

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Ковалевич Людмила Анатоліївна



УДК 622.2:629.3

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ЩЕБЕНЕВИХ КАР'ЄРІВ**

Спеціальність 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Житомир – 2023

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка» Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Коробійчук Валентин Вацлавович,
Державний університет «Житомирська політехніка»
Міністерства освіти і науки України (м. Житомир),
професор кафедри гірничих технологій та будівництва
ім. проф. Бакка М.Т.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Темченко Олександр Анатолійович,
Державний університет економіки і технологій,
Міністерства освіти і науки України, професор кафедри
економіки та цифрового бізнесу

доктор технічних наук, професор
Ложніков Олексій Володимирович,
Національний технічний університет «Дніпровська
політехніка» Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри відкритих гірничих робіт

Захист відбудеться 29 серпня 2023 року о 13.00 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 14.052.04 у Державному університеті «Житомирська політехніка» за адресою: 10005, Україна, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103, конференц зала.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Державного університету «Житомирська політехніка» за адресою: 10005, Україна, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103.

Автореферат розісланий «21» липня 2023 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради,
к.т.н., доц.



В. О. Шлапак

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Найпоширенішим видом технологічного транспорту на родовищах, які розробляються відкритим способом, є автотранспорт. У світі спостерігаються тенденції розвитку кар'єрного транспорту, що полягають у підвищенні загальної вантажопідйомності автосамоскидів, водночас скорочується їх загальна кількість.

Затрати на переміщення корисних копалин становлять 60-70 % від загальних затрат на гірничі роботи, зокрема затрати на експлуатацію автотранспорту становлять 30 %.

В організації експлуатації технологічного автотранспорту на кар'єрах існують порушення технологічного режиму (швидкість руху, повнота навантаження автосамоскида, недозаправка палива, зміна запроєктованого маршруту, порушення термінів технічного обслуговування), що призводить до зростання затрат і пониження технологічної продуктивності автосамоскидів. Нині в щебених кар'єрах працює парк застарілих автосамоскидів БелАЗ, які постійно виходять з ладу в процесі роботи. Оскільки країна-виробник цих автосамоскидів Білорусь є агресором, виникають труднощі в підтримці у робочому стані парку технологічного транспорту на кар'єрах. Досі залишаються маловивченими оптимальні значення параметрів роботи технологічного транспорту, дотримання яких в умовах невеликих кар'єрів, глибиною до 100 м дозволить подовжити його строк роботи.

Тому обґрунтування параметрів роботи технологічного автотранспорту в умовах щебених кар'єрів є *актуальною науковою і практичною задачею*.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася на кафедрі гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка» у рамках науково-дослідної теми "Наукові дослідження з оцінки впливу на довкілля планової діяльності в районі Судилківського родовища гранодіоритів у Шепетівському районі Хмельницької області", державний реєстраційний номер: 0119U101934 (2019-2020 рр.). Автор був виконавцем робіт під час проведення досліджень у зазначеній науково-дослідній темі.

Мета роботи полягає в удосконаленні наявних технологій шляхом обґрунтування параметрів роботи технологічного транспорту на щебених кар'єрах, що дозволить зменшити собівартість транспортування гірничої маси, кількість відмов конструктивних вузлів автотранспорту, витрату палива.

Для досягнення сформульованої мети в дисертаційній роботі поставлені та вирішені такі задачі:

- провести аналіз сучасного стану досліджень й перспектив розвитку технології транспортування гірничої маси в кар'єрах;
- оцінити вплив повздовжнього ухилу капітальних траншей на рознесення бортів кар'єрів;
- отримати статистику несправностей автосамоскидів БелАЗ 548. Встановити ймовірність відмови двигуна ЯМЗ-240 Н самоскида від значення середнього ухилу дороги;

- встановити вплив повздовжнього ухилу траси та капітальної траншеї на швидкість руху БелАЗ 548;
- встановити залежності витрат паливно-мастильних матеріалів від величини повздовжнього ухилу кар'єрних автошляхів та гірничо-експлуатаційних умов використання кар'єрного транспорту на Омелянівському родовищі гранітів.

Об'єкт дослідження – процес транспортування гірничої маси в умовах щебених кар'єрів.

Предмет дослідження – параметри роботи технологічного кар'єрного автотранспорту в умовах щебених кар'єрів.

Методи досліджень. У даній науковій роботі використано такий комплекс сучасних наукових методів досліджень: математичний апарат теорії планування дослідів; методи теорії ймовірності; графоаналітичний та числовий аналіз; статистичне опрацювання результатів із використанням засобів обчислювальної техніки; гірничо-геометричний аналіз. *Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджуються* коректністю поставлених завдань, застосуванням основних положень та практики відкритих гірничих робіт, високою збіжністю результатів теоретичних й експериментальних досліджень із фактичними параметрами технологій на діючих кар'єрах, що становить 90 % і підтверджуються актами впровадження розроблених методичних положень і рекомендацій до роботи ТДВ "Березівський кар'єр" та ТОВ «Омелянівський кар'єр».

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше:

- отримано залежності, які описують вплив повздовжнього ухилу траси на швидкість руху автосамоскидів, що дозволяє обґрунтувати параметри роботи технологічного автотранспорту на щебених кар'єрах глибиною до 100 м;
- отримано рівняння, які описують залежність ймовірності відмови двигуна ЯМЗ-240 Н самоскидів від значення середнього ухилу дороги, що дозволить керувати відмовами двигунів автотранспорту за допомогою оптимального вибору ухилу доріг та зменшить витрати часу на ремонт автосамоскидів;
- отримано залежність питомої вартості транспортування 1 т гірської маси від повздовжнього ухилу капітальної траншеї в умовах ТОВ «Омелянівський кар'єр», що дозволить покращити техніко-економічні показники роботи щебених кар'єрів, як діючих, так і новостворених.

Практичне значення отриманих результатів роботи. В ході проведення досліджень отримано результати, що мають практичне значення:

- Отримано статистичні дані розподілу часу за операціями циклу роботи автосамоскида БелАЗ 548 в умовах ТОВ «Омелянівський кар'єр».
- Проведено порівняння витрат паливно-мастильних матеріалів для двигунів ЯМЗ-240 Н та Cat 3406, які встановлюються на БелАЗ 548.
- Побудовано функціональний зв'язок між циклом роботи та кількістю спожитого палива за цикл.

- Проведено розрахунок втрат корисних копалин в межах кар'єру залежно від ухилу капітальної траншеї.
- Отримано кореляцію між ймовірністю відмови двигуна та відстані транспортування гірської маси.
- Розроблена методика розрахунку параметра відмови $\lambda(t)$ самоскидів БелАЗ-548 від терміну служби.
- Практичні результати досліджень реалізовані в технологічних процесах ТДВ "Березівський кар'єр" та ТОВ «Омелянівський кар'єр» з сумарним очікуваним економічним ефектом 802 тис грн на рік. Основні результати досліджень реалізовані в навчальному процесі Державного університету «Житомирська політехніка».

Особистий внесок автора у наукові праці, опубліковані у співавторстві:

[1] – запропоновано методику визначення витрати палива автосамоскидами в умовах Омелянівського кар'єру; [2] – проведено статистичну обробку отриманих результатів; [3] – обґрунтовано методику проведення дослідження та здійснено натурні дослідження; [4] – проведено математичні обрахунки розташування проміжних майданчиків; [5] – здійснено практичні виміри на кар'єрі та представлено їх розрахунки; [6] – отримано експериментальні дані та проведено їх статистичну обробку; [7] – запропоновано методику оптимізації селективного видобування мергелю; [8] – досліджено та проаналізовано інформаційні джерела за темою роботи; [9] – проведено аналіз інформаційних джерел, визначено напрями поліпшення конструкції кузова кар'єрних автосамоскидів.

Апробація результатів дисертаційних досліджень. Основні положення дисертаційної роботи та її результати обговорювалися на науково-технічних конференціях, семінарах та нарадах, а саме: Всеукраїнській науково-практичній online конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвяченої Дню науки (Житомир, 2021 р.), VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів" (2021 р.).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 9 наукових працях, з них 6 у фахових виданнях, з яких 5 публікацій – у збірниках наукових праць, що включені до переліку міжнародних науково-метричних баз даних та 1 публікація – у закордонних збірниках наукових праць (включена до переліку міжнародної науково-метричної бази даних Scopus), 3 – у збірниках матеріалів національних і міжнародних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 129 сторінках машинописного тексту, складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних інформаційних джерел з 91 найменування, 4 додатків на 5 сторінках, містить 27 рисунків, 19 таблиць. Загальний обсяг роботи становить 134 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність тематики дослідження та показано зв'язок із науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету та основні задачі дослідження, висвітлено наукову новизну і практичну цінність результатів.

У першому розділі, відповідно до першого завдання досліджень, виконано аналіз сучасного стану теорії та практики, наведено останні досягнення в галузі роботи технологічного автотранспорту на кар'єрах, тенденції удосконалення кар'єрних автосамоскидів для роботи в стиснених умовах.

Проведено аналіз сучасного стану досліджень й перспектив розвитку технології транспортування автомобільним транспортом на основі аналізу напрацювань таких вчених: Р. Barbosa, D. Boroyevich, G. Leen, J.A. Flinn, H.K. Sacks, А.Ю. Дриженко, М.Я. Біліченко, Б.Ю. Собко, Г.Д. Пчолкіна та інших.

Аналіз підходів до технології розробки родовищ корисних копалин дозволив виділити такі основні напрями досліджень:

- 1) розробка методологічних основ вибору, вимірювання та класифікації чинників, що впливають на технологію транспортування гірської маси;
- 2) дослідження впливу довжини тимчасової частини автодороги на продуктивність великовантажних автосамоскидів;
- 3) обґрунтування ухилу капітальних траншей.

За результатами аналізу інформаційних джерел встановлено, що приводи змінного струму забезпечують більш надійну роботу, ніж приводи постійного струму, особливо коли автомобільний транспорт перевантажений. Також встановлено, що зі збільшенням транспортної відстані структура споживання палива різко змінюється відповідно до споживання палива під час очікування, завантаження та розвантаження. Проаналізовано статистичні дані про споживання палива.

Аналіз інформаційних джерел також дозволив отримати результати (рис. 1), які базуються на комплексному імітаційному та техніко-економічному моделюванні. Це дає можливість при обмеженому наборі вихідних даних отримати узагальнені техніко-економічні показники, що відображають реальні взаємозв'язки та закономірності технологічних процесів.

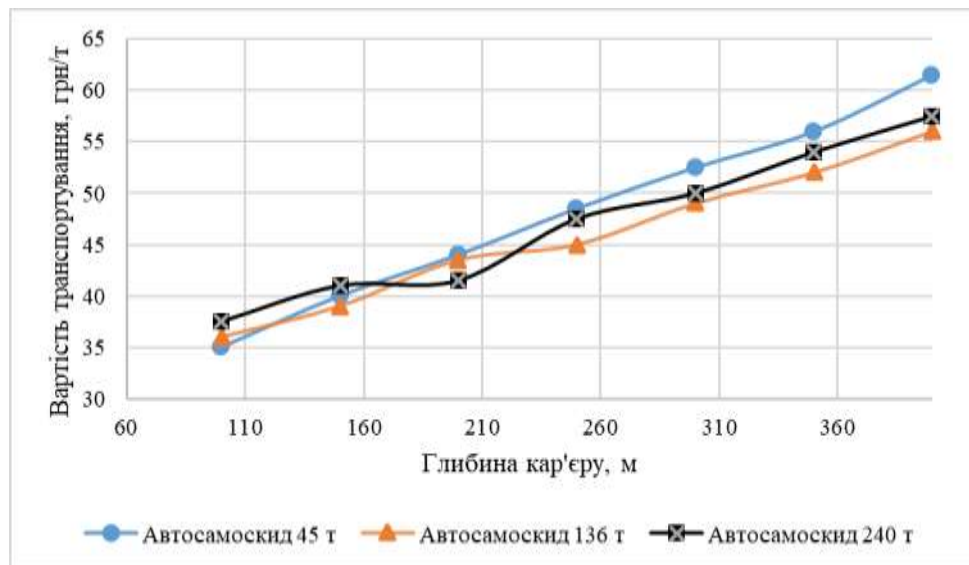


Рис. 1. Прогноз зміни собівартості транспортування гірничої маси автомобільним транспортом зі зростанням висоти підйому на основі комп'ютерного моделювання (при різній вантажопідйомності автосамоскидів)

На основі проведеного аналізу сучасних досягнень науки й практики відкритої розробки щебених кар'єрів сформульовані наведені вище мета й основні завдання дослідження.

У другому розділі проведено дослідження та аналіз динаміки споживання паливно-мастильних матеріалів самоскидами на ТОВ «Омелянівський кар'єр». Наведено дослідження витрати палива автосамоскидами в умовах ТОВ «Омелянівський кар'єр». Оцінено вплив повздовжнього ухилу автошляхів на рознесення бортів кар'єру.

Також було проведено ряд досліджень з вимірювань витрати палива автосамоскидів БелАЗ 548. Проаналізовано низку звітів, досліджено миттєву витрату палива та було встановлено, що для умов ТОВ «Омелянівський кар'єр» потреби палива і мастил варіюються від пори року (рис. 2).

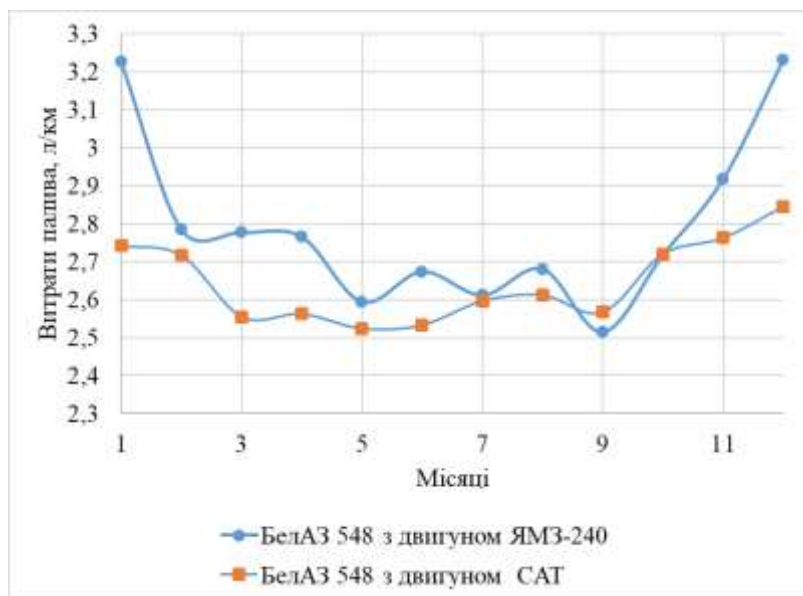


Рис. 2. Витрати паливно-мастильних матеріалів на родовищі самоскидами залежно від пори року

Одним із напрямів удосконалення кар'єрних автосамоскидів є заміна двигунів внутрішнього згорання на більш економічні. Для цього було замінено двигуни ЯМЗ-240 Н на двигуни фірми CAT.

Аналіз витрат дизельного палива протягом року показує, що в зимовий період спостерігається зростання палива на 10,6 % у автосамоскидів БелАЗ 548 з двигунами ЯМЗ-240 Н.

На відміну від цього, у автосамоскидів БелАЗ 548 з двигунами Cat 3406 взимку спостерігається збільшення витрати палива лише на 6,7 %. У цілому при заміні двигунів ЯМЗ-240 Н на Cat 3406 в БелАЗ 548 спостерігаються скорочення витрат палива на 5,4 %.

Також визначалися норми витрати палива для різних режимів роботи вантажівок. У дослідженні застосовано часткову регресію найменших квадратів та авторегресивну інтегральну ковзну середню для прогнозування споживання палива на основі циклічної роботи автомобілей.

Кожен із компонентів циклу пов'язаний із певною часткою загального витраченого палива за один повний цикл навантаження. Тому функціональна

залежність між компонентами циклу як незалежних змінних та кількістю споживаного палива за цикл як залежної змінної визначає частку кожного компонента у загальній витраті палива автомобіля. Хоча виробники вантажних автомобілів пропонують приблизні оцінки витрат палива для різних моделей та розмірів вантажівок, існують невизначеності щодо фактичних показників споживання палива, які обумовлені специфічними умовами різних майданчиків. Специфічні умови (якість доріг, ухил траси тощо) призводять до значних відхилень у фактичному споживанні палива щодо оцінок виробника. Результат прогнозування витрати палива за 100 циклів ілюструється на рис. 3.

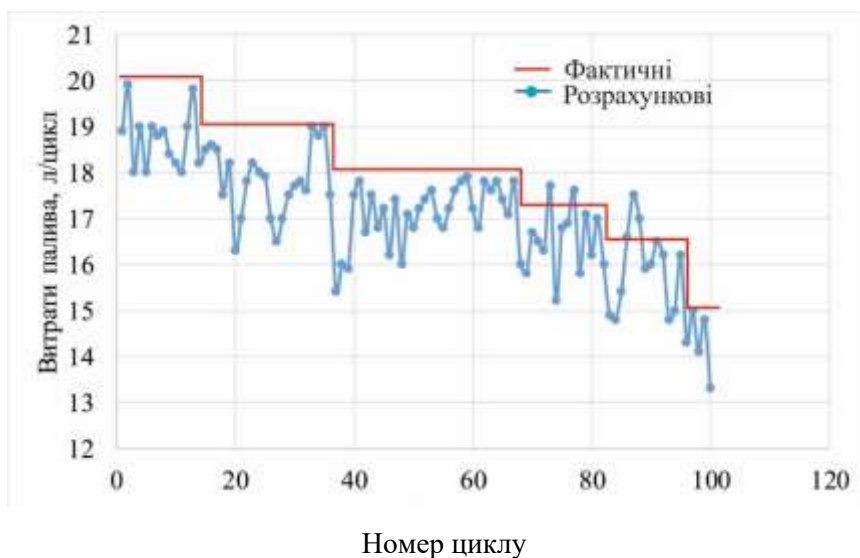


Рис. 3. Фактичні та прогнозовані витрати палива за 100 циклів

Модель регресії наведена у рівнянні (1). Коефіцієнти змінних часу у рівнянні (1) дорівнюють витраті палива в різних режимах роботи в літрах/цикл:

$$\begin{aligned}
 \Pi = & 1,37071 + 0,00483V + 0,00399t_{\text{зав}} + 0,0048t_{\text{пор.пр}} + 0,01472t_{\text{пор.рух}} + \\
 & 0,00378t_{\text{зав.пр}} + 0,0420t_{\text{зав.рух}}, \text{ л/цикл,} \quad (1)
 \end{aligned}$$

де Π – витрата палива (літри за цикл); V – корисний вантаж (тони); $t_{\text{зав}}$ – час завантаження (с); $t_{\text{пор.пр}}$ – час простою порожньої машини (с); $t_{\text{пор.рух}}$ – час руху порожнього самоскида (с); $t_{\text{зав.пр}}$ – час простою завантаженого автосамоскида (с); $t_{\text{зав.рух}}$ – час руху завантаженого автосамоскида (с).

На підставі отриманих даних встановлено, що під час застосування автосамоскидів БелАЗ-548 у кар'єрі глибиною 100 м за рахунок збільшення ухилу спірального з'їзду від 60 до 90 %, кут погашення борту ТОВ «Омелянівський кар'єр» підвищується з 43° до 46° (рис. 4), водночас спрощується схема транспортних комунікацій та зменшуються втрати корисної копалини на 356774 м^3 .

Для Жеревського родовища (рис. 5) за рахунок збільшення ухилу спірального з'їзду від 60 до 90 % кут погашення борту кар'єру підвищується з 45° до 49° , а схема транспортних комунікацій та зменшуються втрати корисної копалини спрощується на $292042,7 \text{ м}^3$.

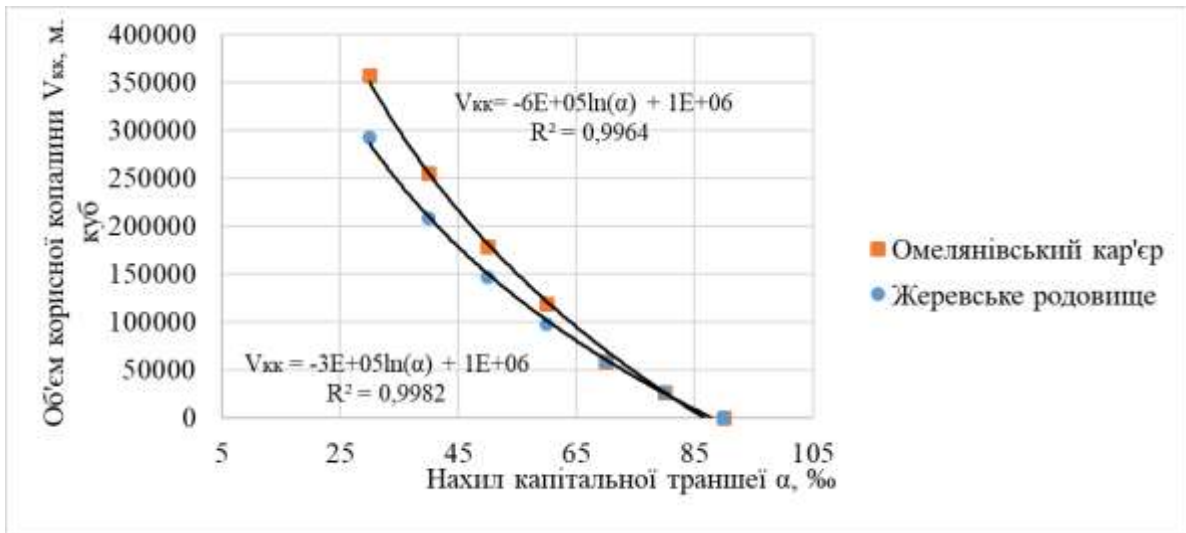


Рис. 4. Залежність втрат корисної копалини в межах кар'єру від ухилу капітальної траншеї

Розміри кар'єрного поля мають вплив на розміщення капітальних траншей у просторі. Так, за невеликих розмірів кар'єрного поля спостерігається утворення декількох витків траси, що збільшує втрати корисної копалини. На більшості кар'єрів, які мають глибину біля 100 м, капітальні траншеї мають не більше одного витка, незалежно від ухилу капітальної траншеї.

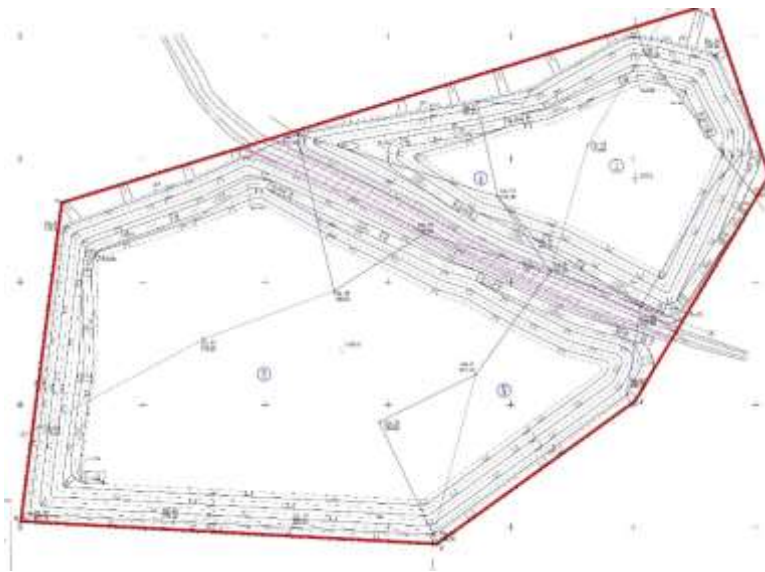


Рис. 5. План кар'єру на кінець відпрацювання Жеревського родовища граніт-порфірів

Разом зі зменшенням повздовжнього ухилу капітальної траншеї збільшується час проведення капітальних робіт (рис. 6).

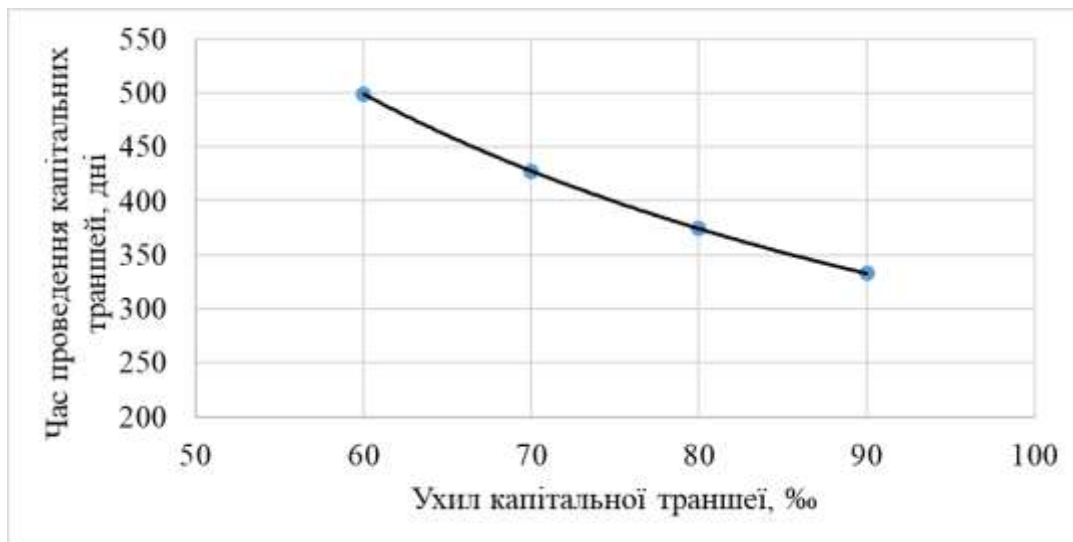


Рис. 6. Залежність часу проведення капітальної траншеї на ТОВ «Омелянівський кар'єр» від ухилу капітальної траншеї

Таким чином, важливим шляхом продовження строку служби технологічного транспорту є заміна двигунів ЯМЗ-240 Н на Cat 3406. Це зменшить кількість поломок та витрату палива.

Досліджено особливості планування кар'єрного поля щебених кар'єрів, їх вплив на втрати корисних копалин. Зі збільшенням ухилу капітальних траншей зменшуються втрати корисної копалини в межах кар'єру та час проведення капітальних траншей. Ці особливості також впливають на параметри роботи технологічного транспорту

У **третьому розділі** проведено дослідження надійності роботи парку автосамоскидів в умовах ТОВ «Омелянівський кар'єр», також досліджено несправності двигунів самоскидів. Встановлено вплив ухилу капітальних траншей на працездатність автосамоскидів та їх вплив на роботу технологічного автотранспорту загалом.

Було опрацьовано статистичні дані розподілу часу за операціями циклу роботи автосамоскида БелАЗ 548 в умовах ТОВ «Омелянівський кар'єр». Було встановлено, що значний час циклу роботи автосамоскида витрачається на простій порожньої машини. На це впливає два чинники: відсутність автоматизованої системи керування рухом автотранспорту та значна кількість негабаритних шматків у розвалі гірської породи (10–15 %). Для ТОВ «Омелянівський кар'єр» залежність продуктивності автосамоскида БелАЗ 548 від відстані транспортування має лінійний характер (рис. 7).

У зв'язку з тривалою експлуатацією автосамоскидів на ТОВ «Омелянівський кар'єр» час, який затрачається на ремонт БелАЗів, становить 18...25 % від календарного фонду часу. Існуюча система технічного обслуговування та ремонту кар'єрних вантажівок характеризується тим, що із 8760...8784 годин річного календарного фонду продуктивний час становить у середньому 2500...3600 годин. На 1 годину продуктивної роботи самоскидів припадає час простою та ремонту у кількості від 0,3...1,1 години. Виробнича база ТОВ «Омелянівський кар'єр»

дозволяє проводити ремонтні роботи, але через брак оригінальних запчастин самоскиди дуже швидко повертаються в ремонтні майстерні. Також за весь час роботи спостерігалися мінливі умови функціонування транспортних засобів, що призводить до перенавантаження вузлів та частин самоскидів, а отже, призводить до відмов.

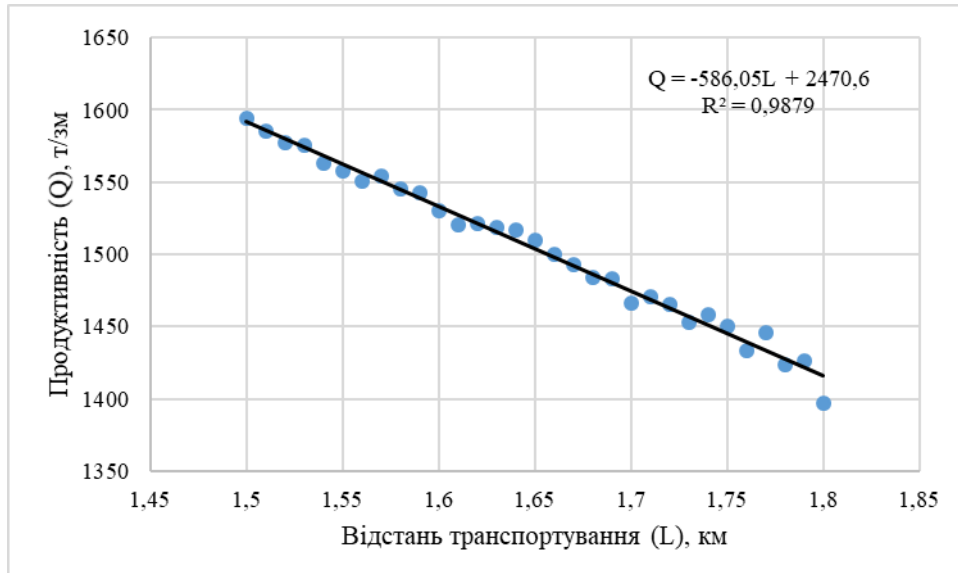


Рис. 7. Залежність продуктивності автосамоскида БелАЗ 548 від відстані транспортування в умовах ТОВ «Омелянівський кар'єр»

З рис. 8 видно, що несправності двигуна, ведучої вісі, системи підвіски, коліс і шин, електрообладнання, системи трансмісії та гальмівної системи становлять 90 % усіх несправностей. Відмови цих систем обмежують продуктивність самоскидів.



Рис. 8. Статистика несправностей автосамоскидів БелАЗ 548

Дослідження показує, що не існує стійкої кореляції між ймовірністю відмови двигуна та відстанню транспортування гірської маси. Але в цілому збільшення

відмов двигуна спостерігається зі збільшенням транспортної відстані. Варто зазначити провідну роль значення середньозваженого ухилу дороги, збільшення якого відповідає збільшенню ймовірності відмови двигуна (рис. 9).

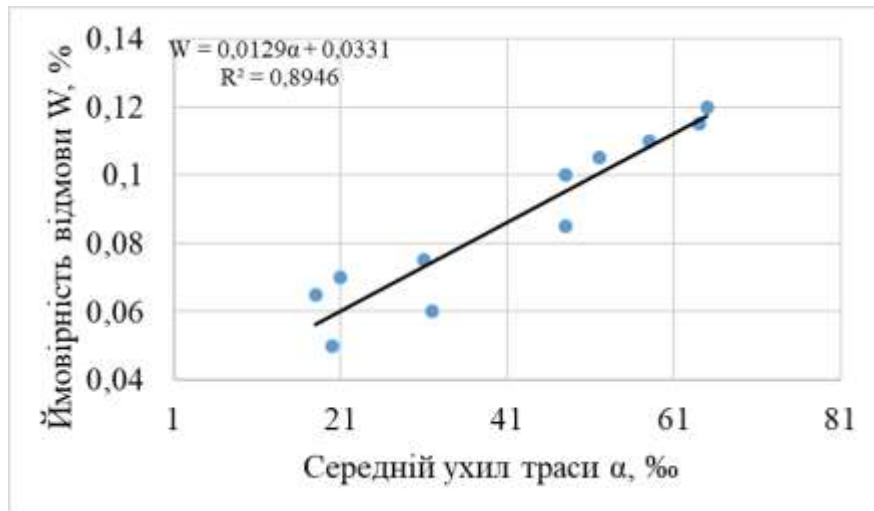


Рис. 9. Залежність ймовірності відмови двигуна ЯМЗ-240 Н самоскида БелАЗ 548 від значення середнього ухилу дороги

Залежність ймовірності відмови двигуна ЯМЗ-240 Н самоскида БелАЗ 548 від значення середнього ухилу дороги можливо описати емпіричною залежністю:

$$W = 0,0129\alpha + 0,0331, \% \quad (2)$$

де α – середній ухил траси, ‰.

Під час статистичного аналізу документів гаражів Омелянівського кар'єру було отримано залежність ймовірність відмови технологічного транспорту W від часу роботи P , яка описується логарифмічною функцією:

$$W = 0,0066\ln(P) + 0,0381, 1/\text{год}, \quad (3)$$

де P – час роботи автосамоскиду, год.

Таким чином, відмова двигуна протягом зміни різко зростає і з збільшенням середнього ухилу дороги. З урахуванням отриманих залежностей та здійснення технічного обслуговування та ремонту автопарку, простої самоскидів становлять 20–30 % календарного часу, а вартість обслуговування та ремонту досягає 35 % загальних експлуатаційних витрат. Водночас частка робітників, зайнятих ремонтом технологічних транспортних засобів, коливається від 18 до 20 % від їх загальної кількості. Таким чином зменшення ухилу траси та капітальних траншей збільшить міжремонтний період двигунів автосамоскидів.

Четвертий розділ присвячено експериментальному дослідженню впливу ухилу капітальних траншей на зношення шин та витрату палива автосамоскидами. Також за отриманими результатами визначено оптимальні параметри ухилу капітальних траншей та подано рекомендації з планування та експлуатації щебневих кар'єрів.

Статистичні показники щодо причин зношування автошин, які експлуатуються в умовах щебених кар'єрів, показують, що вирішальними є три основні фактори: перегрів шин, перевантаження автосамоскидів і недостатнє накачування шин.

Показники швидкості мають суттєвий вплив на інші показники роботи технологічного автотранспорту, в тому числі на витрати палива та вартість перевезення гірської маси.

У результаті проведених експериментальних досліджень встановлені швидкості під час руху автосамоскидів з вантажем на підйом і швидкості порожніх автосамоскидів за умови руху на спуск.

Мінімально необхідна кількість експериментальних вимірів визначалася за формулами математичної статистики за умови рівня довірчої ймовірності 0,95 і становила на горизонтальних ділянках автошляхів для навантажених автосамоскидів 50–55, порожніх – 6–11, на ухилах 80–100 ‰ відповідно 3–6 та 5–13, що обумовлено меншою дисперсією швидкостей руху автосамоскидів на підвищених схилах. Розподіл випадкових значень швидкостей руху автомобілів на ділянках з різною величиною ухилу підпорядковується нормальному закону.

Для визначення швидкостей руху автосамоскидів БелАЗ залежно від величини повздовжнього ухилу постійних автошляхів у щебеному кар'єрі зі щебеним покриттям рекомендуються регресійні формули (3, 4), які отримані у результаті статистичної обробки даних експерименту:

під час підйому завантаженого самоскида:

$$V = 0,0557\alpha + 13,4, \text{ км/год}; \quad (3)$$

під час спуску порожнього самоскида:

$$V = 0,0414\alpha + 24,733, \text{ км/год}. \quad (4)$$

де α – повздовжній ухил капітальної траншеї, ‰.

На ділянках автомобільних доріг у щебеному кар'єрі з ухилами 30–40 ‰ порожні автосамоскиди розвивають найбільші швидкості руху (рис. 10, 11). Зі збільшенням повздовжніх ухилів автошляхів у щебеному кар'єрі спостерігається поступове зниження швидкостей руху порожніх автомобілів, що обумовлено необхідністю реалізації великих гальмівних зусиль під час гальмування на більш крутому ухилі.

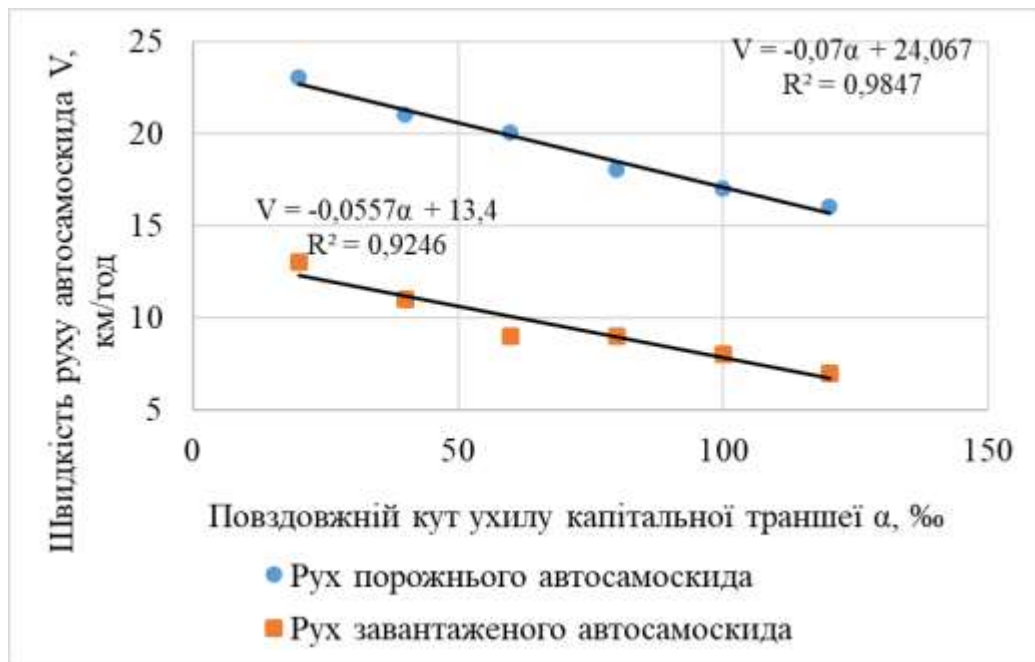


Рис. 10. Вплив повздовжнього ухилу траси на швидкість руху БелАЗ 548 на підйом

Швидкість руху на підйом з вантажем визначається питомою потужністю і для БелАЗ 548 при ухилі 100 ‰ варіюється в інтервалі 8,5–12,8 км/год.

У процесі проведення експериментальних робіт встановлено закономірності витрати дизельного палива автосамоскидами БелАЗ-548, залежно від величини повздовжнього ухилу кар'єрних автошляхів (рис. 12).

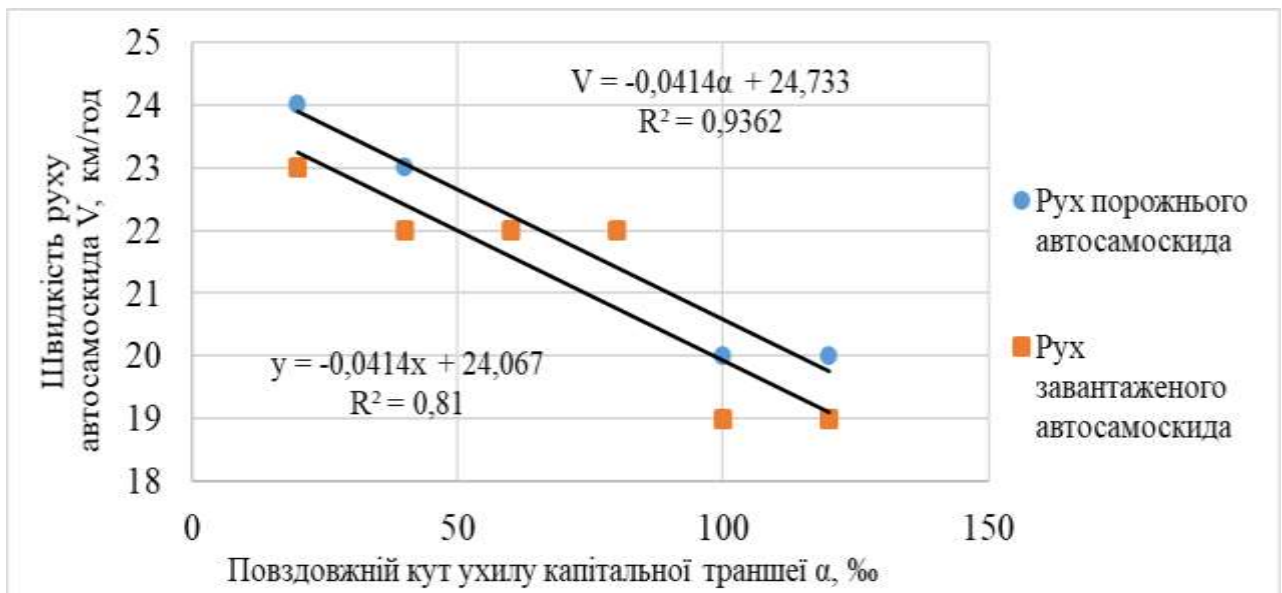


Рис. 11. Вплив повздовжнього ухилу траси на швидкість руху БелАЗ 548 на спуск

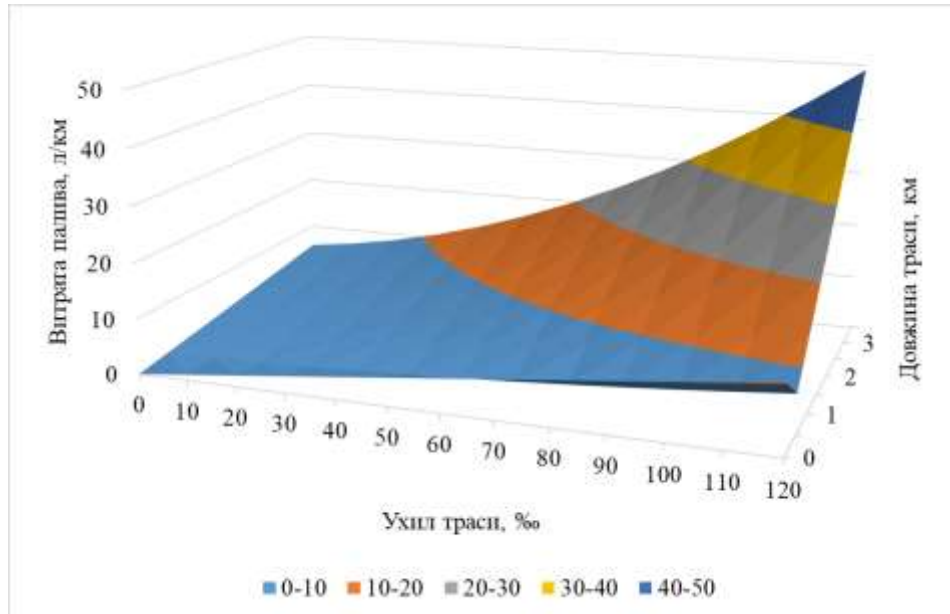


Рис. 12. Залежність витрати палива за транспортний цикл від повздовжнього ухилу та довжини траси

Аналіз отриманих експериментальних даних свідчить, що частка палива, яке витрачається під час руху автосамоскида з навантаженням, становить 65–80 % всього витраченого палива за рейс. На інших операціях транспортного циклу (рух порожнього автосамоскида, навантаження, розвантаження, маневри тощо) витрата палива сягає 20–35 %.

Залежність питомої витрати палива на транспортування 1 т гірської маси від ухилу капітальної траншеї в умовах ТОВ «Омелянівський кар'єр» наведено на рис. 13.

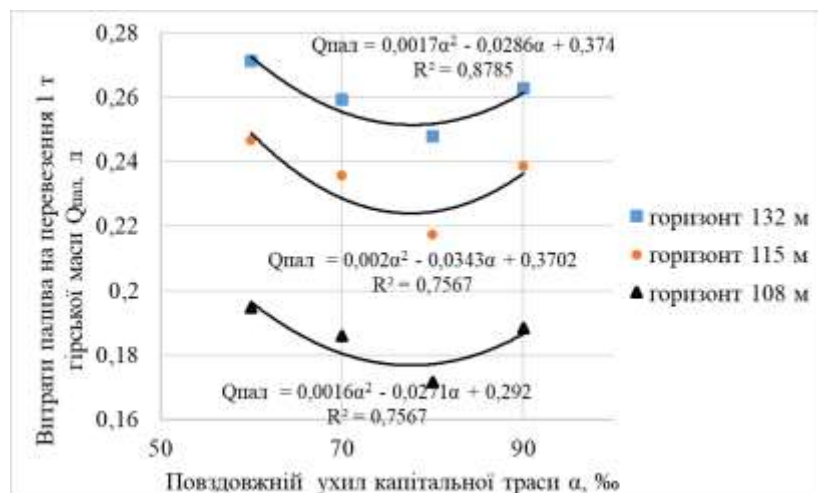


Рис. 13. Залежність питомої витрати палива на транспортування 1 т гірської маси від ухилу капітальної траншеї в умовах ТОВ «Омелянівський кар'єр»

Аналіз отриманих результатів показав, що при підвищенні ухилу від 40 до 90 % змінюється швидкість руху, час руху навантаженого автосамоскида зростає на 22 %, порожнього на 12 %, в результаті чого продуктивність знижується на 12 %.

Зі збільшенням повздовжнього ухилу капітальної траншеї зменшується протяжність траси руху автосамоскидів. На рис. 14 наведені залежності довжини траси транспортування на ТОВ «Омелянівський кар'єр» від ухилу капітальної траншеї.

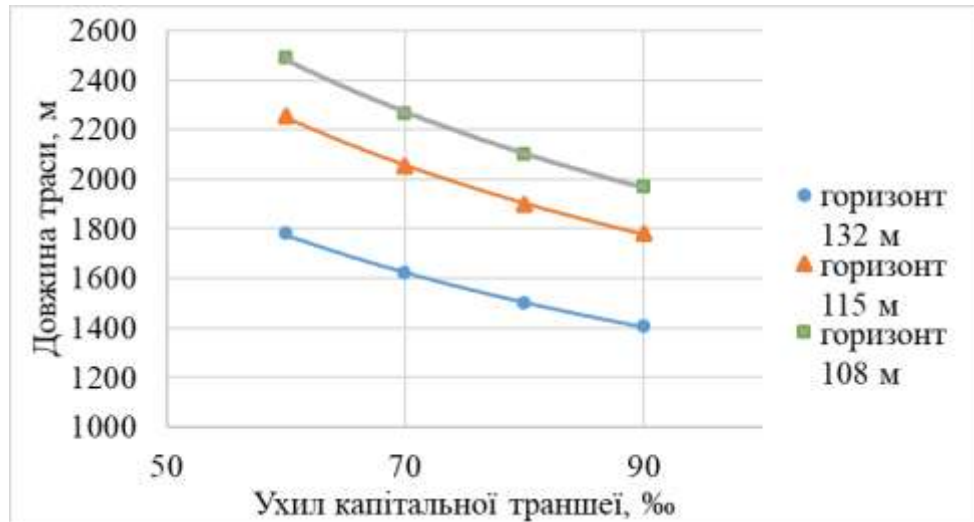


Рис. 14. Залежність довжини траси транспортування на ТОВ «Омелянівський кар'єр» від ухилу капітальної траншеї

Зі збільшенням довжини траси збільшується час транспортування гірничої маси, що має вплив на парк автосамоскидів. На рис. 15 наведено залежності тривалості руху автосамоскидів до трьох горизонтів ТОВ «Омелянівський кар'єр» від повздовжнього ухилу капітальних траншей.

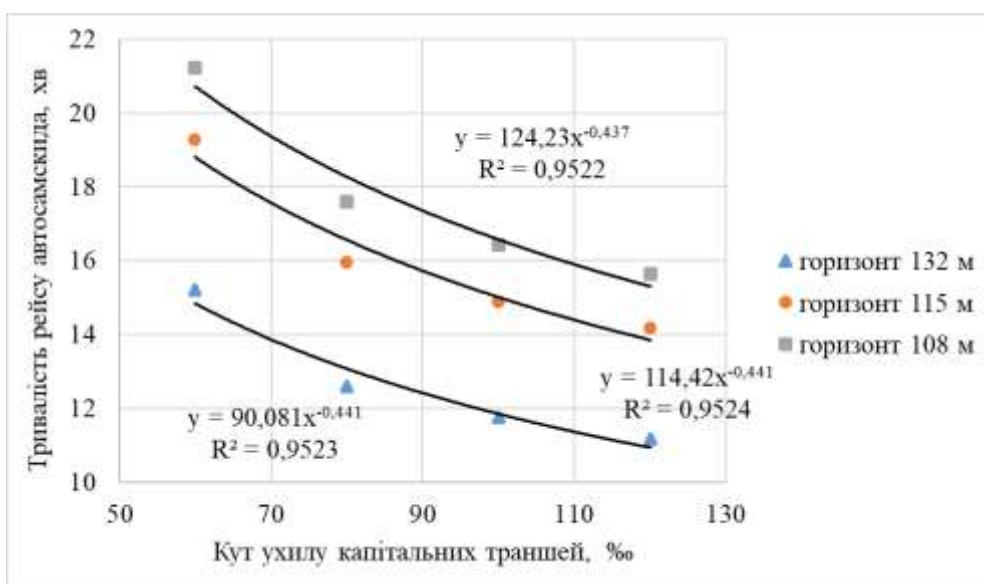


Рис. 15. Залежності тривалості руху автосамоскидів на ТОВ «Омелянівський кар'єр» від повздовжнього ухилу капітальних траншей

З використанням існуючих методичних положень та отриманих експериментальних даних проведено визначення наведених витрат (рис. 16) на транспортування гірської маси та оптимізацію повздовжнього ухилу автошляхів для автосамоскидів БелАЗ-548. Збільшення ухилу автошляхів призводить до скорочення відстані транспортування. Так, за умови кільцевої схеми зі збільшенням ухилу капітальних траншей з 60 до 110 ‰ зменшується довжина траси з 2,48 до 1,71 км.

Залежність питомої вартості транспортування 1 т гірської маси від повздовжнього ухилу капітальної траншеї описується критичною функцією:

$$S = 0,0006\alpha^2 - 0,0924\alpha + 15,973, \text{ т/грн}, \quad (5)$$

де α – кут ухилу капітальної траншеї, ‰.

Аналіз зміни експлуатаційних, капітальних та питомих наведених витрат свідчить про те, що для автосамоскида БелАЗ 548 на ухилу від 60 до 110 ‰ залишаються постійними витрати на основну та додаткову заробітну плату водіїв та утримання гаражного господарства.

Витрати на дизельне паливо та мастильні матеріали є мінімальними на ухилах 60 ‰, а потім поступово зростають. Амортизаційні відрахування на відновлення та капітальний ремонт автосамоскидів знижуються до мінімуму на ухилах 100 ‰. Подальше збільшення ухилу призводить до різкого зростання витрат за цією статтею, що обумовлено скороченням пробігу автомобілів до капітального ремонту та списання.

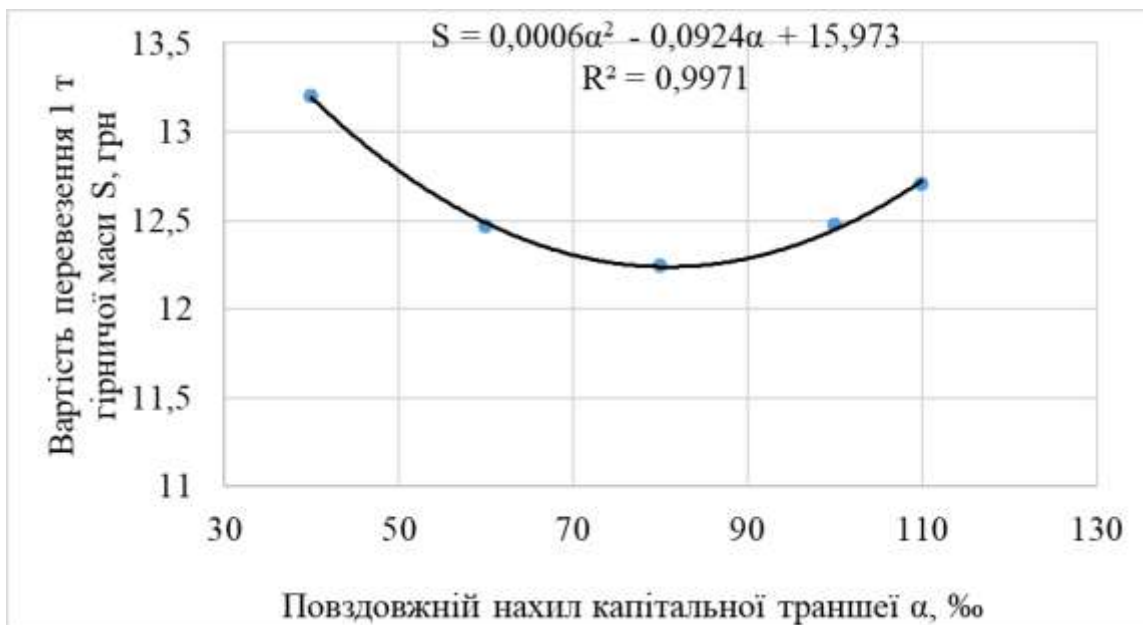


Рис. 16. Залежність питомої вартості транспортування 1 т гірської маси від повздовжнього ухилу капітальної траншеї

Дослідження показують, що кут ухилу капітальних траншей 80 ‰ є найменш затратний.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення актуальної науково-практичної задачі з обґрунтування параметрів роботи технологічного транспорту в умовах щєбєневих кар'єрів шляхом встановлення залежностей між технологічними параметрами транспортування щєбєневої сировини автомобільним транспортом.

Основні наукові й практичні результати роботи полягають:

1. Аналіз документів з діагностики кар'єрних автосамоскидів дозволив встановити, що несправності двигуна, ведучої вісі, системи підвіски, коліс і шин, електрообладнання, системи трансмісії та гальмівної системи становлять 90 % усіх несправностей. Встановлена залежність відмови шин від співвідношення відстані транспортування і середньозваженого ухилу траси, що дозволяє прогнозувати величину ймовірності відмов. На підставі цих даних було побудовано криву параметра відмови $\lambda(t)$ залежно від терміну служби t , яку можна описати логарифмічною залежністю, що дозволить прогнозувати кількість справного автотранспорту на рейсі.

2. На підставі отриманих даних встановлено, що під час застосування автосамоскидів БелАЗ-548 у кар'єрі глибиною 100 м за рахунок збільшення ухилу спірального з'їзду від 60 до 90 %, кут погашення борту ТОВ «Омелянівський кар'єр» підвищується з 43° до 46°, водночас спрощується схема транспортних комунікацій та зменшуються втрати корисної копалини на 356774 м³.

3. Проведено аналіз витрат дизельного палива протягом року, який показав, що в зимовий період автосамоскиди БелАЗ 548 з двигунами ЯМЗ-240 Н більше витрачають палива на 10,6 %. Також автосамоскиди БелАЗ 548 з двигунами Cat 3406 зимою більше витрачають палива лише на 6,7 %. В цілому за умови заміни двигунів ЯМЗ-240 Н на Cat 3406 в БелАЗ 548 спостерігаються скорочення витрат палива на 5,4 %. Дані дослідження дозволяють стверджувати, що заміна двигунів ЯМЗ-240 Н на Cat 3406 в БелАЗ 548 призведе до економії палива та зменшить поломки кар'єрного автотранспорту.

4. Встановлено, що швидкості руху автосамоскидів БелАЗ-548 при русі по щєбєневій автодорозі в умовах ТОВ «Омелянівський кар'єр» з ухилом 80 % становлять 14,5 км/год, з підвищенням ухилу до 100 % швидкості руху знижуються на 12–17 %, було побудовано функціональний зв'язок між циклом роботи та кількістю спожитого палива за цикл. Дане дослідження дозволяє спрогнозувати продуктивність БелАЗ 548 залежно від ухилу капітальної траси в умовах ТОВ «Омелянівський кар'єр».

5. Вперше отримані рівняння, які описують закономірності зміни швидкості руху та витрати дизельного палива автосамоскида БелАЗ 548 в умовах ТОВ «Омелянівський кар'єр», залежно від величини повздовжнього ухилу кар'єрних автошляхів, витрати палива складають 193,6–590,8 л/100 км. Дані дослідження дозволяють обрахувати економічну складову процесу транспортування гірничої маси в умовах ТОВ «Омелянівський кар'єр».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях, які входять до наукометричних баз:

1. Дослідження витрати палива автосамоскидами в умовах Омелянівського кар'єру / Ковалевич Л. А. та ін. *Технічна інженерія*. Житомир. 2021. № 2 (88). С. 122–128. URL: <http://eztuir.ztu.edu.ua/123456789/7956>. (Входить до переліку міжнародної наукометричної бази даних WorldCat; BASE; eLibrary, GoogleScholar).

2. Дослідження надійності парку автосамоскидів в умовах Омелянівського кар'єру. / Ковалевич Л. А. та ін. *Всеукраїнський науковий збірник «Наукові праці ДонНТУ» Сер. Гірничо-геологічна*. Покровськ. 2021. Вип. № 1 (25)-2 (26). С. 44–51. DOI: 10.26642/ten-2021-2(88)-122-128. (Входить до переліку міжнародної наукометричної бази даних GoogleScholar).

3. Динаміка споживання паливно-мастильних матеріалів самоскидами на Омелянівському родовищі гранітів / Ковалевич Л. А. та ін. *Технічна інженерія*. Житомир. 2021. № 1 (87). С. 142–148. URL: <http://eztuir.ztu.edu.ua/123456789/7919>. (Входить до переліку міжнародної наукометричної бази даних WorldCat; BASE; eLibrary, GoogleScholar).

4. Обґрунтування транспортних робіт в умовах блочного кар'єру. / Кириленко Н.П., Ковалевич Л. А. та ін. *Геоінженерія*. Київ. 2021. № 5. С. 14–23. DOI: 10.20535/2707-2096.5.2021.230667. (Входить до переліку міжнародної наукометричної бази даних WorldCat; BASE; eLibrary, GoogleScholar).

5. Оцінка експлуатаційних параметрів БелАЗ-548 в умовах Омелянівського кар'єру / Ковалевич Л. А., Леонець І. В., Качуровський М. В., Коробійчук В. В. *Технічна інженерія*. Житомир. 2022. № 1 (89). С. 125–130. URL: <http://eztuir.ztu.edu.ua/123456789/8010>. (Входить до переліку міжнародної наукометричної бази даних WorldCat; BASE; eLibrary, GoogleScholar).

Статті у закордонних збірниках наукових праць:

6. Optimization of the process of efficiency management of the primary kaolin excavation on the curved face of the conditioned area / Sobolevskiy R. et al. *Rudarsko-geološko-Naftni Zbornik*. 2020. Vol. 35, № 1 (48). P. 123–137. DOI: [10.17794/rgn.2020.1.10](https://doi.org/10.17794/rgn.2020.1.10). (Входить до переліку міжнародної наукометричної бази даних Scopus).

Публікації за матеріалами конференцій:

7. Гаврисяк О. С., Ковалевич Л. А. Оптимізація селективного видобування мергелю при різному геопросторовому розміщенні якісних та шкідливих компонентів. *Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів* : Тези VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, 21-22 жовтня 2021. Житомир : Житомирська політехніка, 2021. С. 17–19.

8. Нові технології в транспорті на кар'єрах / Ковалевич Л. А., Пилипчук А. С., Белобров Д. М. *Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвяченої Дню науки, 11-15 травня 2021 р.* Житомир : Житомирська політехніка, 2021. С. 180.

9. Напрями поліпшення конструкції кузова кар'єрних автосамоскидів / Ковалевич Л. А., Лебля М. В., Купріяничук І. В. *Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених,*

присвяченої Дню науки, 11–15 травня 2021 р. Житомир : Житомирська політехніка, 2021. С. 181.

АНОТАЦІЯ

Ковалевич Л.А. Обґрунтування параметрів роботи технологічного транспорту в умовах щебневих кар'єрів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин. – Державний університет «Житомирська політехніка» МОН України, Житомир, 2023.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі з удосконалення наявної технології та організації роботи кар'єрного транспорту за рахунок оптимізації ухилу транспортних шляхів.

У роботі визначено динаміку споживання паливно-мастильних матеріалів самоскидами на ТОВ «Омелянівський кар'єр» залежно від пори року, ухилу капітальних траншей та довжини трас. Встановлено залежність відмови шин від співвідношення відстані транспортування і середньозваженого ухилу траси, що дозволяє прогнозувати ймовірність відмов. Отримано залежність ймовірності відмови самоскида від відношення відстані транспортування до середнього ухилу дороги.

Також встановлено, що для ТОВ «Омелянівський кар'єр» залежність продуктивності автосамоскида БелАЗ 548 від відстані транспортування має лінійний характер. Залежність параметра відмови λ (t) самоскидів БелАЗ-548 від терміну служби t описується логарифмічною функцією.

У дисертаційній роботі вперше отримано залежність впливу повздовжнього ухилу траси на швидкість руху БелАЗ 548 в умовах ТОВ «Омелянівський кар'єр». Встановлено, що швидкості руху навантажених автосамоскидів БелАЗ-548 під час роботи на щебневій автодорозі з ухилом 80 % становлять 14,5 км/год, з підвищенням ухилу до 100 % швидкості руху знижуються на 12–17 %.

Доведено, що під час застосування автосамоскидів БелАЗ-548 у кар'єрі глибиною 100 м за рахунок збільшення ухилу спірального з'їзду від 6 до 12 % кут погашення борту ТОВ «Омелянівський кар'єр» підвищується з 43°06' до 46°27', водночас спрощується схема транспортних комунікацій та зменшуються втрати корисної копалини на 356774 м³.

Ключові слова: щебневий кар'єр, технологічний транспорт, ухил капітальної траншеї, експлуатаційні втрати сировини, витрати палива, продуктивність технологічного автотранспорту.

ABSTRACT

Kovalevich L.A. Justification of the parameters of technological transport in the conditions of crushed stone quarries. - On the rights of the manuscript.

Dissertation for obtaining the scientific degree of candidate of technical sciences in the specialty 05.15.03 - open development of mineral deposits. - State University "Zhytomyr Polytechnic" of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Zhytomyr, 2023.

The dissertation is dedicated to the solution of the actual scientific and practical problem of improving the existing technology and organizing the work of quarry transport due to the optimization of the slope of transport routes.

The work determines the dynamics of fuel and lubricant consumption by dump trucks at LLC "Omelyanivskyi Karier", depending on the season, the slope of the capital trenches, and the length of the tracks. The dependence of tire failure on the ratio of the transportation distance and the weighted average slope of the route was established, which allows predicting the probability of failure. The dependence of the probability of tipper failure on the ratio of the transportation distance to the average slope of the road was obtained.

It has also been established that the dependence of BelAZ 548 dump truck productivity on transportation distance is linear for Omelyanivsky Karier LLC. The dependence of the failure parameter $\lambda(t)$ of BelAZ-548 dump trucks on the service life t is described by a logarithmic function.

In the dissertation, for the first time, the dependence of the influence of the longitudinal slope of the track on the speed of movement of BelAZ 548 in the conditions of LLC "Omelyanivskyi Karier" was obtained. It was established that the speeds of loaded BelAZ-548 dump trucks when working on a gravel road with a slope of 80 ‰ are 14,5 km/h, with an increase in the slope to 100 ‰ the speed of movement decreases by 12–17 %.

It has been proven that when BelAZ-548 dump trucks are used in a 100-m-deep pit due to an increase in the slope of the spiral ramp from 6 to 12%, the offset angle of the LLC "Omelyanivskyi Karier" board increases from 43°06' to 46°27' , at the same time, the scheme of transport communications is simplified and mineral losses are reduced by 356,774 m³.

Keywords: crushed stone quarry, technological transport, slope of the capital trench, operational losses of raw materials, fuel consumption, productivity of technological vehicles.

Ковалевич Людмила Анатоліївна

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ЩЕБЕНЕВИХ КАР'ЄРІВ**

05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Підписано до друку: 10.07.2023

Папір друк. Друк офсетний

Тираж 100 прим.

Формат 60x90 1/16

Обсяг 1,27 ум. друк. арк.

Зам. № 12

Державний університет «Житомирська політехніка»

10005, Україна, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103

**Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи № 7177 від 04.11.2020 р.**