

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Гірничо-металургійний факультет

Кафедра гірничої справи

Кваліфікаційна робота

допущена до захисту

Гарант освітньої програми

«Відкрита розробка родовищ»

Ольга БОГОМАЗ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

На здобуття освітнього ступеня бакалавра

за підсумками виконання освітньо-професійної програми

«Відкрита розробка родовищ»

за спеціальністю 184 Гірництво

на тему «Підвищення ефективності експлуатації автомобільного

транспорту з дистанційним керуванням в умовах кар'єрів ПРАТ

"Північний ГЗК"»

Керівник роботи

Юліан ГРИГОР'ЄВ

Консультант від
баз практики

Микола СОКАЛЬСКИЙ

Здобувач

Андрій ГАРЮШИН

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Запоріжжя 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>гірничо-металургійний</u>
Кафедра	<u>гірничої справи</u>
Ступінь	
вищої освіти	<u>бакалавр</u>
Спеціальність	<u>184Гірництво</u>
ОПП	<u>Відкрита розробка родовищ</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

_____ Ольга БОГОМАЗ

«_» _____ 2025р

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Гарюшин Андрій Миколайович

1.Тема роботи:Підвищення ефективності експлуатації автомобільного транспорту з дистанційним керуванням в умовах кар'єрів ПРАТ "Північний ГЗК"

керівник роботи Григор'єв Юліан Ігорович

затверджені наказом Університету від

2.Термін подання роботи 20.06.2025

3.Вихідні дані до роботи Аналіз технічного стану автопарку ПРАТ «Північний ГЗК», статистика простоїв, витрат ПММ, приклади пілотних впроваджень телеметрії, технічні характеристики БелАЗ-75131 та Komatsu HD785, економічні показники ефективності, норми витрат пального.

4.Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація.Зміст.Вступ, Розділи 1.2.3,4, Висновки.Список використаних джерел.Додатки А,Б

5.Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):-

6.Консультанти по роботі,із зазначенням розділів роботи,що їх стосуються

7._____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір теми та узгодження з керівником	20.05.2025-22.05.2025	
2	Пошук і аналіз літературних джерел	23.05.2025-01.06.2025	
3	Написання 1 розділу	02.06.2025-05.06.2025	
4	Написання 2 розділу	06.06.2025-11.06.2025	
5	Написання 3 розділу	12.06.2025-15.06.2025	
6	Написання 4 розділу	15.06.2025-18.06.2025	
7	Остаточне оформлення та подання роботи	18.06.2025-20.06.2025	

Керівник роботи

Здобувач

Юліан Григор'єв

Андрій Гарюшин

АНОТАЦІЯ

Гарюшин А. М. Підвищення ефективності експлуатації автомобільного транспорту з дистанційним керуванням в умовах кар'єрів ПРАТ «Північний ГЗК». — Кваліфікаційна робота бакалавра.

У дипломній роботі розглянуто сучасні підходи до організації експлуатації кар'єрного транспорту із застосуванням систем дистанційного керування. Проведено аналіз технічного стану автопарку ПРАТ «Північний ГЗК», виявлено ключові проблеми у використанні техніки та обґрунтовано доцільність впровадження автоматизованих систем диспетчерського контролю. Розроблено техніко-економічне обґрунтування впровадження віддаленого керування на окремих одиницях транспорту. Наведено рекомендації щодо охорони праці, енергозбереження та екологічної безпеки.

Ключові слова: автотранспорт, дистанційне керування, кар'єр, ефективність, диспетчерська система, ПРАТ «Північний ГЗК».

Позначення/ Термін	Розшифрування/ Значення
ПРАТ	Приватне акціонерне товариство
ГЗК	Гірничо-збагачувальний комбінат
ТМЦ	Транспортно-матеріальні цінності
ПММ	Паливно-мастильні матеріали
TMS	Система управління транспортом
ГЛОНАСС	Глобальна навігація супутникова система
AHS	Autonomous Haulage System – автономна система перевезень

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ-ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЩОДО ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ У ГЛИБОКИХ КАР'ЄРАХ	7
1.1. Особливості експлуатації транспорту в умовах кар'єрів.....	7
1.2. Системи дистанційного керування в гірничій промисловості	8
1.3. Вітчизняний та міжнародний досвід впровадження.....	11
1.4. Висновки до розділу	13
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТУ НА ПРАТ “ПІВНІЧНИЙ ГЗК”	16
2.1. Загальна характеристика автотранспортного підрозділу.....	16
2.2. Типові проблеми експлуатації техніки.....	18
2.3. Економічні показники ефективності використання	20
Висновки до розділу 2	23
РОЗДІЛ 3. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТУ З ДИСТАНЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ	26
3.1. Вибір технології дистанційного керування.....	26
3.2. Організаційна модель впровадження дистанційного керування	29
3.3. Ефекти від впровадження системи дистанційного керування на ПРАТ «Північний ГЗК».....	32
3.4. Техніко-економічне обґрунтування впровадження дистанційного керування	35
3.5. Ризики та заходи з безпеки	39
Висновки до розділу 3	42
РОЗДІЛ 4. Охорона праці та екологія	45
4.1. Аналіз небезпек при експлуатації транспорту в кар'єрі.....	45
4.2. Переваги дистанційного керування з погляду безпеки.....	47
4.3. Заходи з охорони праці та пожежної безпеки при впровадженні систем дистанційного керування транспортом.....	50
4.4. Екологічні аспекти використання дистанційного транспорту.....	52
Висновок до розділу 4	55
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60
Додаток А	63
Додаток Б	64

ВСТУП

У сучасних умовах підвищення ефективності експлуатації автомобільного транспорту у гірничій промисловості є надзвичайно актуальним. Зокрема, на підприємствах, таких як ПРАТ «Північний ГЗК», використання дистанційного керування для кар'єрної техніки відкриває нові можливості щодо підвищення продуктивності, зниження витрат та забезпечення безпеки праці.

Метою даної дипломної роботи є розробка заходів щодо підвищення ефективності експлуатації транспорту з дистанційним керуванням в умовах кар'єрів ПРАТ «Північний ГЗК».

Основними завданнями є:

- аналіз поточного стану транспорту;
- дослідження впливу дистанційного керування;
- розробка техніко-економічних рекомендацій;
- аналіз впливу на безпеку та екологію.

Об'єктом дослідження є процеси експлуатації транспорту на ПРАТ «Північний ГЗК».

Предмет – застосування дистанційного керування у транспортному комплексі підприємства.

Робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку джерел і двох додатків.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ-ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЩОДО ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ У ГЛИБОКИХ КАР'ЄРАХ

1.1. Особливості експлуатації транспорту в умовах кар'єрів

Кар'єрний транспорт працює в умовах підвищеного навантаження, абразивного пилю, постійної вібрації та екстремальних перепадів температур [1]. Це призводить до:

- прискореного зношування вузлів трансмісії, гідросистем, коліс;
- необхідності використання спеціалізованих мастил, фільтраційних систем, армованої гуми;
- частого технічного обслуговування (ТО-1, ТО-2 кожні 250–500 мотогодин [1], [2]).

Кар'єрні автосамоскиди (наприклад, БелАЗ-75131, Caterpillar 793D, Komatsu 930E) мають:

- двигуни потужністю 1500–2500 к.с.;
- вантажопідйомність 100–360 т;
- систему охолодження, адаптовану до кар'єрного пилю [3].

Навантаження транспорту часто змінюється залежно від:

- глибини кар'єру (чим нижче — тим більший витрат пального);
- типу перевезеної маси (волога порода \neq суха);
- стану кар'єрних доріг.

Середньостатистичний ресурс великовантажного самоскида — 45 000–60 000 мотогодин або 6–7 років. За відсутності якісного сервісу, цей строк скорочується на 20–30%.

З практичного досвіду ПРАТ «Північний ГЗК»:

- близько 30% парку щоденно знаходиться у ремонті;
- до 15% часу техніка простоє через черги або поломки.

Тому планова профілактика, облік простоїв, телеметрія — ключ до збереження ресурсу машин і підвищення рентабельності.

Для підтримання високого рівня продуктивності в таких умовах необхідно дотримуватись чітких регламентів технічного обслуговування, використовувати системи оперативного моніторингу технічного стану та здійснювати постійний контроль за водіями або операторами.

1.2. Системи дистанційного керування в гірничій промисловості

У сучасній гірничій промисловості системи дистанційного керування стали не лише технологічною новинкою, а й необхідністю, зумовленою високими вимогами до безпеки, ефективності й надійності виробничих процесів. Вони дозволяють управляти транспортними засобами та механізмами на відстані без безпосередньої присутності оператора у кабіні машини. Основною перевагою впровадження таких систем є суттєве зниження ризиків для життя і здоров'я працівників, адже управління технікою відбувається з контрольного пункту, розташованого на безпечній відстані від виробничої зони.

Розвиток дистанційного керування безпосередньо пов'язаний з розвитком цифрових технологій — супутникової навігації, систем передачі даних, відеоспостереження, штучного інтелекту та аналітики великих даних. Наприклад, навігаційні системи GNSS (GPS/ГЛОНАСС) забезпечують точне позиціонування техніки у просторі, що критично важливо у великих кар'єрах з обмеженою видимістю. Передача відеосигналу з машин у реальному часі дозволяє операторам бачити навколишнє середовище, контролювати маневри техніки, а за необхідності — миттєво реагувати на загрозливі ситуації.

Системи дистанційного керування зазвичай інтегруються у більший цифровий комплекс, до якого також належать диспетчерські програми (TMS), що аналізують маршрути, розраховують навантаження, споживання пального та графіки обслуговування. Сучасні комплекси управління оснащені алгоритмами, які дозволяють техніці автоматично уникати перешкод, коригувати траєкторію руху залежно від рельєфу та дорожньої обстановки. У найновіших системах, як-от Caterpillar MineStar Command [5] або Komatsu FrontRunner, взагалі передбачено повну автономність — самоскиди функціонують без участі людини, виконуючи завдання на основі попередньо заданих сценаріїв [11].

Експлуатація таких технологій значно знижує витрати на паливо, оскільки машини рухаються за оптимальними маршрутами, дотримуються режимів навантаження та швидкості. Крім того, дистанційне керування сприяє зменшенню зносу деталей, оскільки виключається вплив людського фактора — недбалого керування, різкого гальмування або перевантаження машини. У довгостроковій перспективі це веде до зменшення кількості аварійних ремонтів та збільшує міжремонтні інтервали.

Окремої уваги заслуговує безпековий аспект. У гірничих підприємствах, де існує ризик обвалів, вибухів або отруєння газами, дистанційне керування фактично рятує життя — воно дозволяє проводити операції без присутності персоналу в небезпечних зонах. Також зменшується психологічне навантаження на водіїв, що в умовах багатозмінної роботи сприяє підвищенню загального рівня охорони праці.

Втім, впровадження дистанційного керування вимагає значних початкових інвестицій. Необхідно встановити обладнання на техніку, налаштувати мережу передачі даних, навчити персонал роботі з системами. Крім того, варто враховувати особливості гірничо-геологічного середовища, де погане радіопокриття, пил і волога можуть ускладнювати стабільну роботу техніки. Тому кожен проєкт дистанційного керування вимагає ретельного інженерного планування та техніко-економічного обґрунтування.

Незважаючи на виклики, впровадження таких систем виправдовує себе за рахунок зниження експлуатаційних витрат, підвищення продуктивності техніки та поліпшення умов праці. Багато гірничих компаній, як в Україні, так і за кордоном, вважають дистанційне керування невід'ємною частиною стратегії цифрової трансформації виробництва

Основними компонентами таких систем є:

- система позиціонування (GPS/GNSS);
- модулі телеметрії;
- програмне забезпечення для моніторингу;

- пульти управління з візуальним контролем (камери, датчики);
- засоби безпеки (аварійна зупинка, зони обмеження).

Приклади міжнародного впровадження:

- Caterpillar MineStar Command: понад 500 машин під дистанційним управлінням (США, Чилі, Австралія) [5].
- Komatsu FrontRunner: використовує алгоритми автопілота з контролем гальм, навантаження, швидкості [11].
- Hitachi Autonomous Haulage System: з 2017 працює без операторів у режимі 24/7 [14].

Проблеми впровадження в Україні:

- нестача локальних фахівців;
- дороговизна ліцензійного ПЗ;
- обмежена мережа телекомунікацій у гірських регіонах.

1.3. Вітчизняний та міжнародний досвід впровадження

У світовій практиці впровадження дистанційного та автономного керування кар'єрним транспортом стало ключовим трендом останнього десятиліття. У розвинених країнах, зокрема в Австралії, Канаді, США та Бразилії, великі гірничодобувні компанії вже експлуатують сотні одиниць техніки без безпосередньої участі людини в кабіні. Така тенденція пов'язана зі зростанням вимог до безпеки, економічної ефективності та безперервності виробничого процесу. Наприклад, компанія Rio Tinto ще у

2012 році запровадила систему автономного транспортування руди в Західній Австралії [7], яка продемонструвала суттєве зниження кількості аварійних ситуацій, зменшення витрат на паливо та підвищення стабільності логістичних операцій.

Впровадження подібних технологій дозволяє цілодобову експлуатацію техніки, виключає людський фактор і забезпечує більш точне дотримання маршрутів та навантажень. За результатами незалежних досліджень, повністю дистанційне керування транспортом дозволяє зменшити загальні експлуатаційні витрати до 15 %, а рівень інцидентів і аварій — на 70–80 % [10].

Український досвід на сьогодні обмежується переважно впровадженням елементів інтелектуальних систем управління, які, однак, ще не забезпечують повну автономність роботи техніки. Зокрема, підприємства гірничо-металургійної групи «Метінвест» [8], до складу якої входить ПРАТ «Північний ГЗК», почали реалізацію пілотних проєктів зі встановлення систем супутникового моніторингу транспорту, зчитування навантаження кузова в реальному часі та впровадження базових елементів диспетчерського контролю. У 2022 році на частині автосамоскидів комбінату були змонтовані телематичні блоки, що передають дані про витрати пального, швидкість руху, час зупинок і навантаження. Завдяки цьому вдалося зменшити кількість нераціональних поїздок, знизити витрати пального на 6–10 %, а також оптимізувати змінні графіки роботи [8].

Водночас повноцінного переходу до дистанційного або автономного управління вітчизняні підприємства ще не здійснили. Основними бар'єрами залишаються висока вартість програмного забезпечення,

відсутність серійного обладнання українського виробництва, обмежена кваліфікація персоналу та проблеми із стабільністю зв'язку у кар'єрах. Разом з тим, перші кроки, зроблені у напрямку автоматизації, засвідчили значний потенціал таких рішень. За умови адаптації світових технологій до українських реалій, модернізації інфраструктури зв'язку та підготовки операторів і технічного персоналу, впровадження дистанційного керування на кар'єрному транспорті стане не лише можливим, а й економічно доцільним.

Отже, порівняльний аналіз міжнародного та вітчизняного досвіду свідчить про обґрунтованість і перспективність переходу до дистанційного управління кар'єрною технікою. Це дозволяє підвищити продуктивність, знизити витрати на експлуатацію та забезпечити високий рівень безпеки у складних умовах гірничих робіт.

1.4. Висновки до розділу

Огляд літературних джерел, присвячених темі організації експлуатації кар'єрного транспорту та впровадження дистанційного керування, дозволив зробити низку важливих висновків, що мають як теоретичне, так і прикладне значення для подальшого дослідження.

Автомобільний транспорт у кар'єрах функціонує в екстремальних умовах, що обумовлює підвищене зношення техніки, зростання кількості аварій, перевитрату пального та необхідність постійного технічного контролю. Зношування агрегатів, вплив агресивного середовища (пил, вологість, високі температури), а також фізична втома водіїв, які працюють у напруженому ритмі, створюють потребу у впровадженні технологічних рішень, здатних оптимізувати процес перевезення. Без належного контролю за станом техніки та дотриманням регламентів

обслуговування досягти стабільної ефективності в таких умовах майже неможливо.

Вивчені технічні джерела й аналітичні матеріали свідчать, що дистанційне керування транспортними засобами у гірничій промисловості стає не просто актуальною інновацією, а необхідністю, продиктованою вимогами безпеки, економії ресурсів і раціонального управління. Сучасні автоматизовані системи керування (AHS) на базі глобальних навігаційних систем, телеметрії та алгоритмів штучного інтелекту дозволяють суттєво підвищити точність виконання виробничих завдань, зменшити кількість аварій, а також забезпечити цілодобову роботу машин без втрати якості перевезень. Практика провідних гірничодобувних компаній (зокрема, Komatsu, Caterpillar, Rio Tinto) доводить, що автономні кар'єрні перевезення не лише можливі, а й економічно доцільні.

Зібрана інформація засвідчує, що хоча Україна наразі перебуває на початковому етапі впровадження подібних рішень, за окремими підприємствами (зокрема, групи Метінвест) вже фіксуються пілотні проекти зі встановлення інтелектуальних систем диспетчеризації, відеоспостереження та телеметрії. Це є свідченням поступового руху в напрямку автоматизації виробничих процесів. Підприємства мають технічний потенціал для впровадження повноцінного дистанційного керування, але для цього необхідно подолати бар'єри технічного, кадрового та фінансового характеру.

Таким чином, аналіз літератури вказує на обґрунтовану доцільність переходу до дистанційного керування кар'єрним транспортом. Це рішення не лише відповідає вимогам часу, а й створює умови для

підвищення ефективності, зниження витрат і підвищення рівня безпеки як техніки, так і обслуговуючого персоналу.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТУ НА ПРАТ “ПІВНІЧНИЙ ГЗК”

2.1. Загальна характеристика автотранспортного підрозділу

ПРАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат» є одним із найбільших підприємств гірничодобувного комплексу України. Основна спеціалізація комбінату — видобуток і переробка залізорудної сировини. Серед ключових виробничих одиниць комбінату — відкриті кар’єри, збагачувальні фабрики, ремонтно-механічні служби та транспортні підрозділи. Однією з найважливіших структур у системі ПРАТ «Північний ГЗК» є автотранспортний підрозділ, який забезпечує повний цикл внутрішньокар’єрних перевезень, транспортування порід, руди, допоміжних матеріалів, а також виконує функції логістичного обслуговування усіх виробничих підрозділів.

На підприємстві експлуатується великий автопарк, що складається переважно з великовантажних кар’єрних самоскидів, серед яких основне місце займають машини марок БелАЗ різних модифікацій. Зокрема, найбільш часто використовуваними є БелАЗ-75131 з вантажопідйомністю до 130 тонн, а також машини типу БелАЗ-7540 та БелАЗ-75306, які забезпечують перевезення допоміжних матеріалів або працюють у зв’язці з екскаваторами та перевантажувачами. В окремих ділянках кар’єру впроваджено техніку імпортного виробництва, наприклад, самоскиди Komatsu HD785, що застосовуються в умовах інтенсивного навантаження та на далеких маршрутах [9].

Транспортне забезпечення підприємства не обмежується лише вантажними самоскидами. До складу автопарку входять також

автогрейдери, які відповідають за утримання в належному стані кар'єрних доріг, бульдозери для формування відвалів, паливозаправники, які здійснюють обслуговування техніки безпосередньо у кар'єрі, та допоміжні сервісні машини, зокрема для ремонту та технічного обслуговування. Уся ця техніка щоденно задіяна у виробничому процесі та підпорядковується центральній диспетчерській службі підприємства.

За попередніми оцінками технічного відділу підприємства (без офіційного публічного підтвердження), середня кількість техніки, що експлуатується на Північному ГЗК, становить понад 100 одиниць. При цьому частина машин регулярно виводиться з ладу або проходить профілактичне обслуговування. Це пов'язано з високими навантаженнями та важкими умовами експлуатації, які прискорюють зношення вузлів і агрегатів. У зв'язку з цим на підприємстві функціонує система планово-попереджувального обслуговування, що передбачає здійснення періодичних технічних оглядів, заміну витратних матеріалів, діагностику основних систем.

Серед ключових характеристик транспортного підрозділу слід відзначити високий рівень організаційної складності. Це зумовлено не лише масштабами підприємства, а й великою кількістю точок навантаження та розвантаження, потребою у точній координації дій між різними видами техніки, а також складністю внутрішньої логістики. Для управління рухом транспорту на підприємстві впроваджено диспетчерську систему, що здійснює контроль за маршрутом, тривалістю рейсів, часом простоїв і споживанням пального. Однак наразі ця система має обмежені функції — відсутній повноцінний контроль технічного стану

машин у реальному часі, а телеметричні дані не охоплюють усі одиниці техніки.

Наявність великого парку спеціалізованого транспорту дозволяє Північному ГЗК підтримувати стабільний ритм виробництва, забезпечуючи своєчасне перевезення гірничої маси та сировини до збагачувальних цехів. Проте, з урахуванням старіння частини техніки та збільшення обсягів виробництва, підприємство стикається з необхідністю модернізації транспортної системи. Саме тому питання оптимізації експлуатації автомобільного транспорту та впровадження сучасних методів дистанційного керування стає вкрай актуальним

2.2. Типові проблеми експлуатації техніки

Процес експлуатації автомобільного транспорту в умовах кар'єрів супроводжується значною кількістю ускладнень, зумовлених як зовнішніми чинниками (рельєф, клімат, дорожнє покриття), так і внутрішніми організаційними й технічними проблемами. Внаслідок цього забезпечення стабільної й безперебійної роботи транспортного комплексу стає серйозним викликом для технічного керівництва підприємства.

Однією з ключових проблем залишається висока частота технічних несправностей, що виникають через інтенсивне навантаження на основні вузли й агрегати машин. У кар'єрних умовах техніка постійно зазнає ударних навантажень, працює в середовищі з підвищеним вмістом пилу, нерівностями дороги та частими змінами висоти. Це призводить до прискореного зносу підвісок, гальмівних систем, трансмісій і гідравлічних приводів. Наявність великої кількості вібрацій також негативно впливає на електронні компоненти та кріплення кузовних елементів. У результаті

середній міжремонтний інтервал техніки скорочується, що знижує загальну технічну готовність автопарку.

Ще одним значним ускладненням є неефективне використання часу машин. У процесі перевезення руди або породи значна частина простоїв виникає не лише через технічні поломки, а й у зв'язку з нераціональною організацією роботи. Часто техніка простоює в очікуванні навантаження, стоїть у чергах до завантажувальних точок або повертається порожньою унаслідок неправильного планування логістики. Такий нераціональний розподіл змінного часу призводить до втрати продуктивності та підвищення експлуатаційних витрат. Загальні дані вказують, що вплив незапланованих простоїв (черги, очікування, логістичні затримки) може становити значну частину загального часу роботи техніки.

Не менш гостро стоїть питання витрат паливно-мастильних матеріалів. Через постійні перепади рельєфу, важкі умови руху, часті гальмування й розгони витрати дизельного пального значно перевищують нормативні показники. Ситуація ускладнюється ще й тим, що у відсутності повного контролю за споживанням пального можуть виникати зловживання з боку персоналу, а відсутність сучасних систем телеметрії не дозволяє точно фіксувати реальні витрати. Часто дані щодо витрати пального ведуться вручну або базуються на усереднених розрахунках, які не враховують особливості кожного маршруту чи стану техніки.

Крім того, значну проблему становить облік робочого часу водіїв та ефективність їхньої праці. При традиційній організації транспорту відсутня інтегрована система контролю, яка дозволяла б відслідковувати продуктивність конкретного оператора: кількість рейсів, простої, порожні

пробіги. У результаті керівництво не завжди має об'єктивну картину навантаження водія, що може призводити як до надмірної експлуатації персоналу, так і до недовикористання ресурсів. У свою чергу, це відображається на моральному стані працівників і впливає на показники безпеки праці.

Варто також зазначити, що на більшості машин ПРАТ «Північний ГЗК» не реалізовано повноцінний онлайн-контроль усіх технічних параметрів. Системи телеметрії або відсутні, або мають обмежений функціонал — наприклад, фіксують лише місцезнаходження техніки без аналітики швидкості, завантаження, витрат ПММ тощо. Така ситуація значно ускладнює оперативне прийняття рішень щодо маршрутизації, ремонту, черговості обслуговування. Ручний облік і запізнений аналіз стають причинами неефективного управління автопарком.

Таким чином, на поточному етапі ПРАТ «Північний ГЗК» стикається з комплексом типових проблем, пов'язаних з експлуатацією транспорту, серед яких найбільш суттєвими є технічний знос техніки, необґрунтовані простої, перевитрата пального, недостатній облік трудових ресурсів та обмеженість систем моніторингу. Всі ці фактори не лише знижують техніко-економічні показники роботи транспорту, але й створюють передумови для підвищених витрат і зниження конкурентоспроможності підприємства. У цьому контексті модернізація автопарку, автоматизація процесів обліку та впровадження дистанційного керування видаються не лише доцільними, а й стратегічно необхідними.

2.3. Економічні показники ефективності використання

Аналіз ефективності використання автомобільного транспорту на підприємствах гірничої промисловості, зокрема на ПРАТ «Північний ГЗК»,

базується на сукупності показників, що відображають технічний стан машин, рівень їх завантаження, обсяги виробітку та витрати на обслуговування. Вивчення економічних показників дає змогу не лише оцінити рівень ефективності поточної експлуатації, але й виявити ключові втрати та резерви зростання продуктивності.

Одним із основних параметрів, який характеризує ефективність транспорту, є його добова продуктивність. У практичній діяльності вона визначається шляхом множення кількості рейсів за зміну на середнє навантаження, з урахуванням коефіцієнта використання часу зміни. На Північному ГЗК цей показник коливається залежно від типу транспорту, конфігурації маршруту та рельєфу кар'єру. У середньому автосамоскиди здійснюють від п'яти до шести рейсів за зміну, при цьому коефіцієнт використання зміни становить приблизно 0,75–0,8 [31]. Це свідчить про наявність резервів у зменшенні простоїв і оптимізації логістики перевезень.

Окрему увагу слід приділити такому показнику, як витрати пального на 100 км. У кар'єрних умовах цей параметр суттєво відрізняється від аналогічного в цивільних вантажоперевезеннях, оскільки експлуатація проходить за змінного рельєфу, з численними зупинками та стартами, а також при перевантаженні кузова. На підприємстві середній показник витрат пального для самоскидів типу БелАЗ становить від 120 до 150 л/100 км [25], що вказує на значне навантаження як на двигун, так і на систему охолодження. Такі обсяги витрат пального напряму впливають на собівартість видобутої та перевезеної продукції, а тому зменшення витрат дизельного пального навіть на кілька відсотків дає суттєвий економічний ефект.

Ще одним показником, що вказує на ефективність, є кількість простоїв техніки. На практиці до 15–20% робочого часу втрачається внаслідок неоперативної організації логістичних процесів, очікування навантаження, ремонту або технічного обслуговування. Високий рівень простоїв свідчить не лише про технічні недоліки або відсутність резервних одиниць, але й про брак системного підходу до диспетчеризації транспортного парку. В умовах сучасного виробництва простій на рівні понад 10% є критичним і потребує негайного управлінського втручання. Для ПРАТ «Північний ГЗК» впровадження системи обліку та контролю простоїв на базі телеметрії вже продемонструвало позитивні результати у вигляді зменшення втрат на понад 12–15% на експериментальній ділянці.

Економічна ефективність також прямо пов'язана з рівнем аварійності. У кар'єрах, де використовується техніка значної маси і розмірів, будь-яка аварійна ситуація призводить до зупинки процесу на всьому маршруті перевезень. Згідно зі статистикою підприємства, аварійність на автотранспорті сягає до двох випадків на 10 тисяч кілометрів пробігу. Основними причинами таких інцидентів є втрата контролю через втому водія, обмежена видимість, перевантаження або недостатній технічний огляд перед початком зміни. Упровадження дистанційного моніторингу руху, обмеження швидкості на підйомах і спусках, а також автоматичної зупинки у випадку відхилень від маршруту здатне істотно знизити рівень аварій.

Загальна оцінка ефективності транспорту на підприємстві повинна здійснюватися із застосуванням коефіцієнтів технічної готовності, середнього часу міжвідмовної роботи та відношення фактичного виробітку до планового. При правильному поєднанні технічного

обслуговування, дистанційного контролю, навчання персоналу та застосування аналітичних інструментів у TMS, підприємство отримує змогу не лише покращити виробничі показники, а й істотно знизити експлуатаційні витрати

Висновки до розділу 2

На основі проведеного аналізу функціонування автотранспортного підрозділу ПРАТ «Північний ГЗК» можна зробити узагальнений висновок про наявність як технічного потенціалу, так і системних проблем в організації перевезень у межах кар'єрів підприємства. Автопарк ГЗК характеризується достатньо високою потужністю, технікою великої вантажопідйомності та сучасними моделями, такими як БелАЗ-75131, Komatsu HD785 та інші. Разом із тим, навіть за наявності достатньої кількості машин, показники їх фактичної ефективності не досягають проектних значень. Це обумовлено низкою об'єктивних і організаційних чинників.

У процесі експлуатації техніки виявляються типові проблеми, пов'язані з перенавантаженням, зношуванням елементів підвіски, відсутністю стабільного дорожнього полотна, а також високим рівнем пилу та вібрації. Все це знижує технічну готовність машин, призводить до збоїв у роботі, значних простоїв та підвищення витрат на ремонтно-обслуговуючі операції. У поєднанні з неритмічністю роботи навантажувальних і розвантажувальних ділянок, це зумовлює зниження коефіцієнтів використання змінного часу та продуктивності.

Важливо також відзначити обмеженість чинної системи обліку і диспетчеризації: переважна частина техніки або не оснащена телеметрією взагалі, або має лише базові датчики пробігу та витрат

пального. Це унеможлиблює оперативний контроль за завантаженням машин, тривалістю простоїв, рівнем ПММ у баку та іншими критично важливими показниками. Відсутність таких інструментів не дозволяє виявляти втрати та неефективне використання транспорту у реальному часі.

Щодо економічних параметрів, у роботі проаналізовано основні показники, які формують загальну ефективність автоперевезень. Зокрема, середня кількість рейсів на одну зміну виявилась нижчою від нормативної, що негативно позначається на обсягах перевезень. Спостерігається перевищення середніх витрат пального на 100 км, а також зростання аварійності — що свідчить як про фізичне зношування машин, так і про недостатню підготовку водіїв, а подекуди й про порушення технологічної дисципліни.

Незважаючи на наявні проблеми, пілотні впровадження систем телеметрії на частині техніки вже продемонстрували позитивні результати у вигляді скорочення витрат пального на 6–10% та зменшення простоїв на 12–15%. Це доводить практичну доцільність подальшого розвитку автоматизованих систем управління автотранспортом та переходу до впровадження дистанційного керування як одного з шляхів оптимізації транспортної логістики в кар'єрі.

У підсумку, транспортне забезпечення ПРАТ «Північний ГЗК» знаходиться на такому етапі розвитку, де модернізація систем управління, цифровізація процесів і впровадження дистанційного моніторингу можуть дати суттєвий економічний та організаційний ефект. Це створює сприятливі умови для подальших кроків у напрямі

автоматизації та впровадження інноваційних технологій у гірничо-транспортну інфраструктуру підприємства.

РОЗДІЛ 3. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТУ З ДИСТАНЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ

3.1. Вибір технології дистанційного керування

У сучасних умовах гірничодобувної промисловості дистанційне керування транспортом є не лише перспективною технологією, але й необхідним інструментом для зниження експлуатаційних витрат, підвищення безпеки праці та оптимізації виробничих процесів. На прикладі ПРАТ «Північний ГЗК», яке активно розвиває власну інфраструктуру цифрового управління, актуальним постає питання вибору та впровадження системи дистанційного керування кар'єрною технікою, зокрема великовантажними самоскидами.

Вибір технології повинен враховувати кілька ключових аспектів:

1. Технічна сумісність з існуючим транспортом. На підприємстві експлуатуються переважно автомобілі типу БелАЗ-75131, а також моделі серій 7540 і 75306. Ці машини, хоча й не є автономними, мають відповідні електронні інтерфейси, які дозволяють інтегрувати системи зовнішнього управління — наприклад, модулі CAN-шини для зчитування даних з блоків керування двигуном, гальмівною системою, трансмісією.

2. Наявна ІТ-інфраструктура. У рамках пілотних проєктів підприємство вже використовує телематичні модулі для GPS-моніторингу маршруту, швидкості та часу простоїв. Це дозволяє створити базу для впровадження повноцінної системи дистанційного керування типу TMS+AHS (Transport Management System + Autonomous Haulage System), адаптованої під українські умови.

3. Формат обраної технології. Існує кілька рівнів дистанційного керування:

- Пряме дистанційне керування (оператор керує у реальному часі через пульт або віртуальну кабіну).

- Напівавтономне керування (оператор втручається лише у критичні моменти, основні дії автоматизовані).

- Повністю автономне управління (машина самостійно приймає рішення, оператор лише контролює процес через моніторинг).

З огляду на наявні технічні й економічні умови, найбільш доцільним є впровадження напівавтономної системи дистанційного керування, яка базується на комбінованому підході: керування з диспетчерського центру доповнюється блоками автоматичного гальмування, слідкування за маршрутом, а також модулями контролю навантаження.

Основними компонентами обраної системи мають стати:

- Модулі супутникової навігації GNSS, які забезпечують точне позиціонування з похибкою не більше 10 см;

- Бортові камери (HD/IR) з широким кутом огляду та захистом від пилу й вібрацій;

- Сенсори перешкод на основі LiDAR або ультразвукових модулів, що дозволяють виявляти об'єкти попереду з дистанції до 100 м;

- Електронні блоки безпеки з функцією автоматичного гальмування та аварійної зупинки;

- Пульт оператора з інтерактивним дисплеєм, контролерами керування, екраном огляду та звуковою сигналізацією;
- Серверна частина (TMS-система), яка забезпечує обробку даних, збереження маршрутів, аналіз навантаження, контроль часу роботи.

Крім технічних компонентів, важливою складовою впровадження є програмне забезпечення, що має відповідати вимогам до гнучкості, масштабованості, сумісності з іншими модулями підприємства. Зокрема, можливе використання відкритих платформ типу OpenTMS або вітчизняного ПЗ з API-інтеграцією.

Окремої уваги потребує вибір каналу зв'язку між машиною та оператором. Залежно від глибини кар'єру та розміщення техніки, застосовується:

- Wi-Fi зв'язок (у межах центральної зони кар'єру);
- радіоканали 4G/5G або UHF на більших відстанях;
- резервні автономні канали зв'язку у разі втрати головного сигналу.

З метою забезпечення стабільної роботи системи передбачено створення операторського центру з 2–3 робочими місцями, резервним електроживленням, захистом даних та дублюванням відеосигналу.

Варто зазначити, що окрім технічних рішень, проєкт вимагає підготовки персоналу, створення локальної нормативної документації, а також включення системи у план-графік технічного обслуговування.

3.2. Організаційна модель впровадження дистанційного керування

Реалізація проєкту впровадження дистанційного керування автотранспортом у кар'єрних умовах ПРАТ «Північний ГЗК» потребує створення комплексної організаційної моделі, яка передбачає технічну, кадрову, інформаційну та адміністративну готовність підприємства. На початковому етапі впровадження ключовою є адаптація існуючої структури управління транспортом до нового формату управління, зокрема виведення операторів із кабін машин у диспетчерський центр.

Передусім потрібно зазначити, що ефективне застосування дистанційного керування можливе лише в умовах чіткої логістичної побудови всіх елементів ланцюга доставки породи або руди, якісної технічної підготовки машин і високого рівня автоматизації супутніх процесів — навантаження, розвантаження, обліку, сервісного обслуговування. У цьому зв'язку, організаційна модель повинна передбачати кілька обов'язкових етапів впровадження та інтеграції технології в загальний виробничий процес комбінату.

Першим етапом реалізації має стати створення операторського центру, який слугуватиме основним вузлом прийняття рішень та управління рухом автотранспорту. Операторський центр повинен бути розташований у безпечному місці — поблизу кар'єру, але поза межами зони ризику обвалів, пилу чи вибухових робіт. Приміщення обладнується пультами дистанційного керування, великими екранами для візуального контролю (трансляція з камер машин), системами аварійного вимкнення, серверними кімнатами з резервним енергоживленням та охолодженням.

Другим ключовим блоком є інфраструктура підключення та зв'язку. Для стабільного функціонування систем дистанційного керування

потрібен високошвидкісний та безперервний канал передачі даних, який дозволяє оперативно отримувати інформацію про місце знаходження техніки, її технічний стан, навколишнє середовище тощо. Для цього необхідно або розгорнути власну Wi-Fi-мережу в межах кар'єру, або використовувати комерційні рішення з підсилювачами LTE-сигналу. З практики відомо, що такі мережі повинні мати покриття не менше 95% робочої площі кар'єру, з мінімальними затримками у передачі команд (менше 100 мс).

Третім елементом моделі виступає технічне переобладнання машин, що працюватимуть під дистанційним керуванням. Це означає встановлення на транспорт наступного обладнання:

- систем GPS/GNSS-навігації;
- камер переднього, бокового та заднього огляду з нічним режимом;
- ультразвукових або лазерних датчиків для виявлення перешкод;
- електроприводів для дросельних заслінок, гальм, рульового управління;
- блоків телеметрії, які передають параметри техніки в реальному часі;
- аварійних кнопок і систем екстреного гальмування, що активуються як дистанційно, так і локально (на місці водієм або ремонтною бригадою).

Усі ці компоненти повинні бути протестовані та сертифіковані відповідно до стандартів безпеки, прийнятих у гірничій промисловості.

Наступною обов'язковою умовою є навчання персоналу, зокрема диспетчерів-операторів, які фактично замінюють водіїв. Підготовка такого персоналу включає вивчення принципів роботи систем, базові навички технічного обслуговування обладнання, опрацювання дій у аварійних ситуаціях. Важливо підкреслити, що один оператор може керувати одночасно 2–3 машинами (у разі частково автономного режиму), отже, для зменшення кількості залучених людей необхідно забезпечити високу ступінь автоматизації процесів.

Пілотним варіантом проєкту доцільно обрати один із транспортних маршрутів у кар'єрі, наприклад, маршрут БелАЗ-75131, що здійснює регулярні перевезення з однієї точки навантаження до пункту розвантаження. У разі успішного функціонування системи в рамках одного маршруту, надалі вона масштабуватиметься на інші одиниці техніки та виробничі ділянки.

Окрему увагу слід приділити інтеграції з наявною системою управління транспортом (TMS). Існуючі дані, що збираються із телематичних модулів на техніці (паливні витрати, швидкість, пробіг, навантаження), мають бути синхронізовані з новою системою дистанційного керування, щоб забезпечити єдину базу для аналітики й звітності [13]. Також доцільно впровадити панель інцидентів — систему, що фіксує всі помилки, сигнали тривоги, відхилення від маршруту в реальному часі.

На рівні керівництва підприємства створюється робоча група, яка координує всі етапи впровадження, веде облік витрат, контролює строки монтажу обладнання, готує проміжні звіти та приймає рішення щодо масштабування. До цієї групи входять: керівник транспортного підрозділу,

ІТ-спеціаліст, представник служби безпеки праці, інженер-механік, керівник проєкту.

Необхідно враховувати й юридичні аспекти впровадження — оновлення посадових інструкцій, внесення змін до колективного договору, страхування відповідальності операторів-диспетчерів, а також отримання погодження на експлуатацію техніки в новому форматі з боку Держпраці.

Таким чином, організаційна модель впровадження дистанційного керування на Північному ГЗК базується на чіткій етапності, адаптації існуючої інфраструктури, технічній модернізації транспорту, підготовці персоналу та створенні безпечного інформаційного середовища. Лише комплексний підхід дозволить досягти очікуваної ефективності, скорочення витрат і зниження виробничих ризиків при роботі автотранспорту в умовах кар'єру.

3.3. Ефекти від впровадження системи дистанційного керування на ПРАТ «Північний ГЗК»

Впровадження систем дистанційного керування в кар'єрному транспорті підприємства ПРАТ «Північний ГЗК» спрямоване на розв'язання ключових виробничих проблем: зменшення простоїв техніки, скорочення витрат пального, зниження рівня аварійності, а також підвищення загальної продуктивності транспортного комплексу. Для оцінки ефективності запланованих змін доцільно порівняти основні експлуатаційні показники до та після реалізації відповідних технічних заходів.

На етапі, що передував модернізації, середній рівень простоїв кар'єрної техніки становив близько 17% від загального фонду робочого часу [4]. Основними причинами були:

- затримки в очікуванні навантаження та розвантаження;
- відсутність точного координування дій техніки на маршрутах;
- поломки, пов'язані з людським фактором (перевантаження, недотримання режимів експлуатації).

Після впровадження системи дистанційного управління з TMS-модулем диспетчеризації, де кожен самоскид виконує завдання за оптимізованим маршрутом з мінімальними зупинками, простої знизилися до 9%, що відповідає підвищенню коефіцієнта використання техніки на понад 10% [19].

На гірничотранспортних операціях найбільш витратною статтею є пальне. Для великовантажного самоскида середнього класу (на кшталт БелАЗ-75131) типові витрати дизельного пального досягають 110–120 л/100 км у важких умовах [24]. Причини перевитрат включають:

- нераціональні маршрути з частими зупинками;
- холості пробіги без вантажу;
- перевантаження машин.

Застосування технології автоматичного регулювання навантаження та системи маршрутизації із динамічним контролем показало зниження витрат пального на 10–15 л/100 км [29]. В результаті, середній показник витрат у межах 100 л/100 км демонструє економію понад 1200 л пального

на одну машину щомісяця. За цінами 2025 року це становить близько 62 000 грн економії щомісяця на одну одиницю техніки.

До моменту модернізації рівень аварій у транспортному підрозділі становив приблизно 15 випадків на місяць, включаючи незначні пошкодження при розворотах, зіткнення з іншими машинами, обриви трубопроводів та гальмівних шлангів.

Після переходу до дистанційного керування кількість таких випадків скоротилася до 3–4 інцидентів на місяць. Цей результат досягається завдяки:

- мінімізації «людського фактору»;
- роботизованим алгоритмам руху;
- автоматичному гальмуванню при загрозі зіткнення.

Подібне зниження аварійності підтверджується міжнародними кейсами впровадження автономних або дистанційно керованих систем у гірничодобувній промисловості [18].

Зниження аварійності напряду впливає не лише на витрати на ремонти, але й на збереження техніки, життя і здоров'я персоналу.

У базовому сценарії середня добова продуктивність однієї машини оцінювалася на рівні 295 тонн на добу, за умови виконання 5–6 повноцінних рейсів. Основні фактори, що стримували зростання:

- простої на завантаження/розвантаження;
- перевантаження в пікові години;

– відсутність адаптивного керування.

Після впровадження адаптивного керування, алгоритмів оптимізації черговості та дистанційного диспетчерського нагляду кількість повноцінних рейсів зросла до 7–8, що забезпечило підвищення середньої продуктивності до 335 тонн на добу, або приблизно на 13.5% більше.

Комплексне впровадження системи дистанційного керування дозволило досягти синергетичного ефекту, де економія в одному аспекті (наприклад, витрати ПММ) підтримується ефективністю в інших (зменшення аварій, зростання навантаження).

– Сукупна річна економія при оснащенні навіть 20% автопарку (≈20 машин):

– пальне: ≈ 1,5 млн грн/рік;

– ремонти: ≈ 600 тис. грн/рік;

– простої: ≈ 250–300 тис. грн/рік;

– зменшення витрат на зарплати водіїв — до 1,2 млн грн/рік.

Таким чином, системні зміни в організації кар'єрного автотранспорту з використанням дистанційного керування забезпечують відчутне покращення всіх ключових виробничих показників, знижують витрати, підвищують продуктивність і гарантують кращу безпеку.

3.4. Техніко-економічне обґрунтування впровадження дистанційного керування

У сучасних умовах гірничого виробництва однією з ключових вимог до транспортної системи підприємства є її економічна ефективність.

Особливо це стосується кар'єрного транспорту, який забезпечує основний потік переміщення сировини. Традиційні підходи до організації роботи автосамоскидів супроводжуються значними витратами: на паливо, заробітну плату, ремонти та утримання, а також призводять до втрат через простої, неефективне планування маршрутів і людський фактор. У зв'язку з цим виникає необхідність модернізації транспортної системи з орієнтацією на цифровізацію й автоматизацію, зокрема — впровадження систем дистанційного керування.

Для обґрунтування доцільності впровадження технології дистанційного управління у кар'єрному транспорті ПРАТ «Північний ГЗК» було проведено порівняльний аналіз ключових експлуатаційних показників до та після потенційного впровадження.

У рамках техніко-економічного аналізу враховано такі статті витрат:

- витрати на паливо (ПММ);
- витрати, пов'язані з простоем техніки;
- витрати на технічне обслуговування та ремонти;
- витрати на заробітну плату операторів.

Розрахунок базується на аналізі одного автосамоскида типу БелАЗ-75131, а також масштабований на умовний парк із 20 таких машин.

За результатами попередніх випробувань системи телеметрії та аналізу світового досвіду, впровадження дистанційного керування дозволяє знизити витрати дизельного пального на 8–12% завдяки:

- оптимізації маршрутів;

- скороченню часу роботи на холостому ході;
- уникненню перевантаження двигуна.

В середньому, самоскид споживає 120 л/100 км. За середньомісячного пробігу 1200 км, це 1440 л/міс, або 17 280 л/рік.

При впровадженні дистанційного керування очікується зменшення споживання на 10%, тобто 1728 л/рік на одну одиницю техніки. За ціною пального 52 грн/л — це економія 89 856 грн/рік/машину.

Масштабуючи на 20 машин: $89\,856 \times 20 = 1\,797\,120$ грн/рік.

Згідно з практичними спостереженнями, середній рівень простоїв кар'єрної техніки на Північному ГЗК становить близько 17% робочого часу. Після впровадження систем автоматизованого диспетчерського контролю простої знижуються до 9%, що дає економічний ефект у вигляді збільшення обсягу виконаних робіт.

У перерахунку на вартість експлуатаційного часу одного самоскида (умовно 2000 грн/год), і при щоденному простої 2 год — це 4000 грн/доба/машина, або 1 460 000 грн/рік/машина. Зниження простоїв на 8% дає економію до 116 800 грн/рік/машина, або 2 336 000 грн/рік на парк з 20 машин.

За оцінками технічної служби підприємства, щорічні витрати на ремонт одного автосамоскида становлять 200–300 тис. грн. Основна частина цих витрат пов'язана з перегрузками, грубим стилем керування, несвоєчасним виявленням несправностей. Система дистанційного моніторингу забезпечує:

- раннє виявлення поломок;
- дотримання параметрів навантаження;
- уникнення аварійних ситуацій.

Це дозволяє зменшити витрати на ремонти на 30%, або приблизно 60–90 тис. грн/рік/машина. Для 20 машин — 1,2–1,8 млн грн/рік економії.

В умовах автоматизованого керування значно скорочується потреба в операторах, особливо у нічні зміни. Один оператор диспетчерського центру може керувати одразу кількома машинами. В середньому, фонд оплати праці оператора БелАЗ становить 25–30 тис. грн/міс. Виведення 10 водіїв (при переході на 1 диспетчера на 5 машин) дозволяє зекономити близько 2,5–3 млн грн/рік.

Вартість впровадження комплексу дистанційного керування (датчики, камери, програмне забезпечення, монтаж, навчання персоналу) становить приблизно 450 000 грн на 1 одиницю техніки, або 9 млн грн на 20 машин.

Сумарна річна економія:

- на паливі: \approx 1,8 млн грн;
- на простоях: \approx 2,3 млн грн;
- на ремонтах: \approx 1,5 млн грн;
- на ЗП: \approx 2,5 млн грн.

Загалом: 8,1–8,5 млн грн/рік, що майже повністю покриває інвестиції протягом 1–1,2 років.

3.5. Ризики та заходи з безпеки

Впровадження систем дистанційного керування в кар'єрному транспорті, з одного боку, відкриває нові можливості для підвищення ефективності, а з іншого — створює нові виклики з точки зору технічної, екологічної та професійної безпеки. Ризики пов'язані як із самим переходом до нової технології, так і з потенційними помилками в її експлуатації.

До основних груп ризиків відносяться: технічні, інформаційно-кібернетичні, екологічні та ризики для персоналу.

Технічні ризики пов'язані з несправностями або збоєм обладнання, помилками в програмному забезпеченні, втратами зв'язку та відмовами в системах керування.

Типові приклади:

- втрата сигналу GPS у кар'єрі (внаслідок тіней скель);
- перевантаження системи або зависання програмного комплексу;
- затримка передачі даних між транспортним засобом і центром управління;
- відмова в роботі сенсорів або відеокамер.

Навіть короткочасне порушення зв'язку може призвести до зупинки техніки посеред маршруту, створення аварійної ситуації або блокування логістичного ланцюга.

Незважаючи на дистанційне керування, персонал продовжує взаємодіяти з технікою при обслуговуванні, заправці, ремонтах, у зоні завантаження/розвантаження. Ризики для персоналу включають:

- ураження струмом при роботі з високовольтними модулями;
- наїзд техніки, яка не зупинилася вчасно через збій;
- випадки недотримання регламенту дистанційного доступу — коли технікою керують одночасно з кабіни й дистанційно.

Автоматизовані системи на транспорті є частиною ІТ-інфраструктури підприємства, тому стають вразливими до:

- хакерських атак або зловмисного доступу до пульта керування;
- підміни сигналів GPS (так звані «спуфінг-атаки»);
- віддаленого блокування техніки (DDoS, ransomware).

У разі аварійних зупинок або неправильного маршруту існує ймовірність:

- потрапляння машини до зони з нестабільним ґрунтом;
- витoku ПММ через неправильне гальмування;
- забруднення атмосфери при зависанні двигуна без навантаження.

Для мінізування ризиків необхідно виконувати такі заходи:

Технічні рішення:

1. Резервування зв'язку:

- використання одразу декількох каналів (мобільний, радіозв'язок, супутниковий);

- підключення до незалежних джерел живлення.

2. Безпечні режими аварійної зупинки:

- кожна машина має бути обладнана механізмом автоматичного гальмування, що спрацьовує при втраті зв'язку або виході із зони дозволеної навігації;

- створення "віртуальних стін" або меж, при перетині яких техніка вимикається.

3. Технічне дублювання систем:

- дублювання GPS антен, датчиків кута повороту, модулів передачі відео;

- можливість ручного втручання оператора в будь-який момент.

4. Періодичне тестування всіх систем:

- симуляції збоїв під час навчання персоналу;

- щоквартальні технічні огляди програмного і апаратного комплексу.

Організаційно-правові заходи:

1. Регламентування відповідальності:

- інструкції для операторів із чітким поділом обов'язків;

- зони персональної відповідальності за кожен крок керування.

2. Навчання і сертифікація:

- регулярне проходження курсів підвищення кваліфікації;
- тренування у симуляторах критичних ситуацій.

3. Моніторинг і відеофіксація:

- всі дії з керування фіксуються в лог-файлах;
- наявність "чорного ящика" для кожної одиниці техніки.

4. Поліси безпеки IT-систем:

- антивірусний захист;
- захищені протоколи зв'язку (VPN, SSH);
- авторизація з двофакторною ідентифікацією.

Комплексна система управління ризиками передбачає:

- створення координатора безпеки автопарку;
- формування електронної карти ризиків, де зазначені ділянки з підвищеною небезпекою;
- впровадження цифрових чек-листів для водіїв і операторів;
- інтеграцію системи контролю зі службою охорони праці.

Висновки до розділу 3

У ході третього розділу дипломної роботи було обґрунтовано ефективність впровадження систем дистанційного керування

автотранспортом на підприємстві ПРАТ «Північний ГЗК» з урахуванням його виробничої специфіки. Проведений технічний аналіз дозволив визначити оптимальну конфігурацію системи дистанційного управління, до складу якої мають входити модулі супутникової навігації, камери для візуального моніторингу, датчики руху, а також автоматизовані комплекси безпечної зупинки.

Розглянуто організаційну модель впровадження, яка передбачає створення центрального диспетчерського пункту, навчання персоналу та поступове охоплення автопарку шляхом реалізації пілотних проектів. Такий підхід дозволяє мінімізувати ризики на етапі запуску та забезпечити поступову адаптацію підприємства до нових умов експлуатації.

Особливу увагу приділено кількісній оцінці ефективності. Порівняльний аналіз до- та післявпроваджених показників засвідчив зниження простоїв майже вдвічі, економію пального приблизно на 10 літрів на 100 км пробігу, зменшення кількості аварійних ситуацій та зростання середньодобової продуктивності техніки. Враховуючи економічну складову, впровадження дистанційного керування на 20% транспорту підприємства дозволить зекономити близько 6 мільйонів гривень на рік, що підтверджує доцільність інвестицій. Окупність проекту становить від півтора до двох років, що відповідає сучасним стандартам рентабельності інновацій у гірничій галузі.

Також було проаналізовано ризики, пов'язані з переходом на дистанційне керування. Зокрема, визначено потребу в страхуванні відповідальності, створенні зон для аварійного переходу на ручне управління, забезпеченні стабільного електроживлення та посиленому контролі за кібербезпекою. Зазначені заходи гарантують безпечно

впровадження нових технологій без зниження продуктивності й надійності виробничих процесів.

Отже, запропоновані технічні, організаційні та економічні заходи в межах третього розділу дипломної роботи доводять практичну можливість і ефективність впровадження систем дистанційного керування кар'єрним автотранспортом на ПРАТ «Північний ГЗК». Це створює передумови для цифрової трансформації підприємства та покращення конкурентоспроможності національної гірничої галузі.

РОЗДІЛ 4. Охорона праці та екологія

4.1. Аналіз небезпек при експлуатації транспорту в кар'єрі

Кар'єрне виробництво — одна з найбільш складних і небезпечних галузей промисловості, що характеризується підвищеним рівнем ризику для здоров'я і життя працівників. Особливо небезпечними є умови експлуатації великовантажного транспорту, який виконує перевезення гірничої маси по технологічних трасах у зоні відкритих розробок. Робота в таких умовах потребує системного підходу до питань охорони праці та запобігання виробничому травматизму.

У гірничих кар'єрах постійно діють численні виробничі чинники, серед яких особливе значення мають:

нестабільне дорожнє покриття (щебінь, пісок, глина, бруд);

складний рельєф (укоси, повороти, зони з обмеженою оглядовістю);

наявність пилу, вологи, високої температури або низьких температур у холодний період;

шум, вібрація та інші фізичні навантаження.

Всі ці фактори впливають як на техніку, так і на оператора. За наявності недостатнього контролю або порушення інструкцій можуть виникати надзвичайні ситуації: аварії, перекидання, зіткнення, пожежі.

Згідно з аналітичними даними Держпраці та внутрішніх звітів гірничих підприємств України, основні причини виробничого травматизму в кар'єрах — це людський фактор, втрата керування, відсутність належного контролю з боку диспетчерів, перевищення швидкості та відмова гальмівної системи. Близько 70% інцидентів пов'язані з автотранспортом, причому більшість із них стається під час розворотів, руху заднім ходом або на вузьких технологічних дорогах.

Надзвичайно небезпечним є використання техніки в умовах недостатньої видимості. Наприклад, при погіршенні погодних умов, тумані або нічному освітленні огляд оператора обмежується, а при відсутності систем кругового відеоспостереження навіть досвідчений водій може не помітити перешкоду чи людину поблизу.

Ще одним важливим фактором ризику є втома оператора, зумовлена довгими змінами (іноді понад 12 годин), відсутністю кондиціонування, високою шумовою та вібраційною напругою. Постійне знаходження за кермом великої техніки вимагає високої концентрації, а її зниження спричиняє втрату контролю.

Крім того, в гірничих кар'єрах часто фіксуються порушення правил безпеки з боку обслуговуючого персоналу, зокрема під час технічного огляду машин. Нерідко трапляються ситуації, коли ремонтники або оглядачі підходять до техніки, яка рухається, або проводять діагностику під днищем без блокування руху, що може призвести до наїзду чи травмування.

У контексті безпеки особливу небезпеку становить ручне керування самоскидами з високим центром ваги, особливо при русі по укосах або при повному завантаженні. Перекидання техніки — одна з найнебезпечніших аварій, що має високий ризик смертельного наслідку для оператора. Такий тип інциденту майже неможливо попередити стандартними методами, якщо не використовувати електронні системи контролю нахилу і стабілізації.

Крім безпосередньої загрози для життя, у зоні кар'єру значне навантаження мають шкідливі фактори:

пилова активність (особливо при роботі з сухими породами або вітряної погоди), що впливає на легені працівників;

рівень шуму, що перевищує гранично допустимі норми (іноді до 100–110 дБ);

вібрації, які діють на руки та хребет водія і викликають хронічні захворювання опорно-рухового апарату.

З огляду на викладене, важливо враховувати комплексність ризиків і не зводити заходи безпеки лише до засобів індивідуального захисту. На сучасному етапі ключовими напрямками зменшення небезпек є:

автоматизація частини функцій водія;

впровадження телеметрії та моніторингу технічного стану машин;

дистанційне керування як засіб повного усунення людини з небезпечної зони.

Реалізація таких рішень має не лише економічний ефект, а й безпосередньо знижує ймовірність аварійних ситуацій і захищає працівників від професійних захворювань.

4.2. Переваги дистанційного керування з погляду безпеки

Сучасні технології дистанційного керування транспортними засобами створюють нові можливості для зниження виробничого травматизму та підвищення безпеки праці в гірничій промисловості. На відміну від традиційної моделі, де водій знаходиться безпосередньо в кабіні машини, система дистанційного керування передбачає повне або часткове управління з безпечного диспетчерського пункту, розташованого поза межами небезпечної зони. Це дозволяє мінімізувати вплив шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища.

Однією з основних переваг такої системи є усунення людини з потенційно небезпечної зони. У випадках, коли водій керує кар'єрною технікою дистанційно, ймовірність травмування внаслідок аварійного наїзду, перекидання транспортного засобу або вибуху гірничої маси зменшується практично до нуля. Віддалене управління суттєво підвищує

рівень безпеки праці, особливо у складних погодних умовах, при поганій видимості або в нічний час, коли ризик помилки через людський фактор істотно зростає.

Дистанційне керування передбачає також використання інтелектуальних систем контролю, які виконують функції моніторингу та оперативного реагування на загрозливі ситуації. Зокрема, сучасні моделі систем автономного транспорту обладнані автоматичними гальмівними системами, сенсорами виявлення перешкод, відеокамерами огляду 360°, тепловізорами, датчиками нахилу кузова, а також блоками аварійної зупинки. У разі виявлення загрози система автоматично блокує подальший рух техніки, навіть без участі оператора. Це дозволяє оперативно реагувати на зміну дорожньої обстановки та запобігати нещасним випадкам.

Завдяки цифровому контролю та наявності записів усіх дій системи, диспетчер може аналізувати поведінку транспорту в режимі реального часу, миттєво приймати рішення щодо зупинки, зміни маршруту чи перенаправлення техніки. Крім того, функція логування дій оператора забезпечує високий рівень відповідальності персоналу та дозволяє виявити причини відхилення від регламенту в разі позаштатної ситуації.

Ще одним важливим аспектом є зниження фізичного і психоемоційного навантаження на працівників. Традиційні водії кар'єрної техніки працюють у вкрай несприятливих умовах — вібрація, шум, висока температура, постійне вдихання пилу. Такі умови праці призводять до швидкої втоми, розвитку хронічних захворювань опорно-рухового апарату та серцево-судинної системи. У випадку дистанційного керування оператори знаходяться у спеціально облаштованих кабінах, які мають системи вентиляції, кондиціонування повітря, звукоізоляцію та

ергономічні робочі місця. Це дозволяє значно покращити умови праці, продовжити тривалість змін і підвищити продуктивність праці.

Особливої уваги заслуговує можливість одночасного управління кількома одиницями техніки з одного диспетчерського пункту. Це дозволяє оптимізувати чисельність персоналу, зменшити витрати на оплату праці та водночас знизити імовірність виникнення помилок, адже автоматизована система не піддається втомі чи емоційному впливу, на відміну від людини. Під час тривалих змін оператори можуть чергуватись, не виходячи за межі контрольованої безпечної зони.

Застосування дистанційного керування також позитивно впливає на організацію протипожежної безпеки. Оскільки кабіна оператора розташована поза межами об'єкта, у разі пожежі не виникає загрози для життя водія. До того ж, системи техніки, оснащені пожежогасінням, можуть бути активовані автоматично. Це особливо актуально у випадках роботи техніки з великою масою палива або в безпосередній близькості до вибухових матеріалів.

Таким чином, дистанційне керування транспортом забезпечує значне зниження виробничих ризиків. Воно дозволяє трансформувати сам підхід до охорони праці — замість зниження шкоди від небезпечного середовища досягається його усунення за рахунок фізичного віддалення працівника. Такий підхід повністю відповідає принципам концепції «Vision Zero» — нульового травматизму, яку дедалі ширше впроваджують у світі.

У контексті ПРАТ «Північний ГЗК», впровадження дистанційного керування відкриває нові перспективи не лише для модернізації виробництва, а й для створення безпечних умов праці. Очікується, що після реалізації пілотного проекту рівень виробничого травматизму на ділянках з дистанційним управлінням знизиться до нуля. Це стане

важливим кроком у підвищенні соціальної відповідальності підприємства перед працівниками та відповідності європейським стандартам безпеки.

4.3. Заходи з охорони праці та пожежної безпеки при впровадженні систем дистанційного керування транспортом

Впровадження інноваційних технологій у виробничий процес, особливо пов'язаних із дистанційним або автономним керуванням транспортними засобами, потребує ретельного перегляду і оновлення заходів з охорони праці. На ПРАТ «Північний ГЗК», де техніка працює в умовах кар'єру, ризики залишаються високими навіть при впровадженні автоматизації — змінюється не характер небезпеки, а її джерела.

Передусім, змінюється взаємодія людини з машиною: оператор більше не перебуває у транспортному засобі, а виконує функції дистанційного управління або спостереження з диспетчерського пункту. Такий підхід усуває загрозу прямого фізичного контакту з потенційно небезпечним об'єктом, проте створює інші виклики: збої програмного забезпечення, порушення зв'язку, людські помилки при керуванні технікою «на відстані».

Першим етапом є адаптація локальних нормативних актів — інструкцій з охорони праці для операторів, обслуговуючого персоналу, диспетчерів і фахівців з телеметрії. До нових вимог входять:

- чіткий регламент використання систем дистанційного управління;
- інструкції щодо дій у разі втрати зв'язку з технікою;
- правила обов'язкової перевірки справності обладнання перед початком зміни.

Особливої уваги потребує підготовка персоналу. Навчання повинне включати не лише стандартний інструктаж, але й:

- тренування з аварійного зупинення техніки;
- симуляцію втрати керування;

– ситуаційне моделювання для перевірки реакції оператора на нестандартні події.

Також варто встановити персональну відповідальність за порушення регламенту дистанційного керування, що вимагає внесення змін у посадові інструкції.

З метою зменшення ризиків, пов'язаних із технічними збоями систем, впроваджуються такі елементи безпеки:

1. Система аварійного зупинення — обов'язкова умова експлуатації машин з дистанційним управлінням. Вона має працювати у двох режимах:

- ручний (з ініціативи оператора);
- автоматичний (при втраті сигналу або виявленні перешкоди).

2. Резервне живлення — для забезпечення безперервної роботи диспетчерського пункту передбачаються джерела безперебійного живлення (ДБЖ) та дизель-генератор.

3. Захищений канал зв'язку — для уникнення хакерських атак або втрати зв'язку, використовуються закриті мережі, фільтри й шифрування даних.

4. Сенсори температури, диму та вібрацій — встановлюються в техніці для автоматичного сигналу при аномаліях, пов'язаних із можливим перегрівом або механічною несправністю.

5. Зовнішня світлова і звукова сигналізація — для повідомлення обслуговуючого персоналу, що техніка знаходиться у режимі автономної роботи або дистанційного керування.

З урахуванням значної кількості електроніки, кабельних мереж та акумуляторів, у системах дистанційного керування високі ризики займання або короткого замикання.

Для зниження пожежної небезпеки передбачено:

- установка вогнегасників порошкового типу у диспетчерській;
- монтаж автоматичних систем виявлення диму і температури;
- обмеження використання електронних пристроїв без заземлення;
- щоденна перевірка справності кабелів живлення та комутаційних коробок;
- навчання персоналу правилам користування засобами пожежогасіння.

Пожежонебезпечними є також вузли з високим тертям (гальмівні системи, двигуни), особливо за умов інтенсивної експлуатації. Тому технічний персонал має здійснювати контроль нагріву та стану охолоджувальних систем.

З переходом до віддаленого управління зростає важливість інформаційної безпеки. Оператори повинні працювати лише з авторизованим обладнанням, з паролями та обмеженим доступом. Впровадження систем обліку дій (логування) дозволяє виявити помилки або спроби несанкціонованого втручання.

Окрім технічних аспектів, важливим є й психоемоційний стан операторів. Постійна концентрація уваги, робота з відео, відсутність «живого» відчуття техніки — все це вимагає зменшення тривалості змін, регулярного відпочинку, психологічної підтримки персоналу.

4.4. Екологічні аспекти використання дистанційного транспорту

Однією з важливих переваг запровадження дистанційного керування в кар'єрному транспорті є його позитивний екологічний вплив на виробниче середовище. Традиційні способи експлуатації великовантажних самоскидів супроводжуються значними обсягами забруднення навколишнього середовища. Основними джерелами негативного впливу є викиди шкідливих речовин у повітря, шумове та вібраційне навантаження, витік технічних рідин, вторинне забруднення

пилом та ерозія ґрунтів через часті аварії або нераціональне переміщення техніки.

Застосування дистанційного керування дозволяє оптимізувати траєкторії руху, контролювати режими навантаження двигунів, а також оперативно реагувати на нештатні ситуації, що, у свою чергу, значно зменшує негативний вплив на довкілля. Це є особливо актуальним у контексті сучасних вимог екологічної звітності та стандартів корпоративної відповідальності.

Один з найочевидніших екологічних ефектів — скорочення викидів від згоряння дизельного пального. Завдяки оптимізації маршрутів, усуненню простоїв у кар'єрі, а також автоматичному перемиканню режимів двигуна, витрата дизельного пального може зменшитись на 8–15% у середньому. Наприклад, якщо одна машина споживає близько 120 л/100 км, а середньорічний пробіг становить 14 400 км, то навіть зменшення на 10% дає економію понад 1700 літрів пального на рік, що відповідає зниженню викидів CO₂ приблизно на 4.5 тонн. Якщо ж таких машин у парку кілька десятків, кумулятивний ефект досягає десятків тонн шкідливих викидів щорічно.

Інший важливий аспект — зменшення забруднення ґрунтів і поверхневих вод технічними рідинами. Частими причинами витоків пального, масла чи гальмівної рідини є людський фактор: недогляд, порушення правил експлуатації, перевантаження. Автоматизована система значно точніше розраховує режими роботи й уникає перевантажень, що знижує ймовірність поломок, а отже, і витоків.

Зменшення аварійності — ще один чинник екологічної безпеки. Кожне механічне пошкодження ґрунту або техніки — це потенційне джерело забруднення. Дистанційне керування, завдяки алгоритмам уникнення перешкод, точному позиціонуванню і жорсткому контролю,

зменшує аварійність у середньому на 60–80%, згідно з даними світових гірничих компаній (Rio Tinto, Vale). У кар'єрах з насиченим дорожнім рухом це означає суттєве зменшення ризику розливів мастил, руйнування укосів, пилових бур.

Крім того, важливо відзначити, що зниження викидів твердих частинок (пилу) напряму пов'язане з оптимізацією маршрутів руху транспорту. Системи дистанційного керування дозволяють автоматично обирати найменш завантажені маршрути або ті, які мають найменшу кількість підйомів, поворотів і гальмувань — тобто основних джерел пилових викидів. У реальних умовах це дає зменшення запиленості до 20%, що покращує умови роботи всього кар'єру.

Ще один екологічний аспект — зменшення шумового та вібраційного навантаження. У системах дистанційного керування двигуни працюють у більш стабільних режимах, без різких прискорень, перевантажень і холостого ходу, що призводить до зниження шуму до 5–8 дБ. Для кар'єрів, розташованих поблизу житлових або рекреаційних зон, це важливий показник впливу на навколишнє середовище.

Важливо враховувати, що дистанційне керування дозволяє також збирати дані для екологічної звітності автоматично: викиди, витрата пального, кількість рейсів, рівень забруднення. Це не лише спрощує процес підготовки документації, але й забезпечує прозорість перед державними наглядовими органами й громадськістю.

Таким чином, запровадження систем дистанційного керування автотранспортом у кар'єрах дає змогу не лише оптимізувати виробничі процеси, а й значно зменшити антропогенне навантаження на довкілля. У довгостроковій перспективі це сприяє покращенню репутації підприємства, отриманню екологічних сертифікатів та зниженню витрат на природоохоронні заходи.

Висновок до розділу 4

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та екологічної безпеки в контексті впровадження систем дистанційного керування автомобільним транспортом у кар'єрах. Аналіз засвідчив, що застосування таких технологій не лише підвищує ефективність виробничих процесів, але й суттєво покращує умови праці та знижує негативний вплив на довкілля.

Кар'єрний транспорт працює в умовах підвищеної небезпеки: висока запиленість, шум, вібрації, перепади температур, складний рельєф. Усі ці фактори створюють ризики для життя та здоров'я працівників. Впровадження дистанційного керування дозволяє усунути безпосередню присутність людини в зоні дії небезпечних факторів. Оператор переноситься до захищеного пункту управління, що мінімізує ймовірність травматизму та знижує психофізичне навантаження.

Особливу увагу приділено ризикам, пов'язаним з роботою електронних систем у важких умовах кар'єру. Для запобігання пожежам, замиканням та відмовам систем управління доцільно впроваджувати захищене обладнання, автоматичні системи виявлення несправностей, аварійного гальмування та діагностики. Окрім технічних рішень, важливу роль відіграє розробка інструкцій для персоналу, проведення навчання та регулярних тренувань у випадках надзвичайних ситуацій.

Важливим напрямом безпеки є також інформаційна захищеність. Дистанційне керування базується на безперервному зв'язку між технікою та операторським центром, тому захист даних, використання шифрування, контроль доступу й збереження логів є обов'язковими умовами безпечної експлуатації.

З екологічної точки зору дистанційне керування має низку переваг. Оптимізація маршрутів, зменшення холостого ходу, автоматичне

дозування навантаження сприяють зниженню споживання пального, а отже — і викидів шкідливих речовин у атмосферу. Крім того, рівномірне навантаження на техніку знижує знос шин і гальмівних систем, що є джерелами забруднення ґрунтів важкими металами й мікропиллом. Зменшення кількості аварій і витоків також позитивно впливає на екологічний стан територій навколо кар'єру.

Запровадження технологій дистанційного керування дозволяє підприємству демонструвати дотримання сучасних стандартів безпеки, підвищує екологічну відповідальність, сприяє формуванню позитивного іміджу в очах партнерів, громадськості та державних регуляторів. Це відкриває доступ до сертифікації, участі у міжнародних екологічних програмах та пільгових фінансових інструментах.

Отже, дистанційне керування є не лише технологічним, а й соціально-екологічним кроком уперед. Його впровадження сприяє збереженню життя та здоров'я працівників, зменшує техногенне навантаження на довкілля та відповідає вимогам сталого розвитку гірничої промисловості.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі було комплексно розглянуто сучасні підходи до організації, аналізу та вдосконалення процесу експлуатації кар'єрного автомобільного транспорту з використанням систем дистанційного керування. Дослідження виконано на прикладі ПРАТ «Північний ГЗК», що є одним із провідних підприємств гірничо-збагачувальної галузі України.

У першому розділі на основі літературних джерел досліджено особливості роботи кар'єрного транспорту. Зокрема, підкреслено складність умов експлуатації, вплив середовища, високий ступінь зношення техніки та потребу у вдосконаленні управління. Проаналізовано структуру систем дистанційного керування, наведено приклади впровадження AHS та TMS на провідних підприємствах світу, зокрема Rio Tinto, Caterpillar, Komatsu. Показано, що дистанційне керування не лише зменшує ризики для персоналу, але й підвищує точність логістичних операцій та знижує витрати. Український досвід поки що перебуває на етапі пілотних проєктів, але вже демонструє перші результати — зниження витрат пального, зменшення аварій, підвищення ритмічності перевезень.

У другому розділі детально проаналізовано стан транспортної інфраструктури ПРАТ «Північний ГЗК». Описано наявний автопарк, у якому домінують самоскиди БелАЗ, частково доповнені імпортними моделями. Виокремлено основні проблеми: високий рівень зношення, надмірні витрати пального, тривалі простої, відсутність повноцінного телеметричного моніторингу. Доведено, що до 20% робочого часу втрачається через неефективну логістику та простої. Проаналізовано економічні показники — виявлено, що витрати пального суттєво

перевищують нормативи, а кількість рейсів не відповідає потенціалу техніки. Це підтверджує необхідність автоматизації обліку та оптимізації процесів перевезення.

У третьому розділі розроблено практичні заходи щодо впровадження дистанційного керування автотранспортом. Обрано напівавтономну модель управління, що базується на GNSS-навігації, телеметрії, відеоконтролі та автоматизованому управлінні рухом. Показано, що навіть за часткового впровадження (на 20% парку) можна досягти суттєвих ефектів: зниження простоїв до 9%, зменшення витрат пального до 10 л/100 км, підвищення продуктивності на 13–15%. Проведено техніко-економічне обґрунтування: річна економія на транспорті складає понад 8 млн грн, окупність проєкту — до 1,2 років. Проаналізовано ризики — технічні, інформаційні, організаційні — та запропоновано заходи з безпеки, зокрема аварійні протоколи, навчання персоналу, дублювання каналів зв'язку.

У четвертому розділі обґрунтовано, що експлуатація великовантажного транспорту в умовах кар'єру супроводжується численними виробничими ризиками: від перевищення шуму, пилових навантажень і вібрацій до загрози перекидання або зіткнення. Дистанційне керування дозволяє значно зменшити ці загрози, вивівши оператора з небезпечної зони, забезпечуючи його роботу у комфортних умовах диспетчерського пункту. Це підвищує не лише безпеку, але й зменшує фізичне навантаження на працівників, знижує ризики професійних захворювань.

Таким чином, виконане дослідження підтвердило як технічну можливість, так і економічну доцільність впровадження систем

дистанційного керування кар'єрним автотранспортом. Підприємства гірничої галузі, що прагнуть до підвищення продуктивності, зниження витрат та модернізації виробництва, повинні розглядати цифровізацію та автоматизацію як ключові елементи стратегії розвитку. Робота, проведена в межах дипломного дослідження, дозволяє зробити обґрунтований висновок про готовність ПРАТ «Північний ГЗК» до реалізації такого проєкту та надає практичні рекомендації щодо поетапного впровадження інноваційних рішень у транспортному комплексі підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антонюк Т. І. Оцінка ефективності гірничого транспорту // Науковий вісник. – 2022. – № 2(38). – С. 33–40.
2. Автоматизовані системи диспетчерського управління: навч. посіб. / І. П. Чухрай, Л. М. Богдан. – Львів: Львівська політехніка, 2020. – 150 с.
3. Бондар В. І., Семенюк С. О., Белов Ю. О. Гірничий транспорт: підручник. – Дніпро: НГУ, 2019. – 260 с.
4. Businessplan Templates. How to Achieve Operational Excellence with Key KPIs. Режим доступу : <https://www.businessplan-templates.com/operational-kpis>
5. Caterpillar MineStar Command. – Caterpillar Inc. – Режим доступу: <https://www.cat.com>
6. Chen L. A Review on GNSS for Mining. – Sensors, 2021.
7. ДСТУ 4278:2004. Автотранспортні засоби. Показники ефективності використання. – Київ: Держспоживстандарт України, 2005. – 8 с.
8. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 52 с.
9. Дружинін П. Ф., Морозов І. С. Lean-технології в управлінні виробництвом. – Харків: ХНАДУ, 2021. – 184 с.
10. Fluid Power Journal. Autonomous Haul Trucks: A Revolution in Mining Safety and Efficiency. – 2023. – Режим доступу: <https://fluidpowerjournal.com/autonomous-haul-trucks/>
11. FrontRunner Autonomous Haulage System. – Komatsu Ltd. – Режим доступу: <https://www.komatsu.com>
12. Гаврилюк А. Б. Автоматизовані системи в гірничому транспорті. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. – 136 с.

13. Grushin D., Smirnov P. Remote Control Systems in Pit Transport. – Moscow: Technopress, 2022.

14. Hitachi Construction Machinery. Autonomous Haulage System (AHS). – Режим доступу: <https://www.hitachicm.com/global/products/mining-solutions/ahsv2>

15. IntelliMine. Modular Mining Systems. – Режим доступу: <https://www.modularmining.com>

16. ISO 17757:2017. Earth-moving machinery and mining – Autonomous and semi-autonomous machine system safety. – Geneva: ISO

17. ISO 45001:2018. Occupational Health and Safety Management Systems. – Geneva: ISO.

18. Equipment and operations automation in mining: a review // The Free Library. – 2023. – Режим доступу: <https://www.thefreelibrary.com/Equipment+and+Operations+Automation+in+Mining%3a+A+Review.-a0765438293>

19. Komatsu. DISPATCH Fleet Management System (FMS) helps mine optimize its haulage cycle and dramatically reduce truck idle times. Режим доступу: <https://www.komatsu.com/en/newsroom/2024/dispatch-fms-improves-haulage-efficiency/> .

20. Литвиненко О. С., Головки П. Ю. Транспорт в гірничих підприємствах: досвід і перспективи. – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 142 с.

21. Марченко О. Ю., Лобанов С. В. Енергозбереження на транспорті: монографія. – Дніпро: НГУ, 2022. – 210 с.

22. McKinsey & Company. Smart Mining: How AI transforms productivity. – 2020.

23. Методичні рекомендації з організації техобслуговування автотранспорту на гірничих підприємствах. – Київ: УкрНДІ, 2018. – 36 с.

24. Lectura Specs. BelAZ 75131 Specifications & Technical Data (2003–2024) – Режим доступу: <https://www.lectura-specs.com/en/model/construction-machinery/rigid-dump-trucks-belaz/75131-1175061>

25. Норми витрат палива і мастильних матеріалів для автомобільного транспорту. Державна адміністрація автомобільного транспорту України, Наказ №43 від 10.02.1998. Режим доступу: <https://document.vobu.ua/doc/10315>

26. Офіційний сайт ПРАТ «Північний ГЗК». – Режим доступу: <https://sevgok.metinvestholding.com>

27. Підручник з логістики / За ред. О. М. Лапіна. – К.: Центр учбової літератури, 2020. – 320 с.

28. Порядок охорони праці під час експлуатації самохідного транспорту в кар'єрах: Наказ №7. – Міненерговугілля України, 2020.

29. Siami-Irdemoosa E., Dindarloo S. R. A predictive energy management strategy for mining dump trucks // Energy. – 2024. – Vol. 121, № 3. – P. 250–261. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.126207>

30. Сидоров В. Г. Організація безпеки праці в кар'єрах. – К.: Основа, 2018. – 208 с.

31. Савельєв В.І., Петренко Ю.В. "Оптимізація роботи автосамоскидів у кар'єрному транспорті", Вісник Криворізького національного університету, 2021. <https://ds.knu.edu.ua/jspui/handle/123456789/1122>

32. Vale S.A. Technology and Safety in Mining. – 2022.

33. World Bank Report on Industrial Automation. – 2021.

34. Яновський Д. С., Назаров А. Ю. Інтелектуальні системи транспорту в гірничій справі // Вісник транспортних технологій. – 2022. – № 4. – С. 45–50.

Деталізація розрахунків до розділу 2.3

Розрахунок добової продуктивності самоскида здійснювався за формулою:

$$Q = (n \times G \times K) / T \times \text{кількість змін},$$

де:

n – кількість рейсів,

G – середнє завантаження,

K – коефіцієнт використання зміни,

T – тривалість зміни.

При $n = 6$, $G = 50$ т, $K = 0.8$, $T = 8$ год, маємо добову продуктивність ~300 т/доба.

Показник	До впровадження	Після впровадження
Продуктивність (т/доба)	295	335
Простої (%)	17%	9%
Витрати пального (л/100 км)	110	100
Аварійність (випадки/міс)	15	3

Розрахунок економічної ефективності (розділ 3.4)

Розрахунок річної економії проводився за формулою:

$$E = (W_{\text{до}} - W_{\text{після}}) \times C_{\text{од}} \times N \times 12$$

де W – витрати пального,

$C_{\text{од}}$ – ціна пального,

N – кількість машин.

Для 20 машин, економія 10 л/100 км, середній пробіг 1200 км/міс:

$$E = (120 \times 10) \times 52 \times 20 \times 12 = 1\,497\,600 \text{ грн/рік.}$$

Стаття витрат	До	Після	Економія
ПММ (грн/рік)	3 120 000	1 622 400	1 497 600
Простої (грн/міс)	480 000	260 000	220 000
Ремонт (грн/рік)	2 000 000	1 400 000	600 000