

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

**Обґрунтування методів оцінки ефективності використання кар'єрних
автосамоскидів з електромеханічною трансмісією**

за спеціальністю: 274 «Автомобільний транспорт»

Виконав: студент групи АТ-23м _____ А.А.Кондиль

Науковий керівник, доцент _____ О.С.Максимова

Допущений до захисту

«03» грудня 2024 р.

Зав. кафедрою АТ, професор _____ Ю.А. Монастирський/

Кривий Ріг - 2024 р.

Криворізький національний університет
 Факультет _____ механічної інженерії та транспорту
 Кафедра _____ автомобільного транспорту
 Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр
 Спеціальність _____ 274 «Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Зав. кафедрою АТ
 _____ Ю.А. Монастирський
 « _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську роботу студенту

Кондилію Анатолію Анатолійовичу

1. Тема роботи Обґрунтування методів оцінки ефективності використання кар'єрних автосамоскидів з електромеханічною трансмісією затверджено наказом по КНУ від «16» вересня 2024 р. № 838с
2. Строк подання студентом роботи «03» 12 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи звіти про роботу гірничотранспортних цехів залізрудних кар'єрів Кривого Рогу, аналіз показників ефективності експлуатації кар'єрних автосамоскидів великої вантажопідйомності на технологічних перевезеннях залізних руд, методи та напрямки подальшого розвитку технологічного автотранспорту
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналітичний огляд, постановка та обґрунтування задачі дослідження, теоретичні і експериментальні дослідження, узагальнення та оцінку результатів та їх практична реалізація, висновки
5. Перелік графічного матеріалу графічні схеми і залежності відповідно до етапів дослідження, отриманих результатів та встановлених зв'язків в програмі Microsoft Office Power Point, на компакт диску з шістьма екземплярами роздруковані презентації для членів ДЕК

6. Календарний план:

№	Етапи роботи	Термін виконання
1	Аналіз літературних джерел за темою магістерської роботи	16.09.2024
2	Підготовка I розділу роботи та подання його керівникові	27.09.2024
3	Підготовка II розділу роботи та подання його керівникові	11.10.2024
4	Підготовка III розділу роботи та подання його керівникові	25.11.2024
5	Підготовка IV розділу роботи та подання його керівникові	29.11.2024
6	Отримання відгуку керівника та рецензії	12.11.2024
7	Захист магістерської роботи у ДЕК	03.12.2024

Дата видачі завдання: « 19 » вересня 2024 р.

Студент _____

Керівник роботи _____

РЕФЕРАТ

магістерська робота на тему: «Обґрунтування методів оцінки ефективності використання кар'єрних автосамоскидів з електромеханічною трансмісією»

76 с., 27 табл., 16 рис., 22 формули, 35 джерела.

У роботі вирішена актуальна науково-практична задача підвищення експлуатаційних показників кар'єрних автосамоскидів з електромеханічною трансмісією, аналіз режимів безпечної експлуатації автосамоскидів і їх оптимізація, що має істотне значення для підвищення ефективності відкритого способу розробки родовищ. Це дозволяє сформулювати такі висновки:

Критичний аналіз експлуатаційних показників транспортних засобів, що використовуються в умовах залізородних кар'єрів, їх тягово-динамічних характеристик і надійності роботи показав, що найбільш перспективним типом великовантажних кар'єрних автосамоскидів є машини з електромеханічною трансмісією, про що свідчить факт розробки й початку їх виробництва усіма провідними компаніями і, що особливо показово, компаніями, що донедавна випускали винятково кар'єрні автосамоскиди з гідромеханічною трансмісією.

Виявлено, що швидкість руху автосамоскида є основним регульованим параметром його роботи, що визначає як продуктивність і паливну економічність, так і зношування основних його вузлів і систем. При раціональній швидкості руху досягається найменша собівартість перевезень за весь період експлуатації автосамоскида.

Встановлено, що автосамоскиди з ЕМТ мають середньотехнічну швидкість на 12-15 % вище, ніж автосамоскиди з гідромеханічною трансмісією в аналогічних умовах. Фактичні швидкості руху автосамоскидів БЕЛАЗ-75131 склали 26,4 км/год., що на 3 % менше розрахункової.

При порівнянні автосамоскидів з електромеханічної й гідромеханічної трансмісією можемо констатувати, що при однакових питомих витратах палива 208 г/кВ*рік., вантажопідйомність автосамоскида з ЕМТ в 2,3 рази більше ніж в автосамоскида з ГМП, а за рахунок зменшення парку можливо одержати в 3 рази зниженню шкідливих речовин на 27,3%.

КАР'ЄРНИЙ САМОСКИД, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, НАДІЙНІСТЬ, УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОТРАНСПОРТУ, ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА ТРАНСМІСІЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 ЗА ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗНИХ РУД ВІДКРИТИМ СПОСОБОМ НА ГІРНИЧОВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ.....	6
1.1 Основні проблеми та тенденції використання відкритого способу видобутку залізних руд.	6
1.2 Кар'єрний автомобільний транспорт	14
1.3 Аналіз умов експлуатації й зміни експлуатаційних показників роботи кар'єрних автосамоскидів	18
Висновки до розділу	25
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АВТОСАМОСКИДІВ З ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ТРАНСМІСІЄЮ.....	27
2.1 Визначення основних експлуатаційних показників роботи автотранспортних засобів на залізорудних кар'єрах.	27
2.2 Визначення ефективного режиму роботи автосамоскидів з електромеханічною трансмісією в умовах кар'єру.	31
2.3 Тягово-динамічний розрахунок автосамоскидів з електромеханічною трансмісією.	34
Висновки до розділу	51
РОЗДІЛ 3 ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ З ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ.....	52
3.1 Визначення напрямків підвищення ефективності експлуатації кар'єрних автосамоскидів з електромеханічною трансмісією.	52
3.2 Визначення швидкості руху кар'єрних автосамоскидів і способи її підвищення.	58
3.3 Підвищення надійність автосамоскидів з електромеханічною трансмісією й способи її підвищення.	60
Висновки до розділу	67
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ	68
4.1 Організація безпечної експлуатації автосамоскидів з електромеханічною трансмісією	72
4.2 Забезпечення безпеки руху автосамоскидів в умовах дії несприятливих факторів.	75
4.3 Вплив кар'єрного транспорту на навколишнє середовище	75
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	83
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Україна є країною, що багата на запаси залізних руд, видобуток яких здійснюється переважно відкритим способом, що набагато є ефективнішим ніж видобуток руди із шахти. Сприятливий клімат України та великі запаси ресурсів говорять про унікальність та потенціал розвитку промисловості що дозволить досягнути рівня найбагатших країн світу.

Так як до основних пріоритетних напрямків розвитку гірничо-видобувної галузі є видобуток корисних копалин відкритим способом, основною проблемою в процесі виробництва стає поступове збільшення глибини кар'єрів. Це призводить до ускладнення гірничотехнічних умов роботи кар'єрного автотранспорту та призводить до збільшення величини транспортних витрат. За сучасними замірами, їх величина у загальних витратах на видобуток корисних копалин може досягати у кар'єрах глибиною 50-70м до 35-40%, при глибині кар'єрів до 300 м може досягати 50-55%, а при глибині кар'єрів до 700м може досягати рівня 70%.

При цьому за останніми дослідженнями було визначено, що для зменшення витрат на транспортування у кар'єрах зростає кількість великовантажної автомобільної техніки. Це викликано потребою підвищувати продуктивність кар'єрної автомобільної техніки, зростання інтенсивності її використання. Однак при цьому спостерігається низький рівень планування роботи кар'єрного автотранспорту, що не враховує ряд експлуатаційних параметрів технологічного процесу транспортування залізної руди, та не дозволяє досягнути поставленого планового виробничого завдання.

Оцінка процесу експлуатації автосамоскидів відрізняється для кожної моделі та для кожного підприємства, а впровадження єдиної системи оцінки експлуатаційних показників всього парку кар'єрного автотранспорту дозволило б покращити результативність їх роботи.

Тому основною метою написання магістерської роботи є

впровадження комплексної оцінки технологічних процесів гірничого виробництва, таких як підготовка бурових робіт, екскавація та транспортування гірничої маси, шляхом покращення експлуатації автосамоскидів з електромеханічною трансмісією.

Предмет дослідження у магістерській роботі є визначення закономірностей зміни експлуатаційних показників використання автотранспорту у кар'єрі.

Об'єкт дослідження у дипломній роботі виступають процеси використання автосамоскидів з електромеханічною трансмісією.

Основними завданнями при проведенні дослідження було:

- проведення аналізу експлуатаційних показників використання кар'єрного автотранспорту у Ганівському кар'єрі ПрАТ «ПівнГЗК»;
- проведення розрахунків тягово-динамічних характеристик автосамоскидів з електромеханічною трансмісією;
- визначення показників надійності автосамоскидів з електромеханічною трансмісією;
- розрахунок показників швидкості руху кар'єрних автосамоскидів в умовах кар'єру ПрАТ «ПівнГЗК»;
- визначення шляхів підвищення ефективності використання автосамоскидів з електромеханічною трансмісією.

Основними методами дослідження у роботі було проведення узагальненого аналізу наукової літератури та основних світових тенденцій дослідження ефективності експлуатації кар'єрного автотранспорту; проведення аналітичних досліджень щодо тягово-динамічних показників автосамоскидів з електромеханічною трансмісією тощо.

Отримані в результаті виконання магістерської роботи дослідження дозволяють підвищити ефективність планування та нормування показників роботи кар'єрного автотранспорту з урахуванням особливостей гірничотехнічних умов експлуатації.

РОЗДІЛ 1

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗНИХ РУД ВІДКРИТИМ СПОСОБОМ НА ГІРНИЧОВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

1.1 Основні проблеми та тенденції використання відкритого способу видобутку залізних руд

Україна є однією з найбагатших країн у світі за видобутку корисних копалин у світі. У країні розвідано 94 види копалин, які видобуваються на 8000 родовищ. До них відноситься поклади марганцевої, залізної, титанової руди, кам'яного вугілля, сірки, каоліну, графіту та інших корисних копалин.

У всьому світі, видобутим способом видобувається біля 75-80% від загального видобутку. В Україні, відкритим способом видобуток корисних копалин досягає 70%, основою яких є залізна руда, яка у 2019 році склала 55 млн. т. За світовими тенденціями видобутку, на середньостроковому етапі планування зазначається тенденція до збільшення видобутку відкритим методом.

Основним районом з виробництва залізорудної Криворізький залізорудний басейн, в якому видобувається до 90 % видобутку залізної руди, з яких біля 80% видобувається відкритим способом. У місті Кривий Ріг відкритим способом видобувають підприємства, які відносяться до групи «Метінвест»: ПрАТ «Північний ГЗК» (ПівнГЗК), АТ «Південний ГЗК» (ПівдГЗК), ПрАТ «Центральний ГЗК» (ЦГЗК) та Рудоуправління ПрАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг", що належить до ХК «ArcelorMittal».

Основним перевагами відкритого способу видобутку є менша потреба у капітальних вкладеннях на будівництво, можливість забезпечення більш високого рівня автоматизації та механізації робіт, більш висока продуктивність та більш низькі витрати, ніж при інших методах видобутку.

При цьому основними недоліками є потреба у використанні великих площ землі під видобуток, порушення грантових вод на прилеглих до кар'єру територіях, залежність від кліматичних та погодних умов.

На сьогодні, з розвитком використання відкритого методу видобутку, спостерігається погіршення гірничо-технологічних умов, що викликано збільшенням глибини залізорудних кар'єрів (табл.1.1).

Таблиця 1.1

Динаміка зміни умов транспортування гірської маси

Підприємство (кар'єр)	Параметр			
	Видобуток руди, млн..т	Глибина кар'єру, м	Висота підйому, м	Відстань перевезення, м
ПРАТ «ПівнГЗК»				
- Першотравневий	20,8	400	121	3,8
- Ганівський	7,6	275	75	2,5
ПРАТ «ЦГЗК»				
- №1	6,2	364	95	2,7
- №3	5,8	260	66	2,2
- №4	1,1	155	54	1,8
ПАТ «ПівдГЗК»	19,1	400	88	2,21
ПРАТ «ІнГЗК»	30,7	470	110	2,5
РУ ПРАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»				
- №2 біс	9,5	200	47	1,6
- №3	11,3	300	52	2,1

В основному, на гірничорудних кар'єрах Кривого рогу, перевезення гірничої маси здійснюється комбінованим транспортом. Кар'єрні автосамоскиди використовуються зазвичай при збірних перевезеннях, що довозять гірничу масу до перевантажувальних пунктів. При цьому, технологічних транспорт перевозить гірничу масу на незначні відстані від 2 до 4 км. Автодороги, що використовуються на горизонтах є тимчасовими, та їх питома вага у кар'єрі складає 50-70% від доріг загального транспортування.

Поглиблення кар'єрів також призводить до збільшення витрат на транспортування, що в свою чергу збільшує собівартість кінцевої продукції до 60%.

На кар'єрній техніці, найпоширенішим типом двигуна є дизельні двигуни, що перетворюються теплову енергію у механічну в процесі згоряння. Через недостатню кількість повітря, що необхідна для окиснення повітря, відбувається неповне згоряння, що призводить до підвищеної концентрації токсичних речовин у відпрацьованому газі двигунів внутрішнього згоряння. Зростання кількості шкідливих викидів викликає також швидке охолодження камери двигуна, що характерно для зимового періоду.

Середні викиди дизельних двигунів містять до 50% оксидів азоту, 25% оксиду вуглецю та до 20 % викиди альдегідів, що для людини майже у 6 раз більш шкідливе, ніж вуглецевий газ. Сажа, яка містить у вихлопних газах, збільшується пропорційно до збільшення навантажень на двигун, а при її концентрації до 600 мг/м³, вихлопні гази набувають більш темний колір та призводять до появи смогу та туману у робочій зоні кар'єру.

Обсяги шкідливих викидів у вихлопному газі, який виділяється дизельним двигуном залежать від типу та режиму його роботи (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизельних двигунів залежно від потужності

Потужність двигуна, кВт	Інтенсивність виділень, мг/с	
	Оксид вуглецю	Діоксид азоту
265	700	1352
368	972	1877
772,8	2040	3941
956,8	2526	4880
1692,8	4469	8633

Висока концентрація викидів у робочій зоні кар'єру може призводити до зростання простоїв техніки, що виникає в наслідок необхідності провітрювати, що знизити загазованість. За проведеними дослідженнями, нами було визначено, що кількість простоїв кар'єрної техніки на кар'єрах ПрАТ «ПівнГЗК» досягає 1,5 тис.год на рік.

Таким чином, визначені тенденції розвитку та зазначені проблеми призводять до зростання вимог до кар'єрної техніки у розрізі зростання вантажопідйомності, підвищенню надійності, ефективності, і у той же час, підвищенню екологічності.

1.3 Умови експлуатації та аналіз експлуатаційних показників роботи кар'єрних автосамоскидів

За аналізом літератури, яка вивчає розвиток теорії та практики експлуатації автосамоскидів на гірничорудних кар'єрах внесли М.В. Васильєв, А.Н. Казарез, А.А. Кулешов, Н.В. Мельников, М.Г., Смирнов, Б.Я. та інші. У своїх роботах перелічені науковці розглядають параметри ефективного використання автотранспорту у кар'єрах, узагальнили досвід та визначили основні показники техніко-економічного аналізу ефективності його використання.

В процесі аналізу, в основному досліджувались кар'єрні автосамоскиди виробництва ВАТ «Білоруський автомобільний завод» («БЕЛАЗ»). Підприємство виробляє кар'єрні автосамоскиди вантажопідйомністю 30 - 360 т. На ВАТ «БелАЗ» постійно проводиться постійне технологічне оновлення технологій та вдосконалення конструкцій самоскидів.

В останні роки, зі зростанням вантажопідйомності кар'єрних самоскидів, конструктори підприємства спостерігають, що пропорційне зростання продуктивності не супроводжується поліпшенням якісних показників. При цьому постійно збільшуються витрати на виробництво та експлуатацію кар'єрної техніки. Сучасна теорія конструювання кар'єрної техніки відсутній системний підхід. При проектуванні кар'єрних автосамоскидів оптимізація експлуатаційних параметрів практично не враховується.

В процесі розвитку кар'єрного транспорту необхідно враховувати гірничотехнічні та гірничо-геологічні умови кар'єру. Нами було визначено, що при відкритому способу видобутку корисних копалин, зростає концентрація виробництва, збільшується глибина та просторові розміри кар'єру, відстань та складність транспортування гірничої маси.

Одним з важливих факторів є глибина кар'єру, яка на більшості залізорудних кар'єрів України становить близько 400 м. За останніми тенденціями розвитку залізорудної промисловості, можна зазначити, що їх глибина буде в подальшому тільки зростати та розширювати горизонти.

При дослідженні різних факторів на показники ефективності використання кар'єрного автотранспорту при збільшенні глибини, нами було визначено основні параметри зниження продуктивності при поглибленні кар'єру на 100 м: для автосамоскидів – до 40%, а для залізничного – до 20%.

На значення продуктивності впливають як позитивні, так і негативні фактори, які пов'язані з технічним прогресом. На більшості кар'єрів, не вдається у повному обсязі компенсувати зниження техніко-економічних показників транспортування гірничої маси, що є найбільшою проблемою для подальшого вирішення.

При зниженні обсягів виробництва та виникненні фінансових труднощів у останні роки, що викликані як військовими діями, зберігається тенденція до підвищенні питомої ваги використання більш потужної гірничої техніки. Так, середня місткість ковша екскаватору, за останні 10-15 років, зросла з 7,7 м³ до 8,3 м³ (або на 8%) за рахунок збільшення екскаваторів з ковшем 10-15 м³.

При цьому вантажопідйомність автосамоскидів збільшилась в середньому на 15% за рахунок збільшення частки великовантажної техніки (табл. 1.3).

За період з 2005-2020 рр продуктивність збільшилась на 30%, при збільшенні обсягів транспортування гірничої маси із кар'єрів за той же період на 4,4%.

Таблиця 1.3

Потужність гірничотранспортного встаткування
на кар'єрах 5 найбільших ГЗК Кривого Рогу

Показник	рік				
	2005	2010	2015	2020	2020 у % до 2005
Середньооблікова кількість екскаваторів з ковшами місткістю 10-15 м ³	35,1	48,8	56,5	64,4	182,3
те ж в % до загального числа екскаваторів	15,9	21,7	25,5	29,5	13,4
Місткість ковша середньооблікового екскаватора, м ³	7,7	8,1	8,3	8,2	106,5
Кількість автосамоскидів	290	253	295	338	116,6
Середнє число автосамоскидів вантажопідйомністю більш 100 т	185	198	231	265	143,
Середня вантажопідйомність автосамоскида, т	87,6	89,6	95,4	109,3	113,3

За проведеними дослідженнями нами було зроблено висновки, що основні конструктивно-технологічні рішення щодо компонування основних вузлів автосамоскидів вже закінчилось. При цьому постійно спостерігається удосконалення різних моделей різних фірм-виробників за основним напрямками:

- розподіл ряду автосамоскидів за вантажопідйомністю;
- удосконалення бортових систем управління безпекою та зниження енерговитрат;
- поточне отримання інформації про основні параметри роботи вузлів та систем автосамоскида;
- удосконалення технологій підвищення ресурсу базових конструкцій самоскиду;
- створення комфортних умов на робочому місці водія;
- удосконалення системи екологічної безпеки тощо.

Формування гнучкого підходу щодо формування типорозмірного ряду моделей автосамоскидів, було впроваджено ТОВ «БЕЛАЗ» ще у 70-х роках 20 сторіччя, що пов'язане із розвитком закордонного автосамоскидів вантажопідйомністю 90-54 т.

Тому перед ТОВ «БелАЗ» виникла необхідність у конкуруванні із закордонними виробниками та у необхідності задовольняти вимоги вітчизняних гірничодобувних підприємств. Підприємством розроблено ряд нових моделей від 36 т до 220 т та розроблено дослідні зразки із шарнірно-зчленованою рамою вантажопідйомністю 36 т та 280 т. Автосамоскиди цього виробника відповідають світовим тенденціям розвитку кар'єрного транспорту, які спішно конкурують із автосамоскидами інших закордонних фірм-виробників. При цьому основними відмінностями у моделях автосамоскидів різних фірм відрізняються між собою конструкцією та дизайном кабіни, так як біля 70% самоскидів виконані за класичною схемою, де використовується конструкція на жорсткій рамі. За схемою із шарнірно-зчленованою рамою виробляють автосамоскиди з невеликою вантажопідйомністю (до 40-50 т) або навпаки – з дуже великою до 300-400 т.

Як було визначено із дослідження, основними трансмісіями, які використовуються на кар'єрних автосамоскидах є гідромеханічна (ГМТ) і електромеханічна (ЕМТ) трансмісії, які мають принципові відмінності за конструкцією. Якщо на кар'єрних самоскидах вантажопідйомністю 30-70 т використовується ГМТ, то для самоскидів великої і особливо великої вантажопідйомності можуть використовуватись обидва типи трансмісії.

Основною відмінністю ГМТ трансмісій є низький ресурс до капремонту вузлів трансмісії у порівнянні з ЕМТ і зростання витрат за період експлуатації самоскида. Однак, при глибині кар'єрів 500 м та більше, автосамоскиди з ГМТ мають незаперечну перевагу.

За період 2005-2020 рр. спостерігалась тенденція до збільшення обсягів продаж автосамоскидів із ГМТ вантажопідйомністю 110-220 т, та автосамоскидів із ЕМТ вантажопідйомністю більше 250 т.

Збільшення вантажопідйомності кар'єрних автосамоскидів пов'язують з використанням приводів на змінному струмі. Вони розрізняються на приводи на базі асинхронних, синхронних і індукторних двигунів.

Також перспективним напрямком покращення основних показників приводного устаткування пов'язано із використанням вентильного двигуна із системою збудження, яка полягає у використанні постійних магнітів.

За проведеними дослідженнями ми визначили, що основними факторами, які обмежують використання автосамоскидів з дизель-електричним приводом є перегрів тягових генераторів та електродвигунів. Завдяки удосконаленням тягового приводу, дана проблема є повністю вирішеною, а автосамоскиди останніх моделей можуть працювати без перегріву тягових електродвигунів при підйомі гірничої маси на 400 м та більше.

На сучасних кар'єрних автосамоскидах, в якості силових установок використовують дизельні двигуни, що мають потужність до 1120 кВт у поєднанні із ГМТ. Дані комбінації використовуються на автосамоскидах вантажопідйомністю до 130-160 т. На автосамоскидах великої потужності вантажопідйомністю понад 180 т використовується комбінація із ЕМТ. Також досягнути більшої продуктивності можна за рахунок збільшення потужності на силових установках кар'єрних автосамоскидів на підйомах до 18 км/ год.

Кар'єрний автомобільний транспорт на глибоких кар'єрах піддається впливу гірничо-технічних умов, що призводить до зростання собівартості транспортування гірничої маси та до негативного впливу на навколишнє середовище при відкритому способу видобутку.

Для того, щоб розширити область використання автосамоскидів у глибоких кар'єрах, підвищити основні показники його використання відбуваються простіші дослідження. Одним з основних напрямків удосконалення є електрифікація автосамоскидів. Дизель-тролейвозний транспорт дозволяє підвищити продуктивність роботи транспортних засобів до 15%, збільшити швидкість на підйомах до 30% та скоротити витрати палива до 70% та експлуатаційні витрати до 20% та в цілому поліпшити санітарно-гігієнічні вимоги.

Дослідженнями технологічної та технічної доцільності займається достатньо велика кількість науковців. За проведеними дослідженнями таких праць. Ми визначили, що використання комбінованих енергоустановок дозволить працювати на дорогах з більшим ухилом та збільшити швидкість до 30 км/годину, а також значно зменшити загазованість робочої зони доріг [7].

Останнім часом також виникла необхідність підготовки нових горизонтів кар'єрів та сучасному обладнанню, що дозволило б пришвидшити темпи видобутку гірничої породи, яка глибоко залягає. Тому відповідно виникає необхідність у подовженні строків служби, мінімізації розносів бортів та обсягом розкривних робіт.

Тому активно розробляється транспортне устаткування, яке буде відповідати гірничотехнічним вимогам роботи у нижній зоні глибокого кар'єру. Вони повинні [8]:

- працювати у складних гірничотехнічних умовах, які полягають у складних умовах на робочій зоні, які полягають ряді інших несприятливих факторах;
- долати круті нахили до 25° при поганих дорожніх умовах;
- бути універсальними та використовуватись для вирішення різних завдань;
- мати значну потужність та продуктивність.

1.3 Кар'єрний автомобільний транспорт

В залізо рудних кар'єрах, перевезення автомобільним транспортом є основним засобом перевезень з нижній горизонтів кар'єру до місця їх перевантаження. При дослідженні даних залізородних кар'єрів міста Кривий Ріг, нами було визначено, що у 2019 році перевезення автотранспортом склав 305 млн.т гірничої маси. Перевезення конвеєрним транспортом у тому ж році

склали 135 млн.т, а перевезення залізничним транспортом було найбільшим та склало 317 млн.т. Також нами було визначено, що за останні роки збільшується частка перевезеної гірничої маси автомобільним транспортом. Структура, яка характеризує перевезення корисних копалин в кар'єрі приведено на рис.1.3.

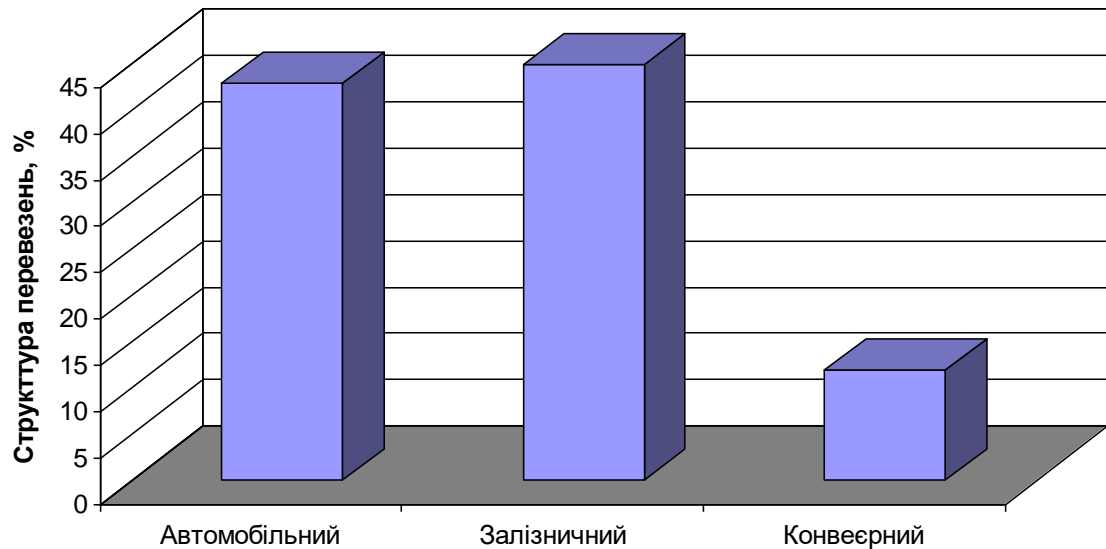


Рис.1.3. Структура перевезень при переміщенні гірничої маси на залізничних кар'єрах

При порівнянні вищеперелічених видів транспорту, автомобільний транспорт має певний ряд переваг, таких як: висока маневреність, наявність кар'єрних доріг з крутим нахилом, можливість скоротити шлях до відвалів та можливість ефективного управління.

Кар'єрні автосамоскиди розрізняють за будовою рами: із шарнірно-зчленованою рамою та з жорсткою рамою. Їх загальний вид приведено на рис.1.4 (а,б)

а)

б)



Рис.1.4. Кар'єрний автосамоскид з шарнірно-зчленованою рамою (а) та автосамоскид із жорсткою рамою (б)

Визначення найбільш ефективного кар'єрного автосамоскиду проводиться на основі експлуатаційних розрахунків, які враховують певні гірничотехнічні умови, такі як:

- визначення техніки для навантаження-розвантаження за типом та обсягом ковша;
- визначення автосамоскиду потрібної вантажопідйомності;
- виконання тягових та експлуатаційних розрахунків.

Основними параметрами, необхідними для розв'язання поставлених виробничих завдань, повинні бути чисельність працівників та парк кар'єрних автосамоскидів. Врахування цих показників дозволять визначити необхідний обсяг матеріальних ресурсів для забезпечення безперебійної роботи автосамоскидів.

Для виконання необхідних розрахунків також необхідно враховувати наступні дані, такі як кліматичні умови, гірничотехнічні та дорожні умови, дані щодо режимів роботи кар'єру та економічні показники.

До кліматичних умов можна віднести наявність та кількість опадів, швидкості вітру, вологості та інші показники.

Основними показниками визначення гірничотехнічних умов є відстань транспортування, висота підйому, схильність до злежування гірничої маси, розпушувальність та вологість гірничої маси та інші показники.

Показниками визначення дорожніх умов є тип дорожнього покриття, величина ухилів та радіус поворотів кар'єрних доріг.

Режим роботи кар'єру визначається кількістю робочих змін та робочих годин у зміні, визначення кількості годин простою через несприятливі погодні умови.

Економічні показники визначаються вартість устаткування, матеріальних та паливних ресурсів, розміром заробітної плати та витрати на ремонт та утримання устаткування.

Від об'єктивності вихідних даних залежить точність при проектуванні та плануванні виробничого завдання транспортної системи кар'єру.

Кар'єрні автосамоскиди із шарнірно-зчленованою рамою мають вантажопідйомність 20-60 т, маса автосамоскиду становить 40-100 т висота складає 2-3 м, довжина кузова 9-11 м за шириною кузова становить 2,5-3,5 м. За конструкцією автосамоскид має три осі та шість колес. За кабіною та двигуном розташоване шарнірне з'єднання, що дозволяє обертатись двом частинам рами у трьох площинах та забезпечує можливість розвороту у 7-10 м. дані характеристики дозволяють покращити експлуатаційні характеристики автосамоскиду, що працює на місцевості із складним рельєфом та гірничотехнічними умовами.

Основним недоліком такої конструкції є саме шарнірне з'єднання, яке при повній завантаженості автосамоскиду несе найбільше напруження. Тому дані кар'єрні самоскиди випускаються серійно та мають вантажопідйомність до 60 т.

Автосамоскиди із жорсткою рамою мають більшу вантажопідйомність у 30-450 т при масі транспортного засобу у 60-390 т. За конструкцією вони містять 2 осі або 6 колес, що дозволяє ефективно розподіляти навантаження. При цьому 4 колеса розвільнені на задній вісі, а 2 колеса – на передній.

Висота автосамоскиду становить 8 м та 16 м при піднятому кузові. Ширина транспортного засобу складає 10 м, а довжина – 15 м.

Дані автосамоскиди мають від достатньо коротку колісну базу, яка забезпечує радіус розвороту до 20 метрів. Основною перевагою використання таких автосамоскидів є їх надвисока вантажопідйомність та можливість випускати їх серійно. Основним недоліком автосамоскидів даної конструкції є потреба у більш широких та рівних дорогах.

Як показують проведені нами дослідження, використання одного автосамоскиду великої вантажопідйомності ефективніше, ніж використання двох автосамоскидів, які забезпечують ту ж вантажопідйомність. Використання одного автосамоскиду може знизити транспортні витрати на 30-40%. Тому останнім часом і спостерігається тенденція збільшення вантажопідйомності кар'єрної техніки при скороченні загальної кількості автосамоскидів меншої вантажопідйомності [47].

1.3 Аналіз умов експлуатації й зміни експлуатаційних показників роботи кар'єрних автосамоскидів

При роботі кар'єрних автосамоскидів, не залежно від їх типу, для перетворення паливо у енергію використовується трансмісія. За способом перетворення енергії палива у крутний момент існують наступні види трансмісій (рис.1.5).

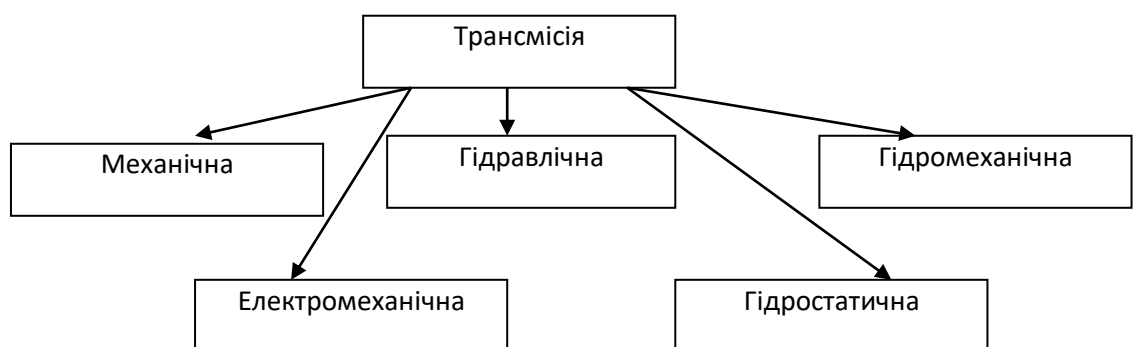


Рис.1.5. Типи трансмісій кар'єрних автосамоскидів

На світовому ринку існує кілька виробників кар'єрної автомобільної техніки, до яких можна віднести *Caterpillar, Komatsu, Liebherr, Hitachi, Terex та БЕЛАЗ*.

Основними вимогами до трансмісії автосамоскидів є можливість працювати в різних кліматичних умовах, досягнути максимального тягового зусилля при мінімальній швидкості, досягнення максимальної потужності та забезпечення тривалого руху автосамоскиду на дорожніх ухилах до 10-12% при русі з вантажем у гору та у низ.

Потужність при оцінці ефективності роботи трансмісії є основним показником, що визначається габаритами та масою вузлу. Вона визначається як відношення маси трансмісії до одиниці потужності.

У табл. 1.4 приведено основні технічні характеристики кар'єрних автосамоскидів з різними типами трансмісії та вантажопідйомністю, що представляють різні виробники [17].

Таблиця 1.4

Розподіл моделей кар'єрних автосамоскидів основних виробників по типу трансмісій і вантажопідйомності

Параметр		Виробники					
		БЕЛАЗ	<i>Caterpillar</i>	<i>Komatsu</i>	<i>Hitachi</i>	<i>Terex</i>	<i>Liebherr</i>
Вантажопідйомність модельного ряду, т		30-450	40-400	30-400	181-286	41-65	100-363
Тип використаних трансмісій		ЕМТ ГМТ	ЕМТ ГМТ	ЕМТ ГМТ	ЕМТ	ГМТ	ЕМТ
Кількість моделей за вантажопідйомністю, т	<30	2	-	1	-	1	-
	30-40	4	2	2	-	1	-
	40-50	3	2	1	-	1	-
	50-70	1	2	2	-	2	-
	70-90	2	1	-	-	-	-
	90-130	1	-	1	-	-	1
	130-160	1	2	1	-	-	-
	160-200	1	1	1	1	-	-
	200-250	2	2	1	1	-	1
	250-300	-	1	3	1	-	-
>300	2	2	3	-	-	1	

За даними табл.1.4, для видобутку гірничої маси відкритим способом видобутку, найчастіше використовують гідромеханічну (ГТМ) та електромеханічну (ЭМТ) трансмісію.

Гідромеханічна трансмісія поєднує гідравлічний перетворювач крутного моменту та механічну трансмісію автосамоскиду, до складу якої входить двигун (Д), гідромеханічну коробка передач (ГМК), яка в свою чергу містить гідротрансформатор та механічної коробки передач, карданну передачу (К), диференціал (Д) та півосі (П1, П2).

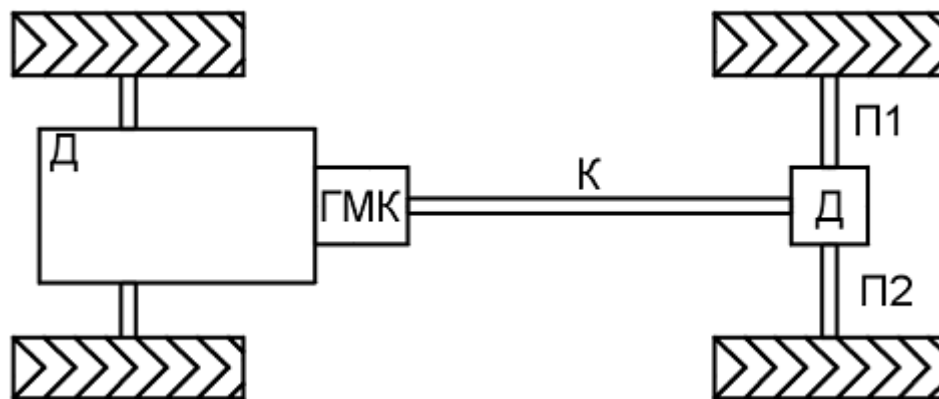


Рис.1.6. Функціональна схема гідромеханічної трансмісії

За теорією, трансмісія працює за наступною схемою, приведеною на рис.1.6.

Крутний момент, який створюється на валу двигуна самоскиду за допомогою гідромеханічної коробки та передає його карданною передачею на диференціал, який в подальшому розподіляє його поміж провідними півосями.

До складу гідромеханічної коробки входить гідротрансформатор, який складається з насосного колеса, що поєднується з валом двигуна, реактора та турбінного колеса, який приєднується до механічної коробки. На початку руху крутний момент з'являється на валу двигуна та передається на вал

турбінного колеса. Це призводить до обертання масло гідротрансформатора, що призводить в обертання турбінного колеса під дією відцентрової сили.

Забезпечення збільшення крутного моменту, який передається турбінному колесу відбувається за рахунок зміни напрямку руху рідини. Реактор також передає турбінному колесу реактивний момент від корпусу гідротрансформатора. Він має достатньо вузький діапазон для силового регулювання. Це призводить до потреби у використанні механічної коробки передач, щоб одержати потрібну тягову характеристику гідромеханічної трансмісії.

Механічна коробка передач, яка послідовно або паралельно приєднується до гідротрансформатора, дозволяє збільшити діапазон для регулювання гідромеханічної трансмісії та дозволяє використовувати режим заднього ходу.

На рис.1.7 наведена тягова характеристика гідромеханічної трансмісії кар'єрного самоскиду виробника Caterpillar.

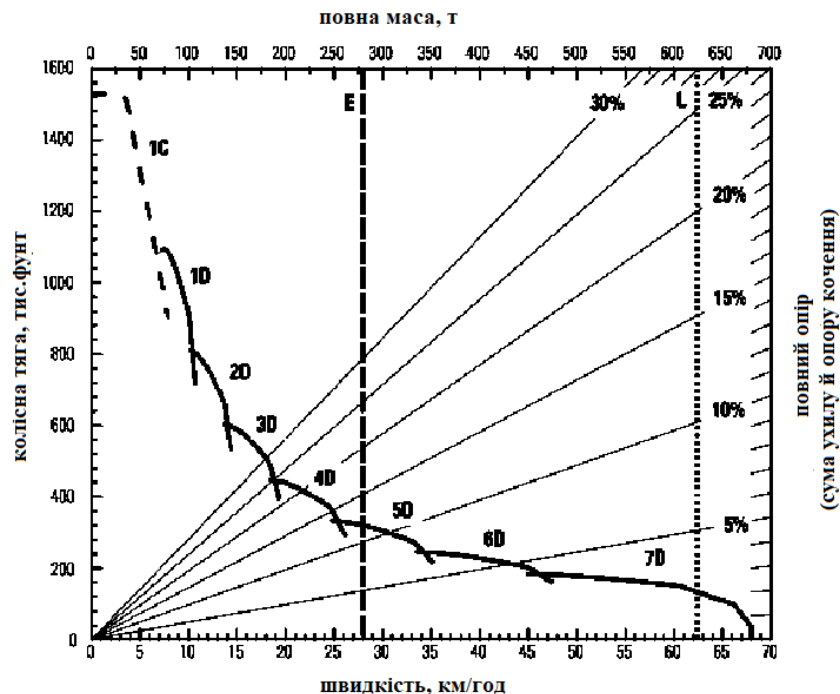


Рис.1.7. Тягова характеристика кар'єрного автосамоскида *Caterpillar 797f* вантажопідйомністю 393 тонни, оснащеного гідромеханічною трансмісією

Як можна бачити на рисунку, 1С – це момент передачі моменту від двигуна без підключення механічної коробки передач через гідротрансформатор. а 1D-7D – послідовність передачі крутного моменту за допомогою перемикачів передач механічної трансмісії.

Таким чином, основними перевагами гідромеханічної трансмісії є безступінчаста зміна крутного моменту на ведучі колеса у відповідності до ступеня навантаження на момент початку руху та захистити двигун від перевантажень. Також важливим є можливість демпфувати динамічні навантаження на гідротрансформатор.

Основними недоліками гідромеханічної трансмісії є залежність ККД трансмісії від швидкості руху та навантаження, а також погана робота при низьких температурах. Масло та масляні фільтри у гідротрансформаторі потребують частішої заміни, твердий зв'язок основних вузлів трансмісії зменшує гнучкість конструювання.

Гідромеханічні трансмісії частіше встановлюються на автосамоскиди малої та середньої вантажопідйомності. Виробник кар'єрної техніки Caterpillar раніше встановлював гідромеханічні трансмісії на кар'єрні автосамоскиди вантажопідйомністю до 363 т. Але на сьогодні, електромеханічна трансмісія показала більшу ефективність, і Caterpillar вже у своєму модельному ряду пропонує дві моделі автосамоскидів вантажопідйомністю 221 і 313 т.

Особливістю електромеханічної трансмісії є те, що тяговий генератор дозволяє перетворювати механічну енергію на електричному валу дизельного двигуна. Потім вона перетворюється до певних значень та поступає на вхідні виводи тягові електричних двигунів, які перетворюють її у механічну та передають через редуктори на ведучі колеса.

Електромеханічні трансмісії у свою чергу можна розподілити на перемінно-постійного та перемінно-змінного струму.

Останнім часом, при зростаючих навантаженнях на кар'єрну техніку, зростають вимоги до надійності електроприводів з автономним джерелом

живлення, що призвело до поступової заміни трансмісії перемінно-постійного струму до трансмісії перемінно-змінного струму.

Електромеханічні трансмісії перемінно-змінного струму можна розподілити за видами перетворення частот – безпосереднього перетворення та двох-ланцюгові перетворювачі частоти.

Відмінність цих перетворювачів полягає у наявності ланки постійної напруги, яка характерна для двох-ланцюгового перетворювача частоти. Безпосередній перетворювач за рахунок однократного перетворення енергії має більш високий ККД. Однак він має певні недоліки - низьку граничну частоту і низький коефіцієнт потужності. Гранична частота має 25 Гц у схемах на основі трифазних мостів, а частота мережі складає 50 Гц. Таким чином через це, на автосамоскидах найчастіше використовується електромеханічна трансмісія на основі двох-ланцюгового перетворювача.

Тягова електромеханічна трансмісія містить дизельний двигун, тяговий генератор з системою збудження, що дозволяє перетворювати та передавати енергію від двигуна до перетворювача частоти. Вони живлять тягові двигуни та призначені для утворення тягового зусилля, перетворення кінетичної енергії та передачі її в гальмові резистори при електродинамічному гальмуванні автосамоскиду.

Керування електроприводом ручне та здійснюється з кабіни автосамоскиду при допомозі командо-апаратів.

Електромеханічна трансмісія реалізовується через схему з двома та чотирма колесами. Функціональна схема електромеханічної трансмісії з двома ведучими колесами приведено на рис.1.8.

Електромеханічна трансмісія відрізняється більш високим тяговим властивостям та більшою швидкістю руху при підйомі, більш надійним захистом двигуна від перевантажень, дозволяє працювати на дорогах з твердим покриттям та ухилом до 18 градусів.

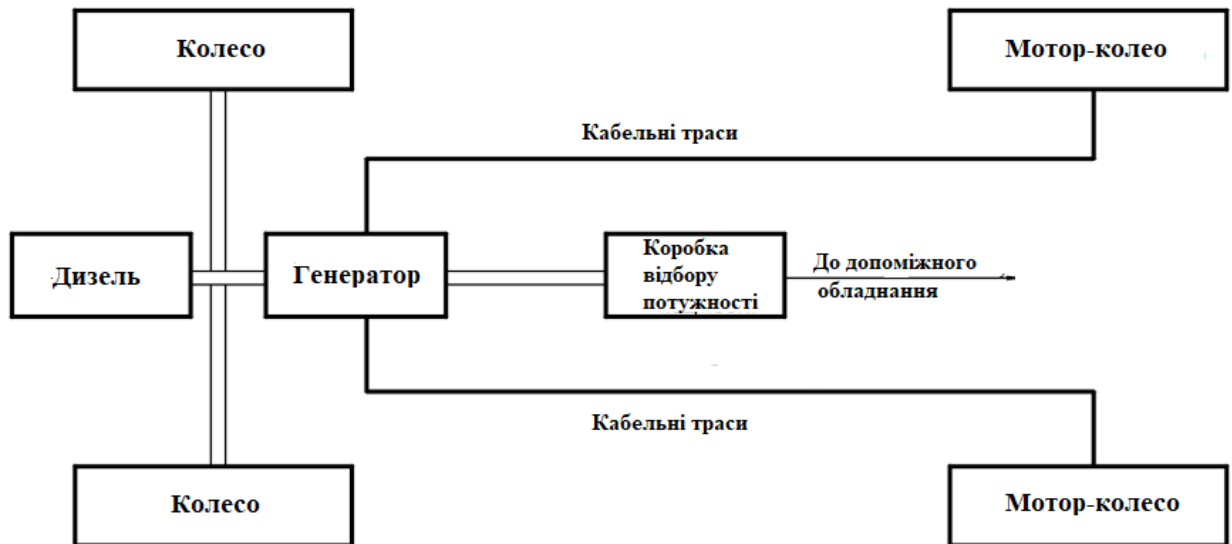


Рис.1.8. Функціональна схема електромеханічної трансмісії із двома провідними мотор-колесами

На гірничовидобувних підприємствах України, за рахунок перелічених переваг, широко використовують великовантажні кар'єрні самоскиди з електромеханічної трансмісією, яка встановлюється на більшість кар'єрної техніки вантажопідйомністю 90 - 220 т, виробництва БелАЗ.

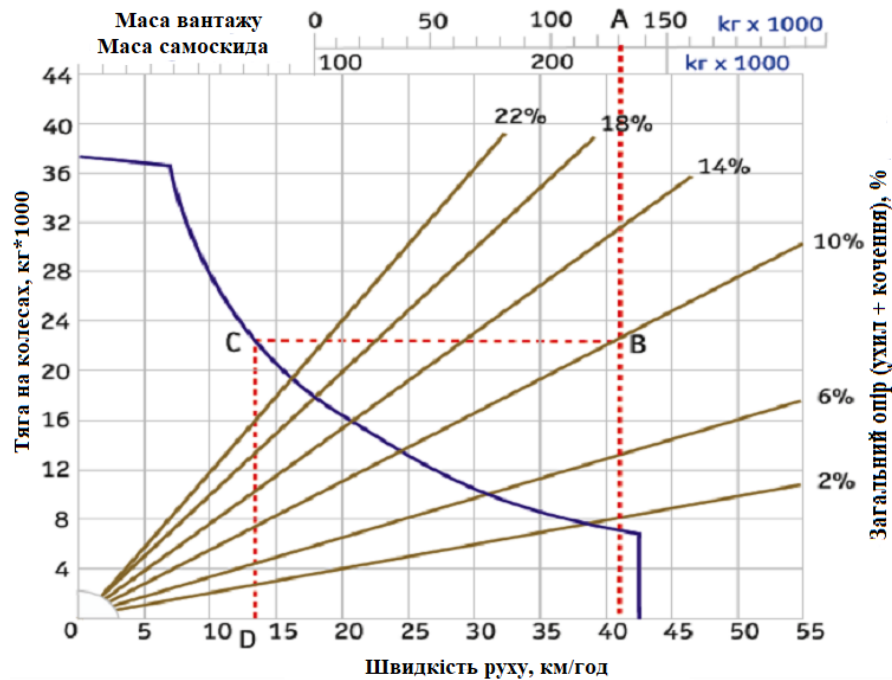


Рис.1.9. Тягова характеристика автосамоскида БЕЛАЗ-75710 вантажопідйомністю 130 т

За технічними характеристиками, автосамоскиди з електромеханічною трансмісією розвивають швидкість руху становить 13-14 км/год при підйомі по кар'єрним дорогам з ухилом 8 %, якщо ухил складає 7 %, то швидкість досягає 15 - 16 км/год.

При проведенні розрахунків формування тягових характеристик для БелАЗу-75710 (рис.1.9), для забезпечення безпеки руху навантажених автосамоскидів по ухилам кар'єрів, повинні прийматися умови роботи для кожного конкретного кар'єру, в якому буде працювати конкретний кар'єрний автосамоскид.

Висновки до розділу:

1. В сучасному світі найбільш перспективним і затребуваним методом видобутку корисних копалин, що забезпечує найбільш безпечно і ефективно їх видобування з надр землі, є видобуток відкритим способом. Однак скорочення легкодоступних для розробки родовищ приводить до збільшення глибини кар'єрів, що, у свою чергу, посилює вимоги, що висуваються до ефективності й екологічності кар'єрної техніки.

2. Кар'єрний автомобільний транспорт є найбільш затребуваним способом доставки гірської маси із дна кар'єру до місця її приймання. Більші витрати на транспортування в загальній собівартості продукції гірських підприємств обумовлюють існуючі тенденції скорочення автомобільного парку з одночасним збільшенням середньої вантажопідйомності використовуваних автосамоскидів.

3. Основним і найбільш перспективним типом трансмісії, що використовується на великовантажних кар'єрних автосамоскидах, є електромеханічна трансмісія, про що свідчить факт розробки й початку виробництва кар'єрних автосамоскидів, обладнаних трансмісією даного виду, усіма провідними компаніями, і, що особливо показово, компаніями, що

донедавна випускали винятково кар'єрні автосамоскиди з гідромеханічною трансмісією.

4. На найближчу, доступну для огляду перспективу, основним засобом доставки гірської маси із дна кар'єру будуть великовантажні кар'єрні автосамоскиди, оснащені електромеханічною трансмісією. При цьому актуальними завданнями є підвищення ефективності їх роботи, надійності і екологічності.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АВТОСАМОСКИДІВ З ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ТРАНСМІСІЄЮ

2.1. Визначення основних експлуатаційних показників роботи автотранспортних засобів на залізорудних кар'єрах

В процесі проведених досліджень технічного стану основних моделей автосамоскидів, які використовуються на кар'єрах Кривого Рогу нами була визначена залежність зміни коефіцієнту технічного готовності від інтервалу пробігу автосамоскидів. Нами було визначено, що при збільшені пробігу, технічна готовність автосамоскидів падає до 22%, що викликано низькою надійністю двигуна та інших вузлів автосамоскидів. Це обумовлено у першу чергу реалізації тактики технічного сервісу за наработкою агрегатів та вузлів на відмову (рис.2.1).

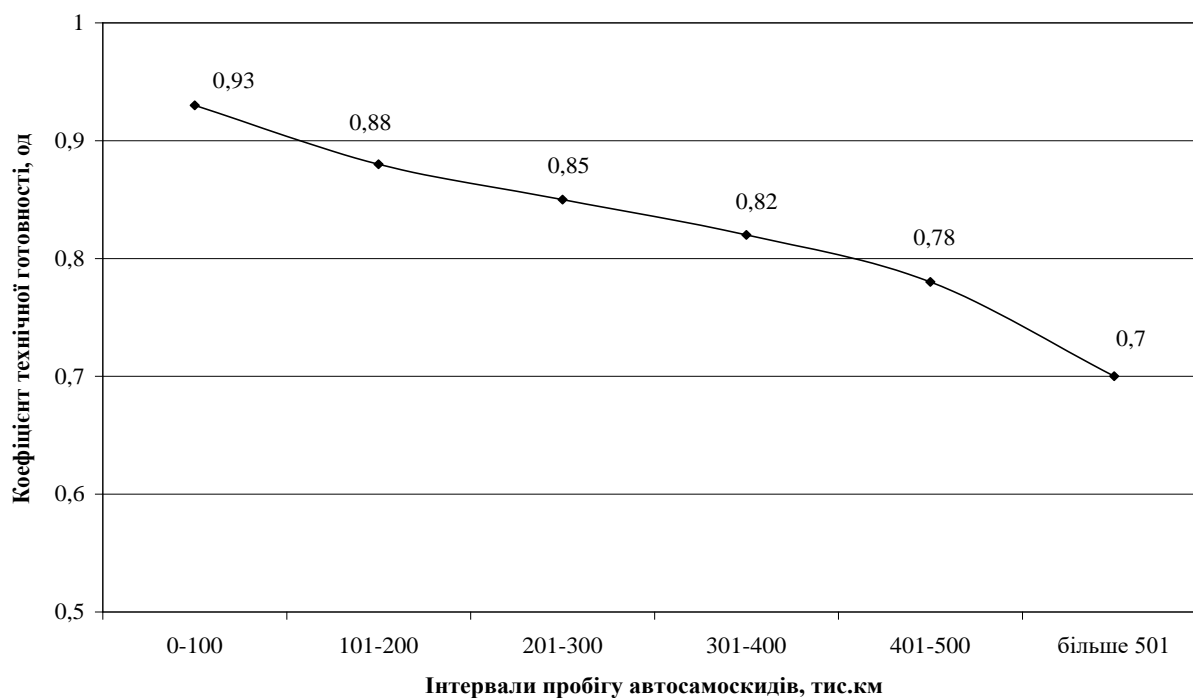


Рис.2.1. Залежність середнього коефіцієнта технічної готовності автосамоскидів від їхнього пробігу

При збільшенні строку експлуатації автосамоскиду витрати на ремонт та обслуговування на перевезення гірничої маси збільшуються. На рис.2.2 приведено динаміку зміни частки витрат на ремонт і експлуатацію самоскидів БЕЛАЗ-7548 за сім років. Як ми бачимо на рисунку, їх величина збільшилась з 8% до 35%.

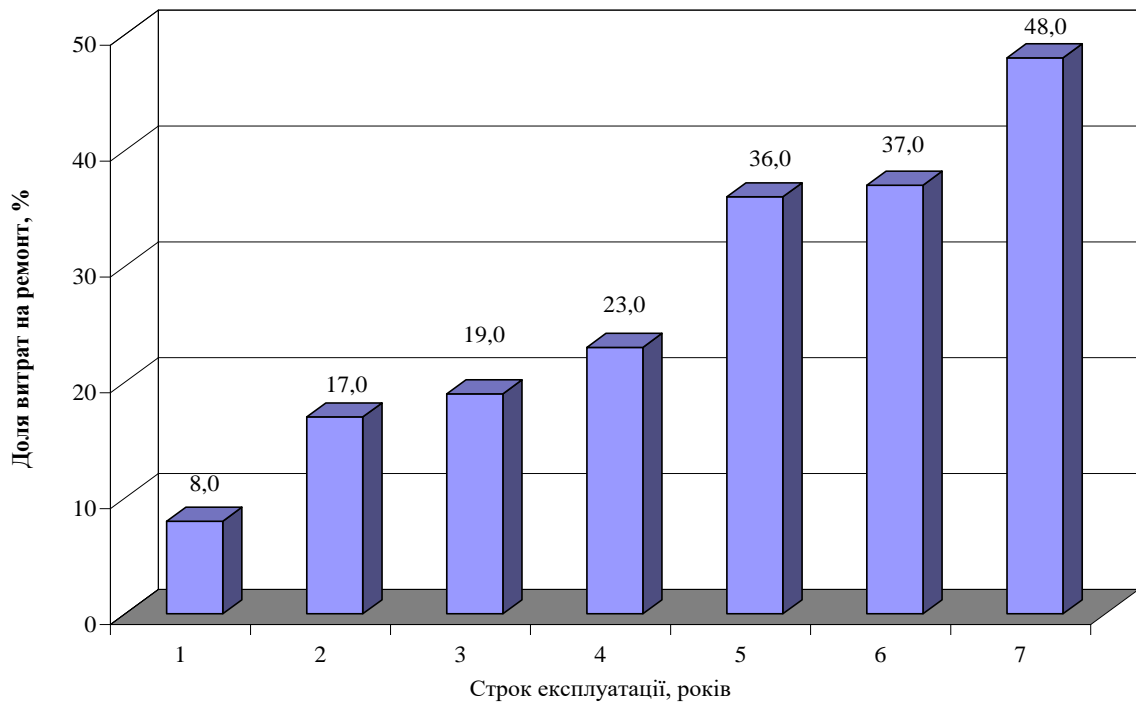


Рис.2.2. Частка витрат на технічний сервіс у загальній структурі витрат на транспортування гірської маси автосамоскидами БЕЛАЗ за семирічний період їх роботи

Однак, кожна модель та автосамоскидів кожного конкретного виробника потребує окремого підходу, що дозволить більш точно спрогнозувати корисний термін експлуатації автосамоскидів.

На гірничорудних підприємствах, для характеристики ефективності автосамоскидів, використовують показник питомих витрат на ремонт та обслуговування автосамоскидів на обсяг виконаних робіт за певний період.

До таких витрат включають витрати на технічний сервіс, витрати на запчастини та матеріали, витратні матеріали на технічне обслуговування,

витрати на оплату праці ремонтних бригад та інші витрати пов'язані із витратами на оренду ремонтних площ та ремонтної техніки, а також послуги сторонніх організацій.

Дослідження робіт з технічного обслуговування та ремонту кар'єрної техніки, дозволили визначити показник, за яким можна провести оцінку ефективності витрат на ремонт та обслуговування техніки.

Питомі витрати на ремонт та технічне обслуговування автосамоскидів визначається шляхом відношення суми витрат на ремонт та обслуговування до загального обсягу наробітку годин з технічної готовності за кожною моделлю.

Дослідження даного показника дозволяє визначити зміни технічного стану або зносу за кожним конкретним видом техніки та по парку кар'єрного парку в цілому.

Так як витрати часу на ремонт та обслуговування кар'єрної техніки впливають на собівартість перевезення гірничої продукції, визначення величини простоїв актуальним, так як це напряму впливає на ефективність роботи підприємства в цілому.

При дослідженні даного показника, нами було визначена кількість дефектів, які виникають при експлуатації автосамоскидів БЕЛАЗ, які було введено в експлуатацію на протязі 2009-2011 рр. на Ганнівському кар'єрі ПрАТ «ПівнігЗГЗК». Розрахунки було виконано у 2016 році. Результати досліджень приведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Технічний стан парку автосамоскидом в Ганнівському кар'єрі

Рік введення в експлуатацію					
2009		2010		2011	
Технічний стан		Технічний стан		Технічний стан	
Кількість автосамоскидів					
4		6		4	
технічно справний	несправний	технічно справний	несправний	технічно справний	несправний
2	2	4	2	3	1

Як ми можемо побачити із таблиці, що з 4 автосамоскидів, які було введено в експлуатацію у 2009 році, половина перебуває у несправному стані. З 6 автосамоскидів, які було введено в експлуатацію у 2010 році 33% не працює, а з 3 автосамоскидів, що введені в експлуатацію у 2011 році 25% перебуває у несправному стані.

Всі кар'єрні автосамоскиди, що випускаються ТОВ «БелАЗ» з 2005 року, підпадають під відповідність до стандарту ТУ ВУ 600038906.004-2005 [4], який повинен враховувати умови експлуатації, наробіток граничного наїзду (540000 км), нормативний строк служби (близько 5 років) тощо. Як ми визначили у дослідженні, вже після другого року експлуатації автосамоскиду, зменшується час працездатності через простой у незапланованих ремонтах.

За досвідом західних країн, для оцінки ефективності експлуатації кар'єрної автомобільної техніки використовуються прогресивні питомі показники, такі як кількість відпрацьованих автомобіле-годин на рік. На українських кар'єрах даний показник становить 7500-8000 годин.

За дослідженнями українських фахівців, для оцінки працездатності автосамоскиду найчастіше використовують наступні показники:

- моральний та фізичний знос (30%);
- низька якість запасних частин та комплектуючих матеріалів (25%);
- некомплектність ремонтних баз (14%);
- перевиконання плану без зупинок на ТО (14%);
- низький рівень організації виробництва (10%).

За дослідженням основних причин відмов на автосамоскидах на Ганнівському кар'єрі, нами було визначено, що найчастішою причиною є дефекти у несучих конструкціях, погані дорожні умови та порушення правил технічної безпеки. Приклади дефектів несучих конструкцій самоскиду приведено на рис.2.3.



а)

б)

Рис.2.3. Приклади дефектів, виявлених у процесі експлуатації автосамоскидів в Ганівському кар'єрі: а) тріщина рами автосамоскида ($L=650$ мм) вихідна за контур листа; б) дефект верхнього кронштейна передньої підвіски.

Конструкційні дефекти призводять до порушення умов експлуатації та організації процесів роботи транспортних засобів, що в свою чергу призводить до збільшення кількості простоїв.

2.2 Визначення ефективного режиму роботи автосамоскидів з електромеханічною трансмісією в умовах кар'єру

Під час розробки родовищ відкритим способом, екскаваторно-автомобільні комплекси переважно використовують для виконання навантаження гірничої маси та здійснення транспортних робіт при розкривних та видобувних роботах.

Дані комплекси широко використовуються на кар'єрах гірничозбагачувальних підприємств у Кривому Розі. Залізрудні кар'єри відрізняються різною глибиною та продуктивністю, рельєфом, формою та глибиною покладів корисних копалин, що в свою чергу обумовлює різні показники експлуатації.

Гірничовидобувні підприємства України є найбільшими постачальниками мінеральної сировини, тому є і найбільшими споживачами кар'єрної техніки. Лідером по кількості кар'єрної техніки, яку використовують гірничовидобувні підприємства є ТОВ «БелАЗ», який випускає широкий асортимент кар'єрних автосамоскидів, де одним з найбільш популярних моделей є БЕЛАЗ-7513 вантажопідйомністю 130-136 тон.

Даний автосамоскид має ряд переваг у порівнянні з самоскидами меншої вантажопідйомності (110 -120 т) як за перевезеним обсягом гірничої маси у м³ (в1,5 рази) та за перевезеним тоннажем (в 1,3 рази).

При порівнянні обсягів транспортної роботи у т.км БЕЛАЗ-7513 дещо поступається 120-тонним автосамоскидам. Це можна пояснити більш коротким плечем перевезення (у 1,5 рази) та меншою вагою перевезеної гірничої маси (у 1,2 рази). Потрібно також зазначити більшу економічність автосамоскида вантажопідйомністю 130 т, який споживає на 30% менше палива але при цьому має більшу продуктивність (на 80%) та більшу у 1,3 рази швидкість ніж 120-тонні машини.

Для визначення оптимального режиму експлуатації автосамоскидів з електромеханічною трансмісією, необхідно визначити комплекс техніко-технологічних та організаційних факторів, які забезпечать найвищу ефективність експлуатації автосамоскидів.

До технологічних факторів можна віднести: схему вантажопотоків кар'єру та на кінцевих пунктах біля екскаватору, висоту підйому та спуска з вантажем, тип навантажувально-розвантажувальних засобів тощо.

До технічних факторів включають набір конструктивно-експлуатаційних параметрів автосамоскидів, що включають дорожні умови, швидкості руху на різних ділянках кар'єрної дороги тощо.

До організаційних факторів можна віднести змінність роботи автосамоскиду, здача-прийом змін, організація роботи персоналу, забезпечення паливом та мастильними тощо.

Під час виконання виробничого завдання, оптимальним режимом роботи можна віднести швидкість руху автосамоскидів, яка дозволяє оптимально витратити паливо у розрахунках на одиницю продукції, а також нормальний тепловий режим двигуна і трансмісії для забезпечення безпеки руху.

Майже на 85% всіх кар'єрів України мають щебеневі укорочені дороги з висотою підйому 150-200 м, де вантажопотоки направлені знизу вгору.

Використання комбінованих транспортних схем виконує функції виробничої ланки з більш кращими умовами де висота спуску або підйому з вантажем значно менше. Однак при менших відстанях перевезень (до 1,5км), підчас навантажень автосамоскиди відчують більші динамічні впливи на несучі вузли, а комплексний показник завантаження буди вище:

$$D = \frac{F_{гм} \cdot 1}{q_a \cdot T_p} \quad (2.1)$$

де $F_{гм}$ - сила удару гірської маси, що розвантажується з ковша, Н; q_a - власна маса автосамоскида, т; T_p - тривалість рейсу, год.

Також необхідно зазначити, щоб при коротких відстанях перевезень у розрахунку на одиницю час, автосамоскид у проводять більше розворотів на кінцевих пунктах заднім ходом, що призводить до зростання витрат палива.

При комбінованій транспортній схемі, питома потужність автосамоскидів однакова, так як автосамоскиди і на коротких дистанціях повинні здійснювати підйоми, як в монотранспортній схемі, а кількість їх буде до 3 раз менше. Тому для роботи у складальній ланці при комбінованих (автомобільно-конвеєрним, автомобільно-залізничним) транспортних схемах є недостатньо обґрунтовані [9].

У якості критерію при визначенні оптимального режиму експлуатації автосамоскиду приймаємо середньорічну продуктивність за період його роботи:

$$Q_{cp.z} = f\left(L, H, i_{cp}, \omega_0, N_{дв.пит}, V_t, P(t)\right) \rightarrow \max \quad (2.2)$$

де L - середньозважена відстань транспортування, км; H - середньозважена висота підйому вантажу, м; i_{cp} - середній ухил траси, %; ω_0 - середньозважений питомий опір кочення, Н/т; $N_{дв.пит}$ - питома потужність двигуна (енергооснащеність) автосамоскида, кВт/т; V_t - середньотехнічна швидкість автосамоскида, км/год; $P(t)$ - імовірність безвідмовної роботи автосамоскида, обумовлена застосовуваними навантажувальними режимами вузлів і систем автосамоскида.

Критерієм оптимізації також можна визначити мінімальну собівартість перевезень на одиницю транспортної роботи (C), грн./ $(т.км)$ або мінімальні питомі витрати палива ($q_{пал}$), л/ $(т.км)$.

Однак найбільш доцільним є показник продуктивності, так як при його максимальному значенні мінімізуються інші критерії.

2.3 Тягово-динамічний розрахунок автосамоскидів з електромеханічною трансмісією

Для проведення оцінки швидкісних якостей автосамоскидів з ЕМТ та визначенні ступеня ефективності їх використання умовах експлуатації необхідно здійснити тягово-динамічні розрахунки для одного з них.

Вихідними даними для проведення розрахунків для по Ганівському кар'єру ПрАТ «ПівнГЗК» приведені у табл. 2.2 та табл. 2.3.

Таблиця 2.2.

Вихідні дані для проведення тягово-динамічних розрахунків

Показник	Умовне позначення	Значення
Продуктивність кар'єру по гірничій масі на розкривних роботах, тис.т/рік	Q_k	1700
Щільність гірничої маси, т/м ³	γ	2,4
Відстань транспортування від забою до розвантажувального пункту на ділянках, м:		
- всередині кар'єру	$l_{вк}$	500
- виїзної траншеї	$l_{в.тр}$	1500
- на поверхні	$l_{пов}$	1400
Ухил дороги від вибою до розвантажувального пункту на ділянках, %:		
- всередині кар'єру	$i_{вк}$	3
- виїзної траншеї	$i_{в.тр}$	7
- на поверхні	$i_{пов}$	2
Кількість робочих днів	$N_{рік}$	365
Кількість змін на добу	n	2
Маса екскаватора із протиვაгою, т	$T_{зм}$	12

Таблиця 2.3

Технічна характеристика ЕКГ-10

Показник	Умовне позначення	Значення
Місткість ковша, м ³	V_k	10
Тривалість циклу, с	$t_{ц}$	26
Максимальна радіус черпання, м	$R_{ч}^{max}$	18,4
Максимальна висота черпаня, м	$H_{ч}^{max}$	13,5
Потужність привідного двигуна, кВт		630
Маса екскаватора із противагою, т		395

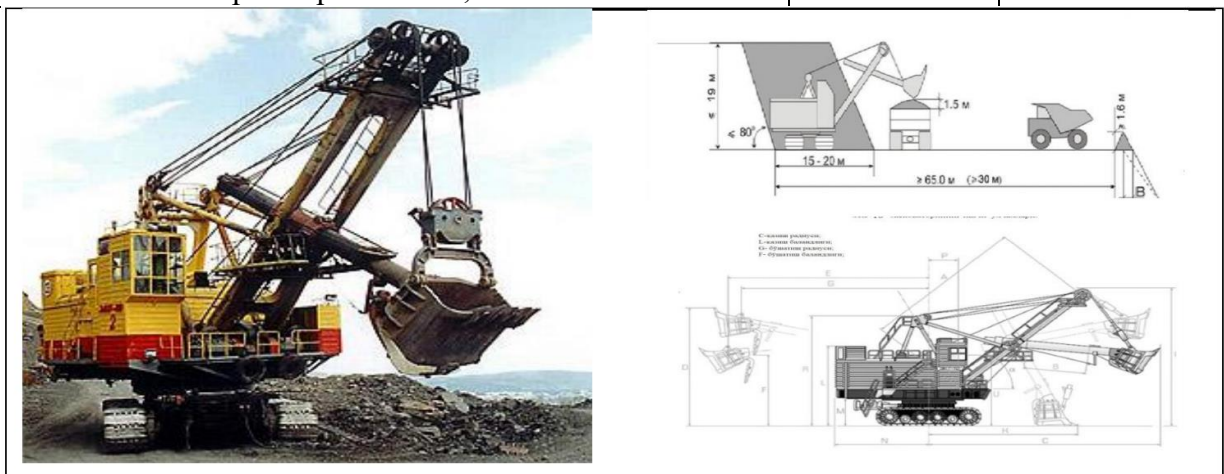


Рис.2.4. Габаритні розміри екскаватора ЕКГ-10

На першому етапі визначаємо продуктивність у розрахунках на 1 зміну для екскаватора ЕКГ – 10:

$$Q_{зм} = \frac{60 \cdot V_k \cdot T_{зм} \cdot k_n \cdot k_v}{t_{ц} \cdot k_p} = Q_{техн} \cdot T_{зм} \cdot k_e \cdot k_v = 1200 \cdot 12 \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 5040 \text{ м}^3 / \text{зміну}$$

де V_k - ємність ковша екскаватора, м³; $T_{зм}$ - тривалість робочої зміни, год.; $t_{ц}$ - час робочого циклу екскаватора, хв.; $Q_{техн}$ - технічна продуктивність екскаватора.

$$Q_{техн} = \frac{60 \cdot V_k}{t_{ц}} = \frac{60 \cdot 10}{0,5} = 1200 \text{ м}^3 / \text{годину}$$

Таким чином річна експлуатаційна продуктивність одного екскаватора можна визначити

$$Q_{рік} = Q_{зм} \cdot n \cdot N = 5040 \cdot 2 \cdot 365 = 3679200 \text{ м}^3 / \text{рік}$$

де n - число змін на добу;

На наступному етапі, розрахуємо необхідну кількість екскаваторів ЕКГ-10, що забезпечує продуктивність кар'єру [5].

$$n_{ек} = \frac{Q_{рік.к}}{Q_{рік.е}} = \frac{17000 / 2,4}{3769,2} = 1,8 \approx 2 \text{ од}$$

На Ганнівському кар'єрі для транспортування гірничої маси використовується автосамоскид БЕЛАЗ-75131 з електромеханічною трансмісією вантажопідйомністю 130-136 т. Схема габаритів самоскиду приведена на рис.2.5, а технічна характеристика самоскиду приведена у табл. 2.4.

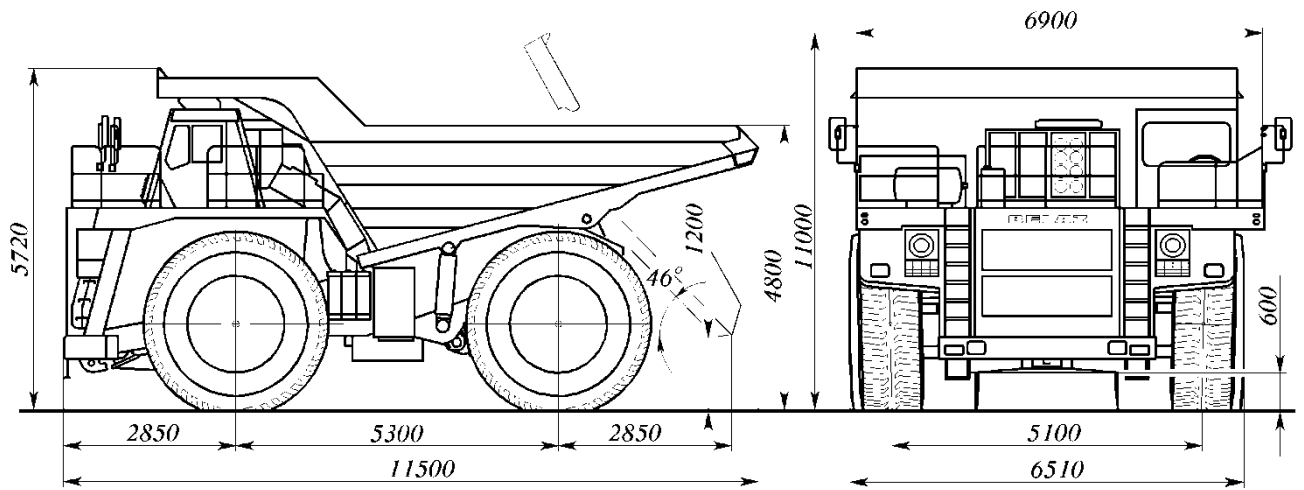


Рис.2.5. Кар'єрні самоскиди Белаз-75131. Габаритні розміри

Таблиця 2.4

Технічна характеристика самоскиду Белаз-75131

Параметри	БелАЗ-75131
Номінальна маса перевезеного вантажу, кг	130000 - 136000
Маса самоскида, кг: спорядженого повна	105000 235000 - 241000
Розподіл повної маси, %: на передню вісь на задню вісь	33 67
Найменший радіус повороту по осі сліду переднього зовнішнього колеса щодо центру повороту, м	13
Габаритний діаметр повороту, м	28
Максимальна швидкість руху з номінальною масою вантажу на горизонтальній ділянці дороги, км/год	48
Гальмівний шлях самоскида з повною масою з використанням робочої гальмівної системи зі швидкості 8.3 м/с (30 км/год), м	21
Номінальний геометричний обсяг платформи, м ³	46
Номінальна місткість платформи (з "шапкою" 2:1), м ³	71
Ухил, на якому стоянкова гальмівна система забезпечує нерухомість самоскида, %	16
Час підйому платформи з номінальною масою сек, не більше	20
Час опускання платформи, сек	18
Кут розвантаження максимальний, град.	46
ДВИГУН	
Модель	КТА 50С
Тип	Дизельний чотиритактний з V-образним розташуванням циліндрів, газотурбінним наддуванням і проміжним охолодженням наддувного повітря
Номінальна потужність, кВт	1176
Частота обертання, що відповідає номінальній потужності, хв ⁻¹	1900

Мінімальна стійка частота обертання холостого ходу, хв^{-1}	725
Максимальна частота обертання холостого ходу, хв^{-1}	2000
Кількість циліндрів	16
Робочий об'єм, л	50
Діаметр циліндра, мм	159
Хід поршня, мм	
ТЯГОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВІД	
Перемінно-постійного струму, включає тяговий синхронний генератор, тягові електродвигуни, силові трифазні випрямлячі, вентильовані гальмівні резистори, комутаційні апаратури й систему автоматичного управління	
Тяговий генератор	СГДУ 89/38-8, ГСН-500
Потужність, кВт	1000
Тяговий електродвигун	ЕК-420 ЕД-136 ТЕД-6
Потужність, кВт	420 590 640
Редуктор електромотора-колеса	Дворядний диференціальний
загальне передаточне число	30,36
Ходова частина	
Рама	Зварена з високоміцної сталі, лонжерони коробчастого перетину з'єднані поперечками
Підвіска: передніх коліс	Пнемо-гідравлічна залежна
задніх коліс	Пнемо-гідравлічна залежна
Колеса	Бездискові, з рознімним обідом
Шини	Безкамерні, пневматичні
Розмірність діагональних шин	33. 00-51 НС 58 (Е3 або Е4)
Тиск повітря в шинах, МПа	0.6±0. 025
Розмірність радіальних шин	33.00R51
Тиск повітря в шинах, МПа	0. 725±0.025
Ємність паливного баку, л	1900

Тяговий електродвигун ТАД-5/ЕДП-600; ЕК-590: потужність номінальна - 590 (560) кВт, напруга номінальна - 700В, напруга максимальна - 1000В, максимальний струм - 2000А, частота обертання номінальна - 560 хв^{-1} , частота обертання максимальна - 1850 хв^{-1} , сумарний опір якірного ланцюга - 0,046 Ом [6].

У діапазоні частот обертання від номінальної до 1500 хв^{-1} двигун забезпечує роботу при постійній споживаній потужності близько 630 кВт, а при частоті обертання 1850 хв^{-1} при споживаній потужності не менш 330 кВт.

В основі тягових розрахунків для використовують вплив сил, які діють на рухомий склад в процесі його руху, таких як сила тяги, сили опору руху та гальмовної сили [5].

$$F_k = \frac{736 \cdot 3,6 \cdot N}{V} \cdot \eta_n \cdot \eta_k = \frac{736 \cdot 3,6 \cdot 1620}{25} \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 123619,7 \text{ кгс}$$

де N - потужність двигуна, к.с.; η_n - ККД передачі від вала двигуна до рушійних коліс; при електромеханічній трансмісії $\eta_n = 0,8-0,9$; η_k - ККД ведучого колеса становить $0,7-0,9$; V - швидкість руху автосамоскида; км/год.

Визначення максимального значення тягового зусилля, що обмежується показниками зчеплення рушійних коліс з дорогою :

$$F_{\max} \leq 1000 \cdot P_{зч} \cdot \varphi = 1000 \cdot 88,0 \cdot 0,7 = 61600 \text{ кгс}$$

де $P_{зч}$ - зчіпна вага автосамоскида тобто вага, що приходить на рушійні колеса, тс φ - коефіцієнт зчеплення, що залежать від типу й стану дорожнього покриття.

Для визначення сили опору руху використаємо формулу:

$$W = W_0 + \sum W_{\partial o \partial}, \text{ кгс} \quad (2.3)$$

де W_0 - сила основного опору руху на прямій горизонтальній ділянці; $\sum W_{\text{дод}}$ - сума додаткових сил опору руху автосамоскида;

$$W_0 = \omega_0 \cdot P = 30 \cdot 243 = 7290 \text{ кгс}$$

де ω_0 - питомий опір руху автосамоскида, кгс/тс; P - повна вага автосамоскида тс.

$$\sum W_{\partial o \partial} = \pm W_i + W_n \pm W_j + W_k \text{ кгс} \quad (2.4)$$

де W_i - сили опору від ухилу; W_j - сили опорів від прискорення; W_k - сили опорів при русі по криволінійних ділянках шляху; W_n - сили опорів повітряного середовища.

Силу опору, в залежності від ухилу склону визначимо за формулою

$$W_i = P \cdot i = 243 \cdot 0,07 = 17,01 \text{ кгс}$$

де i - питомий опір від ухилу, що чисельно дорівнює величині ухилу в тисячних, кгс/тс.

Таким чином, сила опору, яка виникає в наслідок інерції обертових мас можна визначити за формулою:

$$W_j = P \cdot J = 243 \cdot 5,61 = 1363,23 \text{ кгс}$$

де j - відносне прискорення (уповільнення) тобто прискорення автосамоскида, віднесене до прискорення сили ваги з урахуванням коефіцієнта інерції обертових мас

$$J = \frac{(1+\nu) \cdot a}{g} \cdot 1000 = 102 \cdot (1+\nu) \cdot a = 102 \cdot (1+0,1) \cdot 0,05 = 5,61$$

де a - прискорення (уповільнення) автосамоскида, м/с; ν - коефіцієнт інерції, що залежить від типу трансмісії (для автосамоскидів з електромеханічною передачею $\nu = (0,1 - 0,15)$).

На наступному етапі, визначимо опір при русі по криволінійних ділянках дороги за формулою

$$W_k = 0,03 \cdot \frac{200 - R}{200} \cdot P = 0,03 \cdot \frac{200 - 13}{200} \cdot 243 = 6,81 \text{ кгс}$$

де R - радіус кривої, м.

а опір повітряного середовища за формулою:

$$W_e = \lambda \cdot S \cdot v^2 = 6 \cdot 37,76 \cdot 23^2 = 109862,72 \text{ кгс}$$

де λ - коефіцієнт, що враховує обтічність автосамоскида (для кар'єрних автосамоскидів $\lambda = (5,5 - 7)$; S - площа лобового перетину автосамоскида (для БЕЛАЗ-75131 $S = 37,76 \text{ м}^2$); при відсутності подібних даних визначається як добуток колії автосамоскида на його висоту.

$$\Sigma W_{\text{доп}} = 17,01 + 109862,72 + 1363,23 + 6,81 = 111249,77 \text{ кгс}$$

$$W = 7290,0 + 111249,77 = 118539,77 \text{ кгс}$$

В процесі розрахунків, сумарний опір руху автосамоскида у порівнянні із силою тяги по ободу колеса автосамоскиду (W) повинен бути меншим або дорівнювати F_k . За проведеними розрахунками $W \leq F_k$; $118539,77 < 123619,74$.

Якщо F_k менше W ($F_k < W$), то для подолання опорів сили тяги автосамоскида не достатньо, тому необхідно зменшити опори руху [7].

Для визначення швидкості руху автосамоскидів, що є дуже важливим показником експлуатації автосамоскиду та визначає час руху за окремими ділянками кар'єрної дороги. Визначення швидкості руху автосамоскида аналітичним шляхом достатньо складне, тому у практичних цілях використовують динамічні характеристики автосамоскиду (рис.2.6), які визначають залежність динамічних факторів автосамоскида від швидкості його руху.

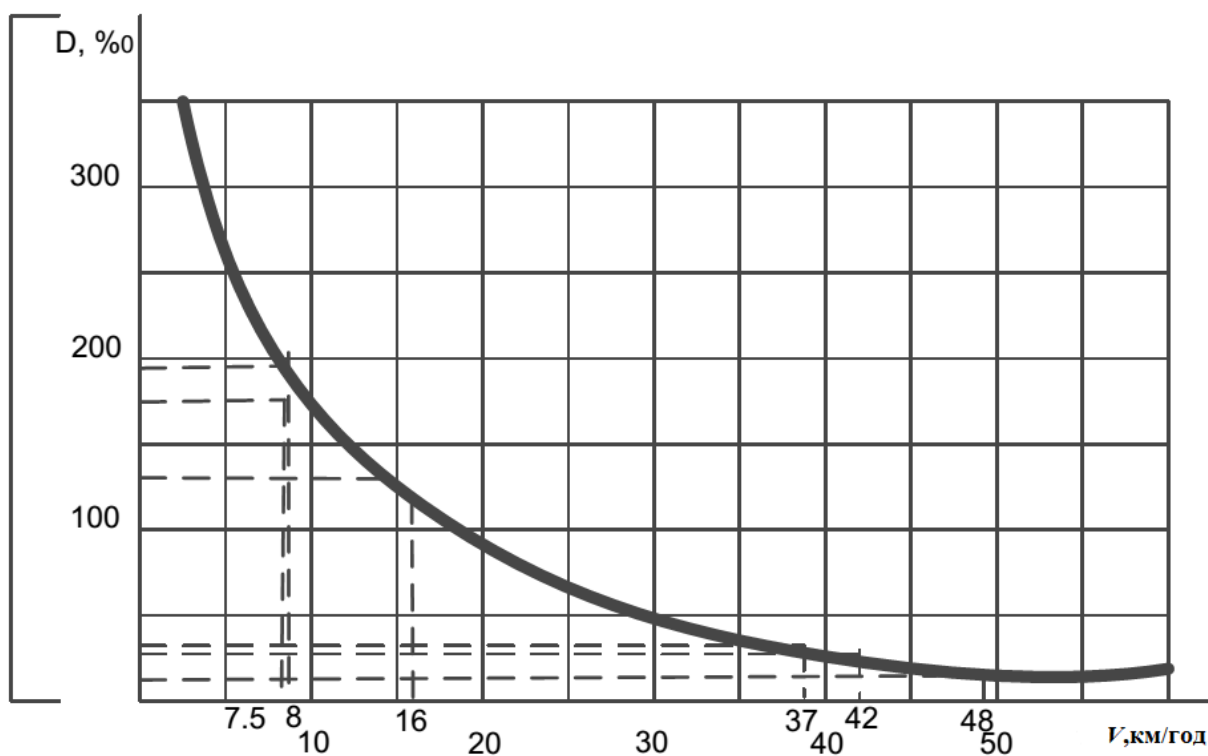


Рис. 2.6. Динамічна характеристика автосамоскида БЕЛАЗ-75131

Надлишкову силу тяги, що віднесена до ваги транспортного складу називають динамічним фактором та визначають за формулою

$$D = \frac{F_k - W_e}{P}, \%_o \quad (2.5)$$

$$D_{1ep} = \omega_0 \pm i = 160 + 3 = 163\%_o \quad D_{2ep} = \omega_0 \pm i = 75 + 70 = 145\%_o$$

$$D_{3ep} = \omega_0 \pm i = 30 + 2 = 32\%_o \quad D_{4np} = \omega_0 \pm i = 30 - 2 = 28\%_o$$

$$D_{5np} = \omega_0 \pm i = 75 - 70 = 5\%_o \quad D_{6np} = \omega_0 \pm i = 160 - 3 = 157\%_o$$

Динамічний фактор визначається для кожної ділянки дороги в залежності від ухилу дороги, значення основного опору руху (W), типу дороги та його покриття.

Для визначення швидкості руху автосамоскиду за динамічною характеристикою необхідно обрати рух на низьких передачах. При русі на великих передачах на проміжку тривалого часу може виникнути перегрів двигуна.

Час знаходження автосамоскиду у рейсі визначається за формулою:

$$T_p = t_n + t_{рух} + t_p + t_m, \text{хвил} \quad (2.6)$$

де t_n - час навантажування автосамоскида, хв; $t_{рух}$ - час руху автосамоскида з вантажем і порожняком, хв.; t_p - час розвантаження автосамоскида, хв.; t_m - час, необхідне на маневри при навантаженні й розвантаженню, хв.

Час знаходження автосамоскиду під навантаженням (t_n) залежить від продуктивності екскаватора, вантажопідйомності автосамоскиду машини та ємністю його кузова.

Час навантаження автосамоскиду повинен враховувати обсяги гірничої маси для транспортування, що вимірюється в щільному тілі $\gamma', m/m^3$.

При виконанні умови $\gamma = \frac{\gamma'}{k_p} > \frac{q_a}{V_a}$, говорить про обмеженість

вантажопідйомності автосамоскида;

При умові $\gamma = \frac{\gamma'}{k_p} < \frac{q_a}{V_a}$, говорить про обмеженість ємності кузова;

При $\gamma = \frac{q_a}{V_a}$ говорить про повне використання вантажопідйомності та

ємності кузова;:

$$\text{якщо } \gamma = \frac{q_a}{V_a} \quad t_H = \frac{q_a \cdot t_{\text{ц}}}{V_K \cdot \eta_e \cdot \gamma} = \frac{130 \cdot 0,5}{10 \cdot 0,75 \cdot 2,4} = 3,6 \approx 4 \text{ хвил}$$

$$\text{якщо } \gamma < \frac{q_a}{V_a} \quad t_H = \frac{V_a \cdot t_{\text{ц}}}{V_K \cdot \eta_H}, \text{ хвил}$$

де q_a - вантажопідйомність автосамоскида, тс; V_a - ємність кузова автосамоскида, м³; V_K - ємність ковша екскаватора, м³; $t_{\text{ц}}$ - тривалість циклу екскаватора, хв.; η_e - коефіцієнт екскавації (для піщаних порід $\eta_e = 0,9$; для вугілля $\eta_e = 0,85-0,9$; для глин, і суглинків $\eta_e = 0,75-0,8$; для напівскельних і скельних порід $\eta_e = 0,75 - 0,6$); $\eta_H = 0,8 - 1,0$ коефіцієнт наповнення ковша; $K_p = 1,05 + 1,5$ - коефіцієнт розпушення породи; γ, γ' - щільність гірської маси, що транспортується, відповідно в пухкому стані та в масиві, т/м³.

Таким чином, час руху автосамоскиду у навантаженому виді й порожняком можна визначити за формулою:

$$t_{\text{рух}} = 60 \cdot \left[\left(\frac{l_{\text{в.к}}}{V_{1\text{вр}}} + \frac{l_{\text{в.тр}}}{V_{2\text{вр}}} + \frac{l_{\text{в.пов}}}{V_{3\text{вр}}} \right) + \left(\frac{l_{\text{н.пов}}}{V_{3\text{нр}}} + \frac{l_{\text{н.тр}}}{V_{2\text{нр}}} + \frac{l_{\text{н.к}}}{V_{1\text{нр}}} \right) \right] \cdot K_{p.з} =$$

$$= 60 \cdot \left[\left(\frac{0,5}{8} + \frac{1,5}{16} + \frac{1,4}{37} \right) + \left(\frac{1,4}{42} + \frac{1,5}{48} + \frac{0,5}{7,5} \right) \right] \cdot 1,1 = 21,329 \text{ хвил}$$

де $l_{\text{в.к}}, l_{\text{в.тр}}, l_{\text{в.пов}}$, - довжини ділянок шляхи відповідно усередині кар'єру, виїзної траншеї й на поверхні, км; $V_{1\text{вр}}, V_{2\text{вр}}, V_{3\text{вр}}$, - швидкість руху

автосамоскида у вантаженому напрямку на відповідних ділянках, км/год;
 $V_{1\text{пор}}$, $V_{2\text{пор}}$, $V_{3\text{пор}}$, - швидкості руху автосамоскида в порожньому напрямку на
 тих ділянках, км/год; $K_{р.з} = 1.1$ коефіцієнт, що враховує розгін і
 вповільнення автосамоскида.

Час розвантаження автосамоскиду визначається шляхом сумування
 часу підйому / опускання кузова та часу маневрування, що складає
 приблизно 1 - 1,2 хв, а час на маневрування при розвантаженні становить
 приблизно 80 - 100 секунд.

При визначенні продуктивності автосамоскиду, на першому етапі
 розрахунків, необхідно визначити технічна продуктивність автосамоскида за
 формулою

$$Q_{зм} = q_a \cdot k_q \cdot \frac{T_{зм}}{T_p} = 130 \cdot 0,9 \cdot \frac{12}{0,45} = 2159,1 \text{ т/зміну}$$

де $k_q = 0,8-1,0$ коефіцієнт використання вантажопідйомності автосамоскида;
 q_a - паспортна вантажопідйомність автосамоскида, т; $T_{зм}$ - тривалість зміни,
 година; T_p - час рейсу, ч.

На наступному етапі необхідно визначити експлуатаційну
 продуктивність автосамоскида за зміну за формулою

$$Q_{зм.е} = Q_{зм} \cdot k_в = 2159,1 \cdot 0,8 = 1727,3 \text{ т/зміну}$$

де $k_в = \frac{T_{зм} - T_{пр}}{T_{зм}}$ - коефіцієнт використання змінного часу; з досвіду
 експлуатації автотранспорту $k_в = 0,75 - 0,85$.

При визначенні необхідного парку автосамоскидів для виконання
 виробничого завдання, спочатку необхідно визначити кількість
 автосамоскидів, які обслуговує один екскаватор за формулою

$$N = \frac{T_p}{t_n} = 1 + \frac{t_{пух} + t_p + t_m}{t_n} = 1 + \frac{23,82}{3,6} = 7,61 \approx 7 \text{ самоскидів}$$

Визначення робочого парку автосамоскидів необхідних для перевезення планового обсягу гірничої маси по кар'єру визначимо за формулою:

$$N_p = N \cdot Z = 7 \cdot 2 = 14 \text{ од або}$$

$$N_p = \frac{K_n \cdot Q_{зм.к}}{Q_{зм.е} \cdot n} = \frac{1,1 \cdot 43835,6}{1727,3 \cdot 2} = 13,9 \approx 14 \text{ од}$$

де Z - кількість екскаваторів на кар'єрі, од.; $K_n = 1,1 - 1,2$ - коефіцієнт нерівномірності роботи кар'єру; $Q_{зм.к}$ - добовий вантажообіг кар'єру, т; n - число робочих змін на добу.

Таким чином, чисельність інвентарного парку автосамоскидів повинно бути більше робочого, тому що певна частина самоскидів перебуває на ремонті та технічному обслуговуванні. Таким чином використаємо формулу:

$$N_i = \frac{N_p}{\alpha_m} = \frac{14}{0,830} = 16,8 \approx 17 \text{ од}$$

де $\alpha_m = \frac{N_p}{N_{сп}}$ - коефіцієнт технічної готовності парку, прийнятий за

нормативами, рівний 0,7-0,9; $N_{сп}$ - облікове число автосамоскидів.

За умови двозмінної роботи, рухомий склад автосамоскидів потрібно збільшити на коефіцієнт $K = 1,2 - 1,25$.

В режимі гальмування двигун реалізує для гальмування та зупинки потужність до 1000 кВт на всьому діапазоні частот обертання та на максимальній швидкості.

Ослаблення поля тягового електродвигуна відбувається за два етапи: у

- 1) незалежна обмотка збудження відключається;
- 2) сила, що намагнічує незалежну обмотку направляєється назустріч силі, що намагнічує серієсні обмотки.

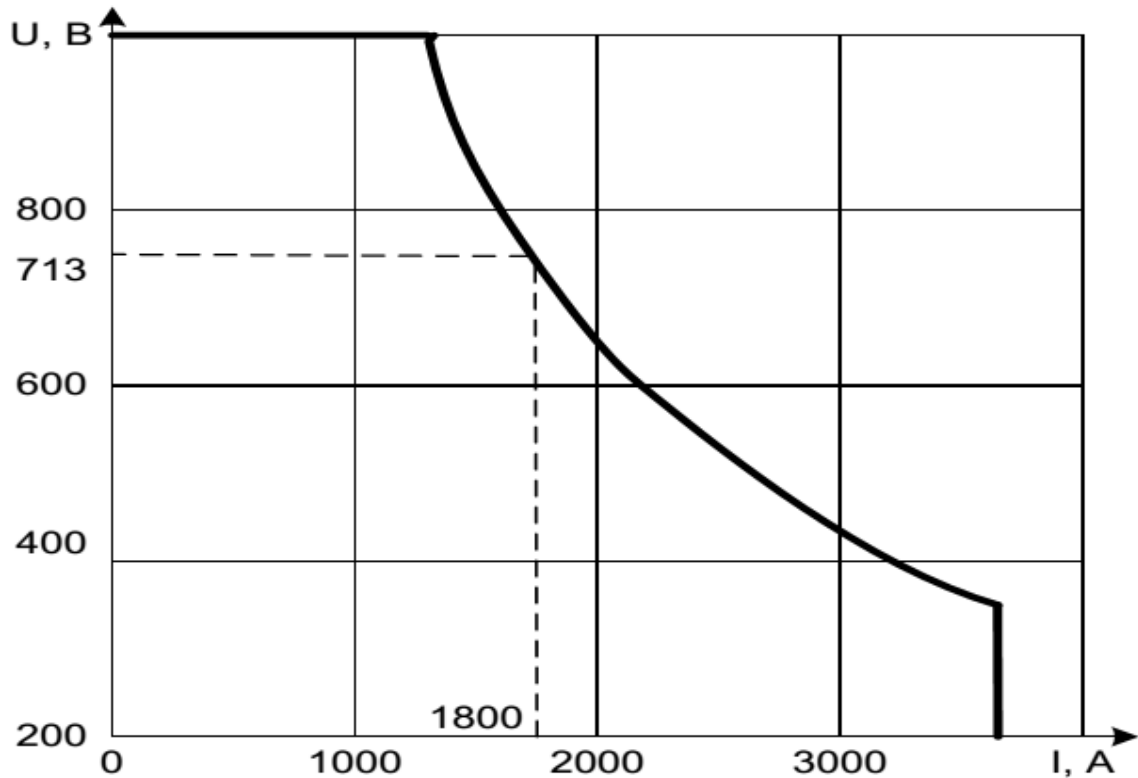


Рис. 2.7. Зовнішня характеристика генератора $P = IU = const$, U - напруга на затисках двигуна; I - струм, що протікає по обмотці

При проведенні розрахунків, максимальний струм тягового генератора ($I_{г.мах}$) приймається у 3600А, а потужність ($N_{св}$) у 1400 кВт. Потужність дизеля (294 кВт) витрачається на живлення допоміжних бортових систем автосамоскиду та при передачі потужності від дизелю до генератора. Характеристика генератора $U = f(I)$ визначається з урахуванням втрат у генераторі та у випрямлячі:

$$P = U \cdot I = N_{св} \cdot \eta_c = 1400 \cdot 0,92 = 1285 \text{ кВт}$$

де $\eta_c = \eta_g \cdot \eta_v = 0,945 \cdot 0,975 = 0,92$; η_g - ККД генератора, η_v - ККД випрямляча, η_c - ККД мережі.

Зовнішня характеристика генератора приведена на рис. 2.7.

Таким чином, визначимо швидкість автосамоскида за формулою

$$v = 0,377 \cdot n_{\text{дв}} \cdot r_{\text{к}} / i_{\text{р}} = 0,377 \cdot 1,68 \cdot n_{\text{дв}} / 23,5 = 0,027 \cdot n_{\text{дв}}$$

де $n_{\text{дв}}$ - частота обертання електродвигуна, хв^{-1} ; $r_{\text{к}}$ - радіус кочення колеса, м.

Динамічний фактор навантаженого автосамоскида можна визначити за формулою:

$$D = 2 \cdot M_{\text{дв}} \cdot i_{\text{р}} \cdot \eta_{\text{р}} \cdot 100 / (r_{\text{к}} \cdot G_{\text{в}}) = 2 \cdot M_{\text{дв}} \cdot 23,5 \cdot 0,93 \cdot 100 / (1,68 \cdot 335000) = 0,0776 \cdot M_{\text{дв}}$$

де $M_{\text{дв}}$ - крутний момент на валу електродвигуна; $\eta_{\text{р}}$ - ККД редуктора; $G_{\text{в}}$ - маса навантаженого автосамоскида, кг.

Динамічний фактор для порожнього автосамоскида визначається:

$$D = \frac{2 \cdot M_{\text{дв}} \cdot i_{\text{р}} \cdot \eta_{\text{р}} \cdot 100}{r_{\text{к}} \cdot G_{\text{пор}}} = 2 \cdot M_{\text{дв}} \cdot 23,5 \cdot 0,93 \cdot 100 / (1,68 \cdot 107000) = 0,0104 \cdot M_{\text{дв}}$$

де $G_{\text{пор}}$ - маса порожнього автосамоскида, кг.

Визначення характеристик електромеханічної трансмісії проводять за наступними етапами:

- визначення струмового навантаження електродвигуна, яке визначає навантаження генератора за формулою:

$$I_{\text{дв}} = \frac{1}{2} \quad (2.7)$$

- за характеристикою генератора (рис.2.4) розраховується напруга електродвигуна за заданим струмом:

$$U_{\text{дв}} = U \quad (2.8)$$

- визначення ЕДС електродвигуна

$$E_{\text{дв}} = U_{\text{дв}} - \Delta U_{\text{щ}} - I_{\text{дв}} \cdot r_{\text{я.ц}}, \quad (2.9)$$

де $\Delta U_{\text{щ}}$ - спадання напруги в щітках ($\Delta U_{\text{щ}} = 2,5\text{В}$); $r_{\text{я.щ}}$ - опір якірного ланцюга.

- розраховують силу намагнічення серієсної обмотки збудження за формулою:

$$f_{\text{с.о.з}} = 10 \cdot I_{\text{дв}} \quad (2.10)$$

сумарну силу намагнічення обмотки збудження визначимо для:

$$F_{\Sigma} = f_{\text{с.о.з}} + f_{\text{н.о.з}} - \text{повне поле} \quad (2.11)$$

$$f_{\Sigma} = f_{\text{с.о.з}} - 1\text{-а ступінь ослаблення поля} \quad (2.12)$$

$$f_{\Sigma} = f_{\text{с.о.з}} - f_{\text{н.о.з}} - 2\text{-а ступінь ослаблення поля} \quad (2.13)$$

де $f_{\text{н.о.з}} = 2450 \text{ А-В}$ - сила, що намагнічує, незалежної обмотки збудження.

Послаблення поля здійснюється шунтуванням серієсної обмотки та противовключенням незалежної.

- за навантажувальній характеристиці тягового двигуна (E/n) представлено на рис.2.8.

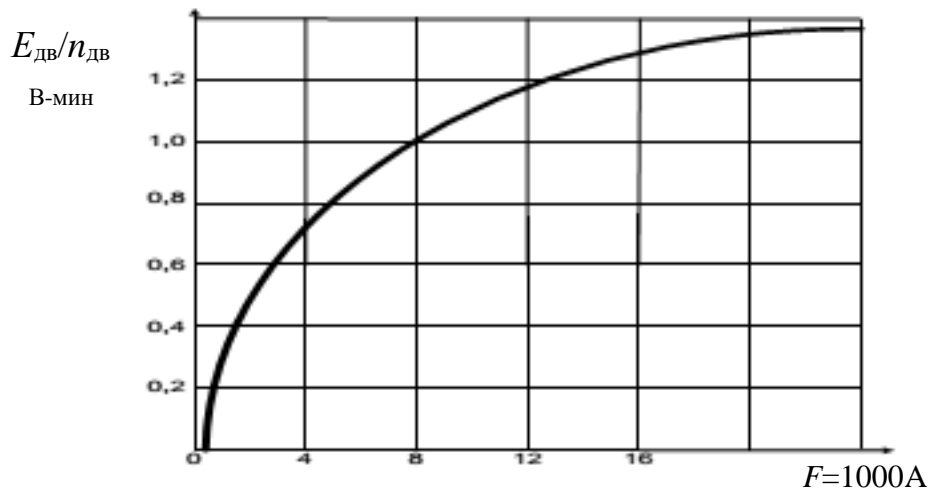


Рис. 2.8. Навантажувальна характеристика тягового електродвигуна ДК-724А: E/n - відношення ЕДС генератора до частоти обертання; F - сила, що намагнічує

- визначається крутний момент на валу електродвигуна за формулою:

$$M_{\partial e} = 9,4 \cdot I_{\partial e} \cdot E / n \quad (2.14)$$

- розраховується частота обертання якоря електродвигуна за формулою:

$$n_{\partial e} = E_{\partial e} \cdot n / E \quad (2.15)$$

де $E_{\text{дв}}$ - ЕДС двигуна.

Визначимо значення $M_{\text{дв}}$ і $n_{\text{дв}}$, що перераховує у v і D за формулами (2.14) і (2.15).

Таблиця 2.4

Електромеханічна характеристика трансмісії при повному полі

$I_{\text{дв}}$, А	$U_{\text{дв}}$, В	$\Sigma \Delta U$, В	$E_{\text{дв}}$, В	$f_{\text{с.о.з}}$, АВ	Σf , АВ	$E_{\text{дв}}/n_{\text{дв}}$ В-мин	$n_{\text{дв}}$, МИН ⁻¹	Мдв, Н-м 10 ²	v , км/Год	D , %
400	1000	21	979	4000	6450	0,94	1041	35,3	28,0	3,0
640	1000	32	968	6400	8850	1,07	905	64,4	24,0	5,2
800	800	39	761	8000	10450	1,13	673	85,0	18,2	6,9
1000	640	49	591	10000	12450	1,19	499	111,4	13,5	9,1
1200	533	58	475	12000	14450	1,24	380	139,3	10,3	11,3
1400	457	67	390	14000	16450	1,27	307	167,1	8,3	13,6
1600	400	76	324	16000	18450	1,31	248	196,3	6,7	16,0
1800	355	86	270	18000	20450	1,34	202	225,9	5,5	18,4

Таблиця 2.5

Електромеханічна характеристика трансмісії при 1-й ступені
ослаблення поля

$I_{\text{дв}}$, А	$E_{\text{дв}}$, В	$f_{\text{с.о.з}}$, АВ	Σf , АВ	$E_{\text{дв}}/n_{\text{дв}}$ В-мин	$n_{\text{дв}}$, МИН ⁻¹	Мдв, Н-м 10 ²	v , км/Год	D , %
400	979	4000	4000	0,70	1400	26,3	37,7	2,1
640	968	6400	6400	0,94	1035	56,2	28,0	4,6
800	761	8000	8000	1,03	740	77,5	20,0	6,3
1000	591	10000	10000	1,12	530	104,8	14,3	8,5

Таблиця 2.6

Електромеханічна характеристика трансмісії при 2-й ступені
ослаблення поля

$I_{дв}, А$	$E_{дв}, В$	$f_{с.о.з}, АВ$	$\Sigma f, АВ$	$E_{дв}/n_{дв}, В-мин$	$n_{дв}, МИН^{-1}$	$М_{дв}, Н-м 10^2$	$v, КМ/ГОД$	$D, \%$
600	970	6000	3550	0,63	1540	35,5	41,6	2,9
640	968	6400	3950	0,70	1390	41,8	37,6	3,4
800	761	8000	5550	0,86	890	64,3	24,0	5,2
1000	591	10000	7550	1,00	591	94,0	16,0	7,6

За проведеними розрахунками було побудовано графік електромеханічної характеристики автосамоскида БЕЛАЗ-75131 (рис.2.9)

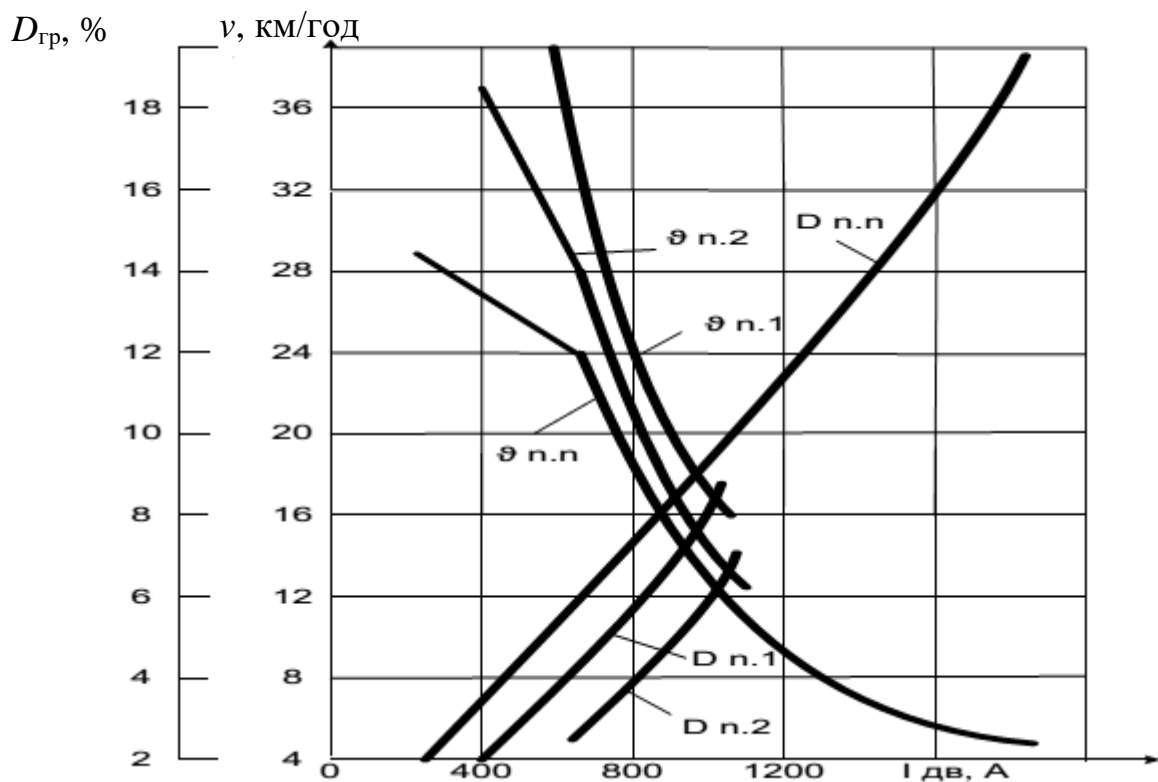


Рис. 2.9. Електромеханічна характеристика автосамоскида БЕЛАЗ-7513

Таким чином, можна зробити висновки, що тривалому навантаженню тягового електродвигуна $I_{дв} = 900 А$ відповідає динамічний фактор $D_{вн} = 8\%$ при швидкості руху автосамоскида $v = 15,5$ км/рік.

Висновки до розділу:

1. Виявлено з аналізу технічного стану кар'єрних автосамоскидів на Ганнівському кар'єрі ПРАТ «ПівніГЗК», що з 4 автосамоскидів уведених експлуатацію в 2009 році 50% перебувають у несправному стані, з 6 автосамоскидів уведених експлуатацію в 2010 році 35% перебувають у несправному стані й з 4 автосамоскидів уведених в експлуатацію в 2011 році 25% перебувають у несправному стані.

2. Встановлено, що основним фактором, який впливає на працездатність кар'єрного автосамоскида по думки фахівців УАТ є: моральне й фізичне зношування автосамоскидів (30%), низька якість запасних частин (25%), неukoмплектованість ремонтної бази (14%), план будь-якою ціною (14%), неякісна організація виробництва (10%).

3. Виявлено, що з розрахунку запропонованого нового покоління автосамоскид з електромеханічною трансмісією БЕЛАЗ-75131 необхідно для перевезення заданого обсягу вантажообігу з перевезення розкривних порід по Ганнівському кар'єру ПРАТ «ПівніГЗК» становить $N_p = 14$ од., інвентарний парк автосамоскидів $N_{ін} = 17$ од..

ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ З ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ

3.1 Визначення напрямків підвищення ефективності експлуатації кар'єрних автосамоскидів з електромеханічною трансмісією

Застосування автотранспорту в гірничій справі підтверджує його високі техніко-економічні показники при використанні в складних умовах: глибоке або складне залягання корисних копалин, розробка родовищ із обмеженими запасами (при обмеженні розмірів у плані до 2,5 км) або малим строком експлуатації. По оцінках фахівців, автотранспорт раціонально використовувати в кар'єрах з невеликими обсягами виробництва (приблизно 50...90 млн. т/рік) при відстані транспортування вантажів 3...5 км.

Основу автомобільного кар'єрного транспорту становлять автосамоскиди. Автосамоскиди мають безсумнівні переваги перед конвеєрним транспортом в умовах транспортування гірських порід з різними фізико-механічними властивостями. Використання автосамоскидів, у відміні, наприклад, від залізничного транспорту, забезпечує спрощення процесу відвалоутворення, є можливість пересуватися по відносно крутих (4...5° або 8...100‰) підйомам автомобільних доріг, що дозволяє скорочувати довжину транспортних комунікацій. Основні недоліки автотранспорту - це циклічність (як наслідок, наявність порожніх пробігів), залежність від стану доріг, зниження продуктивності в сезон дощів, в ожеледь, снігопад, забруднення атмосфери газами, що відробили, високі енергоємність і експлуатаційні витрати.

У сучасних ринкових умовах діяльність будь-якого підприємства націлена приносити прибуток, який визначається співвідношенням доходів, що одержані при виконанні заданих обсягів перевезень гірської маси, і витрат на її транспортування. Тому однією з головних завдань є завдання

підвищення ефективності транспортного процесу, що дозволяє насамперед скоротити витрати підприємства й, як наслідок, підвищити його прибуток.

Підвищення експлуатаційних показників кар'єрних автосамоскидів можна здійснювати наступними шляхами:

- впровадженням нових моделей кар'єрних автосамоскидів особливо великої вантажопідйомності й удосконалюванням їх конструкції за рахунок усунення недоліків, виявлених у процесі експлуатації;

- дослідженням закономірностей зміни показників роботи кар'єрних автосамоскидів протягом строку їх експлуатації в певних умовах і раціоналізацією системи діагностування, технічного обслуговування й ремонту;

- вивченням режимів роботи й руху автосамоскидів з метою їх оптимізації й інтенсифікації в різних умовах експлуатації на основі ефективного визначення потреби в рухомому складі й раціонального розподілу його по маршрутах.

Підвищення інтенсивності експлуатації кар'єрних автосамоскидів і оптимізація потреби в їхній кількості з урахуванням впливу безлічі експлуатаційних факторів дозволять одержати економічний ефект при мінімальних капітальних вкладеннях [7].

Фактори, що впливають на формування умов експлуатації кар'єрного транспорту, діляться на дві групи:

1. Фактори, що оказують істотний вплив на транспортний процес;
2. Фактори, що практично не впливають на процес перевезення вантажів.

До факторів, що оказують істотний вплив на транспортний процес, відносяться гірничотехнічні, технологічні, шляхово-транспортні, кліматичні.

Кліматичні умови району: температурні характеристики по сезонах року, величина опадів у рідкій і твердій фазах, максимальна швидкість вітру, число днів зі швидкістю вітру більш 15 м/с, число днів з туманами,

заметілями й ожеледдю. Кліматичні умови впливають на ресурси автосамоскидів, швидкісні режими руху й режими роботи.

Гірничотехнічні умови: прийнята в проекті схема транспортних комунікацій, середня відстань транспортування по кожному горизонту, робочій зоні й у цілому по кар'єру (за умови застосування автотранспорту до кінця відпрацьовування родовища), висота підйому й спуска вантажу в межах робочої зони між навантажувальними й приймальними пунктами; фізико-механічні властивості перевезених корисних копалин і розкривних порід - щільність у цілині й у розпушеному стані, коефіцієнт розпушення у вибої, у ковші екскаватора й у кузові автосамоскида, кут природнього укосу, вологість, схильність до злежування й прилипання до днища й стінок кузова транспортних засобів, гранулометричний склад (розмір середнього й максимального шматка у висадженій гірській масі, вихід негабаритних шматків в %), міцність, абразивність [8].

Дорожні умови: тип дорожніх покриттів на різних дорожніх ділянках, що визначає величину опору коченню коліс автосамоскидів, величину поздовжніх і поперечних ухилів на кожному елементі траси, радіуси поворотів, число поворотів, що доводяться на 1 км траси, умови формування вантажопотоку (одно смуговий зустрічний рух, одно смуговий кільцевий рух, двох - (трьох) смуговий зустрічний рух).

Схеми руху автотранспорту визначаються гірничотехнічними умовами розробки родовища й напрямком транспортування корисних копалин і розкривних порід. Зв'язок робочих горизонтів з поверхнею може здійснюватися прямими, спіральними, петльовими з'їздами і їх комбінацією [9].

Режим роботи кар'єру й транспорту: число робочих днів (змін) на рік, число змін на добу, тривалість зміни в годинах, перерви між змінами, число днів простоїв транспорту по кліматичних умовах; ці дані дозволяють визначити робочий річний фонд часу екскаваторів, автосамоскидів і інших

машин, розрахувати величину годинного, змінного, добового вантажопотоку корисної копалини й розкривних порід.

Економічні дані: вартість устаткування, транспортних комунікацій, гаражного господарства, вартість їх утримання й обслуговування, трудомісткість вантажно-транспортного й допоміжних процесів, зарплата основного й обслуговуючого персоналу, вартість паливно-мастильних матеріалів, шин та ін.

Усі перераховані фактори залежно від можливості керування ними з боку підприємства можна розділити на дві групи:

1. Не залежні від організації роботи кар'єру: кліматичні й географічні умови, фізико-механічні властивості розроблювальних порід, висота кар'єру над рівнем моря, напрямок руху з вантажем.

2. Змінювані шляхом проведення різних організаційних заходів добувними й транспортними організаціями: стан і якість доріг, оснащеність і потужність виробничо-технічної бази кар'єру й автотранспортного підприємства, режим роботи екскаваторів і автосамоскидів, організація навантаження й розвантаження машин, співвідношення екскаваторів і автосамоскидів, ступінь зношування навантажувальних і транспортних машин.

Усі контрольовані показники роботи кар'єрних автосамоскидів можна розділити на часові й натурні.

Часові показники:

- час виходу автосамоскида з гаража;
- час повернення в гараж;
- тривалість роботи на лінії;
- час простоїв у кар'єрі;
- цілозмінні й цілоденні простої по різних причинах;
- чистий час руху в кар'єрі за зміну;
- наробіток двигуна з початку експлуатації, год.;

- наробіток автосамоскида з початку експлуатації, год.

Натурні показники:

- пробіг автосамоскида за зміну, добу, з початку експлуатації, км;
- кількість перевезеної автосамоскидом гірської маси за кожний рейс, т; м³;
- число виконаних рейсів за зміну, добу, місяць;
- витрата палива за рейс, годину, зміну, л;
- пробіг шин з початку експлуатації, км.

Перераховані показники дозволяють досить об'єктивно оцінити ефективність експлуатації великовантажних автосамоскидів. Завдання полягає в тому, щоб забезпечити достовірний облік і контроль цих показників.

Способи обліку й контролю роботи автосамоскидів можна розділити на дві групи:

- 1) без застосування технічних засобів;
- 2) із застосуванням спеціальних технічних засобів.

Під технічними засобами розуміються різні прилади лічильники, витратоміри, зважуюче обладнання та ін., що діють автоматично, тобто оператор не може втручатися в їхню роботу. Ці прилади й інші необхідні технічні засоби являють собою або стаціонарну, або бортову систему (на автосамоскиді), або комбінацію зі стаціонарної й бортовий систем.

Деякі технічні засоби обліку й контролю роботи автосамоскидів являють собою штатні прилади автосамоскида, що встановлюються при його виготовленні. Це лічильники ГОДИН роботи дизельного двигуна, лічильники пройденого шляху й деякі інші. Більшість же інших приладів і обладнань необхідно виготовляти спеціально й оснащувати ними додатково автосамоскид або включати в систему АСУ автотранспортом або АСУВ (автоматизована система управління виробництвом).

На кар'єрах малої й середньої продуктивності необхідно йти по шляху оснащення автосамоскидів бортовими автономними системами контролю й обліку їх роботи, здійснюючи одночасно оперативний діючий контроль над часовими показниками за допомогою традиційних методів шляхом ведення необхідної оперативної документації майстрами, механіками, диспетчерами або операторами.

Неважко помітити, що обидві групи показників (часові й натурні) тісно пов'язані між собою. Тому в підсумку важливо не те, скільки часу машина перебувала в кар'єрі, а скільки вона за цей час зробила рейсів і перевезла гірської маси. Тому, як би не важливі були часові показники, все-таки необхідно в першу чергу налагодити ретельний, об'єктивний контроль над натурними показниками.

У той же час два часові показники - наробіток двигуна й наробіток автосамоскида в годинах мають важливе значення для організації технічного обслуговування автосамоскидів, або регламентована періодичність і склад його визначаються в годинах наробітку двигуна або автосамоскида.

Із усіх натурних показників найважливішими є наступні: перевезена за рейс, зміну або за інший період маса вантажу; число виконаних за певний період рейсів. Знаючи число виконаних рейсів, можна визначити коефіцієнт використання вантажопідйомності автосамоскида:

$$k_q = \sum_{i=1}^n \frac{q_{\phi i}}{q_a \cdot n} \quad (3.1)$$

Цей показник характеризує як параметричну відповідність навантажувальних і транспортних засобів, так і рівень дотримання технологічної дисципліни машиністом екскаватора й водієм автосамоскида. Крім того, по цьому показнику можна судити про ступінь відповідності геометричних розмірів кузова автосамоскида фізико-механічним властивостям порід, що транспортуються.

Поліпшення техніко-економічних показників роботи гірської промисловості досягається за рахунок розвитку прогресивного відкритого

способу видобутку корисних копалин, прискорення темпів впровадження на гірських підприємствах досягнень науково-технічного прогресу, підвищення рівня організації виробництва й праці, удосконалення системи керування галуззю.

3.2 Визначення швидкості руху кар'єрних автосамоскидів і способи її підвищення

Швидкість руху автосамоскида є основним регульованим параметром його роботи, що визначає як продуктивність, паливну економічність, так і зношування основних його вузлів і систем, тобто довговічність машини. Раціональна швидкість руху - це така швидкість, при якій досягається найменша собівартість перевезень за весь період експлуатації автосамоскида. У той же час мінімальна собівартість перевезень забезпечується, як правило, при досягненні максимально можливої в даних умовах продуктивності автосамоскида. А це здійсненне лише при найбільших швидкостях автосамоскидів за умови дотримання правил безпеки.

При розрахунках середньотехнічної швидкості для профілю дороги з мінливими ухілами й частими поворотами не можна виходити з того, що на коротких ділянках швидкість миттєво може встановитися максимальною, визначеною з умов безпеки руху. Це правомірно для дороги з ділянками, довжина яких у багато разів перевищує довжину ділянки розгону автосамоскида до швидкості, що встановилася.

Основним фактором, що визначає профіль дороги (ухили і їх тривалість), а отже, і швидкість руху, є нагрівання електричних машин.

Для визначення швидкостей руху автосамоскидів можливе застосування трьох методів: графоаналітичного, дослідно-статистичного й методу, заснованого на моделюванні процесу руху автосамоскида. Перший метод широко відомий і застосовується при проектуванні кар'єрів; на гірських підприємствах при розрахунках продуктивності автосамоскидів

його не використовують. Графоаналітичний метод дає завищення швидкостей на 20-30 %, тому що не враховує перехідні режими руху на переломах профілю траси й на ділянках, що примикають до кінцевих пунктів. Отже, при використанні особливо потужних дорожніх машин цей метод мало прийнятний, і може бути використаний тільки для порівняння різних моделей однотипних автосамоскидів у заданих умовах експлуатації. Для визначення ж інвентарного парку машин для конкретного підприємства необхідно використовувати або дослідно-статистичний метод, що базується на хронометражних спостереженнях і результатах експериментальних досліджень, або аналітичний за допомогою моделювання процесу руху автосамоскида по розрахунковій трасі. Останній метод поки не знайшов застосування в проектній практиці, але, враховуючи його високу точність, він є перспективним.

Крім того, великі дослідження, проведені в останні десять років, дозволили виявити закономірності зміни швидкостей руху залежно від різних факторів і описати їх певними математичними рівняннями. Для великих кар'єрів за допомогою спеціальних експериментальних досліджень можна встановити багатфакторні залежності швидкості й описати їх емпіричними рівняннями. Усі існуючі способи підвищення швидкостей руху автосамоскидів (рис.3.1) реалізувати в умовах одного кар'єру, безумовно, неможливо, тому що багато які з них суперечливі: поліпшуючи один фактор, у ряді випадків ми неминуче погіршуємо інші. У той же час деякі фактори, наприклад конструктивні, мають визначальне стабільне значення.

Значний розкид значень швидкостей на тих самих ухилах пояснюється різною якістю укочення дороги й різною потужністю двигуна.

З метою більш точного визначення впливу на швидкість руху й інші показники роботи питомої потужності двигуна проводиться по порівняльній випробування автосамоскидів БЕЛАЗ-75131 і БЕЛАЗ-549У с потужністю двигуна 1193 і 809 кВт.

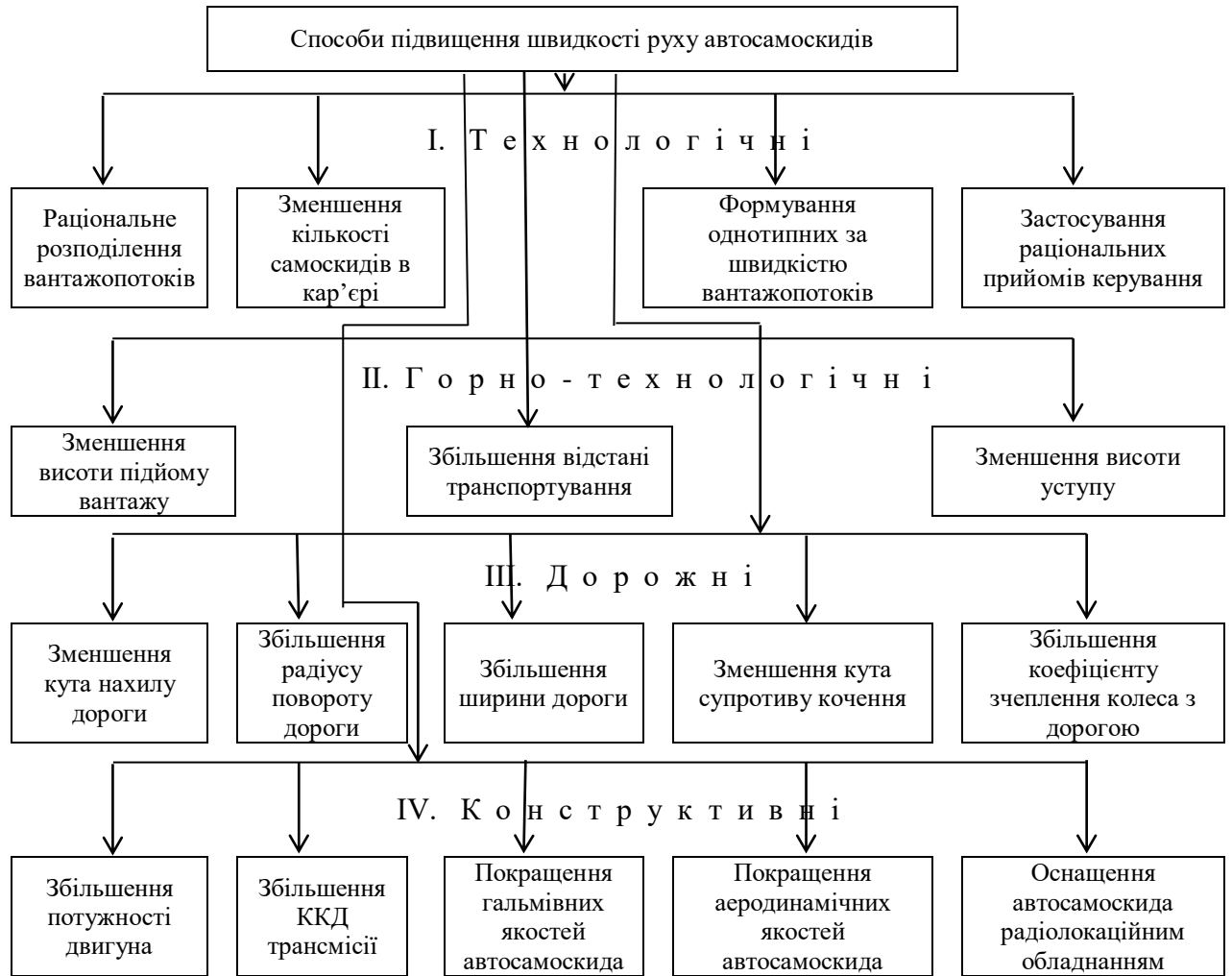


Рис.3.1. Основні заходи, спрямовані на підвищення швидкостей руху автосамоскидів

3.3 Підвищення надійності автосамоскидів з електромеханічною трансмісією й способи її підвищення

При проектуванні автосамоскида обов'язковою умовою є нормування показників надійності: середнього наробітку на відмову, імовірності безвідмовної роботи, гамма-процентного ресурсу автосамоскида, ремонтпридатності й ін. Однак ці показники не стабільні й змінюються в часі. Тому потрібне постійне спостереження за станом підконтрольних

автомобілів для підтвердження й наступного підвищення заданих характеристик надійності.

Як правило, надійність визначається, як властивість об'єкта зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання й транспортування. Надійність містить у собі основні складові властивості: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість.

Під безвідмовністю розуміється властивість об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування й ремонту. У практиці по автосамоскидах БЕЛАЗ щорічно визначається наробіток на відмову як основних агрегатів, вузлів і систем, так і автомобіля в цілому, а також їх наробіток до відмови, а для деталі - її ресурс.

Основна частина відмов кар'єрного автотранспорту належить до категорії раптових, обумовлених в основному впливом умов експлуатації. Для автосамоскидів БЕЛАЗ-7555В раптові відмови проявляються головним чином при пробігу до 20 тис. км. В інтервалі пробігу 20-80 тис. км проявляються відмови з ознаками природнього зношування. Причому основна частина відмов проявляється при пробігу до 60 тис. км. Середній наробіток до першого капітального ремонту двигунів ЯМЗ- 845 перебуває в межах 33-42 тис. км Трохи нижче цей показник для гідромеханічної передачі - 39,6 тис. км, підвіски - 24,1 тис. км, редуктора колісної передачі - 23,3 тис. км.

Для стійкої роботи автосамоскида плануються такі показники, що забезпечують його ремонтпридатність, як періодичність профілактичних робіт і його трудомісткість, розробляється обов'язковий перелік регламентних робіт, вводяться діагностичні параметри складових автосамоскида, а також регламентується трудомісткість поточних ремонтів. Комплексним показником ремонтпридатності автосамоскида є

трудомісткість технічного обслуговування й поточного ремонт: чим нижче трудомісткість, тем краще його ремонтпридатність. Таким чином, цей показник регламентується при створенні й наступної модернізації автосамоскида.

Збереженість - властивість об'єкта зберігати значення показників безвідмовності, довговічності й ремонтпридатності протягом і після зберігання й (або) транспортування. Звичайно цей показник не регламентується, тому що автосамоскиди, через їхню гостру дефіцитність, не перебувають у стадії тривалої консервації й зберігання. Але в деякій частині цей показник зачіпається в гарантійних зобов'язаннях заводу-виготовлювача.

Підвищення надійності автосамоскидів БЕЛАЗ забезпечується двома основними способами: 1) шляхом виявлення найменш надійних деталей, вузлів і агрегатів і розробки заходів щодо поліпшення якості конструкції; 2) шляхом удосконалювання технічної експлуатації автомобілів з метою підтримки високої надійності автотранспортних засобів при оптимальних трудових витратах.

У процесі експлуатації кар'єрних автосамоскидів вони зазнають різноманітний багатофакторний вплив дорожніх і кліматичних умов, перевантажень та ін. Визначити ступінь впливу кожного окремого фактора на безвідмовність і довговічність деталей, вузлів і агрегатів автосамоскида досить складно, тому що кожна відмова, що виникла в результаті певного впливу, звичайно є наслідком одночасного впливу багатьох факторів.

Кількісні показники безвідмовності вузлів і автомобіля в цілому визначаються на основі аналізу статистичних матеріалів про їхню роботу. Це дозволяє активно здійснювати зміни в конструкціях вузлів, спрямовані на подальше підвищення їх безвідмовності.

Крім того, на основі отриманих показників безвідмовності вузлів автосамоскидів можна організувати своєчасне профілактичне обслуговування автосамоскидів і ремонт вузлів, а також регламентувати

витрата оборотних вузлів і агрегатів, щоб підвищити використання наявного автомобільного парку кар'єрних автосамоскидів.

Звичайні способи оцінки надійності машин полягають у констатації відповідних показників при закінчених випробуваннях, тобто до закінчення наробітку всієї партії автомобілів, наприклад, до капітального їхнього ремонту. При такому методі необхідний тривалий період випробувань у часі (3-6 років), що неприйнятно для великовантажних кар'єрних автосамоскидів. Крім того, такий спосіб оцінки проводиться без обліку нагромадження досвіду проектування, удосконалювання технології виготовлення й експлуатації. Це означає, що надійність машин найчастіше вивчають у статистиці.

Впроваджена методика оцінки надійності деталей, вузлів і агрегатів автосамоскидів БЕЛАЗ у динамічній зміні. Динамічний підхід до оцінки надійності автосамоскидів дає можливість прискорити їхнє вдосконалення з найменшими витратами. Крім того, динамічна постановка завдання підвищення надійності вузлів, агрегатів і автосамоскида в цілому дозволяє з урахуванням відомих показників надійності в попередні роки й намічених до впровадження конструкторсько-технологічних заходів прогнозувати показники надійності на найближчі кілька років.

Розглянемо основну властивість надійності - безвідмовність деталей, вузлів і агрегатів автосамоскида, яка характеризує рівень якості конструкції, а також рівень експлуатації й ремонту автосамоскида. Показники безвідмовності звичайно визначаються на відрізку пробігу за рік або два експлуатації або за період до капітального ремонту. За основу наробітку обраний пробіг, що як найбільше повно відбиває інтенсивність експлуатації кар'єрних автосамоскидів, тому що 46-49% сумарного пробігу припадає на пробіг з вантажем.

Одним з найважливіших показників надійності є відмова, яка розуміється як подія, що полягає в порушенні працездатності об'єкта, що втрачає частково або повністю свою працездатність. При дослідженні

безвідмовності передбачається брати до уваги ті відмови, через які автосамоскид повертається на стоянку, або ті, які виявлені в процесі технічного обслуговування автосамоскида. У свою чергу, при виникненні несправності не втрачається працездатність автосамоскида й усувається до повернення його в гараж для обслуговування або ремонту. Градація "відмова деталі" стосовно до вузла або агрегату класифікується найчастіше як несправність.

З існуючих законів розподілу випадкових величин стосовно до визначення значень показників надійності автосамоскидів БЕЛАЗ найбільше повно описують події закони: Вейбула, логарифмічно-нормальний, нормальний і експонентний. Але кількісні показники надійності не розглядаються у вигляді абсолютної величини, тому що вони не можуть урахувати складного різноманіття процесу створення конструкції і її доведення, можливості технологічної досконалості й рівня експлуатації. Тому для визначення показників надійності автосамоскидів БЕЛАЗ; вантажопідйомністю 75-180 т з електромеханічною трансмісією була розроблена методика багаторазово усічених вибірок з використанням ЕОМ, що дозволяє одержувати дані про надійність після одного-двох років експлуатації автосамоскидів. При щорічному порівнянні наробітків з результатами попередніх років можна порівнювати ефективність проведення робіт з підвищення надійності об'єкта.

Багаторазово усічена вибірка - це вибірка, у якій усічені наробітки приймають різні значення. Детермінована багаторазово усічена вибірка буває двох типів: I - результати спостережень (випробувань) за планом, згідно з яким по досягненню кожної з наперед заданих наробітків T_i ($i=1, 2, \dots, k$) припиняються спостереження за наперед заданим числом r_i ($i=1, 2, \dots, k$) виробів, що не відказали; II - результати спостережень (випробувань) за планом, відповідно якому в момент відмови U t_i ($i=1, \dots, k$) припиняються спостереження за наперед заданим числом r_i ($i=1, 2, \dots, k$) виробів.

Стохастична багаторазово усічена вибірка це вибірка, у якій наробіток до відмов і усічені наробітки є наслідками випробувань, що настають по незалежним друг від друга причинам. Результатом спостережень за кожним об'єктом у цьому випадку є лише менше вибіркоче значення однієї із двох випадкових величин: наробітку до відмови або до усікання.

Показники надійності, що визначаються за досвідними даними (у нашому випадку експлуатаційним випробуванням), не можуть давати значень, рівних теоретичним значенням цих показників або показників, що визначаються за результатами випробувань усієї генеральної сукупності. Обсяги вибірок завжди обмежені, тому показники, що визначаються по цих вибірках, є випадковими величинами й служать тільки для порівняльної оцінки відповідних показників. Наробіток до відмови, термін служби, час відновлення, наробіток на відмову і т.д. є випадковими величинами, які характеризуються функцією розподілу $F(L)$ і її першої похідній $f(L)$ - щільністю розподілу. Крапкові оцінки одиничних показників надійності розраховуються по формулах і відповідають одному з наступних законів розподілу випадкових величин.

Надійність складного технологічного устаткування зручно оцінювати комплексним показником - коефіцієнтом готовності. Він характеризує частку часу, протягом якого машина залишається працездатна. Він виражає собою безвідмовність і ремонтпридатність машин.

Таким чином, трапляється можливість дати аналіз зміни цих показників від старіння автосамоскидів і визначити їхні оптимальні величини від підвищення надійності конструкції, пристосованості вузлів і агрегатів до профілактичних робіт і від різних методів технічного обслуговування й ремонту (поточний ремонт, агрегатний ремонт, потокове обслуговування, плановий ремонт і т.д.).

У дійсності через різні організаційні причини (неукомплектованість водіями, відсутність паливно-мастильних матеріалів, недостатня забезпеченість запасними частинами, недостатня оснащеність бази

технічного обслуговування й ремонту н ін.) ці коефіцієнти можуть бути нижче розрахункових. При наявності відповідних умов експлуатації й обслуговування автосамоскидів БЕЛАЗ можливе доведення цих величин до розрахункових.

Доречно відзначити, що застосовувані в ці ж умовах автосамоскиди М-200 (США) вантажопідйомністю 180 т не мають високу надійність конструкції. Особливо багато відмов виникає по ходовій частині: передній підвісці й колесам, ободам коліс, по рамі й вузлу кріплення заднього мосту. Наробіток цих вузлів перебуває в межах 3600-6500 мото-год.. У літній період параметр потоку відмов елементів ходової частини збільшується в 1,5-2 рази. Експлуатаційники змушені були розробити технологію ремонту рами й ободів коліс із використанням вітчизняних сталей і електродів.

Оптимізація періодичності ТО дозволяє збільшати тривалість експлуатації між черговими видами впливів. Для впровадження агрегатного методу ремонту розроблений норматив обігового фонду агрегатів, який створюється за рахунок одержання повнокомплектних агрегатів у вигляді запасних частин і за рахунок ремонту знятих зі списаних автомобілів. Обіговий фонд агрегатів, лімітує надійність автосамоскидів і забезпечує їхню ефективну роботу.

За узгодженням з підприємствами, що здійснює капітальний ремонт вузлів і агрегатів, і зі споживачами автосамоскидів визначені строки їх знаходження в централізованому ремонті.

Таким чином, коефіцієнт готовності автосамоскидів БЕЛАЗ-75131 підвищився на 22%.

Розроблений спосіб динамічної оцінки надійності вузлів, агрегатів і систем автосамоскидів з багаторазовим усіканням з використанням імовірнісних методів дозволяє протягом одного-двох років оцінювати ефективність впроваджених конструкторсько-технологічних і організаційних заходів, що сприяє прискореній доробці конструкцій автосамоскидів.

Висновки по розділу:

1. Виявлено, що підвищення ефективності використання гірського й транспортного устаткування може бути досягнуте введенням в експлуатацію його максимального числа, тобто підвищенням значення коефіцієнта використання парку. Для цього необхідний високий ступінь підготовленості гірських робіт і своєчасне і якісне виконання планово-запобіжного технічного обслуговування й ремонту.

2. Підвищення експлуатаційних показників роботи кар'єрних автосамоскидів можна здійснювати впровадженням нових їхніх моделей особливо великої вантажопідйомності й удосконалюванням конструкції за рахунок усунення недоліків, виявлених у процесі експлуатації. Цього ж можна досягти дослідженням закономірностей зміни показників роботи протягом строку експлуатації кар'єрних автосамоскидів у певних умови, раціоналізацією системи діагностування, технічного обслуговування й ремонту, вивченням режимів роботи й руху, визначення потреби в рухливому складі й раціонального розподілу його по маршрутах.

3. Виявлено, що швидкість руху автосамоскида є основним регульованим параметром його роботи, що визначають як продуктивність, паливну економічність, так і зношування основних його вузлів і систем. При раціональній швидкості руху досягається найменша собівартість перевезень за весь період експлуатації автосамоскида.

4. Встановлено, що автосамоскиди з ЕМТ мають середньотехнічну швидкість на 12-15 % вище, чим автосамоскиди з гідромеханічною трансмісією в аналогічних умовах. Фактичні швидкості руху автосамоскидів БЕЛАЗ-75131 склали 26,4 км/год, що на 3 % менше розрахункової.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ

4.1 Організація безпечної експлуатації автосамоскидів з електромеханічною трансмісією

Кар'єрний автосамоскид великої вантажопідйомності, габаритів, потужності, що рухається, представляє собою об'єкт підвищеної небезпеки як для навколишніх, так і для самого водія. Певну небезпеку представляють і процес екскаваторного навантаження, розвантаження автосамоскидів на відвалі або в інших приймальних пунктах, виконання ремонтних робіт та ін.

Безпека експлуатації автосамоскидів на кар'єрах забезпечується шляхом:

- конструктивного виконання вузлів і систем автомобіля в строгій відповідності з нормативно-технічною документацією;
- підтримки в процесі експлуатації значень експлуатаційних параметрів автомобіля в заданих межах;
- створення конструкторами комфортних умов для водія й забезпечення його надійними системами сигналізації про стан вузлів і систем автомобіля в процесі руху;
- обладнання й утримання автодоріг з конструктивними параметрами, відповідними до параметрів експлуатованих автосамоскидів;
- забезпечення автодоріг, пунктів навантаження й розвантаження відповідними знаками, засобами захисту;
- забезпечення ремонтних і профілактичних робіт необхідними засобами механізації, стендами й пристосуваннями;
- високої кваліфікації й дисциплінованості водіїв.

На гірських підприємствах усі питання, пов'язані із забезпеченням безпеки роботи технологічного автотранспорту, висвітлені в спеціальних інструкціях з техніки безпеки. Накопичений підприємствами досвід експлуатації автосамоскидів вантажопідйомністю 75-180 т дозволив розробити досить ефективні організаційно-технічні заходи щодо безпеки кар'єрного автотранспорту, регламентовані інструкціями.

Слід зазначити, що із впровадженням на кар'єрах автосамоскидів особливо великої вантажопідйомності в умовах роботи водіїв з'явилися деякі нові аспекти психологічного характеру: більша ширина машин (до 7 м і більш) і висота розташування кабіни (до 3-5 м) погіршили огляд з кабіни близької зони, створили певні труднощі для правильної оцінки величини зазору між зустрічними машинами, складніше стало маневрувати заднім ходом, особливо на відвалах, водити машини в умовах недостатньої видимості на трасі. Свідомість того, що в руках перебуває машина вартістю в десятками мільйонів гривень і найменша аварія може привести до великого матеріального збитку, також створює додаткову нервову напругу у водія. У зв'язку із цим до водіїв автосамоскидів особливо великої вантажопідйомності пред'являються більш високі вимоги у відношенні їх фізичних і психофізіологічних якостей. При підготовці водіїв таких машин слід широко застосовувати тестовий контроль і сучасні тренажери.

В автотранспортних цехах гірських підприємств є спеціальна служба безпеки, на яку покладені організаторські й контролюючі функції. У числі інших у коло обов'язків цієї служби входить щоденний огляд стану кар'єрних автодоріг, під'їздів до екскаваторів і приймальним пунктам, контроль дорожніх знаків.

Основні правила безпеки при роботі автосамоскидів у кар'єрі зводяться до наступного.

Справність автосамоскида перед виїздом на лінію підтверджується водієм у шляховому аркуші й бортовому журналі.

Не дозволяється двобічний рух машин при ширині проїзної частини кар'єрних доріг менш 19 м (для автосамоскидів вантажопідйомністю 80-100 т); при однополосному русі ширина дороги повинна бути не менш 7,7 м.

Дистанція в кар'єрі між суміжними автосамоскидами повинна бути не менш 100 м. При зменшенні видимості дозволяється скорочувати дистанцію при обов'язковому зниженні швидкості руху, виходячи з умов видимості, але до величини не менш 50 м. При видимості менш 50 м рух припиняється.

При русі автосамоскидів на спусках, ділянках доріг з поперечним ухилом, при ожеледі необхідно пропустити транспорт, що рухається на підйом.

Не дозволяється рух автосамоскидів у кар'єрі з піднятим кузовом і рух заднім ходом до місця навантаження на відстань більш 30 м.

При русі заднім ходом подається звуковий сигнал і включається задня фара. На проммайданчику допускається рух зі швидкістю до 5 км/год.

При роботі автосамоскида на бульдозерному відвалі бривка відвалу захищається запобіжним валом висотою не менш 1 м і шириною в підставі не менш 2,5 м. При розвантаженні на відвалі водій під'їжджає до запобіжного вала й розвантажується безпосередньо під укіс відвалу. Під'їзд здійснюється по сигналу бульдозериста: зелений під'їзд дозволений, червоний заборонений. Зворотний ухил відвалу не менш 3°. Близько рудоспусків і інших приймальних пунктів допускається рух машин зі швидкістю не більш 5 км/год. Якщо місце зайняте, потрібно зупинитися на відстані 20-30 м. Висота відбійного бруса естакади повинна бути не менш 1 м.

Для автосамоскидів з ЕМТ дозволяється обгін тільки гусеничного транспорту й грейдерів при забезпеченні умов безпеки руху.

Забороняється рух по автодорогах кар'єру при відсутності породного вала висотою менш 1,5 м і шириною менш 2,5 м, що огорожує проїзну частину дороги від призми обвалення. Для відсипання вала використовувати сніг або засніжену гірську масу забороняється.

Швидкість руху на спуску й при виході на спуск навантажених і порожніх автопоїздів повинна бути не більш 20 км/год. (5,6 м/с).

Буксирування несправних автосамоскидів можна робити тільки із включенням перемикача реверсу в положення, відповідне до напрямку руху автосамоскидів.

Не можна працювати у випадку відмови допоміжної гальмової системи (електродинамічне гальмування). Водій повинен строго стежити за тим, щоб значення контрольованих параметрів систем автомобіля не виходили за межі.

При використанні допоміжного приводу рульового керування швидкість не повинна перевищувати 10 км/год. Не можна зупиняти двигун при русі, тому що рульове керування при непрацюючому двигуні не функціонує.

Регламентовані й швидкості руху автосамоскидів з ЕМТ. На більшості кар'єрів максимальна швидкість руху автосамоскидів за умовами безпеки дорівнює 40 км/год., в особливо складних кліматичних умовах - 30 км/год.

Припустимі швидкості руху для умов конкретного кар'єру регламентуються інструкціями з техніки безпеки.

4.2 Забезпечення безпеки руху автосамоскидів в умовах дії несприятливих факторів

Виготовлювачем автосамоскидів сімейства БЕЛАЗ рекомендується експлуатувати їх при максимальному ухилі автодоріг не більш 8%. Вирішальним фактором при виборі величини ухилу доріг є безпека руху. Застосування таких ухилів повинне супроводжуватися відповідним збільшенням потужності гальмових засобів і підвищенням зчеплення коліс із поверхнею дороги.

Поперечні ухили автодоріг із твердим покриттям приймаються не більш 2%, ухили узбіч не більш 4%.

Тиск на ґрунт приймається в розрахунках для зазначених марок автосамоскидів рівним 0,7 Мпа. Для підвищення якості щебеневих покриттів їх доцільно просочувати в'язкими речовинами. Це збільшує зчеплення між окремими частками матеріалу, надає покриттям вологостійкість, зменшує пилоутворення. Найбільш ефективна обробка щебеневих покриттів розчинами сульфітно-спиртової барди, бітумними емульсіями, бітумом і топковим мазутом.

Утримання кар'єрних автодоріг при використанні автосамоскидів вантажопідйомністю 75-180 т являє собою складне завдання в технічному відношенні. Утримання доріг включає:

- попередження слизькості поверхні доріг;
- пилеподавлення на дорогах;
- забезпечення рівності покриття й габаритів проїзної частини в межах установлених норм;
- забезпечення нормативного терміну служби дороги.

Комплекс цих робіт на кар'єрах звичайно виконується шляхоексплуатаційною службою, що має певну структуру (рис.4.1).

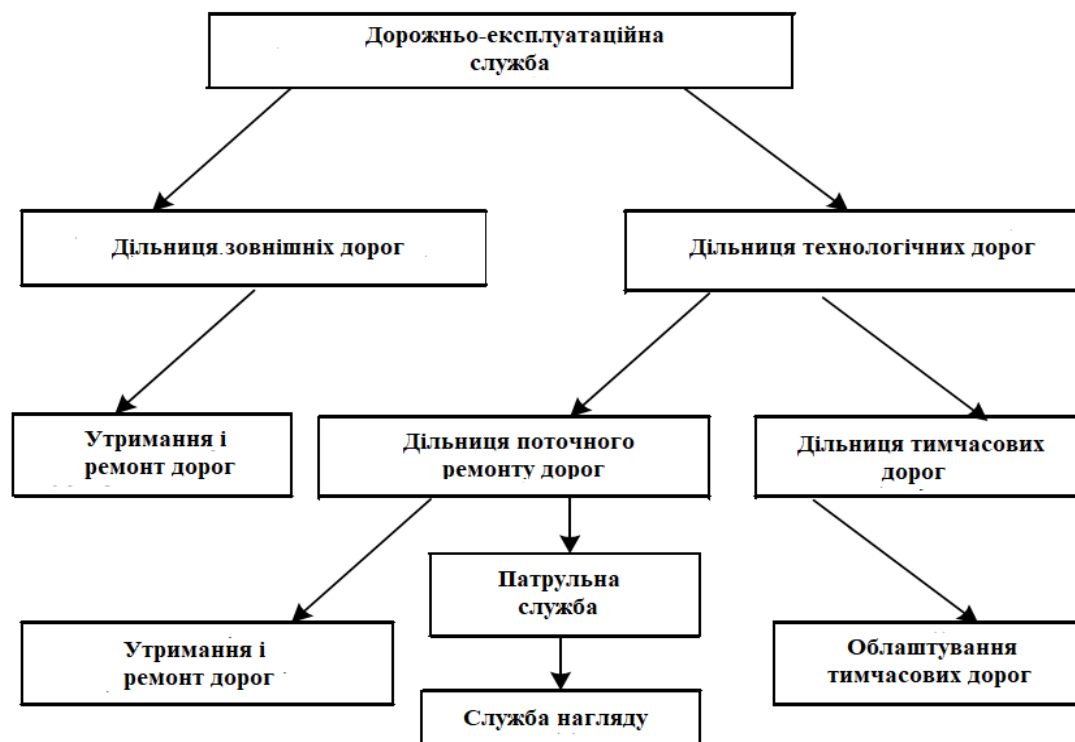


Рис.4.1. Структура шляхоексплуатаційної служби кар'єру

У той же час багато гірничодобувних підприємств не забезпечені дорожньо-будівною технікою необхідної потужності й номенклатури.

Недостатня укомплектованість машинами не забезпечує комплексної механізації будівництва й утримання кар'єрних доріг.

При одержанні нових потужних автосамоскидів гірські підприємства проводять велику роботу з реконструкції дорожнього - господарства кар'єрів.

Один раз на рік постійні дороги піддають інструментальній перевірці в плані й профілі. Усі зауваження про стан доріг заносять у спеціальний журнал, на підставі чого видається завдання шляхоексплуатаційній службі рудника.

Назріла гостра необхідність налагодити серійне виробництво дорожніх машин і механізмів з технічними параметрами, що відповідають сучасним транспортним системам кар'єрів, а саме:

- грейдерів загальною масою 30-40 т і шириною захоплення 6-7 м;
- бульдозерів-рихлителів потужністю 368-440 кВт для планування майданчиків у вибоях і роботи на відвалах;
- мобільних колісних бульдозерів для зачищення вибоїв і доріг від просипу;
- поливо мийних автомобілів на базі автосамоскидів БЕЛАЗ-540 і БЕЛАЗ-548 для пилеподавлення на кар'єрних дорогах;
- машин, що розкидають пісок великої продуктивності.

Створення нового покоління кар'єрних автосамоскидів вимагає системного підходу до проблеми підвищення їх ефективності, тобто супутньої розробки комплексу машин допоміжного призначення, у тому числі для будівництва й утримання автодоріг. Інакше кажучи, потрібне створення єдиної системи машин, у якій головний є автосамоскид. Це завдання можна розв'язати на основі комплексної цільової програми наукових досліджень, дослідно-конструкторських робіт і організації серійного випуску машин на заводах різних міністерств.

Робота середнього кар'єрного автотранспорту в умовах недостатньої видимості на трасі явище звичайне. На зимовий період доводиться й більша частина дорожньо-транспортних випадків (до 60-80%). На кар'єрах чорної металургії взимку відбувається більш 40% дорожньо-транспортних випадків.

Зі збільшенням вантажопідйомності машин, габаритних розмірів і непропорційно зростаючої вартості пред'являються більш тверді вимоги до комплексу заходів щодо забезпечення їх безпечної експлуатації при поганих погодних умовах.

Цей комплекс заходів можна розділити на три основні групи:

- введення обмежень на швидкості руху автосамоскида; при зміні видимості на трасі й повне припинення роботи при зниженні видимості до певної межі;

- обладнання стаціонарних доріг спеціальними технічними засобами (хвилеводами), що дозволяють направляти автосамоскиди по певній трасі, але відхиляючись у сторони:

- обладнання автосамоскидів бортовими системами безпеки, заснованими на використанні різного роду випромінювань (світлового, теплового, ультразвукового, інфрачервоного електромагнітного), що дозволяють виявляти потенційно небезпечні об'єкти й визначати відстань до них.

Обмеження швидкостей руху автосамоскидів залежно від погодних умов інструкціями з техніки безпеки є ефективним, але все-таки пасивним способом забезпечення безпеки. При видимості менш 50 м робота автосамоскидів вантажопідйомністю 100 т і більш по інструкції повинна бути припинена.

Доцільно йти по шляху застосування активних способів забезпечення безпеки робіт, без значного зниження швидкостей руху автосамоскидів і, тим більше, без зупинки робіт при різкому зменшенні дальності візуального спостереження за дорожньою обстановкою. Завдання полягає в створенні

таких технічних засобів, які забезпечили б всепогодну роботу кар'єрних автосамоскидів особливо великої вантажопідйомності.

4.3 Вплив кар'єрного транспорту на навколишнє середовище

Вплив кар'єрного транспорту на навколишнє середовище представлено на рис.4.2

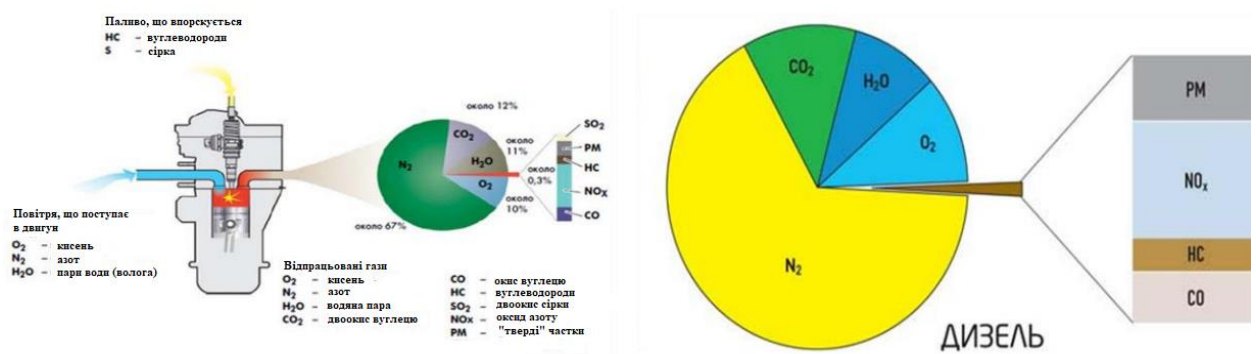


Рис. 4.2. Схема вплив кар'єрного транспорту на навколишнє середовище

Автомобільний кар'єрний транспорт реалізує технологічний процес переміщення гірської маси з кар'єру за допомогою автосамоскидів на відвал, на перевантажувальний пункт або до прийомного обладнання збагачувальної фабрики. У широкому змісті - комплекс, що поєднує транспортні засоби й допоміжне устаткування, кар'єрні автодороги, технічні засоби управління провадженням робіт, а також засобу технічного обслуговування й ремонту встаткування й доріг.

Основними перевагами автомобільного транспорту в порівнянні із залізничним, є: висока маневреність, здатність долати значні ухили, невеликі радіуси повороту, відсутність трудомістких робіт з пересувки шляхів і контактної мережі, збільшення продуктивності екскаваторів за рахунок скорочення їх простоїв чекаючи навантаження. До недоліків автомобільного кар'єрного транспорту ставляться: обмеження до 3-4 км відстані транспортування вантажів, залежність експлуатації доріг і рухомого складу

від кліматичних умов, висока загазованість навколишнього середовища при роботі автотранспортних засобів.

Автомобільний транспорт, що працює на дизельному паливі, супроводжується викидом в атмосферу великої кількості токсичних речовин і пилу. При цьому 95 - 99% усіх викидів припадає на газо-аерозолі складного складу, що залежить від хімічного складу палива й режиму роботи. Як відомо, кар'єрний автомобільний транспорт є основним джерелом забруднення навколишнього середовища. Заходи щодо зниження шкідливих викидів в атмосферу при роботі двигунів, пилеподавлення на дорогах, застосування засобів індивідуального захисту виробничого персоналу, кардинально не можуть змінити ситуацію. Одним з головних забруднюючих факторів, властивих автотранспорту, є гази, що відробили в двигунах внутрішнього згорання. При спалюванні в автомобільному двигуні 1 тонни дизеля утворюється 100 - 220 кг оксиду вуглецю, 10 - 25 кг вуглеводнів, 15 - 25 кг оксидів азоту. У той же час двоокис вуглецю (CO_2) є невід'ємною частиною продуктів згорання, і боротися з нею можливо тільки шляхом підвищення якості моторного палива. Компоненти газів, що відробили в двигунах внутрішнього згорання приводять до виникнення таких негативних явищ як смог, кислотні дощі, парниковий ефект. Негативний вплив цих явищ на навколишнє середовище має різний географічний розмах: локальний при виникненні смогу; регіональний (транскордонний) при випаданні кислотних дощів; глобальний у випадку з парниковим ефектом. З ростом продуктивності й глибини кар'єру екологічні аспекти функціонування автомобільного транспорту в кар'єрі набувають вирішального значення. Практика, що склалася при формуванні кар'єрних транспортних систем, в основному, не враховує рівень їх впливу на навколишнє середовище, що приводить до несприятливих умов роботи персоналу й до значних фінансових втрат через простій кар'єру.

Одними з основних факторів, що характеризують кількість викидів шкідливих речовин автомобільним транспортом, є вид застосовуваного

палива. При спалюванні різних видів палив у двигунах внутрішнього згоряння в атмосферу викидаються такі шкідливі речовини, як оксид вуглецю, оксид сірки, азоту, сажа, вуглеводні, з'єднання свинцю, незгорілі частки палива і т.д. Токсичними викидами транспортних засобів є картерні гази, що відроби́ли й, пари палива з карбюратора й паливного бака. Основна частка токсичних домішок надходить в атмосферу з газами, що відроби́ли в двигуні внутрішнього згоряння. Основу автомобільного кар'єрного транспорту становлять автосамоскиди. Усі сучасні автосамоскиди, що використовуються в кар'єрах, оснащені дизелями потужністю 200...3550 к.с. з турбонаддувом, робочим обсягом від 10 до 117 л. Застосування інших двигунів внутрішнього згоряння й газотурбінних силових установок не виправдало себе ні економічно, ні екологічно, ні технологічно. Загальна маса шкідливих речовин, що виділяються при спалюванні палива кар'єрним транспортом, залежить від режиму роботи двигуна автомобіля на протя́зі рейсу. Нижче в табл.4.1 наведена статистика питомих викидів шкідливих речовин на прикладі автомобіля "БЕЛАЗ 75131" [19].

Таблиця 4.1

Питомі викидів шкідливих речовин автосамоскида "БЕЛАЗ 75131"

Марка автосамоскида	Шкідливі речовини	Значення питомих викидів шкідливих речовин дизельним двигуном автосамоскида, кг/год.	
		Холостий хід	50% потужності
«БЕЛАЗ 75131»	CO	0,842	1,413
	NO _x	0,642	4,706
	CH	0,214	0,427
	C	0,069	0,139

У підсумку, за нашими розрахунками, за зменшенням парку автосамоскида в 4 рази, знижується викиди шкідливих речовин, які виділяються при спалюванні палива кар'єрним автосамоскидом на 33,3%.

ВИСНОВКИ

У роботі вирішена актуальна науково-практична задача підвищення експлуатаційних показників кар'єрних автосамоскидів з електромеханічною трансмісією, аналіз режимів безпечної експлуатації автосамоскидів і їх оптимізація, що має істотне значення для підвищення ефективності відкритого способу розробки родовищ. Це дозволяє сформулювати такі висновки:

1. Критичний аналіз експлуатаційних показників транспортних засобів, що використовуються в умовах залізородних кар'єрів, їх тягово-динамічних характеристик і надійності роботи показав, що найбільш перспективним типом великовантажних кар'єрних автосамоскидів є машини з електромеханічною трансмісією, про що свідчить факт розробки й початку їх виробництва усіма провідними компаніями і, що особливо показово, компаніями, що донедавна випускали винятково кар'єрні автосамоскиди з гідромеханічною трансмісією.

2. Виявлено, що швидкість руху автосамоскида є основним регульованим параметром його роботи, що визначає як продуктивність і паливну економічність, так і зношування основних його вузлів і систем. При раціональній швидкості руху досягається найменша собівартість перевезень за весь період експлуатації автосамоскида.

3. Встановлено, що автосамоскиди з ЕМТ мають середньотехнічну швидкість на 12-15 % вище, ніж автосамоскиди з гідромеханічною трансмісією в аналогічних умовах. Фактичні швидкості руху автосамоскидів БЕЛАЗ-75131 склала 26,4 км/год., що на 3 % менше розрахункової.

4. При порівнянні автосамоскидів з електромеханічної й гідромеханічної трансмісією можемо констатувати, що при однакових питомих витратах палива 208 г/кВ*рік., вантажопідйомність автосамоскида з ЕМТ в 2,3 рази більше ніж в автосамоскида з ГМП, а за рахунок зменшення парку можливо одержати в 3 рази зниженню шкідливих речовин на 27,3%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Астафьев, Ю.П., Поліщук, Г.К. Автоматизовані системи керування гірничорудними підприємствами. - Київ: Вища школа, 1984. - 216 с. Белоусова О.С. Стан та перспективи розвитку залізорудної промисловості України / О.С. Белоусова // Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту. – 2012. – Вип. 2 (12). – С. 157-164.
 1. Біліченко В .В. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів : навч. посібник / В. В. Біліченко, В. Л. Крещенецький, Ю. Ю. Кукурудзяк, С. В. Цимбал. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 118 с.
 2. Бизов В. Ф. Відкриті гірничі роботи : навч. посібник / Бизов В. Ф., Дриженко А. Ю. – Кривий Ріг. : Мінерал, 2004. – Том XIII. – 341 с.
 3. Вінівітін Д.В. Додаткові умови для запобігання незбіжності формування оперативних планів управління вантажно-транспортним комплексом кар'єру // Збірник наукових праць НГУ. 2017. №50. С. 32-.39.
 4. Вінівітін Д.В., Правила формування технологічних ділянок для управління вантажно-транспортним комплексом кар'єру на інтервалі оперативного планування // Збірник наукових праць НТУУ “КПІ”. 2017. Випуск 32. С. 33-44.
 5. Вінівітін Д.В., Складання графіка черговості розвантаження автосамоскидів на пункті розвантаження при транспортуванні гірської маси на залізорудному кар'єрі // Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'. 2017. №3. С. 75-81.
 6. D.V. Vinivitin, Particular aspects of planning mining-haulage operation in iron ore mines while designing traffic flows // Scientific Reports on Resource Issues 2016, Volume 1. P.219-226.
 7. Vemba M.M. Loading and transport system at SMC – Optimization // The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy. – Apr 2004. – P. 139-147.
 8. Говорущенко Н.Я. Основи теорії експлуатації автомобілів / Н.Я.

Говорущенко. - К. : Вища школа, 1971. - 232 с. Губенко В.К. Ресурсосберегающая технология маршрутизации автосамосвалов на металлургическом предприятии / В.К. Губенко, М.В. Помазков // Вісник Приазовського державного технічного університету : Зб. наук. пр. – Маріуполь, 2010. – Вип. 20. – С. 198-203.

8. Державна служба статистики України - ТРАНСПОРТ І ЗВ'ЯЗОК УКРАЇНИ – 2018 / Статистичний збірник За редакцією І. Петренко /ТОВ «Бук-Друк», м. Житомир, -2019, С.152

9. Дриженко А. Ю. Кар'єрні технологічні гірничотранспортні системи : монографія / А. Ю. Дриженко. – Д. : Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 542 с.

10. Burt C.N. Match factor for heterogeneous truck and loader fleets / C.N. Burt, L. Caccetta // International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment. – 2007. – 21, №4. – P. 262-270.

11. Кацюк В.В. Підвищення ефективності внутрішньзміної роботи виемочно- навантажувальної ланки гірничотранспортного комплексу кар'єру: дисс. канд. техн. наук: 05.15.03. Кривий Ріг. 1976. 176 с.

12. Ковальчук В. А. Визначення організаційних та ресурсно-технологічних факторів впливу на продуктивність кар'єрного автотранспорту / В. А. Ковальчук, І. В. Оболонська // Вісник Криворізького національного університету. – 2012. – Вип. 30. – С. 3-5.

13. Kolonja V. Computer simulation of open-pit transportation systems / V. Kolonja, N. Vasiljevic // Mine Planning and Equipment Selection. – Rotterdam: Balkema, 2000. – P. 613-618.

14. Лучко М. І. Розвиток гірничого автотранспорту та завдання оптимізації параметрів самоскидів і елементів кар'єрів / М. І. Лучко, В. І. Гірін, С. В. Філатов, В. В. Гірін // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – т. 4 (146). – Ч. 1. – С. 1-4.

15. Маланчук З. Р. Технології відкритої розробки корисних копалин : навч. посібник / З. Р. Маланчук, В. С. Гавриш, В. А. Стріха, І. М. Киричик. – Рівне : НУВГП, 2013. – 285 с.

16. Мариев П. Л., Кулешов А. А., Егоров А. Н., Зырянов И. В. Кар'єрний автотранспорт: стан і перспективи. Спб.: Наука, 2004. 429 с. Михайлов, В.А. Транспортные машины рудных карьеров. - Киев: Вища школа, 1985. - 183 с.

17. Монастирський Ю. А. Аналіз парків кар'єрних самоскидів підприємств центральної частини України / Ю. А. Монастирський, А. В. Гальченко, А. С. Вівчарик // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – т. 9 (1052). – С. 38-42;

18. Монастирський Ю.А. Визначення причин втрат робочого часу екскаваторно-автомобільних комплексів на Петровському кар'єрі ВАТ "ЦГОК" // Університетські новинки. Кривий Ріг, 2011. Організація виробництва на промислових підприємствах США. - М.: Изд- В іноземній літератури, 1980. - 475с.

19. Монастирський Ю. А. Статистичний аналіз показників роботи кар'єрних автосамоскидів, як ресурс підвищення ефективності їх експлуатації / Ю. А. Монастирський, А. В. Веснин, І. А. Таран // Науковий вісник національного гірничого університету. - 2010. - № 11-12. - С. 66-70. Монастирський Ю. А. Дослідження надійності роботи агрегатів підвіски кар'єрних автосамоскидів / Ю. А. Монастирський, В. М. Денис // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг. – 2010. – Вип. 26. – С. 132-134.

20. Музиченко А.С. Стан та тенденції розвитку гірничо-металургійного комплексу України / А.С. Музиченко // Економічний форум. – 2014. – № 3. – С. 25-31.

21. Пархомчик П. А. Техніка БЕЛАЗ для гірничодобувних підприємств України / П. А. Пархомчик, І. В. Бондар, Ю. А. Монастирський // Гірська промисловість. - 2011. - Спеціальний випуск. - С. 84-87.

22. Пахомов В.І., Жуков С.А., Гирич В.С. Ефективність раціональних режимів експлуатації автосамоскидів при розробці глибоких кар'єрів. Кривий Ріг: Мінерал, 2008. 146 с. Парунакян В.Э. Принципы совершенствования системы управления техническим содержанием большегрузных

автосамосвалов на технологических перевозках металлургических комбинатов / В.Э. Парунакян, М.В. Помазков // Вісник Приазовського державного технічного університету : Зб. наук. пр. – Маріуполь, 2005. – Вип. 15, Ч. 1. – С. 186-190.

23. Парунакян В.Є. Принципи вдосконалювання системи керування технічним змістом великовантажних автосамоскидів на технологічних перевезеннях металургійних комбінатів / В.Є. Парунакян, М.В. Помазків // Вісник Приазовського державного технічного університету : Зб. наук. ін. - Маріуполь, 2005. - Вип. 15, Ч. 1. - С. 186-190.

24. Потапенко В. В. Аналіз моделі технологічних станів кар'єрних самоскидів БелАЗ [Електронний ресурс] / В. В. Потапенко // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – т. 29 (1002). – С. 126-132. – Режим доступу: http://ait.kharkov.ua/uploads/29_1002.pdf

25. Прокопенко В. І. Фактори підвищення конкурентоспроможності автосамоскидів у вітчизняному виробництві / В. І. Прокопенко., Л. А. Бондаренко // Економічний вісник НГУ. – 2013. – №4 (44). – С. 45-52.

26. Ренгевич, А.А. Розрахунки кар'єрного автомобільного транспорту. - Дніпропетровськ: ДГИ, 1979. - 64 с. Современное развитие карьерного транспорта производства ОАО «БЕЛАЗ» / С.А. Шишко [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси. – Минск, 2018. – Вып. 7. – С. 8–11.

27. Темченко А. Г. Методологічні основи обґрунтування виробничої програми гірничорудних підприємств. Огляд світового ринку залізорудної сировини / А. Г. Темченко, С. В. Максимов, Н. В. Пасічник // Вісник КТУ. – Кривий Ріг. – 2004. – Вип. 4 – С. 123–127.

28. Темченко А. Г. Методологічні основи обґрунтування виробничої програми гірничорудних підприємств. Огляд світового ринку залізорудної сировини / А. Г. Темченко, С. В. Максимов, Н. В. Пасічник // Вісник КТУ. – Кривий Ріг. – 2004. – Вип. 4 – С. 123–127.

29. Темченко А.Г. Влияние организации движения транспорта на

експлуатаційну продуктивність погрузочно-транспортного комплексу. // Науковий вісник НГА України. 2000. №6. С. 90-92..

30. Темченко А.Г. Вплив кількості екскаваторів на робочому уступі на їхню продуктивність // Розробка рудних родовищ. 2000. №71. С. 3-7.

31. Темченко О. А. Обґрунтування технологічного потенціалу гірничих підприємств у контексті забезпечення конкурентоспроможності розробки залізорудних родовищ / О. А. Темченко // Інноваційна економіка. – 2015. – т. 1. – С. 55-60.

32. Темченко О. А. Обґрунтування технологічного потенціалу гірничих підприємств у контексті забезпечення конкурентоспроможності розробки залізорудних родовищ / О. А. Темченко // Інноваційна економіка. – 2015. – т. 1. – С. 55-60.

33. Франко, Р.Т. Автоматизація виробничих процесів на відкритих гірських розробках / Р.Т. Франко, В.В. Федоровский, В.В. Яснопольский. - Київ: Техніка, 1972. - 168 с. Четверик М. С. Вскрытие горизонтов глубоких карьеров при комбинированном транспорте : навч. посіб. / М. С. Четверик. – К. : Наук. думка, 1986. – 188 с.

34. Четверик М. С. Перспективи застосування крутонаклонных конвеєрів при циклично- потокової технології на кар'єрах Кривбасса / М. С. Четверик, О. А. Медведєва / Геотехнічна механіка. Межвед. сб. научн. праць. - Дніпропетровськ, 2010. - т. 89. - С. 197-203.

35. Яковенко, Б.В. Організація роботи кар'єрного автомобільного транспорту / Б.В. Яковенко, Г.Г. Коваленко. - Київ.: Техніка, 1978. - 127с.