

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної роботи

на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістра
зі спеціальності 184 “Гірництво” ОПП «Відкриті гірничі роботи»

**На тему: «Вдосконалення підходів до формування транспортної схеми
глибоких кар’єрів при використанні мобільних дробильно-
перевантажувальних пунктів»**

Виконав ст. групи ГІВ-23-2м _____

/Шепетько М.В./

Керівник _____

/Швець Є.М./

Завідувач кафедри _____

/Жуков С.О./

Кривий Ріг

2024 р.

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему «Вдосконалення підходів до формування транспортної схеми глибоких кар'єрів при використанні мобільних дробильно-перевантажувальних пунктів» викладена на 69 стр., містить 10 рис., 14 таблиць, 40 джерел літератури.

Актуальність теми. Сучасна гірничодобувна промисловість стикається зі значними викликами, зокрема, підвищенням витрат на видобуток і транспортування корисних копалин на великих глибинах. Традиційні методи транспортування стають менш ефективними та економічно вигідними у глибоких кар'єрах. У цьому контексті мобільні дробильно-перевантажувальні пункти відкривають нові можливості для оптимізації виробничих процесів, зменшення витрат і підвищення продуктивності гірничих робіт.

В той же час глибини діючих залізородних кар'єрів Кривбасу сягають 500 і більше метрів, а робоча зона зазвичай сконцентрована у донній частині кар'єру, що зазвичай характеризується стисненими умовами гірничих робіт.

Використання мобільних дробильно-перевантажувальних пунктів може сприяти вирішенню цих складнощів. Впровадження подібних технологічних комплексів вимагає нових підходів до проектування транспортних схем глибоких кар'єрів. Традиційні стаціонарні системи не завжди адаптовані до мобільних технологій, тому виникає потреба у розробці нових методик та моделей, які б враховували мобільність обладнання та оптимізацію виробничих процесів.

Тому подальше вдосконалення підходів до формування транспортної схеми глибоких кар'єрів при використанні мобільних дробильно-перевантажувальних пунктів має надзвичайну актуальність для дослідження.

Мета й завдання роботи. Метою даного магістерського дослідження є розробка та обґрунтування вдосконалених підходів до формування транспортної схеми глибоких кар'єрів з використанням мобільних дробильно-перевантажувальних пунктів. Для досягнення поставленої мети в роботі сформовані **основні задачі дослідження:**

1. Виконати теоретичних основ і досвіду використання техніки і технологій відкритих гірничих робіт глибоких кар'єрів.
2. Проаналізувати та обґрунтувати подальші тенденції розвитку транспортних схем глибоких кар'єрів.
3. Обґрунтувати параметри транспортної схеми глибоких кар'єрів при використанні мобільних дробильно-перевантажувальних пунктів.

Об'єкт дослідження – процес транспортування гірничої маси у глибоких кар'єрах.

Предмет дослідження – техніко-технологічні параметри транспортних схем глибоких кар'єрів.

Ідея. Підвищити ефективність транспортування кар'єрних вантажів глибоких кар'єрів за рахунок обґрунтованого вибору параметрів техніки і технології із використанням мобільних дробильно-перевантажувальних пунктів.

Методи дослідження. Аналіз і синтез літературних джерел - для вивчення теоретичних основ і досвіду використання техніки і технологій відкритих гірничих робіт глибоких кар'єрів; метод математичного моделювання – для дослідження параметрів транспортних схем.

Наукове значення роботи полягає у аналізі теорії і практики транспортування гірничої маси у глибоких кар'єрах, а також математичному моделюванні параметрів транспортних схем із використанням мобільних дробильно-перевантажувальних пунктів.

Практичне значення роботи полягає у встановленні раціональних значень кроків перенесення перевантажувального пункту у робочій зоні кар'єру.

ТРАНСПОРТУВАННЯ ГІРНИЧОЇ МАСИ, АВТОСАМОСКИД,
ЦИКЛІЧНО-ПОТОЧНА ТЕХНОЛОГІЯ, КОНВЕЄР, ГЛИБОКИЙ КАР'ЄР,
МОБІЛЬНИЙ ДРОБИЛЬНО-ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ПУНКТ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ І ДОСВІДУ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ ГЛИБОКИХ КАР'ЄРІВ	8
1.1 Ретроспективний аналіз наукового супроводу формування транспортних схем із застосуванням ЦПТ у глибоких кар'єрах	8
1.2 Аналіз досвіду проектування і експлуатації транспортних схем глибоких кар'єрів	18
РОЗДІЛ 2. НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ СХЕМ ГЛИБОКИХ КАР'ЄРІВ	34
2.1 Тенденції розвитку транспортних схем при експлуатації і реконструкціях глибоких кар'єрів	34
2.2 Мобільний дробарно-перевантажувальний комплекс	40
РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНОЇ СХЕМИ ПРИ ВІДПРАЦЮВАННІ ГЛИБОКОГО КАР'ЄРУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МОБІЛЬНИХ ДРОБИЛЬНО-ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ ПУНКТІВ	43
3.1 Визначення критеріїв і принципів формування технологічного модуля	43
3.2 Моделювання формування технологічного модуля в умовах Інгулецького кар'єру	48
3.3 Визначення порядку формування технологічного модуля	59
ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	65

ВСТУП

Питання вдосконалення підходів до формування транспортної схеми глибоких кар'єрів при використанні мобільних дробильно-перевантажувальних пунктів обумовлене необхідністю підвищення ефективності та зниження витрат на видобуток і транспортування корисних копалин у глибоких кар'єрах. Зі збільшенням глибини розробки кар'єрів складність гірничих робіт значно зростає, що вимагає впровадження інноваційних рішень для забезпечення безперервного та економічно вигідного виробничого процесу. Традиційні методи транспортування видобутої сировини, які включають використання вантажівок та стаціонарних дробильних установок, часто не відповідають вимогам сучасної гірничодобувної промисловості через високу вартість та екологічні обмеження. У цьому контексті мобільні дробильно-перевантажувальні пункти (МДПП) пропонують ефективне вирішення проблеми. Вони дозволяють здійснювати первинну переробку корисних копалин безпосередньо на місці видобутку, що знижує потребу в транспортуванні великої кількості сировини до стаціонарних установок і тим самим зменшує витрати та вплив на навколишнє середовище.

Проте, для максимально ефективного використання МДПП необхідно розробити та впровадити нові підходи до формування транспортної схеми глибоких кар'єрів. Це включає врахування специфічних умов роботи мобільних установок, оптимізацію маршрутів транспортування та інтеграцію цих систем у загальну виробничу схему кар'єру. Вдосконалення транспортної схеми з урахуванням застосування МДПП сприятиме підвищенню продуктивності гірничих робіт, зменшенню витрат на експлуатацію транспорту та обладнання, а також покращенню екологічної ситуації за рахунок зниження викидів шкідливих речовин.

Дослідження у цій сфері є надзвичайно актуальним, оскільки дозволяє вирішити низку важливих проблем, з якими стикається сучасна гірничодобувна промисловість. Впровадження нових підходів до формування

транспортних схем забезпечить не лише економічні переваги для підприємств, але й сприятиме збереженню природних ресурсів та поліпшенню умов праці для працівників галузі. Таким чином, дослідження вдосконалення підходів до формування транспортної схеми глибоких кар'єрів при використанні мобільних дробильно-перевантажувальних пунктів є важливим кроком на шляху до сталого розвитку гірничодобувної промисловості.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ І ДОСВІДУ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ ГЛИБОКИХ КАР'ЄРІВ

1.1 Ретроспективний аналіз наукового супроводу формування транспортних схем із застосуванням ЦПТ у глибоких кар'єрах

Аналіз сучасного стану розробки родовищ відкритим способом свідчить про збільшення глибини діючих потужних кар'єрів, до 450 м і більше, внаслідок чого різко погіршуються техніко-економічні показники роботи кар'єрів. Виходячи з досвіду роботи глибоких кар'єрів Кривбасу [1-4], особливо актуальними є питання відпрацювання глибинної частини родовищ, оскільки саме в ній сконцентрована основна робоча зона.

При відпрацюванні родовищ глибокими кар'єрами гірничі роботи ведуться на обмежених майданчиках, це призводить до зниження інтенсивності гірничих робіт та продуктивності кар'єру, ускладнення розкриття робочих горизонтів. При цьому збільшення висоти підйому та відстані транспортування гірничої маси веде до зростання собівартості видобутку корисних копалин.

Питома вага транспортних витрат у загальних витратах на видобуток руд за глибини кар'єрів 200-300 м становить 55-60%, а при досягненні глибини 400-500 м збільшується до 65-70%. Тому подальше підвищення ефективності відкритих гірничих робіт нерозривно пов'язане із вирішенням проблеми транспорту глибоких кар'єрів.

Розвиток транспортних схем глибоких кар'єрів у період 1980-2005 рр., що полягає в освоєнні циклічно-почної технології (ЦПТ) гірничих робіт, глибокому введенні електрифікованого залізничного транспорту за рахунок застосування підвищених ухилів, впровадженні автосамоскидів великої вантажопідйомності, не забезпечили повної компенсації економічних показників транспортування гірничої маси.

Відомо, що застосування комплексів ЦПТ у глибоких кар'єрах із

великими виробничими потужностями веде до значних позитивних техніко-економічних ефектів у порівнянні з транспортуванням гірничої маси автотранспортом. Але нині внутрішні резерви підвищення ефективності ЦПТ з конвеєрами традиційного виконання вичерпані і навіть спостерігається певний спад. Цьому сприяли великі обсяги гірничо-підготовчих робіт, терміни будівництва та експлуатації стаціонарного дробильно-перевантажувального пункту (ДПП), що зумовлює роботу складального автотранспорту в нераціональних умовах та знижує його експлуатаційні показники та показники ЦПТ загалом.

Огляд та аналіз наукових праць показав [5-8], що багато з них присвячено розкриттю використання додаткових резервів ЦПТ. Але нових підходів щодо формування ЦПТ та транспортних схем практично немає. Потрібен новий підхід до вирішення проблем, що накопичилися, пов'язаних зі зростанням вартості видобутку (в основному за рахунок зростання питомих витрат на транспортування) гірничої маси.

При вирішенні цієї проблеми особлива роль відводиться автомобільному транспорту. Незважаючи на те, що автомобільний транспорт залишається порівняно дорогим і трудомістким, переваги, пов'язані з високою маневреністю, мобільністю та можливістю роботи в обмеженому просторі глибинної зони кар'єрів, зумовлюють необхідність його застосування як складальної ланки комбінованих транспортних схем та як самостійний транспорт при розробці глибоких, обмежених у плані кар'єрів.

Ефективність схем ЦПТ може бути підвищена за рахунок збільшення гнучкості її ланок, мінімізацією відстані транспортування гірничої маси та гірничо-підготовчих робіт під ЦПТ. Для компенсації швидкого темпу поглиблення кар'єрів, які використовують комплекси ЦПТ, розроблено спеціалізоване нове обладнання.

До такого типу обладнання відносяться стрічкові крутонахильні

конвеєри (КНК), пересувні дробильно-перевантажувальні пункти (ПДП), дробарки із завантаженням на горизонті їх встановлення та ін. Більш того, науковими та проектними інститутами вже розроблені КНК та ПДПП стосовно кар'єрів СНД [9].

Для кар'єру Мурунтау Навойського ГМК (Узбекистан) розроблено та введено в експлуатацію (у січні 2007 р.) мобільний дробильно-перевантажувальний комплекс (МДПК), що складається з крутопохилого перевантажувача (КНП) та ПДП на базі двовалкової шнекової дробарки. Також є техніко-економічно обґрунтовані проекти із застосування КНК-270 з висотою підйому гірничої маси 270 м [10].

Розроблене та створене гірничо-транспортне обладнання (КНК та МДПК) є прогресивною тенденцією та майбутнім комплексу ЦПТ.

Практика роботи глибоких кар'єрів показує, що раціональна сфера застосування комплексів ЦПТ із конвеєрами традиційного виконання знаходиться на глибині до 150-200 м. Подальше збільшення глибини кар'єру веде до різкого зростання собівартості транспортування з колосальними капітальними та експлуатаційними витратами.

Проблема сформувалася через відсутність методів проектування транспортних схем кар'єрів із значними термінами експлуатації.

Не враховано складності формування транспортних схем глибоких кар'єрів, що розробляють похилі та крутоспадні родовища [11-12].

Звісно ж, що розв'язання завдання формування транспортної схеми кар'єру можливе з використанням технологічних модулів [13].

Технологічний модуль – це ланка транспортної схеми кар'єра, що переміщується, що визначає послідовність виконання технологічних процесів і спрямованість вантажопотоків в обмеженій по висоті і в плані зоні кар'єру з параметрами гірничо-транспортного обладнання, обраними відповідно до економічно обґрунтованих і раціональних меж його застосування.

Транспортна схема глибокого кар'єру формується шляхом послідовного переміщення технологічного модуля зі зниженням гірничих робіт. Основним технологічним обладнанням, що формує технологічний модуль, є мобільний дробильно-перевантажувальний комплекс МДПК, що складається з крутопохилого перевантажувача КПП та ПДПП.

Параметрами технологічного модуля є: глибина введення МДПК, висота підйому та відстань транспортування гірничої маси автотранспортом, глибина технологічного модуля, продуктивність МДПК, висота підйому гірничої маси з КПП, місцезнаходження ПДПП та КПП, напрямок вантажопотоків та ін.

Проте, у країнах СНД немає досвіду застосування КПП, КНК і ПДПП. Перехід на нові транспортні схеми у процесі розробки кар'єру утруднений ще й у зв'язку з допущеними помилками на стадіях передпроектних та проектних робіт формування транспортної схеми кар'єру та планів відпрацювання родовища, оскільки у розвиток та формування існуючих транспортних схем вкладено величезні гроші, а зі збільшенням глибини кар'єру витрати неодмінно зростають. Реконструкція кар'єрного транспорту та перехід на нові, економічно обґрунтовані транспортні схеми потребують часу та великих капітальних витрат.

Сучасний високий рівень розвитку теорії проектування потужних глибоких кар'єрів досягнуто внаслідок багаторічних досліджень українських та закордонних вчених вітчизняної наукової школи: Н.В. Мельникова, В.В. Ржевського, К.М. Трубецького, НН Мельникова, член-кор. АН СРСР О.О. Співаковського, В.Л. Яковлева, проф. Ю.І. Аністратова, А.І. Арсентьєва, М.В. Васильєва, К.Є. Вінницького, В.А. Галкіна, І.В. Дерев'яшкіна, В.С. Коваленко, Є.А. Котенка, С.А. Ільїна, В.В. Істоміна, М.Г. Новожилова, М.Г. Потапова, С.П. Решетняка, Б.А. Сімкіна, В.П. Смирнова, В.Ф. Столярова, В.І. Супруна, І.Б. Табакмана, П.І. Томакова, Б.М. Тартаковського, Б.В. Фадцєва, Г.А. Холоднякова, В.С. Хохрякова, В.В. Хроніна, М.С. Четверика,

Є.Є. Шешко, О.М. Шиліна, В.А. Щелканова, Н.І. Кучерського, О.М. Мальгіна, В.М. Ситенкова, П.І. Шеметова та багатьох інших вчених [14-16]. Свій внесок зробила і західна наукова школа в особі таких науковців: Р. Сінгхал, Дж. Місра, Е. Бахтавар, А. Ораї та М. Шахріар, Л. Кецюевич, Дж. Комленовіч, М. А. Кізіл, Т. Г. Топал, Р. С. К. Сінгх, Б. Б. Дар, Р. Сінгхал та Дж. Місра [17-21].

У міру зниження гірничих робіт проблема вибору транспорту набуває актуальнішого значення і, незважаючи ні на що, найважливішим технологічним процесом відкритих гірничих робіт, особливо в глибоких кар'єрах, був і залишається технологічний транспорт, частка яких у собівартості видобутку корисних копалин становить до 70% і більше.

Розрахункові показники основних видів кар'єрного транспорту, раціональні поєднання потужностей вантажного та транспортного обладнання та обґрунтування їх параметрів знайшли відображення у книзі доктора технічних наук К.Є. Вінницького [22]. Розрахунок основних параметрів транспортного обладнання та техніко-економічний аналіз значною мірою поповнює монографія М.В. Васильєва та ін [22]

Питання формування технологічних вантажопотоків досліджено професором Ю.І. Аністратовим [23], визначення продуктивності та меж кар'єрів – професором А.І. Арсентьєвим [23], застосування конвеєрного транспорту для скельних порід та руд професором О.М. Шиліним [24], формування структур комплексної механізації кар'єрів з технікою безперервної дії професором П. І. Томаковим.

Аналіз тенденцій розвитку проблеми глибоких кар'єрів показав, що загальна проблема може бути поділена на чотири області [25]:

- технологія та комплексна механізація гірничих робіт на глибоких горизонтах;
- транспорт для глибоких кар'єрів;
- керування станом масивів гірничих робіт на глибоких кар'єрах;

– забезпечення комфортних умов праці.

Перші дві області частково перекривають одна одну. Було прийнято різні техніко-економічно обґрунтовані технічні та технологічні рішення для відпрацювання глибоких кар'єрів з великою виробничою потужністю. Насамперед, до них слід віднести застосування ЦПТ гірничих робіт на глибоких кар'єрах .

Досвід застосування комбінованого кар'єрного транспорту показав його ефективність у порівнянні з єдиним кар'єрним транспортом, незважаючи на підвищені початкові капвкладення в середньому на 11%. Це можна пояснити двома основними причинами. По-перше, заміна автосамоскидів конвеєрами для підйому гірничої маси з кар'єру на найважчій ділянці роботи, де знос двигунів та витрата пального максимальні, дозволяє суттєво зменшити експлуатаційні витрати. По-друге, зростання початкових капвкладень може бути обмежене при розташуванні конвеєрів та дробильних установок у кар'єрі у відкритих траншеях.

Питання комбінованого транспорту під час використання автосамоскидів як складальної ланки розглядалися в дисертаційних роботах на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук М.Г. Новожилова, М.Г. Потапова, С.П. Решетняка, Б.А. Сімкіна, Б.В. Фадцеєва, О.М. Шиліна, В.Л. Яковлєва та ін [26-29]. Авторами розглянуто умови застосування автомобільно-залізничного, автомобільно-конвеєрного та автомобільно-скіпового транспорту, досліджено конструктивні параметри та технологічні схеми перевантажувальних пунктів, теоретично обґрунтовано методи вибору раціональних видів кар'єрного транспорту.

Складовими частинами теорії формування транспортних систем глибоких кар'єрів, розробленої В.Л. Яковлєвим, є [27]:

- дослідження закономірностей формування вантажопотоків під час поетапної розробки родовищ;
- обґрунтування оптимальної тривалості відпрацювання окремих

етапів, термінів довготривалої консервації та розконсервації тимчасово неробочих бортів кар'єрів під транспортними комунікаціями;

- технічна та технологічна оцінки основних видів кар'єрного транспорту та обґрунтування раціональних параметрів та умов їх застосування у загальній транспортній системі глибоких кар'єрів у різні періоди їх експлуатації;

- розробка критеріїв оптимальності, стратегії формування транспортної системи до кінця відпрацювання родовища;

- розробка методики визначення моментів переходу на нові види та схеми транспорту та встановлення просторових меж раціональної експлуатації різних видів транспорту в граничних контурах кар'єру;

- оптимізація параметрів вантажного та транспортного обладнання та елементів транспортної системи кар'єру з урахуванням динаміки гірничотехнічних умов та відповідних їм техніко-економічних показників використовуваних видів та технічних засобів транспорту;

- типізація схем формування транспортних систем глибоких кар'єрів.

У цей період (1980-1990 рр.) В.Л. Яковлевим розроблено практичні рекомендації щодо розвитку транспортних систем більшості кар'єрів великих гірничо-збагачувальних комбінатів України та Казахстану.

Встановлено, що за 40 років існування наукового спрямування ЦПТ було виконано та захищено три докторські дисертації. Дані щодо кожної з них, включаючи ім'я автора, назву дисертації, рік захисту, мету, завдання та методи дослідження, наведено у табл. 1.1 [30-32]. Вони свідчать, що у науковому напрямі ЦПТ провідну роль грає емпіричне (експериментальне) дослідження. Для вирішення прикладних завдань використовуються методи функціонального підходу: аналітичний, графічний, графо-аналітичний, економіко-математичне моделювання, математична статистика, порівняння та вибір оптимальних варіантів за різними критеріями тощо.

Класифікацію комплексів циклічно-поточної технології розроблено О.М. Шиліним. Як узагальнюючі ознаки він приймає тип транспортного засобу: стрічковий конвеєр, спеціальний конвеєр для крупнокускових порід і руд; процес підготовки гірських порід для транспортування: дроблення, гуркіт; конструктивне виконання технічних засобів: самохідне, напівстаціонарне. Тут на першому плані висувається підготовка гірських порід до транспортування конвеєрами [32].

Класифікація технологічних схем поточкового виробництва при відкритій розробці скельних порід та руд розроблена М.В. Васильєвим. Він виділяє три групи технологічних схем. Як узагальнюючі ознаки прийняті: принцип створення та формування потоку, процес підготовки гірничої маси для потоку, конструктивне виконання та технологічна послідовність основного обладнання. Ця класифікація визначає сферу застосування конвеєрного транспорту на кар'єрах.

Методика М.Г. Новожилова [14] включає визначення значень параметрів, що характеризують межу переходу від незалежного до комбінованого виду транспорту, місце концентраційного горизонту групи уступів, крок перенесення концентраційного горизонту, відстані між пунктами навантаження гірської маси у плані. Порівняння варіантів провадиться за допомогою економічного показника. Оптимальні значення параметрів визначаються за критерієм мінімуму витрат за перевезення гірничої маси.

У роботі [33] розроблені варіанти розміщення буферних складів, технологічні схеми відсипання та відвантаження гірничої маси стосовно кар'єру Мурунтау.

Таблиця 1.1 – Докторські дисертації з тематики ЦПТ на кар'єрах

Рік захисту. Автор. Назва	Ціль	Завдання	Методи
1972. О.М. Шилін. Дослідження відкритої розробки скельних порід та руд із застосуванням конвеєрного транспорту	Наукове обґрунтування використання конвеєрного транспорту при розробці скельних порід та руд	Дослідження передумов застосування конвеєрного транспорту, розробка класифікації комплексів циклічно-потокової технології, створення економіко-математичної моделі для вибору обладнання	Аналітичний, графічний, графо-аналітичний, техніко-економічний аналіз, експериментальний, інженерний
1987. М.С. Четверик. Розробка схем розкриття для підвищення ефективності комбінованого автомобільно-конвеєрного транспорту на кар'єрах	Створення теорії розрахунку та обґрунтування схем розтину для ефективної розробки рудних кар'єрів	Встановлення залежностей між параметрами систем розробки та схем розкриття, дослідження схем розкриття, розробка методики розрахунку параметрів схем розкриття, обґрунтування схем розкриття для конкретних кар'єрів	Не вказані

<p>1998. С.П. Решетняк.</p> <p>Обґрунтування та розробка схем циклічно-поточної технології з внутрішньокар'єрними пересувними дробильно-перевантажувальними комплексами (ПДПК)</p>	<p>Підвищення ефективності експлуатації потужних глибоких кар'єрів за рахунок застосування науково обґрунтованих схем ЦПТ із ПДПК</p>	<p>Розробка концепції кар'єрів нового покоління, обґрунтування структури та параметрів схем ЦПТ з ПДПК, удосконалення методів визначення параметрів кар'єрів, розробка типового ряду ПДПК та типових схем ЦПТ, вибір раціональних схем розкриття кар'єрів</p>	<p>Аналітичний, графічний, графо-аналітичний, економіко-математичне моделювання, методи теорії адаптації, метод варіантів</p>
--	---	---	---

Методика УкрНДІ проекту також ґрунтується на критеріях приведених витрат. Вибір місця розташування перевантажувальних пунктів здійснюється тут у два етапи. Спочатку встановлюється місце їх розташування у плані за умовою мінімальної відстані перевезення вантажу автосамоскидами. Потім визначається глибина закладення концентраційного горизонту. Застосування ЕОМ дозволяє прораховувати всі випадки взаємного розташування перевантажувальних пунктів та робочих уступів по глибині кар'єру. Порівняння варіантів проводиться за допомогою наведених витрат, які включають експлуатаційні та капітальні витрати на перевезення гірничої маси, спорудження перевантажувальних пунктів та будівництво гірничо-капітальних споруд.

Властивості гнучкості та адаптивності комбінованого транспорту глибоких кар'єрів присвячені роботи [34-35]. Вони дано залежності для кількісної оцінки гнучкості технологічних систем. Особливо виділено модульний принцип формування транспортно-перевантажувальних систем.

Стан наукових праць свідчить про те, що більшість досліджень було спрямовано на вирішення питань технології та обґрунтування параметрів ЦПТ із застосуванням похилих конвеєрів при розробці родовищ відкритим способом.

Виходячи з огляду та аналізу, проведених нами з питання проектування транспортних схем при використанні ЦПТ у глибоких кар'єрах, встановлено, що в даний час немає комплексної методики їх формування із застосуванням мобільних дробильно-перевантажувальних комплексів та крутонахильних конвеєрів, починаючи з будівництва кар'єру і до кінця відпрацювання.

1.2 Аналіз досвіду проектування і експлуатації транспортних схем глибоких кар'єрів

Аналіз тенденції розвитку відкритих гірничих робіт у країнах СНД і за кордоном показує, що найближчим часом глибина багатьох кар'єрів складе 500-600 м, а в більш віддаленій перспективі може досягти 700-1000 м. При

цьому річні обсяги гірничої маси становлять близько 30-50 млн м³.

Основне завдання розробки потужних глибоких кар'єрів – обґрунтування і вибір раціонального поєднання основного устаткування комплексах, формують структуру загального технологічного процесу кар'єру. Зокрема, це повною мірою відноситься до однієї з найважливіших кар'єрних систем – транспортування руди та розкривних порід.

Існує безпосередній зв'язок між розмірами кар'єрів та структурою транспортних схем. Раніше було встановлено, що основним фактором, що сприяє викладанню постійного борту на кар'єрах країн СНД при розробці крутоспадних родовищ, є прохідка капітальних траншей для розташування комунікацій залізничного транспорту. Звідси можна було б зробити висновок щодо недоцільності застосування на глибоких кар'єрах залізничного транспорту. Цей факт підтверджується зарубіжним досвідом відкритої розробки родовищ, де залізничний транспорт застосовується переважно на поверхні перевезення гірничої маси на великі відстані.

Дослідженнями ІГТМ НАН України, проектними інститутами «Гіпроруда», «Південдніпроруда», ДП «ДП» Кривбаспроект», а також практикою роботи низки підприємств доведено, що в умовах інтенсивного зростання глибини кар'єрів спостерігається суттєве поліпшення експлуатації циклічно-поточної технології в різних варіантах та поєднаннях [36-38].

Застосування ЦПТ в умовах постійного збільшення глибини гірничих робіт сприяє підвищенню їх концентрації, а також збільшенню технічних показників експлуатації технологічного обладнання і підвищенню ефективності роботи підприємства загалом [38]. Нижче у таблиці 1.2. наведено забезпеченість ЦПТ обладнанням, яке випускається в СНД. Однак очевидною є тенденція на розширення лінійки обладнання високопродуктивними західними зразками виймально-навантажувальної (рис. 1.1) та транспортної (рис. 1.2) техніки.

Таблиця 1.2 – Забезпеченість ЦПТ обладнанням, яке випускається в СНД

Устаткування	Продуктивність обладнання, млн. т/рік		
	10	15	20
Бурові верстати	СБШ-250	СБШ-250; СБШ-320	СБШ-250; СБШ-320
Екскаватори	ЕКГ-8І, ЕКГ-10	ЕКГ-8І; ЕКГ-10, ЕКГ-12,5	ЕКГ-8І; ЕКГ-10; ЕКГ-12,5, ЕКГ-15
Автосамоскиди	БелАЗ-548	БелАЗ-549	БелАЗ-549; БелАЗ-7519
Дробарки	ЩЦП-1500х2100; КПД-1200/180	ЩДП-1500х2100; КПД-1500/180	КПД-1500/180; КВКД-1200/200
Конвеєри: ширина, мм; швидкість, м/с	1400 2,5; 3,15	1600 2,5; 3,15	1600; 2000 2,5; 3,15
Потяги: зчіпна маса, т; думпкари, т	240 105	240 105	240 105
Відвальне обладнання	ЗШС-2000/60; ЕКГ-10; ЕКГ-12,5; ДЕГ-250	01ПС-2000/60; ЕКГ-10; ЕКГ-12,5; ДЕГ-250	ЗШС-2000/60; ЕКГ-10; ЕКГ-12,5; ДЕГ-250



А



Б



В



Г

Рис. 1.1 - Приклади моделей кар'єрних одноковшових екскаваторів: А - ЕКГ-12; Б - Komatsu - PC-3000; В - Hitachi -EX-1900; Г - P&H 4100 XPC

В даний час є великий практичний досвід застосування автомобільно-конвеєрного транспорту на українських та зарубіжних кар'єрах. Відомості щодо ряду кар'єрів України та інших країн, де діють чи запроектовані комплекси ЦПТ, наведено у таблиці 1.3.

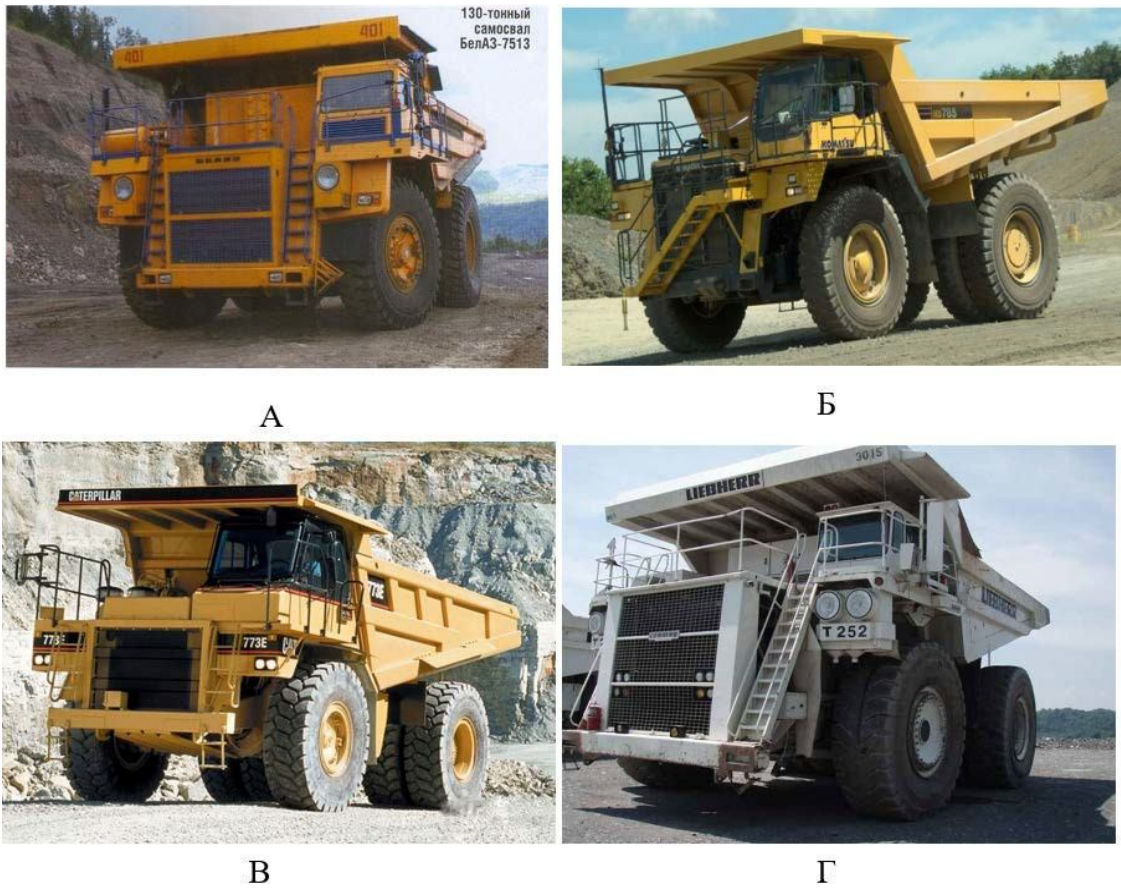


Рис. 1.2 – Кар'єрні автосамоскиди: А - БелАЗ-7513; Б - Komatsu HD 785-7; В - Caterpillar - 773Е; Г - Liebherr T252

Таблиця 1.3 – Приклади експлуатації систем ЦПТ у глибоких кар'єрах

№	Найменування кар'єрів	Проектна глибина м	Продуктивність конв. комплексу, млн.т/рік	Тип розкривних виробок	Кут нахилу тракту, градус
1.	Інгулецький	650	20	тунель	16
2.	Першотравневий	500	30	тунель	15
3.	№ 3 НКГЗК	470	20	тунель	15
4.	Південний	650	20	тунель	15
5.	Полтавський	600	12	траншея	10
6.	№ 1 ЦГЗК	450	20	тунель	15
7.	Удокан	1000	60	траншея	16-38
8.	Мурунтау	630	66	траншея	16-37

Значні обсяги гірно-капітальних робіт в результаті призводять до суттєвих термінів будівництва конвеєрних комплексів, що часом сягають 3 і більше років. При цьому строки існування дробарно-перевантажувального пункту без переустановок на постійному горизонті становлять близько 10-15 років. Це призводить до нераціонального використання складального автомобільного транспорту, фактична відстань транспортування на ділянці забій - ДПП перевищує 3 км. При зниженні гірничих робіт і подовженні конвеєрного підйомника виникають значні додаткові витрати, пов'язані з ліквідацією ДПП, що раніше експлуатувався, так як його стаціонарність дозволяє демонтувати для подальшого використання тільки механічну частину (дробилки та живильники), що становить не більше 28 % загальної вартості ДПП.

Проектні інститути виконали досить багато проектів, за якими побудовано, реконструйовано та стабільно діють гірничі підприємства з відносно високими техніко-економічними показниками [39].

У таблиці 1.4. наведено основні показники роботи комплексів ЦПТ на гірничих підприємствах.

Таблиця 1.4 - Основні проектні показники роботи комплексів ЦПТ на гірничих підприємствах

ГЗК, кар'єр	Вид гірської маси	Продуктивність, т/рік	Устаткування технологічних процесів при ЦПТ				Параметри конвеєрного транспорту				
			буровий верстат	місткість ковша м ³	Внутрішньо-кар'єрний транспорт	дробарка	висота підйому, м	довжина, м	ширина стрічки, мм	швидкість стрічки, м/с	кут нахилу, градус
Навойський ГМК Кар'єр Мурунтау	гірська маса	65,5	СБШ-250	8-12,5 15-26	САТ-785В САТ-789С, І-170	КВКД - 1200/200	200	7500	2000	3,15	15
Інгулецький ГЗК	руда	18	СБШ-250 СБШ-320	5-8	БІЛАЗ-75191 БІЛАЗ-549 БІЛАЗ-548	КПД-1500/180	180	1700	2000 1600	2,5-3,15	16
Північний ГЗК Анновський кар'єр	руда порода	18	СБШ-250 СБШ-320	5-8	БІЛАЗ-548 БІЛАЗ-549 НД-1200	КВКД - 1200/200 КПД- 1500/180	164 186	2400 1800	2000	2,34	15
Південний ГЗК	руда	20	СБШ-250	5-8	Тягові агрегати ПЕ-2	КПД-1500/180	172,5	2715	2000 1600	2,5	15
Центральний ГЗК кар'єр №1	руда порода	16	СБШ-250	5-8	БЕЛАЗ-549 НД-1200	КПД-1500/180	257	1828	2000 1600	3,15-2,08	16
ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	руда	16	СБШ-250 СБШ-320	5-8	БІЛАЗ-549 БІЛАЗ-548	КПД-1500/180	199,3	1200	2000	2,5-2,0	15
Полтавський ГЗК	руда	12	СБШ-250	5-8	БЕЛАЗ-549 НД-1200	КПД-1500/180	120		2000	2,34-2,0	15

Розвиток схем транспортування гірничої маси на глибоких кар'єрах при використанні автомобільно-конвеєрного транспорту здійснюється в результаті реконструкції транспортної системи. Якісний стрибок тут пов'язаний із пересуванням дробильно-перевантажувального пункту. Він займає ключове місце у структурі транспортної системи, оскільки поєднує різні види, типи та марки геотехнічних засобів. При пересуванні пункту перевантаження відбувається їх часткова або повна заміна. Реконструкція транспортної системи передбачає часткову заміну автомобільного транспорту конвеєрним на ділянці підйому вантажу.

Будівництво потужних підприємств та їх реконструкція вимагають величезних капіталовкладень. Вони мають бути не тільки принципово правильними, а й реалізованими, одержуючи проектні техніко-економічні показники.

Радикальним способом організації виробництва була повна конвеєризація процесів переміщення гірської маси після виїмки з природного масиву. Для її реалізації передбачалося включення до складу транспортних систем забійних та магістральних конвеєрів, дробильних агрегатів, перевантажувачів, відвалоутворювачів у пересувному та самохідному виконанні. Їхні випробування проводилися в 1983-1985 роках на двох дослідно-промислових дільницях (ДПД). Перший, продуктивністю 4 млн. т руди на рік, був побудований на проміжному покладі Головного та Північного кар'єрів Качканарського ГЗК. Другий, продуктивністю до 15 млн. т скельних розкривних порід на рік, побудований на кар'єрі №1 Центрального ГЗК. Сумарна кошторисна вартість будівництва двох ділянок становила 23,6 млн. руб. [38].

Загалом випробування обладнання пройшли успішно. За їх результатами СДА-3, ДПА-2000, 01НС-2000/60 були прийняті Міжвідомчою комісією в експлуатацію та рекомендовані для серійного виробництва, що поодинокі повторюється, але головне завдання отримання ефективних способів організації виробництва на робочих уступах – не було вирішено. У

результаті виникла парадоксальна ситуація, коли ніхто не міг відповісти на питання, де і як слід використовувати нове обладнання.

1993 року фірмою «Такраф» було розроблено ТЕО застосування крутопохилого конвеєра на залізорудному кар'єрі Полтавського ГЗК [6]. Це забезпечувало істотне скорочення відстані транспортування під час підйому роздробленої руди на висоту 92 м до робочого майданчика, де вона перевантажувалася на типову стрічкову конвеєрну установку з кутом нахилу 15°. Максимальний розмір шматка не повинен перевищувати 300 мм.

Однак у зв'язку з відсутністю досвіду будівництва та експлуатації КНК у 1996 році на кар'єрі було введено в експлуатацію дробильно-конвеєрний комплекс на базі типового конвеєрного витягу, розрахований на переробку та транспортування 2500 тонн руди на годину. До введення ЦПТ руда, що видобувається, вивозилася великовантажними автосамоскидами. Рішення про будівництво лінії ЦПТ було прийнято у зв'язку з різким зростанням витрат на автоперевезення при досягненні гірничих робіт глибини 280 м, що вимагало значного збільшення парку автосамоскидів. Усі розрахунки проводилися за світовими цінами. Вони показали [6], що капіталовкладення будуть приблизно однакові, а експлуатаційні витрати на переміщення 1 т руди при заміні автосамоскидів конвеєром зменшуються з 1,26 до 0,66 нім. марок, тобто майже вдвічі.

У таблиці 1.5 наведено місце експлуатації та рік введення КНК конвеєрів працюючих на гірничих підприємствах. Як очевидно з таблиці, нині КНК на гірничих підприємствах СНД майже не застосовуються.

Таблиця 1.5 – Аналіз досвіду експлуатації круто-похилих конвеєрів у структурі циклічно-поточної технології

Кар'єр, компанія, місцезнаходження, рік застосування	Матеріал, насіпна щільність, т/м³	Продукт-сть, т/год	Кут, град	Висота підйому, м	Довжина, м	Ширина стрічки, мм	Швидкість стрічки, м/с
Tritin Coal Co, шт Вайомінг, США	Вугілля	2540	60	32,9	56,7	1524	5,33
Майданпек, Югославія	Мідна руда, 2,08	4000	35,5	93,5	173,7	2000	2,67
Valley Camp of Utah, шт. Юта, США	Вугілля після збагачення	1089	65	30,7	44,2	1372	3,56
Montague Sys, шт. Вайомінг, США, 1993	Кам'яне вугілля, 0,88	1950	57	59,4	90,8	1829	3,66
Commonwealth Edison, шт. Іллінойс, США	Вугілля	635	45	38,1	69	1219	3,05
Island Creek, США, 1992	Відходи збагачення вугілля, 1,28	454	41	174,8	454,2	914	2,3
Cementos Veracruz, Мексика, 1992	Гарячий клинкер на заводі, 1,36	715	35	41,3	198,9	1219	1,7

Colver Power Plant, США, 1994	Кам'яне вугілля, 1,12	260	60	48,5	75	762	2,3
QualiTech steel, США, 1998	Залізна руда на сталеливарному заводі, 2,2	180	68	67,6	91	914	1,2
Terra Nova Technologies, Мексика, 2000	Мідна руда при укладці в штабель для випуговування, 2,8	2500	35	30	79	1524	2,66
Мурунтау, Узбекистан, 2007	Золотовмісна руда, 1,75	2500	40	30	75	2000	3,15
Мурунтау, Узбекистан, 2011	Золотовмісна руда, 1,75	3500	37	270	960	2000	3,15

На пильну увагу заслуговує досвід кар'єру Мурунтау, де впровадження в 1984 році комплексу ЦПТ, призначеного згідно з проектом для транспортування скельних порід розкриву ($f=8-12$), стало логічним продовженням еволюції технологічного транспорту кар'єру Мурунтау. Поточна ланка цього комплексу ЦПТ (таблиця 1.6) складається з двох конвеєрних ліній (ширина стрічки 2000 мм), кожна з яких включає по два похилих, одному передавальному, магістральному та відвальному конвеєру, а також по консольному відвалоутворювачу (ОШС-4000/125).

Дробильно-перевантажувальний пункт (ДПП) має висоту 30 м, оснащений приймальним бункером місткістю 350 м³ з кількістю місць розвантаження автосамоскидів: вантажопідйомністю 75-110 т - 2 місця та 140-200 т - одне місце. На ДПП встановлена дробарка КВКД-1200/200 продуктивністю 1330 м³/год (за ціликом), потужність електродвигуна становить 400 кВт, маса 240 т.

Таблиця 1.6 – Технічна характеристика конвеєрних комплексів кар'єра Мурунтау

Показники	Одиниці виміру	Конвеєрна лінія №1	Конвеєрна лінія №2
Продуктивність	млн. м ³ /рік млн. т/рік	12,8 33,0	12,8 33,0
Висота підйому гірничої маси: на поверхню кар'єру у відвал	м м	90 160	150 220
Введення в експлуатацію	рік	1984	1986
Кількість конвеєрів	шт.	5	5
Ширина стрічки конвеєра	мм	2000	2000
Швидкість руху стрічки	м/с	3,15	3,15
Довжина конвеєрів, всього в тому числі:	м	3370	5348
- підйомних		570	570
- магістрального		985	1892
- передавального		572	1080
- відвального		1243	1806

В даний час у кар'єрі Мурунтау вперше введено в експлуатацію МДПК, що складається з крутопохилого міжступного перевантажувача з висотою підйому 30 м та пересувного дробильного перевантажувального пункту.

Досвід будівництва та експлуатації комплексу ЦПТ на кар'єрі Мурунтау дозволяє зробити такі висновки:

1) родовище повинне відпрацьовуватися поетапно, з більш частими переглядами та доповненнями стратегії відпрацювання родовища;

2) гірничі роботи повинні проводитися з урахуванням будівництва та експлуатації комплексів ЦПТ практично від початку освоєння родовищ, на яких такі комплекси передбачається використовувати;

3) на кар'єрах з різномірною гірською масою комплекси ЦПТ доцільно використовувати для транспортування та селективного складування порід та руд.

У роботі [40] наведено закономірність зміни витрат на видобуток корисних копалин зі збільшенням глибини кар'єру (рис. 1.3). З графіків рис. 1.3 зрозуміло, що невчасний перехід на нову технологічну схему транспортування веде до колосальних збитків від розробки всього родовища. При цьому пріоритетними є питання вибору схеми відпрацювання та транспортування гірничої маси, тому що їх частка в собівартості гірничої маси, що видобувається, становить до 70%.

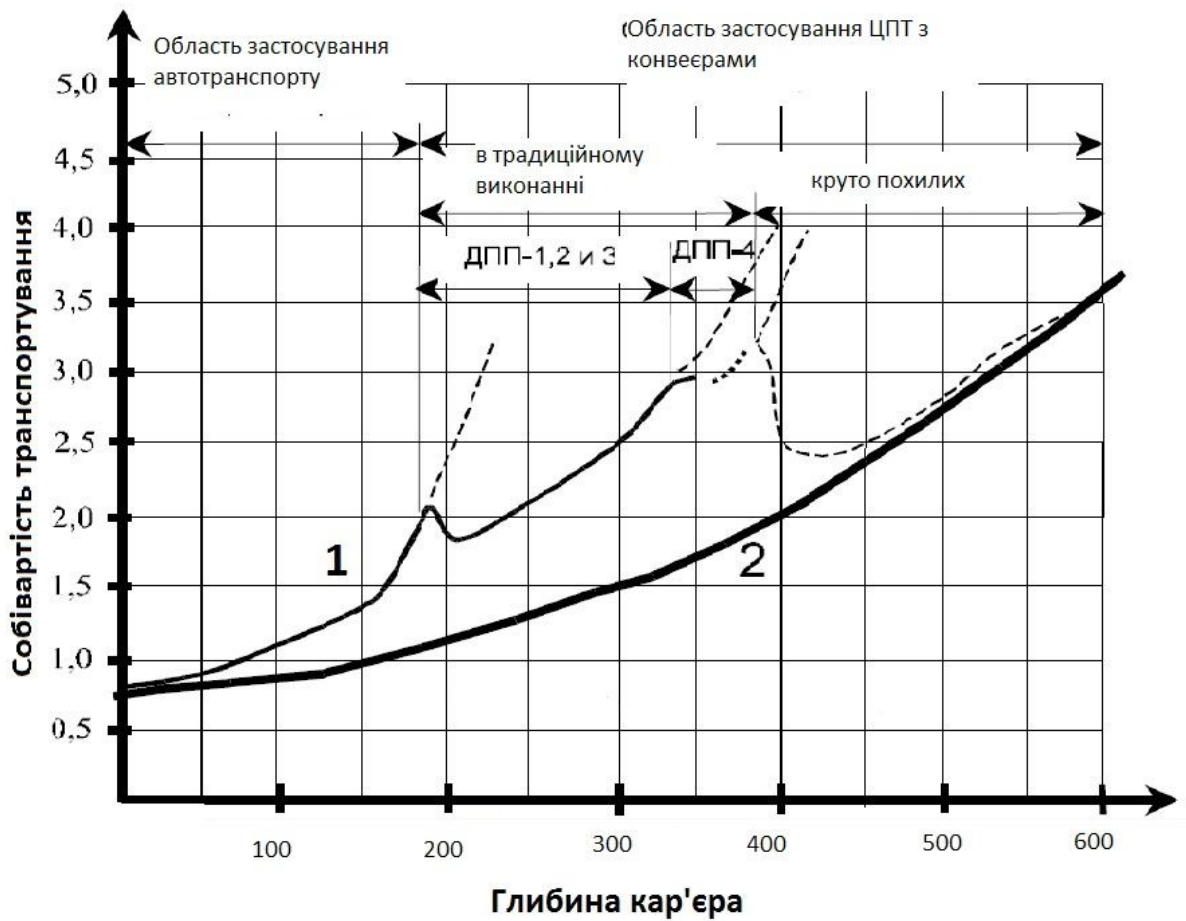


Рис. 1.3 – Область раціонального використання автомобільного і автомобільно-конвеєрного транспорту

Впровадження на кар'єрі Мурунтау ЦПТ дозволило значно покращити роботу автотранспорту за рахунок зниження висоти підйому та дальності транспортування гірничої маси. Тим самим було забезпечено стабільну роботу гірничого комплексу з розробки розкривних порід та з видобутку товарної руди запланованої якості.

Потрібно було багато часу та зусиль для розробки та впровадження нових технічних рішень, які дозволили стабілізувати роботу комплексу ЦПТ та забезпечити стабільну роботу кар'єру з виїмки розкривних порід та видобутку руди з плановим змістом.

До теперішнього часу, коли окремі кар'єри досягли глибини понад 250-300 м, багато з них зазнали не однієї реконструкції, на них неодноразово

оновлювався парк основного гірничого та транспортного обладнання, накопичено величезний досвід досліджень, проектування та експлуатації глибоких кар'єрів. Можна зробити певні висновки про загальні закономірності розробки родовищ відкритим способом та запропонувати науково обґрунтовані рекомендації щодо подальшої стратегії розвитку глибоких кар'єрів, у тому числі вирішення одного з головних питань – стратегії формування їх транспортних схем.

Недостатньо всебічний облік переваг та недоліків окремих видів кар'єрного транспорту, не зовсім правильна стратегія довгострокової перспективи їх розвитку та пов'язаний з цим розподіл між ними обсягів перевезень, а саме:

- експлуатація автомобільного транспорту в неоптимальних для нього гірничо-технічних умовах, при значних відстанях транспортування (до 3-5 замість 1-2 км) та великій висоті підйому гірничої маси (150-300 м і більше, при раціональній висоті 50-100 м);

- не виправдано оптимістичні прогнози, пов'язані із застосуванням конвеєрного транспорту при розробці скельних порід і руд спочатку у вигляді підйомників у схемах циклічно-потокової технології, а потім і як забійного транспорту в комплексі із самохідними дробильними агрегатами.

Недостатній рівень розвитку теорії поетапної розробки глибоких кар'єрів, відсутні науково обґрунтовані рекомендації щодо оптимальної тривалості окремих етапів, послідовності розвитку та освоєння виробничих потужностей, обґрунтування вибуття потужностей зі зниженням гірничих робіт, закономірностей зміни техніко-економічних показників зростанням глибини кар'єрів.

На передпроектних стадіях відсутність ефективних методів формування транспортної схеми веде до значних негативних наслідків при відпрацюванні глибоких кар'єрів, а саме на шкоду від затримки заміни виду

транспорту, що зумовлює різке зростання питомих витрат на транспортування та видобуток гірничої маси.

У цих умовах на перший план висуваються завдання обґрунтування загальної стратегії розробки глибоких кар'єрів, встановлення закономірностей формування їх транспортних схем і раціональних галузей застосування різних видів транспорту в умовах розробки родовищ, що змінюються, з урахуванням закономірностей технічного прогресу у розвитку гірничотранспортної техніки та вдосконалення технології відкритих гірничих розробок.

Необхідна також оптимізація параметрів транспортних схем кар'єрів на всіх стадіях розробки глибоких родовищ. Подальшого розвитку вимагають теоретичні засади вибору транспорту глибоких кар'єрів, зокрема з урахуванням екологічних наслідків застосування різних видів кар'єрного транспорту, розробки методів формування транспортних схем глибоких кар'єрів.

РОЗДІЛ 2. НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ СХЕМ ГЛИБОКИХ КАР'ЄРІВ

2.1 Тенденції розвитку транспортних схем при експлуатації і реконструкціях глибокис кар'єрів

Еволюція відкритого способу видобутку корисних копалин визначається підвищенням рівня концентрації виробництва, що супроводжується зростанням глибини та розширенням просторових меж кар'єрів. Це, своєю чергою, призводить до збільшення протяжності транспортних маршрутів та ускладнення процесів транспортування кар'єрних вантажів.

Циклично-поточна технологія, в основі якої знаходиться комбінований автомобільно-конвеєрний транспорт, є одним із напрямків удосконалення технологій відкритої розробки корисних копалин. Комплекси ЦПТ знайшли широке застосування великих кар'єрах чорної металургії.

На горизонтальних ділянках автосамоскид на 1 км доставки 100 т корисного вантажу витрачає 8 л палива, а конвеєр - 12 кВт-год, що підтверджує вищенаведене співвідношення. Проектні техніко-економічні показники комплексів ЦПТ свідчать про перевагу цієї технології на глибоких кар'єрах порівняно з технологіями із циклічними видами транспорту.

У той же час аналіз наукових праць та практики впровадження ЦПТ для глибоких кар'єрів показав, що існує ціла низка проблем, зумовлених:

- різким збільшенням витрат за видобуток корисних копалин у зв'язку з досягненням кар'єрами глибини 200-400 м і більше;
- неможливістю інтенсифікації гірничих робіт на глибоких горизонтах у зв'язку з обмеженістю розкритих рудних площ та скороченням фронту робіт;
- відсутністю досвіду ведення гірничих робіт на високих глибинах;
- відсутністю нових техніко-економічно обґрунтованих рішень щодо формування транспортних схем глибоких кар'єрів;

- відсутністю досвіду застосування нового гірничо-транспортного обладнання;

- відсутністю апробованих науково-методичних рекомендацій щодо проектування та планування гірничих робіт для глибоких кар'єрів (концентрації гірничих робіт, внутрішнього відвалування, раціонального поєднання комплектів обладнання та видів транспорту, своєчасного перегляду кондицій на корисну копалину, що видобувається і т.д.).

При будівництві діючих комплексів ЦПТ було використано в основному типове обладнання, яке випускається промисловістю для дробильно-збагачувальних фабрик (дробилки великого дроблення ККД-1500/180, ЩДП-15x21, стрічкові конвеєри та ін.). Для встановлення цього обладнання в кар'єрі потрібна споруда масивних фундаментів і розміщення комплексів ЦПТ вимагає великих капітальних вкладень, значних площ. Близько 60% вартості комплексів ЦПТ складають будівельно-монтажні роботи. Дробильно-перевантажувальні пункти розміщуються на неробочому борту кар'єру на спеціально сформованих гірничими роботами майданчиках з розмірами 50-60мх 100-150м. При формуванні майданчиків для розміщення ДПП проводиться додаткова виїмка розкривних порід, що іноді досягає обсягів у кілька мільйонів кубічних метрів. Тривалість будівництва ДПП після формування майданчика – 2-3 роки. За період будівництва комплексу ЦПТ гірничі роботи поглиблюються на 80-100 м, що, у свою чергу, сприяє зниженню ефективності ЦПТ через збільшення відстані доставки гірничої маси автотранспортом до перевантажувального пункту.

У промисловому виробництві існує тенденція зростання одиничної потужності устаткування. Загалом вона має прогресивне значення, оскільки виявляється у підвищенні продуктивності праці – основного показника, що характеризує рівень розвитку техніки. Але при зростанні глибини кар'єрів ця тенденція входить у протиріччя з параметрами гірничих виробок.

Звідси можна зробити висновок про доцільність застосування потужного високопродуктивного обладнання на стадіях будівництва та розробки кар'єрів. Зі збільшенням глибини кар'єру довжина робочих уступів та довжина екскаваторних блоків зменшуються. За таких вихідних умов зростання одиничної потужності обладнання немає сенсу, оскільки одночасно зростуть його простой.

З одного боку, погіршення гірничотехнічних і гірничо-технологічних умов розробки, з іншого, - підвищені вимоги до екологічної обстановки в глибоких кар'єрах зумовлюють необхідність подальшого вдосконалення та розвитку існуючих транспортних схем кар'єру. У табл. 2.1 наведено основні фактори переходу на інший вид транспорту.

Сучасний досвід експлуатації великих кар'єрів свідчить про наявність передумов для вирішення вищезазначених проблем, зокрема:

1. промисловістю розроблені та впроваджуються мобільні дробильно-перевантажувальні комплекси;
2. створені та успішно застосовуються потужні крутонахильні конвеєри, вартість яких значно знижена;
3. досягнуто вагомому прогресу в технологіях буровибухових робіт, що сприяє підвищенню ефективності підготовки гірничої маси для транспортування конвеєрними системами;
4. має місці значний досвід експлуатації високопродуктивного гірничо-транспортного обладнання з великою вантажопідйомністю.

Таблиця 2.1 – Чинники, що зумовлюють перехід на інший вид транспорту

Гірничотехнічні	Збільшення виробничої потужності кар'єру
	Зростання глибини кар'єру
	Зміна дальності транспортування
	Зміна фізико-механічних властивостей гірничої маси
Технологічні	Зміна схеми розкриття та режиму розкривних робіт
	Зміна робочих параметрів кар'єру
	Зміна системи розробки
	Зміна технології усереднення та переробки руди
Технічні	Модернізація засобів механізації та автоматизації транспорту
	Поява нових засобів транспортування
	Обмежені можливості транспортних комунікацій
	Моральне зношування гірничо-транспортного обладнання
Економічні та соціальні	Зростання собівартості перевезень
	Зниження продуктивності праці
	Погіршення санітарно-гігієнічних умов
	Незабезпеченість обладнанням, кваліфікованими кадрами тощо.

Внаслідок швидких темпів поглиблення кар'єрів, що використовують комплекси ЦПТ, виникає проблема освоєння глибоких горизонтів, у зв'язку з чим виникає потреба у розробці нового спеціалізованого обладнання для комплексів ЦПТ, яке може ефективно працювати на великих глибинах кар'єрів.

До такого типу обладнання відносяться крутопохилі стрічкові конвеєри, пересувні дробильні установки в блоковому виконанні, дробарки із завантаженням на горизонті їх установки тощо.

Крутопохилі конвеєри розробляються в інститутах УкрНДІпроект, ІГТМ, ДП ДПІ «Кривбаспроект». За кордоном є позитивний досвід експлуатації промислової установки крутонахильного двострічкового конвеєра на кар'єрі Майданпек (Югославія). Використання КНК дозволяє розміщувати конвеєрні підйомники в кар'єрі з кутом нахилу, близьким до кута укосу борту, і тим самим до мінімуму скоротити підготовчі роботи з підготовки траси підйомника, що особливо актуально при розробці глибинної зони кар'єра .

Одним з перспективних напрямків створення нової техніки для ЦПТ є розробка мобільних дробильних установок у блочному виконанні на базі конусних і щоківних дробарок та допоміжного обладнання до них: гусеничних транспортерів для переміщення модулів дробильних установок вантажопідйомністю 500-1000 т [34] спеціалізованих вантажних засобів на пневмоколісному або гусеничному ході вантажопідйомністю до 1000 т. Мобільна дробильна установка складається з 2-4 укрупнених блоків, які не поділяються при переміщенні, а перевозяться повністю за допомогою гусеничного транспортера. Таке конструктивне рішення дозволяє швидко та з мінімальними експлуатаційними витратами переміщувати дробильну установку у кар'єрному просторі. За кордоном мобільні дробильні установки, виготовлені відомими фірмами ("Круп" - ФРН, "Кобе став" - Японія та ін), знайшли широке застосування на кар'єрах.

Нове спеціалізоване обладнання у поєднанні з перспективними технологіями дозволить суттєво розширити можливості та ефективність застосування ЦПТ у складних гірничо-технічних умовах сучасних кар'єрів.

В даний час намітилися напрямки застосування КНК як у стаціонарному, так і в мобільному виконанні в комплексах ЦПТ (рис. 2.1).



Рис. 2.1 – Мобільний конвеєрний комплекс на гусеничному ході (Німеччина)

Розвиток діючого комплексу ЦПТ на кар'єрі Мурунтау передбачає нарощування похилих конвеєрів та будівництво додаткових ДПП, що призводить до скорочення робочої площі в рудній зоні кар'єру та збільшення обсягів гірничо-капітальних робіт. Незважаючи на скорочення фронту робіт на горизонтах зі збільшенням глибини кар'єру та труднощі з розміщенням транспортних комунікацій, розвиток комплексу ЦПТ на кар'єрі Мурунтау передбачається за допомогою пересувних дробильно-перевантажувальних пунктів та крутопохилих перевантажувачів, які разом утворюють мобільний дробильно-перевантажувальний комплекс.

2.2 Мобільний дробарно-перевантажувальний комплекс

Одним із перспективних напрямів розвитку технологічного транспорту глибоких кар'єрів є впровадження крутопохилих конвеєрів у комплексі зі стаціонарними чи пересувними ДПП. Однак застосування таких перевантажувальних пунктів вимагає будівництва підпірних стінок або залучення додаткових вантажних засобів, що в умовах глибоких кар'єрів не завжди можна реалізувати через дефіцит ресурсу виробленого простору. Крім того, за існуючої технології нарощування конвеєрів перевантажувальні пункти зазвичай відстають від зон інтенсивного ведення гірничих робіт.

Спеціально створений для глибоких кар'єрів мобільний дробильно-перевантажувальний комплекс покликаний усунути ці недоліки.

Мобільний крутопохилий перевантажувач є двострічковим конвеєром, встановленим на одному самохідному візку. Кут нахилу конвеєра - до 40° , висота підйому гірничої маси - до 30 м, розмір шматків породи, що транспортуються, - до 300 мм.

До складу комплексу може входити секційний міжступний перевантажувач, що має два (верхню та нижню) самохідні візки, з'єднані двома секціями крутопохилого конвеєра, що дозволяє переміщати гірську масу на висоту до 90 м.

Проектно-конструкторська документація мобільного дробильно-перевантажувального комплексу продуктивністю $2000 \text{ м}^3/\text{год}$ розроблена для застосування у складі комплексу ЦПТ на нижніх горизонтах кар'єру Мурунтау.

МДПК розташовується на тимчасово законсервованих ділянках робочого борту кар'єру і переміщається в міру відпрацювання вздовж борту та по глибині кар'єру, виходячи з умов розвитку гірничих робіт. Ефективність МДПК, порівняно з традиційними дробильно-перевантажувальними комплексами, досягається за рахунок скорочення відстані транспортування

по горизонтах в результаті перенесення ПДПП та КНП слідом за просуванням робочої зони, а також відсутності гірничо-капітальних робіт усередині кар'єру.

Наприклад, застосування МДПК у кар'єрі Інгулецького ГЗК дозволило б отримати гнучку та економічно ефективну схему відпрацювання глибоких горизонтів кар'єру за рахунок можливості оперативно переміщати МДПК та постійно забезпечувати мінімально можливу відстань переміщення гірничої маси автотранспортом від вибоїв до перевантажувальних пунктів.

Таким чином, у перспективі розвиток циклічно-поточної технології на глибоких кар'єрах має ґрунтуватися на прогресивних технічних та технологічних рішеннях, що забезпечують підвищення ефективності, конкурентоспроможності, а також розширення сфери її застосування. До них належать такі напрямки.

1. Застосування у кар'єрах пересувних дробильно-перевантажувальних пунктів. Вони повинні споруджуватися в безпосередній близькості до робочої зони кар'єру на тимчасових ціликах порід, які зі зниженням гірничих робіт спрацьовуються. Можливість швидкого перенесення дробильно-перевантажувальних пунктів на нижчі горизонти дозволяє раціонально використовувати складальний автомобільний транспорт і підвищує гнучкість систем із циклічно-поточною технологією.

2. Використання крутопохилих конвеєрів для підйому гірничої маси з кар'єру, що знижує відстань транспортування гірничої маси та підвищує надійність роботи дробильно-конвеєрних комплексів. Конвеєрні витяги повинні розташовуватися на постійному або поставленому на довгострокову консервацію борту кар'єру у відкритих виробках.

Важливо доповнити техніко-технологічні передумови, що визначають максимальну ефективність відпрацювання запасів родовища, вирішенням теоретичних питань формування стратегії відпрацювання і транспортних схем кар'єру на весь період його існування.

Дане положення важливо тим, що помилки у виборі комплексу обладнання для початкових етапів зумовляють необхідність продовження часу їхньої роботи на великих глибинах у нерациональній області та зменшать ефективність відпрацювання всього родовища.

Всі ці пропозиції спрямовані на вирішення одного з найважливіших завдань – розробки родовищ корисних копалин з мінімальними обсягами виїмки розкривних порід у контурах кар'єру за рахунок багатофункціонального використання окремих кар'єрних виробок, транспортних зв'язків, а також застосування мобільного обладнання, максимально адаптованого до внутрішньокар'єрної інфраструктури.

РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНОЇ СХЕМИ ПРИ ВІДПРАЦЮВАННІ ГЛИБОКОГО КАР'ЄРУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МОБІЛЬНИХ ДРОБИЛЬНО-ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ ПУНКТІВ

3.1 Визначення критеріїв і принципів формування технологічного модуля

Відомо, що при комбінації автомобільного та конвеєрного транспорту внутрішньокар'єрні перевезення прагнуть здійснювати на невеликі відстані. Цій вимозі відповідає мобільний дробильно-перевантажувальний комплекс (МДПК), що складається з пересувного дробильно-перевантажувального пункту (ПДПП) і крутонахильного перевантажувача (КНП), який періодично переноситься з уступу на уступ з наступною заміною його магістрально-підйомним крутопохилим конвеєром по мірі зниження гірничих робіт. Тим самим підйом гірничої маси на автомобільний транспорт замінюється підйомом конвеєрним транспортом.

На початковому етапі будівництва кар'єрів автомобільний транспорт може підтримувати високі темпи поглиблення та інтенсифікації гірничих робіт. Незважаючи на високу вартість, як базовий транспорт слід прийняти автомобільний транспорт у зв'язку з його здатністю адаптуватися до динаміки робочої зони кар'єру, де відбувається безперервне руйнування та будівництво робочих уступів.

Внутрішньокар'єрний автотранспорт при застосуванні КНК у комплексах обладнання знаходиться у більш сприятливих умовах, ніж при застосуванні стрічкових конвеєрів. Це пояснюється, насамперед, тим, що є можливість у міру зниження гірничих робіт частішого перенесення пунктів завантаження конвеєра, що, своєю чергою, зменшує відстань транспортування.

Тому автомобільний транспорт використовується як внутрішньокар'єрний складальний транспорт при ЦПТ відпрацювання глибоких кар'єрів.

На основі аналізу існуючих транспортних схем кар'єрів встановлено, що опис загальних властивостей ЦПТ у процесі формування становить значні труднощі. Виникає необхідність у вивченні системи частинами - на підсистемному рівні (технологічний модуль), а потім на підставі властивостей підсистем і зв'язків між ними формувати висновок про загальні властивості формування ЦПТ загалом.

Було досліджено питання застосування МДПК та КНК у структурі ЦПТ та встановлено, що при застосуванні МДПК для формування та розвитку структури ЦПТ доцільно користуватися введеним терміном «технологічний модуль» [13].

Технологічний модуль – це ланка транспортної схеми кар'єра, що переміщується, що визначає послідовність виконання технологічних процесів і спрямованість вантажопотоків в обмеженій по висоті і в плані зоні кар'єру з параметрами гірничо-транспортного обладнання, обраними відповідно до економічно обґрунтованих і раціональних меж його застосування [13].

Технологічний модуль можна представити у вигляді міні-кар'єра або як один з блоків побудови та формування транспортної схеми глибоких кар'єрів, але з більш детальним вивченням факторів, що впливають на нього, для прийняття оперативного рішення при будівництві глибоких кар'єрів.

При формуванні технологічного модуля використано та враховано загальновідомі принципи, критерії та фактори, що впливають на ефективність роботи модуля.

Економічні чинники, принципи та критерії. Економічні чинники (ціна автосамоскида, ціна екскаватора, ціна конвеєрного транспорту, вартість гірничо-капітальних робіт, питомі вартісні показники) враховують рівень цін

на обладнання технологічного модуля за технологічними переділами та питомі вартісні показники на матеріали та енергоносії, що використовуються під час експлуатації обладнання ЦПТ. З погляду економіки доцільно за основу прийняти питомі витрати на транспортування одиниці гірничої маси за певний період часу (у нашому прикладі це 20 років - термін служби МДПК, тому що решта основного обладнання служить менше ніж МДПК). При відпрацюванні технологічного модуля (міні-кар'єра) питомі витрати на транспортування мають бути мінімальними також і з урахуванням подальшого розвитку кар'єру:

$$C_{тр}^{TM} = \frac{Z_{сумм}^{TM}}{V^{TM}} \text{ долл./м}^3 \rightarrow \min, \quad (3.1)$$

де $C_{тр}^{TM}$ – питомі витрати на транспортування одиниці гірничої маси за весь період відпрацювання, дол./м³;

$Z_{сумм}^{TM}$ – сумарні витрати на транспортування гірничої маси технологічними модулями за весь термін відпрацювання, дол.;

V^{TM} – загальний обсяг гірничої маси, відпрацьований технологічним модулем, м³.

Виходячи з формули 1, сумарні витрати також мають бути мінімальними:

$$Z_{сумм}^{TM} = Z_{екс}^{TM} + Z_{кап}^{TM} \rightarrow \min, \quad (3.2)$$

де $Z_{екс}^{TM}$ – експлуатаційні витрати на весь термін відпрацювання технологічним модулем, дол.

$Z_{кап}^{TM}$ – капітальні витрати за весь термін відпрацювання технологічним модулем, дол.

Технологічні чинники, принципи та критерії. Група технологічних факторів (висота підйому гірничої маси конвеєрними підйомниками, річний обсяг переробки гірничої маси технологічним модулем, висота підйому

гірничої маси автотранспортом, висота робочої зони в кар'єрі при роботі технологічного модуля, кут нахилу конвеєрного підйомника, середня зважена залежать від форми рудного тіла, прийнятої системи розробки та технологічних рішень, прийнятих у процесі проектування.

Вибрана технологія відпрацювання технологічним модулем має відповідати вимогам відпрацювання кар'єру на весь період його існування.

Зокрема, для МДПК:

- тривалість монтажних-демонтажних робіт у кар'єрі та час перенесення має бути мінімальним;

- єдність годинної технічної продуктивності всіх складових частин установки;

- відповідність лінійних параметрів встановлення розмірів майданчиків робочої зони кар'єру. При цьому габаритні розміри установки мають бути мінімальними.

Технологічні процеси пов'язані з прийомом, акумулюванням, перетворенням, передачею вантажопотоку, який загалом має бути стабілізований між елементами та підпорядковується балансу:

$$Q_{am} \leq Q_{nn} \leq Q_{km} \quad (3.3)$$

де Q_{am} – продуктивність складального автотранспорту, м³/год;

Q_{nn} – продуктивність перевантажувальних пунктів, м/год;

Q_{km} – продуктивність конвеєрного транспорту, м/год.

При дослідженні технологічного модуля, використовуючи рекомендації [13], приймаємо, що структура сукупності елементів технологічного модуля оптимізована відповідно до наступної цільової функції:

$$F(y_i) \rightarrow \max Q_{ком} \quad (3.4)$$

де $Q_{ком}$ – продуктивність комплексу.

Виконання цієї цільової функції забезпечує максимум V^{TM} , що доцільно зниження питомих витрат за транспортування гірничої маси за такою формулою (3.1).

Група організаційних чинників враховує загальну організацію робіт, показники ефективності використання устаткування технологічного модуля. До них відносяться: календарний фонд часу, тривалість робочої зміни, річний фонд робочого часу, коефіцієнт використання МДПК та ін.

Дослідження показують, що з глибиною відпрацювання параметри технологічного модуля змінюються, оскільки змінюються гірничо-геологічні та гірничо-технічні умови розробки, відстань транспортування та висота підйому гірничої маси, питомі витрати на транспортування тощо.

Визначено основні параметри технологічного модуля (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Основні характеристики технологічного модуля

Параметри	Од. вимір-ня
Висота підйому гірничої маси автотранспортом	м
Глибина введення мобільного дробильно-перевантажувального комплексу	м
Висота підйому гірничої маси крутопохилим перевантажувачем	м
Довжина горизонтальних (похилих) конвеєрів	м
Відстань транспортування гірничої маси автотранспортом	км
Глибина технологічного модуля	м
Продуктивність пересувних ДПП	м ³ /зміну
Продуктивність крутопохилого перевантажувача	м ³ /зміну
Продуктивність екскаваторно-автомобільного комплексу	м ³ /зміну
Питомі витрати на транспортування	дол./м
Кількість екскаваторно-автомобільних комплексів	шт.
Місце розташування ПДПП та КНП	
Напрямок вантажопотоків	

Таким чином, рівень ефективності техніко-економічних показників технологічного модуля визначається такими факторами, як технологічні, природні, конструктивні, організаційні та економічні. Ефективність застосування технологічного модуля на кар'єрах визначається показником питомих витрат на транспортування одиниці гірничої маси.

3.2 Моделювання формування технологічного модуля в умовах Інгулецького кар'єру

Основним засобом автомобільного транспорту є кар'єрний автосамоскид. Його типорозмірний ряд включає десятки моделей, вантажопідйомність яких змінюється не більше від 12 до 360 т і більше. Потреба в різних типах автосамоскидів обумовлена незалежністю від джерела енергії, високою маневреністю при радіусах повороту до 30 м, подоланням ухилів 80-100% у вантажному напрямку та 150% у порожняковому, перевезенням гірничої маси з різними фізико-механічними властивостями, витратами та низькою трудомісткістю будівництва автошляхів, швидкою окупністю капітальних вкладень.

Сучасне гірничі виробництво на кар'єрах є складним комплексом різноманітних робіт. З метою виявлення ресурсів підвищення економічної ефективності, продуктивності праці та інших показників необхідний облік великої кількості факторів технічного, технологічного та організаційного характеру, що призводить до збільшення обсягів розрахунків.

Складними та трудомісткими є розрахунки щодо прогнозування продуктивності та надійності гірських та транспортних машин.

Моделювання роботи екскаваторно-автомобільного комплексу (розрахунок продуктивності комплексу, визначення числа автосамоскидів) проводилося за методикою, розробленою проф. Медниковим [11].

Технічна продуктивність екскаватора визначається його технічними характеристиками, конструктивними особливостями, зокрема траєкторією руху ковша, а також фізико-механічними характеристиками породи та розмірами вибою.

Фізико-механічні характеристики породи та розміри вибою впливають на тривалість копання та коефіцієнт екскавації.

У паспортному значенні циклу екскаватора тривалість копання становить 0,3, тобто 8-12 с, але в залежності від фізико-механічних властивостей порід може збільшуватися в кілька разів, значною мірою знижуючи продуктивність екскаватора.

Розрахунок параметрів екскаваторно-автомобільного комплексу зводиться до визначення тривалості навантаження, тривалості рейсу автосамоскида, наведеної інтенсивності процесів, коефіцієнта завантаженості екскаватора, продуктивності комплексу.

Вихідні дані, прийняті для розрахунків, відповідають умовам Інгулецького кар'єру:

- Собр - зчеплення у зразку (записується значення при екскавації зв'язкових порід та масиву, у разі екскавації підірваних порід зчеплення дорівнює нулю), МПа;

- d_{cp} - середній діаметр шматка підірваних гірських порід, м;

- σ - межа міцності на стиск, МПа;

- μ - коефіцієнт тертя породи;

- γ - щільність породи, т/м³;

- h_y - висота уступу, м;

- $Ш_3$ - ширина заходки, м;

- марка екскаватора;

- марка автосамоскида;

- U - кількість характерних ділянок траси;

- параметри характерних ділянок траси;

- l_i - довжина ділянок, км;

- i - ухили відповідно для кожної ділянки, %.

Сукупність взаємопов'язаних формул, що використовуються в розрахунках, є математичною моделлю екскаваторно-автомобільного комплексу. Аналіз моделі дає змогу отримати функціональну характеристику екскаваторно-автомобільного комплексу.

У загальному вигляді залежність змінної продуктивності комплексу від факторів, що впливають, записується наступним чином:

$$Q_k = f(E, A, N, \Pi, L, k_r), \quad (3.5)$$

де E – паспортні характеристики екскаватора;

A – паспортні характеристики автосамоскида;

N – число автосамоскидів у комплексі;

Π – показник складності екскавації порід;

L – характеристика траси по елементах кожен із яких оцінюється довжиною, ухилом, опором руху;

k_r – показники готовності технологічної схеми.

В результаті розрахунків за наведеними вище формулами, закладеними в програму ЕОМ, виходять дані для побудови наступних залежностей від числа автосамоскидів у комплексі: коефіцієнт завантаженості екскаватора; змінна продуктивність комплексу; змінна продуктивність автосамоскида; пробіг автосамоскида; кількість автосамоскидів, що чекають навантаження в черзі; витрати дизпалива.

Аналіз моделі може бути виконаний за будь-яких наборах екскаваторів, різних трас і фізико-технічних показників гірських порід.

Далі було проведено дослідження щодо застосування МДПК у структурі ЦПТ Інгулецького кар'єру. На умовному прикладі була розглянута можливість та ефективність застосування автомобільного та крутонахильного конвеєрного транспорту при використанні МДПК у

транспортних схемах при відпрацюванні похилих та крутопадаючих родовищ. Для цього виконано моделювання транспортних схем глибоких кар'єрів з умовним поділом їх на 2 варіанти:

1. Транспортна схема з транспортуванням гірничої маси виключно автосамоскидами (циклічними видами транспорту).

Перший варіант відпрацювання здійснюється за послідовною схемою: забій → екскаватор → кар'єрний автосамоскид → ППК. Екскаватор представлений моделлю ЕКГ-12,5 з місткістю ковша 12,5 м, як базовий транспорт обраний кар'єрний автосамоскид САТ-785В вантажопідйомністю 136 т. Гірська маса транспортується до ППК, що знаходиться на поверхні або на концентраційному горизонті. Умовно, той горизонт, на якому розміщено ППК, приймаємо за нульовий, а поглиблення кар'єру починається з нульового горизонту.

2. Транспортна схема з транспортуванням гірничої маси автосамоскидами до ПДПП з використанням МДПК та з подальшим транспортуванням гірничої маси крутопохилим конвеєрним транспортом.

Другий варіант відпрацювання кар'єру до глибини 150 м передбачає використання наступної технологічної схеми: забій → екскаватор → кар'єрний автосамоскид → ПДПП → КНП → ППК. За другим варіантом усі умови та гірське обладнання - такі ж, як і за першим варіантом. Єдина істотна відмінність: гірська маса автосамоскидом транспортується горизонтально до ПДПП, тобто забій, екскаватор, автосамоскид та ПДПП знаходяться на тому самому горизонті. Технічні характеристики МДПК заввишки 30 м наведено у таблиці 3.2.

Методика розрахунку дозволяє враховувати зміни технічних характеристик крутопохилого перевантажувача паралельно із зміною висоти підйому.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики МДПК

Пересувний дробильно-перевантажувальний пункт (ПДПП)	
Продуктивність: об'ємна вагова	2000 м ³ /год 3460 т/год
Число місць розвантаження автосамоскида	2
Тип дробарки	ДШЗ-1200/300
Максимальний розмір шматків	1200 мм
Розмір шматків подрібненого продукту	0-300 мм
Корисна ємність ковша	80 м ³
Напруга, що підводиться	6000 та 380 В
Потужність приводу дробарки	2х315 кВт
Встановлена потужність	1500 та 2х90 кВт
Маса	450-500 т
Крутопохилий перевантажувач	
Продуктивність: об'ємна вагова	2000 м ³ /год 3460 т/год
Висота підйому	30 м
Кут нахилу	40°
Максимальний розмір матеріалу, що транспортується	300 мм
Ширина стрічки	2000 мм
Швидкість стрічки	2,4-5 м/с
Напруга, що підводиться	6000 та 380 В
Потужність приводу дробарки	680 кВт
Встановлена потужність	930 кВт
Маса	280-360 т

Таким чином, спочатку будемо розглядати розрахунки ЕАК за кожним варіантом, потім розрахунки транспортування гірничої маси за допомогою МДПК, а наприкінці сформуємо питомі витрати на транспортування загалом за кожним варіантом. Для розрахунку характеристики ЕАК при

транспортуванні гірничої маси автотранспортом до ППК та до ПДПП маємо такі вихідні дані (табл. 3.3, 3.4, 3.5).

Таблиця 3.3 – Вихідні параметри ділянки

Зчеплення у зразку	МПа	0
Діаметр шматка	м	0,25
Межа міцності на стиск	МПа	130
Коефіцієнт тертя		0,5
Щільність породи	т/м ³	2,6
Висота уступу	м	15
Ширина заходки	м	20
Місткість ковша екскаватора ЕКГ-12,5,	м ³	12,5
Вантажопідйомність автосамоскида САТ-785В	тонн	136

Таблиця 3.4 – Характеристики ділянок траси за 1-м варіантом

Параметри	Число ділянок траси			
	Вибійна	Горизонтальна	Похила	НаППК
w, Н/кН	30	30	30	30
i, ‰	0	0	80	0
-15 м, L, км	0,2	0,5	0,19	0,2
-30 м, L, км	0,2	0,5	0,38	0,2
-45 м, L, км	0,2	0,5	0,57	0,2
-60 м, L, км	0,2	0,5	0,76	0,2
-75 м, L, км	0,2	0,5	0,95	0,2
-90 м, L, км	0,2	0,5	1,14	0,2
-105 м, L, км	0,2	0,5	1,33	0,2
-120 м, L, км	0,2	0,5	1,52	0,2
-135 м, L, км	0,2	0,5	1,71	0,2
-150 м, L, км	0,2	0,5	1,90	0,2

Таблиця 3.5 - Характеристики ділянок траси за 2-м варіантом

Параметри	Число ділянок траси		
	Вибійна	Горизонтальна	НаППК
w, Н/кН	30	30	30
i, ‰	0	0	0
-15 м, L, км	0,2	0,5	0,2
-30 м, L, км	0,2	0,45	0,2
-45 м, L, км	0,2	0,4	0,2
-60 м, L, км	0,2	0,35	0,2
-75 м, L, км	0,2	0,30	0,2
-90 м, L, км	0,2	0,25	0,2
-105 м, L, км	0,2	0,20	0,2
-120 м, L, км	0,2	0,15	0,2
-135 м, L, км	0,2	0,10	0,2
-150 м, L, км	0,2	0,05	0,2

Як видно з таблиці 3.3, характеристики ділянок траси переважно змінюються за рахунок зростання похилої частини ділянки зі збільшенням глибини кар'єру (технологічного модуля).

Маючи вихідні дані для відпрацювання зони кар'єру глибиною 150 м, за першим варіантом виконаємо розрахунки та отримаємо результати по горизонтах. Системно обробивши отримані дані за першим і другим варіантами, при коефіцієнті завантаженості екскаватора до $k_{\text{заг}}=0,8$ з побудованих залежностей знайдемо змінну продуктивність комплексу ($Q_{\text{ком}}$), необхідну кількість автосамоскидів у комплексі (N_A), змінну витрату дизпалива ($P_{\text{дт}}$). Результати розрахунків представлені у вигляді таблиці (3.6) та графіків (рис. 3.1, 3.2, 3.3).

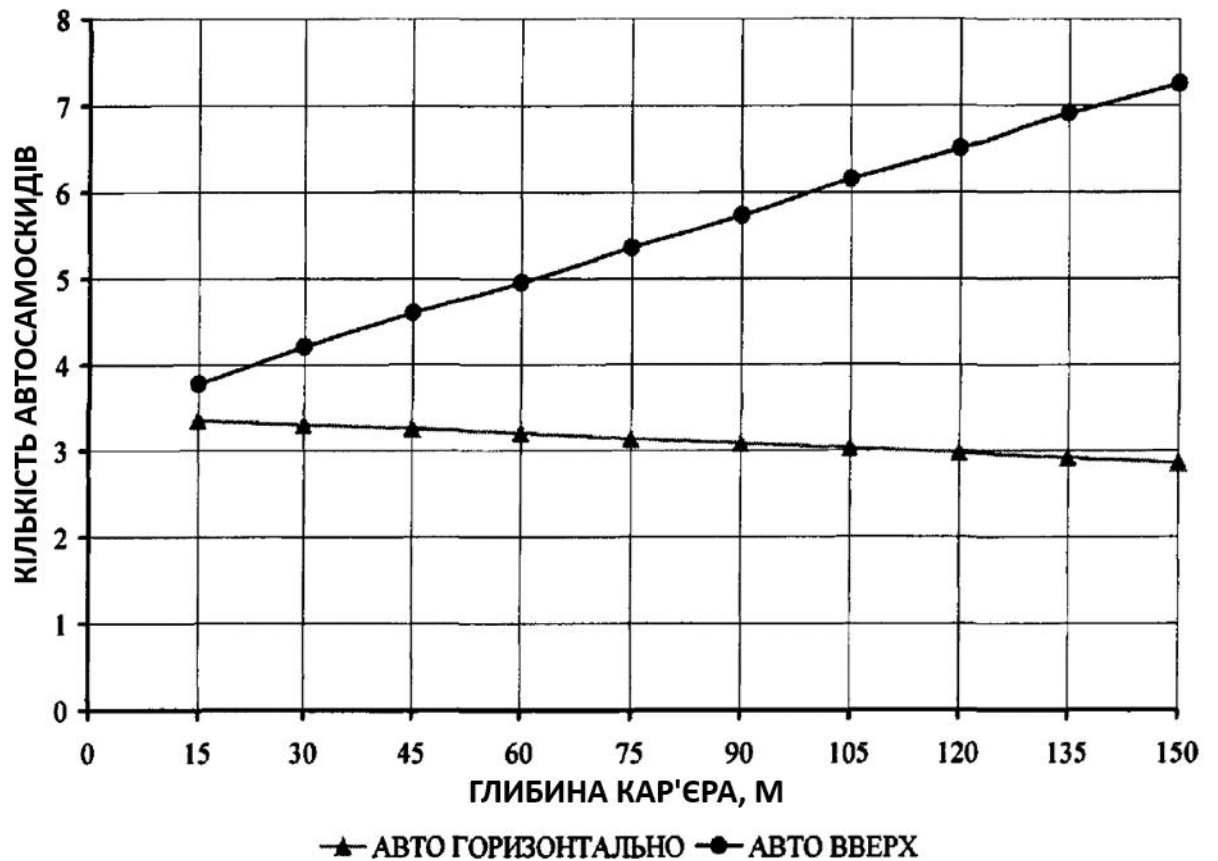


Рис. 3.1 – Залежність зміни кількості автосамоскидів у ЕАК від глибини розробки

Таблиця 3.6 – Узагальнені результати розрахунків за варіантами

Горизонт	За першим варіантом			За другим варіантом		
	N_a , шт.	$Q_{ком}$, M^3	$P_{дт}$, Т	N_a , шт.	$Q_{ком}$, M^3	$P_{дт}$, Т
-15м	3,77	4450	1,51	3,35	4500	1,22
-30 м	4,20	4400	1,82	3,30	4500	1,19
-45 м	4,60	4330	2,10	3,25	4500	1,16
-60 м	4,95	4250	2,37	3,20	4500	1,13
-75 м	5,36	4180	2,63	3,13	4500	1,11
-90 м	5,73	4110	2,89	3,08	4500	1,07
-105 м	6,15	4070	3,14	3,03	4500	1,04
-120 м	6,50	4000	3,39	2,98	4500	1,01
-135 м	6,90	3950	3,63	2,92	4500	0,98
-150 м	7,25	3900	3,85	2,86	4500	0,95

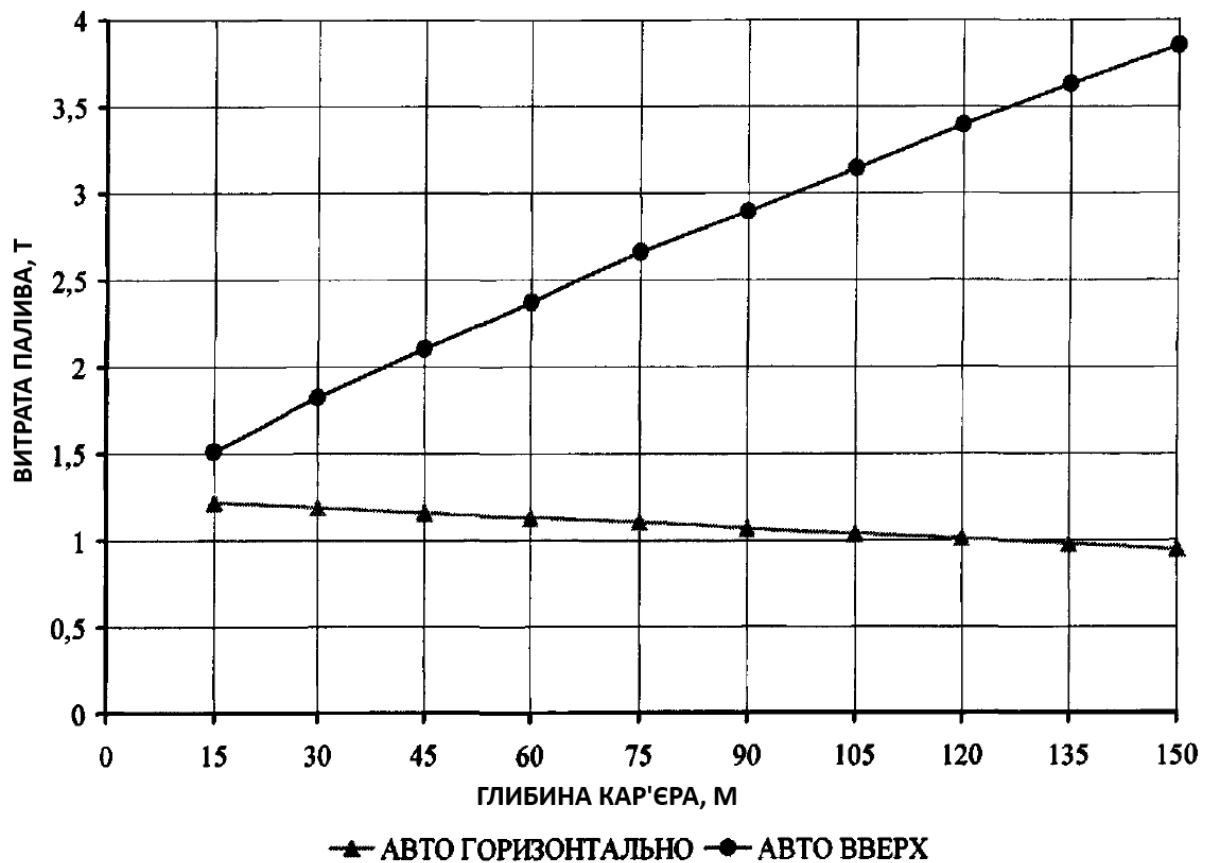


Рис. 3.2 – Залежність зміни витрати палива у ЕАК від глибини розробки

Як показують отримані результати розрахунків ЕАК (рис. 3.1, 3.2, 3.3), при застосуванні ЕАК для відпрацювання родовищ (особливо глибинного типу) зі збільшенням висоти підйому гірничої маси автотранспортом (1-й варіант) змінна продуктивність комплексу стрімко знижується, що у свою чергу негативно позначається на питомих витратах на видобуток гірничої маси, а змінна витрата палива та кількість автосамоскидів у комплексі збільшуються, тим самим, забезпечуючи високі питомі витрати на транспортування гірничої маси та зумовлюючи несприятливу екологічну обстановку в кар'єрі.

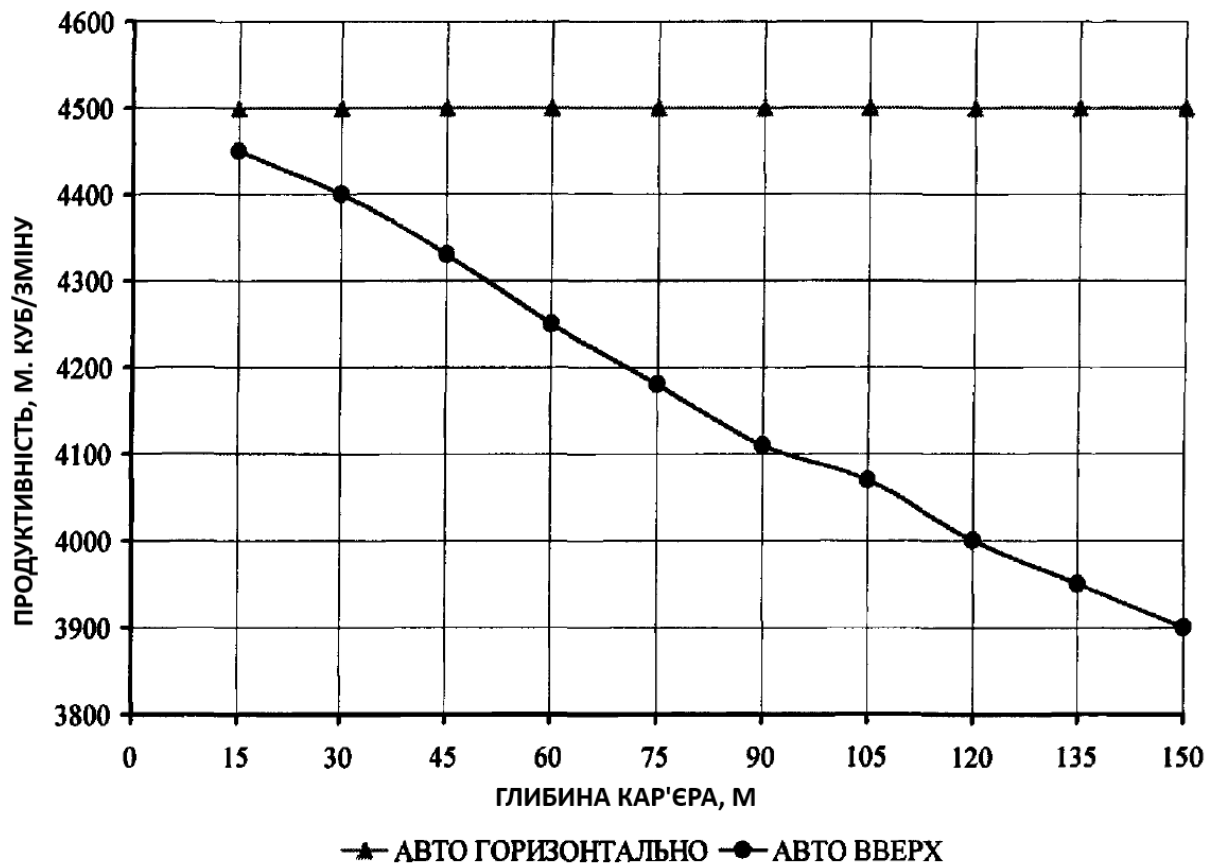


Рис. 3.3 – Залежність зміни продуктивності ЕАК від глибини розробки

За другим варіантом, коли автосамоскид транспортує гірську масу горизонтально до ПДПП, продуктивність комплексу залишиться на колишньому рівні, а витрата палива та кількість автосамоскидів незначно знижуються у зв'язку зі зменшенням горизонтальної відстані транспортування.

Маючи вихідні дані про застосовувані ЕАК, визначимо питомі витрати на транспортування гірничої маси за першим і другим варіантами відповідно до горизонтів, а результати заведемо до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати розрахунку питомих витрат транспортування гірничої маси по першому та другому варіантам

Горизонт	Питомі витрати, дол/м.куб.			
	1-й варіант	2-й варіант		
	В цілому	В цілому	Авто	МДПК
-15 м	1,1290	1,4323	0,9678	0,4645
-30 м	1,2950	1,4492	0,9410	0,5082
-45 м	1,4587	1,4876	0,9358	0,5518
-60 м	1,6018	1,5045	0,9089	0,5955
-75 м	1,7929	1,5447	0,9055	0,6391
-90 м	1,9531	1,5598	0,8769	0,6828
-105 м	2,1144	1,5982	0,8717	0,7265
-120 м	2,2817	1,6151	0,8449	0,7701
-135 м	2,4672	1,6319	0,8181	0,8138
-150 м	2,6284	1,6704	0,8129	0,8574

Використовуючи дані таблиці 3.7, будемо графіки зміни залежності питомих витрат за транспортування гірничої маси від глибини кар'єру (рис. 3.4).

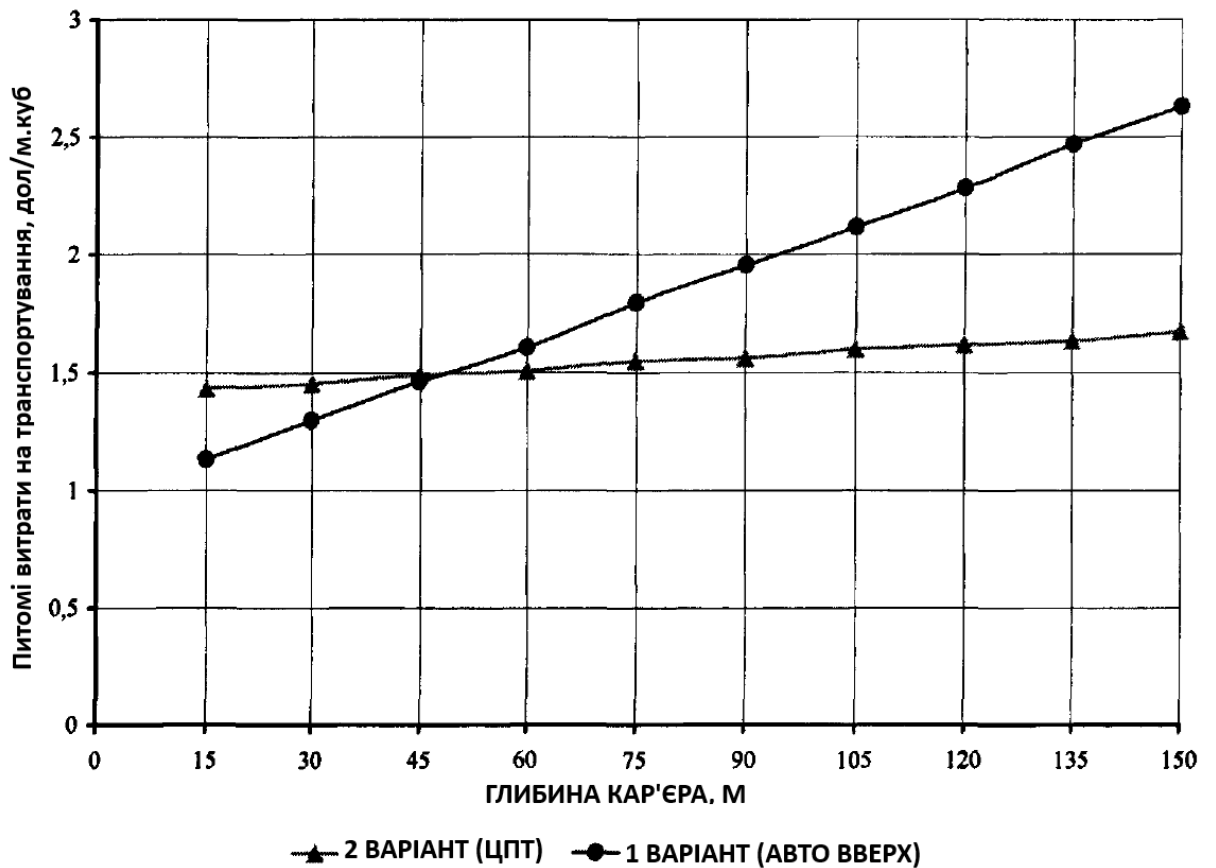


Рис. 3.4 – Залежності зміни питомих витрат на транспортування гірничої маси за варіантами від глибини кар'єра

3.3 Визначення порядку формування технологічного модуля

Враховуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що формування технологічного модуля складається з двох етапів:

1й етап – формування технологічного модуля (розробка родовища) починається з розкриття першого горизонту і закінчується розкриттям *1-го* горизонту для МДПК, транспортування гірничої маси до приймально-перевантажувального комплексу (ППК) здійснюється автомобільним транспортом (рис. 3.5);

2й етап – починається із запуску МДПК та поділу вантажопотоків і закінчується розкриттям *К-го* горизонту для ДПП КНК. Цей горизонт

служить ППК для МППК, при цьому гірнича маса з верхніх горизонтів транспортується автомобільним транспортом, а починаючи з горизонту установки ПДПП – автомобільним транспортом до ПДПП і через КНП до ППК (рис. 3.6).

При порівнянні питомих витрат за транспортування виходить, що з вихідних даних, наведених вище, на комбінований вид транспорту можна перейти, починаючи з 4-го горизонту чи досягненні глибини кар'єру 60 м. Але розкриття 4-го горизонту здійснюється ЕАК, і 4-й горизонт до запуску МДПК працюватиме за першим варіантом. Це і є 1 етап формування технологічного модуля (рис. 3.5).

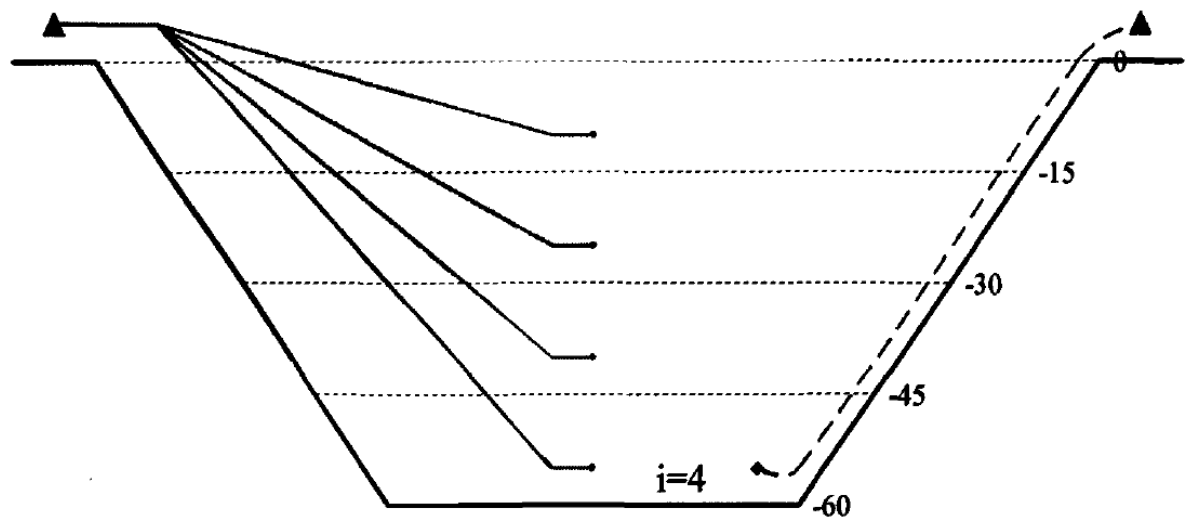


Рис. 3.5 – Формування 1го етапу технологічного модуля

Можна дійти невтішного висновку, що автомобільний транспорт при розрахункових даних ефективний до глибини 60 м ($i=4$ уступа) починаючи від ППК, і перехід на комбінований вид транспорту слід починати з 4-го горизонту.

Із запуском МДПК три верхні горизонти працюють за першим варіантом, що економічно доцільно за питомими витратами на транспортування, а 4-й горизонт, на якому розміщений ПДПП, і нижні горизонти відпрацьовуються за другим варіантом, тобто автосамоскидом до

ПДПП та конвеєром на ППК.

Кінцева глибина технологічного модуля визначається виходячи з умови, що МДПК буде переміщений на інший економічно обґрунтований нижній горизонт, а раціональна область застосування автотранспорту знаходиться до глибини 60 м ($i=4$ -уступа), отже гірська маса з 5-го горизонту від ППК автотранспортом нагору не вивозиться. Таким чином вирішується завдання збереження раціональної сфери застосування автотранспорту $i=60$ м. Тоді на кінцевій глибині технологічного модуля необхідно будувати новий ППК зі стаціонарним КНК, що передає гірську масу вгору.

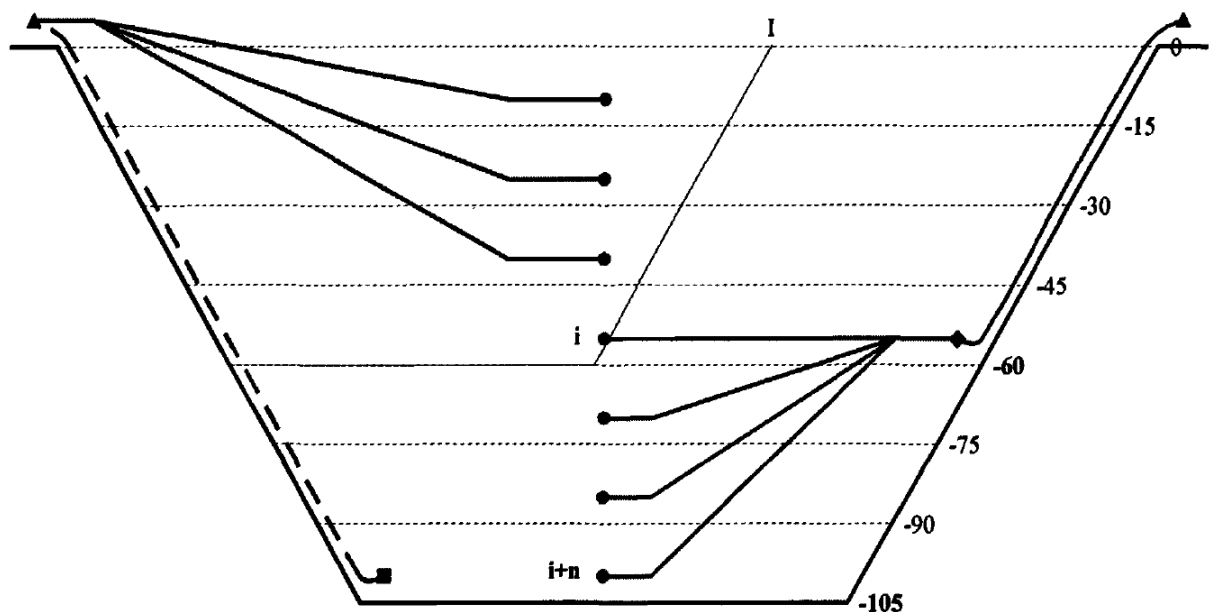


Рис. 3.6 – Формування 2го етапу експлуатації технологічного модуля

Перспективним є застосування у комплексі обладнання транспортних засобів (конвеєрів) до та після міжступного перевантажувача.

При застосуванні передавальних горизонтальних конвеєрів у комплексі обладнання перед міжступним перевантажувачем (МП) гірська маса від ПДПП на МП передається за допомогою горизонтальних конвеєрів, що дає можливість пересування та розташування ПДПП ближче до робочих зон або розташування МП далеко від небезпечних зон.

Технологічний модуль, як цикл операцій, може бути використаний кілька разів при відпрацюванні родовища відкритим способом, та його структура змінюється у широкому діапазоні із застосуванням того чи іншого виду обладнання. Однак наведений алгоритм визначення його параметрів буде актуальним і для іншого типорозмірного ряду обладнання.

ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

У першому розділі виконано ретроспективний аналіз наукових досліджень та практичного досвіду використання різних транспортних схем у глибоких кар'єрах. Проведено аналіз сучасного стану техніки і технологій, зокрема, циклічно-поточної технології (ЦПТ), яка включає використання комбінованих транспортних систем. Огляд літератури показує, що використання ЦПТ у глибоких кар'єрах забезпечує значні техніко-економічні переваги в порівнянні з традиційними методами транспортування. Особлива увага приділяється питанням ефективності автотранспорту, конвеєрних систем, а також можливостям застосування пересувних дробильно-перевантажувальних пунктів.

У другому розділі досліджуються основні тенденції розвитку транспортних схем у глибоких кар'єрах при їх експлуатації та реконструкції. Розглядається впровадження мобільних дробильно-перевантажувальних комплексів (МДПК) та крутопохилих конвеєрів, які значно підвищують гнучкість та ефективність транспортування гірничої маси. Описано ключові фактори, що впливають на вибір транспортних схем, зокрема, виробнича потужність кар'єру, глибина кар'єру, відстань транспортування та фізико-механічні властивості гірничої маси. Проаналізовано техніко-економічні показники комплексів ЦПТ, що свідчать про переваги цієї технології на глибоких кар'єрах. Визначено, що застосування МДПК дозволяє значно знизити експлуатаційні витрати, скоротити відстані транспортування і підвищити продуктивність гірничих робіт.

Третій розділ присвячено розробці та обґрунтуванню параметрів транспортної схеми глибоких кар'єрів з використанням мобільних дробильно-перевантажувальних пунктів. Виконано моделювання різних сценаріїв транспортування з урахуванням специфічних умов гірничо-геологічного середовища. Визначено критерії і принципи формування технологічного модуля, що включає МДПП, та обґрунтовано оптимальні

параметри розташування і роботи цього обладнання у глибоких кар'єрах. Зокрема, розглянуто питання глибини введення МДПП, висоти підйому і відстані транспортування гірничої маси, продуктивності МДПП та напрямків вантажопотоків. Моделювання процесу транспортування в умовах, близьких до Інгулецького кар'єру, дозволило точніше окреслити зону ефективної експлуатації автомобільного транспорту, що обмежується висотою у 60 м. Далі пропонується до використання МДПП з подальшим перевантаженням у засоби конвеєрного транспорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. А.Ю. Дриженко. Карьерные технологические горнотранспортные системы. Днепропетровск, 2011.
2. М.С. Четверик, Вскрытие горизонтов глубоких карьеров при комбинированном транспорте. К. «Наукова думка», 1986.
3. Четверик М.С. Разработка схем вскрытия для повышения эффективности комбинированного автомобильно-конвейерного транспорта на карьерах: Автореф. дисс... д-ра техн. наук /МГИ. - М., 1987. - 32 с.
4. Перегрузочные пункты при автомобильно-конвейерном транспорте на рудных карьерах. Шапарь А.Г., Лашко В.Т., Новожилов СМ., Кучерский Н.Н., Мальгин О.Н. и др.; под ред. Лашко В.Т. /Институт проблем природопользования и экологии. Национальная Академия наук Украины. Днепропетровск: Полиграфист, 2001. - 138 с.
5. Дребенштедт К., Риттер Р., Супрун В. И., Агафонов Ю. Г. Мировой опыт эксплуатации комплексов циклично-поточной технологии с внутрикарьерным дроблением // Горный журнал. 2015. № 11. С. 81–87.
6. Мартыненко В., Элиас К.Х. Первый дробильно-конвейерный комплекс фирмы Kgurr на Полтавском ГОКе. //Горная промышленность. - 1996,-№2.
7. Дубінкін, Д.М. Дослідження процесу транспортування розкритих порід та вугілля на розрізах / Д.М. Дубінкін, В.Ю. Садівець, Г.О. Котієв, А.В. Карташов // Техніка и технологія гірничої справи. – 2019. – №3. – С. 50-66.
8. Хорешок, А.А. Оцінка ступеню взаємного впливу ємності ковша екскаватора і місткості кузова автосамоскида / А.А. Хорешок, Д.М. Дубінкін, С.О. Марков, М.А. Тюленев // Вісник Харківського національного університету. – 2021. – №3. – С. 104-112.
9. Кучерский Н.И., Лукьянов А.Н., Иоффе А.М. Применение крутонаклонных конвейеров на карьере Мурунтау //Горный вестник. - 1996.- № 4.-С. 36-41.

10. Мальгин О.Н., Сытенков В.Н., Шеметов П.А. Циклично-поточная технология в глубоких карьерах. - Ташкент: Фан, 2004. - 337 с.
11. Транспортні системи гірничих підприємств: навч. посібник / З.Р. Маланчук, В.Я. Корнієнко, В.С. Сорока, О.Ю. Васильчук. Рівне: НУВГП, 2018. 190 с.
12. Cunning J., Hawley M. Guidelines for mine waste dump and stockpile design. Boca Raton: CRC Press, 2017. 384 p.
13. Куролов А.А. Формирование транспортных схем глубоких карьеров на основе технологических модулей //Маркшейдерия и Недропользование - 2007.-№2,-С. 53-55.
14. Новожилов М.Г., Дриженко А.Ю., Маевский А.М. и др. Высокопроизводительные глубокие карьеры. - Днепропетровск, 1984, 187 с.
15. Ржевский В.В., Истомин В.В., Супрун В.И. Комплексы оборудования и вскрытие рабочих горизонтов мощных глубоких карьеров //Горный журнал. - 1982. - №11. - С. 27-30.
16. Ржевский В.В., Истомин В.В., Трубецкой КН., Пешков А.А. Открытая разработка месторождений на больших глубинах. //Горный журнал. - 1988. - № 5. - С. 13-19.
17. Сінгхал Р., Місра Дж. Surface Mining Operations // Proceedings of the International Symposium on Mining Technology. 1995. С. 45-58.
18. Бахтавар Е., Ораї А., Шахріар М. Optimization of haulage system in open pit mines // International Journal of Mining Science and Technology. 2012. Т. 22, № 2. С. 165-170.
19. Кецюевич Л., Комленович Д. Haul truck fuel consumption and CO2 emission under various engine load conditions // Mining Engineering. 2010. Т. 62, № 9. С. 44-50.
20. Кізіл М. С., Топал Т. Г. Utilizing pre-stripping overburden methods for reducing haulage costs // Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy. 2005. Т. 105, № 4. С. 243-250.

21. Сінгх Р. С. К., Дар Б. Б. Environmental issues of coal mining // Mining Science and Technology. 1994. Т. 19, № 1. С. 33-45.
22. Васильев М.В., Фесенко С.Л. Смирнов В.П. и др. Технический прогресс на карьерном транспорте. //Горный журнал. - 1987. - № 2.
23. Блізнюков В.Г., Луценко С.О., Пижик А.М. Гірнична справа: Навчальний посібник. Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О. 2014, 412 с.
24. Шилин А.Н., Федоров АЛ. Схемы отработки блока при циклично-поточной технологии //Горный журнал. - 1974. - № 2. - С. 28-31.
25. Відкриті гірничі роботи: Ч. I. Процеси відкритих гірничих робіт: навч. посіб. для студ. спеціальності 184 «Гірництво»/ О.О.Фролов, Т.В.Косенко; КПШ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПШ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 151 с.
26. Відкриті гірничі роботи: підручник / А.Ю. Дриженко; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т – Д.: НГУ, 2014. – 590 с.
27. Яковлев В.Л. Перспективные решения в области циклично-поточной технологии глубоких карьеров //Горный журнал. - 2003. - № 4-5. - С. 51-56.
28. Бизов В.Ф. Основи технології гірничого виробництва. – Т. IV “Виробничі процеси”: Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком “Гірництво”. - Кривий Ріг: Мінерал, 2000. – 247 с. з іл..
29. Бизов В.Ф. Основи технології гірничого виробництва. – Т. V “Технологічні засоби”: Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком “Гірництво”. - Кривий Ріг: Мінерал, 2000. – 270 с. з іл.
30. Решетняк СП. Обоснование и разработка схем циклично-поточной технологии с внутрикарьерными передвижными дробильно-перегрузочными комплексами: Дисс... д-ра. техн. наук - 1998. – 422 с.

31. Четверик М.С. Разработка схем вскрытия для повышения эффективности комбинированного автомобильно-конвейерного транспорта на карьерах: Автореф. дисс... д-ра техн. наук, 1987. - 32 с.

32. Шилин А.Н. Исследование открытой разработки скальных пород и руд с применением конвейерного транспорта: Автореф. дисс... д-ра техн. наук. - М.: МГИ. 1972. - 44 с.

33. Мальгин О.Н, Коломников С.С. Исследования влияния расстояния транспортирования и высоты подъема горной массы на показатели работы автотранспорта. //Сборник научно-технических статей «Теория и практика разработки месторождения Мурунтау открытым способом». - Ташкент: Фан, 1997.-С. 91-97.

34. Юдин А.В., Пекарский В.С. Развитие модульных принципов при разработке транспортно-перегрузочных систем для глубоких карьеров //Изв. вузов. Горный журнал. - 1989. - №4. - С. 63-71.

35. Юдин А.В., Мальцев В.А. Эволюция перегрузочных комплексов на глубоких карьерах //Горный журнал. - 2002. - №4.

36. Тартаковский Б.Н. Циклично-поточная технология добычи руды на карьерах Кривбасса. - Київ: Техніка, 1978. - 175 с.

37. Квагинидзе, В.С. Автомобильный транспорт на карьерах. Конструкция, эксплуатация, расчет / В.С. Квагинидзе, Г.И. Козовой, Ф.А. Чакветадзе, Ю.А. Антонов, В.Б. Корецкий: Учебное пособие. – К.: Вид-во «Гірнична книга», 2012. – 408 с.

38. Дрыгин, М.Ю. Пути повышения производительности экскаваторного парка Кузбасса // Горное оборудование и электромеханика. – 2021. – №1. – С. 9- 17.

39. Собко Б.Ю. Організація і планування відкритих гірничих робіт/ Б.Ю. Собко, В.В. Панченко, В.В. Лотоус, Д.В. Вінівітін. – Д: НТУ «ДП», ТОВ «Компанія «Бульвар». – 2020, - 188 с.

40. Совершенствование процессов открытой разработки сложно-структурных месторождений эндогенного происхождения //Кучерский Н.И., Лукьянов А.Н., Демич Л.М., и др.; под редакцией Н.И. Кучерского. - Ташкент: Фан, 1998.-253 с.