

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра гірничої справи

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

Ігор ГРИГОР'ЄВ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання освітньо-професійної програми
«Технології відкритої розробки родовищ» за
спеціальністю 184 Гірництво

**на тему « Дослідження показників роботи сучасних
автоматизованих систем деспетчеризації при розробці
корисних копалин в умовах Артемівського кар'єру ПрАТ
"ЦГЗК"»**

Керівник роботи

Сергій ЛУЦЕНКО

Консультант від
бази практики

Олександр ДАНИЛИК

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело*

Здобувач



Роман ДЕНИСЮК

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

Голова ЕК

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет гірничо-металургійний
Кафедра гірничої справи
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 184 Гірництво
ОПП Технології відкритої розробки родовищ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

_____ Ігор ГРИГОР'ЄВ

30.12.2024

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

1. Тема роботи Дослідження показників роботи сучасних автоматизованих систем деспетчеризації при розробці корисних копалин в умовах Артемівського кар'єру ПрАТ "ЦГЗК"»
Керівник роботи Луценко Сергій Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри гірничої справи
2. Термін подання роботи 07.02.2025
3. Вихідні дані до роботи Навчальна література, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики відкритої розробки родовищ, літературні джерела, технологічні інструкції, дані ПрАТ «ЦГЗК» м. Кривий Ріг, результати виробничої практики та власних досліджень
4. Зміст пояснювальної записки (перелік запитань) Зміст.

Анотація. Вступ. 1 АНАЛІЗ УМОВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ГІРНИЧОЇ МАСИ В УМОВАХ КАР'ЄРІВ КРИВБАСУ. 2 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ПРИ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН. 3 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ В УМОВАХ АРТЕМІВСЬКОГО КАР'ЄРУ ПРАТ «ЦГЗК». Висновки. Список джерел. Додаток.

5. Перелік графічного матеріалу Схема доріг артемівського кар'єру, транспортна схема ПрАТ «ЦГЗК»

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

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
2	Данилик О. І., начальник служби експлуатації
3	Дідух М. С., заступник начальника цеху з виробництва та планування; Данилик О. І., начальник служби експлуатації.

7. Дата видачі завдання 30.12.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1.	Аналіз гірничо-технічних умов Артемівського кар'єру	05.01.2025
2.	Аналіз транспортної схеми Артемівського кар'єру	08.01.2025

3.	Аналіз рухомого складу Артемівського кар'єру	11.01.2025
4.	Аналіз існуючої системи диспетчеризації	14.01.2025
5.	Аналіз основ функціонування системи диспетчеризації	17.01.2025
6.	Аналіз існуючих рішень	20.01.2025
7.	Рекомендації щодо реалізації	23.01.2025
8.	Аналіз сучасних систем диспетчеризації в умовах Артемівського кар'єру	26.01.2025
9.	Дослідження параметрів роботи сучасних систем диспетчеризації в умовах Артемівського кар'єру	05.02.2025
10.	Формування висновків по роботі	06.02.2025
11.	Оформлення пояснювальної записки	07.02.2025

Здобувач



Роман ДЕНИСЮК

Керівник роботи

Сергій ЛУЦЕНКО

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	7
ВСТУП.....	11
1 АНАЛІЗ УМОВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ГІРНИЧОЇ МАСИ В УМОВАХ КАР'ЄРІВ КРИВБАСУ.....	14
1.1 Аналіз гірничо-технічних умов Артемівського родовища.....	16
1.2 Аналіз транспортної схеми.....	20
1.3 Кар'єрні дороги Артемівського кар'єру.....	25
1.4 Аналіз рухомого складу.....	29
1.5 Аналіз існуючої системи диспетчеризації.....	34
2 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ПРИ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН.....	37
2.1 Аналіз теоретичних основ функціонування систем диспетчеризації.....	38
2.2 Рівні і завдання диспетчеризації.....	39
2.3 Обов'язки диспетчерської служби.....	42
2.4 Аналіз існуючих рішень для диспетчеризації кар'єрного транспорту.....	44
2.4.1 Hexagon Mining – MinePlan.....	44
2.4.2 Mine Production Management Solution.....	46
2.4.3 Wenco International Mining Systems.....	50
2.4.4 Fleet Management Systems (FMS Siemens).....	51
2.4.5 Система «Кар'єр».....	55
3 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ В УМОВАХ АРТЕМІВСЬКОГО КАР'ЄРУ ПРАТ «ЦГЗК».....	61
3.1 Роботизація виробничого процесу.....	62
3.2 Розширення традиційного функціоналу АСУ ГТК.....	64
3.3 Застосування прогнозної аналітики.....	65

3.4 Практичне застосування удосконалених автоматизованих систем управління гірничим виробництвом.....	69
3.5 Дослідження показників роботи сучасних автоматизованих систем в умовах Артемівського кар'єру.....	71
ВИСНОВКИ.....	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	81
ДОДАТОК А Транспортна схема ПрАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат».....	85

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота здобувача Денисюка Романа Едуардовича на тему “ Дослідження показників роботи сучасних автоматизованих систем диспетчеризації при розробці корисних копалин в умовах Артемівського кар’єру ПрАТ "ЦГЗК". – Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 184 Гірництво, ОПП «Технології відкритої розробки родовищ» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2025.

Об’єктом дослідження є система диспетчеризації виробничих процесів при розробці корисних копалин в умовах Артемівського кар’єру ПрАТ "ЦГЗК".

Предметом дослідження є показники ефективності роботи сучасних автоматизованих систем диспетчеризації та їхній вплив на оптимізацію виробничих процесів під час розробки корисних копалин в умовах Артемівського кар’єру ПрАТ "ЦГЗК".

Зокрема, дослідження охоплює:

- методи збору, обробки та аналізу даних у системах диспетчеризації;
- вплив автоматизації на продуктивність та ефективність роботи техніки;
- проблеми та шляхи вдосконалення систем диспетчеризації у гірничодобувному виробництві.

У першому розділі проведено аналіз умов транспортування гірничої маси в умовах кар’єрів Кривбасу. Проведено аналіз гірничо-технічних умов Артемівського родовища, транспортної схеми, кар’єрних доріг Артемівського кар’єру, аналіз рухомого складу та існуючої системи диспетчеризації.

У другому розділі проведено аналіз сучасних систем диспетчеризації при розробці корисних копалин, аналіз теоретичних основ функціонування систем диспетчеризації, рівні і завдання диспетчеризації, обов'язки диспетчерської служби, аналіз існуючих рішень для диспетчеризації кар'єрного транспорту.

У третьому розділі надані рекомендації щодо практичної реалізації сучасної системи диспетчеризації в умовах Артемівського кар'єру ПрАТ «ЦГЗК». Досліджені показники роботи сучасних автоматизованих систем в умовах Артемівського кар'єру.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ, СЛУЖБА ЕКСПЛУАТАЦІЇ, АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ, ПРОГНОЗНА АНАЛІТИКА, ВІДКРИТА РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН, ПРОДУКТИВНІСТЬ.

ABSTRACT

Qualification Thesis of the Applicant Denysiuk Roman Eduardovych on the Topic: “Study of the Performance Indicators of Modern Automated Dispatching Systems in the Development of Mineral Resources under the Conditions of the Artemivskiy Quarry of PJSC ‘CGOK.’” – Qualification Paper in the Form of a Manuscript.

The qualification thesis for obtaining a Master’s degree in the specialty 184 Mining, Educational and Professional Program "Open-Pit Mining Technologies" – LLC "TECHNICAL UNIVERSITY ‘METINVEST POLYTECHNICA,’” Zaporizhzhia, 2025.

The object of the research is the dispatching system of production processes in the development of mineral resources under the conditions of the Artemivskiy Quarry of PJSC “CGOK.”

The subject of the research is the performance indicators of modern automated dispatching systems and their impact on optimizing production processes during the development of mineral resources under the conditions of the Artemivskiy Quarry of PJSC “CGOK.”

In particular, the research covers:

- methods of data collection, processing, and analysis in dispatching systems;
- the impact of automation on the productivity and efficiency of equipment;
- issues and ways to improve dispatching systems in mining production.

In the first chapter, an analysis of the transportation conditions of mined rock in the quarries of Kryvbas was conducted. An analysis of the mining and technical conditions of the Artemivskiy deposit, the transportation scheme, the quarry roads of the Artemivskiy Quarry, the rolling stock, and the existing dispatching system was carried out.

In the second chapter, an analysis of modern dispatching systems in the development of mineral resources was conducted, along with an analysis of the theoretical foundations of dispatching system operations, levels and tasks of dispatching, duties of the dispatching service, and an analysis of existing solutions for quarry transport dispatching.

In the third chapter, recommendations are provided regarding the practical implementation of a modern dispatching system under the conditions of the Artemivskyi Quarry of PJSC "CGOK." The performance indicators of modern automated systems under the conditions of the Artemivskyi Quarry were studied.

KEYWORDS: DISPATCH SYSTEM, OPERATIONS SERVICE, AUTOMATED CONTROL SYSTEMS, PREDICTIVE ANALYTICS, OPEN-PIT MINING, PRODUCTIVITY.

ВСТУП

Залізорудна промисловість України є стратегічно важливою частиною економіки. Криворізький басейн займає передове місце у світі в галузі видобутку залізних руд. В умовах значного технічного процесу та підвищенні вимог до операційної ефективності впровадження новітніх систем диспетчеризації один із ключових напрямків розвитку.

Розвиток відкритих гірничих робіт обумовлено такими характерними особливостями:

- необхідністю освоєння великих родовищ корисних копалин із залученням до відпрацювання більш складних за структурою і бідніших за змістом корисних компонентів покладів, які потребують значних інвестицій і зростання поточних витрат;

- наявністю на ринку великої кількості машин і устаткування для видобування корисних копалин, розроблених провідними світовими фірмами, що мають високі експлуатаційні характеристики і, відповідно, високу вартість для споживачів;

- зтяжними структурними кризовими явищами на сировинних, фінансових ринках, ринках, пов'язаних з ринками гірничо-металургійної продукції;

- загостренням конкуренції між підприємствами на зовнішньому ринку гірничо-металургійної продукції, прагненням отримати максимальний прибуток при найменших витратах;

- новими, більш жорсткими вимогами у сфері екології промислового виробництва.

У той же час, успішна економічна діяльність будь-якого підприємства, в тому числі і гірничого, пов'язана з ефективним взаємозв'язком всіх рівнів управління: єдиною постановкою задач для всіх рівнів управління, наявністю зворотного зв'язку між цими рівнями

управління, відсутністю гоміздкою багаторівневої системи управління, забезпеченням достовірної інформації на всіх рівнях управління [1].

Одним з напрямків, що знижують вплив зазначених характерних особливостей розвитку гірничих робіт, є повномасштабна автоматизація комплексного планування та управління процесами підготовки, виробництва, реалізації продукції. Сучасне гірниче підприємство, з точки зору управління, є найскладнішою технічною системою, успішне та ефективно функціонування якої неможливе без впровадження інноваційних інформаційних технологій. Останні повинні комплексно і інтегровано охоплювати всі сторони функціонування підприємства: технічну, виробничу, фінансово-економічну, маркетингову, кадрову, соціальну та ін [4].

Дієвим засобом підвищення ефективності функціонування складних технологічних комплексів є впровадження сучасних інтегрованих автоматизованих систем управління [2]. Такі системи забезпечують менеджмент підприємства необхідною для прийняття рішень оперативною, достовірною інформацією, надають можливість промодельовувати економічні наслідки від прийняття того чи іншого рішення. Таким чином, інтегровані автоматизовані системи управління, зокрема їх інформаційні підсистеми, представляють собою інструментальний засіб, що допомагає керівництву приймати оптимальні управлінські рішення, що забезпечують ефективно функціонування підприємства [3].

Зростання глибини кар'єрів, ускладнення гірничо-геологічних умов та посилення екологічних вимог створюють додаткові виклики для підприємств регіону. У таких умовах застосування сучасних диспетчерських систем із використанням цифрових технологій є критично важливим для забезпечення безпеки, стабільності та ефективності гірничих робіт.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення продуктивності та раціонального використання ресурсів при відкритій розробці корисних копалин в умовах Артемівського кар'єру.

Метою даної магістерської роботи є дослідження сучасних систем диспетчеризації, їх адаптація до умов відкритої розробки корисних копалин в умовах Артемівського кар'єру ПрАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат», а також розробка рекомендацій для підвищення ефективності їх впровадження.

1 АНАЛІЗ УМОВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ГІРНИЧОЇ МАСИ В УМОВАХ КАР'ЄРІВ КРИВБАСУ

Транспортування гірничої маси є ключовим етапом при відкритті розробці корисних копалин. Умови Криворізького залізорудного басейну вимагають застосування специфічних методів та технічних рішень через глибину кар'єрів, геологічні особливості, кліматичні умови та обсяги видобутку [5]. Оскільки гірничі роботи здійснюються на значних глибинах, транспортні системи повинні забезпечувати безпечно, швидко та економічно вигідне перевезення великої кількості гірничої маси.

До складу Кривбасу входить Артемівське родовище залізистих кварцитів, яке складає основну частину сировинної бази ПРАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат» і розробляється кар'єром №4. Знаходиться родовище в північно-західному напрямку від промислового майданчику комбінату на відстані 45 км, і в 15 км північніше від районного селища Петрове на території Кіровоградської області. Територія родовища має транспортне сполучення з промисловим майданчиком комбінату – автошлях з твердим покриттям та залізнична колія. Площа родовища складає 3,5 км² [7].

Рельєф поверхні родовища – степна рівнина, порушена ярами та балками. На сході від родовища протікає річка Зелена. Клімат району континентальний з м'якою малосніжною зимою і довгим літом. Середньорічна температура повітря +8°C. Середньорічна кількість опадів коливається від 380 мм до 420 мм. Глибина промерзання ґрунту в зимовий період – 0,8 м.

Кар'єр №4 працює відповідно затвердженого проекту «Розкриття та розробка глибоких горизонтів кар'єру №4 для підтримки виробничої потужності комбінату (II-га черга поглибнення)» розробленого ТОВ «Майнінг інжиніринг центр».

В даний час родовище розкрито до гор.- 90 м, фактична глибина кар'єру становить 180 м. Довжина кар'єра поверху: по простяганню

становить 1 250 м, довжина кар'єра хрестом простягання становить 940м. Кількість видобувних горизонтів становить 10 горизонтів. Екскаваторний парк складається з 12 одиниць: 4 шт. ЕКГ 8И, 4 шт ЕКГ 12К , 1 шт. ЕШ 10/50, і 3 шт. ЕКГ 10I

Проектна виробнича потужність Артемівського кар'єра, згідно «Коригування календарних планів по кар'єру №4 до проекту «Розкриття і розробка глибоких горизонтів кар'єра №4 для підтримки виробничої потужності комбінату (2 черга поглиблення)» на 2024 рік по руді становить - 2,8 млн.т / рік, по розкривній масі – 10.08 млн.м³ / рік.

Для розробки кар'єра, комбінат має спеціальний дозвіл на користування надрами Артемівського родовища (реєстраційний номер 2437 від 11.04.2001 виданий Державною службою геології та надр України), та акт гірничого відводу (реєстраційний номер 2072 від 03.05.2012 виданий державною службою гірничого нагляду та промислової безпеки України).

Рекомендації по параметрам БПР, сейсмонебезпечним параметрам (максимальна кількість ВР для одного вибуху та ступінь сповільнення, контурне підривання) виконані з залученням спеціалізованих організацій (НИГРИ, КТУ, НИИБТГ).

Доповнення до Типового проекту затверджується керівником підприємства по узгодженню з підприємством «Підрядником» та вводиться у дію наказом керівника підприємства.

Витратні склади, машини з доставки ВМ належать ПАТ ПВП «Кривбасвибухпром». Охорона блоків і ВМ на блоках здійснюється позавідомчої охороною ПАТ ППП «Кривбасвибухпром». До складу комбінату поряд з трьома кар'єрами та шахтою входять три фабрики (дробильна, збагачувальна та огрудкування), а також допоміжні та транспортні цеха, серед яких гірничо-транспортний цех №2 [8, 9].

На вивезенні гірничої маси з Артемівського кар'єру задіяний Гірничо-транспортний цех №2 (ГТЦ №2).

1.1 Аналіз гірничо-технічних умов Артемівського родовища

Територія Артемівського залізорудного родовища розташована в центральній частині Інгуло-Інгулецької шовної зони, яка обмежена Західно-Інгулецьким і Криворізько-Кременчуцьким глибинними розломами. На сході з Інгуло-Інгулецькою шовною зоною межує Придніпровський мегаблок, а на заході - Кіровоградський мегаблок.

Приуроченість району до зони глибинного розлому значно ускладнила його геологічну будову поширенням локальних розломів, які січуть складчасті структури і надають геологічній будові блокового характеру.

В будові району приймають участь кристалічні породи архейського і протерозойського віку. Основу структурного плану складають гранітогнейсові купола і лінійно-видовжені зони, які представлені породами конксько-верховцевської, криворізької і інгулецької серій

Структурний план району визначається переважно Центральним куполом. Кужелівський і Жуганський купола є продовженням на південь найменш дислокованої частини району. Решта куполоподібних структур мають форму еліпса [6].

Просторове розташування і внутрішня будова залізорудних родовищ визначається купольними структурами, які обумовлюють колоподібні або еліпсоподібні ланцюжки залізорудних проявів. Регіональні закономірності визначаються тектонічним режимом і особливостями осаdko-накопичення в цьому районі.

Метаморфічні породи належать до фації зелених сланців. Залізорудні родовища приурочені до протерозойської залізисто-кременистої формації осаdkового типу і мають схожі властивості внутрішньої будови. Це обумовлене розташуванням родовищ в зоні глибинного розлому, який і визначив загальні риси їх будови. Характерним для усіх родовищ є складне сполучення фрагментів склад-

частих структур з повздовжніми розривними тектонічними порушеннями [10].

Артемівське родовище залізистих кварцитів відпрацьовується по транспортній системі розробки з переміщенням розкривних порід на зовнішні відвали [11].

Основні параметри системи розробки Артемівського родовища на 2024 рік представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. – Основні параметри системи розробки
Артемівського родовища

№ з/п	Параметр	Проект на 2024 рік	Програма на 2024 рік
1	Глибина кар'єру, м	235	235
2	Довжина кар'єру, м	1596	1596
3	Ширина кар'єру, м	1305	1305
4	Кількість горизонтів, од.	21	21
-	<i>із них працюючих</i>	21	21
5	Висота уступу, км		
-	<i>по наносам</i>	10	10
-	<i>по скельним породам</i>	15	15
6	Загальний фронт робіт на 01.01.2025, км	4,905	4,905
7	Кути укосів уступів в робочому положенні, град		
-	<i>кути укосів уступів по наносам</i>	45 - 65	45 - 65
-	<i>кути укосів уступів по скелі</i>	60 - 80	60 - 80
8	Результуючий кут нахилу бортів кар'єру на 01.01.25, град.:		
-	Південний борт	22	22
-	Північний борт	13	13
-	Західний борт	23	23
-	Східний борт	26	26
-	Результуючий кут нахилу борту кар'єру складеного групою уступів, град.	37÷50	37÷50

Віддаленість зовнішнього відвалу та збагачувальної фабрики визначила необхідність комбінованого автомобільно – залізничного транспорту.

Розробка родовища виконується пошарово – уступами зверху вниз з використанням одноківшових екскаваторів ЕКГ-8І, ЕКГ-10 та ЕКГ 12.

Висота уступів при розробці рихлих порід прийнята 10 м, по скальним породам – 15 м, з послідуочим здвоєнням скельних уступів при виході на кінцевий контур. Із верхніх горизонтів 135 м, 125м розкривна маса вивозиться залізничним транспортом на зовнішній відвал №3. Частина розкриття та вся руда із нижніх горизонтів вивозиться автомобільним транспортом на перевантажувальний майданчик горизонту 115/105м, розташований на північному борту кар'єру. Далі гірничу масу перевантажується у залізничний транспорт і транспортується: руда на переробний комплекс, а скальне розкриття на зовнішній відвал №3. Решта розкриття із забоїв вивозиться великовантажними самоскидами на зовнішній бульдозерний відвал «Західний».

Кар'єрний транспорт представлений великовантажними самоскидами, вантажопідйомністю 130 тон, вагонами (думпкарами) вантажопідйомністю 105 тон та тепловозами 2ТЕ-10М.

Складування розкривних порід на залізничних відвалах здійснюється екскаватором ЕКГ-8І та ЕШ 10/50. На бульдозерному відвалі працюють бульдозери Caterpillar D9 та Komatsu D275A-5.

Подрібнення рудоскальних порід виконується з використанням буро-підривних робіт. Для буріння підривних свердловин використовується верстати шарошечного буріння СБШ-250МН, Ferdinand. Підривні роботи на кар'єрі виконує підрядна організація «Кривбасвибухпром», з використанням без тротилових підривних речовин та неелектричних систем ініціювання.

Ширина робочих майданчиків повинна забезпечувати безпечне ведення гірничих робіт для екскаваторів при навантаженні гірничої маси в автомобільний та залізничний транспорт.

Згідно проекту мінімальна ширина робочого майданчика, з урахуванням роботи екскаваторів ЕКГ-8І, ЕКГ-10 та ЕКГ-12 при розробці рудоскельних порід, складає для самоскидів вантажопідйомністю 130 тон – по скальних та насипних породах 32 м, по рихлим породам 36 м, при використанні залізничного транспорту з тепловозною тягою – 35 м.

Мінімальна ширина транспортних берм та з'їздів в кар'єрі прийнята для автомобільного транспорту не менше 17 м при умові організації одностороннього руху і не менше 29 м при організації двостороннього руху. Керівні нахили транспортних з'їздів для автомобільного транспорту складають не більше 8%, для залізничного транспорту – не більше 3 %. Ширина берм безпеки складає 10 м, що забезпечує їх механізовану очистку [12].

1.2 Аналіз транспортної схеми

Транспорт (від лат. transport – переносу, переміщую) – це галузь матеріального виробництва або надання послуг з перевезення людей і вантажів.

Розрізняють такі види транспорту: наземний, водний, повітряний, підземний.

До наземних видів транспорту належать залізничний, автомобільний, конвеєрний, трубопровідний та його спеціальні види.

За призначенням транспорт поділяється таким чином:

– загального користування, що обслуговує сферу обігу різних вантажів і населення;

– промисловий, який обслуговує певне підприємство або групу близько розташованих підприємств і являє собою складову частину виробничого процесу.

Під промисловим транспортом розуміють комплекс певних засобів, механізмів, машин, споруд і шляхів, призначених для обслуговування транспортних виробничих процесів на промисловому підприємстві. Причому прийнято виділяти зовнішній, внутрішньозаводський і внутрішньоцеховий транспорт.

Зовнішній транспорт – здійснює зв'язок промислових підприємств із залізничними станціями загального призначення, пристанями та з іншими підприємствами.

Внутрішньозаводський транспорт – організовує перевезення вантажів між цехами, навантажувально-розвантажувальними пунктами і складами на території самих підприємств (залізничний транспорт, автомобілі, конвеєри й інші транспортні засоби).

Внутрішньоцеховий транспорт – являє собою сукупність засобів для переміщення вантажів (сировинних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів і готової продукції) у межах складів, цехів і навантажувально-розвантажувальних пунктів на промислових підприємствах (до таких належить підймальні крани, конвеєри, ліфти, пневмотранспорт та ін.).

Транспортування гірничої маси – це один із основних виробничих процесів, що разом із буропідливними роботами, екскавацією та відвалоутворенням входить у поняття технології видобутку корисних копалин відкритим способом [13].

Кар'єрний транспорт слугує для переміщення гірничої маси при відкритій розробці родовищ корисних копалин і зосереджує в собі комплекс пристроїв та споруд, включаючи рухомий склад, а також допоміжне обладнання, транспортні комунікації, засоби керування їх роботою та пристрої для технічного обслуговування й ремонту.

На Артемівському кар'єрі облаштовано пункти навантаження, до яких належать екскаваторні забої або проміжні склади, а також пункти розвантаження розкритих порід – відвали. При цьому корисні копалини прийнято подавати на постійні або тимчасові склади, бункери дробильних, сортувальних, збагачувальних фабрик.

Специфіка відкритих гірничих робіт Артемівського кар'єру полягає в постійному переміщенні робочих місць, що й зумовлює особливості експлуатації кар'єрного транспорту й диктує основні вимоги до транспортних засобів, що застосовуються на кар'єрах. Специфіку кар'єрного транспорту порівняно з транспортом загального користування можна сформулювати таким чином:

- необхідність пересування транспортних комунікацій, обладнання, пунктів навантаження й розвантаження в міру переміщення фронту робіт і збільшення глибини кар'єра;
- потреба піднімати та опускати вантажі в кар'єрі; при цьому кут і протяжність згаданих операцій залежить від глибини розробки і виду кар'єрного транспорту;
- значна величина вантажопотоку і висока інтенсивність руху, що вимагає застосування досить потужного і важкого устаткування;
- відносно невеликі відстані транспортування та постійна їх зміна через переміщення навантажувального обладнання вздовж фронту робіт і збільшення глибини кар'єра;
- необхідність взаємного узгодження параметрів транспортного, добувального і навантажувального обладнання для забезпечення їх високопродуктивної роботи (зокрема місткості ківша й транспортної посудини, тривалості простоїв та ін.);
- обмеженість робочого простору на горизонтах;
- значні ударні навантаження на транспортні посудини, особливо при перевезенні скельних порід.

Вибір виду кар'єрного транспорту здійснюється на основі технікоеконімічних розрахунків з огляду на конкретні гірничотехнічні умови і залежить головним чином від таких чинників:

- характеристики й фізико-механічних властивостей транспортованого вантажу (корисної копалини або розкривних порід);
- відстані транспортування, яка залежить від розмірів кар'єрного поля і глибини розробки;
- виробничої потужності підприємства, обсягу перевезень і темпів їх інтенсифікації;
- геологічних умов залягання корисних копалин.

Особливості та основні чинники, що визначають вибір виду кар'єрного транспорту, висувають до нього певні вимоги, виконання яких забезпечує нормальний хід технологічного процесу видобутку корисних копалин із найбільшою ефективністю. Обраний з урахуванням конкретних умов вид транспорту має забезпечувати:

- перевезення запланованого обсягу корисних копалин і розкривних порід;
- мінімальну відстань транспортування від забою до пункту розвантаження (збагачувальна фабрика, відвал, перевантажувальний пункт);
- відповідність конструкції та параметрів транспортних засобів фізико-механічним властивостям переміщуваної гірничої маси;
- достатню маневреність в умовах обмеженого простору на горизонтах та у забої;
- можливість селективного виймання корисних копалин;
- максимальну продуктивність виймально-навантажувального і пропускну здатність транспортного устаткування у забої при переміщенні гірничої маси в транспортні засоби;

Рисунок 1.1 – Транспортна схема ПрАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат»

Етапи транспортування:

- Видобуток залізної руди проводиться у Артемівському кар'єрі;
- Переміщення пустої породи на відвали відбувається кар'єрними самоскидами БелАЗ-75131 вантажопід'ємністю 130 тон;
- На переміщенні гірничої маси на відвалах задіяні гусеничні бульдозери Komatsu D275A-5 та CAT D9R;
- Транспортування руди в кар'єрі відбувається кар'єрними самоскидами до пунктів перевантаження;
- Перевантаження руди на залізничний транспорт відбувається за допомогою екскаватора ЕКГ-8І.
- Транспортування руди від кар'єру до дробильної фабрики відбувається думпкарами при використанні залізничного транспорту з тепловозною тягою, а саме тепловозами 2ТЕ-10М.

1.3 Кар'єрні дороги Артемівського кар'єру

Кар'єрні дороги в Артемівському кар'єрі (АК) відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного транспортування видобутої руди до дробильних та збагачувальних фабрик комбінату. Зважаючи на глибину кар'єру та складний рельєф, підтримання належного стану цих доріг є критично важливим для безпеки та продуктивності гірничих робіт.

Згідно з дослідженнями, експлуатація кар'єрної техніки ускладнюється через поглиблення кар'єрів, що супроводжується збільшенням поздовжніх ухилів та з'їздів. Це вимагає впровадження сучасних технологій та рішень для оптимізації роботи кар'єрного транспорту. На рисунку 1.2 наведена схема кар'єрних доріг АК.

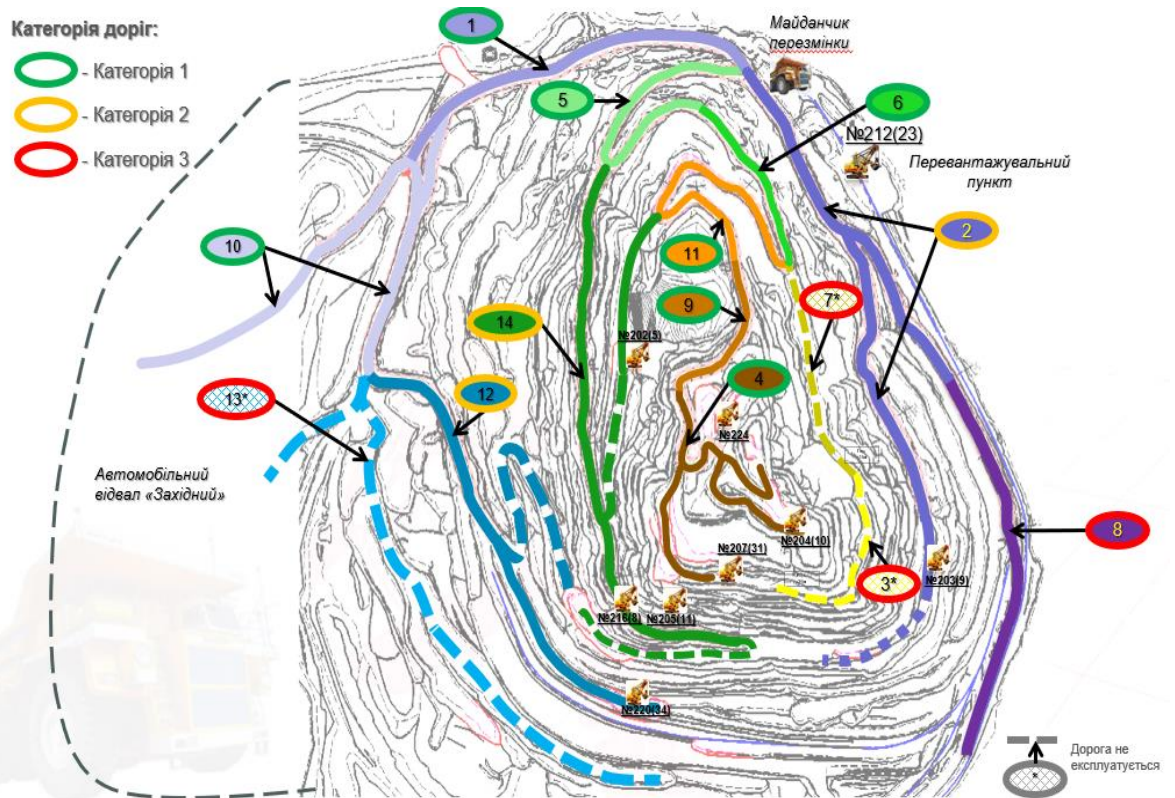


Рисунок 1.2 – Схема кар'єрних доріг АК

Стан доріг Артемівського кар'єру відіграє важливу роль у виконанні виробничих показників. Контрольовані показники технології та обладнання ГТЦ-2 включають витрати дизельного палива (грам на тонно-кілометр), ходимість СКГШ (тис.км), швидкісний режим (км/год) і продуктивність автосамоскидів (м³/см).

Цільовими показниками є:

- По дизельному паливу – 94,24 гр/ткм (середньорічний результат 2023р.);
- По дизельному паливу на госп.цілі - 86,92 тн. (Середньорічний результат 2023р.);
- По СКГШ – 0,01074 прим./тис.км. (найкраща ходимість шини 2023р.);
- Швидкість 17 км/год (середня швидкість великовантажних автосамоскидів найкращий результат);

– Продуктивність 690,29 м3/см (м3 гірничої маси на 1 автосамоскид за зміну, результат 2023р.).

Зазначені показники контролюються протягом зміни службою експлуатації та у разі потреби застосовуються заходи такі як перерозподіл автомобілів під екскаваторами, залучення додаткової бульдозерної техніки для ремонту та підтримання доріг.

Результати відпрацювання зміни, а також підсумки місяця доводяться працівникам на змінно-зустрічних та робочих зборах, де розбираються та обговорюються «вузькі місця» у досягненні найкращих результатів.

Для підвищення роботи підприємства на 2025 рік заплановані наступні заходи:

– Скорочення відстані транспортування гірничої маси на 140м. в 2025 році за рахунок відпрацювання Західного борту на гір.+75м – 233,7 тис.\$ (19,5тис.\$ (18,5тн) на міс x12міс.);

– Розширення ділянки дороги на гір +45м. Артемівського кар'єру що дозволить рух автосамоскидів в 2 смуги і виключить витрати на роз'їзди - 23тис;

– Зниження витрати дизельного палива на перегони автосамоскидів БЕЛАЗ-75131 з Артемівського на Петровський кар'єр з причин дрібних ремонтних робіт із залученням шинного маніпулятора – 23,1тис.\$ (3,300тис.\$ (3,137тн) у міс x7міс. з квітня;

– Зниження витрат на дизельне паливо госп. цілей, шляхом організації заправного пункту гір +120м) – 11,23тис.\$ (0,936тис.\$ (0,890тн) у міс x12міс.);

– Скорочення відстані транспортування гірської маси на 200м. за січень-квітень 2025 року за рахунок відсипання другого ярусу автовідвалу «Західний» та перерозподілу вантажопотоків скельної гірської маси – 174,2тис.\$ (43,6тис.\$ (40тнд/ . з січня по квітень).

На роботах по будівництву, обслуговуванню та підтримці доріг АК задіяна ділянка по утриманню доріг Артемівського кар'єру. В ході виконання даних робіт постійно виконується очищення та ремонтування дорожнього покриття, забезпечення належного стану дренажних систем, усунення ям та інших дефектів, а також підтримка відповідних умов для безпеки руху транспорту.

Загальна протяжність кар'єрних доріг АК складає 11 156 м. Найменування доріг та місцезнаходження наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. – Кар'єрні дороги АК

Найменування дороги	Гор., м	Знаходження дороги	Загальна довжина, м
Дорога № 1	+109/+162	Північний борт	855
Дорога № 2	+120/+75	Східний борт	1566
Дорога № 3	+15/-29	Південно-східний борт	-
Дорога № 4	-45/-70	Південний борт	1440
Дорога № 5	+109/+75	Північний борт	684
Дорога № 6	+75/+45	Північно-східний борт	397
Дорога № 7	+45/+15	Східний борт	-
Дорога № 8	+115/+113	Восточный борт	840
Дорога № 9	-45/-15	Восточный борт	354
Дорога № 10	+159/+180	Західний борт, Автомобільний відвал «Західний»	1285
Дорога № 11	+45/-15	Південно-східний борт	719
Дорога № 12	+159/+129	Південно-західний борт	883
Дорога № 13	+159/+180	Південно-західний борт, Автомобільний відвал "Західний"	-
Дорога № 14	+90/+31	Західний борт	2133

Призначення кар'єрних доріг АК:

- Транспортування видобутої руди до пунктів перевантаження;
- Перевезення гірської породи, що утворюється в процесі видобутку на відвал;
- Під'їзні дороги до екскаваторів;

– Доступ до різних ділянок кар'єру для обслуговування, заправки техніки та проведення вибухових робіт та ін.

1.4 Аналіз рухомого складу

Рухомий склад Артемівського кар'єру ПрАТ «ЦГЗК» включає різноманітну техніку, яка використовується для виконання робіт в кар'єрі, зокрема для видобутку корисних копалин, навантаження та транспортування та обробки матеріалів.

Гірничо-транспортний цех №2 (ГТЦ №2) є самостійним структурним підрозділом ПрАТ «ЦГЗК», який з 2004 року здійснює транспортування технологічним автотранспортом руди та розкривних порід родовища залізистих кварцитів Петровського та Артемівського кар'єрів.

В даний час інвентарний парк великовантажних автомобілів цеху складає 43 од., бульдозерний парк 17 од., парк поливозрошувальних автомобілів 5 од., паливозаправників 5 од., вахтових автомобіля 4 од., автогрейдер 1 од., фронтальний навантажувач 2 од., тягач-буксирувальник 1 од., автокран 1 од., самоскид г/п 55 2 од., дорожня машина 2 од., бортовий автомобіль 1 од., самоскид 2 од., опороперевізник 2 од. та інше.

Середній місячний об'єм вивезення гірничої маси по Артемівському кар'єру складає 935,73 тис м³. Середня відстань транспортування 4,08 км. Середня швидкість транспортування в грудні 15 км/год.

Для виконання виробничої програми по вивезенню гірничої маси задіяні 28 одиниць кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131, вантажопідйомністю 130 тон.

Коефіцієнт технічної готовності (КТГ) парку самоскидів складає 88%, коефіцієнт використання обладнання (КВО) – 79%.

Технічні характеристики кар'єрного самоскида БелАЗ-75131 наведені в таблиці 1.3 [13].

Таблиця 1.3 – Основні технічні характеристики кар'єрного самоскида БелАЗ-75131

Вантажопідйомність, тон	130,0
Транспортна ширина, м	7,0
Довжина, м	11,5
Тип двигуна	КТА 50-С
Потужність, кВт	1194 кВт
Трансмісія	електромеханічна
Тяговий електродвигун	ЭДП-600 (ЭК-590)
Силовий генератор	ГСН-500/8
Об'єм вантажної платформи, м ³	67,0
Радіус повороту, м	13,0
Маса самоскиду без вантажу, тон	107,1
Максимальна швидкість, км/год	48,0

Бульдозерна техніка в Артемівському кар'єрі задіяна на роботах по підготовці майданчиків для видобутку, переміщенню гірничої маси на відвалах, переміщенню руди на пунктах перевантаження, утриманню та ремонті кар'єрних доріг АК.

Робочий парк бульдозерної техніки, задіяної в Артемівському кар'єрі складає 9 одиниць, який представлений бульдозерами Komatsu D275A-5 та CAT D9R. Коефіцієнт технічної готовності (КТГ) парку самоскидів складає 85%, коефіцієнт використання обладнання (КВО) – 76%. Технічні характеристики бульдозерів наведені у таблицях 1.4 та 1.5 [14, 15].

Таблиця 1.4 – Основні технічні характеристики гусеничного бульдозера Komatsu D275A-5

Вага, тон	45,2
Транспортна ширина, м	4,3
Довжина, м	9,3
Ширина доріжки, мм	760,0
Тип двигуна	SAA6D140E-5
Потужність, кВт	335 кВт
Трансмісія	гідромеханічна
Об'єм відвалу, м ³	16,6

Таблиця 1.5 – Основні технічні характеристики гусеничного бульдозера CAT D9R

Вага, тон	48,5
Транспортна ширина, м	3,3
Довжина, м	8,2
Ширина доріжки, мм	610,0
Тип двигуна	3408C
Потужність, кВт	302 кВт
Трансмісія	гідромеханічна
Об'єм відвалу, м ³	16,4

Як навантажувальне обладнання в кар'єрі використовуються 12 екскаваторів з них:

- Автомобільний забій – 8 екскаваторів ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12К;
- Залізничний забій – 1 екскаватор ЕКГ-8І;
- Внутрішньокар'єрні перевантажувальні пункти – 1 екскаватор ЕКГ-8І;
- Залізничний відвал – 2 екскаватори ЕШ 10/50 та ЕКГ-8І.

Розпушування скельної гірської маси здійснюється буропідривним способом. Парк бурових верстатів складає 7 одиниць типу СБШ-250МН та Ferdinand.

Технічні характеристики екскаваторів ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12К, ЕШ-10/50 та бурових верстатів ВБШ-250 МНА-32, Ferdinand наведені в таблицях 1.6, 1.7, 1.8, 1.9 [16].

Таблиця 1.6 – Основні технічні характеристики екскаваторів ЕКГ

Параметр	ЕКГ-8i	ЕКГ-10	ЕКГ-12
Об'єм ківша, м ³	8,0	10,0	12,0
Радіус черпання на горизонті встановлення екскаватора, м	9,04	12,6	13,8
Максимальна висота черпання, м	13,2	13,5	15,0
Максимальний радіус розвантаження, м	12,65	16,3	18,0
Максимальний радіус черпання, м	18,4	18,4	20,5
Максимальна висота розвантаження, м	8,6	8,6	10,0
Маса екскаватора, т	373,0	395	672,0
Тривалість циклу, с	28,0	26,0	28,0

Таблиця 1.7 – Основні технічні характеристики екскаватора ЕШ-10/50

Довжин стріли, м	50,0
Кут нахилу стріли, град	30,0
Підйомне зусилля, кН	500,0
Найбільша висота розвантаження, м	20,5
Найбільша глибина черпання, м	21,0
Максимальний радіус розвантаження, м	46,5
Ширина кузову, м	10,0
Ширина ходу, м	13,72
Висота кузову від поверхні землі, м	9,6
Швидкість руху, км/год	0,2
Маса екскаватора, т	688,0

Таблиця 1.8 – Основні технічні характеристики ВБШ-250 МНА-32

Діаметр свердловини, мм	250,0
Довжина штанги, м	8,0
Кількість штанг, шт	4,0
Глибина буріння, м	32,0
Спосіб пилеподавлення	Вологий
Напруга живлення, В	380,0
Сумарна потужність, кВт	460
Потужність двигуна обертача, кВт	90
Швидкість спуску/підйому бурового снаряда, м/хв	0...3
Продуктивність компресора, м ³ /хв	32,0
Частота обертання бурового ставу об/хв	0...120
Потужність двигуна приводу ходу, кВт	2x35
Швидкість переміщення, км/ч	0-1,3
Максимальний долаємий кут, град	12
Маса, т	80
Довжина, м	10,5
Ширина, м	5,7
Висота з піднятою мачтою, м	16,2

Таблиця 1.9 – Основні технічні характеристики Ferdinand

Діаметр свердловини, мм	250,0
Глибина буріння вертикальних свердловин, м	32,0
Кут нахилу свердловини до вертикалі, град.	0, 15, 30
Верхня межа частоти обертання бурового ставу, об/хв	130,0
Верхня межа зусилля подачі, кН	320,0
Хід подачі, м	8,8
Швидкість подачі під час буріння, м/хв	0-1,5
Швидкість спуско-підйомних операцій, м/хв	14-15
Швидкість пересування верстата, км/год	0,8-1,2
Найбільший кут підйому при пересуванні з опущеною щоглою, град	10,0
Одночасне максимальне навантаження, кВт	430,0
Діаметр бурової штанги, мм	203,0
Довжина бурової штанги, мм	8150,0
Кількість бурових штанг у сепараторі, шт	3,0
Загальна кількість бурових штанг, шт	4,0
Довжина, м	10,0
Ширина, м	5,45
Висота з піднятою мачтою, м	15,5

1.5 Аналіз існуючої системи диспетчеризації

Система диспетчеризації на ПрАТ «ЦГЗК» є складним рішенням з задіянням автоматизованих систем, які забезпечують ефективну організацію виробничих процесів, підвищення продуктивності та зниження витрат.

Ці системи об'єднують апаратні засоби, програмне забезпечення, людські ресурси та алгоритми для моніторингу, контролю і оптимізації всіх етапів технологічного процесу.

Диспетчерська служба підпорядковується начальнику служби експлуатації (рисунок 1.1).



Рисунок 1.3 – Структура служби експлуатації

Диспетчерами служби експлуатації здійснюється оперативна консолідація інформації щодо ходу виробничої діяльності з використанням систем програмного забезпечення, засобів комунікацій та зв'язку.

Основними завданнями та обов'язками являється:

- Оперативна консолідація та зведення даних щодо виконання змінних завдань виробничого процесу, а саме з видобутку, навантаження транспортування гірничої маси в Артемівському кар'єрі.
- Своєчасне надання старшому диспетчеру необхідної інформації для здійснення оперативного контролю за ходом виробництва;
- Оперативний зв'язок із замовниками перевезень для забезпечення узгодженої оперативної організації ходу виробничих процесів цеху;
- Оформлення, видачу та приймання подорожніх листів;
- Реєстрацію дорожньої документації та облік роботи автотранспортних засобів;
- Оперативний облік, контроль в аналіз результатів роботи автотранспортних засобів, дорожньо-будівельної техніки та навантажувально-розвантажувальних механізмів;
- Внесення показників одометра і залишків пального до програмної системи;
- Доведення до технологічного персоналу повідомлення про умови та особливості перевезень на маршрутах, стан доріг, особливості руху на окремих ділянках доріг;
- Контроль графіків випуску на лінію та руху обладнання;
- Перенаправлення транспортних потоків;
- Контроль виконання встановлених виробничих завдань цеху
- Контроль питомих витрат;
- Фіксація і контроль в системі SAP технічних і технологічних показників;
- Контроль виконання заданого коефіцієнту технічної готовності та коефіцієнту використання обладнання;

- Участь у прийманні рішень щодо оптимізації роботи обладнання, маршрутів пересування техніки та ін. для оптимізації виробничих показників.

Існуюча система диспетчеризації все ж має недоліки, до яких можна віднести наступне:

- Система диспетчеризації недостатньо автоматизована у зв'язку з необхідністю введення деяких даних вручну;

- Часто дані не оновлюються в реальному часі, що може впливати на ефективність керування процесами і планування ремонтів;

- Встановлені датчики контроль тиску в шинах виробляються країною-агресором, що ускладнює їх закупівлю у зв'язку із санкціями. Потребується перехід на датчики, які виробляються в США, Китаї, Європи, що тягне за собою значні фінансові витрати;

- Відсутність можливості контролю технічного стану обладнання;

- Використання різних типів комунікаційних каналів (телефон, рація), що може призвести до інформаційних "пробілів" і помилок.

- Недосконала система контролю виробничих процесів і розподілу транспортних потоків;

- Недосконала узгодженість між диспетчерами і водіями іноді створює затримки у перевезеннях, збільшує витрати пального і знижує загальну продуктивність;

- Недосконала узгодженість між підрозділами комбінату;

- Відсутність ефективних інструментів для довгострокового планування і прогнозування може призвести до проблем з ресурсами, затримками у виконанні змінних завдань, що в свою чергу може вплинути на загальну ефективність і прибутковість підприємства;

- Функціонування існуючої системи диспетчеризації потребує значних людських ресурсів, що в умовах воєнного стану та у зв'язку відтоку персоналу значно ускладнює ситуацію.

Таким чином, для вирішення існуючих проблем і недоліків необхідно розглянути можливість використання новітніх автоматизованих систем диспетчеризації. Їх основне завдання — це інтеграція, автоматизація та оптимізація управлінських і виробничих процесів, що дозволяє значно покращити як продуктивність, так і безпеку, а також знизити вплив людського фактору.

2 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ПРИ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Аналіз досвіду роботи промислових підприємств і праць дослідників проектування та впровадження систем управління свідчить, що інтегровану систему управління промисловим підприємством можливо сформулювати лише на засадах впровадження високоавтоматизованої інформаційної системи управління. Незважаючи на значну кількість наукових і методичних праць, що стосуються проектування та застосування інформаційних систем, проблема їх формування, впровадження, а головне – застосування в різних умовах виробництва, досліджено недостатньо. Зокрема, недостатньо розглянуто питання проектування методичного та інформаційного забезпечення управління технологічними процесами та інтеграція результатів такого управління в формування управлінських рішень більш вищого рівня менеджменту, недостатньо практично вирішуються питання моделювання процесів управління та вплив результатів моделювання на подальший розвиток, як технологічного процесу, так і функціонування в цілому підприємства. Крім того, недостатньо формалізованим є понятійний апарат щодо організаційних засад формування інтегрованих систем управління виробництвом, який потребує уточнення і систематизації. Все це вимагає подальшого дослідження методологічних, методико-прикладних засад створення

інтегрованих систем управління, зокрема його методично-інформаційного та організаційного забезпечення [17].

2.1 Аналіз теоретичних основ функціонування систем диспетчеризації

Диспетчеризація – це система постійного контролю та оперативного регулювання виробничого процесу для забезпечення виконання операційної програми. Вона передбачає створення централізованої служби, яка відповідає за оперативне управління господарською діяльністю, використовуючи відповідні методи та технічні засоби. Обов'язки інших працівників виробничо-диспетчерського відділу визначаються їхніми посадовими інструкціями.

Ефективна робота диспетчерської служби можлива за дотримання певних умов, які можна узагальнити як вимоги до повноважень, компетентності та оснащення. Диспетчер повинен мати необхідні повноваження для вирішення всіх питань оперативного управління без втручання керівництва підприємства. Важливим засобом підвищення авторитету головного диспетчера є призначення його заступником головного менеджера з оперативного управління.

Основною рисою диспетчерського керівництва є делегування повноважень від керівника підприємства до диспетчера. Високі вимоги пред'являються до професійних і особистісних якостей диспетчерського персоналу, особливо головного диспетчера. Він має бути досвідченим менеджером, який раніше керував підрозділами, за діяльність яких тепер відповідає.

Диспетчер повинен володіти організаторськими здібностями, гарною пам'яттю, швидкою реакцією та вмінням перемикаати увагу між близькими і віддаленими задачами. Такі риси, як цілеспрямованість,

наполегливість і рішучість, мають поєднуватися з компетентністю, що дозволяє ефективно виконувати обов'язки на займаній посаді.

2.2 Рівні і завдання диспетчеризації

У підприємствах із цеховою структурою зазвичай застосовується дво- або трирівнева система диспетчеризації:

1) Центральний рівень управління виробництвом (планово-диспетчерський відділ): основними завданнями цього рівня є контроль за виконанням планів підприємства та цехів щодо обсягів видобутку, навантаження і транспортування гірничої маси;

2) Цеховий рівень управління виробництвом (планово-диспетчерське бюро): здійснюється контроль виконання планів у межах цеху та, за необхідності, організовується планування роботи окремих ділянок;

3) Рівень управління на ділянках: начальник ділянки або майстер відповідає за поопераційний контроль виконання робіт.

При цьому автоматизована система управління (АСУ) виробництвом повинна забезпечувати прозорість інформації на всіх рівнях. Наприклад, начальник виробничого відділу має мати доступ до даних щодо виконання планів на рівні ділянок і навіть окремих технологічних операцій для партій деталей чи складальних одиниць. [2].

На практиці автоматизовані системи не завжди застосовують детальний поопераційний аудит виконання виробничої програми [18].

Це пояснюється двома основними причинами:

1) Обмеження автоматизованих систем управління (АСУ) – у системах можуть використовуватися спрощені дані про виробничі процеси. Наприклад, технологічні операції можуть бути описані загальними термінами, замість конкретних операцій. Крім того, у маршрутах виробництва можуть бути пропущені певні цехи або етапи, а

в довідниках – відсутні дільниці чи склади. Такі спрощення впроваджують свідомо для зменшення витрат на аудит операційної діяльності, якщо більш детальний підхід є економічно недоцільним.

2) У деяких випадках точний аудит є необхідним, але відсутність ресурсів для швидкого введення великого обсягу даних обмежує можливості деталізації. Тому процес деталізації диспетчеризації здійснюється поетапно відповідно до графіка впровадження АСУ. Важливо, щоб система підтримувала різні рівні деталізації аудиту, залишаючись працездатною.

Оперативне регулювання виробництва здійснюється шляхом диспетчеризації, яка включає систематичний аудит операційної діяльності, контроль виконання змінно-добових завдань і профілактичні заходи для усунення причин, що порушують ритм виробництва.

Оперативно-виробниче планування поділяється на:

1) Міжцехове – виконується диспетчерським відділом служби експлуатації, який розробляє оперативно-календарні нормативи, узгоджує зміст і терміни графіків роботи цехів, видає цехам календарні плани, здійснює аудит операційної діяльності та диспетчеризацію виконання плану.

2) Внутрішньоцехове – спрямоване на ритмічне виконання співробітниками місячної програми і здійснюється виробничо-диспетчерськими бюро.

Основним завданням диспетчеризації є забезпечення щоденного ритмічного й планомірного виконання запланованого обсягу робіт.

Фундаментом диспетчеризації виступають функції менеджменту, такі як контроль і регулювання. У процесі виробництва неминуче виникають зміни й відхилення, які потребують коригування раніше складених планів. До них відносяться:

– відсутність матеріалів, заготовок, готових деталей, пристосувань чи інструментів на складі або робочих місцях;

- відсутність співробітників;
- інші фактори, що впливають на виробничий процес.

Сучасний аудит операційної діяльності дозволяє не лише здійснювати контроль, але й оперативно регулювати виробництво відповідно до запланованих показників. Ефективна організація системи аудиту на рівні всього підприємства є необхідною умовою для досягнення цих цілей. Основною задачею такої системи є отримання оперативної інформації про результати роботи виробничих цехів та їхніх підрозділів за певний період.

Положення про підрозділи виробничо-диспетчерського відділу затверджуються керівником підприємства. Розподіл обов'язків між співробітниками відділу здійснюється начальником виробничо-диспетчерського відділу.

Сучасна диспетчерська служба повинна бути оснащена сучасними засобами зв'язку, комп'ютерною технікою, іншими технічними засобами, без яких вона втрачає свою основну якість – оперативність.

Передумовою ефективної диспетчеризації є належний рівень організації виробництва, що в першу чергу залежить від високої організаційної культури підприємства.

Реалізація цього завдання можлива за умови своєчасного надходження, повноти й достовірності врахованої інформації. Для цього доцільно створити комплексну автоматизовану систему аудиту операційної діяльності, яка відповідатиме таким вимогам:

- висока оперативність збору та обробки інформації;
- уникнення дублювання функцій на кожному рівні системи;
- попередня обробка даних у пунктах їх збору;
- виключення надлишкової інформації, що передається до інформаційно-обчислювального центру;
- можливість синтезу отриманих даних у необхідних розрізах для управління;

– мінімізація ручної праці при заповненні первинної документації.

Основне завдання диспетчеризації полягає в контролі номенклатури виконаних робіт і строків їх завершення [19]. Це вимагає оперативної інформації про поточний стан виробничих процесів для прийняття своєчасних і економічно обґрунтованих управлінських рішень. У разі деталізації аудиту операційної діяльності, коли необхідний контроль виконання окремих технологічних операцій, дані мають потрапляти до системи в режимі реального часу, а час їх появи вимірюватися хвилинами. Це висуває високі вимоги до дисципліни виконавців і актуальності даних у виробничих специфікаціях.

До складу системи диспетчеризації входять:

- диспетчерські пункти;
- диспетчерський персонал;
- оперативно-диспетчерська інформація та документація;
- комплекс технічних засобів зв'язку й інших пристроїв для збору, зберігання, передачі, обробки та відображення інформації.

Диспетчеризація є складовою автоматизованої системи управління (АСУ), яка являє собою найвищу форму диспетчерського управління.

Оперативно-диспетчерське управління на підприємстві та його підрозділах здійснюється диспетчерами з обладнаних пунктів, до яких належать головний диспетчерський пункт і локальні диспетчерські пункти.

2.3 Обов'язки диспетчерської служби

Головний диспетчер підприємства є ключовою фігурою у вирішенні оперативних питань і підпорядковується безпосередньо начальнику служби експлуатації. Він відповідає за ефективне виконання функцій диспетчерської служби та має право:

- надавати оперативні розпорядження керівникам, диспетчерському персоналу підрозділів, а також організаціям-виконавцям;

- вимагати виконання своїх розпоряджень і своєчасного подання необхідної інформації;

- перерозподіляти матеріально-технічні ресурси для забезпечення виконання робіт.

Змінні диспетчери виконують завдання відповідно до графіка та вказівок головного диспетчера. Їхні функції включають:

- збір, обробку та передачу оперативної інформації;
- контроль виконання графіків і заявок;
- підготовку матеріалів для нарад.

На нараді розглядаються:

- підсумки виконання графіка за попередній день.
- доповідь головного диспетчера про хід робіт та виконання попередніх рішень.

- рапорти керівників служб і структурних підрозділів про виконання тижнево-добових графіків.

Під час наради керівник підприємства вирішує спірні питання, дає додаткові вказівки. Прийняті рішення заносяться до журналу, а головний диспетчер встановлює контроль за їх виконанням.

Двосторонній зв'язок між диспетчерським пунктом і виробничими дільницями забезпечується через диспетчера дільниці. Оператор диспетчерського пункту підпорядковується черговому диспетчеру, займається передачею оперативної інформації, веденням облікової документації та іншими допоміжними завданнями.

Контроль виконання рішень здійснюється методом подвійної перевірки: підтвердження виконання завдання має надійти як від виконавця, так і від представника суміжних підрозділів. У разі

виникнення суперечностей головний диспетчер або працівник апарату управління проводить додаткову перевірку [20].

2.4 Аналіз існуючих рішень для диспетчеризації кар'єрного транспорту

Системи диспетчеризації кар'єрного транспорту — це технології, які використовують автоматизацію та передові алгоритми для управління транспортними засобами в кар'єрі. Їх основна мета — забезпечити ефективну і безпечну роботу транспорту в умовах видобутку корисних копалин.

Сучасні системи для управління кар'єрним транспортом базуються на програмних продуктах, які об'єднують автоматизацію, моніторинг і аналітику. Найпопулярніші рішення:

- Hexagon Mining - MinePlan;
- Mine Production Management Solution (MPMS);
- Wenco International Mining Systems;
- Fleet Management Systems (FMS Siemens);
- Система «Кар'єр» від ТОВ «ВІСТ Груп»

2.4.1 Hexagon Mining – MinePlan

MinePlan – це сучасний інструмент для побудови оптимальних маршрутів пересування кар'єрної техніки. За допомогою спеціальних алгоритмів система визначає оптимальні та найефективніші шляхи для навантаження і транспортування гірничої маси, що дозволяє знизити витрати палива, скорочувати час і відстань транспортування, підвищувати загальну ефективність транспорту.

При плануванні враховуються такі фактори як швидкість руху транспорту, стан та параметри доріг, навантаження з датчиків GPS та іншими датчиками для моніторингу даних в реальному часі.

Робота MinePlan основана на аналізі геологічних даних для створення 3D-моделей родовищ. Програма враховує параметри гірських порід, що дозволяє будувати точні плани видобутку та прогнозувати продуктивність. Ці моделі допомагають визначити оптимальні ділянки для видобутку та створити стратегію, яка мінімізує витрати при максимальному видобутку.

Програмне забезпечення дозволяє створювати різні варіанти планів видобутку, враховуючи різні умови, такі як глибина, безпека, витрати на транспортування та інші. За допомогою алгоритмів оптимізації, MinePlan пропонує найбільш економічно вигідні варіанти для роботи кар'єрної техніки, аналізуючи різні сценарії.

MinePlan автоматично планує і оптимізує маршрути транспортування гірничої маси між різними ділянками кар'єру, враховуючи можливі «вузькі місця» на дорогах і ефективність транспорту, система розподіляє транспорт для забезпечення безперебійної доставки гірничої маси на пункти перевантаження і відвали.

Програма має можливість інтеграції з різними іншими програмними продуктами, такими як системи для управління автопарком (Fleet Management Systems), SCAD, ERP та SAP ECP. Це дозволяє створити єдину автоматизовану систему для управління всіма процесами на кар'єрі, підвищуючи ефективність і точність збору та обробки даних.

MinePlan проводить детальний аналіз в реальному часі видобуток та транспортування, формуючи звіти про витрати на паливо, ефективність транспорту, продуктивність обладнання та виробничі

показники. Це дозволяє операторам диспетчерської служби коригувати роботу обладнання та приймати оперативні рішення.

Завдяки функціям моделювання можливих сценаріїв (What-If Analysis), MinePlan дозволяє планувати зміни у роботі, наприклад, якщо зростуть витрати на паливо чи зміниться інші умови. Це дозволяє приймати обґрунтовані стратегічні рішення у випадку можливих змін [21].

2.4.2 Mine Production Management Solution

Прикладом успішної розробки та впровадження в практику інтегрованої системи управління, структура якої представлена в таблиці 2.1, є досвід роботи компанії Gemcom Software International Inc. (Канада). Компанія розробила для великих гірничодобувних корпорацій інтегровану автоматизовану систему управління Mine Production Management Solution (MPMS). MPMS поєднує використання IT, CRM і ERP систем. Клієнтами Gemcom з розробки та використання MPMS є такі гірничодобувні компанії як De Beers, Rio Tinto, CVRD and Codelco [22].

Технологія MPMS заснована на використанні наступних додатків компанії Gemcom.

1. Geology Enterprise Mining System (GEMS) – програмне забезпечення для геології, маркшейдерії, проектування, планування гірничих робіт. GEMS – гірничо-геологічна система, що має гнучку модульну структуру і дозволяє вирішувати практично всі завдання інженерного забезпечення гірничого виробництва при видобутку всіх типів твердих корисних копалин як відкритим, так і підземним способами.

2. ProdTrak – система поточного управління гірничодобувного виробництва. Оперативні дані можуть передаватися в системі ERP і BI.

3. Whittle – система економічної оптимізації та техніко-економічного обґрунтування гірничих робіт.

4. Production Scheduler (планування на базі MineMax™). Діаграма Gantt забезпечує загальну платформу для різноманітних завдань планування відпрацювання родовища.

5. Enterprise Application Integration (EAI) (прикладна інтеграція підприємства) – дозволяє інтеграцію будь-якої програми третіх сторін з накопиченням даних в ProdTrak.

Geology Enterprise Mining System є одним з кращих рішень по організації обміну технологічними даними між структурними підрозділами гірничого підприємства будь-якого масштабу. Для користувача суттєвою перевагою є те, що на базі GEMS можлива організація такої системи збору даних, яка дозволяє накопичувати, обробляти, проводити якісний аналіз інформації інженерних служб в єдиній базі даних і обмінюватися ними між центрами і регіонами від введення даних по розвідувальних свердловин до формування звітів по продуктивності, кількості видобутку, планованих показників видобутку тощо.

При використанні системи MPMS керівники отримали оперативну інформацію про основні показники виробничої діяльності гірничих підприємств. Фахівці придбали інструментарій, що дозволяє, наприклад, швидко виконувати технологічні, економічні розрахунки, аналізувати варіанти розвитку гірничих робіт, оперативно перераховувати запаси корисних копалин і контролювати їх рух, обмінюватися даними в рамках єдиної системи.

Розглянемо склад та структуру рівня АСУТП, в якому пропонується виділити три підрівня реалізації управління технологічними процесами [23].

Нижній рівень – рівень датчиків, виконавчих механізмів і контролерів, які встановлюються безпосередньо на технологічних

об'єктах. Їх функції полягають в отриманні інформації про параметри процесу, перетворення її у відповідну форму для передачі на вищий рівень. Задачами нижнього рівня є: збирання інформації про вимірювані технологічні параметри процесу; формування керуючих дій на технологічний процес з метою підтримки технологічних параметрів у заданих значеннях або зміни їх за певними законами; сигналізація про вихід параметрів за задані межі; блокування помилкових дій персоналу і керуючих пристроїв. Датчики передають інформацію локальним програмованим логічним контролерам (ПЛК, PLC – Programming Logical Controller) з операційними системами реального часу.

Середній рівень. Інформація з локальних контролерів може прямувати в мережу диспетчерського пункту безпосередньо, а також через контролери середнього рівня. Залежно від поставленої задачі контролери середнього рівня (концентратори, інтелектуальні або комунікаційні контролери) виконують різні функції: збирання інформації з контролерів нижнього рівня, її обробка; вироблення сигналів управління на основі аналізу інформації; синхронізація роботи підсистем; архівування інформації; обмін інформацією між локальними контролерами і верхнім рівнем; робота в автономному режимі при порушеннях зв'язку з верхнім рівнем; діагностика і захист від збоїв в елементах підсистем нижнього рівня.

Верхній рівень – диспетчерський пункт – включає, перш за все, одну або декілька станцій управління, що є автоматизованим робочим місцем диспетчера/оператора. На верхньому рівні може бути розміщений сервер бази даних, робочі місця (комп'ютери) для фахівців тощо. Робочі станції управління (ПЕОМ) призначені для відображення ходу технологічного процесу і оперативного управління. Ці задачі вирішують SCADA – системи (Supervisory Control And Data Acquisition – дистанційне керування і збір даних). Загальною назвою SCADA визначають системи дистанційного моніторингу і управління. SCADA –

це спеціалізоване програмне забезпечення, орієнтоване на забезпечення інтерфейсу між диспетчером і системою управління, а також комунікацію із навколишнім середовищем. Спектр функціональних можливостей визначається функціями SCADA в системах управління.

Таблиця 2.1 – Структура інтегрованої автоматизованої системи управління гірничим підприємством

Рівень системи управління	Об'єкт управління	Суб'єкт управління	Функції управління
OLAP– Системи	альтернативні перспективи зміни стану (стратегічні плани)	власники, керівники вищої ланки менеджменту	формування, корегування місії, цілей організації; розробка сценаріїв стратегій функціонування підприємства
ERP– Системи	економічні процеси, фінанси, маркетинг, кадри	керівники структурних підрозділів економікофінансового блоку	контроль, аналіз, передача систематизованої інформації на OLAP–системи рівень управління; планування, управління економічною, фінансовогосподарською діяльністю підприємства
MES– Системи	загальні процеси підготовки та виробництва продукції	керівники структурних підрозділів технікотехнологічного блоку	контроль, аналіз, передача систематизованої інформації на ERP–системи рівень управління; планування, управління підготовкою виробництва та випуску продукції
АСУТП	одиначні процеси підготовки та виробництва продукції	керівники лінійних служб структурних підрозділів технікотехнологічного блоку	збір, контроль, передача систематизованої інформації на MES–системи рівень управління; планування, корегування технологічних процесів

2.4.3 Wenco International Mining Systems

Технічні рішення, що реалізовані в автоматизованій системі управління гірничотранспортним комплексом компанією Wenco International Mining Systems (Канада), дозволили говорити про якісний рівень управління гірничим виробництвом на основі інформаційних технологій. Наприклад, типова конфігурація АСУГТР Wenco була впроваджена на кар'єрі «Нюрбінській» (Нюрбінській ГЗК АК "АЛРОСА") [24].

Гірничо-транспортний комплекс містить в основному техніку фірми "Caterpillar": гідравлічні екскаватори CAT-5130B, CAT-375, CAT-325, навантажувачі CAT-992/988/980, автомобільний транспорт – автосамоскиди CAT-777D/777F і автосамоскиди БелАЗ 754813. АСУГТР на кар'єрі "Нюрбінській" охоплює управління екскаваторним устаткуванням і кар'єрними автосамоскидами, в сферу охоплення АСУ включені відвали, рудні склади і приймальне відділення збагачувальної фабрики.

На борту кожної одиниці мобільного обладнання встановлено "Мобільний термінал даних" (МТД). Це комплект устаткування, що включає бортовий промисловий комп'ютер, монітор з сенсорним екраном, радіоприймач системи GPS для визначення місця розташування і переміщення мобільного устаткування, радіостанцію для прийому і передачі технологічної та розпорядчої інформації. Інфраструктура бездротової системи комунікацій (інформаційна мережа) базується на технології MESH.

Структурні блоки АСУГТР Wenco забезпечують виконання таких основних функцій: автоматизація збору та подання інформації про місцезнаходження і стан гірничого і транспортного устаткування для диспетчерського управління комплексом; автоматична оптимальна диспетчеризація екскаваторно-автомобільного комплексу; управління

повнотою завантаження автосамоскидів; контроль дотримання маршрутів і швидкості руху автосамоскидів; контроль відхилення технологічного процесу від заданих параметрів і режимів; моніторинг технічного стану та обслуговування обладнання; оперативний і накопичувальний облік роботи устаткування і кар'єра в цілому.

Важливим етапом розвитку автоматизованої системи управління гірничо-транспортним комплексом стала її інтеграція з іншими системами, що використовуються на гірничих підприємствах (ERP-системами, інформаційними системами). У зв'язку з цим істотно підвищилася ефективність вирішення завдань управління технологічними процесами. Так, наприклад, однією з найбільш актуальних завдань для підприємств є інтеграція систем управління з гірничо-геологічними системами з метою контролю якості корисних копалин, що видобуваються. В результаті інтеграції цих двох систем користувач отримує можливість в режимі реального часу відслідковувати окремі показники роботи (наприклад, процентний вміст корисної копалини в руді, в кузові транспортного засобу) [25].

Інтерфейс АСУГТР Wenco інтегрований з корпоративною інформаційною системою управління виробництвом АК "АПРОСА" "Феномен-2". Усі виробничі показники автоматично передаються в систему "Феномен-2", з якої потрапляють в єдиний диспетчерський звіт по компанії, а також використовуються при управлінні виробництвом на рівні ERP-системи [24].

2.4.4 Fleet Management Systems (FMS Siemens)

Система управління автопарком, автогосподарством (Fleet management system, FMS) призначена для автоматизації управління транспортом, як у автотранспортних підприємствах, і у транспортних підрозділах компаній. FMS забезпечує комплексну підтримку бізнес-

процесів, дозволяє отримувати та використовувати інформацію, необхідну для прийняття управлінських рішень та забезпечення обліку діяльності підприємства.

Система FMS складається з таких основних модулів:

1. Модуль диспетчеризації – призначений для оформлення замовлень на транспортні засоби, розподілу їх на автомобілях. Замовлення можуть прийматись як від сторонніх замовників, так і від внутрішніх підрозділів підприємства. Графічний інтерфейс дозволяє групувати замовлення по регіонах доставки, поточному стану та розподіляти замовлення за «вільними» транспортними засобами.

2. Модуль обліку перевезень дозволяє вести облік колійних листів (міжнародного колійного листа, колійних листів вантажного або легкового автомобілів). Рішення дає можливість виписувати дорожні листи різними способами: формувати новий дорожній лист вручну або на підставі замовлення на транспортний засіб, або на підставі маршрутного аркуша, а також формувати список дорожніх листів за допомогою пакетної виписки. При заповненні нового дорожнього листа програма автоматично переносить залишки палива та показання спідометра з попереднього дорожнього листа. Розклад роботи автомобіля встановлюється згідно з обраним довідником режимів роботи або заповнюється (за умовчанням) з облікової політики організації. Прізвища водіїв «підставляються» у дорожні листи відповідно до складів екіпажів та графіків роботи.

При виписці дорожніх листів програма перевіряє, чи є кожен автомобіль придатним до експлуатації за різними параметрами: відсутність реєстраційних документів зі строком дії, що минув (талон технічного огляду, страховий поліс і т.д.), відсутність планового технічного огляду, що наближається, тощо. Диспетчер може переглянути попередньо створені дорожні аркуші, при необхідності

внести зміни та відхилення, зберегти та роздрукувати як загальний список дорожніх аркушів, так і окремі вибрані дорожні аркуші.

У програмі реалізовано такі звіти щодо роботи автомобілів:

Звіт з виробництва автомобілів.

- Звіт з пробігу;
- Звіт з напрацювання обладнання;
- Звіт з простоїв;
- Картка роботи транспортних засобів;
- Звіт за техніко-експлуатаційними показниками;
- Звіт щодо роботи водіїв.

3. Модуль планових технічних оглядів – основні функції модуля: контроль документів (талони техогляду, страхові поліси тощо); контроль термінів планового технічного обслуговування та заміни шин; облік дорожньо-транспортних пригод та страхових випадків.

4. Модуль обліку роботи водіїв – програма дозволяє вести облік відпрацьованого часу водіїв, формувати таблиць обліку робочого часу, виконувати нарахування заробітної плати за маршрутними листами. Також є можливість вести облік наявності у водія, який планується в рейс, непростроченої медичної довідки. У модулі реалізовані різні способи розрахунку заробітної плати водіїв: відрядна оплата праці, % від виручки, постійна доплата, фіксована сума. Відрядні тарифи можна налаштовувати для будь-якого параметра вироблення. Використання фільтрів дозволяє обмежувати дії тарифів для окремих автомобілів, моделей, маршрутів, контрагентів. Для великих організацій зручно об'єднувати тарифи в тарифні плани, що значно полегшує роботу з налаштування та супроводження тарифів.

5. Модуль обліку ГСМ – програма дозволяє вести облік надходження, видачі та витрату паливно-мастильних матеріалів (ГСМ). Надходження та видача пального може здійснюватися різними способами: придбання за готівку; видача за талонами; придбання за

картками безготівкового розрахунку; видача зі складу підприємства; придбання у стороннього постачальника. Для випадків придбання пального за документами без вказівки вартості на момент заправки, програма дозволяє автоматично встановлювати вартість пального по вибраним заправкам за будь-який період після отримання відповідних документів від постачальника ГСМ. Рішення FMS дозволяє вести облік витрат пального для автомобілів з необмеженою кількістю обладнання та причепів; для різних видів пального. У регіонах з часто змінюваними сезонними температурами актуально мати таблиці залежності нормативів витрати ГСМ від температури, що значно полегшує роботу при виписці маршрутних листів та побудові відповідних звітів.

6. Модуль управління ремонтами – модуль призначений для обліку планування технічного обслуговування та виконаних ремонтів, контролю витрат запасних частин. Налаштування планового технічного обслуговування може здійснюватися як за різними параметрами вироблення (пробіг, наработка в моточасах тощо), так і за заданою календарною періодичністю. Програма передбачає можливості обліку виконання ремонтів як на власній ремонтній зоні, так і в сторонніх автосервісах.

7. Модуль взаєморозрахунків – функціональне призначення модуля — налаштування довідників преїскурантів та тарифів, формування рахунків та актів за транспортні послуги. Розрахунок вартості послуг здійснюється для товарно-транспортних документів, що вводяться на основі маршрутних листів. Вартість може бути розрахована автоматично за тарифами або введена вручну як довільна сума. На основі товарно-транспортних документів спеціальною обробкою за будь-який період можна сформуванати акти та рахунки. Окрім типових друкованих форм цих документів, в програмі передбачена друк детального реєстру рахунків.

8. Модуль обліку витрат – програма дозволяє вести облік витрат за автомобілями, статтями витрат, контрагентами та підрозділами. Прямі витрати розподіляються на основі даних маршрутних листів, ремонтних листів, заправок ГСМ. Косвенні витрати можуть розподілятися за такими правилами: порівну між усіма автомобілями; пропорційно якомусь параметру вироблення (наприклад, пробіг, час у роботі тощо) або пропорційно балансовій вартості автомобілів.

9. Модуль планування – призначений для широкого аналітичного планування та аналізу основних видів діяльності підприємства: введення в систему та зберігання даних про передбачувані обсяги робіт транспортного засобу; формування планів роботи транспортного засобу тощо.

10. Модуль CRM – підсистема CRM призначена для роботи з клієнтами (з електронною поштою, подіями, нагадуваннями). Вона дозволяє користувачеві відстежувати інформацію про події, в яких він бере участь, отримувати нагадування та електронні листи, а також повідомляти інших користувачів про події, в яких вони беруть участь, створювати нагадування та електронні листи для інших користувачів [26].

2.4.5 Система «Кар'єр»

Найбільш широке поширення на гірничих підприємствах отримує автоматизована система управління гірничо-транспортним комплексом «КАР'ЄР», що розроблена фахівцями ТОВ «ВІСТ Груп». Областю застосування такої системи оптимізації гірничих робіт є диспетчеризація гірничо-транспортного устаткування: автосамоскидів, екскаваторів, бульдозерів, паливозаправників та іншої техніки, яка використовується при видобутку та транспортуванні гірничої маси [22, 25, 31].

Система «КАР'ЄР» базується на технологіях супутникової навігації і призначена для моніторингу навантажувального і транспортного обладнання, аналізу виробничих показників та оперативного управління процесами видобутку корисних копалин в кар'єрах (рисунок 2.1).

Базові функціональні можливості системи реалізовані трьома продуктами:

- управління роботою кар'єра в режимі реального часу – RealtimeKit;
- аналіз роботи кар'єру – AnalyticKit;
- налаштування системи і введення довідкової інформації – SetupKit.

Система успішно функціонує на підприємствах холдингу «Сибірський Діловий Союз» (ЗАТ «Чернігівець», ВАТ «Розріз Киселевський»), ВАТ «СУЕК» (розрізи «Зарічний» і «Тугнуйській»), ВАТ «Магнітогорський металургійний комбінат», гірничодобувної компанії «Мечел» (ВАТ «Південний Кузбас», ЧМК), ОК «РУСАЛ» (Автотранспортне підприємство), ВАТ «Уральська гірничо-металургійна компанія» (КК «Кузбассрозрізвугілля»), МХК «ЄвроХім» (Ковдорський ГЗК), ВАТ «Полюс Золото» (Алданзолото «ГРК»), ВАТ «Поліметал» (ЗАТ «Золото Північного Уралу»), КК «Союзметалресурс» (Сорський ГЗК), ВАТ «Михайлівський ГЗК», ВАТ «Ураласбест», ВАТ «Стойленський ГЗК», КОО «Підприємство Ерденет» (Монголія), ВАТ «Соколовсько-Сарбайський гірничозбагачувальне виробниче об'єднання» (Казахстан), ВАТ «Інгулецький ГЗК», ВАТ «Центральний ГЗК», ВАТ «Північний ГЗК», ВАТ «Полтавський ГЗК», ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (Україна) [25, 31].

Наприклад, на Тугнуйському вугільному розрізі ВАТ "СУЕК" бортове обладнання (датчики, контролери, антени GPS) було встановлено на автосамоскиди БелАЗ вантажопідйомністю від 30 до 130 т (30 автосамоскидів), паливозаправники, екскаватори, бульдозери,

допоміжний технологічний автотранспорт, бурові верстати [25]. Програмно-апаратний комплекс системи «КАР'ЄР» складається з бортового обладнання, що встановлюється на мобільних об'єктах, і диспетчерського центру, що включає радіоустаткування, сервери та програмне забезпечення. Дані телеметрії з мобільних об'єктів (інформація про завантаження, рівень палива, координатах, швидкості тощо) надходять в диспетчерський центр для обробки та зберігання. З диспетчерського центру на мобільні об'єкти передаються текстові повідомлення від диспетчера, які з'являються на індикаторній панелі в кабіні водія.

На Тугнуйському розрізі були встановлені базовий функціональний модуль, модуль контролю роботи бульдозера, модуль контролю роботи паливозаправника, модуль технічної готовності самоскидів, модуль аналітики, модуль обліку роботи шин, модуль обліку напрацювання основних агрегатів самоскидів, модуль автоматичної диспетчеризації.

Таким чином, користувачі автоматизованої системи отримували у своє розпорядження набір засобів управління роботою гірничотранспортного комплексу. Така інформація (спливаючі повідомлення про порушення роботи, результати контролю планової виробничої потужності обладнання і продуктивності, графічне представлення графіка руху самоскидів, візуальне картографічне представлення інформації) призначалася для прийняття рішень щодо підвищення продуктивності комплексу та забезпечення планових якісних характеристик видобутку.

Істотно підвищувало ефективність роботи системи «КАР'ЄР» застосування модуля оптимізації руху самоскидів, який використовувався як для початкового розподілу машин на початку зміни, так і для автоматичного їх перерозподілу протягом зміни в залежності від поточної ситуації в кар'єрі. Модуль виконував новий розрахунок оптимального маршруту руху самоскида кожен раз при настанні

ключової події (наприклад, розвантаження самоскида), використовуючи ряд критеріїв. Вибір критеріїв залежить від завдань, які стояли перед підприємством (досягнення максимальної продуктивності, підтримку заданої якості вугілля на пункті розвантаження тощо). Система дозволяла також здійснювати віддалену діагностику основних вузлів і агрегатів автосамоскидів, екскаваторів та інших мобільних об'єктів (наприклад діагностику двигуна автосамоскида, контроль тиску в шинах, контроль стану електрообладнання екскаватора тощо).

Функціональність програмного забезпечення системи «КАР'ЄР» включає набір базових і допоміжних модулів, склад яких визначається конкретними завданнями підприємства.

Робочі місця (РМ) користувачів формуються адміністратором системи «КАР'ЄР»: РМ автодиспетчера (видача наряду на зміну для самоскидів, управління протягом зміни, облік роботи автотранспорту), РМ гірничого диспетчера (контроль роботи екскаваторів), РМ оператора з випуску водіїв на лінію, РМ оператора з обліку паливо-мастильних матеріалів, РМ механіка автобази тощо. Важливою особливістю системи є її відкритість для модифікації наявних екранних форм і звітів і створення нових. На той час для зберігання даних використовувались база даних Oracle.

Вперше автоматизована система управління гірничо-транспортним комплексом на базі технологій GPS була впроваджена на кар'єрі ВАТ «Полтавський ГЗК» (Україна) в 1999-2001 рр. [25]. В рамках цього проекту спочатку бортове обладнання системи управління було встановлено на автосамоскиди. Основним завданням системи була візуалізація місця розташування і параметрів роботи машин на мапі кар'єра в диспетчерському центрі. Диспетчер міг в режимі реального часу бачити зміни рівня палива, ваги перевезеного вантажу, відстежувати поточну швидкість машини, передавати вказівки водієві по голосового зв'язку. Серед основних характеристик системи можна

відзначити локальність її роботи (система працювала тільки в зоні радіопокриття), послідовне циклічне опитування об'єктів базовою станцією, ймовірність часткової втрати даних і обмеженість числа параметрів моніторингу.

Прагнення до підвищення ефективного використання техніки, зростанню продуктивності праці висунуло вимоги до систем управління, які були б здатні відстежувати окремі параметри роботи всього технологічного обладнання і на їх основі планувати та оптимально управляти процесами видобутку. Зростання номенклатури техніки і контрольованих параметрів, істотне розширення зони контролю, необхідність контролю експлуатаційних параметрів – все це послужило передумовою до розвитку системи управління гірничотранспортним комплексом.

Друга версія автоматизованої системи управління гірничотранспортним комплексом на базі технологій GPS («подієва») була впроваджена в 2004 р у ВАТ «Південний Кузбас». Основна відмінність її від попередньої версії – місце обробки даних. Якщо в першому випадку обробка даних проводилася на сервері, то в другому – безпосередньо на контролері. При виникненні події, що фіксується в бортовому контролері, наприклад як «завантаження», контролер передає відповідну інформацію на сервер, і дані про завантаження відображаються на цифровій мапі кар'єра на моніторі у диспетчера.

Нова версія системи була також доповнена модулем видачі змінного завдання, функцією віддаленого контролю параметрів роботи техніки, оцінки стану і витрат запасних частин і матеріалів, формування різного роду звітів.

В останніх версіях системи «КАР'ЄР» основний акцент зроблено на вирішення завдань оперативного управління роботою кар'єра на основі інтеграції інформаційних результатів моніторингу всіх технологічних процесів як у кар'єрі, так і в суміжних технологічних

ланках. Для цього до складу системи включені модулі автоматичної диспетчеризації та оптимізації, підтримки технологічних процесів.

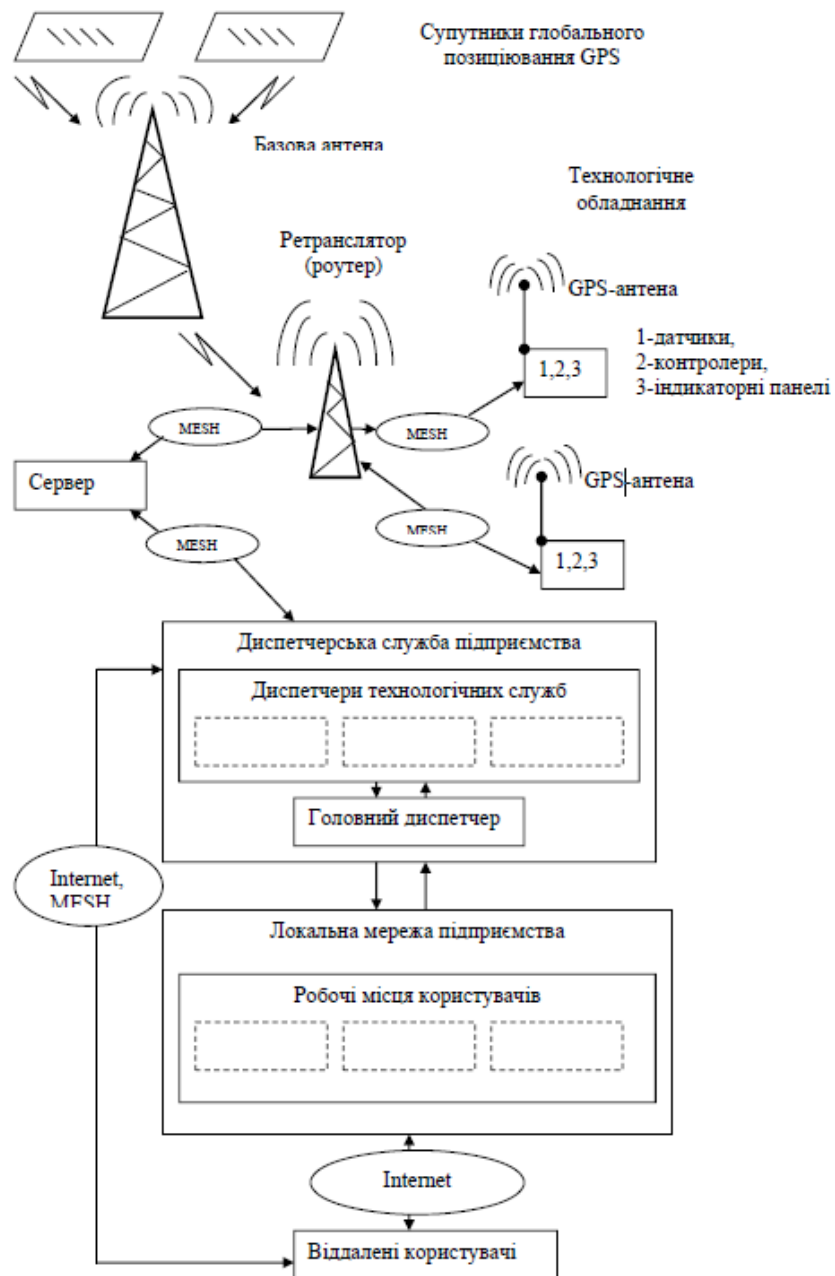


Рисунок 2.1 – Схема інфраструктури автоматизованої системи управління гірничим виробництвом із застосуванням інформаційних технологій

3 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ В УМОВАХ АРТЕМІВСЬКОГО КАР'ЄРУ ПРАТ «ЦГЗК»

Переважним напрямом розвитку світової гірничої промисловості в найближчій перспективі вважається відкритий спосіб розробки родовищ корисних копалин, оскільки він забезпечує найкращі економічні показники. На частку відкритого способу видобутку припадає понад 80 % світової гірничої продукції.

При цьому відбувається збільшення глибини та масштабів відкритих гірничих робіт як у нашій країні, так і за кордоном. Незважаючи на використання при розробці родовищ дедалі потужнішої та продуктивнішої техніки, неминуче зростає собівартість видобутку корисних копалин, головним чином за рахунок збільшення обсягу виїмки та транспортування розкритих порід. Витрати гірничорудних підприємств на технологічний транспорт зростають у зв'язку з воєнно-політичною ситуацією у країні, удорожчанням палива, товаро-матеріальних цінностей для обслуговування, а також у зв'язку зі удорожчанням енергетичних ресурсів.

Наразі 80 % усього обсягу транспортованих гірських порід на відкритих гірничих роботах перевозять автотранспортом, а витрати на автотранспорт становлять 60–65 % від загальних витрат і при подальшому загостренні політичної ситуації та здорожчанні цін, можуть перевищити рівень витрат на видобуток у 3–4 рази. Високі експлуатаційні витрати включають найбільш затратні складові, такі як паливо й мастила, шини, змінні агрегати, підтримання якості доріг тощо.

На більшості кар'єрів техніко-економічні показники транспортування гірської маси зі збільшенням глибини розробки знижуються.

Важливою складовою ефективної роботи гірничодобувного підприємства є автоматизований контроль за виробничим і технічним

станом самоскидів, їх оперативний розподіл за маршрутами в оптимальній пропорції, що відповідає поточним потребам виробництва, а також швидка реакція на зміни умов у кар'єрі.

За ускладнення гірничо-геологічних умов і підвищених вимог до безпеки ефективне використання гірничої техніки може бути забезпечене шляхом виключення людського фактору з «небезпечних зон», а підвищення ефективності відкритих гірничих робіт можливе завдяки управлінню технікою в оптимальних режимах та автоматичній оптимізації вантажопотоків.

Усі ці завдання на Артемівському кар'єрі ПрАТ «ЦГЗК» можуть виконувати сучасні автоматизовані системи управління гірничо-транспортними комплексами (АСУ ГТК), до яких у подальшому можуть інтегруватися роботизовані системи вантажоперевезень. Сучасна АСУ ГТК повинна забезпечувати оперативне отримання інформації про роботу гірничого, транспортного та допоміжного обладнання, а також бортових систем техніки в режимі реального часу.

При цьому необхідно контролювати час виконання всіх операцій під час перевезення гірської маси, кількість рейсів, вагу вантажу, рівень пального в баку, якість керування автосамоскидом та інші експлуатаційні показники його роботи. Такі системи вже попередньо встановлені на сучасних самоскидах БелАЗ [27].

3.1 Роботизація виробничого процесу

Наразі в деяких країнах, що мають гірничодобувну промисловість, при розробці родовищ відкритим способом спостерігається стійка тенденція до впровадження перспективних «безлюдних» технологій на основі дистанційно керованої техніки та роботизованих самоскидів. У порівнянні з існуючими технологіями видобутку і перевезення корисних копалин, роботизовані кар'єрні самоскиди в умовах Артемівського

кар'єру ПрАТ «ЦГЗК» можуть забезпечити вищу ефективність відкритих гірничих робіт, продуктивність обладнання та рівень безпеки персоналу, а також знижують експлуатаційні витрати завдяки скороченню часу простоїв техніки, пов'язаних із людським фактором. За експертними оцінками, автоматизоване управління роботою автотранспорту в кар'єрі дозволяє підвищити його продуктивність більш ніж на 20 %.

Компанією «ВІСТ Груп» [28] вперше було розроблено та представлено в рамках науково-технічної конференції «Перспективи розвитку кар'єрного транспорту» дистанційно керований кар'єрний самоскид вантажопідйомністю 130 т — БелАЗ-75137 з електроприводом постійного струму. Розроблена система дистанційного управління кар'єрним самоскидом БелАЗ є важливим кроком на шляху до створення роботизованого кар'єрного самоскида.

На основі досвіду створення системи дистанційного управління самоскидом було розроблено систему управління, алгоритми та програмне забезпечення прототипу роботизованого кар'єрного самоскида БелАЗ-75137 з електроприводом постійного струму. Упродовж 2013–2015 років було проведено апробацію працездатності алгоритмів та елементів системи управління в умовах полігонів, що підтвердило правильність обраних технічних рішень, які наразі вже можуть бути впроваджені на серійних кар'єрних самоскидах БелАЗ, що використовуються на Артемівському кар'єрі ПрАТ «ЦГЗК» [30].

Основною особливістю роботизованого самоскида БелАЗ-75131 буде можливість його роботи в автономному режимі під управлінням бортового комп'ютера з використанням даних системи високоточної супутникової навігації. Оператор, перебуваючи на віддаленому робочому місці, може здійснювати контроль роботи самоскида та, за необхідності, вмикати автономний режим або змінювати маршрут руху. Ці роботизовані самоскиди — це перспективний крок у розвитку відкритих гірничих робіт в умовах кар'єрів Кривбасу.

Існуючі сучасні самоскиди БелАЗ-75131 вже зараз оснащуються бортовим обладнанням, що дозволяє ефективно використовувати техніку на маршруті: системою відеоспостереження, віддаленого моніторингу та діагностики техніки на основі уніфікації бортового обладнання, застосування єдиних алгоритмів управління і програмного забезпечення. Такий підхід дозволяє поступово переходити до роботизації автосамоскидів. Основною особливістю таких самоскидів є можливість контролю та управління багатьма вузлами і агрегатами самоскида віддалено, а сотні гігабайтів інформації, які отримує і зберігає сучасна АСУ ГТК, відкривають великі можливості для аналізу, що дасть змогу підприємству підвищувати свою ефективність.

3.2 Розширення традиційного функціоналу АСУ ГТК

Сучасна АСУ ГТК, окрім надання традиційних сервісів для оперативного контролю та обліку, спрямована на підвищення ефективності роботи парку техніки завдяки автоматизованому вирішенню логістичних і виробничих завдань з використанням засобів оптимізації. Завдання вирішуються індивідуально для кожного підприємства з урахуванням набору необхідних критеріїв (управління якістю, продуктивність, планові показники тощо). Система повинна розрахувати можливість виконання планових показників ще до початку зміни, здійснити початкове розподілення машин по маршрутах (статичний розподіл).

Протягом зміни, безперервно в режимі онлайн, система виконує розрахунок оптимальних маршрутів руху самоскидів від екскаватора до пункту розвантаження і назад, визначає, коли машині потрібно на перезмінку або заправку (динамічна оптимізація). Можливе застосування різних оптимізаційних критеріїв для різних груп екскаваторів-самоскидів (наприклад, розкривні та видобувні). Також

система дозволяє оперативно відслідковувати та впливати на виникнення простоїв з диспетчерської, класифікувати їх, у деяких випадках автоматично, або за допомогою бортового комп'ютера для обліку та подальшого аналізу, оптимізувати завантаження, передаючи машиністу екскаватора дані про кожен завантажуваний ківш у режимі реального часу, контролювати оптимальність витрат пального, підвищити продуктивність роботи техніки та уникнути перевантажень самоскидів [27].

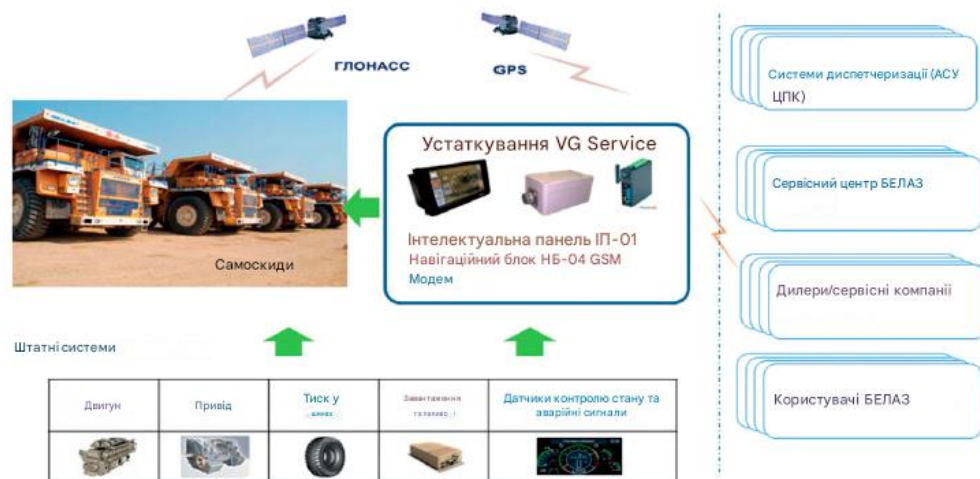


Рисунок 3.1 — Архітектура системи диспетчеризації ГТК та віддаленого моніторингу техніки БЕЛАЗ

3.3 Застосування прогнозної аналітики

Питання ефективного використання кар'єрних самоскидів і гірничо-транспортного комплексу загалом є особливо актуальним для ПрАТ ЦГЗК. Завдання підприємства – довести продуктивність до найкращих результатів, досягнутих у самій компанії, та досягти світових показників, забезпечуючи при цьому максимальне зниження витрат і високу швидкість окупності інвестицій.

Таким чином, Артемівський кар'єр ПрАТ «ЦГЗК» потребує ефективної системи управління кар'єрною технікою та можливості аналізу даних про продуктивність, коефіцієнт використання обладнання (KIO), коефіцієнт технічної готовності (КТГ), режими роботи, ремонт обладнання. У зв'язку з цим, на основі накопиченої статистики роботи підприємства та інтеграції інформації з різних джерел (системи діагностики техніки, АСУ ГТК, MES, ERP, журнали поломок) з'явиться можливість виявити залежності простоїв і експлуатаційних коефіцієнтів роботи техніки від режимів її експлуатації, а також аналізувати не лише факти вже здійснених подій, але й будувати прогнози роботи техніки в майбутньому.

Підхід в аналізі великих даних, які формуються на різних етапах гірничодобувного виробництва, лежить в основі сценаріїв прогнозної аналітики, що дозволяє ухвалювати управлінські рішення завчасно, на основі математичної кореляції причин і залежностей, виявлених в історичних даних.

Приклади сценаріїв прогнозної аналітики, які можна опрацьовувати, аналізуючи інформацію в АСУ ГТК «Кар'єр» та інших інформаційних системах гірничого підприємства. У системі гірничого планування існує план по екскаваторах на кожну зміну, який є результатом поділу місячного плану на кількість змін. Цей план враховує економічні показники, розраховані в ERP, тобто план відвантажень, під який плануються обсяги видобутку та розкривних робіт. Під ці обсяги розподіляється техніка з урахуванням її витрат і КТГ.

Однак, оскільки в АСУ ГТК надходить реальна інформація про роботу технологічного транспорту, що формується на поточну зміну (вихід на лінію, умови в забоях у вигляді коефіцієнтів, які знижують або, навпаки, підвищують продуктивність), після завершення зміни формується фактичний звіт на основі реальних даних телеметрії. Гірничодобувні компанії можуть аналізувати в АСУ ГТК причини

зниження продуктивності та розуміти, з чим вони пов'язані. Важливо зазначити, що АСУ ГТК «Кар'єр» не просто екстраполює результати зміни на триваліший період, а може визначати причини та тренди для аналізу керівництвом підприємств [21, 24].

Прогнозна аналітика здатна виявляти причини виникнення ризиків і повторюваних порушень. Наприклад, щодо виявлення причин поломок при експлуатації техніки на основі прогносної аналітики [29]. Припустимо, що в кар'єрі працюють самоскиди, оснащені лише датчиками тиску і температури в шинах. Ця інформація передається в АСУ ГТК. Якщо стається один, а потім другий випадок розриву шин або наприкінці зміни видно, що деякі шини зносилися більше за інші, інформації тільки з датчиків недостатньо.

Для прогнозного аналізу необхідно також знати пробіг кожної шини, по яких дорогах вона їздила (нахили, радіуси, покриття тощо), в яких умовах експлуатувалася, хто керував самоскидами під час експлуатації шин, чи були перевантаження або перевищення швидкості. Тобто потрібно аналізувати всі релевантні дані щодо "життєвого циклу" шин, включно з режимами експлуатації техніки.

Коли всі основні та допоміжні дані аналізуються для прийняття прогнозних рішень щодо об'єкта дослідження (в даному випадку шин) і відбувається інцидент, математична модель прогносної аналітики прив'язує всі ці дані до інциденту. Але одного чи навіть десяти випадків недостатньо для прогнозування. Для якісного аналізу трендів у майбутньому потрібна велика статистика як щодо стану об'єкта, так і щодо подій.

Цей підхід можна застосовувати не лише для самоскидів, але і для екскаваторів, які оснащені численними діагностичними датчиками. Однією з важливих статей витрат у відкритих гірничих роботах є паливо. Більшість компаній вирішили проблему несанкціонованого витрачання пального, борючись із нетехнологічними простоями техніки за

допомогою АСУ ГТК. Однак визначити, які саме режими експлуатації (середня швидкість, перевантаження техніки, прискорення або тиск у підвісці) найбільше впливають на витрати пального, поки що складно.

Усі ці завдання можна вирішувати за допомогою прогнозної аналітики, правильно формулюючи гіпотези аналізу, агрегуючи та нормалізуючи дані телеметрії й довідкову інформацію, а також виявляючи залежності в історичних даних. Цей підхід застосовний не лише для гірничих робіт, але й для фабрик, металургійних підприємств, буро-вибухових робіт.

Завдяки прогнозній аналітиці вирішуються дві ключові задачі:

— Прогнозування ремонтів і виявлення факторів, що впливають на КТГ конкретного вузла чи одиниці техніки.

— Виявлення факторів, що впливають на ефективність роботи конкретної ділянки виробництва.



Рисунок 3.2 — Прогнозний аналіз роботи техніки та коригування роботи підприємства

Зараз роботу сучасних гірничо-добувних підприємств складно уявити без використання АСУ ГТК для контролю та управління роботою

кар'єрних самоскидів та іншої техніки. Інші етапи гірничого виробництва також використовують різні системи автоматизованого управління та контролю технологічних параметрів. Наразі рівень автоматизації підприємств дозволяє збирати та аналізувати дані. В автоматичному прогностичному аналізі цих даних гірничодобувні компанії можуть досягти значних економічних ефектів та підвищення показників ефективності використання основних засобів та гірничої техніки, що є запорукою конкурентоспроможності гірничих підприємств у наступні 5–10 років.

3.4 Практичне застосування удосконалених автоматизованих систем управління гірничим виробництвом

У сучасних умовах, коли більша частина підприємств формують великі холдинги, управлінську та економічну значимість набуває можливість оперативного управління та аналізу роботи декількох, віддалених один від одного структурних одиниць (видобувних, переробних підприємств, логістичних центрів). Все це дозволяє здійснювати система «Кар'єр Холдинг», основні завдання якої – оперативний контроль роботи кожного підприємства, що входить в структуру холдингу; отримання оперативної інформації з довільною деталізацією; перенос успішних механізмів функціонування з одного підприємства холдингу на інші [25].

Впровадження на підприємствах автоматизованої системи управління гірничотранспортним комплексом спрямовано на підвищення оперативності та повноти використання геологічної, економічної та екологічної інформації, здійснення в режимі реального часу моніторингу технологічних процесів та технічного стану об'єктів, прийняття управлінських, проектних і планових рішень. Наприклад, АСУГТР «КАР'ЄР» забезпечує ефективне вирішення прикладних завдань управління мобільними об'єктами гірничо-транспортного

комплексу та інженерного нагляду (раціональне використання фонду робочого часу, контроль виконання норм експлуатації машин і механізмів тощо). Система вирішує завдання оперативного управління роботою кар'єра, в тому числі завдання оптимізації вантажопотоків, підтримки необхідного вмісту корисних компонентів в руді на складах. Зокрема, реалізація системи управління гірничо-транспортним комплексом дозволяє збільшити час продуктивного використання технічних засобів і обладнання протягом робочої зміни (значне скорочення простоїв та нецільового використання техніки); підвищити продуктивність праці; знизити витрати палива; забезпечити економію матеріальних і трудових ресурсів при досягненні необхідних обсягів виробництва; підвищити трудову і технологічну дисципліну персоналу; створити основу об'єктивної оцінки діяльності служб і ділянок підприємства та умови для планомірного ремонту та обслуговування парку машин [22, 25].

Дворічний досвід використання АСУГТР на кар'єрі "Нюрбінській" АК "АЛРОСА" свідчить про підвищення ефективності використання гірничої та транспортної техніки: на 20-30% зменшився час простою автосамоскида біля екскаваторів; на 2-3% підвищилася середня завантаження самоскидів, зменшилися випадки недовантаження і перевантаження самоскидів; на 8-10% підвищилася середня технічна швидкість руху самоскидів, зменшилися випадки перевищення швидкості руху машини на маршруті; на 3-4% знизилася питома витрата дизельного пального за рахунок зменшення простоїв і підвищення рівномірності руху автосамоскидів на маршруті; покращилися планування та організація виробництва, підвищилася безпека гірничих і транспортних робіт; посилилася мотивація праці працівників автомобільних колон (підвищився інтерес до роботи з більш сучасною технікою, прагнення до підвищення кваліфікації).

3.5 Дослідження показників роботи сучасних автоматизованих систем в умовах Артемівського кар'єру

Згідно виробничої програми, плановий об'єм навантаження і вивезення гірничої маси в Артемівському кар'єрі складає 850 360 м³, з них 64 360 м³ – видобуток руди, 786 000 – розкривна маса.

Згідно показників технічного відділу комбінату, планова середня швидкість руху кар'єрних самоскидів складає (V) – 15 км/год;

Відстань відкати у Артемівському кар'єрі складає ($L_{\text{відк}}$) – 4,08 км;

Час навантаження самоскида екскаватором ($t_{\text{нав}}$) – 6,5 хв;

Час очікування навантаження у вибої ($t_{\text{оч}}$) – 1,825 хв;

Час розвантаження самоскида ($t_{\text{розв}}$) – 1 хв;

Час встановлення самоскида під навантаження ($t_{\text{вст. нав}}$) – 2 хв;

Час встановлення самоскида під розвантаження ($t_{\text{вст. розв}}$) – 1,3 хв;

Холостий пробіг ($t_{\text{хол.пр}}$) – 1,26 хв;

Руда, при середньозваженому обсязі кузова $V_{\text{кр}} = 39 \text{ м}^3$, $\rho = 3,49 \text{ т/м}^3$;

Скеля, при середньозваженому обсязі кузова $V_{\text{кррозк}} \text{ кузові} = 49 \text{ м}^3$, $\rho = 2,48 \text{ т/м}^3$;

Час у русі самоскида від пункту навантаження до пункту розвантаження і назад:

$$t_{\text{рух}} = L_{\text{відк}} * 2 * \frac{60}{V} = 4.08 * 2 * \frac{60}{15} = 32.64 \text{ хв}, \quad (3.1)$$

Час на повний цикл складає:

$$t_{\text{п.ц.}} = t_{\text{рух}} + t_{\text{нав}} + t_{\text{оч}} + t_{\text{розв}} + t_{\text{вст.нав}} + t_{\text{вст.розв}} + t_{\text{хол.пр}} = \\ 32,64 + 6,5 + 1,825 + 1 + 2 + 1,3 + 1,26 = 46,53 \text{ хв} \quad (3.2)$$

Норма виробітку (кількість рейсів):

$$N_B = \frac{N_{\text{роб. днів}} * 24}{t_{\text{п.ц.}}} = \frac{28 * 24}{46,53} = 14,44 \text{ рейсів} \quad (3.3)$$

Змінна продуктивність по руді складає:

$$\text{Пр. р} = N_B * V_{\text{кр}} * 0,08 = 14,4 * 39 * 0,076 = 42,63 \frac{\text{м}^3}{\text{зм}} \quad (3.4)$$

Змінна продуктивність по розкриву:

$$\text{Пр. розк} = N_B * V_{\text{кррозк}} * 0,924 = 14,4 * 49 * 0,924 = 654,13 \frac{\text{м}^3}{\text{зм}} \quad (3.5)$$

Загальна змінна продуктивність по руді і розкриву:

$$\text{Пр. зм} = \text{Пр. р} + \text{Пр. розк} = 42,63 + 654,13 = 696,76 \frac{\text{м}^3}{\text{зм}} \quad (3.6)$$

Необхідна кількість самоскидів в відпрацюванні:

$$N_{\text{від}} = \frac{\text{Об.перев.}}{\text{Пр.зм} * N_{\text{роб. днів}} * 2} = \frac{850\,360}{696,76 * 28 * 2} = 21,79 \text{ од.} \quad (3.7)$$

Необхідна кількість самоскидів на лінії з урахуванням коефіцієнту технічної готовності (КТГ), який складає 88%:

$$N_{\text{лін}} = \frac{N_{\text{від}}}{0,88} = \frac{21,79}{0,88} = 24,76 \text{ од.} \quad (3.8)$$

Необхідний робочий парк самоскидів з урахуванням коефіцієнту використання обладнання (КВО), який складає 79%:

$$N_{\text{роб}} = \frac{N_{\text{від}}}{0,79} = \frac{21,79}{0,79} = 27,58 \text{ од.} \quad (3.9)$$

Парк кар'єрних самоскидів, необхідний для виконання виробничої програми, складає 28 од.

Досвід використання на кар'єрі "Нюрбінській" показав, що використання автоматизованих систем диспетчеризації дає можливість знизити час простоїв в очікуванні на 20-30%, на 2-3% підвищити середню завантаженість самоскидів, на 8-10% підвищити середню експлуатаційну швидкість та на 3-4% знизити питомі витрати палива.

Таким чином, при збільшенні середньої експлуатаційної швидкості на 10% до 16,5 км/год, а також при зменшенні часу простою самоскида на 30% до 1,28 хв зменшиться час у русі самоскида від пункту навантаження до пункту розвантаження і назад:

$$t_{\text{рух}} = L_{\text{відк}} * 2 * \frac{60}{V} = 4.08 * 2 * \frac{60}{16,2} = 30.22 \text{ хв,} \quad (3.10)$$

Знизиться повний час на цикл:

$$t_{\text{п.ц.}} = t_{\text{рух}} + t_{\text{нав}} + t_{\text{оч}} + t_{\text{розв}} + t_{\text{вст.нав}} + t_{\text{вст.розв}} + t_{\text{хол.пр}} = \\ 30,22 + 6,5 + 1,28 + 1 + 2 + 1,3 + 1,26 = 43,56 \text{ хв} \quad (3.11)$$

Відповідно збільшиться можлива кількість рейсів самоскида

$$N_{\text{в}} = \frac{N_{\text{роб. днів}} * 24}{t_{\text{п.ц.}}} = \frac{28 * 24}{43,56} = 15,43 \text{ рейсів} \quad (3.12)$$

Зростання можливої кількості рейсів напряму залежить від зменшення часу на повний цикл, який в свою чергу залежить від середньої експлуатаційної швидкості. Залежність можливої кількості

рейсів за зміну від середньої експлуатаційної швидкості наведена на рисунку 3.3.

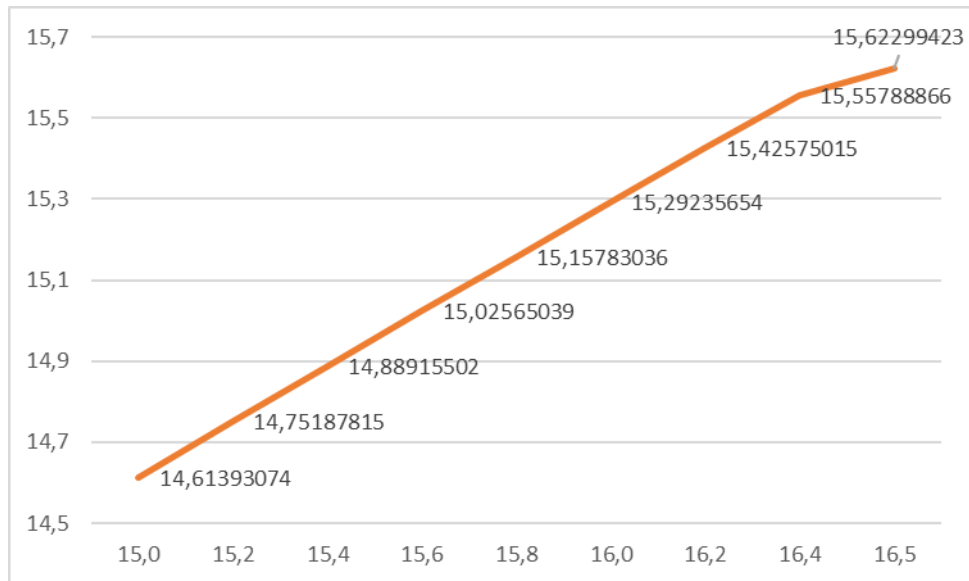


Рисунок 3.3 – Залежність можливої кількості рейсів від середньої експлуатаційної швидкості

Зростає змінна продуктивність по руді:

$$\text{Пр. р} = H_B * V_{кр} * 0,08 = 15,43 * 39 * 0,076 = 45,73 \frac{\text{м}^3}{\text{зм}} \quad (3.13)$$

Зростає змінна продуктивність по розкриву:

$$\text{Пр. розк} = H_B * V_{кروزк} * 0,924 = 15,43 * 49 * 0,924 = 698,64 \frac{\text{м}^3}{\text{зм}} \quad (3.14)$$

Загальна змінна продуктивність по руді і розкриву складе:

$$\text{Пр. зм} = \text{Пр. р} + \text{Пр. розк} = 45,73 + 698,64 = 744,37 \frac{\text{м}^3}{\text{зм}} \quad (3.15)$$

Зростання середньої експлуатаційної швидкості напряму впливає на зростання загальної змінної продуктивності. Залежність змінної продуктивності від середньої технічної швидкості наведена на рисунку 3.4.

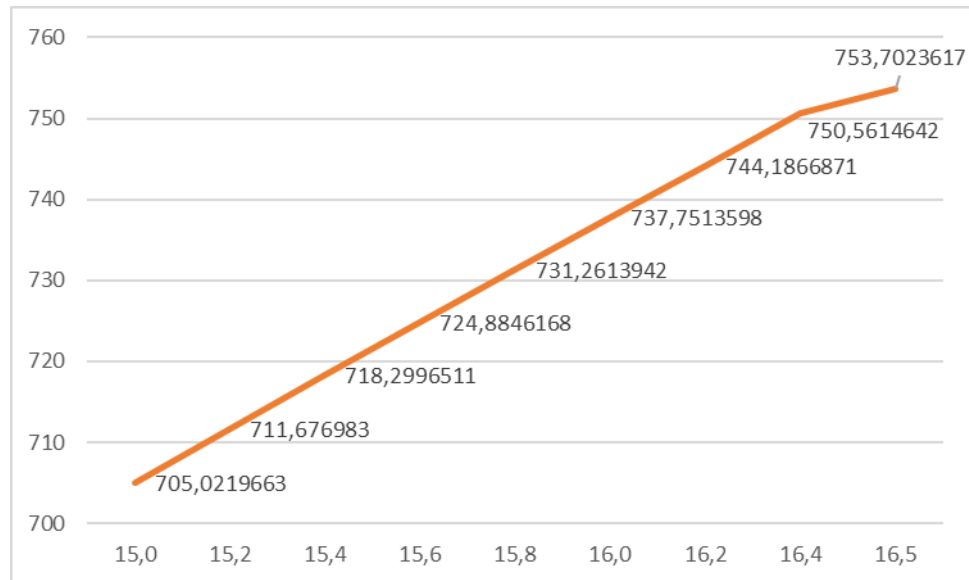


Рисунок 3.4. – Залежність загальної змінної продуктивності від середньої технічної швидкості

Отримаємо необхідну кількість самоскидів в відпрацюванні:

$$N_{\text{від}} = \frac{\text{Об.перев.}}{\text{Пр.зм} \cdot N_{\text{роб. днів}} \cdot 2} = \frac{850\ 360}{744,37 \cdot 28 \cdot 2} = 20,39 \text{ од.} \quad (3.16)$$

Необхідна кількість самоскидів на лінії з урахуванням коефіцієнту технічної готовності (КТГ), який складе 88%:

$$N_{\text{лін}} = \frac{N_{\text{від}}}{0,85} = \frac{20,39}{0,88} = 23,17 \text{ од.} \quad (3.17)$$

Необхідний робочий парк самоскидів з урахуванням коефіцієнту використання обладнання (КВО), який складає 79%:

$$N_{\text{роб}} = \frac{N_{\text{від}}}{0,79} = \frac{20,39}{0,79} = 25,81 \text{ од.} \quad (3.18)$$

Таким чином, робочий парк самоскидів складе 26 одиниць.

Залежність кількості самоскидів у відпрацюванні, на лінії, а також робочого парку від середньої технічної швидкості представлена на рисунку 3.5.

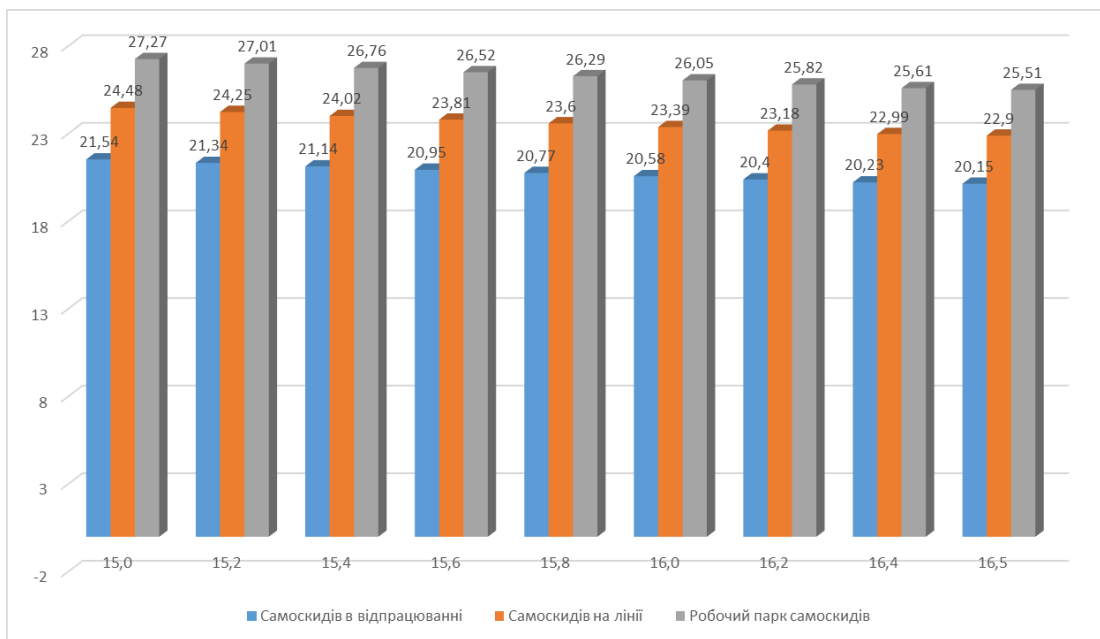


Рисунок 3.5. – Залежність кількості самоскидів у відпрацюванні, на лінії, а також робочого парку від середньої технічної швидкості

Зменшення кількості робочого обладнання призведе до економії витрат на дизельне паливо, паливо-мастильні матеріали, а також витрат на поточні ремонти і обслуговування.

Середні витрати дизельного палива одним самоскидом в місяць складають 30,8 т, вартість дизельного палива, згідно системи SAP складає 47 100 грн/т. Економія витрат на дизельне паливо складе:

$$E_{\text{дп}} = (30,8 * 2 * 47\ 100) * 12 \text{ міс} = 34\ 816\ 320,00 \text{ грн/рік} \quad (3.19)$$

Загальні витрати на технічне обслуговування, поточні ремонти, капітальні ремонти, змінне обладнання (автомобільні шини) робочого парку самоскидів, згідно системи SAP склали 116 731 019,71 грн (рисунок 3.6). Середні витрати на одну одиницю 4 168 964,99 грн.

Фактическое использование ТМЦ и услуг для ТОиР
Структурное подразделение: ГТЦ №2
Период с 01.2024 по 12.2024
Способ выполнения: Подрядный способ, Хоз. способ (персонал цеха-заказчика), Хоз. способ (внутренний подрядчик)

№	ИТОГО ЗАТРАТ	Ед. оборуд.	Название Оборуд.	Заказ ТОиР (номер)	Цех-заказчик (наименование)	Название технического места	Инвентар№	Вид заказа	Заказ ТОиР (наименование)
32	506,19	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
5	659,44	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
29	843,64	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
17	481,90	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
21	457,51	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
3	320,32	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
8	300,42	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
3	756,00	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
4	500,00	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
83	450,62	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
2	415,08	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
54	600,00	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
20	374,92	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
8	300,02	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
1	004 977,86	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
4	376,32	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
65	708,25	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
1	358,27	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
3	621,81	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
1	58,35	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
117	611,14	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
102	083,09	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
2	112,79	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
1	660,17	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
246	870,80	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
12	998,92	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
25	091,82	1000231280	БелА3-75131 №246	130000122868	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№1	5600000053 ZM30	КР БелА3-75131 №246
45	150,00	1000164024	БелА3-75131 №235	130000126123	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№3	05635523 ZM30	КР БелА3-75131 №235
20	99,20	1000164024	БелА3-75131 №235	130000126123	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№3	05635523 ZM30	КР БелА3-75131 №235
32	854,13	1000164024	БелА3-75131 №235	130000126123	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№3	05635523 ZM30	КР БелА3-75131 №235
32	506,19	1000164024	БелА3-75131 №235	130000126123	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№3	05635523 ZM30	КР БелА3-75131 №235
15	070,12	1000164024	БелА3-75131 №235	130000126123	ГТЦ №2	Колона технол.автотрансп.	№3	05635523 ZM30	КР БелА3-75131 №235
• 116 731 019,71									

Рисунок 3.6. – Річні витрати на технічне обслуговування, поточні ремонти, капітальні ремонти, змінне обладнання робочого парку самоскидів

Річна економія витрат на обслуговування складе:

$$E_{\text{ТОиР}} = 4\ 168\ 964,99 * 2 = 8\ 337\ 929,98 \text{ грн/рік} \quad (3.20)$$

Загальна економія бюджету на рік

$$E = E_{\text{дп}} + E_{\text{ТОіР}} = 34\,816\,320,00 + 8\,337\,929,98 = 43\,154\,249,98 \text{ грн} = 1\,040\,613,69 \$ \quad (3.21)$$

В цілому поліпшення технологічних і виробничих параметрів управління призводить до підвищення продуктивності гірничо-транспортного комплексу, в тому числі продуктивності технологічного транспорту на 8-10%. В свою чергу підвищення продуктивності, зниження витрат на ремонт і дизельне паливо знизили собівартість видобутку гірничої маси і собівартість її транспортування.

ВИСНОВКИ

На основі теоретичних і практичних результатів, які були отримані під час виконання випускної кваліфікаційної роботи на тему «Дослідження показників роботи сучасних автоматизованих систем диспетчеризації при розробці корисних копалин в умовах Артемівського кар'єру ПрАТ "ЦГЗК"» можна зробити наступні висновки:

1. Проведено аналіз умов навантаження і транспортування гірничої маси в умовах Артемівського кар'єру ПрАТ «ЦГЗК», умов Криворізького залізорудного басейну, застосування методів та технічних рішень.

2. Досліджено гірничо-технічні умови Артемівського родовища, транспортні схеми Артемівського кар'єру та ПрАТ «ЦГЗК» загалом.

3. Досліджено основні параметри системи розробки Артемівського родовища

4. Проведено аналіз наявного рухомого складу, задіяного на видобутку, навантаженні і транспортуванні гірничої маси з Артемівського кар'єру.

5. Проведено аналіз існуючої системи диспетчеризації, її основні завдання та обов'язки. Визначені її основні недоліки.

6. Проведено аналіз існуючих систем диспетчеризації при відкритій розробці корисних копалин.

7. Проведено аналіз теоретичних умов функціонування сучасних систем диспетчеризації, а також рівні, завдання та обов'язки.

8. Проведено аналіз існуючих рішень щодо диспетчеризації кар'єрного транспорту на передових світових підприємствах, які задіяні на видобутку корисних копалин відкритим способом. Визначені їх основні переваги та можливість впровадження.

9. Надано рекомендації щодо практичної реалізації сучасних систем диспетчеризації при відкритій розробці корисних копалин в умовах Артемівського кар'єру ПрАТ «ЦГЗК».

10. Проведено аналіз впливу показників роботи сучасних автоматизованих систем на продуктивність в умовах Артемівського кар'єру.

11. Проведено розрахунок впливу впровадження системи на економію бюджету комбінату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Горпинич О. В. Інтегровані автоматизовані системи управління гірничим виробництвом: теоретичні засади формування та досвід застосування. *НТУ "Дніпровська політехніка"*. URL: <https://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/150530/194-205.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення: 03.02.2025).
2. Ситник В. Ф. Основи інформаційних систем Навчальний посібник. *StudFiles*. URL: <https://studfile.net/preview/7144845/> (дата звернення: 03.02.2025).
3. Ткаченко В. Ф. Корпоративна геоінформаційна система підприємства. *Metal journal*. 2007. № 4. С. 97–100.
4. Mantel S. J., Meredith J. R. Project management. 2nd ed. John Wiley and Sons (WIE), 1995. 784 p.
5. Екологічний вісник Криворіжжя / chair Е. О. Євтушенко. Криворіз. держ. пед. ун-т, 2018. URL: <https://doi.org/10.31812/0564/2267> (дата звернення: 03.02.2025).
6. Connection of Kryvbas tectonics with natural and technogenic seismicity / P. H. Pihulevskyi et al. *Naukovyi visnyk natsionalnoho hirnychoho universytetu*. 2023. No. 2. P. 5–10. URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-2/005> (date of access: 04.02.2025).
7. Kovbyk K. M., Kalinichenko V. O. Methodology for modeling the release of water-saturated rich iron ores in the conditions of the Kryvyi Rih iron ore basin. *Mining journal of kryvyi rih national university*. 2023. No. 111. P. 18–22. URL: <https://doi.org/10.31721/2306-5435-2023-1-111-18-22> (date of access: 03.02.2025).
8. Інформація для акціонерів | ПАТ ПВП Кривбасвибхупром. *ПАТ ПВП Кривбасвибхупром*. URL: <https://kvvp.com.ua/> (дата звернення: 04.02.2025).

9. Ведення буропідричних робіт по Артемівському кар'єру ПРАТ «ЦГЗК». Кривий Ріг, 2023. 22 с.

10. Kostenko M. M. Stratigraphic basement and correlation of the precambrian central part cuts of the Ukrainian shield. *Мінеральні ресурси України*. 2020. No. 4. P. 11–16. URL: <https://doi.org/10.31996/mru.2019.4.11-16> (date of access: 03.02.2025).

11. Крячко О.Ю. Управление отвалами открытых горных работ / О.Ю. Крячко - Недра, 1980. - 255с.

12. Анистратов Ю. И. Технологические процессы открытых горных работ / Ю. И. Анистратов. – М. : Недра, 1995. – 351 с.

13. Ширін Л., Пригунов О., Денищенко О. Транспортні комплекси кар'єрів : посібник. Дніпро : ЖАВ. ВНЗ «НАЦ. ГІРН. УН-Т», 2015. 241 с.

14. Lectura-specs. URL: <https://www.lectura-specs.com.ua/ua/model/budivel-na-tehnika/samoskidi-iz-zorstkou-ramou-belaz/75131-11738566> (date of access: 03.02.2025).

15. Бульдозер Komatsu D275A-5 технические характеристики, эксплуатация, цена, фото и видео. *BuldozerSpec.com*. URL: <https://buldozerspec.com/buldozer-komatsu-d275a-5/> (дата звернення: 03.02.2025).

16. Євтеєва Л. І. Оптимізація процесу екскавації гірської маси в кар'єрах з урахуванням динамічного опору копанню : Дисертація. Київ, 2017. 183 с.

17. Ситник В. Ф. Основи інформаційних систем / В. Ф. Ситник, Т. А. Писаревська, Н. В. Єрьоміна, О. С. Краєва. – К. : КНЕУ, 2007. – 245 с.

18. Мережко Г. В. Управління якістю: підручник для вищих навчальних закладів / Н.М. В. Мережко, В. В. Осієвська, Н. С. Ясинська. — К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2010. — 216 с.

19. Мередіт Дж.Р. Управління проектами: керівник Геріальний підхід / JR Meredith, SJ Mantel, Jr. — Нью-Йорк : John Wiley & Sons, 2011. — 589 с.

20. Хілл В. Енциклопедія управління операціями гемент / В. Хілл. — Нью-Джерсі : FT Press, 1 видання, 2012. — 408 с.
21. Mine planning software & 3D modelling | hexagon. *Hexagon*. URL: <https://hexagon.com/products/product-groups/hxgn-mineplan> (date of access: 04.02.2025).
22. Одинцев Н. Информационные технологии для горнодобывающей отрасли / Н. Одинцев, О. Стагурова, Е. Абрамова // Горная промышленность. – 2005. - №4. – С. 13
23. Превисокова Н.В. Інтегровані системи управління / Н.В. Превисокова – Івано-Франківськ: ДВНЗ «Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника», 2013. – 61 с.
24. Ульянов В.Г. Автоматизация управления горно-транспортным комплексом на карьере "Нюрбинский" АК "АЛРОСА" / В.Г. Ульянов., Б.И. Димант, И.В. Зырянов, И.Б. Табакман, Д.П. Антоненко // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. - №7. – С. 39-44.
25. Трубецкой К.Н. Автоматизация управления горнотранспортными комплексами в карьерах / К.Н. Трубецкой, А.Ф. Клебанов, Д.Я. Владимиров // Горный журнал. – 2009. – №11. – С. 38-41.
26. Fleet management. *Intellias*. URL: <https://intellias.com/fleet-management-software-development/> (date of access: 04.02.2025).
27. Цифровое горное предприятие. Новые вызовы и подходы в управлении производством. *Всё о добыче - ZOLTEH.RU*. URL: https://zolteh.ru/technic/tsifrovoe_gornoe_predpriyatie_novye_vyzovy_i_podkhody_v_upravlenii_proizvodstvom/ (дата звернення: 04.02.2025).
28. Впровадження інформаційних систем і технологій. *ТОВ "ВІСТГРУП"*. URL: <https://www.vistgroup.com.ua/> (дата звернення: 03.02.2025).
29. Прогнозна аналітика: що це, як працює і де застосовується?. *blog.colobridge.net*.

URL: <https://blog.colobridge.net/uk/2024/04/predictive-analytics-ua/> (дата
звернення: 04.02.2025).

30. Цифра. Беспилотный самосвал | Автономный самосвал –
система роботизации. *ГК* *Цифра.*

URL: <https://www.zyfra.com/ru/product/robotruck/> (дата
звернення: 04.02.2025).

31. Конференция пользователей Систем компании «ВИСТ Групп»
// Горная промышленность. – 2006. – 6. – С. 70-71.

Додаток А Транспортна схема ПрАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат»

"ЦЕНТРАЛЬНИЙ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИЙ КОМБІНАТ"

