

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

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

Обґрунтування методів підвищення експлуатаційних показників кар'єрних
автосамоскидів на основі інноваційних технологій

Виконав: студент групи АТ-24-1м

Д.П.Частокол

Науковий керівник, доцент

О.С. Максимова

Допущений до захисту

«____»_____2025 р.

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

Кривий Ріг - 2025 р.

Криворізький національний університет
Факультет _____ механічної інженерії та транспорту
Кафедра _____ автомобільного транспорту
Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр
Спеціальність _____ J8 «Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою АТ
_____ Ю.А.

Монастирський

«_____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську роботу студенту
Частоколу Дмитру Павловичу

1. Тема роботи Обґрунтування методів підвищення експлуатаційних показників кар'єрних автосамоскидів на основі інноваційних технологій затверджено наказом по КНУ від «17» 09 2025 р. № 737 с
2. Строк подання студентом роботи «08» 12 2025 р.
3. Вихідні дані до роботи звіт про роботу гірничотранспортного цеху № 2 ПрАТ «Північний ГЗК», данні про стан та основні технічні характеристика кар'єрних самоскидів, технологічні карти на виконання ремонтних робіт, норми часу та витрат ресурсів на проведення технічного обслуговування і ремонтів
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 роздруковки презентації для членів ДЕК

6. Календарний план:

№	Етапи роботи	Термін виконання
1	Аналіз літературних джерел за темою магістерської роботи	17.10.2025
2	Підготовка I розділу роботи та подання його керівникові	08.11.2025
3	Підготовка II розділу роботи та подання його керівникові	22.11.2025
4	Підготовка III розділу роботи та подання його керівникові	12.12.2025
5	Отримання відгуку керівника та рецензії	16.12.2025
6	Захист магістерської роботи у ДЕК	21.12.2025

Дата видачі завдання: «_____» _____ 2025 р.

Студент _____

Керівник роботи _____

РЕФЕРАТ

магістерська робота на тему: «Обґрунтування методів підвищення експлуатаційних показників кар'єрних автосамоскидів на основі інноваційних технологій»

88 с., 8 табл., 15 рис., 34 формул, 61 джерела, 3 додатка.

В процесі досліджень визначено параметри ефективності екскаваторно-автомобільного комплексу як єдиної системи. Обґрунтовано взаємозв'язок гірничотехнічних, кліматичних й організаційних умов гірничозбагачувального підприємства.

У магістерській роботі розглянуто методику визначення основних параметрів таких як визначення типу автосамоскида, швидкість руху, час навантажування, руху, рейсу й парк машин.

В процесі дослідження запропоновано заходи підвищення експлуатації автосамоскидів за рахунок зменшення часу завантаження, очікування під навантаження й скорочення часу простою на ремонті металоконструкції автосамоскидів.

Розгляд цих питань у комплексі дозволить підвищити продуктивність кар'єрного автотранспорту, зменшити транспортні витрати, і як наслідок, одержати економічний ефект у розмірі 15419,3 тис.грн.

КАР'ЄРНИЙ САМОСКИД, РЕМОНТНИЙ ЦИКЛ, МІЖРЕМОНТНІ ПЕРІОДИ, НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ, ВИТРАТИ НА РЕМОНТ, ОПТИМІЗАЦІЯ, АЛГОРИТМ

Зміст:

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КАРЕСІВ ЗА РАХУНОК ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	
1.1. Визначення впливу інноваційних технологій на роботу підприємств Автомобільної галузі.....	7
1.2. Методологічні основи визначення ефективності використання кар'єрних авто самоскидів.....	17
1.3. Оцінки використання кар'єрних автосамоскидів на підприємствах м. Кривий Ріг.....	20
1.4. Висновки до розділу.....	24
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КАР'ЄРНОГО АВТОТРАНСПОРТУ	
2.1. Визначення параметрів експлуатації автосамоскидів в умовах кар'єру	26
2.2. Методика оцінки ефективності кар'єрного автотранспорту.....	34
2.3. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на продуктивність парку кар'єрного автомобільного транспорту ГТЦ № 2.....	40
2.4. Висновки до розділу.....	56
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КАР'ЄРНИХ САМОСКИДІВ.....	57
3.1. Техніко-економічні заходи підвищення ефективності використання кар'єрних самоскидів.....	57
3.2. Обґрунтування впровадження інноваційних технологій в умовах ГТЦ -2 ПрАТ «ПІВНІЗК».....	63
3.3. Вдосконалення експлуатаційних властивостей кар'єрних автосамоскидів за рахунок інноваційних технологій.....	71
3.4. Висновки до розділу	78
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ НА КАРЕСІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ.....	80
4.1. Основні теоретичні положення при технічному обслуговуванні та ремонту автотранспортних засобів.....	80
4.2. Положення щодо охороні праці та пожежної безпеки при проведенні ремонту на самоскидів	82
4.3. Висновки до розділу	86
ВИСНОВКИ	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90

ВСТУП

Гірничозбагачувальні підприємства є основною розвитку економіки України. При цьому ефективність роботи цих підприємств залежать від організації роботи во всіх структурних підрозділах підприємства. Транспортування гірничої маси в кар'єрах є важливою ланкою єдиного технологічного процесу виробництва залізорудної продукції. Основним видом технологічного транспорту підприємств з видобутку руди відкритим способом є автомобільний транспорт. На даному етапі основним завданням функціонування гірничозбагачувального підприємства є підвищення ефективності транспортного за рахунок визначення оптимальної кількості автосамоскидів з урахуванням впливу експлуатаційних факторів та конструктивних удосконалень при мінімальних витратах.

Метою написання магістерської роботи є визначення напрямків вдосконалення експлуатації кар'єрних автосамоскидів з використанням інноваційних технологій в умовах гірничотранспортних цехів гірничозбагачувальних підприємств.

Предметом дослідження є визначення ефективності використання та розробка заходів щодо удосконалення параметрів експлуатації автомобільного транспорту в умовах кар'єру.

Об'єктом дослідження є дослідження експлуатаційних властивостей та впровадження інноваційних технологій в умовах ГТЦ №2 ПрАТ «Північний ГЗК».

Основними завданнями при написанні магістерської дипломної роботи є:

- визначити сучасний стан та проблеми організації та ефективної експлуатації самоскидів у світі;
- визначити основні напрямки удосконалення системи оцінки експлуатації самоскидів;

- проаналізувати стан ефективності використання автосамоскидів у Кривбасі;
- дослідити основні параметри експлуатації та розглянуто методику розрахунків кар'єрного автомобільного транспорту;
- дослідити вплив експлуатаційних факторів на продуктивність парку кар'єрного автомобільного транспорту ГТЦ № 2;
- визначити організаційні заходи щодо підвищення ефективності використання кар'єрних автосамоскидів;
- розглянути методику впровадження інноваційних технологій в умовах гірничозбагачувального підприємства;
- обґрунтувати підвищення експлуатаційних властивостей кар'єрних автосамоскидів на основі інноваційних технологій на ГТЦ № 2 ПрАТ «Північний ГЗК»;
- визначити основні параметри техніки безпеки при технічному обслуговуванні і ремонті автомобілів;
- визначити основні положення по охороні праці і пожежній безпеці при проведенні ремонтних робіт на кар'єрних автосамоскидах.

При написанні дипломної роботи було використано річні звіти роботи ПрАТ «Північний ГЗК», гірничотранспортного цеху №2 та Ганнівського кар'єру.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КАРЕРІВ ЗА РАХУНОК ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

1.2. Визначення впливу інноваційних технологій на роботу підприємств автомобільної галузі

Удосконалення економіки транспортного сектору неможливе без впровадження сучасних технологій та інноваційних рішень. Використання інноваційних технологій для підвищення економічної ефективності є одним із ключових напрямків підвищення прибутковості підприємства.

Одним із ключових факторів успішної діяльності транспортних компаній є постійне прагнення до нових видів бізнес-планування та вдосконалення існуючих, одночасно вдосконалюючи процеси, обладнання та продукцію, що сприяє стабільному зростанню попиту та збільшенню прибутку. Розробка сучасних технологій та обладнання здійснюється під стратегічним керівництвом та потужними інноваційними процесами, які стимулюють розвиток виробничої та економічної діяльності в транспортному секторі [1].

Головною метою інноваційної діяльності в автомобільних транспортних компаніях є досягнення більшої конкурентоспроможності на внутрішньому та міжнародному ринках з метою підвищення задоволення потреб різних типів споживачів. У зростаючому конкурентному середовищі кожна компанія повинна оцінювати свої конкурентні переваги порівняно з іншими транспортними компаніями, що вимагає від компаній зміцнення своїх ринкових позицій та вжиття ефективних заходів для підвищення якості транспортних послуг [2]. Тему інновацій та розвитку на українських транспортних підприємствах досліджували такі вчені, як А. Абдулгусейнова, О. Вовк, П. Гречан, Х. Дмитрик, І. Кукушка, В. Клименко, О. Парфентьева, Н. Новальська та інші.

Незважаючи на численні наукові праці на цю тему, багато аспектів інноваційної діяльності в транспортних компаніях ще недостатньо вивчені. Особливо в умовах висококонкурентного економічного середовища побудова інноваційного середовища та його основних складових потребує подальших досліджень.

У сучасній економічній теорії ефективність господарської діяльності вимірюється через кінцеві економічні вигоди, основним показником яких є прибуток. Чим вища собівартість виробництва кінцевого продукту, тим більша його ринкова вартість. Однак ціна продажу не може перевищувати рівень, що вже встановився на регіональному ринку. Тому за умови незмінності ринкових цін прибуток залежить від виробничих витрат, а отже, від рівня економічної ефективності. Тому оптимізація витрат є важливою для автотранспортних компаній будь-якої форми власності.

Впровадження інноваційних технологій у діяльність автотранспортних компаній допомагає економити ресурси, підвищувати енергоефективність, автоматизувати та оцифровувати виробничі процеси, тим самим підвищуючи конкурентоспроможність та загальні економічні вигоди [3]. Сучасний транспортний ринок характеризується рухом до зниження витрат, пов'язаних з перевезенням вантажів, складуванням, упаковкою та митним оформленням. В інноваційній структурі витрат основною складовою є придбання машин, обладнання та програмного забезпечення [4]. Виробничі витрати відносяться до всіх витрат, безпосередньо пов'язаних з виробництвом товарів. Прибуток вимагає не лише матеріальних ресурсів, а й трудових годин. На рівень витрат також впливають характеристики технології виробництва та якість персоналу. Традиційно виробничі витрати вважалися основним фактором, що визначає фінансову вартість товарів чи послуг виробника. Ці умови підтверджують, що незалежно від форми власності необхідно знайти методи оптимізації витрат на системи технічного забезпечення транспортних засобів. Одним з ключових питань оптимізації систем технічного забезпечення

транспортних засобів є забезпечення фінансування всіх видів діяльності, пов'язаних з організацією транспорту. Аналіз грошових потоків показує, що основні напрямки використання коштів включають:

- укладання договорів зі сторонніми організаціями на постачання обладнання, технічних ресурсів та послуг;
- підтримка та розвиток існуючих систем підтримки відповідно до потреб операційної надійності компанії;
- фінансування на основі географічного розподілу компанії та її відділів;
- внутрішні інвестиції, що здійснюються компанією з метою розвитку.

Вибір системи фінансування – складне завдання, яке вимагає не лише детального аналізу поточної ситуації, але й прогнозу тенденцій розвитку регіонального транспортного ринку. Існує багато способів оцінки операційної ефективності виробничої системи, ключовими параметрами якої є архітектура системи, адаптивність до змін, людські ресурси, наявність технічних ресурсів і процесів, а також організаційне лідерство.

У системах технічного забезпечення транспортних засобів експлуатаційні витрати на підсистеми технічного обслуговування та ремонту є одними з основних витрат. Ці витрати є змінними, залежно від пробігу транспортних засобів, частоти технічного обслуговування, стану ремонтної бази, кваліфікації персоналу та наявності необхідного обладнання та матеріалів.

Річні експлуатаційні витрати на транспортні засоби залежать від обсягу транспортних послуг, витрат на ремонт, технічне обслуговування та витрат на паливо та мастила. На їх рівень суттєво впливають організація процесів технічного обслуговування, кваліфікація персоналу, підтримка обладнання та якість технічного обладнання.

Аналіз діяльності багатьох автотранспортних компаній показує, що інвестиції в системи технічного забезпечення необхідно збільшити на 35–

40%. Хоча рівень інвестицій є важливим, важливою також є ефективність розподілу коштів між різними статтями витрат.

Серед багатьох факторів, що впливають на транспортні витрати, важливим є зв'язок між обсягом перевезених вантажів та витратами на паливо. Завдяки моніторингу моделей експлуатації транспортних засобів та врахуванню географічних умов, витрати на паливо можна зменшити на величину до 4–5%. Хоча ця економія може здаватися незначною, вона має значний вплив на загальну структуру витрат компанії.

Враховуючи умови експлуатації сучасного обладнання, традиційні методи економії коштів стають дедалі менш ефективними. Тому використання сучасних технологій управління має велике значення, особливо інтеграція датчиків у геоінформаційні системи (ГІС) для покращення моніторингу параметрів транспорту, контролю маршруту, контролю швидкості, контролю часу та безпеки транспорту.

Інновації в транспортному секторі все більше зосереджені на технологічних системах та обладнанні. «Технологічні інновації» стосуються науково-технічних інновацій, які вперше застосовуються у виробництві та забезпечують економічні вигоди. Такі інновації мають інноваційність, технічну доцільність, споживчу застосовність та комерційну привабливість. Це може проявлятися у двох сферах: розробка нового обладнання та вдосконалення існуючих технологій виробництва та обслуговування обладнання.

Тому без надійної системи технічного обслуговування впровадження нових технологічних рішень може знизити ефективність та збільшити експлуатаційні витрати. Водночас, оновлення обладнання та вдосконалення системи його технічного обслуговування можуть знизити загальні витрати на 4–6%. Це підкреслює важливу роль виробничих витрат у фінансовій політиці компанії.

Наразі основними витратами в системі технічного обслуговування автомобілів є витрати на ремонт транспортних засобів (від 55% до 60%) та

витрати на бізнес-інфраструктуру (від 25% до 27%). Забезпечення високих стимулів для водіїв, своєчасне виявлення несправностей та коригування паливної системи можуть значно знизити споживання палива.

Використання геоінформаційних систем може не тільки знизити витрати, але й підвищити безпеку транспортних засобів. Побудова інтегрованої системи відстеження положення транспортних засобів та управління технічним обслуговуванням транспортних засобів є важливим елементом інноваційної та сучасної трансформації автотransпортних компаній.

Тому система технічної підтримки транспортних засобів, розроблена на основі раціонального використання існуючих виробничих баз, може уникнути великих капітальних витрат та забезпечити стабільну роботу бізнесу. Впровадження запропонованого рішення підвищить ефективність системи технічної підтримки транспортних засобів до 70%.

Загалом, гірничодобувна та гірничо-переробна промисловість в Україні переходить від традиційних технологій до більш ефективних, автоматизованих та енергоефективних систем. Це не лише підвищує ефективність виробництва, але й збільшує екологічні та економічні вигоди для бізнесу.

У цій статті на прикладі ПрАТ «ІнГЗК» досліджується система VisioFroth, яка використовується для контролю швидкості потоку піни флотаційної машини. Це допомагає підвищити стабільність процесу переробки, зменшити втрати цінних компонентів та покращити контроль якості концентратів.

Використання таких систем є прикладом цифрової трансформації виробничих процесів у гірничо-переробній промисловості.

ПрАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат» (ЦЗК), що входить до складу Групи «Метінвест», реалізував масштабний проект модернізації гірничо-збагачувального комбінату, зокрема, оновив обладнання для «переробки» сировини.

Така модернізація допомагає збільшити виробництво готової продукції, зменшити споживання енергії та утворення відходів, а також підвищити конкурентоспроможність.

Найголовніше, що модернізація включає не лише заміну обладнання, а й удосконалення процесів.

В Україні гірничо-металургійні структури розглядають вплив концепції «Індустрія 4.0» як основу для своєї цифрової трансформації: покращення роботи обладнання, потужностей, підвищення безпеки праці та покращення прогнозування.

Ключові технологічні рішення включають: датчики моніторингу, інтегровані системи управління виробництвом, аналітику великих даних та пристрої Інтернету речей.

Для гірничо-збагачувальних комбінатів це означає: моніторинг обладнання в режимі реального часу, скорочення простоїв та підвищення ефективності виробничої лінії.

Гірничо-збагачувальні комбінати модернізують свої системи освітлення, електрообладнання та вентиляцію, а також переходять на екологічно чисті технології: наприклад, Південний гірничо-збагачувальний комбінат (ПГК) реалізував проект з модернізації системи освітлення.

Енергозберігаючі технології допомагають знизити витрати на електроенергію, покращити екологічні показники та покращити умови праці.

Це важливо в контексті жорсткіших стандартів екологічної відповідальності та глобальних вимог.

Наразі напрямок розвитку гірничодобувного транспорту в Україні та за кордоном спрямований на підвищення енергоефективності, зниження експлуатаційних витрат та мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище. Завдяки цьому дедалі популярнішими стають гібридні та електричні самоскиди, що значно знижує витрату палива та небезпечні викиди. Ці транспортні засоби оснащені потужними тяговими

акумуляторами або інтегрованими електричними агрегатами, що забезпечує стабільну роботу навіть у складних умовах відкритих кар'єрів.

Крім того, у всьому світі активно розробляються та використовуються автоматизовані та дистанційно керовані системи управління гірничодобувним транспортом. Ці системи оптимізують транспортне обладнання, знижують ризик аварій та підвищують безпеку праці. У майбутньому українські гірничодобувні компанії також мають можливість використовувати технології штучного інтелекту, GPS-відстеження та системи аналізу стану обладнання для досягнення інтелектуального управління транспортними процесами.

Важливою частиною цього розвитку є локалізація виробництва самоскидів та модернізація існуючого парку, що зменшить залежність від імпортного обладнання та запасних частин. Впровадження програм модернізації транспортних засобів, що відповідають сучасним екологічним та технологічним вимогам, сприятиме підвищенню конкурентоспроможності українських гірничодобувних компаній на світовому ринку.

Основним видом вантажних перевезень для українських гірничодобувних компаній є автомобільний транспорт. Порівняно із залізничним або конвеєрним, автомобільний транспорт має переваги з точки зору високої мобільності, застосовності в різних гірничотехнічних умовах. Автомобільний транспорт має високу ефективність та гнучкість, що важливо для сучасних шахт з постійно змінними технологічними умовами.

На підприємствах українського гірничо-металургійного комплексу близько 70% внутрішніх перевезень здійснюється автосамоскидами. Залежність галузі від автомобільного транспорту вимагає постійного вдосконалення його структури для підвищення надійності, економічності та експлуатаційної ефективності.

Відкритий видобуток корисних копалин залишається найпоширенішим та найекономічнішим способом видобутку корисних копалин. Порівняно з підземним видобутком корисних копалин, відкритий видобуток корисних копалин є більш продуктивним та менш витратним. У світі близько 75% гірничих робіт здійснюється відкритим способом видобутку, причому цей показник сягає 83%, у Сполучених Штатах та близько 68% в Україні.

Зростання темпів відкритого видобутку корисних копалин призводить до збільшення глибини кар'єру, що не тільки ускладнює умови видобутку, але й ставить великі вимоги до транспортування. У цьому контексті автомобільний транспорт залишається найефективнішим та найзручнішим способом транспортування породи. Наприклад, у Сполучених Штатах понад 83% гірської породи перевозиться самоскидами; в Австралії – перевищує 85%, у Канаді цей показник становить 82%, а у країнах Латинської Америки – близько 80%.

Популярність самоскидів для кар'єрних розробок зумовлена численними перевагами, такими як:

- висока автономність, що зменшує залежність від стаціонарної інфраструктури;
- висока мобільність, що дозволяє ефективно працювати в складних та мінливих умовах видобутку;
- можливість швидко змінювати маршрути та місця роботи, що особливо важливо на етапі розробки або розширення кар'єру;
- забезпечення ефективних транспортних процесів та своєчасного видалення великих обсягів породи.

В Україні основу парку самоскидів для кар'єрних розробок складають автомобілі всесвітньо відомих виробників, таких як Caterpillar, БелАЗ, Komatsu, Unit Rig (Trex) та Euclid (Hitachi). Ці бренди відомі своєю високою надійністю, високою вантажопідйомністю та здатністю працювати в суворих умовах на відкритих кар'єрах.

На рис. 1.1 показано склад автопарку самоскидів для кар'єрів України та його тенденції за останні роки. Ці цифри свідчать про вдосконалення обладнання, а підприємства прагнуть підвищити ефективність перевезень та зменшити експлуатаційні витрати.

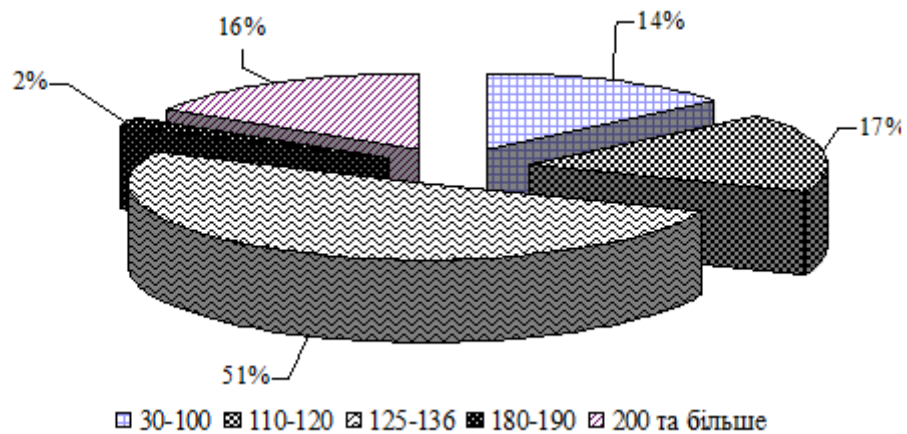


Рис. 1.1. Наявність автосамоскидів на підприємства в Україні у 2018 році [4]

Характеристика типового парку автотранспортної кар'єрної техніки приведена у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Характеристика популярних моделей автосамоскидів в Україні

Виробник	Вантажопідйомність								300 та більше
	30-50	51-70	75-113	120-136	140-170	170-197	200-238	270-290	
БелАЗ	7528 7540 7548 75473	7555A	7549	7512 7514 75131		75215	75303	75501	75600
Komatsu	HD325-6 HD405-6	210M HD465-5 HD605-5	330M HD785-5 HD985-5	HD1200-1 HD1200-ID HD1200M 510E	530M HD1600M	63 0E 685E 730E	830E	930E	-
Caterpillar	769D 771D	773D 775D	777D	785B		789B	793C	-	797
Euclid	R32, R36 R40,R50	R65	R85	R130	R150	R170, R190, R220	R260	-	-
Unit Rig	-	-	MT 3000	MT 3300	MT 3600B	MT 3700B	MT 4400	MT 4800	MT 5500
Liebherr	-	-	-	-	-	T252	T262	T272	T262

Наразі напрямок розвитку кар'єрного транспортування в Україні та за кордоном спрямований на підвищення енергоефективності, зниження експлуатаційних витрат та мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище. З цією метою активно розробляються гібридні та електричні кар'єрні самоскиди, оскільки ці транспортні засоби значно знижують витрату палива та викиди шкідливих речовин. Використання таких транспортних засобів також знижує рівень шуму та вібрації, а також покращує умови праці операторів.

Водночас у всьому світі стрімко розвиваються автоматизовані системи управління кар'єрним транспортуванням. Ці системи оптимізують транспортні маршрути, підвищують безпеку експлуатації та забезпечують ефективний моніторинг технічного стану транспортних засобів. Використання систем GPS-трекінгу, аналітичних платформ на основі штучного інтелекту та технологій дистанційного керування дозволяє інтелектуально керувати процесами кар'єрного транспортування.

Для українських компаній найперспективнішим напрямком є модернізація існуючих автопарків та поступовий перехід до технологій «розумного транспортування», досягнення ідеального поєднання енергоефективності, автоматизації та екологічної безпеки. Локалізація виробництва гірничодобувного обладнання та розширення баз післяпродажного обслуговування в Україні сприятимуть зменшенню імпортозалежності та підвищенню їхньої конкурентоспроможності на внутрішньому та міжнародному ринках.

Таким чином, автомобільний транспорт залишається важливою ланкою в технологічному процесі відкритого видобутку корисних копалин, а його подальший розвиток тісно пов'язаний з впровадженням енергозберігаючих технологій, автоматизацією управлінських процесів та екологічними інноваціями.

1.2. Методологічні основи визначення ефективності використання кар'єрних авто самоскидів

На залізорудних кар'єрах, на процеси транспортування руди впливають такі фактори: умови видобутку, параметри навколишнього середовища, схема розташування системи технічного обслуговування, системи керування обладнанням, методи їх експлуатації та професійна підготовка обслуговуючого персоналу (рис. 1.2).

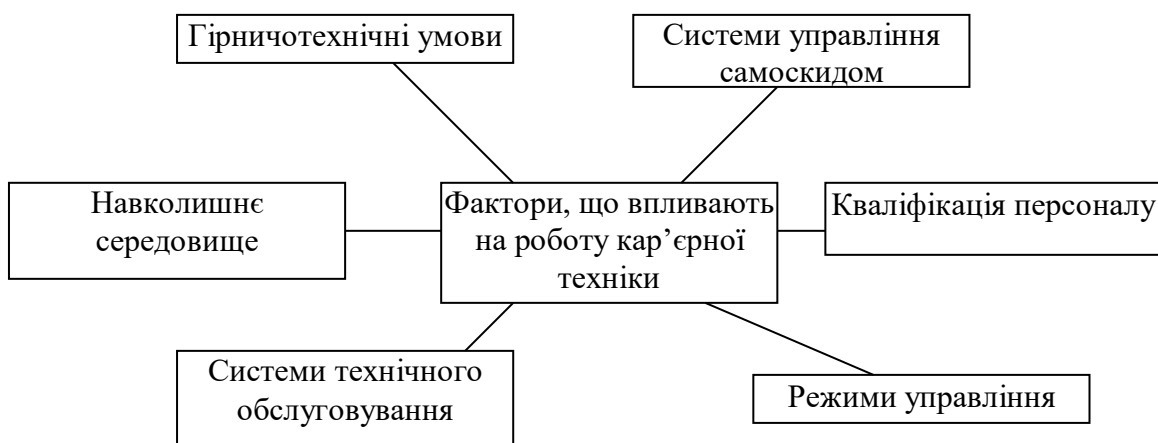


Рис.1.2. Фактори впливу на ефективність роботи кар'єрних автосамоскидів

Надійність кар'єрів та гірничого обладнання значною мірою залежить від різних факторів, найважливішими з яких є умови видобутку. Ці фактори залежать від характеру родовища корисних копалин, фізико-механічних властивостей породи, що видобувається (міцність, тріщинуватість, розмір зерен тощо), а також конкретних методів видобутку, що використовуються.

Фізико-механічні властивості породи визначають опір зсуву, який впливає на навантаження на основні робочі механізми та опорні конструкції машини. Тверді уламки, що відкладаються на породі, можуть

призвести до пошкодження деталей обладнання та тривалого простою. Властивості ґрунту відіграють значну роль у вугільних шахтах відкритого типу: зв'язний ґрунт може прилипати до ковшів екскаватора та конвеєрних стрічок, знижуючи видобуток. Продуктивність машини, вантажопідйомність, вібрація та рівень температури залежать від характеристик породи та руди, що видобувається.

Надійність обладнання змінюється за різних умов видобутку залежно від типу та частоти навантажень, що переносяться його компонентами. У важких умовах спостерігаються короткочасні пікові навантаження, які часто перевищують допустимі межі. З покращенням умов експлуатації частота та тривалість таких навантажень зменшуються, а в помірних умовах такі навантаження майже відсутні, що сприяє підвищенню надійності машини. Тому умови гірничої справи слід розглядати як важливий фактор, що впливає на термін служби та надійність гірничого обладнання [10].

Умови навколишнього середовища мають значний вплив на технічний стан та надійність машини. Під впливом навколишнього середовища складові частини зазнають незворотних змін, тим самим знижуючи їхню працездатність.

До важливих параметрів навколишнього середовища належать температура та вологість повітря, концентрація пилу, загазованість та тиск повітря. Ці параметри значною мірою залежать від географічного розташування та топографії родовища, особливо при відкритій розробці корисних копалин. Так, рівень пилу може досягати 50–1250 мг/м³ під час гірничих та тунелепрохідницьких робіт у шахтах та кар'єрах, а 25–625 мг/м³ у замкнутих приміщеннях. У відкритих шахтах рівень пилу в апаратних приміщеннях коливається від 40–120 мг/м³. Вологість у підземному середовищі становить від 70% до 98%, а у відкритих кар'єрах – від 40% до 100%. Ці цифри показують, що обладнання працює в дуже різних умовах. За несприятливих погодних умов надійність обладнання залежить не лише

від природного зносу, а й від аварійних відмов, спричинених впливом екстремальних температур [11, 12].

Коливання температури також пов'язані з нерегулярними робочими циклами. Гірничодобувні процеси часто перериваються очікуванням на порожні руди, буровими та вибуховими роботами, відключенням електроенергії та іншими факторами. Це призводить до частих перепадів температури в двигунах та системах керування, що змінює опір струмоведучих частин та знижує точність налаштувань системи керування. В результаті може бути перевищено допустиме розрахункове навантаження.

Часті коливання температури можуть спричинити конденсацію всередині двигунів та обладнання. Волога потрапляє в тріщини в ізоляції, знижуючи її опір та спричиняючи корозію металевих деталей та окислення контактів. Пил – ще один негативний фактор, який не тільки сприяє конденсації, але й може призвести до заклинювання рухомих частин та виходу контактів з ладу.

Сніг, лід та низький тиск повітря також можуть негативно впливати на обладнання, особливо на великих висотах. Низький тиск повітря може перешкоджати відведенню тепла від двигуна, спричиняючи перегрів та перекриття між струмопровідними компонентами [13].

Технічне обслуговування спрямоване на підтримку обладнання в належному робочому стані та відновлення його втраченої продуктивності. Ці втрати продуктивності залежать від терміну служби обладнання, робочої сили та впливу навколишнього середовища. Технічне обслуговування може виконуватися до виникнення несправності (профілактичне обслуговування) або після виявлення несправності (планове обслуговування або ремонт) [14, 15].

Для забезпечення технічної доступності кар'єрних самоскидів та зменшення зносу запасних частин планове обслуговування необхідно виконувати через певні проміжки часу:

- Щоденне технічне обслуговування (ЩО);
- ТО1 — після 250 годин роботи двигуна або 4000–5000 км пробігу;
- ТО2 — після 500 годин роботи двигуна або 8000–10000 км пробігу;
- ТО-3 — після 1000 годин роботи двигуна або 16000–20000 км пробігу;

- Сезонне технічне обслуговування (СТО) — на додаток до планового обслуговування під час акліматизації.

Перед проведенням технічного обслуговування автосамоскид необхідно ретельно очистити та промити, одночасно захищаючи електрообладнання та вентиляційні системи від водяної корозії. Операції з очищення та технічного обслуговування повинні відповідати процедурам безпеки та правилам електробезпеки, щоб запобігти потраплянню пилу та бруду на механічні деталі та монтажні поверхні.

Ефективність профілактичного обслуговування безпосередньо залежить від обраної системи технічного обслуговування. Вона визначає склад та послідовність технічного обслуговування, обсяг робіт, рівень використання запасних частин та чисельність робочої сили. Найбільш ефективні системи запобігають поступовому зносу обладнання та забезпечують його стабільну роботу. Кожен тип гірничодобувного обладнання потребує відповідної системи технічного обслуговування, розробленої для його умов експлуатації [16, 17]. Крім того, на надійність кар'єрного обладнання значною мірою впливають якість системи керування машиною, умови експлуатації та кваліфікація обслуговуючого персоналу.

В рамках цього дослідження ми також надаємо аналітичний огляд наукових робіт з експлуатації кар'єрного транспортного обладнання.

1.3. Оцінки використання кар'єрних автосамоскидів на підприємствах м. Кривий Ріг

В Україні промислові підприємства експлуатують понад 2500 кар'єрних самоскидів та спеціалізованої техніки, більшість з яких – це транспортні засоби 30-140 т (Рис. 1.3).

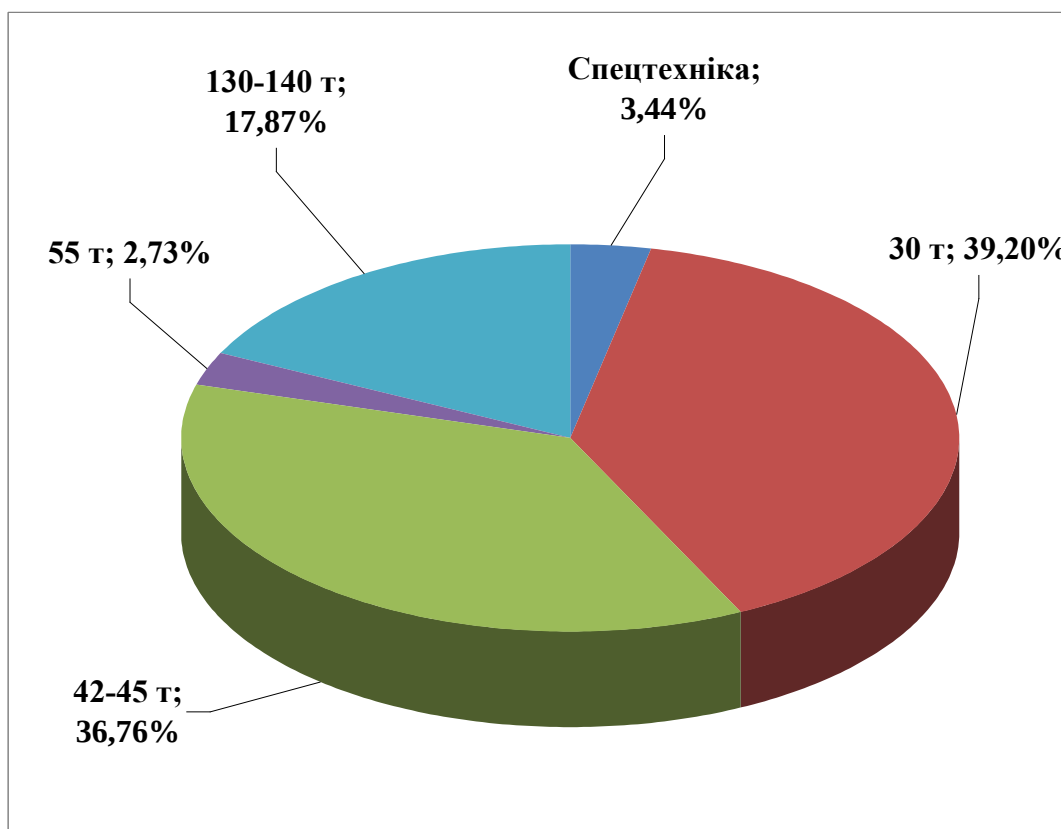


Рис.1.3 Структура парку кар'єрної техніки ВАТ «БелАЗ»

Приблизно 70% кар'єрних самоскидів зосереджено на 30 підприємствах у південно-східному регіоні країни. Решта транспортних засобів розподілена між підприємствами північно-західної та центральної України. Парк кар'єрних самоскидів переважно складається з автомобілів «БелАЗ», найбільша концентрація яких знаходиться на Криворізьких гірничо-збагачувальних підприємствах.

Близько третини кар'єрних самоскидів країни зосереджено на п'яти великих підприємствах – ПрАТ «ЦГЗК», ПрАТ «ПівнГЗК», ПрАТ «ПГЗК»,

ПрАТ «ІнГЗК» та ПрАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Тільки ці компанії експлуатують понад 250 самоскидів вантажопідйомністю від 80 до 140 тонн.

Автосамоскиди виробництва «БелАЗ» широко використовується компаніями, що займаються видобутком будівельних матеріалів (граніт, вапняк, пісок та інші корисні копалини).

Автосамоскиди працюють у надзвичайно важких умовах на кар'єрах з видобутку руди. Це пов'язано, перш за все, з:

- глибиною кар'єрів, що досягають 50-60 метрів;
- необхідністю транспортування вантажі на відстань від 3 до 5 кілометрів дорогами з поганим станом;
- невідповідністю параметрів різних механічних компонентів у технологічній системі (наприклад, використання екскаватора з об'ємом ковша 8 кубічних метрів для транспортування самоскида, розрахованого на перевезення 40 тонн).

У більшості українських підприємств, кар'єрна техніка експлуатується вже 20-25 років. Тим часом інфраструктура технічного обслуговування та ремонту цієї техніки або повністю відсутня, побудована понад 30 років тому та застаріла як технічно, так і практично.

Аналіз стану технічного обслуговування гірничодобувних та збагачувальних компаній, що мають менше 20 кар'єрних самоскидів, виявив брак спеціалізованого обладнання. З усього обладнання існують лише майстерні з заміни шин. Поточне технічне обслуговування зазвичай зосереджується на заміні великих деталей та компонентів, а подальший ремонт передається стороннім компаніям.

Компанії з більш ніж 20 транспортними засобами зазвичай мають кілька закритих майстерень для планового технічного обслуговування та ремонту. Однак навіть у цих майстернях кількість спеціалізованого ремонтного обладнання обмежена та недостатня для задоволення фактичних експлуатаційних потреб кар'єрного обладнання.

Якщо підприємство також експлуатує парк автомобілів загального призначення, деякі роботи з технічного обслуговування виконуються у спеціалізованих центрах технічного обслуговування або на майданчиках, що частково компенсує дефіцит обладнання для кар'єрної техніки.

підприємства, що мають понад 30 кар'єрних самоскидів, зазвичай мають певну кількість ремонтного устаткування, але більшість цього обладнання було виготовлено у 1980-х роках. Ці машини застаріли та потребують повної модернізації або заміни.

Незважаючи на застарілі технології, кар'єрні самоскиди все ще широко використовуються на багатьох українських підприємствах, як показано в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Загальна кількість автосамоскидів України

Найменування	Виробник	Кількість	Вантажопідйомність, т
Самоскиди	БелАЗ	447	40-45
	БелАЗ	114	30
	БелАЗ	34	55
	БелАЗ	196	110-136
	БелАЗ	42	80
Навантажувач	БелАЗ	5	$V_{\text{ковша}} - 6 \text{ м}^3$
Спецтехніка	БелАЗ	48	30

Для підвищення ефективності використання гірничодобувної техніки Білоруського автомобільного заводу в Україні було створено спеціалізовану сервісну інфраструктуру поблизу основних гірничодобувних районів. В рамках дистриб'юторської мережі Білоруського автомобільного заводу ці сервісні центри надають комплексну технічну підтримку гірничодобувної техніки — від введення в експлуатацію до остаточного виведення з експлуатації. Вони постачають оригінальні запчастини та комплектуючі марки Білоруського автомобільного заводу, а також виконують технічне обслуговування та

ремонт техніки вантажопідйомністю від 45 до 220 тонн. Основними клієнтами цих послуг є великі металургійні підприємства, гірничо-збагачувальні комбінати.

Між 2012 і 2018 роками загальний дохід від сервісних послуг в Україні зріс у 6,5 раза до 3,2 мільйона доларів США. Заміна основних деталей здійснюється регіональними складами оборотних коштів, розташованими поблизу користувачів, що значно скорочує час простою техніки. Найскладніші та найтрудомісткіші ремонти виконуються безпосередньо в сервісних центрах.

Ця модель обслуговування пропонує кілька суттєвих переваг. Клієнти отримують гарантії на ремонтні роботи та встановлені запасні частини, а всі технічні операції виконуються суворо відповідно до специфікацій виробника. Це забезпечує високу якість ремонту та тривалість безвідмовної роботи обладнання. Крім того, компаніям не потрібно утримувати велику кількість обслуговуючого персоналу або зберігати великі складські запаси.

У Криворізькому гірничодобувному районі коефіцієнт технічної готовності 130-тонних кар'єрних самоскидів становить 0,8-0,9, що вважається високим показником серед аналогічної техніки. Серед багатьох гірничодобувних підприємств, які володіють 140-тонними кар'єрними самоскидами є ПрАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат», який займає унікальне становище. Компанія переважно обслуговує та ремонтує важку техніку за контрактами з власною командою з технічного обслуговування. Усі технічні спеціалісти цього відділу пройшли спеціальну підготовку та готові виконувати дедалі складніші завдання на високому рівні.

1.4 Висновки до розділу

1. У ході дослідження встановлено обсяги перевезень на гірничодобувних підприємствах, що застосовують відкритий спосіб розробки родовищ. Проаналізовано частку транспортування, яку забезпечують кар'єрні автосамоскиди, та визначено їх роль у загальній логістичній схемі підприємств.
2. Виявлено ключові переваги експлуатації кар'єрних автосамоскидів і проведено аналіз їхнього фактичного парку на підприємствах країн СНД та України. За результатами дослідження встановлено, що основу парку становлять самоскиди вантажопідйомністю до 80 тонн, які є найбільш поширеними в умовах відкритого видобутку.
3. Розглянуто технічні характеристики автосамоскидів різних виробників. Проведено порівняння моделей різних вантажопідйомностей, визначено їх конструкційні особливості та сфери раціонального застосування.
4. Проаналізовано основні напрями досліджень, присвячених підвищенню ефективності роботи кар'єрних самоскидів, що виконані українськими та зарубіжними науковцями. Виділено ключові аспекти оцінювання ефективності: режими експлуатації машин, вплив ухилів і якості кар'єрних доріг на техніко-експлуатаційні показники, особливості конструкції та типу трансмісії тощо.
5. Визначено перспективні підходи до удосконалення методів оцінки ефективності експлуатації кар'єрних автосамоскидів, зокрема:
6. застосування нових моделей машин особливо великої вантажопідйомності;
7. Удосконалення конструкції шляхом усунення недоліків, виявлених під час практичної експлуатації;
8. дослідження закономірностей зміни техніко-експлуатаційних показників упродовж усього життєвого циклу машини;

9. вивчення режимів руху автосамоскидів для підвищення продуктивності та оптимізації транспортних процесів.
10. Проведено оцінку сучасного рівня використання кар'єрних автосамоскидів у Криворізькому басейні. Визначено особливості їхньої експлуатації, організації технічного обслуговування та ремонту, а також роль офіційних сервісних центрів виробника в забезпеченні працездатності машин.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КАР'ЄРНОГО АВТОТРАНСПОРТУ

2.1. Визначення параметрів експлуатації автосамоскидів в умовах кар'єру

У сучасних кар'єрах України та світу широко використовується автомобільний транспорт. Це пов'язано з його незалежністю, мобільністю та ефективною роботою в складних геолого-кліматичних умовах.

Основні переваги та висока ефективність автомобільного транспорту в кар'єрах включають:

- маневреність завдяки високій швидкості та малому радіусу повороту;
- оптимальні розміри, що полегшують роботу в обмежених просторах;
- гнучке та ефективне управління транспортними потоками;
- здатність долати круті схили (до 10%);

Експлуатація без спеціалізованих доріг є вирішальним у ситуаціях з часто змінюваними робочими умовами.

Автомобільний транспорт найбільш ефективний у кар'єрах з малим та середнім обсягом видобутку. Для підприємств з глибшими кар'єрами самоскиди часто використовуються разом із залізничним транспортом.

Основною функцією автомобільного транспорту в кар'єрах є переміщення породи з місця видобутку до пункту прийому для подальшого транспортування краном або залізницею.

Основні функції кар'єрних самоскидів включають:

- транспортування видобутої руди до відвалів;
- транспортування руди до складів збагачувальних фабрик або інших пунктів завантаження та розвантаження.

На робочому місці за завантаження гірських порід у самоскиди відповідають різні типи екскаваторів. Завдяки високій мобільності самоскиди можуть швидко змінювати місця завантаження та

розвантаження та легко контролювати процес транспортування. Скорочення часу простою екскаваторів в очікуванні прибуття самоскидів може підвищити їх продуктивність до 30 %.

Дорожні в'їзди на операції завантаження самоскидів повинні залежати від розміру робочої зони, і якщо в'їзд достатньо широкий, використовується круговий поворот. У вузьких заїздах самоскид робить круговий поворот або розворот у межах в'їзду (рис. 2.1а).

Якщо напрямок руху порожнього самоскида паралельний напрямку в'їзду екскаватора, напрямок подачі завантаження змінюється на протилежний після нескінченного розвороту (рис. 2.1б).

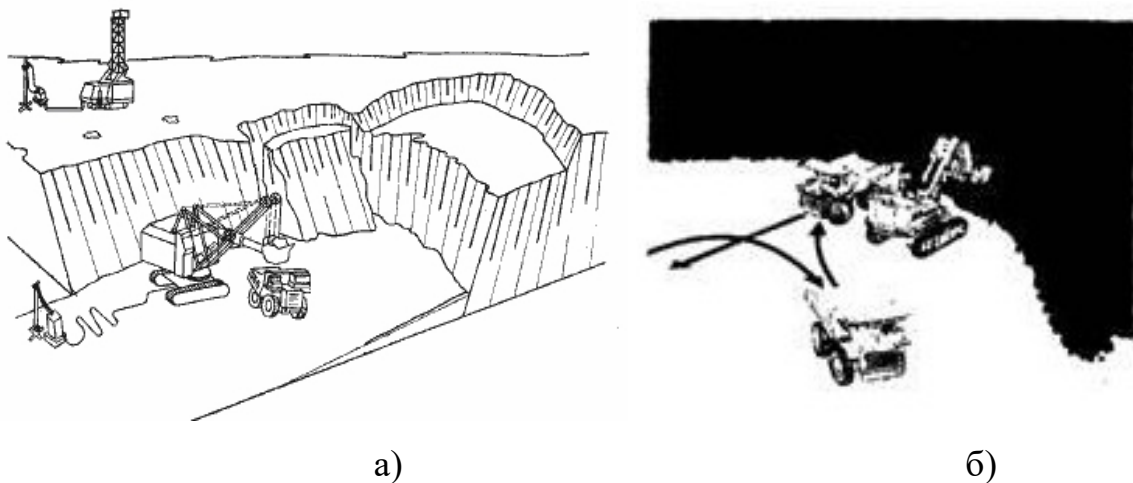


Рис.2.1. Методи підходів автосамоскидів під навантаження в різних просторових умовах

Незалежно від методу, під час завантаження самоскидів на екскаватори слід переконатися, що ківш екскаватора не виступає за межі кабіни, а кут повороту між екскаватором та робочою поверхнею залишається мінімальним.

Враховуючи високу вартість кар'єрної техніки та обладнання, вантажне обладнання має бути максимально компактним. Тому на кар'єрі прийнята така схема організації роботи транспортних засобів, коли в одну зміну до одного екскаватора закріплюється певна кількість самоскидів.

Коли самоскиди не закріплені, завантаження самоскида здійснюється за інструкціями оператора.

Цій метод роботи екскаватора-самоскида (підключений до самоскида) є простим, легким у реалізації та має найвищу виробничу ефективність. Однак цей метод планування доцільний лише за умови ефективного вантажно-розвантажувального обладнання, однорідного складу гірських порід та стабільності процесу.

Планування роботи без простоїв досягається за допомогою автоматичної системи керування. Такі системи надають інформацію про робочий стан екскаватора та самоскидів і надсилають відповідні інструкції водієві та комп'ютеру. Цей метод широко використовується в кар'єрах, де руду необхідно транспортувати безпосередньо з кількох різних шахт на збагачувальну фабрику.

Наразі працює кілька таких систем. Їхні завдання включають збір такої інформації:

- обсяг перевезеної продукції з початку зміни;
- кількість самоскидів, завантажених у кар'єрі;
- вимірювання показників виходу та якості руди під час розвантаження;
- дані про порожні вантажівки, що наближаються до контрольних пунктів.

Панель керування водія відображає номер екскаватора, що наближається. Під час розвантаження система автоматично зчитує номерний знак транспортного засобу та фактичну вагу і передає дані на комп'ютер. Аналіз літератури показує, що стан доріг у кар'єрі є одним із найважливіших факторів, що впливають на ефективність роботи самоскидів.

Спеціалізовані дорожні служби відповідають за технічне обслуговування, ремонт та будівництво кар'єрних доріг. Найскладніші завдання включають:

- регулярний огляд доріг та очищення від каміння;
- вивантаження гравію високошвидкісними гусеничними бульдозерами та його ущільнення вібраційними катками;
- розчищення дренажних каналів та вирівнювання тимчасових доріг грейдерами;
- розпилення води спеціальними розчинами під час сухого сезону для придушення пилу;
- розкидання піску на обледенілих та засніжених дорогах за допомогою піскорозкидачів.

Будівництво нових ділянок доріг виконується гірничодобувною технікою, тоді як земляні роботи доріг, будівництво дренажних каналів та асфальтування займаються дорожніми службами. Матеріали для земляного полотна включають гравій, пісок та бетон. У деяких випадках як гравій використовується водонасичена гірська порода або інші тверді породи.

У кар'єрах, на дороги укладають товстий шар гравію, щоб запобігти відтаванню ґрунту влітку та зменшити динамічне навантаження, що створюється важкими самоскидами.

Збільшення ухилів дороги та зменшення радіусів повороту може зменшити обсяг дорожньо-будівельних робіт. Порівняно із залізничним транспортом, зменшення радіуса повороту може вдвічі скоротити довжину транспортних шляхів.

Автомобільний транспорт має ширший спектр застосування, ніж залізничний. Оскільки він усуває необхідність у спеціальному будівництві доріг, трудомісткість будівництва кар'єрних доріг може бути зменшена в 2-3 рази на м'якому або піщаному ґрунті та приблизно в 2 рази на кам'янистій місцевості.

Дороги, побудовані за допомогою мобільної кар'єрної техніки, можна швидко переміщувати, зменшуючи кількість допоміжного персоналу, робітників з технічного обслуговування та дорожнього будівництва. Висока мобільність та можливості незалежної роботи самоскидів роблять їх

гнучкими та ефективними в управлінні потоками руху. За необхідності транспортні засоби можна перенаправити на інші екскаватори, що швидко виправляє операції та уникає значних втрат продуктивності.

До основних недоліків кар'єрного транспортування належать:

- короткі відстані транспортування;
- висока залежність від погодних умов (низькі температури, сніг, туман, ожеледиця);
- високе споживання шин, моторного масла та мастильних матеріалів під час роботи в гірських породах (витрати на шини можуть становити до 20% від загальних транспортних витрат);
- підвищене забруднення вихлопними газами, особливо в глибоких кар'єрах;
- високі витрати на технічне обслуговування та ремонт (до 30% транспортних витрат) та потреба у великій кількості обслуговуючого персоналу;
- високі амортизаційні витрати через короткий термін служби самоскидів (зазвичай 4-5 років).

На сучасних кар'єрах, потужність, розміри, вантажопідйомність та конструкція всіх основних систем і компонентів самоскидів постійно вдосконалюються.

Провідні виробники техніки, такі як Caterpillar, Liebherr, Terex, Kress, БелАЗ та Komatsu-Наурак, виробляють самоскиди великої вантажопідйомності. Їхні основні моделі охоплюють вантажопідйомність від 20 тонн до 360 тонн.

Найпоширенішим силовим агрегатом для самоскидів є дизельний двигун з турбонаддувом. Зарубіжні моделі використовують дизельні двигуни Detroit, Caterpillar та Cummins, тоді як самоскиди Belaz використовують двигуни Yamaha.

Поширені типи трансмісій для сучасних самоскидів включають:

- гідромеханічна трансмісія (ГМТ);

- електромеханічна трансмісія (ЕМТ).

Самоскиди вантажопідйомністю 60-70 тонн переважно оснащені гідравлічно-механічними трансмісіями, тоді як важкі самоскиди конкурують між гідравлічно-механічними та електромеханічними трансмісіями. Вибір типу трансмісії суттєво впливає на витрати на технічне обслуговування, ремонт та експлуатацію.

Переваги гідравлічно-механічної трансмісії (ГМТ):

- високий коефіцієнт корисної дії механічної потужності;
- сильне зчеплення з дорогою та хороша економія палива;
- відсутність сильного перегріву трансмісії під час тривалого руху по схилах.

Основними недоліками ГМТ є коротший термін служби та вищі витрати на технічне обслуговування порівняно з ЕМТ. ГМТ буде застосовна до важких самоскидів лише після переходу на планетарні коробки передач.

Переваги електричного приводу (ЕМТ):

- оптимізовані передавальні числа та високий запас крутного моменту подовжують термін служби трансмісії.
- гідравлічні гідротрансформатори забезпечують високе зчеплення під час руху та перемикання передач.

У певних ситуаціях гідравлічний гідротрансформатор та фрикційне зчеплення можна блокувати, що підвищує ефективність трансмісії.

Обладнані електронними системами автоматичного керування та діагностики, що подовжує термін служби, скорочує час усунення несправностей та знижує витрати на обслуговування.

Деякі самоскиди використовують радіальні безкамерні шини зі спеціальними кар'єрними малюнками протектора, виготовленими вітчизняними компаніями (такими як Michelin та Bridgestone). Безкамерні шини пропонують такі переваги, як висока вантажопідйомність, низький опір коченню та тривалий термін служби.

Система підвіски кар'єрних самоскидів зазвичай використовує гібридну пневматично-гідравлічну підвіску, що забезпечує плавну роботу транспортного засобу та дозволяє йому витримувати різні навантаження в межах відносно невеликої конструкції кузова (рис. 2.2).



Рис.2.2. Зображення автосамоскиду з пневмогідравлічною підвіскою

Кар'єрні самоскиди використовують ковшову конструкцію кузова, оскільки це знижує центр ваги транспортного засобу. Це покращує стійкість на нерівних кар'єрних дорогах і зменшує ризик перекидання. Виробники використовують взаємозамінні комплекти кузова, щоб адаптувати самоскиди до конкретних умов транспортування та підвищити продуктивність, особливо з різними типами та щільністю гірських порід.

Через великі розміри та вагу навантаження на передню вісь дуже велике. Це призводить до високого зусилля на кермі, тому ці транспортні засоби не використовують механічні приводи рульового керування. Усі сучасні кар'єрні самоскиди оснащені гідравлічними підсилювачами керма або гідравлічним підсилювачем керма з підсилювачами, що забезпечує плавне, точне та безпечне керування.

Щоб впоратися з важкими умовами роботи кар'єру, самоскиди оснащені сучасною системою підвіски, яка може працювати самостійно або разом з іншими системами. До них належать:

- Робоча гальмівна система - для нормальної роботи;
- стоянкове гальмо - утримує транспортний засіб на місці;
- аварійне гальмо (резервне гальмо) - забезпечує гальмівну силу у разі відмови головного приводу;
- допоміжне гальмо (керуюче/редукторне гальмо) – використовується на довгих ділянках спуску для збереження потужності робочих гальм.

На більшості самоскидів використовується гібридна пневматично-гідравлічна гальмівна система, яка поєднує переваги високої рушійної сили з точним контролем гальмівної сили. На самоскидах БелАЗ можуть бути встановлені пневматичні або гідравлічні гальма залежно від моделі та вантажопідйомності.

Пневматичні приводи мають тривалий час відгуку та великі габарити компонентів, але прості в обслуговуванні та мають високу надійність від зносу. Гідравлічні приводи працюють під високим тиском, що дозволяє забезпечити малі габарити механізму та покращити точність керування. Конструктивно гальмівна система поділена на передній та задній мости відповідно до їх профілю для підвищення безпеки.

Робочі гальма забезпечуються барабанними або дисково-колодковими системами, конкретний варіант залежить від моделі самоскида та умов експлуатації.

Під час руху на великі відстані з безпечними швидкостями використовуються допоміжні гальмівні системи.

Для самоскидів, що використовують електродвигунну передачу (ЕМП), використовується електричний контролер. Цей контролер забезпечує гальмівну силу шляхом перетворення кінетичної енергії в теплову в компонентах електричної системи.

Для машин, що використовують гідравлічну механічну передачу (ГМП), використовується контролер гідравлічного гальма. Цей контролер забезпечує гальмівний момент шляхом змішування робочої рідини з лопатями ротора та статора у спеціальному корпусі, встановленому на вихідному валу.

Ці контролери значно зменшують навантаження на робочі гальма, запобігають перегріву та забезпечують безпечну роботу на крутих схилах кар'єру.

2.2. Методика оцінки ефективності кар'єрного автотранспорту

У кар'єрних умовах ефективність автомобільних перевезень залежить, перш за все, від вантажопідйомності та середньої швидкості самоскидів. Чим більше вантажу перевозиться за один рейс і чим коротший транспортний цикл, тим нижча собівартість транспортування одиниці продукції та вища загальна продуктивність транспортної системи.

Оцінка параметрів транспортного засобу та вибір найкращих характеристик для конкретних гірничо-технічних умов вимагає певної послідовності. Цей процес зазвичай включає такі кроки:

Вибір відповідного типу самоскида на основі умов кар'єру, глибини та довжини маршруту, міцності гірських порід, ухилу та умов експлуатації кар'єру:

- визначення середньої швидкості транспортного засобу на підйомах, спусках та рівних ділянках з урахуванням характеристик тягача, дорожніх умов та навантаження.

- розрахунок часу завантаження, який залежить від місткості ковша екскаватора та кількості ковшів, необхідних для заповнення кузова.

- визначення часу руху вперед та назад з урахуванням ухилу, дорожніх умов та можливих затримок.

- розрахунок часу на один транспортний цикл (рейс), включаючи завантаження, дорогу до місця розвантаження, розвантаження та повернення порожнього вантажу.

- визначення необхідну кількість машин у парку для забезпечення безперервної роботи екскаваторів та досягнення заданої продуктивності кар'єру.

У глибоких кар'єрах з широкими обочинами та крутими схилами зазвичай використовуються самоскиди з високою вантажопідйомністю та потужними двигунами. Це зменшує кількість транспортних рейсів, зменшує загальне навантаження на транспортну мережу, а також знижує витрати на паливо та обслуговування.

Під час вибору систем самоскидів слід також враховувати співвідношення об'єму кузова самоскида до продуктивності екскаватора. Для забезпечення ритмічності кар'єрних робіт оптимальною конфігурацією вважається кузов самоскида з 3-5 ковшами. Це зменшує втрати часу під час завантаження, запобігає непотрібним простоям та високим навантаженням на машини.

Кількість ковшів екскаватора, що вміщується в кузов автосамоскида за обсягом (N_{KQ}) визначається за формулою:

$$N_{KQ} = Q_{Ka} / (Q_{Ke} \cdot K_{н.к.} \cdot K_y), \quad (2.1)$$

де Q_{Ka} - обсяг кузова автосамоскида із шапкою, м³; Q_{Ke} - обсяг ковша екскаватора, м³; $K_{н.к.}$ - коефіцієнт наповнення ковша; K_y - коефіцієнт ущільнення гірничої маси в кузові.

Кількість ковшів, що вміщуються в кузов автосамоскида за вантажопідйомністю (N_{KG}):

$$N_{KG} = (G \cdot K_{p.к.}) / (Q_{Ke} \cdot K_{p.к.} \cdot \rho_{ц}), \quad (2.2)$$

де G - номінальна вантажопідйомність автосамоскида, т; $K_{p.к.}$ - коефіцієнт розпушення гірської маси в ковші; $\rho_{ц}$ - щільність гірської маси в цілині, т/м³.

В подальшому, розрахунок кількості ковшів визначають за мінімальним значенням і округляють до цілого N_k .

Тоді коефіцієнт використання вантажопідйомності (K_G) буде рівний:

$$K_G = N_k / V_{ke} \quad (2.3)$$

За вантажопідйомністю визначається конкретний типорозмір машини. При визначенні рівноцінних автосамоскидів, певний тип самоскиду обираються за мінімумом наведених витрат або за особливостями конкретного кар'єру.

Швидкість руху автосамоскида (V_a , км/год) для кожної ділянки траси визначають за динамічною характеристикою машини визначаються за формулою:

$$V_a = (3,6 \cdot N \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_{d.m.}) / (k_{зч} \cdot P \cdot g \cdot \varphi), \quad (2.4)$$

де N - потужність первинного дизеля, кВт; η_{tr} - КПД трансмісії; $\eta_{d.m.}$ - коефіцієнт відбору потужності на допоміжні механізми автосамоскида; $k_{зч}$ - коефіцієнт зчіпної маси; P - повна маса автосамоскида, т; g - прискорення вільного падіння, м/с²; φ - коефіцієнт зчеплення коліс із дорогою в тяговому режимі.

Зони розвантаження самоскидів є більш небезпечними, особливо через вузьку ширину дороги, кам'янисту місцевість та високу робочу потужність обладнання. Тому обмеження швидкості в цих зонах зазвичай не перевищують 20 кілометрів на годину. Такий режим руху забезпечує безпечні вантажно-розвантажувальні роботи та зменшує ризик аварійних ситуацій.

На основних ділянках кар'єрних доріг швидкість знижується іншими факторами. Основна вимога полягає в тому, щоб транспортний засіб повністю зупинився в межах поля зору водія. Тобто, дозволена швидкість залежить від гальмівного шляху в екстремній ситуації та не повинна перевищувати поля зору водія. У кар'єрах лінія зору водія зазвичай

становить від 20 до 100 метрів, залежно від плану дороги, геометрії кривої та погодних умов.

Цей режим гарантує, що водії самоскидів мають достатньо часу для реакції, уникнення зіткнень або відхилення від дороги, навіть якщо раптово з'являться перешкоди.

Гальмовий шлях автосамоскида (L_m , м) визначаються за формулою:

$$L_m = (3,9 \cdot (1 + \gamma) \cdot V_a^2) / (\omega_0 \pm i + 1000 \cdot \varphi_m), \quad (2.5)$$

де γ - коефіцієнт обліку обертових мас при гальмуванні; ω_0 - основний опір руху, Н/кн; i - нахил кар'єрної дороги, %; φ_m - коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою при гальмуванні.

Технічна продуктивність автосамоскида (Q_m , т/ч) визначається за формулою:

$$Q_m = G \cdot n_p \cdot K_G, \quad (2.6)$$

де n_p - число рейсів у годину.

Число рейсів у годину залежить від тривалості рейсу (t_p , год) визначається:

$$t_p = (t_{\text{вант}} + t_{\text{пор}}) + t_{\text{нав}} + t_{\text{розв}} + t_{\text{ман}}, \quad (2.7)$$

де $t_{\text{нав}}$ - час навантажування автосамоскида екскаватором, год; $t_{\text{вант}}$ - час руху з вантажем автосамоскида по маршруту, год.; $t_{\text{розв}}$ - час розвантаження автосамоскида, год; $t_{\text{пор}}$ - час руху порожнього автосамоскида по маршруту, год. $t_{\text{ман}}$ - час, затрачуване на маневри у забої та на пункті розвантаження, год.

Час руху навантаженого й порожнього автосамоскидів ($t_{\text{вант}}$, $t_{\text{пор}}$, год), визначається:

$$t_{\text{вант}} = (L_{\text{вант}} / V_{\text{вант}}) \cdot K_{p-z}, \quad (2.8)$$

$$t_{\text{пор}} = (L_{\text{пор}} / V_{\text{пор}}) \cdot K_{p-z}, \quad (2.9)$$

де $L_{\text{вант}}$, $L_{\text{пор}}$ - довжина шляху у вантажному й порожньому напрямку, відповідно, км; $V_{\text{вант}}$, $V_{\text{пор}}$ - швидкість руху навантаженого й порожнього

автосамоскида, відповідно, км/год; K_{p-z} - коефіцієнт, що враховує розгін і гальмування автосамоскида.

Час навантажування автосамоскида ($t_{нав}$, год) розраховують за формулою:

$$t_{нав} = N_k \cdot t_{ц} / 3600, \quad (2.10)$$

де $t_{ц}$ - час циклу екскаватора (навантажувача), сек.

Тривалість розвантажувальних операцій самоскида залежить від загального часу завантаження та розвантаження. Ці процеси є основною частиною циклу процесу розвантаження породи.

Час руху – це частина транспортного шляху, що включає час, необхідний для під'їзду транспортного засобу до зони завантаження/розвантаження та правильного позиціонування машини в робочому положенні. Тривалість рухових операцій залежить від організації потоку руху та маршрутів в'їзду та виїзду екскаватора.

Маршрути самоскида в межах зони завантаження можуть використовувати різні схеми – прямі, кругові або петльові. Вибрана конкретна схема залежить від характеристик процесу, розміру робочої зони, доступності доріг та технічних умов. Оптимальна схема повинна забезпечувати безперервність роботи екскаватора, мінімізувати час простою та створювати умови безпеки руху.

Змінна експлуатаційна продуктивність автосамоскида (Q_e , т/зміну) враховує тривалість зміни (T) и коефіцієнт використання змінного часу ($K_{вч}$):

$$Q_e = Q_m \cdot T \cdot K_{вч}. \quad (2.11)$$

Кількість автосамоскидів, необхідних для обслуговування одного екскаватора (навантажувача) на зміну (N_a) визначається за формулою:

$$N_a = (Q_{зм} / Q_e) \cdot f_{н.в.}, \quad (2.12)$$

де $Q_{зм}$ - змінна експлуатаційна продуктивність екскаватора (навантажувача), т/зм; $f_{н.в.}$ - коефіцієнт нерівномірності добового вантажопотоку.

Кількість машин у процесі транспортування повинна визначатися повністю, оскільки це безпосередньо впливає на безперервність роботи вантажного обладнання. Зменшення навантаження призведе до простою вантажного обладнання через несвоєчасне прибуття транспортних засобів. Накопичення навантаження призведе до використання непотрібного обладнання, що призведе до простою смітєвозів у зонах очікування.

Повністю уникнути простою в циклі транспортування на кар'єрі неможливо, оскільки на процес транспортування впливає багато випадкових та змінних факторів. До цих факторів належать нерівномірність видобутку, зміни часу завантаження, зміни дорожніх умов, погодні впливи, потік транспорту та інші відхилення від процесу.

Крім того, в нормативних актах зазначено, що час очікування смітєвозів на зоні завантаження не повинен перевищувати половини часу завантаження. Дотримання цього стандарту забезпечує належну координацію між вантажним обладнанням та транспортними засобами, зменшує виробничі втрати та підвищує ефективність транспортування та всього процесу кар'єру.

Інвентарний парк автосамоскидів (N_i) визначається за формулою:

$$N_i = N_p / k_{m.z.}, \quad (2.13)$$

де $k_{m.z.}$ - коефіцієнт технічної готовності автосамоскидів.

Річна експлуатаційна продуктивність автосамоскидів ($Q_{річ,т/рік}$) визначається виходячи зі змінної продуктивності, за коефіцієнтом технічної готовності й режиму роботи кар'єру:

$$Q_{річ} = Q_{зм} \cdot n_{зм} \cdot D \cdot k_{m.z.}, \quad (2.14)$$

де $n_{зм}$ - число змін у добу; D - число робочих днів у році.

2.4. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на продуктивність парку кар'єрного автомобільного транспорту ГТЦ № 2

ПАТ «ПВНГЗК» є одним із найтехнологічніших гірничо-збагачувальних комбінатів у регіоні, що охоплює весь процес від видобутку залізної руди до виробництва готової продукції, такої як заповнювачі та агрегати.

Виробнича інфраструктура компанії включає низку ключових компонентів, таких як два великі кар'єри з відповідними ділянками для утилізації технічних відходів, головна промислова зона, хвостосховище, спеціалізована будівельна інфраструктура та внутрішня мережа автомобільних та залізничних доріг, що забезпечує транспортування руди та напівфабрикатів між цехами. Ця комплексна інфраструктура дозволяє компанії організувати безперервний потік виробництва та переробки та зменшити залежність від послуг стороннього обладнання.

ПАТ «ПВНГЗК» організовано з 37 структурних підрозділів, 30 з яких є виробничими. Вони є основою виробничої діяльності компанії. Першотравневий та Ганнівський кар'єри відіграють важливу роль у структурі компанії, забезпечуючи стабільне постачання руди. Важливе значення мають також два шахтні транспортні цехи, що відповідають за внутрішнє транспортування руди та родючого ґрунту. Обробка сировини здійснюється у трьох дробильних цехах, після чого руда відправляється на два рафінувальні заводи. Подальша переробка відбувається у двох дробильних цехах залізної руди, які є основною продукцією заводу. Відділ залізничного транспорту відповідає за складання та транспортування готової продукції до споживачів та пунктів відвантаження.

Окрім основних виробничих потужностей, компанія має сім допоміжних цехів, що відповідають за обслуговування обладнання, електропостачання, водопостачання, технічне обслуговування та інші сервісні роботи, необхідні для стабільної роботи цього великого гірничодобувного та переробного району.

З 2016 року Північний гірничо-збагачувальний комбінат реалізує один зі своїх найбільших інфраструктурних проєктів майже за десятиліття – запуск першої черги Першотравневського технологічного цеху з переробки гірських порід кар'єру. Проєкт передбачає будівництво конвеєрної системи гірничодобувної промисловості для забезпечення прямого та безперервного транспортування руди з кар'єру до дробильної установки. Це допомагає знизити витрати на автомобільні перевезення, підвищити безпеку експлуатації та підвищити екологічні показники. Будівництво заводу розпочалося у 2010 році, і, згідно з публічно доступною інформацією, загальний обсяг інвестицій становить приблизно 1,9 мільярда українських гривень.

У 2017 році інвестиційний холдинг «МЕТІНВЕСТ», якому належать Центральний гірничо-збагачувальний комбінат, Північний гірничо-збагачувальний комбінат та Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат, оголосив про програму модернізації гірничодобувних потужностей. Ключовим компонентом стало придбання 50 великих кар'єрних самоскидів БелАЗ до кінця 2020 року. У тому ж році Північний збагачувальний комбінат досяг значного технологічного успіху – удосконалення технології виробництва високоякісних (65%) рудних окатишів. У 2017 році виробництво цього високоякісного продукту на заводі досягло 1,5 мільйона тонн, зміцнивши свої позиції на світовому ринку. У 2018 році компанія продовжила активне інвестування у вдосконалення технологій та вдосконалення виробничих процесів. Загалом 2,5 мільярда гривень інвестицій було витрачено на придбання 11 кар'єрних самоскидів, двох

важких бульдозерів, модернізацію 4 зрошувальних систем та проведення капітального ремонту залізничного транспортного обладнання.

Забезпечення екологічної безпеки у виробничому процесі залишалося ключовим пріоритетом для компанії. Для зменшення викидів пилу завод оновив своє застаріле обладнання, ввівши в експлуатацію 10 нових агрегатів на загальну суму інвестицій 300 мільйонів гривень. Крім того, компанія інвестувала приблизно 63 мільйони гривень у модернізацію 24-го технологічного цеху збагачувальної фабрики №1. Ця модернізація передбачає заміну великої кількості технологічного обладнання, зокрема класифікаторів, сепараторів, конвеєрів та ключових компонентів млина. Модернізація підвищить надійність процесу та скоротить час технічного обслуговування.

У 2019 році завод оголосив про плани інвестувати 1,7 мільярда гривень у оновлення обладнання та транспортних засобів. Крім того, було виділено 500 мільйонів гривень на придбання 16 нових кар'єрних самоскидів для часткового оновлення парку важкої техніки.

У 2020 році планові інвестиції зросли до 3,1 мільярда гривень. Ці кошти були використані на модернізацію ключового обладнання та стратегічні будівельні проекти. Зокрема, у цеху виробництва пелет планувалося замінити три електронагрівачі в інсинераторі. Цей захід зменшить щорічні викиди пилу заводу в повітря приблизно на 500 тонн, що є значним екологічним досягненням. У рамках плану енергетичного покращення на 2020 рік завод також заощадив понад 1 мільйон доларів енергії.

У 2021 році компанія продовжила вдосконалювати зону переробки. На вдосконалення збагачувального заводу було виділено понад 6,5 мільйона доларів. Крім того, 12 мільйонів доларів було інвестовано в екологічні проекти, включаючи зменшення людського навантаження на навколишнє середовище та покращення умов безпеки виробництва.

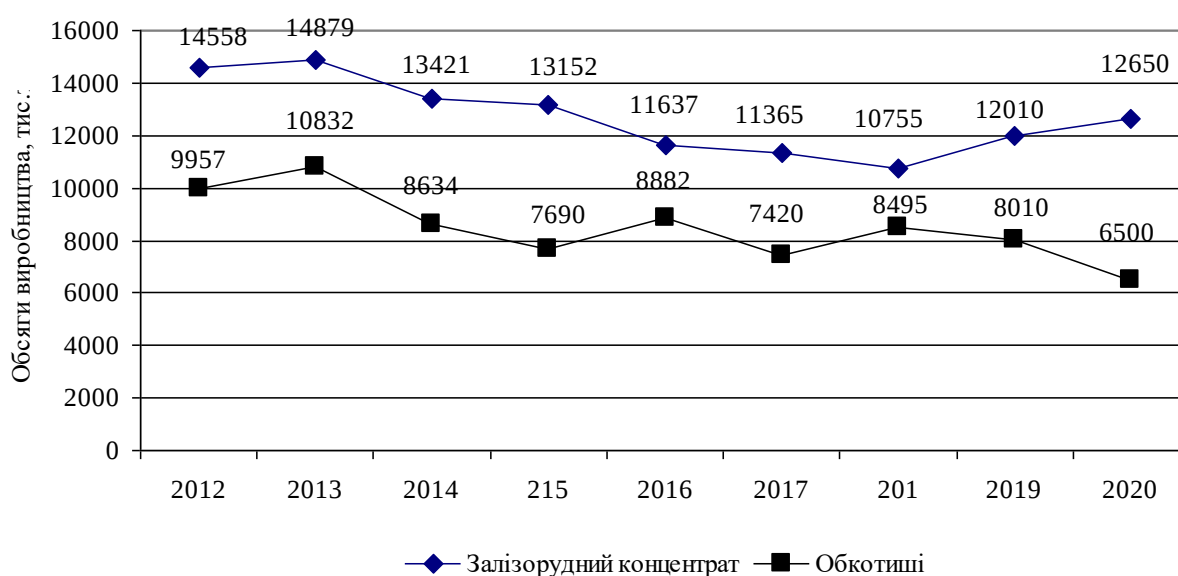
Основні результати виробництва продукції ПрАТ «ПівнГЗК», які виробляють залізорудний концентрат та обкотиші, приведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Виробдництво основних видів продукції ПрАТ «ПівнГЗК», тис.т

Показники	2012	2013	2014	215	2016	2017	201	2019	2020
Залізорудний концентрат	14558	14879	13421	13152	11637	11365	10755	12010	12650
Обкотиші	9957	10832	8634	7690	8882	7420	8495	8010	6500

Динаміка приведена на рис.2.1.



Основні фінансові результати приведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2.

Фінансові результати діяльності ПрАТ «ПівнГЗК», млн. дол. США

Показники	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Виручка	1668,2	1056,4	611,4	590,1	875,3	960	1101	893
Прибуток від реалізації	945,1	575,7	221,3	285,5	466,9	456	619	432
Чистий прибуток	555,2	129,9	-55,6	141,1	292,9	302	309	161
Рентабельність, %	56,9	54,5	36,2	48,4	53,3	47,53	56,2	48,4
Ефективність капіталовкладень, %	120,3	88,3	49,9	40,5	113	156	139	141

За отриманими результатами, ми бачимо, що найгіршим роком був 2015 рік, де чистий прибуток був від'ємним та склав -55,6 млн. дол. США.

Найкращим був 2013 рік, коли чистий прибуток склав 555,2 млн. дол. США.

Виробнича діяльність компанії базується на розробці Первомайського та Ганнівського родовищ, обидва з яких мають великі запаси руди, придатної для відкритого видобутку.

Таблиця 2.1

Основні показники роботи Ганнівського кар'єру ПрАТ «ПівнГЗК» у
2018 році

Показники	Значення
видобуток вскриші	7120,2 тис.м ³
видобуток руди	8056,3 тис.т
Залізорудний концентрат	3801,2 тис.т
Обкотиші	7418,6 тис.т
Обсяги товарної продукції	23282274 тис.грн
Собівартість продукції	11487819 тис.грн
Прибуток від реалізації	11794455 тис.грн
Чистий прибуток	7791826 тис.грн

Гірничо-транспортний цех № 2 (ГТЗ-2) є самостійним структурним підрозділом ПАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат», який виконує виробничо-господарські функції у сфері забезпечення транспортування корисних копалин та ефективної експлуатації транспортних засобів. Діяльність цеху регулюється законодавством України, комерційним статутом, колективними договорами, а також внутрішніми наказами, інструкціями та постановами керівництва заводу.

Забезпечення безперебійної роботи Ганнівського кар'єру шляхом забезпечення технологічно необхідними транспортними засобами для виконання виробничого плану з транспортування корисних копалин насипом.

Підвищення ефективності використання транспортних засобів, включаючи своєчасне технічне обслуговування, поточний ремонт та планово-профілактичні роботи.

Основні завдання ГТЦ-2 є планування транспортної діяльності, розробка річних, квартальних, місячних планів та операційного календаря

цеху, підготовка та затвердження графіків транспортування відповідно до затвердженої програми гірничих робіт.

Виконання виробничих завдань полягає у забезпеченні виконання добових, місячних та річних планів транспортування корисних копалин та здійснення контролю ритмічності роботи автопарку та підтримка оптимального використання транспортних засобів.

Експлуатація та технічне обслуговування полягає у забезпеченні належного використання та зберігання інструментів, обладнання, технологічного обладнання та транспортних засобів.

Підтримка належного стану приміщень та споруд цеху, енергоменеджменту та господарської інфраструктури.

Підвищення продуктивності праці та економічної ефективності полягає у проведенні систематичного аналізу внутрішньої економії з метою підвищення продуктивності праці, зниження транспортних витрат та покращення якості виконуваних робіт, а також у розробці та впровадженні заходів щодо оптимального використання основних та оборотних засобів цеху.

Організаційна робота у цеху полягає встановленню показників кількості та якості робіт для колон, ділень, змін, бригад та окремих працівників. Також важливим є упорядкування статистичного, оперативного та бухгалтерського обліку та забезпечення своєчасного надання достовірної інформації про показники роботи цеху.

Другий цех гірничотransпортного транспортування (ГТЦ-2) відіграє ключову роль у забезпеченні безперебійної та впорядкованої роботи кар'єру, координації транспортування гірничих матеріалів та підтримці автопарку компанії. Його основні напрямки роботи включають:

Управління щоденним виробничим процесом для забезпечення скоординованих операцій між усіма відділами.

Забезпечення безперебійного транспортування гірничих копалин з кар'єрів відповідно до встановлених планів.

Впровадження новітніх технологічних рішень та норм витрат на обладнання та персонал для підвищення ефективності виробництва.

Забезпечення відповідності експлуатації обладнання на кожному етапі виробничого процесу вимогам та нормам безпеки.

Організація необхідного промислового персоналу для забезпечення безперебійної роботи транспортних та технічних робіт.

За останні роки структура автопарку цеху значно змінилася. Збільшення кількості транспортних засобів призвело до відповідного збільшення обсягу робіт з технічного обслуговування. Основними транспортними засобами автопарку залишаються кар'єрні самоскиди (БелАЗ) білоруського виробництва, відомі своєю надійністю та високою вантажопідйомністю.

Ефективність роботи техніки значною мірою залежить від технічного стану транспортних засобів, і своєчасне технічне обслуговування, ремонт та модернізація є важливими для забезпечення цього стану. Експлуатаційна спроможність транспортних засобів залежить від:

- глибини та розташування кар'єру;
- розвитку внутрішньої та зовнішньої транспортної інфраструктури;
- відстані до місця навантаження та розвантаження;
- технічного стану транспортних засобів та їх компонентів.

Підтримка ефективної роботи автопарку вимагає не лише підвищення ефективності роботи обслуговуючого персоналу, але й сучасної матеріально-технічної бази для повноцінного технічного обслуговування кар'єрних самоскидів.

Компанії, що експлуатують самоскиди вантажопідйомністю 110-130 тонн, зазвичай мають потужні технічні бази, здатні виконувати технічне обслуговування та ремонт високого рівня. Загалом, автопарки з 30 і більше транспортними засобами (приблизно 10% усіх компаній) мають сучасне обладнання для технічного обслуговування. Однак збільшення виробництва вимагає додаткового обладнання для технічного

обслуговування для забезпечення безперервної роботи з технічного обслуговування.

З точки зору експлуатаційної ефективності та транспортних витрат, гірничодобувна техніка БелАЗ залишається найкращим вибором завдяки високій економічній ефективності та вигідним витратам на обслуговування.

Таблиця 2.4

Парк обладнання ГТЦ№2 ПрАТ «ПівнігЗК»

Показники	Умовні познач	БелАЗ 7540А	БелАЗ 75405	БелАЗ 75473	БелАЗ 75145	БелАЗ 75121	БелАЗ 75131
Рухомий склад	од	3	1	2	3	2	26
Вантажопідйомність	т	30	30	45	120	120	130
Модель двигуна		ЯМЗ-240ПМ2	ЯМЗ-24ПМ2	Cummins КТА 19-с	КТА 38-с	8РАЧ-185	Cummins КТА 50-с
Номінальна потужність двигуна	кВт (л.с.)	298 (405)	309 (420)	448 (600)	895 (1200)	882 (1200)	1194 (1600)
Тип трансмісії		гідромеханічна			електромеханічна		
Максимальний крутний момент	Нм/об/хв.	1898	2100	2237/1550	4726	1832	6292
Питомі витрати палива при номінальній потужності двигуна	г/кВтгод	229	223	219	205	205	208
Маса самоскиду без вантажу	т	22,6	21,75	33	95	95	107
Повна маса	т	52,6	51,75	78	210	210	237,1
Шини		18.00-15	13.00-25	21.00-35	33.00-51	33.00-52	33.00-51
Радіус повороту	м	8,7	10	10,3	13	13	13
Максимальна швидкість	км/год	50	50	50	43	45	48

У кар'єрах компанії витрати на транспортування породи становлять від 50% до 70% усіх витрат на видобуток корисних копалин. Це робить транспортування ключовим фактором, що впливає на економічну ефективність компанії. Головною метою будь-якої гірничодобувної компанії є підвищення прибутковості, яка визначається співвідношенням виручки від реалізації продукції до витрат на видобуток та

транспортування породи. Тому підвищення ефективності транспортування є пріоритетним завданням у діяльності компанії.

Враховуючи, що основним видом транспорту на Ганнівському кар'єрі є автомобільний транспорт, одним із найефективніших способів підвищення ефективності виробництва є впровадження нових екскаваторів середнього та великого розміру та кар'єрних самоскидів.

Наразі компанія експлуатує два типи самоскидів:

- середні - 30–45 тонн;
- великогабаритні - 120–130 тонн.

Для більш точного аналізу ефективності транспортного процесу розглянемо дві конкретні моделі: БелАЗ 7540А (вантажопідйомність 30 тонн) та БелАЗ 75131 (вантажопідйомність 130 тонн). Порівнявши ці дві системи, ми можемо оцінити економічну доцільність використання самоскидів з різною вантажопідйомністю та визначити оптимальні умови експлуатації на Ганнівському кар'єрі.



а) БелАЗ – 7540А

б) БелАЗ – 75131

Рис.2.3. Самоскиди БелАЗ різної вантажопідйомності

На Ганнівському кар'єрі роботи самоскидів здійснюються за допомогою екскаваторної системи. Самоскиди БелАЗ 7540А буксируються екскаваторами ЕК-5І, а самоскиди БелАЗ 75131 завантажуються екскаваторами ЕК-15.

Конкретні параметри використовуваних екскаваторів наведено в Додатку А.

Оптимальне співвідношення місткості ковша екскаватора до об'єму кузова самоскида досягається, коли кожен цикл завантаження складається з 5-12 циклів копання. Зменшення кількості циклів на операцію підвищує продуктивність кар'єру, скорочує час простою та покращує використання транспортних засобів.

Продуктивність комбінованої екскаваторно-самоскидної системи (ЕКС) залежить від якості продукції, що транспортується протягом заданого періоду часу (наприклад, за хвилину, за годину, за зміну або за рік). У цьому випадку продуктивність поділяється на дві категорії:

Технічна продуктивність (Q_m) - це показник, що визначається технічними параметрами та характеристиками продукції (вага, об'ємна вага, фізичні властивості). Він відображає максимальне робоче навантаження, яке може бути досягнуте за ідеальних умов.

З іншого боку, операційна продуктивність (Q_e) враховує фактичні умови праці, включаючи стан кар'єрних доріг, схеми руху самоскидів, час простою, погодні умови та характеристики працівників. Цей показник відображає ефективність роботи з вантажопідйомності за фактичних виробничих умов.

Таким чином, підвищення продуктивності залежить не лише від технічних характеристик машини, але й від оптимізації планування робіт, скорочення часу простою та раціонального планування циклів завантаження.

Технічна й експлуатаційна продуктивність пов'язані між собою експлуатаційним коефіцієнтом використання машин (K_e)

$$K_e = \frac{Q_e}{Q_m}. \quad (2.15)$$

В свою чергу коефіцієнт експлуатації визначається добутком коефіцієнту нерівномірності завантаження машини (K_H) та коефіцієнтом готовності (K_g).

$$K_e = K_n \cdot K_z. \quad (2.16)$$

За умови безперервної роботи при нормальному завантаженні $K_e = 1$ та при неповному завантаженні та простоях $K_e < 1$.

При визначенні технічної продуктивності (Q_m) розраховують основні параметри машини, які визначаються як сумарна продуктивність всіх автосамоскидів (Q_i)

$$Q_m = \sum Q_i. \quad (2.17)$$

При цьому продуктивність одного автосамоскиду визначаються за формулою

$$Q_i = r \cdot q_i, \quad (2.18)$$

де r - кількість рейдів на одиницю часу; q_i - маса вантажу, т.

Число рейсів визначається

$$r = \frac{1}{T_p}, \quad (2.19)$$

де T_p - тривалість рейсу, од. часу.

Тривалість рейсу автосамоскиду визначається як сума часу завантаження ($t_{нав}$), часу руху з вантажем ($t_{вант}$) та порожнім по маршруту ($t_{пор}$), а також часом розвантаження автосамоскида ($t_{розв}$)

$$T_p = t_{нав} + t_{вант} + t_{пор} + t_{розв}. \quad (2.20)$$

Так як при визначенні часу рейсі, час знаходження у рейсі є основним, то час навантаження та розвантаження можна не враховувати. Якщо транспортування гірничої маси відбувається менш ніж на 2 км, ці параметри необхідно враховувати. При цьому час розвантаження ($t_{розв}$), який складається з часу підніманні та опускання кузова (біля 40 секунд) практичне не залежить від вантажопідйомності самоскиду, а залежить від кількості руху автосамоскиду (5-12). Тому оптимальним ми вважаємо середній час підйому кузова у 30 секунд, час навантаження складе 6 хвилин.

Ще одним шляхом інтенсифікації процесу транспортування на Ганнівському кар'єрі ПрАТ «ПВНГЗК», може стати використання автосамоскидів малої та великої вантажопідйомності одночасно із продуктивним екскаватором.

Нами було запропоновано порівняти два варіанти, який реалізуються на Ганнівському кар'єрі ПрАТ «ПВНГЗК».

Першим варіантом є розгляд екскаваторно-автомобільного комплексу у складі екскаватору ЕКГ-5И та автосамоскиду БелАЗ-7540А (рис.2.4) та основні параметри необхідні для розрахунків приведені у табл. 2.5.

Кар'єрний автосамоскид БелАЗ – 7540А призначений для перевезення гірничої маси у складних гірничо-технічних умовах глибоких кар'єрів, на відкритих родовищах корисних копалин по технологічним дорогах у різних кліматичних умовах експлуатації (при температурі навколишнього повітря від -50 до +50 градусів).



Двигун	ЯМЗ-24ПМ2
Потужність двигуна, кВт (л.с.)	309 (420)
Експлуатаційна маса, кг	52500
Обсяг кузова, м ³	15,1-28,1
Вантажомісткість, т	30

Рис. 3.3. Кар'єрний автосамоскид БелАЗ – 7540А (30т)

Таблиця 2.5

Вихідні дані для розрахунків

Показники	Умовні познач	Значення
Геометричний вміст кузова	м ³	19,2
Щільність гірничої маси	т/м ³	2
Відстань транспортування	м ³	1890
Швидкість руху з вантажем	км/год	12
Швидкість руху порожнім	км/год	26
Час простою під завантаженням	с	130
Час простою під розвантаженням	с	33

Для спрощення розрахунків процесу транспортування кар'єру приймаються такі початкові умови:

- швидкість повністю завантаженого самоскида становить 12 км/год (4,2 м/с).
- швидкість повністю завантаженого самоскида становить 26 км/год (7,2 м/с).
- час простою під час завантаження становить 150 секунд, що еквівалентно п'яти 30-секундним циклам буріння.
- час розвантаження становить 40 секунд, причому 20 секунд витрачається на підйом самоскида, а 20 секунд - на його опускання. Для спрощення час руху самоскида під час завантаження та розвантаження не враховується.

Для забезпечення безперервності транспортного потоку час руху між повністю завантаженими самоскидами встановлено на рівні 2,5 хвилини. Відстань між сміттєвозами в ряду становить 630 метрів.

На рисунку 2.3 схематично показано наступне:

- зона завантаження (Ek),
- зона розвантаження (Pr),
- положення сміттєвоза в колоні - 1, 2, 3, 4, 5, 6.

На цій схемі чітко показано порядок роботи сміттєвозів та контроль простору між транспортними засобами, що забезпечує безперебійну роботу екскаватора та зменшує час простою транспортного засобу.

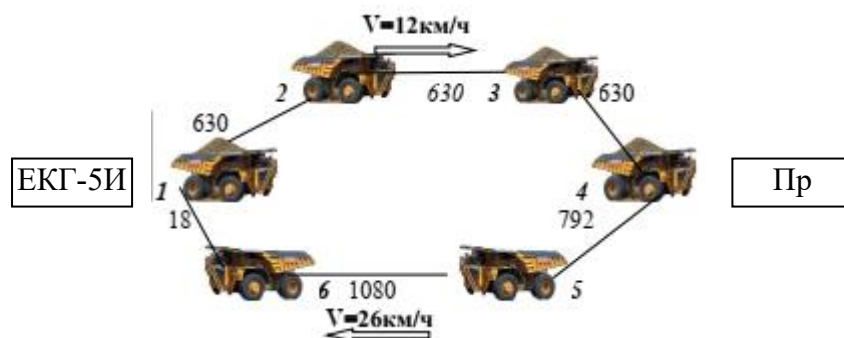


Рис.2.4. Схема роботи ЕАК в складі екскаватора ЕКГ-5И та автосамоскидів БелАЗ -7540А

На рис. 2.4 показано фази роботи екскаваторно-тракторного агрегату (ЕАК) у такі моменти часу:

Перший самоскид завантажений і готується до виїзду до зони розвантаження.

Другий і третій самоскиди прямують до зони розвантаження.

Четвертий самоскид наближається до зони розвантаження і готується до розвантаження.

П'ятий і шостий самоскиди порожні та прямують до зони завантаження. Через 30 секунд (час циклу екскаватора) шостий самоскид буде завантажено та розміщено.

Ця ефективна робота забезпечує безперебійну роботу ЕАК, зменшує час простою екскаваторів і самоскидів, а також підтримує плавний і впорядкований потік транспорту.

Відповідно до технічних характеристик екскаватора ЕКГ-5И:

Вага породи - 2 тонни/кубічний метр,

Об'єм розлому - 5 кубічних метрів,

Час циклу виїмки - 30 секунд.

$$Q_e = 5 \cdot 2 / 30 = 0,33 \text{ т/с} = 1201 \text{ т/год}$$

Для розрахунку годинної продуктивності кар'єру, використаємо формулу

$$Q'_{\text{год}} = \frac{A \cdot K_{н.р}}{n_{РАБ} \cdot n_{см} \cdot T} = \frac{6890000 \cdot 1,1}{305 \cdot 2 \cdot 8} = 1553 \text{ м / год}$$

де A - річна продуктивність кар'єру $A=6890000$ т/рік, т; $K_{н.р.}$ - 1,1-1,2- коефіцієнт нерівномірності роботи кар'єру; $n_{РАБ}$ - число робочих днів у році $n_{РАБ}=305$; $n_{см}$ - кількість змін у добу, $n_{см}=2$, T - кількість годин на зміну $T=8$ год.

Таким чином, необхідна кількість екскаваторів можна визначити

$$N_e = \frac{Q'_{\text{год}}}{Q_e} = \frac{1553}{1201} = 1,2 = 2 \text{ од}$$

За технічними характеристиками автосамоскида (табл.2.3) швидкість руху з вантажем 12 км/год (4,2 м/с), швидкість руху порожнім 26 км/год (7,2 м/с), число навантажень 5 ($5 \cdot 26 = 130$ сек=2,17хв.), а час розвантаження 33 сек.-год (0,55хв). Таким чином, час автосамоскиду у рейсі складе:

$$T_p = t_{нав} + t_{вант} + t_{пор} + t_{розв}, = 2,17 + 7,9 + 5,99 + 0,55 = 16,6 \text{ хв.} = 0,28 \text{ год.}$$

А максимальна продуктивність автосамоскида:

$$Q_a = r \cdot q_a = \frac{1}{T_p} \cdot q_a = 30/0,28 = 107 \text{ т/год}$$

З метою забезпечення продуктивність 1 екскаватору, визначимо необхідну кількість автосамоскидів:

$$n_a = 1201/107 = 12 \text{ од.}$$

Щоб забезпечити річну продуктивність кар'єру необхідно 24 автосамоскиди ($12 \cdot 2$).

Іншим варіантом є застосування в ЕАК у складі екскаватора ЕКГ-15 і автосамоскидів БелАЗ – 75131 вантажопідйомністю 130 т. (рис.2.4) за даними для розрахунків, приведена у табл.2.3.



Двигун	Cummins КТА 50-с
Потужність двигуна, кВт (л.с.)	1194 (1600)
Експлуатаційна маса, кг	107000
Обсяг кузова, м3	40-103,8
Грузоподъемность, т	130

Рис. 2.4.Кар'єрний автосамоскид БелАЗ – 75131 (130т)

Таблиця 2.3

Вихідні дані для розрахунків

Показники	Умовні познач	Значення
Геометричний вміст кузова	м ³	100
Щільність гірничої маси	т/м ³	2
Відстань транспортування	м ³	1890
Швидкість руху з вантажем	км/год	12
Швидкість руху порожнім	км/год	26
Час простою під завантаженням	с	30
Час простою під розвантаженням	с	40

На рис. 2.5. приведено схему роботи ЕАК в складі екскаватора ЕКГ-15 та автосамоскидів БелАЗ -75131.

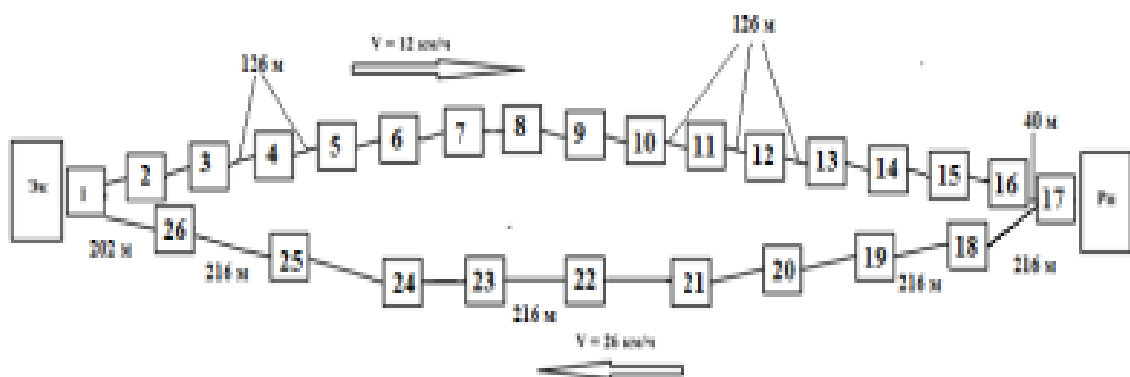


Рис.2.5. Схема роботи ЕАК в складі екскаватора ЕКГ-15 та автосамоскидів БелАЗ -75131.

За технічними характеристиками екскаватору ЕКГ-15 щільність породи складає 2 т/м³, обсяг ковша екскаватору 15 м³, а час циклу 30 сек. Таким чином, максимальна продуктивність екскаватору складе

$$Q_e = 15 \cdot 2 / 30 = 1 \text{ т/с} = 3609 \text{ т/год}$$

Таким чином, необхідна кількість екскаваторів можна визначити

$$N_e = \frac{Q_{\text{зод}}}{Q_e} = \frac{1553}{3609} = 0,5 = 1 \text{ од}$$

За технічними характеристиками автосамоскида (табл.2.3) швидкість руху з вантажем 12 км/год (4,2 м/с), швидкість руху порожнім 26 км/год (7,2 м/с), число навантажень 5 (5 · 30 = 150 сек.), а час розвантаження 40 сек.-час. Таким чином, час автосамоскиду у рейсі складе:

$$T_p = t_{нав} + t_{вант} + t_{пор} + t_{розв.} = 2,5 + 7,9 + 5,99 + 0,67 = 175,06 \text{ хв.} = 0,28 \text{ год.}$$

А максимальна продуктивність автосамоскида:

$$Q_a = r \cdot q_a = \frac{1}{T_p} \cdot q_a = 130 / 0,28 = 464,3 \text{ т/год}$$

З метою забезпечення продуктивності екскаватору, визначимо необхідну кількість автосамоскидів:

$$n_a = 3609 / 464,3 = 7,8 = 8 \text{ од.}$$

Вартість автосамоскиду БелАЗ -7540А коштує 650 тис. доларів, а автосамоскид БелАЗ-75131 коштує 1,5 млн. доларів. Виходячи із визначених цін, можна зазначити, що вартість автосамоскида БелАЗ -75131 у 2,3 рази менше вартості БелАЗ -7540А.

Таким чином, вартість 6 автосамоскидів БелАЗ -7540А складе

$$V_{\text{БелАЗ -7540А}} = 24 \cdot 0,65 = 15,6 \text{ млн.дол}$$

а вартість 26 автосамоскидів БелАЗ -7547 складе

$$V_{\text{БелАЗ -75131}} = 8 \cdot 1,5 = 12 \text{ млн.дол}$$

Таким чином, використання великовантажних автосамоскидів БелАЗ -75131 вигідніше, ніж автосамоскидів БелАЗ -7540А.

2.4. Висновки до розділу:

У цьому розділі розглядаються питання автомобільного транспорту в кар'єрах, включаючи його основні типи та технічні характеристики. Проаналізовано переваги та недоліки самоскидів порівняно з іншими видами кар'єрного транспорту (особливо залізничним).

Основна увага приділяється ситуації з організацією самоскидів у складі спільних бурових та автотранспортних операцій з урахуванням різних методів завантаження та розвантаження та обсягів руху техніки в кар'єрах. Дослідження показало, що умови та параметри кар'єрних доріг, особливо дорожнє будівництво, планове обслуговування та ремонт, є важливими факторами, що впливають на ефективну експлуатацію

самоскидів, особливо взимку, коли несприятливі погодні умови суттєво впливають на швидкість та безпеку перевезень.

На основі аналізу параметрів кар'єрних доріг визначено найкращі показники для забезпечення високої продуктивності самоскидів. Крім того, проведено дослідження провідних виробників гірничодобувної техніки, що виробляють самоскиди з корисним навантаженням від 30 до 360 тонн, та проаналізовано їх кузов, привод та експлуатаційні характеристики.

Потім розроблено методологію визначення ключових параметрів у процесі транспортування, таких як тип самоскида, швидкість, час завантаження та розвантаження, час у дорозі та розмір автопарку. Це дозволило нам налагодити систему оцінки ефективності використання середніх (30 тонн) та великих (130 тонн) самоскидів.

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КАР'ЄРНИХ САМОСКІДІВ

3.1. Техніко-економічні заходи підвищення ефективності використання кар'єрних самоскидів

Хоча планування кар'єрів є відносно простим, якщо не враховувати технічні та експлуатаційні характеристики транспортних засобів та бурових конструкцій, таке спрощення призводить до зниження точності прогнозування робочих параметрів транспортної системи. Таке планування не враховує вплив наповненості парку транспортних засобів та бурових установок, які безпосередньо впливають на непродуктивний час буріння. І навпаки, врахування набору умов видобутку та процесу, а також фактичної структурної конфігурації транспортних засобів, у плануванні може покращити якість організації виробництва та значно скоротити непродуктивний час обладнання.

На продуктивність та техніко-експлуатаційні показники різних типів самоскидів суттєво впливають такі фактори, як довжина стріли, швидкість повністю завантажених та порожніх транспортних засобів, час завантаження та розвантаження, а також інші параметри, що визначають ефективність транспортування [51].

Коли самоскиди однакового розміру використовуються для обслуговування одного й того ж бурового парку, відхилення в часі прибуття транспортних засобів невелике, що зменшує час очікування завантаження. У цьому випадку робочий ритм екскаваторів та самоскидів є передбачуваним та відносно стабільним. Однак, коли використовуються самоскиди з різною вантажопідйомністю або технічними параметрами, фактичні експлуатаційні характеристики машин відрізняються від запланованих значень, що призводить до збільшення втрат часу очікування

та порушення координації в робочій зоні. Основною причиною простою самоскидів у зоні завантаження є різниця між робочим ритмом екскаватора (R) та часом підходу транспортного засобу (I). Після порушення цього балансу транспортні засоби будуть змушені залишатися в режимі очікування або цикли завантаження та простою екскаватора будуть занадто короткими. Підтримка стабільного ритму завантаження, своєчасне в'їзд транспортних засобів у зону завантаження, уникнення затримок під час заторів та забезпечення часу циклу завантаження є необхідними умовами для безперебійної та ефективної роботи кар'єрних самоскидів та майданчиків для виїмок.

Плановий інтервал руху автосамоскидів (I) визначається по формулі:

$$I = \frac{t_{об}}{A_m} = \frac{t_{нав} + t_{вант} + t_{розв} + t_{пор}}{A_m}, \quad (3.1)$$

де $t_{об}$ - час обороту автосамоскида по маршруту, хв; A_m - кількість автосамоскидів на маршруті, од.; $t_{нав}$ - час навантажування автосамоскида екскаватором, хв; $t_{вант}$ - час руху з вантажем автосамоскида по маршруту, хв.; $t_{розв}$ - час розвантаження автосамоскида, хв; $t_{пор}$ - час руху порожнього автосамоскида по маршруту, хв.

Показники часу завантаження ($t_{нав}$), час транспортування вантажу ($t_{об}$), час розвантаження ($t_{розв}$), руху порожнього самоскиду ($t_{пор}$) для кожного маршруту залежить від різних факторів, що визначають технологічні та експлуатаційні характеристики гірничодобувних машин. Оскільки ці параметри змінюються залежно від умов видобутку та процесу, конструкційних характеристик самоскида та організації процесу транспортування, використання середніх значень неминує призведе до помилок у кінцевих результатах розрахунків та неточного планування.

Тільки коли цикл руху самоскиду (I) на маршруті узгоджено з робочим ритмом екскаватора (R), екскаватор може працювати безперервно. Іншими словами, для оптимізації процесу роботи необхідно виконувати такі співвідношення:

$$R=I. \quad (3.2)$$

Це гарантує, що сміттєвоз прибуде вчасно та повністю завантаженим, а також уникає недбалості, спричиненої неправильним транспортуванням або експлуатацією.

За даною умовою, що ритм роботи R , який фактично задаються часом навантажування автосамоскидом $t_{нав}$, для різних типів автосамоскидів A_m та мають різну вантажопідйомність q_i , буде відрізнятися.

Щоб виконувалась умова (2.2), при плануванні роботи автосамоскидів необхідно випустити певну кількість машин A_m :

$$A_m = \frac{t_{об}}{I} = \frac{t_{об}}{R}. \quad (3.3)$$

За умови відхилення фактичного інтервалу руху автосамоскидів I_ϕ від планового значення ($I_{пл}$), то виникають простой самоскида та екскаватора:

- 1) якщо $I_\phi < I_{пл}$ - екскаватор перебуває чекаючи самоскида: $t_{оч}^{екс} > 0$;
- 2) при $I_\phi > I_{пл}$ - самоскид перебуває чекаючи під навантаженням $t_{оч}^{cfv} > 0$.

Оптимізація роботи екскаваторно-автомобільного комплексу кар'єру (ЕАК) повинна бути спрямована на зниження сукупних непродуктивних простоїв, пов'язаних з очікуванням навантаження $T_{оч}^{АЕК}$, для всіх задіяних на кар'єрі автосамоскидів i -го типу (A_{m_i}) ($i= 1, 2 \dots n$) та кількості екскаваторів j -го типу (A_{e_j}) ($j= 1, 2 \dots m$):

$$T_{оч}^{AEK} = \sum_{i=1}^n t_{очi}^a + \sum_{j=1}^m t_{очj}^e \rightarrow \min, \quad (3.4)$$

де $\sum_{i=1}^n t_{очi}^a$ - сумарний час очікування навантаження екскаватору автосамоскидами, хв; $\sum_{j=1}^m t_{очj}^e$ - сумарний час простою екскаваторів чекаючи навантаження автосамоскидами, хв.

Під час планування роботи самоскидів найважливішим завданням є мінімізація експлуатаційних втрат, спричинених часом очікування самоскидів. Безперервні цикли роботи самоскидів є ключовими для забезпечення високої ефективності гірничодобувних робіт, що зрештою визначає обсяг видобутих, перероблених та реалізованих мінеральних ресурсів, що впливає на кінцевий прибуток гірничодобувних та збагачувальних компаній.

При використанні груп самоскидів, що складаються з транспортних засобів одного типу та вантажопідйомності, час завантаження ($t_{нав}$) для всіх транспортних засобів є стабільним та послідовним. Цей метод синхронізує процес завантаження з робочим ритмом самоскида та забезпечує послідовні інтервали роботи самоскида. У цьому випадку вантажні операції відбуваються у заданому темпі, що дозволяє уникнути значних простоїв транспортних засобів та самоскидів.

$$t_{нав} = R = I. \quad (3.5)$$

При різнотипній структурі парку автосамоскидів (Am_i), які мають різну вантажопідйомність (q_i) та різний час завантаження ($t_{нав}$). З метою забезпечення ефективної роботи екскаваторів, ритм роботи j -го екскаватора повинен визначатися за найменшим значенням часу навантажування ($t_{nij}^{\min}$), з можливих значень для всіх експлуатованих з даним екскаватором автосамоскидом типу:

$$R_{\min j} = t_{nij}^{\min} = \min \{t_{nij}\}. \quad (3.6)$$

Щоб забезпечити ритм роботи j -го екскаватора (3.6), необхідно запланувати найменший інтервал руху:

$$R_{n,nj} = I_{nj} = R_{\min j} = I_{\min j} = t_{nj}^{\min}, \quad (3.7)$$

згідно (3.3), на маршрут до j - в екскаватору повинно бути випущено найбільша кількість машин:

$$A_{mi}(R_{\min}) = \frac{t_{об}}{I_{\min j}} = \frac{t_{об}}{R_{\min j}}. \quad (3.8)$$

За різноманітної структури парку автосамоскидів (A_{mi}) для кожного i -го типу машин, час обороту ($t_{обi}$) буде відрізнятися. З метою визначення планової кількості машин, повинна виконуватись умови (3.6) та (3.8). При розрахунках $A_{mj}(R_{\min})$ слід використовувати максимальне значення часу обороту ($t_{обij}^{\max}$) автосамоскидів на j -м маршруті:

$$t_{обij}^{\max} = \arg \max \{t_{обij}\} \quad (3.9)$$

а вираження (3.8) повинна бути виглядати наступним чином:

$$A_{mi}(R_{\min}) = \frac{t_{обij}^{\max}}{R_{\min j}} = \frac{t_{обij}^{\max}}{t_{навij}^{\min}}. \quad (3.10)$$

Співвідношення структури парку характеризується показником η_m , який визначає частку великовантажних самоскидів $A_{mi}^{\max}$ у загальній кількості машин:

$$\eta_m = \frac{A_{mi}^{\max}}{\sum_{i=1}^n A_{mi}}. \quad (3.11)$$

При плануванні роботи на маршруті самоскидів різних типів у кількості $A_{mj}(R_{\min})$, які мають різний час обороту ($t_{обi}$), призводить до утворення простоїв автосамоскидів та простоїв екскаваторів, які чекають часу навантаження.

Так як час навантажування великовантажного самоскида ($t_{нави}^{\max}$) буде більше розрахункового ритму роботи екскаватора часу навантажування

($t_{наві}^{max} > t_{наві}^{man}$), наступний за ним автосамоскид, який під'їздить через плановий інтервал часу ($I_{пл}$), буде час очікування ($t_{очі}^a$), яке розраховується:

$$t_{очі}^a = |t_{наві}^{max} - I_{пл}| = |t_{наві}^{max} - t_{наві}^{min}|. \quad (3.12)$$

Таким чином, загальний час простою самоскидів за зміну складе:

$$T_{оч}^a = \sum_{i=1}^n A_{mi} \cdot t_{очі}^a \cdot n_{ei}, \quad (3.13)$$

де n_{ei} - число їздок i -го типу автосамоскидів за зміну, од.

Щоб визначити зв'язок між ефективністю парку самоскидів та структурою часу очікування завантаження, необхідно визначити механізми витрат часу, спричинені комбінаціями рухомих транспортних засобів різних стандартних розмірів. Це допомагає оцінити, як варіації вантажопідйомності транспортних засобів або структури комбінації впливають на загальний непродуктивний час простою, а отже, і на продуктивність парку кар'єрної техніки.

Враховуючи фактичні технічні та експлуатаційні характеристики різних типів транспортних засобів, можна розробити оптимальну схему розподілу транспортних засобів між вантажними одиницями. У цій системі призначення автосамоскидів з різною вантажопідйомністю до певного парку кар'єрних робіт означає раціональне комбінування транспортних засобів з подібним часом завантаження, швидкістю руху та робочими циклами. Це допомагає зменшити відхилення у прибутті транспортних засобів до зон завантаження, тим самим зменшуючи непродуктивний час простою.

Таким чином, оптимальна модель взаємодії між екскаваторами та різними типами автосамоскидів включає розподіл машин, які забезпечують ритмічну роботу комплексу, мінімізує відмінності в циклах руху самоскидів та досягає максимальної координації між ритмом екскаватора та графіками прибуття транспортних засобів:

$$S(t_{oc}^a) = \{A_m, \eta_m\} \rightarrow Opt, \quad (3.14)$$

де $S(t_{oc}^a)$ - оптимальний вектор закріплених параметрів автосамоскиду за екскаватором при мінімальних втратах t_{oc}^a .

Тим часом, на практиці, оптимальна кількість різних типів самоскидів обмежена виробничими, фінансовими або технічними факторами. Тому модель (3.14) не завжди може бути безпосередньо реалізована в її базовій теоретичній формі. Вона повинна враховувати потенційні обмеження існуючої структури запасів підприємства.

У цьому випадку модель перетворюється на задачу обмеженої оптимізації: раціональний розподіл самоскидів між екскаваторами, враховуючи доступну кількість кожного типу. Нова схема розподілу спрямована на скорочення часу очікування на завантаження (t_{oc}^a), тим самим покращуючи стабільність спільної роботи екскаватора та самоскида та зменшуючи непродуктивний час роботи екскаваторів.

3.2. Обґрунтування впровадження інноваційних технологій в умовах ГТЦ -2 ПрАТ «ПВНГЗК»

Самоскиди, що працюють у кар'єрах, несуть величезні динамічні навантаження. Протягом усієї експлуатації багатоциклові навантаження можуть призвести до втоми металевої конструкції, що призводить до залишкової деформації та навіть пошкодження компонентів. Ці сили в першу чергу діють на раму самоскида - тому вивчення її напруженого стану стиску є ключовим завданням при аналізі довговічності транспортного засобу.

Для оцінки впливу умов експлуатації на основну конструкцію необхідно виконати такі умови:

- отримати повну та достовірну інформацію про характеристики навантаження рами в умовах експлуатації самоскида у фактичних умовах експлуатації кар'єру;
- мати кваліфікованих фахівців, здатних виконувати відповідні розрахунки з використанням сучасних методів чисельного моделювання;
- моделювати стан рами при завантаженні екскаватором та в русі по нерівних кар'єрних дорогах.

Під час руху самоскида по нерівних дорогах навантаження на раму є випадковим та змінним, тому для його вивчення необхідні методи статистичного аналізу, щоб точно розрахувати міцність конструкції [65].

Рама самоскида - це просторова конструкція, що складається з двох поздовжніх балок, з'єднаних поперечними балками.

Перша поперечна балка, виготовлена з труби діаметром 245×45 мм, служить кронштейном для кріплення центральної тяги переднього моста.

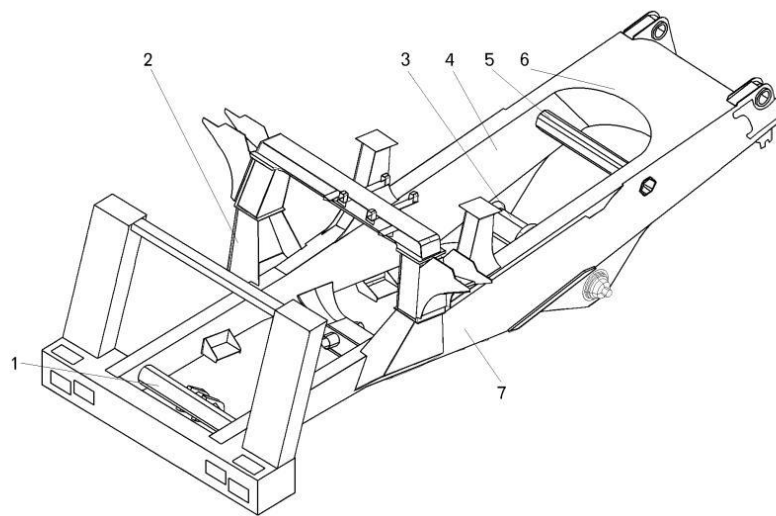
Друга поперечна балка має замкнутий коробчастий перетин і складається з нижньої поперечної балки та кронштейна рами. На цьому кронштейні встановлені кронштейн передньої підвіски та верхня поперечна балка.

Третя поперечна балка підсилює середню частину рами та з'єднується з поздовжніми балками. На цій поперечній балці встановлена центральна тяга заднього моста, а кронштейни гідроциліндра механізму нахилу встановлені на обох кінцях поперечної балки.

Бічні балки мають коробчастий перетин, їх довжина змінюється вздовж довжини рами. У задній частині вони з'єднані за допомогою поперечних балок. На цих поперечних балках встановлені кронштейн рульової тяги заднього моста, елементи задньої підвіски та опори платформи самоскида.

Третя та четверта поперечні балки утворюють спільне динамічне кільце, що значно покращує жорсткість та загальну міцність рами в умовах експлуатації.

Рама виготовлено з високоміцної низьколегованої сталі 10ХСНД з межею текучості $\sigma_T = 400$ Мпа, межею міцності $\sigma_B = 540$ Мпа, ударної в'язкості при -70°C не менше $a_n = 30$ Н.м/см². Платформа виготовлена з високоміцної та зносостійкої легованої сталі 18ХГНМФР із межею текучості $\sigma_T = 1000$ Мпа, межею міцності $\sigma_B = 1100$ Мпа та ударною в'язкістю при -40°C не менш $a_n = 30$ Н.м/см² [25].



1 - перша поперечина; 2 - друга поперечина; 3 - третя поперечина; 4, 7 - лонжерони; 5 - четверта поперечина; 6 - задня поперечина

Рис. 3.1. Рама автосамоскида Белаз 75131:

Під час технічного обслуговування самоскидів шасі регулярно перевіряється для своєчасного виявлення деформацій, тріщин та інших дефектів у зонах максимального структурного напруження. Досвід експлуатації показує, що найбільше навантаження зазнають такі зони:

- точка з'єднання між центральним кронштейном шарніра та поперечною балкою;

- точка зварювання між задньою поперечною балкою та бічною тягою;
- з'єднання між другою поперечною балкою та бічною тягою;
- точка зварювання між другою поперечною балкою та компонентами передньої підвіски.

Ці компоненти несуть найбільші навантаження під час завантаження екскаватору та під час руху самоскида по нерівних кар'єрних дорогах, що значно збільшує ймовірність появи тріщин від втоми.

Дослідження структури простоїв парку самоскидів на кар'єрі ГТЦ- 2, що належить ПрАТ «ПівніЗК» показує, що значна частина загального часу технічного обслуговування витрачається на ремонт сталевих конструкцій шасі. Це свідчить про те, що цей аспект має вирішальне значення для забезпечення надійності та безперебійної роботи транспортних засобів в умовах кар'єру.

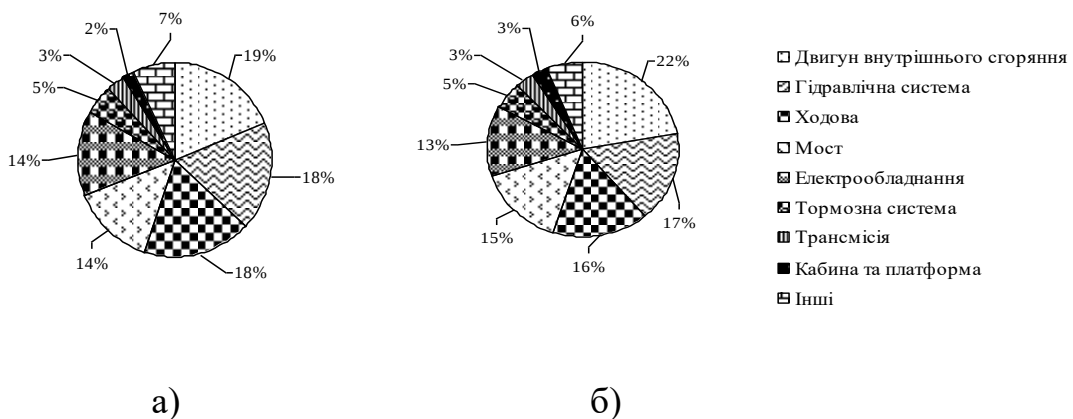


Рис.3.1. Структура простоїв парку самоскидів ГТЦ №2

На рис. 3.1. представлена структура простоїв парку автосамоскидів, що включає в себе 31 машини марки БЕЛАЗ 75145, БЕЛАЗ 75121, БЕЛАЗ-75131 та 6 машини марок БЕЛАЗ- 7540А і БЕЛАЗ-75405 та БЕЛАЗ-75473, що експлуатувалися на кар'єрі за 2018 рік. За даними на рисунку 18,6 % часу простоїв через ремонти припадає на ходову частину, а приблизно 25% часу припадає на ремонт металоконструкцій та зварювальні роботи.

Основною причиною дефектів металоконструкцій автосамоскидів БЕЛАЗ-75473 є тріщини, що утворюються в найбільш навантажених місцях (рис. 3.2) [41].

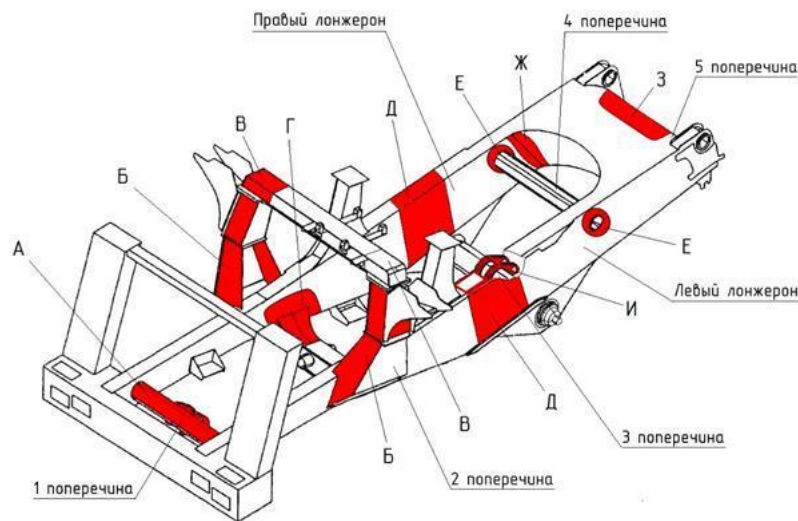


Рис. 3.2. Дефекти рами автосамоскида БЕЛАЗ 75131

Важливим аспектом підтримки належної роботи самоскида є забезпечення правильного та рівномірного розподілу гірської маси в кузові вантажівки. Порушення цього правила може призвести до деформації рами, нерівномірного напруження підвіски та швидкого розвитку пошкоджень від втоми конструкції.

Згідно з інструкцією з експлуатації транспортного засобу, процес завантаження повинен відповідати певній схемі:

- матеріал з першого ковша вивантажується в задню частину кузова вантажівки;
- матеріал з другого ковша вивантажується в передню частину кузова вантажівки;
- матеріал з третього ковша вивантажується в середину кузова вантажівки;
- матеріал з четвертого та п'ятого ковшів рівномірно розподіляється по першому та другому ковшам для забезпечення симетричного навантаження.

Цей метод формування навантаження допомагає стабілізувати центр ваги та зменшує навантаження на компоненти рами та шасі. У технічних документах також зазначено, що загальна кількість ковшів, необхідних для повного завантаження кузова вантажівки, залежить від фізико-механічних властивостей гірської маси, зокрема її щільності та природного ухилу.

В Ганнівському кар'єрі ПрАТ «ПВНГЗК» завантаження автосамоскиду здійснюється не по вантажопідйомності, а за обсягом, тому що щільність порід коливається від $1,4 \text{ т/м}^3$ до $4,3 \text{ т/м}^3$. Таким чином, маса вантажу в при повному завантаженні самоскиду (із шапкою) може перевищувати його вантажопідйомність на 20-30%.

Під час завантаження та транспортування гірських порід шасі самоскида піддається значним динамічним та ударним навантаженням. Динамічний вплив найбільш сильний, коли каміння падає з ковша екскаватора та під час руху по нерівних кар'єрних дорогах. Сукупний вплив цих факторів призводить до поступового накопичення втомних пошкоджень, що призводить до деформації та розтріскування в ділянках сталевій конструкції, де напруження найбільше [15].

Для зменшення ризику дефектів шасі та підвищення міцності несучих компонентів рекомендується інтегрувати висувні опорні пристрої в конструкцію кузова самоскида. Використання таких опорних пристроїв може значно зменшити вплив динамічних навантажень на шасі під час завантаження, що позитивно впливає на технічний стан машини та загальну продуктивність бурової установки.

Рекомендованим опорним пристроєм є гідравлічно висувний домкрат, жорстко закріплений на кузові самоскида. Коли транспортний засіб наближається до зони завантаження та починається процес виїмки, домкрат висувається вниз і підтримує ґрунт. Це поглинає більшу частину ударного навантаження, що виникає, коли каміння падає на кузов транспортного засобу.

Після завершення завантаження гідравлічне з'єднання повертається у вихідне положення, і вага всього вантажу знову лягає на шасі та компоненти підвіски самоскида. Ця технологія забезпечує:

- значне зниження пікового навантаження на опорну конструкцію;
- зменшення ймовірності розтріскування та деформації;
- подовження терміну служби шасі;
- забезпечення стабільності умов експлуатації екскаватора, сприяючи підвищенню загальної продуктивності обладнання (Рис. 3.3 і 3.4).

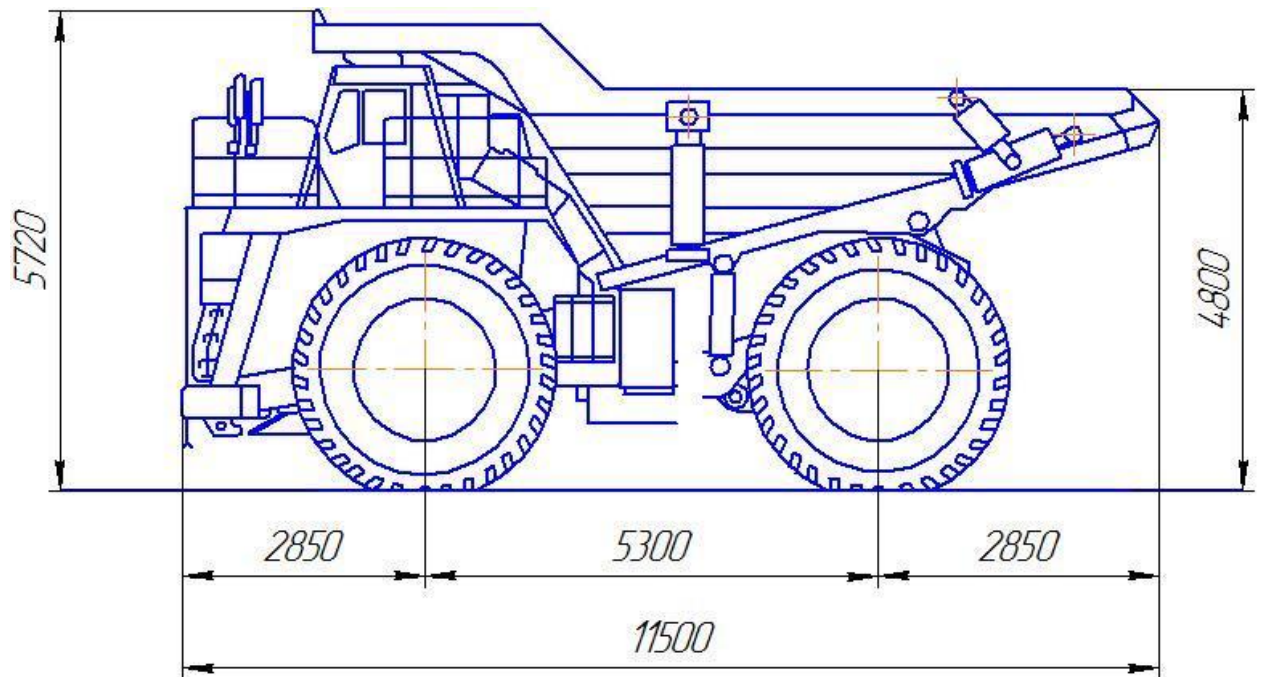


Рис. 3.3. - Загальний вид автосамоскиду для здійснення навантаження, де гідродомкрати зображені у неробочому положенні

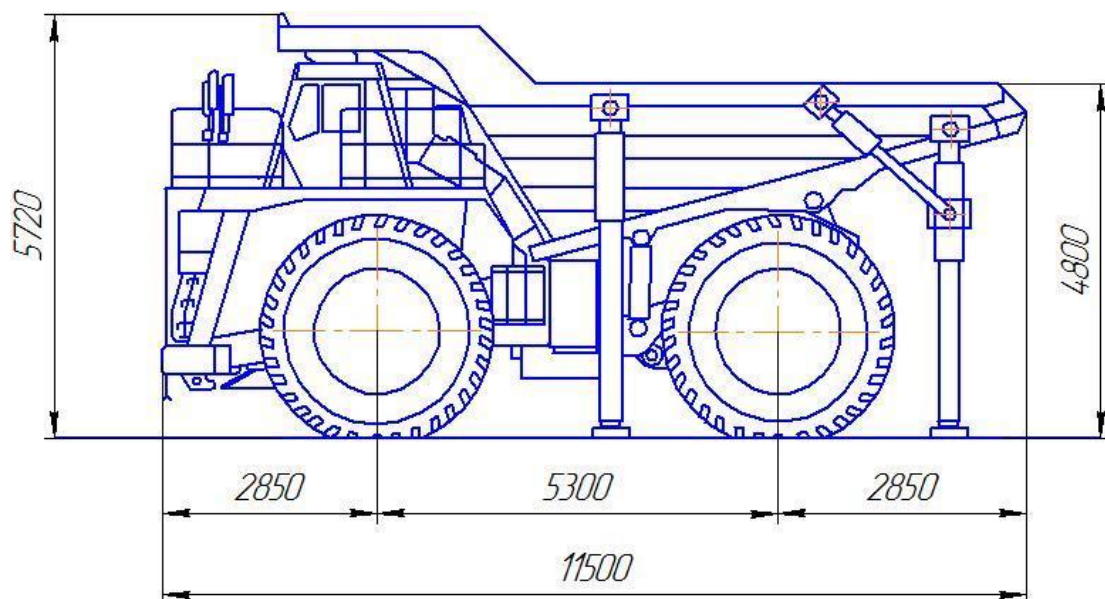


Рис 3.4. - Загальний вид автосамоскиду завантаження автосамоскидів у робочому положенні

Кузов самоскида оснащений автоматичною системою керування гідравлічним домкратом для забезпечення стабільної роботи під час завантаження. Датчики навантаження встановлені внизу кузова для контролю ваги навантаження та породи, передаючи інформацію на центральний процесор.

Ця автоматична система керування включає процесор з гідравлічним блоком керування для координації роботи телескопічних домкратів, встановлених вздовж кузова. Під час завантаження система аналізує сигнали від датчиків та за потреби регулює положення кузова у вертикальній площині, забезпечуючи оптимальний розподіл навантаження та зменшуючи удар.

Ця технологія значно зменшує динамічне навантаження на шасі та опорну конструкцію підвіски. Крім того, використання телескопічних домкратів дозволяє самоскидам малого вантажопідйомності краще працювати з екскаваторами, оснащеними великими ковшами. Це дозволяє транспортному засобу обробляти великі породи без перевантаження.

Застосування цієї системи може:

- зменшити загальний обсяг робіт, необхідний для ділянок робіт та доріг;
- зменшити витрати на будівництво та обслуговування транспортної інфраструктури;
- підвищити ефективність бурового обладнання та транспортних засобів;
- краще захистити металеву конструкцію самоскида від зносу та передчасних пошкоджень.

Тому поєднання автоматизованих гідравлічних систем з керованими домкратами є перспективним напрямком підвищення ефективності транспортування кар'єрів, оскільки це може як підвищити продуктивність, так і знизити експлуатаційні витрати.

3.3. Вдосконалення експлуатаційних властивостей кар'єрних автосамоскидів за рахунок інноваційних технологій

Для визначення напружено-деформовану оцінку конструкцій з опорами та без опор було проведено розрахунки напружено-деформаційного стану рами автосамоскида БЕЛАЗ-7547.

Нами було досліджено основні ділянки навантаження на БЕЛАЗ – 7547 (Рис.3.5

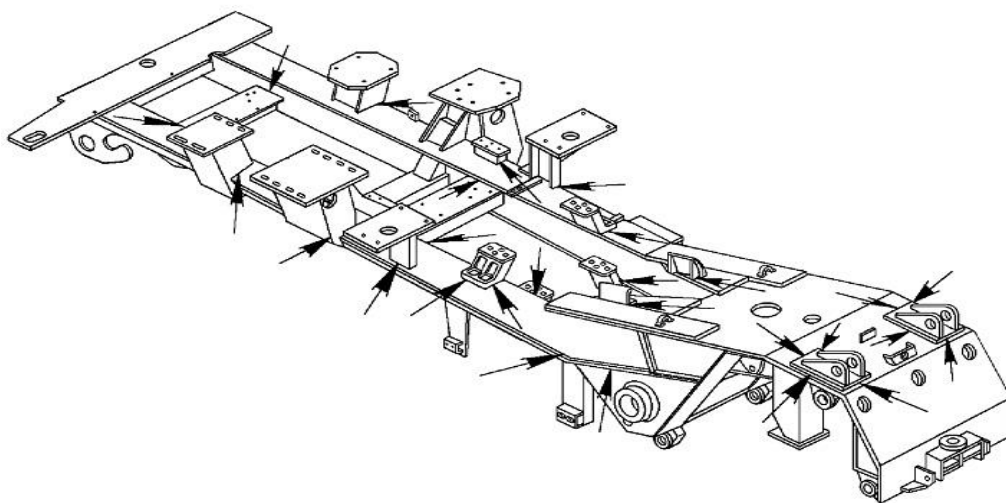


Рис.3.5. - Місце розташування найбільш навантажених ділянок рами самоскидів БЕЛАЗ-7547 (показані стрілками)

Метод скінченних елементів (МСЕ) для розрахунків міцності зараз вважається світовим стандартом у проектуванні складних механічних конструкцій. Його головна перевага полягає в універсальності - він може аналізувати прості та складні конструкції з різними механічними та фізичними властивостями за допомогою одного методу.

Метод скінченних елементів враховує такі фактори:

- геометрію конструкції, включаючи складні профілі та внутрішні деталі;
- умови експлуатації, що визначають прикладені навантаження та їх просторово-часовий розподіл;

- властивості матеріалів, такі як пружність, гнучкість, міцність на втому та поведінка матеріалу за різних умов навантаження.

Завдяки такому комплексному підходу, метод скінченних елементів може не тільки передбачати критичні точки, де в конструкції можуть виникнути напруження або деформації, але й оптимізувати форму та матеріали, тим самим підвищуючи надійність та довговічність. Цей метод широко використовується при проектуванні гірничодобувного обладнання, такого як самоскиди та екскаватори, конструкції яких піддаються великим статичним навантаженням.

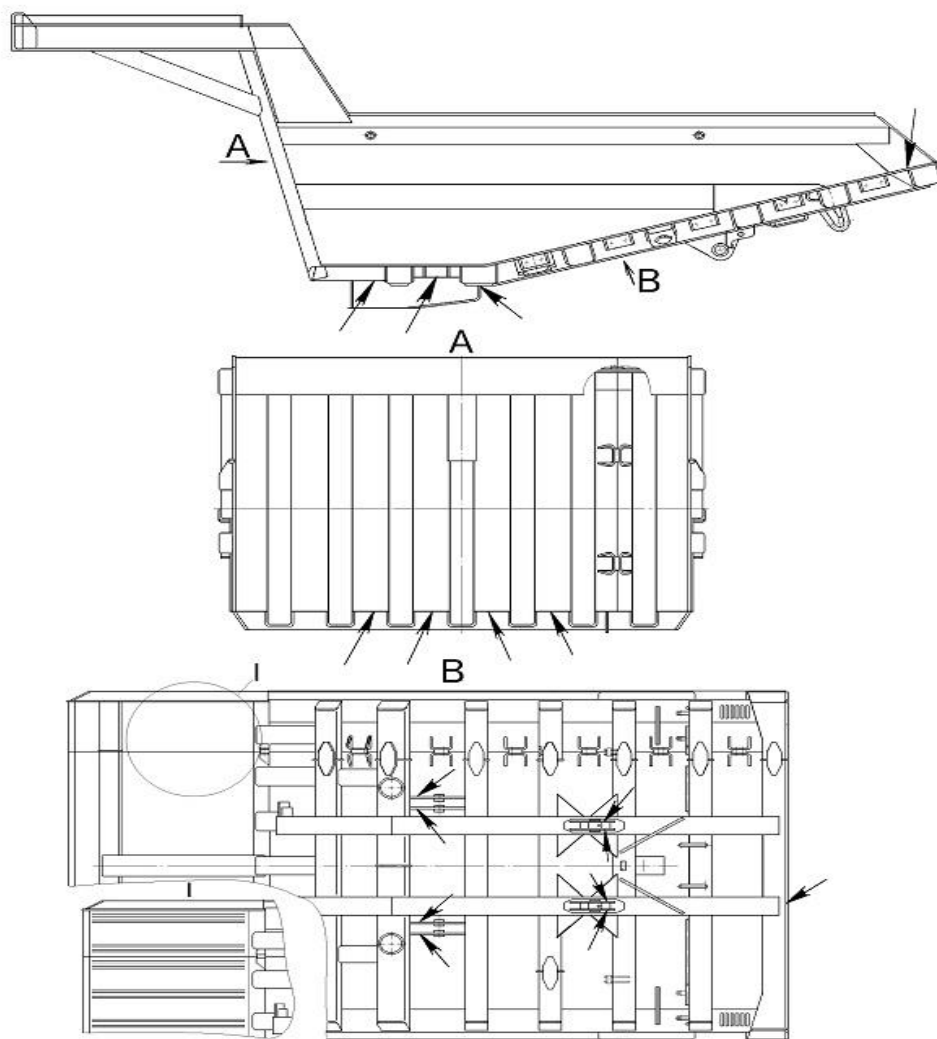


Рис.3.6. - Місце розташування найбільш навантажених ділянок платформи самоскидів (показані стрілками)

Розрахунки напружень і деформацій (НД), виконані за постійних навантажень, можуть оцінити значення напружень конструкції та

визначити критичні області максимальної деформації або потенційного руйнування.

Моделювання напружень і деформацій рами кар'єрного самоскида було виконано за допомогою програмного забезпечення Autodesk Inventor Professional 2018 [25]. Це дозволило отримати детальну інформацію про розподіл напружень по всій конструкції під навантаженням та вагою породи, що має вирішальне значення для виявлення вузлів з високим ризиком перевантаження.

На рис. 3.7 показано розподіл напружень рами самоскида під навантаженням без використання додаткових кріплень. Аналіз НД показує, що максимальне навантаження зосереджено в певних областях рами. Найбільш критичними областями, як видно з розрахункових даних, є:

- поздовжня балка між другим і третім поперечними перерізами;
- підрама та третій поперечний переріз;
- стрижні та опори, що з'єднують вузли та раму.

У табл. 3.1 наведено значення величини напружень для зазначених областей, які можна використовувати для визначення областей, що потребують пріоритетного посилення або інших заходів для підвищення міцності та надійності рами. Цей метод можна використовувати не лише для оцінки стану конструкції, але й для оптимізації умов великих статичних навантажень, подібних до тих, що виникають при використанні гірничодобувного обладнання.

На рис. 3.8 представлено розподіл напружень на рамі автосамоскида при навантаженні гірничою масою, коли кузов обладнаний висувними опорами. Аналіз НДС показав, що застосування опор значно знижує концентрацію напружень у найбільш критичних ділянках рами.

Найбільш напружені вузли в рамі автосамоскида, МПа

Елемент	Один ковш ЕКГ-12,5	Повне завантаження
РАМА		
Поздовжні лонжерони на ділянці від 1- й до 2- й поперечки	3,7	14
Поздовжні лонжерони на ділянці від 2- й до 3- й поперечки	5,5	22
Поздовжні лонжерон на ділянці після 3-й поперечки	3,5	14
1-я поперечка	3,5	12
2-я поперечка	3,5	12
3-я поперечка	4,5	18
Підрамник	5	20
Шарнірна опора	3,5	14

На рис. 3.8. показані напруги, що діють на раму при навантаженні гірничої маси в кузов автосамоскиду з опорами.

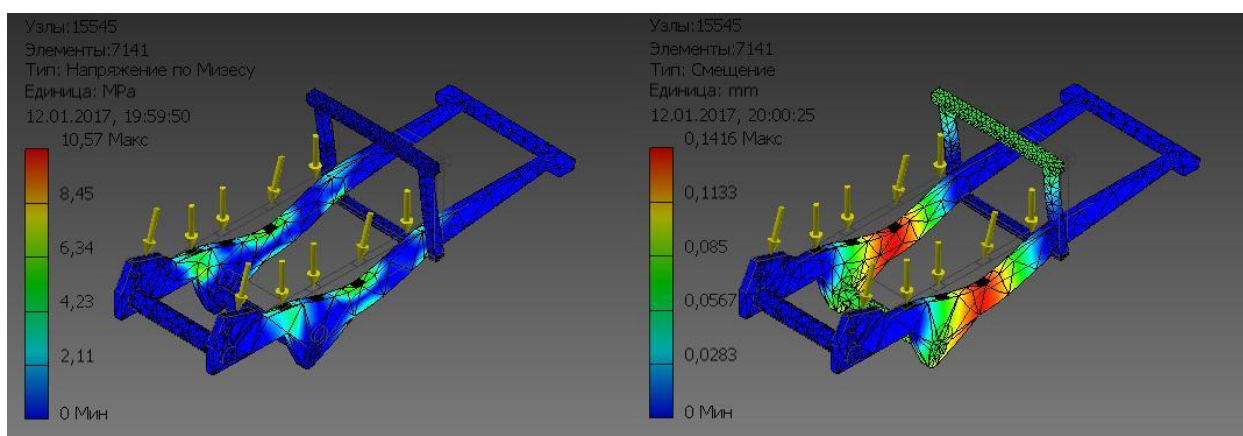


Рис.3.7 - Напруги, що діють на раму самоскида при навантаженні п'ятого ковша без опор

Розрахунки показують, що використання телескопічних з'єднувачів у кузові самоскида значно знижує напружений стан рами. Зокрема, максимальне напруження знижується до 19,39 МПа, що свідчить про менший ризик розтріскування та деформації в найбільш напружених вузлах. Одночасно зміщення конструкції зменшується до 0,025 мм, що забезпечує вищу жорсткість та стійкість рами під час завантаження гірських порід.

Ці дані підтверджують ефективність використання телескопічних гідравлічних домкратів у підвищенні надійності самоскидів та покращенні експлуатаційних характеристик кар'єрних бурових машин.

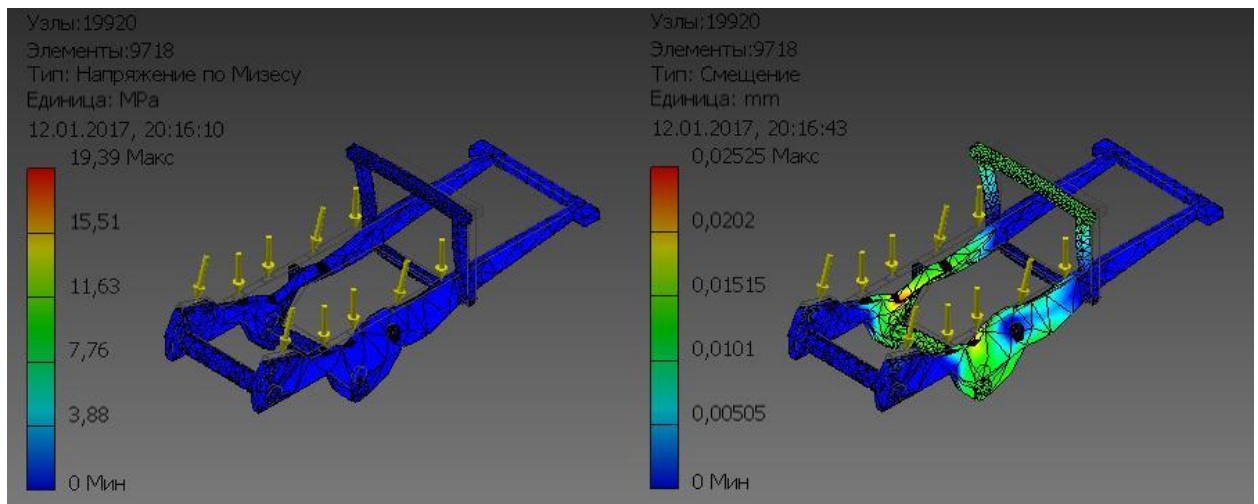


Рис.3.8 - Напруги, що діють на раму самоскида при навантаженні п'ятого ковша з опорами

Результати моделювання НДС рами з опорами й без опор наведені в табл. 3.2. За проведеними розрахунками можна зазначити, що застосування опор зменшить напруги в рамі.

Таблиця 3.2

Напруги в рамі автосамоскида в залежності від черговості завантаження автосамоскидом ЕКГ-12,5

№ ковша	Напруги, Мпа	
	Без опор	З опорами
1	3,4	3,1
2	5,1	2,8
3	11,3	5,8
4	12	6,4
5	19,4	10,6

Динамічне навантаження є однією з основних проблем у роботі кар'єрних самоскидів, особливо коли самоскиди малої вантажопідйомності використовуються разом з великими екскаваторами. Основна складність полягає в тому, що пікове динамічне навантаження на опорну конструкцію транспортного засобу під час розвантаження екскаватора значно вище, ніж навантаження, яке самоскид відчуває під час руху по кар'єрних дорогах. Для забезпечення міцності та надійності конструкції зазвичай

використовуються більш довговічні матеріали, але це призводить до збільшення ваги транспортного засобу, збільшення витрат металу та збільшення загальних експлуатаційних витрат.

Для зменшення динамічного навантаження на опорні компоненти самоскида рекомендується розділити завантаження транспортного засобу на кілька рівних частин — зазвичай від 4 до 10 частин, залежно від об'єму ковша екскаватора та щільності гірської маси. Підготовлені кар'єрною службою зйомки колоди для завантаження визначають конкретну точку розвантаження для кожного ковша, що дозволить уникнути висипання породи на дорогу та забезпечити належний розподіл навантаження. Оператори екскаваторів повинні суворо дотримуватися інструкції з завантаження, щоб забезпечити посадку кожного ківша у визначене положення на транспортному засобі.

Завантаження відповідно до інструкції з завантаження збільшує час завантаження самоскида та знижує його продуктивність. Наприклад, на Ганнівесьькому кар'єрі, із середньою частотою копання 30 секунд, 130-тонному самоскиду потрібно щонайменше 300 секунд (5 хвилин) для завантаження каменю. Якщо відстань транспортування менше 3 кілометрів, час завантаження може становити 30% від загального часу подорожі. Скорочення часу завантаження без шкоди для безпеки та правильного розподілу навантаження допомагає підвищити продуктивність екскаваторно-самоскидної комбінації.

Одним із найкращих способів зменшення змінних навантажень є використання гідравлічних телескопічних домкратів. Під час завантаження ковша домкрати відчують удар падаючих порід і передають їх безпосередньо на землю. Після завантаження домкрати опускаються, і вантаж плавно переноситься на опорну конструкцію самоскида. Ця система дозволяє малотоннажним самоскидам працювати разом з потужними екскаваторами, підвищуючи надійність і довговічність транспортного

обладнання та зменшуючи капітальні витрати на будівництво транспортної інфраструктури кар'єру.

Економічні переваги впровадження цього методу відображаються у скороченні простоїв самоскидів під час транспортування породи. На основі існуючих досліджень визначено оптимальний обсяг транспортування для досягнення найнижчих витрат на перевезення вантажів.

Для оцінки ефективності методу визначення оптимальної кількості самоскидів було порівняно витрати до та після використання цього методу. Економічний ефект (E) від впровадження цього результату дослідження розраховано за такою формулою:

$$E = E_v - K_v, \quad (3.15)$$

де E_v – економія експлуатаційних витрат, тис.грн; K_v – капітальні витрати у запропоновані заходи, тис.грн.

Для розрахунку ефективності нами було визначено, що загальна величина експлуатаційних витрат Ганнівського кар'єру ПрАТ «ПівнігЗК» складала у 2018 році 123348,9 тис.грн.

Згідно з результатами дослідження (Рис. 3.1), витрати на обслуговування мостів для сміттєвозів різної вантажопідйомності становлять приблизно від 15% до 20% від загальних експлуатаційних витрат. Тому для розрахунку економії експлуатаційних витрат від оптимізації роботи парку сміттєвозів можна використовувати таку формулу:

$$E_v = B_e \cdot 0,17 = 123348,9 \cdot 0,17 = 20969,3 \text{ тис.грн.}$$

де B_e - експлуатаційні витрати кар'єру, тис.грн; 0,17 (17%) – усереднене значення витрат на ремонт мостів автосамоскидів різної вантажопідйомності.

Цю формулу можна використовувати для оцінки потенційної економії, досягнутої завдяки покращенню технічного обслуговування та

впровадженню методів зменшення навантаження на ключові компоненти смітєвозів, зокрема мости та рами. Використання цього методу може скоротити час простою обладнання, підвищити надійність транспортних засобів та підвищити експлуатаційну ефективність двигунів та екскаваторів.

При цьому нами було визначено, що приблизна ринкова ціна гідравлічних домкратів, що використовується на кар'єрну техніку за одиницю складає приблизно 75 тис.грн, а пара домкратів, необхідна на один самоскид буде дорівнювати 150 тис.грн.

Так як за даними Ганнівського кар'єру, чисельність автосамоскидів різної вантажопідйомності складає 37 од, то капітальні витрати на впровадження даних заходів складуть:

$$K_v = 150 \cdot 37 = 5550 \text{ тис.грн.}$$

Таким чином, економічний ефект від запропонованих заходів складе

$$E = 20969,3 - 5550 = 15419,3 \text{ тис.грн}$$

Таким чином, нами було розраховано, що при впровадженні запропонованих заходів, економічний ефект складе 15419,3 тис.грн.

3.4. Висновки до розділу

У цьому дослідженні розглядаються організаційні та технічні заходи, спрямовані на підвищення ефективності роботи самоскидів у кар'єрах. Ми проаналізували вплив параметрів видобутку та технічних умов кар'єру на гірничі роботи, таких як відстань транспортування породи, швидкість повністю завантаженого самоскида та час завантаження та розвантаження, необхідний для одного самоскида.

Дослідження показало, що однією з суттєвих причин втрати часу є час простою самоскидів під час очікування завантаження. Основною причиною цього простою є невідповідність між робочим ритмом екскаватора та циклом руху самоскида. Це змушує або екскаватор, або

самоскид залишатися в режимі простою. Щоб забезпечити безперервну роботу екскаватора, цикл руху самоскида по маршруту повинен відповідати його робочому ритму.

На наступному етапі дослідження ми розглянули ще одну причину зниження продуктивності — пошкодження металевої конструкції самоскида. Основне навантаження припадає на раму самоскида, а роботи з технічного обслуговування збільшують час простою. Визначено найбільш перевантажені ділянки на рамі, і ці ділянки найбільш схильні до деформації, коли екскаватор завантажує кузов самоскида.

Для зменшення динамічного навантаження на раму та підвищення продуктивності екскаваторно-транспортного комплексу рекомендується встановити телескопічні з'єднувачі на платформі самоскида. Ці з'єднувачі використовують гідравлічну телескопічну конструкцію. Під час завантаження з'єднувачі контактують з ґрунтом у зоні завантаження, приймаючи на себе частину динамічного навантаження, що створюється падінням каміння з ковша. Після завершення завантаження з'єднувачі автоматично роз'єднуються, і навантаження повністю передається на стандартну опорну конструкцію самоскида.

Комп'ютерне моделювання підтвердило, що впровадження таких з'єднувачів значно зменшує напруження та деформацію рами. Це рішення дозволяє використовувати малотоннажні самоскиди, оснащені високопродуктивними з'єднувачами, тим самим знижуючи витрати на будівництво та обслуговування транспортної інфраструктури кар'єрів.

Окрім аналізу технічної доцільності, було також проведено аналіз економічної вигоди цього заходу. Результати показують, що використання телескопічного гідравлічного допоміжного обладнання зменшує час простою самоскида, знижує витрати на технічне обслуговування та підвищує продуктивність робочої зони самоскида-екскаватора, що призводить до економічної вигоди у розмірі 15 419,3 тис.гривень.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ НА КАРЄРІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ

4.1. Основні теоретичні положення при технічному обслуговуванні та ремонті автотранспортних засобів

Технічне обслуговування та ремонт транспортного засобу слід проводити у спеціальній зоні, обладнаній усіма необхідними машинами та обладнанням (наприклад, оглядовими ямами, підйомниками, доріжками тощо), а також підйимально-транспортним обладнанням, інструментами та додатковим обладнанням. Зона робіт з технічного обслуговування та ремонту повинна знаходитися в приміщенні.

Працівники повинні бути забезпечені необхідним обладнанням та інструментами для виконання покладених на них завдань. Обладнання слід оглядати принаймні щомісяця, а несправне обладнання негайно виводити з експлуатації.

Перед відправкою транспортного засобу на технічне обслуговування його необхідно очистити від бруду, снігу та сміття. Після паркування транспортного засобу на робочій платформі на кермі слід розмістити табличку «Не запускати двигун - хтось працює».

Під час використання підйомника для підйому транспортного засобу підйомник слід надійно закріпити блоками або поперечинами, щоб запобігти випадковому спуску. У робочих зонах без системи примусового руху транспортний засіб слід загальмувати ручним гальмом, встановити на низьку передачу, а під колеса слід покласти щонайменше два упори. Запалювання та подачу палива необхідно вимкнути.

Перед виконанням будь-яких робіт, пов'язаних з обертанням колінчастого або карданного валу, переконайтеся, що запалювання та подача палива вимкнені. Після завершення роботи знову затягніть ручне гальмо та перемкніться на нижчу передачу.

Працівники, які виконують роботи з технічного обслуговування

траншей, естакад або підйомників, повинні використовувати ліжко або килимок. Працювати безпосередньо на землі без ліжка або килимка заборонено.

Під час заміни осей, зняття коліс або підйому транспортного засобу (причепа) під елементи підвіски необхідно помістити опорну раму, а під колеса – клини. Забороняється використовувати лише підйомний механізм для підтримки транспортного засобу під час роботи, а також не дозволяється використовувати ободи коліс, цеглу або інші тимчасові пристрої як заміну опорної рами. Опорна рама повинна бути міцною, стійкою та здатною надійно підтримувати транспортний засіб.

Під час зняття та встановлення будь-якого типу пружини кузов транспортного засобу необхідно спочатку зняти за допомогою підйомного механізму та помістити на опорну раму. Використання буксирувального гака для підйому транспортного засобу суворо заборонено.

За винятком ремонту електричної системи та електрообладнання або перевірки гальм, категорично заборонено працювати на транспортному засобі під час роботи двигуна. Для самоскидів з підйомними платформами роботи можна продовжувати лише після встановлення надійних металевих упорів, що запобігають випадковому опусканню.

Під час заміни підйомних механізмів або різання труб необхідно використовувати другий упор. Категорично заборонено ставити завантажений кузов транспортного засобу на упор, використовувати пошкоджені або ненадійні упори, а також використовувати тимчасові предмети як заміну упорів.

Під час ремонту транспортних засобів з довгими кузовами або кабінами працівники повинні використовувати драбини або платформи з шириною сходинки не менше 15 сантиметрів. Висувні драбини для таких робіт категорично заборонені. Висота драбини або платформи повинна дозволяти працівникам працювати приблизно на відстані 1 метра від її верхнього краю.

Перед виконанням технічного обслуговування поворотного майданчика транспортний засіб повинен бути належним чином закріплений, злита олива та охолоджувальна рідина, закрита кришка заливної горловини оливи та знятий акумулятор.

Усі роботи з демонтажу, складання та транспортування важких компонентів (двигун, трансмісія, рама, пружини тощо) повинні виконуватися за допомогою підйомного обладнання або спеціального обладнання для забезпечення безпеки. Під час транспортування компонентів необхідно використовувати спеціальні блоки та затискачі, щоб запобігти їх падінню або випадковому переміщенню. Мастильні матеріали та інші рідини необхідно наливати у спеціально відведені ємності, щоб запобігти розливанню.

Під час проведення технічного обслуговування транспортних засобів поза гаражем необхідно дотримуватися всіх вищезазначених правил, а також, по можливості, використовувати механічне обладнання.

Переміщувати транспортні засоби всередині гаража дозволяється лише персоналу з дійсним водійським посвідченням. Рух регулюється дорожніми знаками; швидкість не повинна перевищувати 10 км/год на території заводу та 5 км/год на виробничих приміщеннях.

4.2. Положення щодо охороні праці та пожежної безпеки при проведенні ремонту на самоскидів

Майстерні та робочі місця для ремонту сміттевозів БелАЗ повинні бути оснащені підйомними пристроями, лебідками та іншим спеціалізованим обладнанням для розбирання, складання та встановлення будь-яких деталей і вузлів на сміттевозі, а також їх розміщення на опорах для складання та випробування перед розбиранням.

Під час розбирання та ремонту рекомендується процес очищення:

- очищення зовнішньої частини самоскиду перед розбиранням.
- очищення зламаних або частково зламаних деталей і вузлів.
- очищення окремих частин зламаних вузлів.

Щоб запобігти потраплянню води в систему двигуна, зовнішнє очищення необхідно проводити під захистом захисного кожуха.

Розбирання вузлів і компонентів слід проводити на спеціальних опорах або легкодоступних опорах. Для відповідних компонентів необхідно використовувати знімачі, оправки, молотки та латунні молотки. Під час натискання на підшипник слід прикладати зусилля до обох кінців кільця підшипника: зусилля на зовнішнє кільце під час зняття з корпусу підшипника, а зусилля на внутрішнє кільце під час зняття з вала.

Запасні частини заводської оброблення не розбираються. Зверніть увагу, що навіть без технічного обслуговування, розбирання та складання будь-якої деталі скоротить термін її служби, порушуючи посадку та вирівнювання компонентів. Тому розбирання слід проводити лише за необхідності (наприклад, через поломку, удар або вібрацію). Для забезпечення правильного складання рекомендується маркувати запасні частини за допомогою свердла, фарби або маркування.

Під час встановлення, експлуатації та обслуговування самоскидів слід дотримуватися загальних вимог безпеки дорожнього транспорту, правил експлуатації відкритих гірничих робіт, правил безпечної експлуатації посудин під тиском та інструкції з експлуатації великогабаритних шин.

Характеристики експлуатації самоскиду:

Технічне обслуговування та ремонтні роботи повинні виконуватися техніками, які знайомі з обладнанням сміттєвоза, правилами експлуатації та заходами безпеки.

Розбирання пошкодженого сміттєвоза слід проводити спеціальним тягачем. Під час буксирування транспортного засобу з пошкодженим двигуном карданний вал слід відключити, а стоянкове гальмо відпустити.

Перед технічним обслуговуванням сміттєвоз необхідно заблокувати, щоб запобігти випадковому руху (використовувати ручне гальмо та упори для коліс). Технічне обслуговування необхідно проводити з вимкненим двигуном.

Після підняття платформи сміттєвоза її слід заблокувати за допомогою спеціального сталевго троса та двох буксирувальних гаків, а також закріпити шплінтами. Робота під піднятою платформою заборонена під час вітряної погоди або при перевантаженні транспортного засобу. Під час підняття або опускання платформи не підходьте до сміттєвоза та не виходьте з кабіни.

Для безпечного технічного обслуговування транспортний засіб обладнаний драбиною, поручнями та платформою; під час роботи без поручнів використовуйте запобіжні ремені, переносні драбини та поручні.

Під час руху по сходах та платформах тримайтеся за поручні, забезпечте триточкову опору та видаляйте бруд, сніг та лід зверху.

Під час використання гідравлічних поручнів та підйомників підкладіть жорсткі металеві поручні під підняту частину самоскида; технічне обслуговування можна розпочинати лише після надійного закріплення поручнів.

Категорично забороняється розбирати компоненти гальмівної та рульової систем керування під робочим гідравлічним тиском; тиск необхідно скидати через відповідні клапани.

Перед розбиранням гідравлічного вузла та циліндра підвіски спустіть тиск газу та рідини згідно з інструкціями, перевірте клапан надування та виконуйте всі операції подалі від порту тиску.

Нові відремонтовані циліндри підвіски можна транспортувати лише вертикально; відхилення осі не повинно перевищувати 30°.

Перед подаванням тиску перевірте роботу виконавчого механізму та переконайтеся, що позначки на циліндрі (азот з коричневими смужками)

правильні.

Циліндр стоянкового гальма можна зняти лише за допомогою спеціального інструменту, який захищає пружину.

Повітря необхідно повністю спустити перед поворотом коліс. Для двох задніх коліс перевірте обидві шини. Під час складання коліс уважно огляньте ободи та точки контакту.

Перед встановленням коліс шини необхідно накачати до 0,1 МПа, а також перевірити правильність встановлення стопорних кілець. Накачування шин до робочого тиску можна здійснювати після того, як колесо зафіксовано на ободі. Ніхто не повинен знаходитися поблизу накачаних шин.

Кришку розширювального бачка системи охолодження потрібно відкривати обережно і лише після зниження температури рідини, оскільки пара може перебувати під тиском.

Антифриз токсичний; неправильне використання може спричинити отруєння.

Під час обслуговування акумулятора пам'ятайте, що контакт електроліту зі шкірою може спричинити сильні опіки.

Перед розбиранням компонентів пневматичної системи необхідно випустити повітря з повітряного резервуара.

Пневматичні системи, з'єднання та лінії можна від'єднувати лише після зниження тиску до атмосферного. Повітря слід випустити через клапан зливу пари, а запірний клапан циліндра має бути відкритий.

Експлуатацію (включаючи перевірку та технічне обслуговування) пневматичних циліндрів, манометрів, запобіжних клапанів та з'єднань слід проводити відповідно до «Монтаж посудин під тиском та правил безпечної експлуатації» (ПБ 10-115-96).

Мастила, мастила та робочі рідини необхідно використовувати суворо відповідно до рекомендацій посібника; використання продукції інших марок заборонено.

Для запобігання пожежі під час технічного обслуговування необхідно дотримуватися наступних правил:

Регулярно забезпечувати закриття масляних та мастильних магістралей до двигуна, гідравлічної передачі, рульового управління, гальмівної системи та рульового механізму транспортного засобу; та захищати їх від механічних пошкоджень.

Легкозаймисті матеріали, включаючи масляні плями та краплі олії, необхідно регулярно видаляти з самоскида.

Не залишайте самоскид без нагляду під час роботи передпускового підігрівача двигуна.

Самоскиди повинні бути обладнані системою пожежогасіння та вогнегасником.

Під час перевірки рівня охолоджувальної рідини ніколи не підносьте відкритий вогонь близько до горловини розширювального бачка.

Під час перевірки акумуляторної батареї використання відкритого вогню заборонено.

4.3. Висновки до розділу

У цьому розділі описано основні вимоги до технічної безпеки на підприємствах з переробки корисних копалин, включаючи забезпечення інструментами та обладнанням, що є на робочому місці. У цьому розділі також розглядаються основні принципи охорони праці та пожежної безпеки при обслуговуванні сміттєвозів у кар'єрах, а також викладено вимоги до безпечної експлуатації, технічного обслуговування та демонтажу сміттєвозів, а також основні правила пожежної безпеки при проведенні технічного обслуговування.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання магістерської дипломної роботи було ґрунтовно досліджено напрями вдосконалення експлуатації кар'єрних автосамоскидів шляхом впровадження інноваційних технологій в умовах гірничотранспортних цехів гірничозбагачувальних підприємств. Особливу увагу приділено оцінці ефективності застосування автомобільного транспорту в умовах відкритих гірничих розробок та виявленню резервів підвищення його продуктивності.

Предметом дослідження виступали методи підвищення ефективності використання кар'єрних автосамоскидів шляхом оптимізації їх експлуатаційних характеристик та визначення інженерно-технічних заходів для покращення організації транспортних процесів у кар'єрі. Об'єкт дослідження — експлуатаційні властивості автосамоскидів та можливості впровадження інноваційних рішень у ГТЦ №2 ПрАТ «Північний ГЗК».

У ході дослідження встановлено, що основний обсяг перевезень на гірничодобувних підприємствах відкритого типу забезпечується саме кар'єрними автосамоскидами. Проаналізовано склад та структуру парків кар'єрного автотранспорту підприємств України та країн СНД, а також визначено, що найбільш поширеними є машини вантажопідйомністю 30–80 т. Проведено порівняння експлуатаційних характеристик автосамоскидів провідних світових виробників — БелАЗ, Komatsu, Caterpillar, Euclid (Hitachi), Unit Rig (Terex), — та досліджено переваги й недоліки окремих моделей.

Аналіз літературних джерел та наукових досліджень дозволив визначити основні напрями оцінювання ефективності роботи кар'єрних автосамоскидів, серед яких — вплив дорожніх умов, конструктивних особливостей, типів трансмісій, режимів роботи, а також закономірності зміни техніко-експлуатаційних характеристик техніки у процесі

довготривалої експлуатації. На цій основі сформовано ключові напрямки вдосконалення оцінки експлуатаційної ефективності автосамоскидів.

Встановлено сучасний стан використання кар'єрних автосамоскидів у Криворізькому басейні та особливості їх технічного обслуговування й ремонту із залученням сервісних центрів виробників техніки.

У другому розділі роботи детально охарактеризовано поняття кар'єрного автомобільного транспорту, наведено його класифікацію та технічні параметри. Визначено основні переваги та недоліки автомобільного транспорту порівняно з альтернативними способами переміщення гірничої маси. Також досліджено особливості взаємодії автосамоскидів з різними типами навантажувальної техніки, залежно від умов роботи та технологічного процесу.

Особливу увагу приділено параметрам кар'єрних доріг, які є критичними для забезпечення надійності й продуктивності автотранспорту. Наголошено, що якість дорожнього полотна, своєчасне обслуговування та ремонт дорожньої інфраструктури значною мірою визначають ефективність роботи автосамоскидів, особливо в зимовий період.

Визначено основні світові компанії-виробники кар'єрних самоскидів у діапазоні вантажопідйомності 30–360 т і проаналізовано їх конструктивні й технічні характеристики. Додатково розроблено методику визначення ключових параметрів транспортного процесу: вибору моделі автосамоскида, розрахунку швидкості руху, часу навантаження та розвантаження, визначення циклового часу та необхідної кількості машин у парку.

Порівняльна оцінка автосамоскидів БелАЗ 7540А (30 т) та БелАЗ 75131 (130 т), що експлуатуються у ГТЦ №2 ПрАТ «Північний ГЗК», показала економічну й технологічну доцільність використання машин більшої вантажопідйомності. Отримані результати підтвердили, що застосування БелАЗ 75131 забезпечує значно більшу продуктивність при менших витратах у розрахунку на одиницю перевезеної маси.

У ході дослідження встановлено основні організаційні чинники, що впливають на втрати часу та продуктивність автосамоскидів. Зокрема, визначено, що значні простої виникають через невідповідність ритму роботи екскаватора інтервалам руху автосамоскидів. Підтверджено, що оптимізація транспортно-навантажувального комплексу можлива за умови синхронізації роботи техніки та раціонального розподілу машин по маршрутах.

Окрему увагу приділено впливу динамічних навантажень на металоконструкції автосамоскидів, що спричиняє деформації рами та збільшує час простоїв через ремонт. За результатами моделювання встановлено найбільш напружені елементи рами.

Запропоновано інноваційне технічне рішення — використання висувних гідравлічних опор під час навантаження кузова екскаватором. Застосування таких опор дає змогу значно знизити динамічний вплив падаючої гірничої маси на раму автосамоскида, тим самим продовжуючи термін служби конструкції та зменшуючи витрати на ремонт. Проведені розрахунки напружено-деформованого стану підтвердили ефективність запропонованого технічного рішення.

Економічне обґрунтування запропонованих заходів показало, що впровадження висувних опор забезпечує економічний ефект у розмірі **15419,3 тис. грн**, що свідчить про високу доцільність реалізації проєкту.

У розділі з охорони праці детально розглянуто вимоги до безпечної експлуатації кар'єрної техніки, порядок виконання ремонтних робіт, заходи пожежної безпеки, а також правила організації безпечного робочого місця під час технічного обслуговування й ремонту автосамоскидів. Наведено рекомендації щодо безпечної розбирання, експлуатації та ремонту машин, що дозволяє мінімізувати виробничі ризики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України „Про автомобільний транспорт” №2344-III.
2. Закон України „Про податок з власників транспортних засобів та інших самохідних машин і механізмів” №1075-VI.
3. Закон України „Про податок на додану вартість”.
4. Закон України „Про оподаткування прибутку підприємств”.
5. Закон України „Про систему оподаткування” №1251-XII.
6. Анісімов О.П., Юфін В.К. Економіка, організація та планування автомобільного транспорту, М.: Транспорт, 1986.
7. В.Я. Савченко, В.А. Гайдукевич Транспорт і шляхи сполучення. М.: Транспорт, 2007р.
8. Б.І. Костів Експлуатація автомобільного транспорту. М.: Транспорт, 2004р.
9. Правила перевезення вантажів автомобільним транспортом в Україні. – Київ: Державтотрансдідпроект, 1998. – 129с.
10. Жарова О.М., Дмитрієв І.А. Типові задачі з економіки автомобільного транспорту. Навч. посібник для автотранс. спец. ВУЗів. – Харків, 1999. – 206с.
11. Економіка підприємства: підручник / За заг. ред. С.Ф.Покропивного. – К.: КНЕУ, 2003. – 608с.
12. Верба В. А. Проектний аналіз: підручник / В.А. Верба, О.А. Загородніх. – К.: КНЕУ, 2000. – 322 с.
13. Галушко В. Г. Ймовірно-статистичні методи на автомобільному транспорті.
14. Воркут А. И. Вантажні автомобільні перевезення. – К.: Вища школа, 1986. – 447 с.
15. Таран І.О. Транспортно-експедиційна робота. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи студентами денної та заочної форм навчання напряму підготовки 0701 Транспортні технології / І.О.

Таран, О.П. Кузнєцов, Я.В. Літвінова; М-во освіти та науки України; Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2014. – 27 с.

16. Правила перевезення вантажів автомобільним транспортом в Україні.– Київ: Державтотрансдідпроект, 1998. – 129с.