

будівельних комплексів та урбаністики – 2019, Міжвузівська науково-практична конференція молодих вчених та студентів, Кривий Ріг, 19 квітня 2019 р. С.20-22

7. **Клименко С. А.** Концепция повышения износостойкости и производительности инструмента, оснащенного ПСТМ на основе КНБ / С. А. Клименко, М. Ю. Копейкина // Процеси механічної обробки в машинобудуванні. – 2009. – Вип. № 6. – С. 119–129.

8. **Кіяновський М. В., Цивінда Н. І.** Виробничі дослідження стійкості інструментальних матеріалів при обробці деталей гірничо-металургійного комплексу // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – Вип. 26. – С. 360–366.

9. **Цивінда Н. І.** Оцінка ефективності методів статистичного аналізу для діагностики станів ріжучої кромки пластин з КНБ при обробці високомарганцевих сталей / Н. І. Цивінда // Наукові нотатки. – Луцьк, 2011. – Вип. 32. – С. III Міжнародній науково-практичній конференції «Теоретичні і експериментальні дослідження в технологіях сучасного матеріалознавства та машинобудування» (м. Луцьк, ЛНТУ, 2011)

10. **Цивінда Н.І., Кіяновський М.В., Петров С.О.** Забезпечення розмірної стійкості інструмента при обробці великогабаритних деталей оболонкового типу з твердосплавним покриттям поверхонь підвищеної точності // Сучасні технології в промисловому виробництві. Науково-технічна конференція. Матеріали конференції, м. Суми, 2015р.- С.34-35.

11. **Кіяновський М. В., Цивінда Н. І., Третяк В. В.** Експериментальні дослідження керування стійкістю ріжучої кромки інструментів із ПСТМ/ М.В. // ADDITION FOR PROCEEDINGS XXVIII INTERNATIONAL CONFERENCE «NEW LEADING TECHNOLOGIES IN MACHINE BUILDING» Научное издание. Труды Двадцать восьмой международной конференции «Новые технологии в машиностроении» KOBLEVO – KHARKOV, UKRAINE SEPTEMBER 2 – 8 2018 COLLECTION OF THE SCIENTIFIC PAPERS, KOBLEVO – KHARKOV, 2018– С.8-10.

Рукопис подано до редакції 05.04.2021

УДК 629.083:656.13

В.І. ПАХОМОВ, канд. техн. наук, доц., І.В. ГІРІН, ст. викл.,
В.Ю. ТИЩЕНКО, наук. співроб., О.А. ЖАЛДАЧЕНКО, студ.
Криворізький національний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ

Мета. Основною метою роботи є встановлення закономірностей, що пов'язують гірничотехнічні умови експлуатації кар'єрних автосамоскидів з організаційними заходами їх використання для обґрунтування методів управління їх ресурсом в екстремальних умовах ведення гірських робіт, що дозволить підвищити ефективність транспортних систем в процесі розвитку кар'єра.

Методи дослідження. У роботі використовувався комплексний метод досліджень, що включає аналіз і наукове узагальнення науково-технічної інформації. Застосовані програмно-цільовий метод, логічний і математичні методи, на яких базувалася методологія теоретичних досліджень роботи. На підставі аналізу досліджень розглянута ефективність використання нових технічних рішень, спрямованих на підвищення продуктивності кар'єрного автомобільного транспорту. Також застосовується ряд приватних методів: структурно-статистичний і програмно-цільовий аналіз, гіпотетичний і аксіоматичний методи, а також метод інтерпретації

Наукова новизна. Наукову цінність представляють: - запропонована класифікація умов експлуатації систем кар'єрного автотранспорту по комплексному критерію, заснована на структурному взаємозв'язку науково-технічних рішень щодо забезпечення ефективності системи кар'єрного автотранспорту глибоких кар'єрів; - методичні засади оцінки і формування якості кар'єрних самоскидів, а також вибору оптимальної моделі для конкретних гірничотехнічних умов експлуатації; - встановлені кількісні значення і закони розподілу показників надійності автосамоскидів, використання яких в методиці розрахунку продуктивності вантажно-транспортних комплексів дозволяє обґрунтовано визначати необхідну кількість обладнання і ймовірність виконання виробничої програми кар'єра при оперативному плануванні.

Практична значимість роботи полягає в тому, що розроблена методика збору та обробки інформації, що дозволяє враховувати працездатність кар'єрного автотранспорту в заданих гірничотехнічних умовах з урахуванням схеми розстановки і типу автомобілів-самоскидів. На підставі методики структурно-статистичного аналізу виявлено деталі і вузли, що лімітують надійність кар'єрних автосамоскидів.

Результати: розроблені алгоритмічне забезпечення та методика оптимізації ефективності експлуатації великовантажних автосамоскидів і якості організації транспортного процесу, впровадження яких в умовах ПрАТ «Північний ГЗК» дозволять скоротити до мінімуму втрати робочого часу на виконання допоміжних операцій і зменшити в 1,2 рази загальне число постів ТО і ТР, а також збільшити коефіцієнт використання календарного фонду часу на 14-17%.

Ключові слова: великовантажні автосамоскиди, організація допоміжних робіт, внутрішньокар'єрний пункт.

doi: 10.31721/2306-5451-2021-1-52-58-64

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Процес транспортування гірничої маси автомобілем-самоскидом складається з повторюваних циклів. Крім операцій, що входять в цикл перевезень гірської маси, слід виділити операції, що належать до змінного циклу експлуатації автомобілів-самоскидів. До цих допоміжних операцій відносяться подача автомобіля з автотранспортного цеху для роботи в кар'єрі і повернення в нього, згідно добовому режиму роботи кар'єра. Автомобіль-самоскид заправляють паливом при подачі його з автотранспортного цеху або при поверненні в нього, а також при роботі в кар'єрі.

Процеси підтримки працездатності та експлуатації автомобілів-самоскидів великої вантажопідйомності при відпрацюванні глибоких горизонтів кар'єрів характеризуються такими особливостями:

через скорочення парку машин в значній мірі втрачаються властивості однорідності і масовості при виконанні ТО і ТР;

зі збільшенням глибини кар'єру і погіршенням гірничотехнічних умов експлуатації безперервно зростає питома вага ремонтно-профілактичних робіт, що призводить до скорочення тривалості перебування автомобілів-самоскидів в роботі, а також зростає нерівномірність вимог на виконання ремонтних робіт;

разом зі збільшенням обсягів робіт по ТО і ТР автомобілів-самоскидів зростає тривалість підготовчо-допоміжних операцій і втрати робочого часу, обумовлені збільшенням віддаленості місця роботи автомобілів від автотранспортного цеху.

Збільшення сумарної трудомісткості ТО і ТР автомобілів-самоскидів викликано не тільки ускладненням гірничотехнічних умов експлуатації, але також і недосконалою організацією експлуатації автотранспортних засобів. У цих умовах витрати змінного часу на щозмінне обслуговування, заправку паливом, на ТО, ТР і очікування ремонту потрібно оптимізувати. Комплексна оцінка всього процесу експлуатації автосамоскидів в даний час відсутня, але ж саме вона дозволила б істотно поліпшити техніко-експлуатаційні показники роботи кар'єрного автотранспорту і забезпечити обґрунтоване їх планування.

Аналіз досліджень і публікацій. Науковим вирішенням завдань щодо запропонованих в статті питань займалися багато вчених: А.А. Кулешов, Ю.А. Монастирський, В.В. Кривда, Е.В. Горшков, П.В. Артмане, В.П. Смирнов, М.В. Дадонов, А.Ф. Клебанов, А.В. Буянкін, І.А. Луйк, І.В. Кузнецов і багато інших фахівців. У роботах цих авторів вирішуються питання підвищення ефективності експлуатації великовантажного автотранспорту, розробки і вдосконалення методів проведення ТО і ремонту кар'єрних автосамоскидів з урахуванням капіталомісткості цих процесів. Однак аналіз перерахованих робіт показав, що до теперішнього часу немає економічно обґрунтованих рекомендацій по методиці організації допоміжних робіт кар'єрного автотранспорту, які враховують гірничотехнічні умови експлуатації і типаж рухомого складу, що застосовується при транспортуванні гірської маси.

Постановка завдання. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувалися наступні завдання:

виявлення пріоритетних напрямків підвищення рівня якості експлуатації парку кар'єрних автосамоскидів і перевірка ефективності їх реалізації у виробничих умовах на гірничодобувних підприємствах Кривбасу;

обґрунтування номенклатури показників якості експлуатації кар'єрних автосамоскидів, які враховують специфіку їх роботи в залежності від гірничотехнічних умов;

розробка методики науково-обґрунтованого планування і прогнозування основних техніко-експлуатаційних показників роботи кар'єрних автосамоскидів в умовах ведення відкритих гірничих робіт на рудниках Кривбасу.

Викладення матеріалу та результати. Максимальна ефективність при перевезенні гірської маси автомобілями-самоскидами з глибоких горизонтів кар'єрів може бути досягнута за рахунок раціональної організації основних (навантаження, транспортування, розвантаження) і допоміжних операцій.

Проектуванню режимів експлуатації автомобілів-самоскидів повинна передувати розробка різних варіантів організації допоміжних робіт з урахуванням конкретних гірничотехнічних умов. Варіанти організації допоміжних робіт повинні передбачати скорочення нульового пробігу автомобілів, усунення непродуктивних витрат праці на щозмінне технічне обслуговування,

заправку пально-мастильними матеріалами, заміну автошин і перезмінок водіїв автомобілів-самоскидів.

Найважливішим елементом розробки раціональної організації допоміжних робіт є створення спеціального внутрішньокар'єрного пункту. Внутрішньокар'єрні пункти для великовантажних автомобілів-самоскидів в зоні кар'єру призначені для заправки пально-мастильними матеріалами, щозмінного технічного обслуговування, деяких видів ремонту, заміни автошин, прийому і здачі зміни водіїв.

Залежно від призначення і обсягу виконуваних робіт внутрішньокар'єрним пункти можуть бути відкритими або в виробничому корпусі, а в залежності від кількості автомобілів-самоскидів можуть бути одно- і багатопостовими.

На глибоких горизонтах кар'єрів одним з найбільш обмежених технологічних умов є ширина робочих майданчиків. Мінімальна ширина площадки для пристрою багатопостового внутрішньокар'єрного пункту визначається габаритними розмірами автомобілів-самоскидів і схемою їх розміщення (рис. 1) і розраховується за формулою

$$B_{\min} = \frac{B_a \cdot K_p}{K_{np}}, \quad (1)$$

де B_a - габаритна ширина автомобіля, м; K_p - коефіцієнт, що враховує число рядів розміщення автомобілів-самоскидів і схему їх розміщення на майданчику; K_{np} - коефіцієнт приведення, що враховує проїзди і захисну зону, рівний $0,3 \div 0,4$.

Мінімальна ширина майданчика для створення внутрішньокар'єрного пункту з урахуванням схеми розстановки і типу автомобілів-самоскидів приведена в табл. 1.

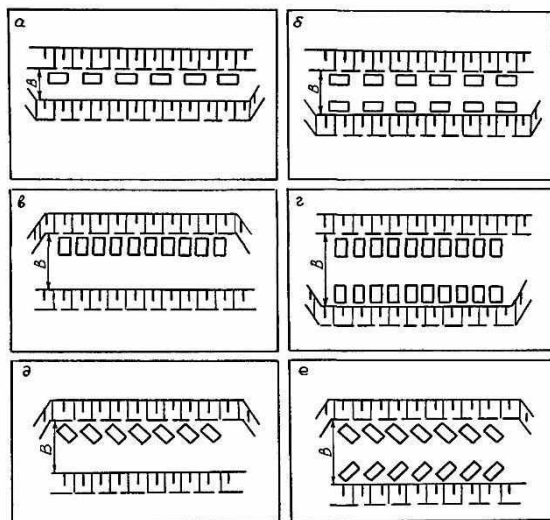


Рис. 1. Схеми розміщення автомобілів-самоскидів на майданчику для перезміни водіїв: а, б – поздовжня одно- і дворядна; в, з – поперечна одно- і дворядна; д, е – діагональна одно- і дворядна

Таблиця 1

Розстановка автомобілів-самоскидів		Мінімальна ширина площадки для внутрішньокар'єрного пункту				
		Вантажопідйомність автомобіля-самоскида, т				
		Коефіцієнт розстановки, K_p	75	110	130	180
Поздовжня	однорядна	1,0	14,8	17,4	18,5	21,8
	дворядна	1,25	18,6	21,8	22,9	27,3
Поперечна	однорядна	2,0	29,6	34,9	36,6	43,6
	дворядна	2,5	37,0	43,6	45,7	54,6
Діагональна	однорядна	1,9	28,0	33,1	34,7	41,5
	дворядна	2,25	33,3	39,2	41,4	49,1

Необхідна площа для внутрішньокар'єрного пункту визначається за виразом

$$F_{в.п} = N_M \cdot f_a + N_{об} \cdot f_{об} + f_n, \quad (2)$$

де N_M - кількість машино-місць, які влаштовуються на внутрішньокар'єрному пункті; f_a - площа в плані на один автомобіль-самоскид, m^2 ; $N_{об}$ - кількість технологічного обладнання, що розміщено на внутрішньокар'єрному пункті; $f_{об}$ - середня площа на одиницю технологічного обладнання, m^2 ; f_n - площа, відведена під проїзди, маневрування і захисну зону, визначається з виразу

$$f_n = \frac{N_M \cdot f_a}{K_{np}}. \quad (3)$$

На внутрішньокар'єрному пункті розміщення заправного устаткування виконується відповідно до розроблених схем, які представлені на рис. 2. Для захисту від розльоту окремих шматків підірваної породи це обладнання необхідно заглиблювати в ґрунт, обвалювати піском або перекривати захисною металевою сіткою.

Необхідна довжина внутрішньокар'єрного пункту визначається за формулою

$$L_{B.П} = \frac{F_{B.П}}{B_{\min}} \quad (4)$$

Будівництво внутрішньокар'єрного пункту обумовлює виконання додаткових робіт з розкриття, обсяги яких визначаються за формулою

$$\Delta Q_B = B_{\min} \cdot L_{B.П} \cdot K_{y\delta} \cdot h_y \cdot n_y, \quad (5)$$

де $K_{y\delta} = L_{y\delta} / L_{B.П}$ - коефіцієнт удлиннения, учитывающий увеличение длины площадки, вызванной уширением рабочей площадки при подборе уступа экскаватором; $K_{y\delta}$ - коэффициент удлинения, учитывающий увеличение длины площадки, вызванное уширением рабочей площадки при подборе уступа экскаватором; h_y - висота уступу; n_y - кількість вище розташованих уступів.

Розроблена конструкція однопостового внутрішньокар'єрного пункту, на якому можливе виконання до 26-30% обсягу робіт з технічного обслуговування автомобілів-самоскидів, представлена на рис. 3. Так як габаритні розміри однопостового пункту становлять $15 \times 12,5$ м, то його розміщення на глибоких горизонтах зумовить мінімум додаткових обсягів розкриття.

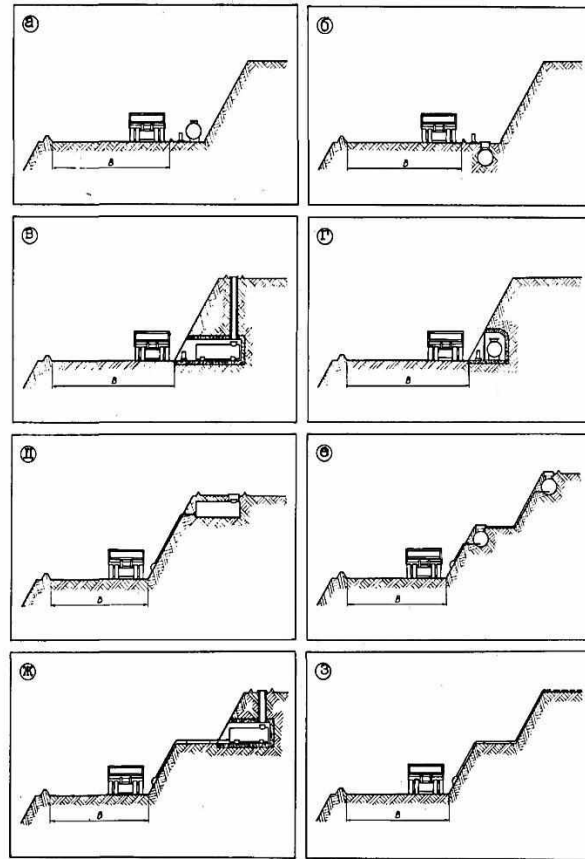


Рис. 2. Схеми розташування обладнання для заправки паливом автомобілів-самоскидів на внутрішньокар'єрному пункті: а, б, в, з – з примусовою роздачею палива; д, е, ж, з – з самопливною роздачею палива

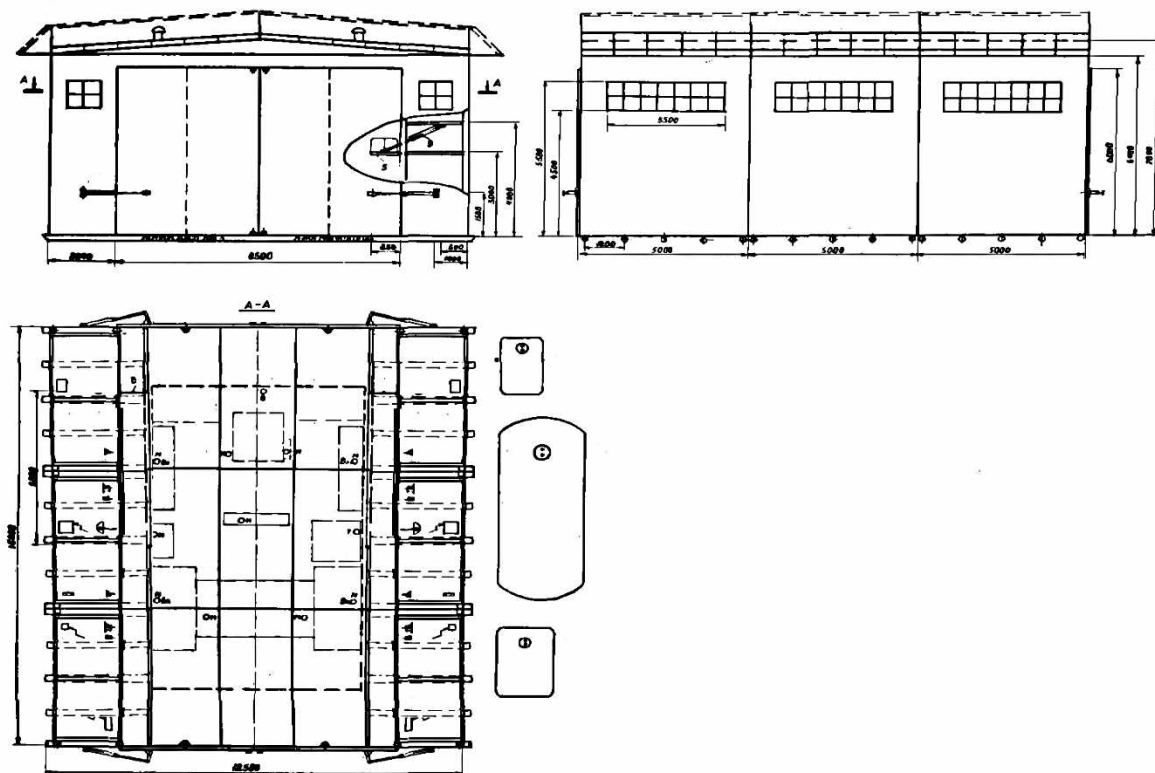


Рис. 3. Загальний вигляд і планування однопостового внутрішньокар'єрного пункту

При доопрацюванні кар'єра, а також в умовах відсутності на глибоких горизонтах майданчиків необхідних розмірів, розроблений внутрішньокар'єрний пункт, який може розміщуватися в борту кар'єра. Конструкція цього пункту представлена на рис. 4. Цей спосіб розміщення внутрішньокар'єрного пункту дозволяє звести до мінімуму додаткові обсяги розкривних робіт

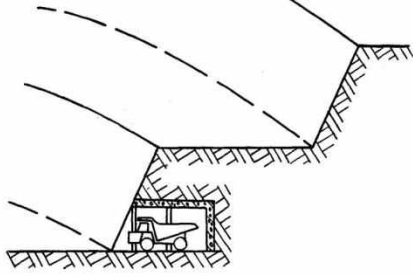


Рис. 4. Однопостовий пункт у борті кар'єра

При великих просторових розмірах кар'єра витягнутої форми доцільно влаштовувати два внутрішньокар'єрних пункти поруч з протилежними виїзними траншеями. Розроблені конструкції внутрішньокар'єрних пунктів дозволяють у міру розвитку гірничих робіт здійснювати їх перенесення на нижче розташовані горизонти протягом 15-20 днів.

Виконані дослідження організації експлуатації автомобілів-самоскидів в умовах глибоких кар'єрів дозволяють порівняти результати реальної системи і імітаційної моделі, які представлені на рис. 5 у вигляді залежності зміни коефіцієнта використання календарного часу автотранспорту від глибини кар'єра.

Особливістю встановленої залежності є взаємозв'язок тривалості перебування автомобілів в роботі з тривалістю перебування в обслуговуванні, ремонті і простоях з організаційних причин. Так скорочення нульових пробігів при створенні внутрішньокар'єрного пункту для допоміжних робіт викликає збільшення часу перебування автомобілів-самоскидів в роботі, однак, дещо менше (графік 2, рис. 5), ніж отримано за імітаційної моделі (графік 3). Так як тривалість перебування автомобілів-самоскидів в різних станах збалансована в часі, то збільшення часу їх в роботі викличе відповідне збільшення часу перебування їх в технічному обслуговуванні і поточному ремонті. Тому реальні резерви використання в часі автотранспорту відповідно до імітаційної моделі будуть менше теоретично можливих показників на величину різниці між графіками 3 і 2.

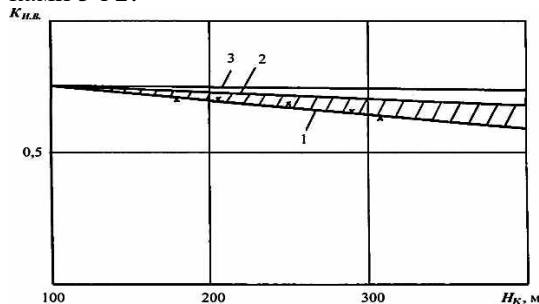


Рис. 5. Залежність зміни коефіцієнта використання календарного фонду часу автомобілів-самоскидів $K_{u,в}$ від глибини кар'єра H_k : 1 – фактична робота автотранспорту з організацією допоміжних робіт у автотранспортному цеху; 2 – фактична робота автотранспорту з організацією допоміжних робіт на внутрішньокар'єрному пункті; 3 – за результатами імітаційної моделі з організацією допоміжних робіт на внутрішньокар'єрному пункті

Порівняння результатів імітаційної моделі і реальної системи показують, що розбіжність становить 2,5%.

Встановлені залежності режимів експлуатації автомобілів-самоскидів від глибини кар'єра, а також виявлені потенційні резерви автомобільного транспорту дозволяють стверджувати, що використання на нижніх горизонтах розробленого внутрішньокар'єрного пункту для виконання допоміжних операцій дозволяє підвищити річну продуктивність автомобілів-самоскидів на 13-15%.

Висновки і напрямок подальших досліджень. Забезпечення раціонального змінного режиму експлуатації автомобілів-самоскидів вимагає організаційних умов, при яких скорочуються до мінімуму втрати робочого часу на виконання допоміжних операцій, деякої частини робіт технічного обслуговування, ремонту і перезміни водіїв. Це досягається створенням на нижніх горизонтах кар'єра спеціального внутрішньокар'єрного пункту.

Моделювання експлуатації автотранспорту за вихідними даними Північного ГЗК як систем масового обслуговування і оптимізації багатопараметричних систем методом найшвидшого спуску показує, що найкращим варіантом організації експлуатації автомобілів-самоскидів в умовах глибоких кар'єрів є організація з використанням внутрішньокар'єрного пункту для виконання допоміжних операцій. При наявності такого внутрішньокар'єрного пункту сумарні питомі приведені витрати на одне обслуговування знижуються на 4,4%.

Реалізація кращого варіанту організації експлуатації автотранспорту в умовах Північного ГЗК дозволила зменшити в 1,2 рази загальне число постів ТО і ТР і збільшити коефіцієнт використання календарного фонду часу на 14-17%. Це дозволило підвищити на 13-15% річну продуктивність автотранспорту та знизити собівартість 1 ткм на 10-12%.

Список літератури

1. **Монастырский Ю.А.** Современное состояние технологического автотранспорта железорудных карьеров / **Ю.А. Монастырский, А.С. Вивчарык, И.В. Бондарь, Т.А. Климов** // Новітні шляхи створення, технічної експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів: всеукраїнської наук.-практ. конф., 8-11 вер. 2015 р.: збірник тез доповідей. – Одеса, 2015. – С. 165-166.
2. **Вуейкова О.Н.** Исследование параметров влияния на производительность карьерного автотранспорта на примере Сарбайского карьера АО «ССГПО»/ **О.Н. Вуейкова** // Алдамжаровские чтения – 2010: сб. докладов междунар. научно-практ. конференции. – Костанай, 2010. – С. 48–56
3. **Ларин О.Н.** Оценка влияния горнотехнических факторов на эксплуатационные параметры карьерных автосамосвалов/ **О.Н. Ларин, О.Н. Вуейкова**// Транспорт: наука, техника, управление. – 2011. – №7. – С 34–36.
4. **Лель Ю. И.** Методы расчета параметров устойчивой работы автотранспорта глубоких карьеров: дис. д-ра техн. наук / **Ю. И. Лель**; УГГГА. Екатеринбург, 1999. - 292 с.
5. **Артамонов П.В.** Расчет напряженно-деформированного состояния' элементов- несущих металлоконструкций-, карьерных автосамосвалов в' среде T-FLEX. / **Артамонов-П.В.**//-Вестник КузГТУ.-Кемерово, 2010,- №4-С. 15-18.
6. **Довженок А. С.** Повышение эффективности карьерного автомобильного транспорта совершенствованием параметров его подсистем сиспользованием энергетического критерия: автореф. дис. . канд. техн. наук / **А. С. Довженок**; СПГИ(ТУ). СПб, 1992. - 20 с.
7. **Стенин Ю. В.** Обоснование производительности технологического автомобильного транспорта железорудных карьеров: дис. канд. техн. наук / **Ю. В. Стенин**; ИГД МЧМ СССР. Свердловск, 1983. - 228 с.
8. **Вуейкова О.Н.** Анализ технико-эксплуатационных факторов работы карьерных самосвалов АО «ССГПО»/ **О.Н. Вуейкова**// Алдамжаровские чтения – 2010: сб. докладов междунар. научно-практ. конференции. – Костанай, 2010. – С. 43–48..
9. **Бахтурин Ю. А.** Вопросы адаптации генеза транспортных систем карьеров / **Ю. А. Бахтурин** // Геотехнологические проблемы комплексного освоения недр. Екатеринбург, 2004. - С. 378 - 388. - (Сб. науч. тр./ИГД УрО РАН. - Вып. 2(92).
10. **Вуейкова О.Н.** Исследование функциональных зависимости эксплуатационных параметров карьерных самосвалов от горнотехнических факторов/ **О.Н. Вуейкова**// Проблемы и перспективы развития Евразийских стран: сб. докладов трет. междунар. научно-практ. конференции. – Челябинск, 2011. – С. 55–61.
11. **Егоров А. Н.** Силовые агрегаты карьерных автосамосвалов / **А. Н. Егоров, В. Т. Войтов** // Горный журнал. 2004. - Специальный выпуск к № 8. - С. 75 - 77.
12. **Осипов О.В.** Оптимизация программно-целевого планирования перевозок большегрузными карьерными автосамосвалами: диссертация кандидата технических наук /**О.В. Осипов**//. – Оренбург: 2009. – 161 с.
13. **Горшков Э. В.** Обоснование рациональных параметров технологического автотранспорта при повышенных уклонах карьерных автодорог: дис. канд. техн. наук / **Э. В. Горшков**; ИГД МЧМ СССР. -Свердловск, 1984. 178 с.
14. **Ларин О.Н.** Вопросы повышения эффективности работы карьерного автотранспорта/ **О.Н. Ларин, О.Н. Вуейкова**// Вестник ОГУ. – 2011. – №10 (129). – С. 20–25.
15. **Потапов М.Г.** Направления развития карьерного транспорта, Горная промышленность,- 2002. - №6[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mining-media.ru/article/transport/1644-napravleniya-razvitiya-karernogo-transporta>.
16. **I. N. Varakin.** Application of ultracapacitors as traction energy sources / **I. N. Varakin** et al // Thesis of 7th International Seminar on Double Lauer Capacitors and Similar Energy Storage Devices, December 8-10, 1997. Florida: Deerfield Beach, 1997.-P. 87-91.
17. **Спиваковский А. О.** Транспортные машины и комплексы открытых горных работ / **А. О. Спиваковский, М. Г. Потапов**// М.: Недра, 2003. -383 с.
18. **Wayne K. Schroeder.** Energy regeneration for surface-mine haulage trucks / **K. Schrotder Wayne** // Mining Magazine. 1993. - Vol. 148. - №6. - P. 456 -463.
19. **Монастырский Ю. А.** Оптимизация параметров экскаваторно-автомобильных комплексов для стесненных условий глубоких карьеров / **Ю. А. Монастырский, А. В. Веснин, В. А. Систук** // Проблемы и пути эффективной отработки алмазоносных месторождений: междунар. науч.- практ. конф., 11-15 апр. 2011 г.: сб. тезисов докл. – Мирный, 2011. – С. 56
20. **Зырянов Н.В.** Методика определения влияния условий эксплуатации на долговечность конструкций карьерных автосамосвалов /**Зырянов Н.В.**// Цветная металлургия. - 1994. - № 4-5. - С. 22 - 23.
21. **Андреева Л. И.** К вопросу о повышении эффективности ремонтной службы горнодобывающего предприятия / **Л.И. Андреева, В.Ю. Мартынов, Ю.Ю. Ушаков** // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник трудов XIV междунар. науч.-техн. конф. «Чтения памяти В.Р. Кубачека»/УГГУ.– Екатеринбург, 2016.–С. 427-434.
22. **Kuo Y.** Highway earthwork and pavement production rates for construction time estimation // Ph.D. Thesis, University of Texas, USA. – 2004.
23. **Крейсман Е.А.** Аналіз гірничо-технічних умов експлуатації та режимів руху великовантажних самоскидів Криворізького регіону / **Крейсман Е.А., Монастирський Ю.А., Веснін А.В., Гальченко А.В.** // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: Науково-виробничий збірник / АДІ ДонНТУ. –2012. – № 1(14). – С. 115-119.
24. **Дриженко А.Ю.** Карьерные технологические горнотранспортные системы: моногр. / **А.Ю. Дриженко**// – Д.: НГУ, 2011. – 542 с

Рукопис подано до редакції 05.04.2021