

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ ІМ. АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

ІНЮТКІН ІВАН ВОЛОДИМИРОВИЧ



УДК 622.063.88

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНО-
ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ РУДНИКА ШЛЯХОМ АДАПТАЦІЇ
САМОХІДНОГО ОБЛАДНАННЯ ДО ЗМІН УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Спеціальність 05.22.12 – промисловий транспорт

Галузь знань 27 – транспорт

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпро – 2021

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі транспортних систем і технологій Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Ширін Леонід Никифорович
професор кафедри транспортних систем і технологій Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», м. Дніпро.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Бейгул Олег Олексійович
завідувач кафедри машинобудування Дніпровського державного технічного університету, м. Кам'янське;

кандидат технічних наук, доцент
Сістук Володимир Олександрович
доцент кафедри автомобільного транспорту Криворізького національного університету, м. Кривий Ріг.

Захист відбудеться « 1 » квітня 2021 року о 14.30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д08.820.01 при Дніпровському національному університеті залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, Україна м. Дніпро, вул. Академіка Лазаряна, буд. 2, ауд. 314.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Дніпровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна або на сайті університету <http://diit.edu.ua/> (Наука – Захисти в раді Д 08.820.01).

Автореферат розісланий « 1 » березня 2021 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради Д08.820.01
доктор технічних наук, професор

 А.М. Муха

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Реалізація програми енергетичної незалежності України шляхом введення в експлуатацію гірничих підприємств з видобування уранових руд в умовах сьогодення набуває особливої ваги.

Для забезпечення потужного промислового потенціалу країни найбільш перспективним для відпрацювання родовищ урану є підземний спосіб розробки. Технологія розробки уранових руд підземним способом передбачає відбійку та вивезення руди з очисних блоків до рудоспусків з подальшим перевантаженням її на рейкові види транспорту в магістральних виробках та підняттям на поверхню, при цьому питомі витрати на транспортування складають більше 60% від загальних витрат на видобуток уранової руди.

Традиційно підвищення транспортно-технологічної системи рудника (ТТСР) базується на використанні самохідного обладнання (СО) імпортного виробництва. Аналіз виробничої діяльності підприємств галузі показав, що у зв'язку з масштабним застосуванням на підземних рудниках комплексів СО намітилася диспропорція між реальними вантажопотоками і чинними схемами підземного транспорту. Зумовлено це тим, що при інтенсифікації гірничих робіт наявні ТТСР не відповідають сучасним технічним вимогам, бо відрізняються високою енергоємністю, низькою ефективністю і потребують удосконалення та адаптації СО до реальних умов шахтного середовища.

Попередніми дослідженнями було встановлено, що на формування вантажопотоків руди стохастично впливають безліч гірничо-геологічних, технічних, технологічних і організаційних чинників, а основним стримуючим фактором на шляху підвищення ефективності ТТСР є низька пропускна здатність гірничих виробок, яка негативно позначається на експлуатаційних показниках СО.

Отже, наукове обґрунтування експлуатаційних параметрів і розробка високоадаптивних схем внутрішньошахтного транспорту (ВШТ) на базі застосування СО нового покоління є актуальним завданням, виконання якого істотно підвищить ефективність ТТСР при поетапному збільшенні його потужності.

Зв'язок теми дисертації з науковими програмами і планами досліджень.

Роботу виконано відповідно до головних напрямів енергетичної стратегії України на період до 2035 р. (схвалено розпорядженням КМУ від 18 серпня 2017 р. № 605-р). Першочерговими завданнями відповідного сектору є забезпечення приросту видобутку урану, підготовка й розробка розвіданих запасів руди та оптимізація їх видобування. Дисертаційне дослідження є також складовою держбюджетної науково-дослідної роботи ГП-367 «Наукове обґрунтування продуктивності транспортно-технологічних схем і параметрів шахтного транспорту високого технічного рівня» № В319511000М, яка виконувалася кафедрою транспортних систем і технологій Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» за «Програмою розвитку гірничого машинобудування України», Мінвуглепрому України.

Мета роботи – підвищення ефективності функціонування транспортно-технологічної системи рудника на базі застосування самохідного вантажно-доставного обладнання високого технічного рівня в підземних виробках складної конфігурації, адаптованого до реальних умов експлуатації на різних етапах освоєння запасів руди уранового родовища.

Ідея роботи полягає у використанні адаптаційних можливостей вантажно-доставних машин нового покоління для підвищення пропускної здатності транспортних виробок в умовах інтенсифікації гірничих робіт.

Завдання досліджень. Основними завданнями роботи визначено такі:

- розробка структурно-логічної схеми для виконання комплексних досліджень та встановлення факторів, що визначають потенційні резерви підвищення ефективності транспортно-технологічної системи рудника (ТТСР) з розробки уранових родовищ підземним способом;

- дослідження процесу переміщення ВДМ у гірничих виробках та впливу профілю траси підземних виробок на продуктивність самохідного обладнання;

- визначення конструктивних параметрів гірничих виробок з урахуванням статичних і динамічних критеріїв ВДМ для підвищення їхньої адаптаційної здатності в транспортно-технологічній системі рудника;

- удосконалення методів оперативного виявлення дефектів вузлів і агрегатів СО та визначення категорій складності їх усунення;

- обґрунтування параметрів ТТСР, шляхом визначення її пропускної здатності й встановлення режимів роботи ВДМ нового покоління в складних гірничотехнічних умовах експлуатації.

Об'єкт дослідження – процеси транспортування гірничої маси самохідними вантажно-доставними машинами нового покоління в підземних виробках, проведених буропідливним способом.

Предметом дослідження є технічні, технологічні та організаційні параметри взаємодіючих елементів ТТСР, що забезпечують ресурсо- й енергозбереження при поетапному збільшенні потужності рудника за рахунок адаптації ВДМ до реальних умов шахтного середовища.

Методи досліджень. У дисертаційній роботі використано: результати аналізу науково-технічних публікацій та інших інформаційних джерел – при обґрунтуванні теми цього дослідження та визначення його завдань; системний аналіз та синтез – під час виявлення потенційних резервів технологічних схем транспорту із застосуванням СО; метод моментних спостережень – з метою встановлення експлуатаційних параметрів ВДМ; статистичні методи – для оцінки визначеного профілю проїжджої частини та під час встановлення частоти відмов ВДМ в гірничотранспортних виробках; метод складання рівнянь Лагранжа другого роду – для розрахунку адаптаційної здатності й визначення допустимої швидкості ВДМ. Програма експериментальних досліджень мала на меті узагальнити результати моделювання й розрахунку фактичних показників роботи ВДМ в ТТСР на різних етапах її функціонування. Дослідження проводились із застосуванням стандартної апаратури та перевірених методів обробки результатів.

Наукова новизна отриманих результатів:

– уперше встановлено залежність допустимої швидкості вантажно-доставної машини з пневмоколісним ходом від технологічних параметрів гірничих виробок, у якій було враховано нерівності профілю проїжджої частини, що дозволило розробити методи підвищення ефективності транспортно-технологічної системи рудника;

– уперше було формалізовано модель визначення показників взаємодіючих елементів транспортно-технологічної системи рудника, відокремлених у підсистему «вантажно-доставна машина – гірнична виробка», що дозволяє вирішити задачу вибору конструктивних параметрів складових елементів залежно від умов експлуатації очисного блоку;

– встановлено складові показника загальної ефективності застосування вантажно-доставних машин, що поряд з використанням наявних характеристик дозволяє врахувати технічні, технологічні та організаційні параметри транспортно-технологічної системи рудника на різних етапах освоєння запасів уранових родовищ;

– набули подальшого розвитку методи визначення пропускну здатності гірничих виробок в транспортно-технологічній системі рудника під час доставки руди самохідним обладнанням, які дозволяють на відміну від існуючих, враховувати показники адаптації вантажно-доставних машин нового покоління до реальних умов експлуатації.

Практичне значення роботи полягає в розробці методики визначення пропускну здатності транспортно-технологічної системи рудника, а також «Програми і методики визначення режимів роботи вантажно-доставних машин нового покоління при транспортуванні руди в складних гірничотехнічних умовах розробки уранових родовищ».

Надані рекомендації з оперативного виявлення дефектів вузлів і агрегатів СО, та визначення категорій складності їх усунення, які послужать в подальшому основою для формування нормативно-методичної бази щодо удосконалення системи діагностування технічного стану самохідного обладнання нового покоління.

Основні результати роботи впроваджено у навчальний процес НТУ «Дніпровська політехніка» для підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня магістра за спеціальністю 184 – Гірництво, освітньо-професійної програми «Гірничотранспортні системи та інженерна логістика».

Обґрунтованість і достовірність результатів дисертаційної роботи підтверджено коректною постановкою задач дослідження та використанням математичного апарату для їх розв'язування. Наукові результати роботи показали задовільну збіжність розрахункових і експериментальних даних, підтвердили правильність вибору способів і технічних засобів випробувань, коректність складеної програми й методики проведення досліджень і методів обробки отриманих даних. Дослідження проводились із застосуванням стандартної апаратури та перевірених методів обробки результатів.

Особистий внесок здобувача. Основні положення дисертаційної роботи і результати дослідження, що виносяться на захист, отримані особисто. У спільних роботах особистий внесок автора полягає в наступному: [1] – аналіз літературних джерел і виробничих ситуацій, встановлення особливостей формування транспортно-технологічних систем підземних рудників; [2] – проведення досліджень, обробка результатів; формування типізації самохідного обладнання, розрахунок параметрів гірничої виробки; [3] – подальший розвиток математичної моделі руху ВДМ, аналітична розробка імітаційної моделі, аналіз результатів досліджень; [4] – розробка методів діагностики самохідного обладнання, аналіз результатів; [5] – визначення експлуатаційних показників вантажно-доставних машин та їх застосування у виробничих умовах.

Апробація роботи. Основні положення роботи в цілому та її окремі частини розглядалися на конференціях: науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих учених НГУ «Наукова весна – 2010, 2011» 19 листопада 2009 р. та 25 березня 2011 р., м. Дніпропетровськ; V міжнародна науково-практична конференція «Проблеми горного дела и экологии горного производства» 14–15 травня 2010 р., м. Антрацит; Міжнародна науково-практична конференція «Форум гірників – 2010», 21–23 жовтня 2010 р., м. Дніпропетровськ; IX Міжнародна науково-практична конференція «*Science and practice of today*», 16–19 листопада 2020 р., м. Анкара, Туреччина.

Матеріали дисертаційної роботи у повному обсязі доповідались на науковому міжкафедральному семінарі та на розширеному засіданні кафедри транспортних систем і технологій НГУ «Дніпровська політехніка».

Публікації. Основний зміст дисертації опублікований у 13 наукових працях і матеріалах конференцій: 5 статей у фахових виданнях [1–5], одна з яких опублікована в журналі, що індексується наукометричною базою Web of Science [3], 2 статті [8, 9] та 3 тези [6, 7, 10] у матеріалах доповідей конференцій і 3 патенти України на винахід та корисну модель [11–13].

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та чотирьох додатків. Повний обсяг дисертації складає 183 сторінок, у тому числі: 47 рисунків, з них 1 на окремій сторінці; 17 таблиць за текстом, з них 3 на окремих сторінках; список використаних джерел із 135 найменувань на 14 сторінках; додатки на 5 сторінках. Основний текст роботи викладено на 164 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми дисертаційної роботи, сформульовано мету й завдання досліджень, відображено наукове та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі виконано аналіз функціонування технологічних схем транспорту на підприємствах галузі, описано особливості експлуатації СО нового покоління в процесі розробки уранових родовищ підземним способом, а також розглянуто шляхи науково-технічного забезпечення умов для впровадження такого СО.

Науковими дослідженнями, проектуванням та оптимізацією параметрів розробки уранових родовищ займалися відомі наукові колективи ДП «УкрНДПРІ промтехнології», НТУ «Дніпровська політехніка», ІГТМ НАН України, Криворізький національний університет.

Обґрунтуванню конструктивних та експлуатаційних параметрів ківшових вантажно-доставних машин було присвячено експериментальні й теоретичні дослідження Я.Б. Кальницького, С.С. Музгіна, Г.В. Родіонова, Е.С. Скорнякова, В.А. Страшка, А.К. Семенченка, С.А. Полуянського, Г.И. Поникарова, М.В. Тихонова, Л.Н. Ширіна та ін. У переважній більшості їхніх наукових праць були досліджені параметри СО першого покоління та умови взаємодії ківшових ВДМ зі штабелем відбитої гірничої маси.

Методи оцінювання технічного стану, діагностики й обслуговування та динаміку руху гірничотранспортного обладнання розглянуто в роботах О.О. Бейгула, О.П. Кравченка, С.І. Носенка, В.О. Сістука, В.І. Тарасова, Є.Ю. Малиновського та ін.

Орієнтація галузі на застосування СО високого технічного рівня, здатного підвищити ефективність ТТСП, зумовило необхідність виконання нових науково-технічних завдань у плані оцінки експлуатаційних показників ВШТ, котрий в умовах інтенсифікації гірничих робіт став однією з основних ланок загальної системи гірничого виробництва.

Керуючись сучасними принципами реалізації малодосліджених науково-технічних завдань, усі процеси та операції, пов'язані з переміщенням руди за допомогою ВДМ від очисних камер до пункту її вивантаження, були об'єднані в єдину ТТСП. Для її ефективного функціонування потрібно було обґрунтувати завдання, функції та розробити структуру оперативно-виробничого керування параметрами ВДМ і процесами транспортування руди в умовах невизначеності.

У другому розділі відображено результати досліджень потенційних резервів наявних ТТСП з використанням СО.

За результатами оцінки показників, які впливають на процеси транспортування руди в підземних виробках, встановлено, що характерні для більшості шахт регіону технології керування маневровими операціями і процесами доставки руди ВДМ в криволінійних виробках зі знакозмінним профілем підшви відносяться до категорії найбільш трудомістких.

Для обґрунтування експлуатаційних показників ТТСП з використанням СО знадобилося запровадити такі заходи: створити базу початкових даних для визначення умов експлуатації СО, дослідити на ділянках роботи ВДМ реальні профілі підшви гірничих виробок та визначити їхні статистичні характеристики, а також і провести хронометраж режимів роботи самохідного обладнання в реальних умовах шахтного середовища.

Експлуатаційна продуктивність ВДМ визначалась з урахуванням показників надійності й безаварійної роботи СО в складних гірничо-геологічних умовах. Спеціальні дослідження їх технічного стану та результати обробки термінових заявок на постачання запасних частин до СО імпортного

виробництва дозволили встановити частоту відмов певних вузлів та агрегатів ВДМ, експлуатованих у специфічних умовах уранового родовища (рис. 1).

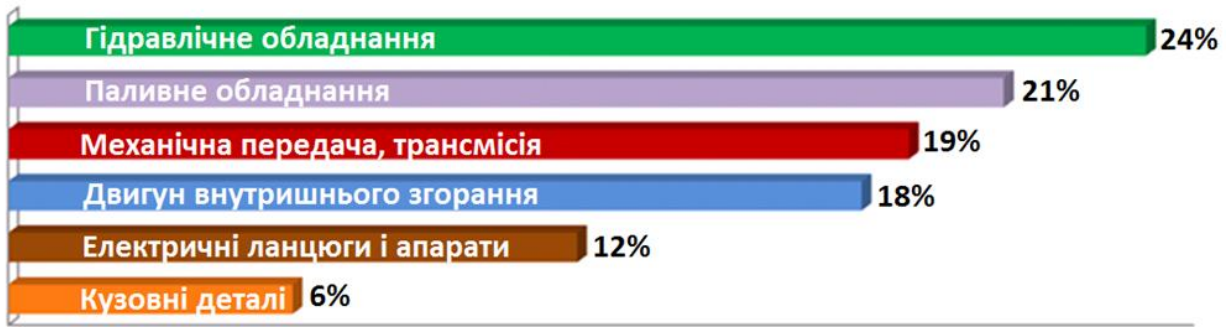


Рисунок 1 – Діаграма розподілу кількості термінових замовлень на запасні частини до самохідного обладнання

За звичай показники надійності CO отримують за результатами досліджень певної технологічної операції без урахування особливостей зміни в просторі й часі гірничотехнічних умов експлуатації ВДМ, причин виходу із ладу вузлів та агрегатів і можливих термінів їх усунення. Тому для встановлення характерних причин виходу із ладу основних вузлів створювався банк даних видів та категорій відмов з наступним вивченням історії їх виникнення й розвитку.

Типові відмови роботи вузлів ВДМ були класифіковані за категоріями складності їх усунення на легкі (L), середні (M) і важкі (V). Критеріями оцінювання складності було прийнято час усунення кожної відмови і кількість залучених до цього працівників.

Результати досліджень режимів роботи ВДМ нового покоління дозволили констатувати, що переважну більшість простоїв і відмов роботи вузлів самохідного обладнання в реальних умовах шахтного середовища можливо уникнути шляхом підвищення ефективності ТТСР й поліпшення показників експлуатації взаємодіючої підсистеми «вантажно-доставна машина – гірничавиробка» (ВДМ – ГВ). Наявну схему взаємодії підсистеми при завантаженні руди в ківші і транспортуванні її в межах очисного блока зображено на рис. 2.

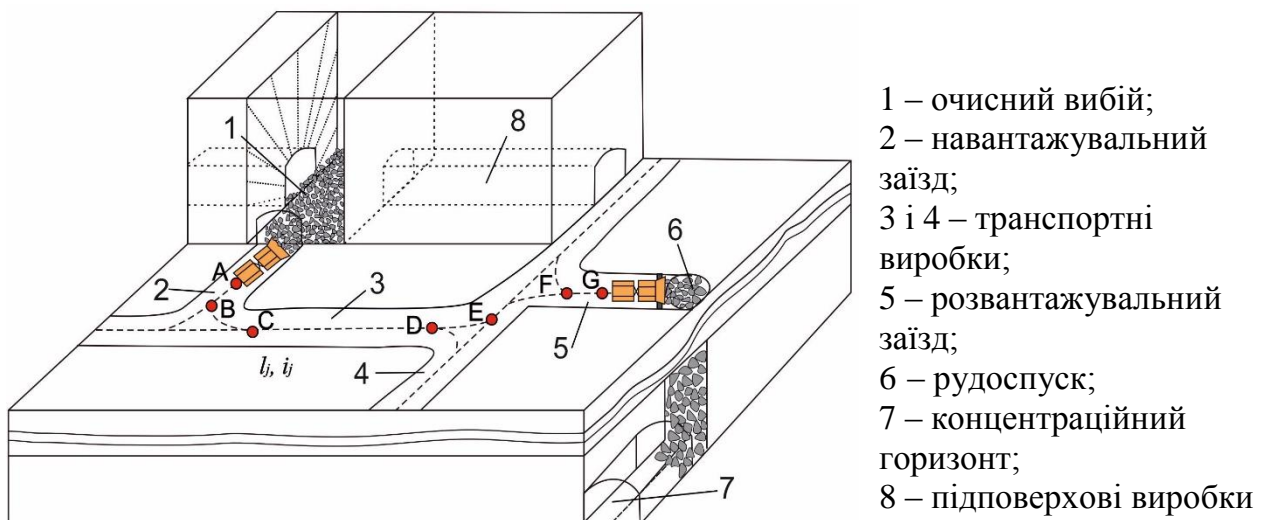


Рисунок 2 – Схема транспортування руди ВДМ у межах очисного блока

На рис. 2 символами А, В, С,... Г позначено потенційно небезпечні ділянки траси різного ступеня складності, на яких було зафіксовано зниження експлуатаційних показників ВДМ, а також ушкодження її вузлів та елементів. Надалі стосовно характерних ділянок траси із завищеними уклонами, крутими поворотами, вигинами та незадовільним станом покриття проїжджої частини було складено програму проведення шахтових досліджень з метою встановлення потенційних резервів підвищення ефективності ТТСР.

Відомо, що при транспортуванні гірничої маси в похилих виробках ефективні режими роботи ВДМ при русі на підйом або при гальмуванні на спусках забезпечуються стійкою роботою двигуна, витраченою на подолання сил опору руху і на досягнення розрахункових показників швидкості v та часу руху ВДМ з вантажем і без вантажу на кожній ділянці шляху. При цьому тягове зусилля на ободі коліс F_k у кожен момент дорівнює сумі сил опору W :

$$F_k = W_o \pm W_i + W_B \pm W_j = W ,$$

де W_o – сили опору руху коліс з полотном дороги, Н/кН; W_i – сили опору руху що створюються силами тяжіння, Н/кН; W_B – сили опору повітряного середовища Н/кН; W_j – сили опору при зміні швидкості машини.

Для обґрунтування принципів роботи, параметрів і конструкції ВДМ в постійно змінюваних умовах шахтного середовища було визначено фактичні показники трансформації профілю траси у просторі і часі та міру їхнього впливу на експлуатаційні характеристики СО, що дозволили встановити параметри адаптації ВДМ під час транспортування руди.

Показники взаємодії ВДМ з дорожнім покриттям визначались згідно з розрахунковою схемою (рис. 3), де основним параметром ВДМ у шахтових умовах було взято силу тяги F машини на викривлених у профілі та плані ділянках траси і довжину гальмівного шляху під час руху вниз.

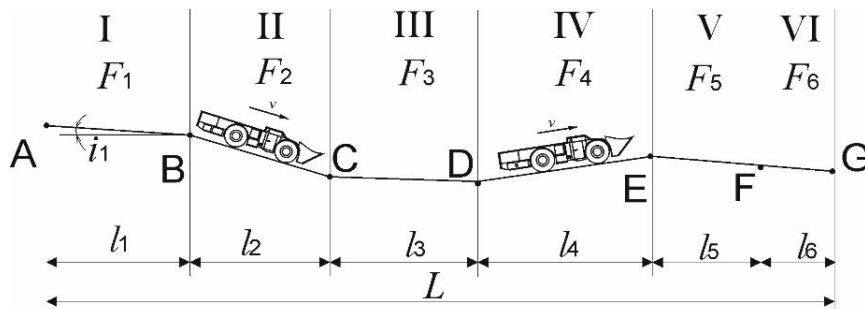


Рисунок 3 – Розрахункова схема визначення експлуатаційних параметрів ВДМ у підземних виробках зі знакозмінним профілем траси

Відповідно до зображених на схемі реальних ділянок шляху показники F_1, F_2, F_n , визначаються з урахуванням наступних чинників:

$$F_n = f(P, \alpha_n, \beta_n, l_n, w_n, v_n), \quad (1)$$

де P – зчіпна вага ВДМ, Н; α_n – кут зміни профілю траси на кожній ділянці відповідно, град; β_n – кут повороту траси на ділянці, град; l_n – довжина ділянки, м; w_n – коефіцієнт опору руху; v_n – швидкість руху машини на ділянці, м/с.

Експлуатаційні показники швидкості й часу руху навантаженої ВДМ визначалися послідовно стосовно кожної ділянки траси від вибою ($A - B$) до рудоспуску ($F - G$) та порожньої машини у зворотному напрямку. З урахуванням ваги завантаженої ВДМ, питомого ходового опору руху коліс з полотном дороги і реальних характеристик транспортних виробок на цих ділянках визначали також силу тяги F_k на ободі пневмоколіс, а саме:

$$F_k = G(\omega \pm i). \quad (2)$$

У процесі побудови моделі взаємодії ВДМ з шахтовим середовищем реальний профіль траси транспортної виробки $A, B, C \dots G$ розглядався як сукупність нерівностей – послідовно розташованих виступів і западин довільної форми. За основні параметри профілю траси було взято довжину нерівностей – S , висоту виступів – H_b , глибину западин – H_r ; A – відхилення між лівою і правою коліями (рис. 4).

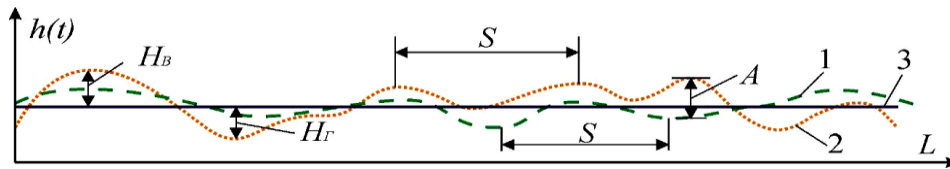


Рисунок 4 – Параметри нерівностей поверхні підшви гірничих виробок

Експериментально встановлено, що під час взаємодії ВДМ з нерівностями шахтної дороги в конструкції машини виникають коливальні процеси, зокрема вертикальні, горизонтальні й поперечні переміщення, а також деформації і прискорення. Згідно з експертною оцінкою показників надійності вузлів й агрегатів СО найменше напрацювання на відмову мають гідравлічна й паливна системи, а також механічна передача. Встановлені шляхом оцінювання типи й характеристики несправностей і трудомісткість їх усунення враховувались надалі при виборі раціональних методів і засобів технічної діагностики колісних видів СО.

Виявилось, що використання сформованого банку даних і галузевих методик вибору діагностичних параметрів для об'єктів безперервної дії дозволяє визначити в процентному відношенні міру відмов СО, тобто

$$k_o = \frac{\sum n_i}{N} 100 \%, \quad (3)$$

де n_i – кількість відмов цього виду СО; N – кількість відмов усіх видів СО.

Функціонування ВДМ нового покоління оцінювали через величину загальної ефективності обладнання ОЕЕ (Overall Equipment Effectiveness) k_{oee} , з огляду на критерії доступності, продуктивності й рівня якості роботи, тобто

$$k_{oee} = k_d \cdot k_e \cdot k_q, \quad (4)$$

де k_d – коефіцієнт доступності машини, визначений як відношення різниці загального часу її роботи й часу простоїв та маневрових операцій до загального часу роботи; k_e – коефіцієнт продуктивності, обчислений як відношення експлуатаційної продуктивності до теоретичної; k_q – коефіцієнт якості роботи машини.

Складові показника загальної ефективності обладнання наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Складові показника загальної ефективності ВДМ

| Коефіцієнт доступності | Коефіцієнт продуктивності | Рівень якості роботи |
|---|--|--|
| $k_d = \frac{t_r - t_k}{t_r} \quad (5)$ | $k_e = \frac{Q_e}{Q_t \cdot t_{3M}} \quad (6)$ | $k_q = \frac{V_b - V_{gm}}{V_b} \quad (7)$ |

У формулах таблиці використано такі показники: t_r – сумарне напрацювання ВДМ, хв; t_k – сумарний час простоїв ВДМ, хв; t_{3M} – час зміни; год; Q_e – експлуатаційна продуктивність з урахуванням усіх витрат робочого часу, у тому числі на відмови в роботі машин, т/год; Q_t – теоретична продуктивність ВДМ, яка обмежена її технічними можливостями, т/ год; V_{gm} – об’єм перевезеної руди за цикл, м³; V_b – об’єм ковша ВДМ, м³.

Порівняльне оцінювання експлуатаційних параметрів імпортного СО, запровадженого у практику вітчизняних підприємств, дозволили виявити ряд причин нестабільної роботи ВДМ, а саме: невідповідність конструктивних параметрів наявних транспортних виробок експлуатаційним показникам роботи ВДМ нового покоління; низький рівень технічного обслуговування та діагностування СО; незадовільний стан проїжджої частини транспортних виробок; високі коливання ВДМ в поперечній площині гірничої виробки; вагомі втрати часу продуктивної роботи ВДМ при ліквідації негабаритних шматків гірничої маси в межах очисного простору. Наведенні чинники було систематизовані та поділені на технічні, технологічні й організаційні, а результати обробки статистичних даних дали змогу сформуванню методичні принципи прогнозування ресурсу елементів ТТСР за їх експлуатаційної навантаженості.

У третьому розділі подано результати теоретичних досліджень з обґрунтування показників адаптації імпортних пневмоколісних ВДМ у підземних виробках складної конфігурації.

Мінливість напрямку й профілю підшви дільничних виробок, а також тип і якість їх дорожнього покриття, істотно впливають на швидкість пересування ВДМ, її технічний стан і продуктивність. У процесі руху ВДМ по шахтній дорозі зі знакомінним профілем виникають вертикальні й горизонтальні коливання та різного роду відхилення машини від заданого напрямку. Слід зауважити, що величини вертикальних і горизонтальних відхилень ВДМ залежать не тільки від стану траси але й від швидкості її руху.

Експлуатація ВДМ зі швидкістю, зазначеною в технічному паспорті, у виробках без дорожнього покриття потребує великих зазорів між габаритами машини і стінками виробок. Доведено, що при цьому значні горизонтальні відхилення ВДМ провокують ушкодження її кузовних частин, відновлення яких пов’язане з додатковими втратами часу корисної роботи машини.

Беручи до уваги вищевикладене, можна констатувати, що досягти планованих показників роботи ВДМ можливо шляхом реалізації їх потенційних технічних резервів, наукового обґрунтування конструктивних і силових

параметрів з урахуванням складних умов експлуатації та підвищення адаптаційної здатності цих машин за рахунок забезпечення їхньої поздовжньої та поперечної стійкості під час руху в підземних виробках.

ВДМ з пневмоколісним ходом зазвичай мають двосекційний варіант виконання, у якому наявні два шарнірні вузли. Опорами верхнього й нижнього пальців шарнірного з'єднання є роликові підшипники, які забезпечують складання рами в поперечній площині. Характерна особливість машин – можливість втрати стійкості саме в цій площині.

На рис. 5 зображено розрахункову схему ВДМ (вид спереду) згідно з якою виконано розрахункове обґрунтування її допустимої швидкості для визначення параметрів гірничої виробки.

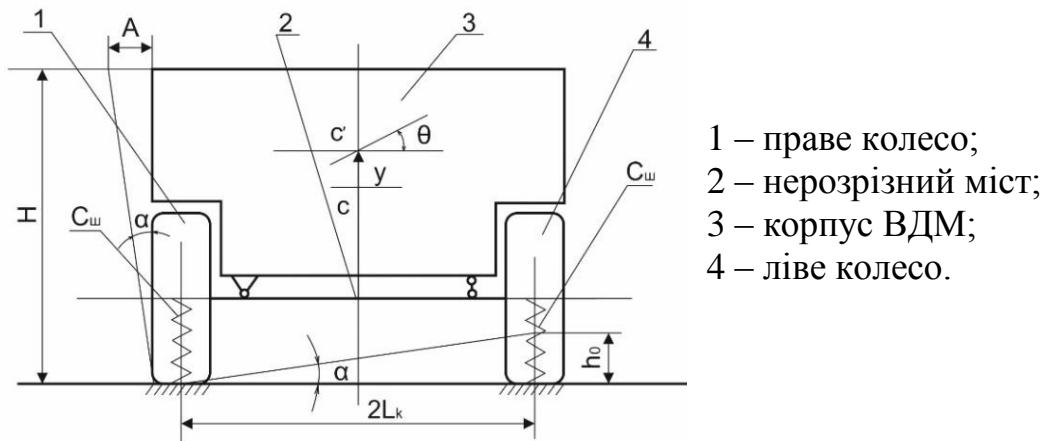


Рисунок 5 – Розрахункова схема ВДМ з нерозрізним мостом

Збурений рух машини описуємо у формі рівняння Лагранжа другого роду, за умови, що кінематичні збурення діють тільки ліворуч по ходу руху ВДМ,

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{dT}{dq_j} \right) - \frac{dT}{dq_j} = - \frac{d\Pi}{dq_j} + Q_j, \quad (8)$$

де T – кінетична енергія системи, Дж; Π – потенціальна енергія система, Дж; q_j – узагальнена координата, м (рад); Q_j – узагальнена сила неконсервативного походження, Н (Н·м).

У цьому випадку $\dot{q}_1 = y$, $\dot{q}_2 = \theta$, де y – вертикальне переміщення центра маси системи, θ – кут повороту машини в поперечній площині.

Кінетична енергія системи

$$T = \frac{m_c \dot{y}^2}{2} + \frac{I_c \dot{\theta}^2}{2} + \frac{m_c v^2}{2}, \quad (9)$$

де m_c – сумарна маса машини, кг; I_c – сумарний момент інерції машини відносно поздовжньої осі, що проходить через центр маси машини, кг·м²; v – швидкість руху машини, м/с.

Потенціальна енергія системи реалізується через енергію стиснутого повітря в пневматичних колесах і відповідає такому виразу:

$$\Pi = \frac{C_{ш}}{2} (y - L_k \theta)^2 + \frac{C_{ш}}{2} (y + L_k \theta - h_{л})^2, \quad (10)$$

де C_{uu} – радіальна жорсткість пневматичного колеса машини, Н/м; L_k – половина ширини колії машини, м; h_l – висота підйому лівого колеса нерозрізного моста на нерівностях синусоїдального профілю, м.

У другому розділі роботи при дослідженні профілю проїжджої частини транспортної виробки було встановлено, що в загальному вигляді висоту нерівності можна визначити таким чином:

$$h_l = h_o \sin \frac{2\pi x}{L_o}, \quad (11)$$

де h_o – амплітудне значення нерівності профілю подошви гірничої виробки, м; x – абсциса, що апроксимує функцію нерівностей подошви гірничої виробки, м; L_o – довжина синусоїди, яка апроксимує функцію нерівностей подошви виробки, м.

Якщо під час руху машини $x = vt$, то підйом лівого колеса набуває такого вигляду:

$$h_l = h_o \sin \frac{2\pi v}{L_o} t. \quad (12)$$

Нехтуючи силами неконсервативного походження, підставляємо вирази, що описують кінетичну й потенціальну енергію, у рівняння Лагранжа другого роду (8), а, об'єднавши їх, формулюємо перший диференціальний вираз, тобто

$$m_c \ddot{y} + 2C_{uu} y = C_{uu} h_l. \quad (13)$$

Аби вивести друге диференціальне рівняння повторимо операцію, тільки вже скориставшись кутами повороту машини в поперечній площині θ , та внаслідок об'єднання отриманих виразів маємо наступне рівняння:

$$I_c \ddot{\theta} + 2C_{uu} L_k^2 \theta = C_{uu} L_k h_l. \quad (14)$$

При цьому враховуємо, що вільні коливання ВДМ, відомі з початкових умов, через деякий час зникають, а залишаються тільки вимушені коливання.

Продовжуючи послідовні перетворення рівнянь, знаходимо умову втрати стійкості ВДМ з пружною підвіскою в поперечній площині за наявності асиметричних кінематичних збурень, а саме:

$$\frac{2C_{uu} L_k^2}{I_c} - \frac{4\pi^2 v^2}{L_o^2} = 0. \quad (15)$$

Із цього виразу розраховуємо допустиму (критичну) швидкість v_d , за якої настає втрата стійкості пневмоколійної ВДМ з нерозрізним мостом в поперечній площині під час її збуреного руху. Таким чином, допустима швидкість прямо пропорційна змінам довжини хвилі нерівностей дорожнього покриття гірничої виробки і радіальної жорсткості коліс та обернено пропорційна змінам моменту інерції ВДМ за наявності кінематичних збурень:

$$v_d = \frac{L_k L_o}{\pi} \sqrt{\frac{C_{uu}}{2I_c}}, \text{ м/с}. \quad (16)$$

Аналогічно було визначено показники допустимої швидкості ВДМ з пневмоколійним ходом та пружною підвіскою за наявності стабілізатора

поперечної стійкості. Отже, було доведено, що втрата стійкості ВДМ в зазначених умовах настає за наявності асиметричних кінематичних збурень.

Криві залежності допустимої швидкості ВДМ з пневмоколісним ходом та нерозрізним мостом, розрахованої за виразом (16), залежно від довжини хвилі нерівностей підшви виробки, побудовані за допомогою стандартних математичних методів та апроксимацією, зображені на рис 6.

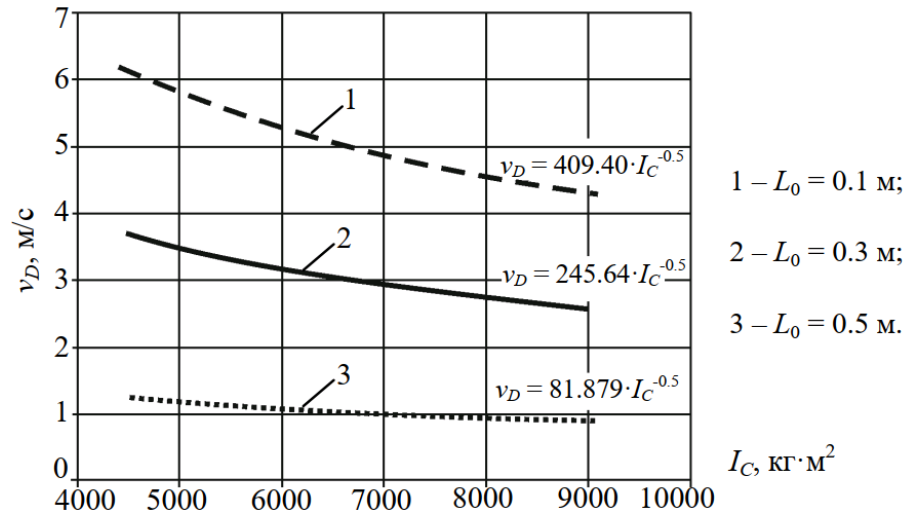


Рисунок 6 – Графік залежності допустимої швидкості вантажно-доставної машини від довжини синусоїди L_0 профілю дорожньої поверхні

Застосування математичної моделі руху ВДМ дозволяє визначити раціональні параметри конструктивних елементів самої ВДМ та характеристики профілю проїжджої частини, для подальшої перспективи створення високоадаптивного самохідного обладнання нового покоління оснащеного пружною підвіскою та стабілізаторами поперечної стійкості, при цьому встановлено, що допустима швидкість ВДМ за умови збуреного руху в поперечній площині змінюється за степеневим законом і залежать від величини моменту інерції ($I_c^{-0,5}$).

Четвертий розділ включає результати досліджень, спрямованих на обґрунтування параметрів енергозберігаючих схем доставки руди транспортно-технологічними комплексами самохідного обладнання.

Аналіз потенційних резервів технологічних схем рудникового транспорту із застосуванням самохідного обладнання свідчить, що попри високу вартість сучасних ВДМ, їх ефективне використання може бути досягнуто за умови адаптації цих засобів до реальних умов гірничого виробництва, тобто експлуатації без простоїв упродовж зміни із забезпеченням високого рівня обслуговування.

Згідно з програмою поетапного освоєння виробничої потужності уранових рудників, коли довжина транспортування руди від вибою блока до накопичувального рудоспуску $L \leq 500$ м., рекомендовано запровадити технологію доставки негабаритних шматків гірничої маси ківшовими ВДМ до рудоспуску і вивантаження їх на вібраційний грохот з механізмом для дробіння руди. Базовий варіант транспортно-технологічної схеми, що забезпечує перехід

від циклічної до циклічно-потокової організації гірничопідготовчих і очисних робіт на етапі підвищення виробничої потужності рудника з 0,5 до 1,2 млн. т руди на рік наведено на рис. 7.

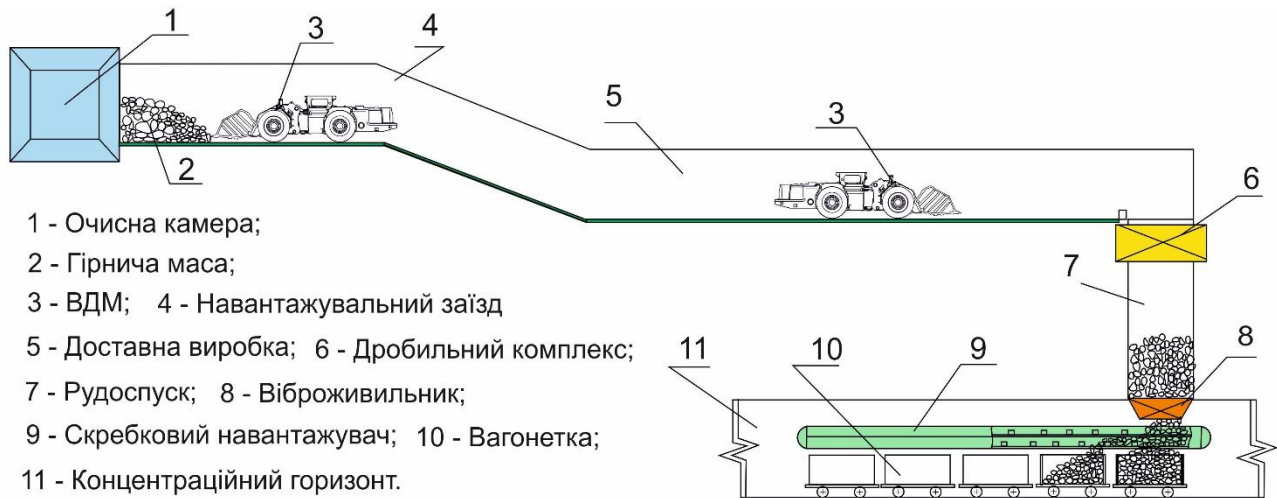


Рисунок 7 – Варіант удосконаленої транспортно-технологічної схеми доставки руди з очисної камери до концентраційного горизонту

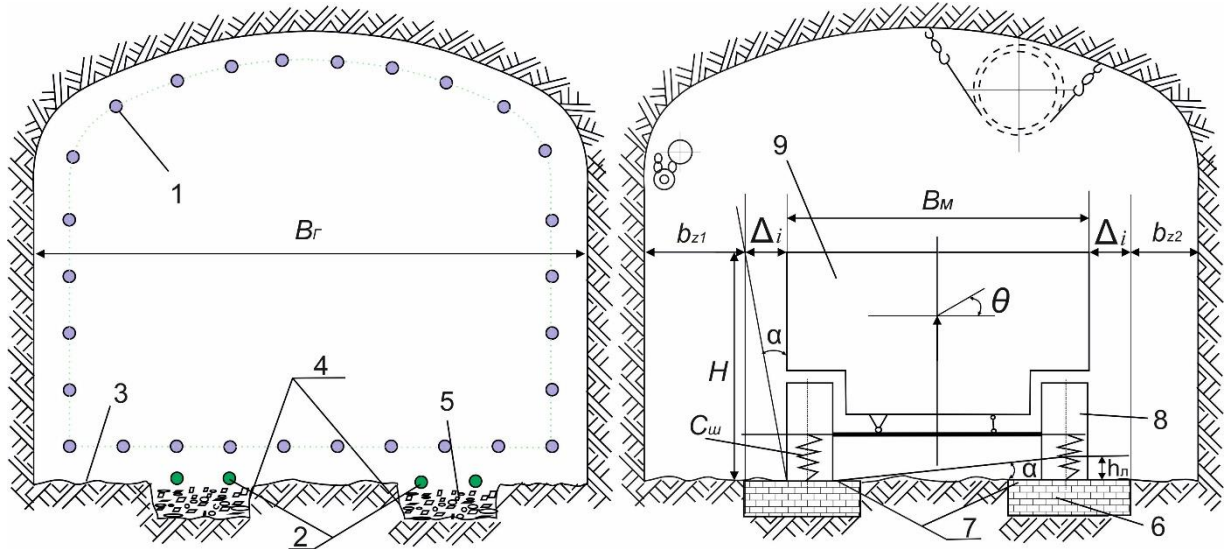
Враховуючи збільшені ємність ковша і підйомне зусилля ВДМ нового покоління негабаритні шматки руди, без попереднього дроблення в камерах, завантажуються в ківш машини разом з кондиційними шматками, доставляються до рудоспуску і розвантажуються на його вібраційний грохот. Таким чином, за рахунок усунення операцій по дробінню негабаритів в камерах, виведенню техніки і людей за межі дії вибухових робіт та провітрювання камер до 20% збільшується термін продуктивної роботи ВДМ і забезпечується своєчасне вивезення відбитої руди з очисного блоку.

Надалі кондиційні шматки руди потрапляють прямо у рудоспуск, а негабаритні руйнуються механізмом дробіння до кондиційного розміру і спрямовуються також у рудоспуск з подальшим випуском через віброживильник на скребковий навантажувач, який дозовано завантажує склад вагонеток рудою для доставки її локомотивами до приствольного двору.

Попри поширену нині в гірничій галузі тенденцію застосування високопродуктивних імпортних машин, спостерігається відсутність конструктивної ув'язки характеристик ВДМ нового покоління з параметрами навантажувальних заїздів і дільничних виробок очисного блоку.

З метою підвищення адаптаційної здатності ВДМ розроблено і рекомендовано до впровадження буропідривний спосіб проведення транспортних виробок з формуванням зміцненої проїжджої їх частини для перевезення руди комплексами самохідного обладнання.

Згідно з паспортом буропідривних робіт складається схема розміщення оконтурюючих шпурів (рис. 8), задаються параметри динамічної осі траси, лівої та правої смуг колії, а також контури боків виробки з урахуванням динамічних відхилень корпусу ВДМ за максимально допустимої швидкості руху.



1 – шпури для оконтурювання перетину виробки; 2 – шпури для формування траншей під колію; 3 – поверхня підшови виробки після БПР; 4 – траншеї для колії; 5 – підірвана порода; 6 – суміш, що тужавіє; 7 – покриття колії; 8 – колесо ВДМ; 9 – ВДМ.

Рисунок 8 – Технологія спорудження транспортних виробок для підвищення адаптаційної здатності ВДМ і продуктивності ТТС

Слід зазначити, що при спорудженні підземних транспортних виробок з одночасним формуванням проїжджої частини і колії, конструктивні параметри яких відповідають експлуатаційним характеристикам ВДМ і розміру покриття їх коліс, необхідно враховувати зазори Δ_d між стінками виробки і ВДМ при максимальному відхиленні її корпусу в поперечній площині:

$$\Delta_d = H \operatorname{tg} \theta_{\alpha 1} \quad (17)$$

де H – висота ВДМ, м; $\theta_{\alpha 1}$ – амплітудне значення кута відхилення машини в поперчній площині при жорсткій підвісці, яке отримуємо з виразу (14), рад.

$$\theta_{\alpha 1} = \frac{C_{ш} L_k h_o}{I_c \left(P_{\theta}^2 - \frac{4 \pi^2 v^2}{L_o^2} \right)} \quad (18)$$

де $P_{\theta}^2 = \frac{2 C_{ш} L_k^2}{I_c}$ – квадрат власної кругової частоти машини по узагальненій координаті θ , с^{-2} .

Таким чином, для підвищення адаптаційної здатності пневмоколісних вантажно-доставних машин нового покоління необхідно в діючих методиках визначення конструктивних параметрів підземних транспортних виробок додатково враховувати показник динамічного відхилення верхньої кромки кузова ВДМ в поперчній площині.

Крива залежності відхилення верхньої кромки кузова пневмоколісної ВДМ в поперчній площині при жорсткій підвісці нерозрізного моста від швидкості її руху зображена на рис. 9.

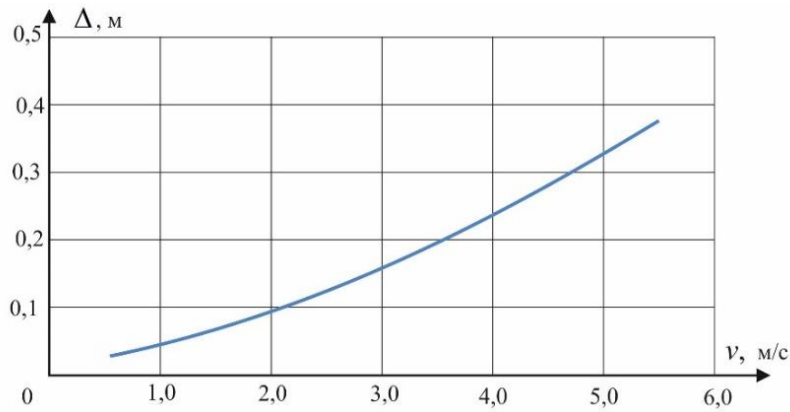


Рисунок 9 – Залежність відхилення верхньої кромки кузова ВДМ в поперчній площині від швидкості її руху

Удосконалення технологій спорудження транспортних гірничих виробок і підвищення адаптаційної здатності ВДМ, за рахунок інноваційних технічних рішень, дозволяють в сукупності знизити питомі витрати часу на доставку руди ВДМ та збільшити продуктивність самохідного обладнання і транспортно-технологічної системи рудника в цілому.

За результатами досліджень ТТСР із застосуванням СО можна констатувати, що робота ВДМ у комплексах транспортних засобів не тільки сприяє підвищенню їх експлуатаційної продуктивності, але й створює умови для переходу від циклічної до циклічно-поточної технології доставки уранової руди з очисних блоків. Встановлено, що на ділянках траси з спланованою поверхнею підшви гірничої виробки на 35 – 40% знижуються коливальні процеси СО в порівнянні з реальним профілем шляху, сформованим БПР. Рекомендоване технічне рішення щодо формування проїжджої частини транспортних виробок шляхом спорудження в підшві траншей для бетонування колії дозволить підвищити коефіцієнт зчеплення пневмоколів ВДМ з штучно утвореним дорожнім покриттям до нормативних показників та понизити опір руху вантажно-доставних машин. Практикою доведено, що за рахунок таких інноваційних рішень підвищується до 40% ресурс пневматичних шин і на 9 – 12% знижуються витрати пального та загазованість виробок.

Було доведено, що пропускна здатність гірничих виробок виступає головним чинником впливу на експлуатаційні показники ТТСР із застосуванням ВДМ і залежить від ширини проїжджої частини гірничих виробок та стану її дорожнього покриття, а також адаптаційної здатності транспортних машин до руху на криволінійних ділянках траси.

Розроблені схеми застосування комплексів СО з елементами інноваційних технічних рішень підтверджено патентами України і являють собою основу щодо проектування енергозберігаючої транспортно-технологічної системи для поетапного підвищення виробничої потужності рудників з розробки уранових родовищ підземним способом.

Розрахунковий річний економічний ефект від впровадження у виробництво технологічних рішень, які розроблені у дисертаційній роботі, в умовах Новокосятинівського рудника складе в середньому 2,2 млн. грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Дисертація є завершеною науковою роботою, у якій на підставі теоретичних висновків і результатів експериментальних досліджень виконано актуальне завдання, що полягає в обґрунтуванні експлуатаційних параметрів транспортно-технологічної системи рудника із застосуванням ВДМ нового покоління.

За результатами відображених у роботі досліджень можна зробити такі висновки і рекомендації:

1. Для поетапного підвищення виробничої потужності уранового рудника розроблено структурно-логічну схему виконання комплексних досліджень щодо підвищення ефективності діючої транспортно-технологічної системи уранового рудника за рахунок розробки ресурсо- і енергозберігаючих схем доставки руди комплексами самохідного обладнання та обґрунтування принципів дії, параметрів і конструкції ВДМ нового покоління в реальних умовах шахтного середовища.

2. Уперше виявлені й описані чинники, а саме пропускна здатність ГВ та продуктивність СО нового покоління, які визначають потенційні резерви й можливості підвищення ефективності транспортно-технологічної системи рудника шляхом адаптації ВДМ до змін умов експлуатації, що дозволило по результатам експертної їх оцінки описати в формалізованому виді процеси доставки руди в межах очисного блоку як взаємодіючу систему «ВДМ – ГВ» і рекомендувати напрями подальших інноваційних досліджень.

3. Уперше, з використанням математичної моделі процесу переміщення ВДМ у гірничих виробках складної конфігурації, отримано залежність допустимої швидкості машини, від конструктивних параметрів підземних транспортних виробок. Встановлено, що суттєве підвищення ефективності ТТСР в 1,3–1,7 рази може бути досягнуто за рахунок координації експлуатаційних показників складових елементів системи «ВДМ – ГВ».

4. Розроблена розрахункова модель робочого процесу ВДМ основана на динамічному навантаженні машини в залежності від дії зовнішніх факторів шахтного середовища. Встановлено, що за рахунок формування колій шахтної дороги підземних виробок, проведених БПР, до 35–40% зменшуються коливальні процеси корпусу ВДМ, підвищуються її швидкість на 30% та інтервали поточного ремонту вузлів і агрегатів.

5. По результатам досліджень безаварійної роботи та відмов вузлів і агрегатів гірничотранспортного самохідного обладнання розроблена методика оперативного виявлення дефектів та визначення категорій складності їх усунення, яка базується на фактичних показниках оцінки завантаженості ВДМ та частоті їх відмов в специфічних умовах розробки уранових родовищ. На підставі врахування часу усунення відказів і кількості працівників, що залучаються для їх відновлення, характерні відкази вузлів і агрегатів СО класифіковані по категоріям складності їх усунення на легкі (L), середні (M) і важкі (V) і складають основу для формування нормативно-методичної бази для

розробки експертної системи діагностування технічного стану ВДМ нового покоління.

6. В результаті моделювання процесів взаємодії елементів системи «ВДМ – ГВ» вирішена задача щодо встановлення адаптаційних показників ВДМ нового покоління в умовах інтенсифікації гірничих робіт. Доведено, що в реальних умовах шахтного середовища при довжині транспортування руди $L \leq 500$ м можливо досягти підвищення продуктивності ківшової ВДМ до 20% за рахунок впровадження технологічних схем доставки негабаритних шматків руди з навантажувального заїзду очисного блоку до рудоспуску і вивантаження її на віброгрохот з механізмом для дроблення.

7. Для підвищення адаптаційної здатності СО нового покоління при транспортуванні руди в межах експлуатаційного блоку обґрунтовані конструктивні параметри гірничих виробок з урахуванням статичних і динамічних критеріїв ВДМ, та розроблені рекомендації щодо обладнання їх пружною підвіскою розрізних мостів і стабілізаторами поперечної стійкості.

8. Для підвищення пропускної здатності підземних транспортних виробок розроблено спосіб спорудження проїжджої їх частини шляхом синхронного формування БПР перетину виробок і колійних траншей с послідовним насиченням їх твердючою сумішшю, характеристики яких відповідають штатним умовам експлуатації ВДМ нового покоління. Рекомендоване технічне рішення дозволить понизити подовжні і поперечні коливання ВДМ в 1,8 рази та опір їх руху, а також підвищити на 30% швидкість та коефіцієнт зчеплення пневмоколіс з сформованим дорожнім покриттям.

9. Встановлені критерії оцінювання складових показника загальної ефективності ТТСР та розроблені рекомендації щодо формування технічних, технологічних та організаційних заходів для удосконалення робочого процесу пневмоколісних ВДМ в реальних умовах розробки уранового родовища. Практикою підтверджено, що впровадження рекомендованих інноваційних технічних рішень щодо обладнання рудоспуску дробильним комплексом і доставкою до нього ВДМ негабаритних шматків руди з навантажувального заїзду, дозволить на 9 – 12% знизити витрати дизельного пального та загазованість виробок експлуатаційного блоку.

10. Розроблено практичні рекомендації у вигляді «Методики визначення пропускної здатності транспортно-технологічної системи рудника на базі застосування самохідного транспортного обладнання в криволінійних гірничих виробках із знакозмінним профілем шляху» і «Програми та методики визначення режимів роботи ВДМ нового покоління при транспортуванні руди в складних гірничотехнічних умовах розробки уранових родовищ».

**Основні положення дисертаційної роботи відображено в публікаціях
Статті у фахових виданнях та збірниках наукових праць**

1. Ширин Л.Н., **Інюткин І.В.** Особенности формирования транспортно-технологических систем подземных рудников с учетом адаптационных возможностей самоходного оборудования. *Науковий вісник Національного гірничого університету*. 2009. № 9. С. 66–68.

2. **Інюткин І.В.**, Расцветаев В.А., Ширин А.Л. Оперативно-производственное управление техническим состоянием транспортно-технологических схем горнорудных предприятий. *Вісник Криворізького Національного університету*. 2017. № 44. С. 38–43.

3. **Iniutkin I.** and Shyrin L. Substantiating operational parameters of load-haul-dumpers in the context of irregular-shaped underground mine workings *Ukrainian School of Mining Engineering*. 2018. Vol. 60. P. 9. (Web of Science).

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000036>

4. **Інюткін І.В.**, Ширін Л.Н, Сергієнко М.І., Ширін А.Л. Удосконалення методів контролю та діагностики технічного стану самохідного транспортно-технологічного обладнання гірничих підприємств. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2019. № 3. С. 94–103.

<https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2019.196393>.

5. Ширін Л.Н., **Інюткін І.В.**, Ширін А.Л. Напрями удосконалення методики оцінки експлуатаційних показників вантажно-доставних машин при розробці уранових родовищ. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2020. № 62. С. 112–125.

<https://doi.org/10.33271/crpnmu/62.112>

Публікації апробаційного характеру:

6. Інюткін І.В. Транспортно-технологічні показники системи поетапного освоєння запасів руди Новокостянтинівського родовища. *Наукова весна –2010: матеріали першої наук.-техн. конф. студентів, аспірантів і молодих учених НГУ (м. Дніпропетровськ, 20 трав. 2010 р.)* Дніпропетровськ, 2010. С. 25–26.

7. **Інюткин І.В.**, Сикора Е.И., Киселева И.В. Перспектива применения автотранспортного съезда для эффективной эксплуатации самоходного оборудования на Желтореченском месторождении железных руд. *Наукова весна–2011: матеріали другої наук.-практ. конф. студентів, аспірантів і молодих учених НГУ (м. Дніпропетровськ, 25 берез. 2011 р.)* Дніпропетровськ, 2011. С. 34–35.

8. Ширін Л.Н., Коптовець О.М., **Інюткін І.В.** Обгрунтування заходів удосконалення діючої схеми транспорту Новокостянтинівського рудника для адаптації її до поетапного освоєння запасів руди. *Проблеми горного дела и экологии горного производства: матеріали V міжнародної наук.-практ. конф. (м. Антрацит, 14–15 трав. 2010 р.)* Антрацит, 2010. С. 48–53.

9. Ширин Л.Н., Коровяка Е.А., **Інюткин І.В.** Обоснование рациональных параметров транспортных выработок для эффективного применения самоходной техники. *Форум гірників –2010*: матеріали міжнародної наук.-практ. конф. (м. Дніпропетровськ, 21-23 жовт. 2010 р.) Дніпропетровськ, 2010. С. 172–175.

10. Інюткін І.В. Тенденції розвитку транспортно-технологічних процесів розробки уранових родовищ з застосуванням самохідного обладнання нового покоління. *Science and practice of today*: матеріали ІХ міжнародної наук.-практ. конф. (м. Анкара, Туреччина, 16–19 листоп. 2020 р.), Анкара, Туреччина, 2020. С. 641–644.

Додаткові публікації:

11. **Інюткін І.В.**, Ширін Л.Н., Коптовець О.М., Денищенко О.В. Патент на винахід : Пристрій для завантаження партії вагонеток сипучим матеріалом: пат. 92847 Україна. № а200905215; заявл. 25.05.2009; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23, 2010.

12. **Інюткін І.В.**, Ширін Л.Н., Коровяка Є.А. Патент на винахід: Спосіб розробки рудних родовищ: пат. 93567 Україна. № а200902268; заявл. 16.03.2009; опубл. 25.02.2011, Бюл. № 4. 2011.

13. **Інюткін І.В.**, Ширін Л.Н., Троцило В.С., Бобильов О. О. Патент на на корисну модель: Спосіб розробки рудних родовищ: пат. 90715 Україна. № u201314766; заявл. 16.12.2013; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 11. 2014.

АНОТАЦІЯ

Інюткін І.В. Підвищення ефективності транспортно-технологічної системи рудника шляхом адаптації самохідного обладнання до змін умов експлуатації. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.12 – промисловий транспорт. – Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, Дніпро, 2020.

Дисертаційну роботу присвячено виконанню науково-технічного завдання з виявлення потенційних резервів підвищення ефективності транспортно-технологічної системи рудника та визначенню факторів адаптаційної здатності ківшових вантажно-доставних машин нового покоління в специфічних умовах шахтного середовища шляхом комплексного урахування впливу гірничотехнічних і технологічних чинників на їх експлуатаційні характеристики.

Проаналізовано досвід застосування самохідного обладнання з пневмоколісним ходом при формуванні енергозберігаючих транспортно-технологічних систем рудників з розробки уранових родовищ підземним

способом, що відрізняються від традиційних, високими експлуатаційними показниками і адаптаційною здатністю.

Для підвищення адаптаційної здатності самохідного обладнання нового покоління в складних умовах шахтного середовища визначено конструктивні та експлуатаційні параметри підземних гірничих виробок з урахуванням статичних і динамічних критеріїв ВДМ з пружною підвіскою і стабілізаторами поперечної стійкості.

З використанням математичної моделі процесу переміщення ВДМ у гірничих виробках визначено допустиму швидкість машини, яка враховує її експлуатаційні показники та параметри траси підземних виробок.

Встановлено складові показника загальної ефективності самохідного обладнання. На підставі автоматизованого збору та обробки інформації про технічний стан колісних вантажно-доставних машин та експертної оцінки ресурсних показників вузлів і деталей за ознакою частоти їх виходу з ладу встановлено, що в умовах сьогодення діагностування технічного стану самохідного гірничотранспортного обладнання імпортного виробництва є складним комплексним завданням, що потребує створення відповідних сучасних методів та використання вимірювального обладнання з додатковим програмним забезпеченням.

Обґрунтовано параметри транспортно-технологічної системи рудника шляхом визначення її пропускної здатності й удосконалення режимів роботи ВДМ нового покоління під час транспортування руди в складних гірничотехнічних умовах розробки уранових родовищ.

Ключові слова: транспортно-технологічна система рудника, показник загальної ефективності обладнання, адаптація вантажно-доставної машини, допустима швидкість, діагностування технічного стану.

ABSTRACT

Iniutkin I.V. Enhancing the effectiveness of the transportation technology system of mine by the way of adaptation of self-propelled equipment to changing the conditions of exploitation. – Manuscript.

The thesis for the degree of Candidate of Engineering Sciences (Doctor of Philosophy), specialty 05.22.12 – Industrial transport (27 – Transport Technology) Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro, 2020.

The dissertation is devoted to the decision of a scientific and technical problem on establishment of potential reserves of improving efficiency of transportation technology system of a mine and identification of adaptive capacity factors of LHD new generation in specific conditions of the mine environment by comprehensive consideration of the impact of mining and technological factors on their operational productivity.

The experience of using self-propelled equipment with pneumatic wheels in the formation of energy-saving transport and technological systems of mines for the development of uranium deposits in the underground way, differing from traditional, high performance and adaptability.

The factors that determine the potential reserves and opportunities to increase the efficiency of the transport and technological system of the mine for the development of uranium deposits by adapting trucks to changes in operating conditions are identified and described.

The components of the indicator of the general efficiency of self-propelled equipment are established. Based on the automated collection and processing of information on the technical condition of wheeled trucks and expert assessment of resource indicators of components and parts on the basis of the frequency of their failure, it is established that in today's diagnosis of technical condition of self-propelled mining equipment is a complex task. requires the creation of appropriate modern methods and the use of measuring equipment with additional software.

Using a mathematical model of the process of moving LHD in mine workings under conditions of perturbed motion in the transverse plane, the allowable speed of the machine is determined, which varies according to the power law and depends on the moment of inertia of the sprung parts of the machine relative to the longitudinal axis.

In order to improve the organization and quality of maintenance and repair of mining equipment, taking into account the conditions of development of uranium deposits, a program and methodology for monitoring the technical condition of used self-propelled equipment and a minimum amount of repairs that ensure its trouble-free operation in difficult operating conditions.

The program was based on the idea of automated collection and processing of information on the technical condition of LHD of imported production for expert assessment of resource performance of components and parts on the frequency of their failure. According to the program, the failure rate of units and aggregates of self-propelled equipment was set based on the processing of urgent applications of enterprises for the supply of spare parts for their repair.

In work has been parameters of the transport and technological system of the mine are substantiated by determining its capacity and improving the modes of operation LHD of the new generation during transportation ore in difficult mining conditions of uranium deposits development.

Key words: Transportation Technology System of the mine, Indicator of the Overall Equipment Effectiveness, Adaptation of the LHD, Admissible Speed of the LHD, Diagnosing of a Technical Condition.

ІНЮТКІН ІВАН ВОЛОДИМИРОВИЧ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ
СИСТЕМИ РУДНИКА ШЛЯХОМ АДАПТАЦІЇ САМОХІДНОГО
ОБЛАДНАННЯ ДО ЗМІН УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Формат 210×297 мм. Др. арк. 6 лист. з 2-х сторін
Тираж 60 пр. Зам. № 211
Центр оперативної поліграфії ТОВ “ВІП-ІНВЕСТ”

Довідка АА № 651053 КВЕД-2010 18.13 Виготовлення друкарських форм і
надання поліграфічних послуг від 03.09.2012
Адреса оперативної поліграфії:
вул. О. Гончара 4, Дніпро, 49600