $III_m$  – ширина майданчику для розвороту гусеничного самоскиду, м;  
 $R$  – довільний середній (між ходовою частиною) радіус руху гусеничного самоскиду, м.  
 $l$  – габаритна довжина гусеничного самоскиду, м.

За способом переміщення наступний варіант дуже схожий з попереднім. Відемність є те, що коли машина рухається заднім ходом вона рухається не за лінійною траєкторією а таксе за радіусом що відзеркалює (рис. 8).

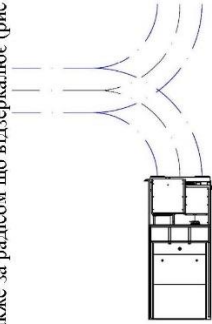


Рис. 8. Розворот з рухом вперед і назад з довільними радіусами

Мінімальна а ширина майданчику для розвороту гусеничного автосамоскиду за схемою на рис. 8 аналогічна попереднього визначення на рис. 7.

## 2.2. Визначення тривалості рейсу (циклу) гірничого транспорту від параметрів кар'єру.

Витрати часу на транспортування можна встановити по відомій формулі:

$$T_p = t_{\text{н}} + \frac{l}{V_n} + t_p + \frac{l}{V_p} + t_{\text{спн}} + t_{\text{спр}} \quad (7)$$

де  $t_{\text{н}}$  - час навантаження самоскида, хв;

$l$  - відстань транспортування, км;

$t_p$  - час розвантаження самоскида, хв;

$V_n, V_p$  - швидкість переміщення завантажених та порожніх самоскидів, км/год

$t_{\text{спн}}, t_{\text{спр}}$  - тривалість маневрів самоскидів при установці під навантаження і розвантаження.

Відстань транспортування складається з окремих складових траси і транспортування по траншеї, по тимчасовій дорозі в кар'єрі, по поверхні від траншеї до пункту розвантаження(ПР)

$$l = \sum_{\text{від 1}}^n l_j \quad (8)$$

де  $l_j$  - довжина  $j$ -тої ділянки траси, м;

$$l = l_T + \frac{100H}{1} K_T + l_n, \text{ м}^2, \quad (9)$$

де  $l_T$  - довжина транспортування в кар'єрі, м;

$H$  - глибина кар'єру, м;

$i$  - ухил траншеї, %;

$K_T$  - коефіцієнт розвитку траси

$l_n$  - довжина транспортування по поверхності, м

Як видно з графіку (рис. 11) відстань транспортування суттєво змінюється для різних моделей самоскидів, від 700м для гусеничних самоскидів до майже 2000 м для БелАЗ-7510.

Час навантаження самоскидів залежить від вагажності та ємності самоскидів, ємності ковпуги екскаватора та характеристики гірських порід. Його можна встановити по формулі:

$$t_{\text{н}} = t_{\text{ц}} * n_{\text{к}} + t_{\text{під}} \quad (10)$$

де,  $t_{\text{ц}}$  - час циклу екскаватора при навантаженні гірської маси в самоскид;

$n_{\text{к}}$  - кількість ковпуг екскаватора, які завантажують в кузов самоскида;

$t_{\text{під}}$  - час під'їзду і маневрів при установці під навантаження, хв

Технологічна схема руху що показана на рис. 9 за своїми характеристиками відповідає схемі на рис. 7 з різницею в тому що машина може здійснити переміщення на будь-який кут заднім ходом з попереднім розворотом на місці.

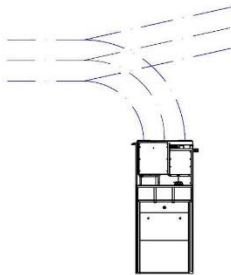


Рис. 9. Розворот з рухом вперед на 90 градусів і назад з зміною кута руху від 1 до 90 градусів

Ще одним різновидом траєкторії руху на робочому майданчику є комбінований. При такому переміщенні машина може здійснювати різні види маневрів і рухів в межах робочого майданчику. Наприклад, на рис. 6 зображено комбіновану траєкторію руху гусеничного самоскиду при якому спочатку машина здійснює поворот з довільним радіусом, потім застопорила ліву гусеницю і здійснила маневрування правою гусеницею що продовжує рух. Такий маневр дозволить оператору підвернути машину до необхідного положення. Після довороту машина починає рух назад до вибою екскаватора на робочому майданчику.

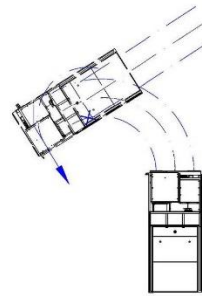


Рис. 10. Розворот гусеничного автосамоскиду із комбінованою траєкторією руху (поворот на 90 градусів з рухом вперед, поворот однією гусеницею та рух назад).

Таким чином, можливі різні варіанти траєкторії переміщення гусеничного самоскиду поблизу вибою. Основними технологічними обмежувачими параметрами є габарити машини в плані (довжина і ширина) і габарити ходової частини гусеничної машини що торкається ґрунту.

Тривалість завантаження самоскидів залежить від таких чинників, як фізико-механічні характеристики гірничих порід, пухкості порід, параметрів забою, типу екскаватора, місткості його ковша, організації робіт та інше.  
Тривалість завантаження можна встановити:

$$t_{п} = n_{к} t_{п1}, \tag{13}$$

де  $t_{п1}$  – тривалість циклу екскаватора, хв;  
 $n_{к}$  – кількість ковшей, які вміщуються в кузові, од;

$$n_{к} = \frac{Q_{с} + k_{р2}}{E_{с} K_{р2} \gamma}, \tag{14}$$

де  $Q_{с}$  – вантажність самоскиду, т;  
 $E_{с}$  – ємність ковша екскаватора, м<sup>3</sup>;  
 $K_{р2}$  – коефіцієнт розпушення гірської маси в ковші екскаватора;  
 $K_{п1}$  – коефіцієнт наповнення ковша екскаватора;  
 $\gamma$  – щільність гірських порід, 2,65 т/м<sup>3</sup>.

На рис. 12 наведені залежності транспортного циклу самоскидів від глибини кар'єра, при цьому слід мати на увазі, що ми при бажанні можемо підвищити ухил доріг для ШЗС до 35%, гусеничних до 45%, що може значно зменшити тривалість транспортного циклу.

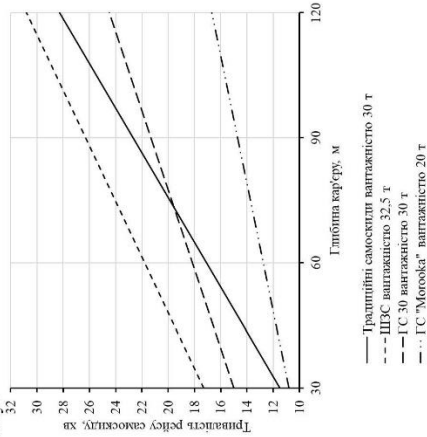


Рис. 12. Тривалість рейсу самоскидів в залежності від глибини нерудного кар'єру.

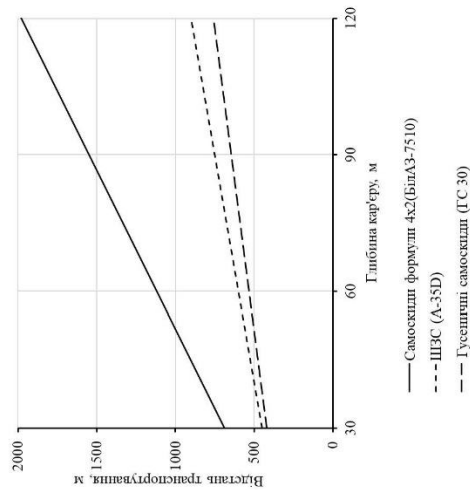


Рис. 11. Графік зміни довшини транспортування для самоскидів, що розгрітають в залежності від глибини кар'єру

Час під їзду, в першу чергу, буде залежати від відстані, де самоскид чекає на погрузку і конструкції самоскиду з колісною формулою 4х2 ШЗС або ГС. Слід мати на увазі, що 4х2 ШЗС повинні виконати маневри при постановці заднім рухом під навантаження і розвантаження і проїхати відстань від стоянки при очікуванні навантаження, а ГС тільки відстань від стоянки. Час на під їзд ШЗС можна визначити:

$$t_{пдШЗС} = \frac{R(0.5\pi+1)+2l_m}{v_m} + t_{пн}(n-1), \text{ хв}; \tag{11}$$

Час на під їзд ГС

$$t_{пдГС} = \frac{S_m + l_m}{v_m}, \text{ хв}, \tag{12}$$

де  $t_{пдШЗС}$  – час на під їзд під навантаження та розгрузки, хв;  
 $R$  – радіус розвороту самоскиду, м;  
 $l_m$  – довжина кузова машини, м;  
 $v_m$  – швидкість руху самоскидів при маневрах на навантаженні та розвантаженні майданчиків, м/хв;  
 $t_{пн}$  – час на перемикання передачі;  
 $n$  – кількість змін напрямів руху;  
 $S_m$  – безпечна відстань між самоскидами на майданчику, м.

Таблиця 1 – Підбір обладнання при використанні гусеничних самоскидів  
\_Модель обладнання

| Комп. №3                 | 0,6  | 1                       | 1,5              | 2                                   | 2,5              | 3                |
|--------------------------|--|-------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|------------------|
|                          | <b>Виробник, торгова марка екскаватору</b>           |                         |                  |                                     |                  |                  |
| Case                     | CX330  | CX 350                  | CX460            |                                     |                  |                  |
| CATERPILLAR              | 322C LN  | 325C                    | 330CL            | 345B fill                           |                  |                  |
| Doosan                   |  |                         |                  | DH40.1                              |                  |                  |
| Daewoo                   |  |                         |                  | Solar 420LC-V                       | Solar 470LC-V    | Solar 500LC-V    |
| KOMATSU                  | PC210LC-10M0   | PC270LC-8               | PC350LC-8M0      |                                     |                  |                  |
| LEBHERR                  | R 317 Litronic                                       | R 904 C Litronic        | R 914 B Litronic | R 924 B Litronic                    | R 934 B Litronic | R 944 B Litronic |
| ORENSTEIN & KOPPEL (O&K) |  |                         |                  | RH-12.5                             | RH-16            |                  |
| VOILVO                   |  |                         |                  | EC240B                              | EC290B           |                  |
|                          | <b>Виробник, торгова марка гусеничного самоскиду</b> |                         |                  |                                     |                  |                  |
|                          | Prinoh (Panther T112)                                |                         |                  |                                     |                  |                  |
|                          | Prinoh (Panther T14R)                                |                         |                  |                                     |                  |                  |
|                          | Morooka (MST-3000VDR)                                |                         |                  |                                     |                  |                  |
|                          | Morooka (MST-2200VDR)                                |                         |                  |                                     |                  |                  |
|                          | Komatsu (CD110R-1)                                   |                         |                  |                                     |                  |                  |
|                          | Bergmann (C912 KK)                                   |                         |                  |                                     |                  |                  |
|                          | PowerBully 9D  |                         |                  |                                     |                  |                  |
|                          | Prinoh (Panther T16R)                                |                         |                  |                                     |                  |                  |
|                          | Morooka MST 200 CR                                   |                         |                  |                                     |                  |                  |
|                          | Bergmann 4010 R                                      |                         |                  |                                     |                  |                  |
|                          | PowerBully T2D                                       |                         |                  |                                     |                  |                  |
|                          |  |                         |                  | Morooka MST3300VDR                  |                  |                  |
|                          |  |                         |                  | Morooka (MST-4000 VDR)              |                  |                  |
|                          |  |                         |                  | Mastentrock CT12                    |                  |                  |
|                          |  |                         |                  | Prinoh Panther T22R                 |                  |                  |
|                          |  |                         |                  | Wilhelm Handlck GmbH & Co (CH 3719) |                  |                  |
|                          |  |                         |                  | Raupentransporter                   |                  |                  |
|                          |  |                         |                  | ГЕСОМ УКРЕМ                         |                  |                  |
|                          |  |                         |                  | ТС-40 УКРЕМ                         |                  |                  |
| <b>Об'єм кузова</b>      | <b>Вантажність самоскиду, т</b>                      | <b>Кількість ковпів</b> |                  |                                     |                  |                  |
| 5                        | до 10  | 8,3                     | 5,0              | 3,3                                 | 2,5              |                  |
| 6,6                      | від 10 до 15   |                         | 6,6              | 4,4                                 | 3,3              | 2,6              |
| 9,5                      | від 15 до 20   |                         |                  | 6,3                                 | 4,8              | 3,8              |
| 11                       | від 20 і більше                                      |                         |                  | 7,3                                 | 5,5              | 4,4              |

### 3. Визначення видів навантажувального обладнання при роботі в комплексі з гусеничними самоскидами.

Під час формування механізованого комплексу з автосамоскида та екскаватора в багатьох джерелах вказано співвідношення між об'ємами ковша екскаватора та кузова автосамоскида 3-5 одиниць. При розрахунку використовують показники місткості ковша екскаватора і кузова автосамоскиду взятих з технічних характеристик.

Вибір автосамоскиду здійснюється також за умови навантаження на його колісні вісі, а відповідно треба врахувати вагу порід, що транспортуються в кузові автосамоскида. Кожий автосамоскид має вантажність і перевезення ваги може призводити з екстремного зносу транспортного засобу, а також виходу його з ладу. Отже, під час формування комплексу обладнання вибір автосамоскиду за технічними характеристиками здійснюється враховуючи дві умови: співвідношення кількості ковпів екскаватору у кузові автосамоскиду і значення вантажності автомобіля з урахуванням ваги породи.

Під час досліджень застосовано статистичні методи обробки результатів, теорію масового обслуговування під час планування продуктивності обладнання протягом зміни. Визначено, що значення норми виробки екскаватора прямо пропорційно ефективності використання місткості ковша останнього. Встановлена зміна норми виробки автосамоскидів від ефективності використання та місткості ковша екскаватора, що пов'язано з округленням розрахункової кількості ковпів до цілого значення.

На основі виконаних досліджень залежності продуктивності основного виробничого обладнання від різного компонентування циклічної технології відпрацювання порід розкриття можна зробити висновок про наявність відхилень розрахункової вантажності автосамоскидів від заявленої поставачальником.

Для порівняння роботи сучасного виїмально-навантажувального обладнання та гусеничних автосамоскидів розроблена таблиця 3.1, яка дозволяє здійснити вибір під екскаватор транспортного засобу.

В таблиці 3.1 в папіші наведено цифри що відповідають ковпу екскаватора. Нижче наведені виробничі гідравлическі екскаватори та типи машин відповідних типорозмірів. Кожна виїмально-навантажувальна машина покриває діапазон ковпів. Це пов'язано з тим, що в більш складних умовах з урахуванням зусиль на копання треба використовувати менший за розмірами ковп, а в умовах легкого виїмання (наприклад, піски) ковп може бути збільшений. В нижній частині таблиці наведено типорозміри гусеничних автосамоскидів які відповідають відповідному ковпу та типу екскаватора. Для порівняння в самому низу таблиці вказано кількість ковпів які можна розмістити в відповідному об'ємі кузова самоскида.

#### 4. Розрахунок економічної ефективності від запропонованої технологічної схеми та її параметрів

**Операційні витрати.** Операційні витрати включають витрати на паливо, технічне обслуговування, зарплату працівників та інші пов'язані витрати.

Гусеничні самоскиди, незважаючи на вищі витрати на паливо, часто є більш економічно ефективними в обмежених просторах, оскільки їх здатність працювати на складних ділянках дозволяє уникати необхідності постійно застосовувати інші транспортні засоби для виконання роботи на тих самих ділянках (колесні машини, конвеєр, залізничний транспорт).

Витрати на технічне обслуговування також є важливим аспектом, оскільки гусеничні самоскиди мають підвищену схильність до зносу через інтенсивну експлуатацію в складних умовах. Проте їхня здатність долати важкі ділянки, де інша техніка може бути неефективною або навіть неспроможною, забезпечує більш високий рівень продуктивності, що допомагає компенсувати ці витрати.

**Витрати на ремонт і обслуговування.** Технічне обслуговування та ремонт гусеничних самоскидів є необхідними етапами для забезпечення безперебійної роботи. Часто на обмежених територіях кар'єрів виникають додаткові труднощі з обслуговуванням техніки через обмежений доступ до самих машин, що підвищує витрати на утримання та ремонт.

Відповідно до наведеного вище визначено основні операційні витрати і їх вартість. Час роботи обладнання

$$T = \frac{Q}{H_6}, \text{ годин} \quad (15)$$

$Q$  – річна продуктивність з видобутку корисної копалини, м<sup>3</sup>;  
 $H_6$  – норма виробки відповідного обладнання, м<sup>3</sup>/годину.

Річний об'єм витрат матеріалів

$$N = T \cdot D, \text{ од.} \quad (16)$$

де  $D$  – витрати певного матеріалу за одиницю часу.  
 Вартість матеріалів

$$B = N \cdot C, \text{ грн} \quad (17)$$

де  $C$  – ціна одиниці матеріалу, грн/од.

При використанні дизельних машин (екскаватори, бульдозери, автосамоскиди, бурові верстати) загальні витрати на виконання процесів становлять

$$\sum B = N_{ам} \cdot C_{ам} + N_{сз} \cdot C_{сз} + N_{от} \cdot C_{от} + B_{зп}, \text{ грн} \quad (18)$$

17

де  $N_{ам}$ ,  $N_{сз}$ ,  $N_{от}$ ,  $N_{зп}$  – відповідно об'єми витрат оливи моторної, оливи гідролічної, змазки, дизельного палива, л  
 $C_{ам}$ ,  $C_{сз}$ ,  $C_{от}$ ,  $C_{зп}$  – відповідно вартість оливи моторної, оливи гідролічної, змазки, дизельного палива, грн/л.

$B_{зп}$  – вартість запасних частин, грн.  
 Витрати пов'язані з річною заробітною платою працівникам визначаємо за наступною залежністю:

$$З = n \cdot З_m \cdot 12 \quad (19)$$

де  $n$  – кількість працівників задіяних в процесі видобутку (окремо інженерно-технічні робітники та адміністрація і робочі), людей;

$З_m$  – заробітна плата на місяць, грн;

12 – відповідно кількість робочих місяців на рік.

Також враховуються відповідні нарахування на заробітну плату.

Капітальні витрати на придбання обладнання визначаються за формулою

$$K = \sum n_o \cdot B_o, \text{ грн} \quad (20)$$

де  $n_o$  – кількість відповідного обладнання (виріально-навантажувального, транспортно, бурильного, допоміжного) задіяного в процесі видобутку, од.;  
 $B_o$  – вартість (початкова або залишкова) одиниці обладнання на певний період, грн

Амортизаційні витрати встановлюються за залежністю

$$\sum A = \sum B_o \cdot N_a \quad (21)$$

де  $N_a$  – норма амортизації відповідного обладнання, %.

Собівартість по процесам видобутку корисної копалини визначаємо за формулою:

$$C = \sum \frac{B_n}{Q}, \text{ грн/м}^3 \quad (22)$$

$\sum B_n$  – загальні витрати на виконання процесу з видобутку корисної копалини, грн.

Найбільш ефективний варіант здійснення капітальних вкладень встановлюється на основі порівняльної ефективності, а за наявності великої кількості варіантів – понайменше наведених витрат.

$$З_{пр} = C_j + K_j \cdot R_{гпр} \rightarrow \min, \text{ або } З_{пр} = C_j \cdot T_H + K_j \rightarrow \min, \quad (23)$$

18

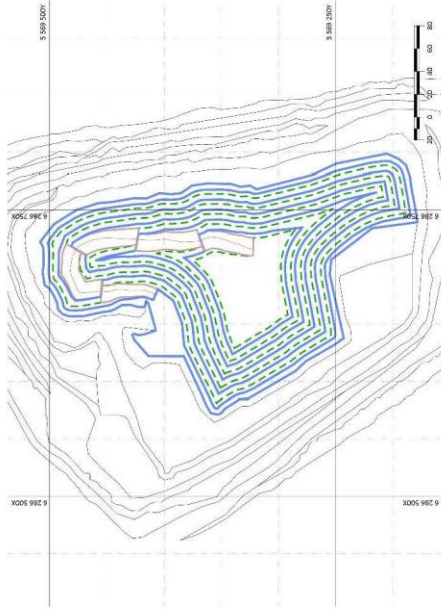


Рис. 13. Положення виробок при доопрацювання дна при з'їздах з ухилом 20%

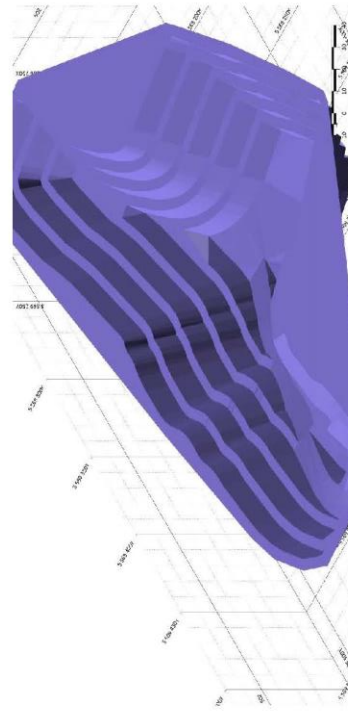


Рис. 14. Каркас моделі кар'єру вид на Пд-Сх при доопрацювання дна при з'їздах з ухилом 20%

При моделюванні доопрацювання кар'єру з різними ухилами з'їздів було отримано додаткові об'єми корисної копалини, що можуть бути вилучені з урахуванням заданої продуктивності Плисецького кар'єру (табл. 4.4). Вартість реалізації готового продукту на поточний час складає 1040 грн/м<sup>3</sup>.

де  $C_i$ ,  $K_i$  – собівартість і капітальні вкладення, що припадають одиницю продукції,  
 $R_{пр}$  – рентабельність підприємства, у частках одиниці;  
 $T_n$  – термін окупності,

$$T_n = \frac{1}{R_{пр}} \quad (24)$$

В умовах Плисецького кар'єру було здійснено розрахунок собівартості перевезення корисних копалин з урахуванням закладання ухилів (див. розділ 4.4). Під час розрахунку приймалися ухили 8%, 20%, 30%, 40%.

Таблиця 4.3

Собівартість перевезення корисної копалини (грн/м<sup>3</sup>)

| Собівартість застосування гусеничного самоскиду | Окремо     |        | комбінатія                 |                    |
|---|------------|--------|----------------------------|--------------------|
|   | гусеничний | Окремо | Гусеничний (на поглиблені) | копелений (1244 м) |
| Ухил 8% (1700м)                                 | 132,25     | 61     | 49,95                      | 52,64              |
| Ухил 20% (1517м)                                | 121,63     |        | 42,65                      | 52,64              |
| Ухил 30% (1499м)                                | 121,63     |        | 41,89                      | 52,64              |
| Ухил 40% (1465м)                                | 121,63     |        | 40,44                      | 52,64              |
|   |            |        |                            | різном             |
|   |            |        |                            | 102,59             |
|   |            |        |                            | 95,29              |
|   |            |        |                            | 94,53              |
|   |            |        |                            | 93,08              |

8% відповідає ухилам, що використовують при колісному транспорті. При застосуванні гусеничних самоскидів моделювалися ухили 20%, 30%, 40%.

Для Плисецького родовища розглянемо можливі схеми доопрацювання запасів корисної копалини нижче дна кар'єра при використанні гусеничних самоскидів. Сформовано моделі формування виробленого простору Плисецького кар'єру зі з'їздами, що мають ухил 10%, 20%, 30%, 40% (рис. 13-14).

Таблиця 4.4  
Додаткові об'єми при моделюванні відпрацювання корисної копалини в кар'єрі за роками

| Ухил | Об'єми, м3 |        |       | Разом  |
|------|------------|--------|-------|--------|
|      | 1 рік      | 2рік   | 3рік  |        |
| 8%   | 450000     | 259619 |       | 709619 |
| 20%  | 450000     | 450000 | 19974 | 919974 |
| 30%  | 450000     | 450000 | 31751 | 931751 |
| 40%  | 450000     | 450000 | 46134 | 946134 |

Чистий дисконтований дохід при відпрацюванні додаткових об'ємів із з'їздами 8% наведено на рис. 15. При моделюванні доопрцювання додаткових об'ємів корисної копалини в умовах Плиського родовища враховувалось, що підприємство є діючим і основні капітальні витрати лягають на придбання гусеничних самоскидів, що переміщують корисну копалину з нижнього горизонту на відстань від 100 до 200 м. Застосування ухилів 30% та 40% на даному родовищі будуть не доцільні. Це пов'язано з тим, що відстань транспортування майже сильно не змінюється. Тому визначення чистого дисконтованого доходу при використанні комбінованого колісного та гусеничного транспорту було здійснено для ухилів 20% (рис. 16).

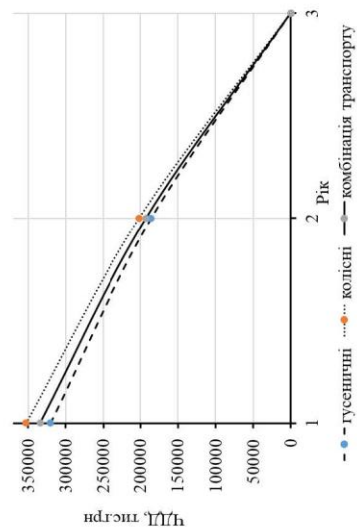


Рис. 15. Графік ЧДД при відпрацюванні додаткових об'ємів із з'їздами 8%

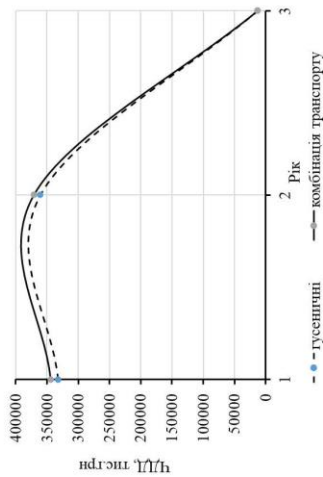


Рис. 16. Графік ЧДД при відпрацюванні додаткових об'ємів із з'їздами 20%.

## 5. Висновки

Для визначення технологічної схеми і можливостей застосування гусеничних самоскидів в умовах розробки кар'єрів з обмеженими просторовими параметрами запропоновано схему вибору транспортного обладнання (рис. 17).

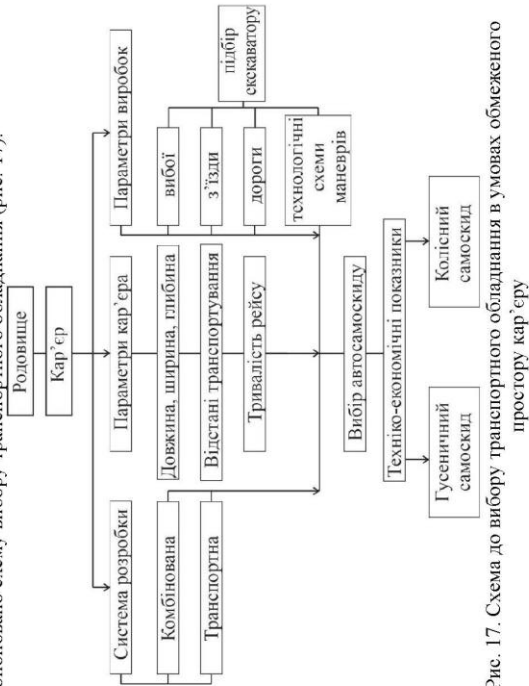


Рис. 17. Схема добору транспортного обладнання в умовах обмеженого простору кар'єру

Застосування схеми вибору відбувається з урахуванням типу родючості та ґришко-геологічних умов, системи розробки на кар'єрі і його параметрів, а також параметрів виробок (вибоїв, з'їздів, доріг, технологічних схем маневрів транспортних засобів). Вибір ґусеничного самоскиду залежить від робочих параметрів виїмально-навантажувального обладнання.

Під час вибору враховуються такі параметри кар'єру як: довжина, ширина, глибина, що впливають на відстані транспортування, тривалість рейсу і відповідно продуктивність транспортних засобів.

Вибір колісного або ґусеничного автосамоскиду відбувається на основі техніко-економічних розрахунків. Комбінація цих транспортних засобів дозволяє додатково вилучити корисну копалину особливо в умовах обмеженого простору.

Виконані дослідження дозволили стверджувати, при моделюванні доопрацювання кар'єрного простору Плисецького родовища було отримано дані параметрів кар'єрного поля, а саме: кількість уступів, що можна відпрацювати нижче поточного дня, глибина відпрацювання нижче дня кар'єру, ширина та довжина дня кар'єру, площа дня щеля моделювання, додаткові об'єми ґришкої маси при доопрацюванні кар'єрів з використанням ґусеничних машин. З урахуванням виймання додаткових об'ємів застосування ухилив 8% роботи будуть вестися тільки 2 роки, що дозволяє отримати чистий дисконтований дохід, який зменшується з 334077 тис. грн до 0. У той же час, при будівництві з'їздів з ухилом 20% строк існування підприємства становить 3 роки. Додаткові об'єми корисної копалини, що видобувають при формуванні крутих з'їздів дозволяють отримати підвищений ЧДД на другий рік у сумі 371169 тис. грн.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор

ТОВ «ПЛИСЕЦЬКИЙ  
ГРАНІТНИЙ КАР'ЄР»

М.І. Нестеренко

«16» травня 2025 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів кваліфікаційної роботи на здобуття наукового ступеня доктора філософії аспірантки Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», Давіденко Наталії Дмитрівни

Дійсним актом підтверджується, що результати кваліфікаційної роботи Н.Д. Давіденко, представлені у вигляді **«Обґрунтування технологічних параметрів і схем застосування гусеничних самоскидів на кар'єрах»** впроваджені ТОВ «ПЛИСЕЦЬКИЙ ГРАНІТНИЙ КАР'ЄР».

1. Вид впроваджених результатів «Рекомендації обґрунтування технологічних параметрів і схем застосування гусеничних самоскидів при відпрацюванні покладів корисної копалини»

2. Характеристика масштабу впровадження одиничне  
(унікальне, одиничне, партія, серійне)

3. Форма впровадження: Методика (метод) Рекомендації

4. Новизна результатів науково-дослідницьких робіт принципово нове  
(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікації, модернізація старих розробок)

5. Дослідно-промислова перевірка \_\_\_\_\_  
(вказати номер і дату актів випробування, найменування підприємства, період)

6. Впроваджені:  
– в промислове виробництво гірничотранспортне виробництво  
(ділянка, цех(пеха), процес)

– в проектні роботи \_\_\_\_\_  
(впровадження в проект)

7. Річний економічний ефект:  
очікуємий підвищений ЧДД на другий рік у сумі 371169 тис. грн  
(від впровадження в проект)

фактичний \_\_\_\_\_ тис. грн

8. Соціальний і науково-технічний ефект: Підвищення ефективності гірничих робіт на кар'єрах з видобутку нерудних матеріалів за рахунок вибору раціональних схем роботи гусеничних самоскидів та їх параметрів

## Від виконавців:

Керівник робіт, д.т.н., проф.

О.О. Анісімов

Аспірантка кафедри ВГР

Н.Д. Давіденко

## Від підприємства:

Заступник директора

ТОВ «ПЛИСЕЦЬКИЙ ГРАНІТНИЙ  
КАР'ЄР»С.О. Місько

**Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:**

*Статті у наукових виданнях, що індексовані у наукометричних базах даних Scopus:*

1. Davidenko, N. (2025). The impact of constructive features of dump trucks on quarry parameters. *Earth and Environmental Science*, 1481 (2025) 012010. CEUMR-2024. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1481/1/012010/pdf>

*Статті у наукових фахових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України:*

2. Анісімов, О. О., Гриценко, Л. С., Давіденко, Н. Д., Черняєва, О. В., & Сидоренко, І. К. (2023). Фактори, що впливають на продуктивність екскаваторно-автомобільних комплексів. *Технічна інженерія*, 1(91), 262–270. [https://doi.org/10.26642/ten-2023-1\(91\)-262-270](https://doi.org/10.26642/ten-2023-1(91)-262-270).

*Здобувачка отримала залежності норм виробки автосамоскидів від міскості ковша екскаватора при використанні гусеничних та колісних самоскидів.*

3. Давіденко, Н.Д., Анісімов, О.О. (2024). Дослідження зміни довжини транспортування гірничої маси при поглибленні кар'єру з застосуванням крутопохилих траншей. *Збірник наукових праць НГУ*, 76, 42-50. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/76.042>

*Здобувачкою встановлено коефіцієнти розвитку траси в залежності від параметру нахилу з'їздів та при найбільш поширених висотах уступів в прийнятих межах глибини нерудних кар'єрів.*

4. Давіденко, Н.Д., Анісімов, О.О., Саїк, П.Б., Демидов, М.С. (2024). До питання технології розробки породних відвалів вугільних шахт. *Збірник наукових праць НГУ*, 79 (2), 15-25. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/79.015>

*Здобувачкою розроблено та запропоновано технологічну схему розробки породного відвалу з використанням гусеничного самоскиду в складних умовах.*

5. Давіденко, Н.Д., Анісімов, О.О. (2025). Схеми розкриття нових горизонтів і формування крутонахилених з'їздів при використанні гусеничних самоскидів.

*Збірник наукових праць НГУ, 80, 28-39. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/80.028>*

*Здобувачка промодельовала гірничі виробки та дослідила вплив ухилу з'їзду на довжину виробки при використанні гусеничних автосамоскидів та зробила основні висновки за проведеними дослідженнями.*

6. Davydenko, N.D., Anisimov, O.O. (2025). The feasibility of introducing articulated and tracked dump trucks at non-metallic quarries. *Geo-Technical Mechanics, Dnipro, 173*, 101-111. <https://doi.org/10.15407/geotm2025.173.101>

*Здобувачка здійснила порівняння відстаней транспортування та встановила тривалість рейсу при застосуванні різних видів транспортних засобів (колісних та гусеничних самоскидів) з наступним визначенням продуктивності транспортних засобів.*

*Матеріали наукових конференцій:*

7. Чебанов, М.О., Давіденко, Н.Д. (2022). Перспективи застосування гусеничних автосамоскидів при відкритому видобутку корисних копалин. XI конференція «Перспектива розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів». Державний університет «Житомирська політехніка». <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/05/109.pdf> (участь заочно)

*Здобувачка обґрунтувала перспективне застосування гусеничних автосамоскидів і їх можливості при відпрацюванні кар'єрів.*

8. Давіденко, Н.Д. (2023). Відпрацювання нерудних кар'єрів з використанням гусеничних самоскидів. *Молодь: наука та інновації: матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 22–24 листопада 2023 року: у 2-х т. (2, с. 373-374)*. Дніпро: Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». <https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/molod-nauka-ta-innovatsii-2023/molod-2023-vol2.pdf> (виступ)

9. Давіденко, Н.Д. (2025). Оцінка впливу застосування гусеничних самоскидів на параметри кар'єру. *XV міжнародна науково-технічна конференція «Наукова весна»*. (507). Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». [https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/naukova-vesna-2025/Scientific\\_Spring\\_2025.pdf](https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/naukova-vesna-2025/Scientific_Spring_2025.pdf) (виступ).