

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти - магістр
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерні науки»
зі спеціальності 122 – Комп'ютерні науки

Тема роботи:

**«ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОХОДЖЕННЯ
ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ
ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ»**

Виконав студент гр. КН-24м _____ Ємшенецький О.С.

Керівник _____ Попов С. О.

Нормоконтроль _____ Маринич І. А.

Завідувач кафедри _____ Рубан С. А.

Кривий Ріг – 2025

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: інформаційних технологій

Кафедра: автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

Ступінь вищої освіти: Магістр

Спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою: к.т.н. Рубан С.А.

«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

студенту групи КН-24м Ємшенецькому Олександру Сергійовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Інформаційна система моделювання проходження підземних гірничих виробок для визначення оптимальних параметрів процесу»

Затверджено наказом по університету № 257с від 13.05.2025 р.

2. Термін здачі кваліфікаційної роботи: 01.12.2025 р.

3. Склад кваліфікаційної роботи: Пояснювальна записка обсягом 83 с., додатки, презентація у Microsoft PowerPoint (22 слайда) в електронному та друкованому вигляді

4. Консультанти кваліфікаційної роботи:

Розділ 1-3

проф. Попов С. О.

Нормоконтроль

доц. Маринич І. А.

5. Календарний план:

№	Етапи роботи	Термін виконання
1	Вступ	01.09.25
2	Розділ 1	01.10.25
3	Розділ 2	05.10.25
4	Розділ 3	20.10.25
5	Висновки	01.10.25
6	Оформлення кваліфікаційної роботи	03.11.25
7	Підготовка презентації та графічного матеріалу	05.11.25
8	Підготовка доповіді до захисту	12.11.25

6. Дата видачі завдання: 15.05.2025р.

Керівник _____ /Попов С.О./

7. Запевнення: Я, Ємшенецький Олександр Сергійович, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про академічну доброчесність Криворізького національного університету ознайомлений.

Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі умисних порушень робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Студент _____ / Ємшенецький О. С. /

АНОТАЦІЯ

Ємшенецький О. С. «Інформаційна система моделювання проходження підземних гірничих виробок для визначення оптимальних параметрів процесу»: кваліфікаційна робота магістра: 122 – Комп'ютерні науки. Кривий Ріг. Криворізький національний університет, 2025. 83с.

У кваліфікаційній роботі представлено розробку автоматизованої інформаційної системи для визначення оптимальних параметрів проведення підземних гірничих виробок при підземній розробці залізрудних родовищ.

Мета роботи полягала в підвищенні ефективності процесу проведення підземних виробок за рахунок розробки автоматизованої системи для визначення їх оптимальних параметрів в конкретних гірничотехнічних умовах виконання цього процесу.

Запропонована система забезпечує точний розрахунок оптимальних параметрів процесу проведення виробок. Інформаційна система інтегрується з іншими корпоративними системами.

Завдання роботи: огляд і аналіз інформації з тем роботи; аналіз існуючих методів вирішення проблеми; аналіз існуючих програмних засобів в сфері розрахунку параметрів процесу проведення виробок; розроблення структурної схеми інформаційної системи для визначення оптимальних параметрів процесу проведення виробок при підземній розробці залізрудних родовищ; розробка алгоритму виконання розрахунків і вибору рішень; розроблення програмного забезпечення інформаційної системи визначення оптимальних параметрів проведення виробок; розроблення рекомендацій із використання інформаційної системи.

Результат виконання кваліфікаційної роботи надає можливість підвищити економічну ефективність процесу проведення виробок. Впровадження цієї системи є доцільним і перспективним.

Ключові слова: ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, МОДЕЛЮВАННЯ, ПРОВЕДЕННЯ ВИРОБОК, ОПТИМАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ.

ANNOTATION

Yemshenetskyi O. S. “Information system for modeling the passage of underground mine workings to determine the optimal parameters of the process”: master's thesis: 122 – Computer Science. Kryvyi Rih. Kryvyi Rih National University, 2025. 83 p.

The thesis presents the development of an automated information system for determining the optimal parameters for underground mining in the underground development of iron ore deposits.

The aim of the work was to increase the efficiency of the underground mining process by developing an automated system for determining its optimal parameters in specific mining conditions.

The proposed system provides an accurate calculation of the optimal parameters of the development process. The information system integrates with other corporate systems.

Tasks of the work: review and analysis of information on the topics of the work; analysis of existing methods for solving the problem; analysis of existing software tools in the field of calculating the parameters of the development process; development of a structural diagram of the information system for determining the optimal parameters of the mining process in underground iron ore deposits; development of an algorithm for performing calculations and selecting solutions; development of software for the information system for determining the optimal parameters of mining; development of recommendations for using the information system.

The result of the qualification work makes it possible to increase the economic efficiency of the mining process. The implementation of this system is expedient and promising.

Keywords: INFORMATION SYSTEM, MODELING, MINING, OPTIMAL PARAMETERS.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ОСНОВИ ТЕОРІЇ І ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЦЕС ПРОВЕДЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ТА ЙОГО МОДЕЛЮВАННЯ	10
1.1 Загальні відомості	10
1.2 Способи проведення підземних гірничих виробок	12
1.3 Проведення похилих виробок.....	14
1.4 Буро-вибухові роботи при проведенні підземних гірничих виробок	14
1.5 Завантаження підірваної гірничої маси	16
1.6 Порядок виконання транспортних операції при проведенні підземних гірничих виробок.....	20
1.7 Прохідницький цикл	25
1.8 Існуючі інформаційні системи для моделювання процесів проведення підземних гірничих виробок.....	26
1.8.1 Інформаційна система MICROMINE (Blast Design Module).....	26
1.8.2 Пакет програмних інструментів Aegis (Hexagon Mining)	30
1.8.3 Інформаційна система Blast Management System	34
1.8.4 Програмна система SHOTPlus	36
1.8.5 Інформаційна система Surpac (Drill & Blast Module)	38
1.9 Висновки.....	41
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОВЕДЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК.....	44
2.1 Вимоги до функцій інформаційної системи	44
2.2 Структура інформаційної системи	49
2.3 Алгоритм роботи інформаційної системи	51
2.4. Описання роботи програмного забезпечення інформаційної системи	55
2.5 Опис математичних моделей розрахунку параметрів проведення гірничих виробок і розроблених програмних модулів для їх реалізації в інформаційній системі	61

2.6 Програмний модуль оптимізаційних розрахунків.....	65
2.7 Висновки.....	69
РОЗДІЛ 3 ОПИСАННЯ ІНТЕРФЕЙСУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ	
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРОВЕДЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧИХ	
ВИРОБОК ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ	
3.1 Інтерфейс інформаційної системи.....	71
3.2 Висновки.....	76
ВИСНОВКИ	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	81

ВСТУП

Для забезпечення розвитку гірничої промисловості і створення умов, необхідних для реалізації найбільш ефективних та досконалих методів розробки родовищ корисних копалин, виключно важливе значення мають роботи, пов'язані з проведенням підземних гірничих виробок.

Своєчасне та успішне проведення та кріплення капітальних гірничих виробок (стволів шахт, квершлагів, штреків, уклонів, підняттяєвих) забезпечують виконання планів будівництва шахт і рудників, а підготовчі вироблення (штреки, бремсберги та ухили) створюють умови для нормального розвитку очисних робіт та виконання планів видобутку корисних копалин.

Роль гірничих виробок не обмежується лише питаннями шахтного будівництва та експлуатацією родовищ корисних копалин. Гірничі виробки необхідні також у транспортних і гідротехнічних підземних спорудах.

Різноманітність у розмірах перерізів гірничих виробок і камер (від одиниць до кількох десятків і навіть сотень квадратних метрів), відмінність у фізико-механічних властивостях порід, що перетинаються виробками, відмінність у положенні виробок по відношенню до горизонту вимагають при проведенні та кріпленні виробок різноманітного прохідницького обладнання та різних методів організації робіт.

У роботі на базі широкого узагальнення та систематизації найбільш передового досвіду вітчизняної практики, накопиченого в шахтному будівництві, на основі вивчення та аналізу роботи прохідників розглянуто комплекс питань техніки та організації гірничопрохідницьких робіт. Також розглянуті основні положення для автоматизації визначення головних параметрів при проектуванні механізації та організації прохідницьких робіт у різних гірничотехнічних умовах.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу проведення підземних виробок за рахунок розробки автоматизованої системи для визначення їх оптимальних параметрів в конкретних гірничотехнічних умовах виконання

цього процесу.

Запропонована система повинна забезпечувати точний розрахунок оптимальних параметрів процесу проведення виробок, таких як: обсяги виконання робіт з буріння вибухових шпурів, їх кількість і схема розташування, тип і обсяг необхідних вибухових речовин, час убирання підірваної породи з виробок, тривалість провітрювання виробок після вибуху.

Завдання роботи:

- огляд і аналіз інформації з теми роботи;
- аналіз існуючих методів вирішення проблеми;
- аналіз існуючих програмних засобів в сфері розрахунку параметрів процесу проведення виробок;
- розроблення структурної схеми інформаційної системи для визначення оптимальних параметрів процесу проведення виробок при підземні розробці залізрудних родовищ;
- розробка алгоритму виконання розрахунків і вибору рішень;
- розроблення програмного забезпечення інформаційної системи визначення оптимальних параметрів проведення виробок;
- розроблення рекомендацій із використання інформаційної системи.

Результат виконання кваліфікаційної роботи повинна надавати можливість підвищити ефективності процесу проведення виробок з використанням передових алгоритмів організації виробничого процесу.

Програмне забезпечення розробленої інформаційної системи повинне інтегрується з іншими системами управління процесом проведення підземних виробок, за рахунок чого повинен утворюється єдиний інформаційний простір для планування, реалізації і контролю процесів при проведенні виробок.

РОЗДІЛ 1 ОСНОВИ ТЕОРІЇ І ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЦЕС ПРОВЕДЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ТА ЙОГО МОДЕЛЮВАННЯ

1.1 Загальні відомості

Підземні гірничі виробки мають дуже важливе технологічне значення для розробки та експлуатації родовищ корисних копалин. Крім того вони проводяться при будівництві підземних частин транспортних мереж, систем зв'язку, електростанцій та об'єктів інших призначень.

Методи проведення підземних гірничих виробок залежать від їх призначення, умов проведення. Виробки можуть проводитись за повстанням пластів, гірничих порід, за їх падінням, і пов'язуються з потужністю пластів гірських рід та рядом інших факторів.

За пологим падінням порід, а також при похилому їх падінні та за повстанням порід проводяться виробки, які називаються бремсбергами. У гірничодобувній промисловості за повстанням ще проводяться підняттяві вибоки та камери.

При пологому і похилому розташуванні пластів порід проводяться похилі і стволи шахт і тунелі. При будівництві підземних споруд гідротехнічного призначення похилі виробітки можуть споруджуватись у вигляді спеціальних водоводів різних конструкцій.

У більшості випадків проведення виробок похилих виконується аналогічно проведенню виробок горизонтальних. Такі виробки відрізняються певними особливостями. Їх суть і види обумовлюються призначенням та положенням.

За терміном існування, тобто виконання функцій, і призначенням підземні гірничі виробки поділяються на: капітальні; експлуатаційні; дільничні виробки.

Капітальні виробки проводять у разі спорудження об'єктів призначених

для підготовки шахтного поля, а також при експлуатації запасів корисних копалин родовищ. Такі виробки можуть відрізняються такими аспектами: значною протяжністю, яка має дорівнювати розмірам всього шахтного поля родовища, а у певних випадках і більшою, а також значним терміном існування.

Капітальні виробки мають велику площу перетину і зазвичай мають склепінчасту форму.

Кріплення підземних гірничих виробок може бути: металом арочного типу; у вигляді анкерів та може бути бетонним. В окремих випадках кріплення може бути з монолітного бетону, а також у особливих випадках і залізобетонним та ін.

Похилі виробки, наприклад, бремсберги за правилами безпеки праці повинні мати окремі ходки. Вони необхідні для пересування робітників і переміщення вантажів. Такі ходки обладнуються спеціальними механізованими засобами та обладнанням для перевезення людей.

У разі, коли ходки не мають спеціалізованого обладнання для механізації перевезення людей, їх площа перетину повинна складати більше за $3,7 \text{ м}^2$ при висоті виробки 1,8 м.

Враховуючи тривалий термін функціонування капітальних виробок, вони повинні проводитися вузьким забоєм. У складних гірничотехнічних умовах наприклад при можливості викидів породи чи газу, виробки слід проводити по пустій породі. Такі виробки називаються «польові бремсберги/штреки/орти». Вони розташовуються в лежачому боці покладу корисної копалини чи паста.

Між капітальними виробками розміщуються цілики. Цілики повинні бути неменшими за 30 м і більше.

Для забезпечення нормальних умов вентиляції виробок і ходків вони збиваються між собою вентиляційними просіками. Відстань між просіками повинна бути 12-20 м.

При проведенні бремсбергів необхідно звертати особливу увагу на їх провітрювання. Це особливо стосується умов специфічного газового режиму.

У шахтах третьої категорії, а також надкатегорійних шахтах через

складність умов провітрювання забоїв часто доводиться відмовлятися від проведення бремсбергів. За цим підготовку шахтного поля здійснюють капітальним ухилом.

1.2 Способи проведення підземних гірничих виробок

Підземні гірничі виробки зазвичай проводяться вузьким забоєм і з підривом порід ґрунту. Роботи з видалення породи в основному такі ж, як і при проведенні горизонтальних виробок.

Виймання породи здійснюється буро-підричним способом та в окремих випадках комбайнами.

Буріння шпурів проводиться електросвердлами, а по міцній породі перфораторами. При міцних породах можливе застосування пневматичних бурильних машин на підтримках, а при прагненні досягти високих швидкостей можливе використання бурильних установок.

Параметри буро-підричних робіт по корисній копалині і пустій породі можуть бути прийняті аналогічно.

В практиці проведення горизонтальних виробок необхідно відзначити, що ведення буро-підричних робіт повинне здійснюватись за особливо строгого виконання всіх правил ведення гірничих робіт при газовому та пиловому режимі.

Навантаження корисної копалини та породи найбільш доцільно проводити машинами типу ПНБ. Доставку відбитої породи із забою і ходка доцільно сконцентрувати у будь-якій одній виробці. Для доставки породи із вибоєм виробки та ходка можливе застосування скребкових конвеєрів.

Для більшої безперервності роботи транспорту між навантажувальною машиною і конвеєром доцільно розмістити перевантажувач. Доставку породи бремсбергом до відкатного штреку можна здійснювати у залізничних вагонетках поїздами за допомогою одноканатного підйому або застосовувати стрічкові конвеєри.

Доставку в забій кріпильних матеріалів можна проводити за допомогою вантажного підйому, коли він не завантажений роботою з видачі породи і корисної породи, а також за допомогою монорейкової дороги.

На рисунку 1.1. показана схема проведення бремсберга і ходка.

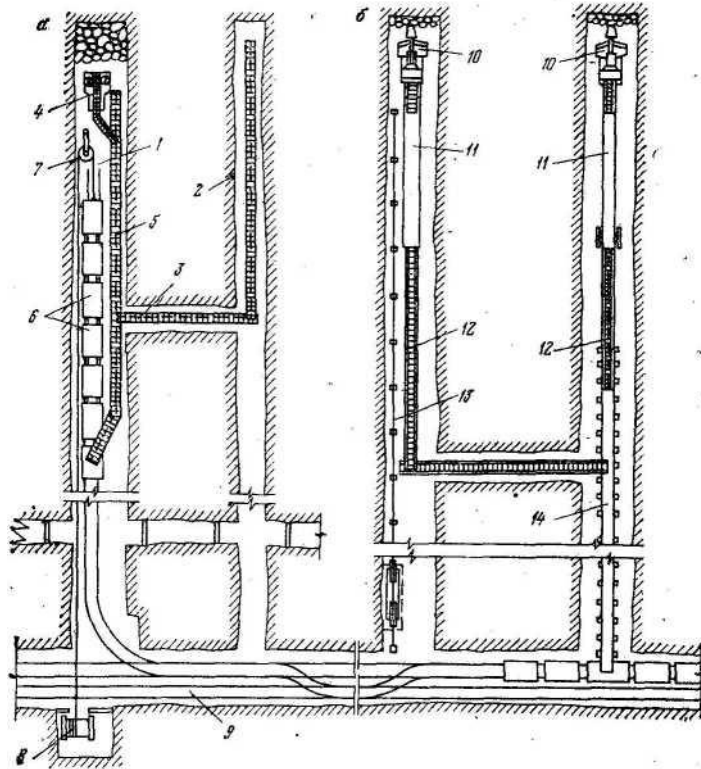


Рисунок 1.1 – Схеми будівництва Бремсберга і ходка

1 – бремсберг; 2 – ходки людини; 3 – провітрювання; 4 – навантажувальна машина; скребковий транспортер 5; 6 – тролейбусний поїзд; 7 – кінцевий шків вантажопідіймальної лебідки; 8 – вантажопідіймна лебідка; 9 – платформа на тяговому штреку; 10 – комбайн; 11 – навантажувач; 12 – скребковий конвеєр; 13 – монорейка; 14 – збірний стрічковий конвеєр

Швидке будівництво бремсбергів має важливе значення і має дуже великий вплив на своєчасне завершення робіт при будівництві шахт.

Обсяг бремсбергів при будівництві шахт становить близько 240-250 км на рік. Швидкість будівництва бремсбергів з вибуховими роботами коливається в межах 75-85 м/міс., а бремсбергів скельних (польових) – 45-50 м/міс.

1.3 Проведення похилих виробок

До групи похилих виробок, які здійснюються по падінню пластів породи відносяться укоси, похилі стовбури шахт і похилі виробки різного призначення при будівництві гідроелектростанцій і тунелів у вигляді похилих водопроводів, будівельних підходів і т.д.

Широке застосування повної конвеєризації вантажопотоків через основні тягові виробки в новому шахтному будівництві створило реальні передумови для відкриття родовищ за допомогою похилих стволів.

Проведення похилих виробок зверху вниз має ряд специфічних особливостей: наявність водовідливу з вибою виробки, ускладнення в зв'язку з навантаженням породи, з організацією транспортування і т.д.

Форма і розміри площі перетину підземних гірничих виробок розраховуються на основі положень такого документу «Правила безпеки». Для капітальних укосів і інших виробок зі значним строком функціонування оптимальною формою перетину є склепіння.

Укоси найчастіше проводяться вузьким забоем зі проміжками корисної копалини. Їх ширина приймається 20-30 м.

Капітальні укоси, з огляду на їх дуже тривалий строк функціонування, найчастіше виконуються на польових схилах.

Виймання породи під час проведення схилу виконується спільно і найбільш часто із застосуванням буро-вибухових робіт.

1.4. Буро-вибухові роботи при проведенні підземних гірничих виробок

Першим і найбільш відповідальним процесом, який виконується при проведенні виробок всіх вказаних вище видів є буро-вибухові роботи.

При виборі типу вибухових речовин слід враховувати такі фактори: наявність води забої, механічний стан порід. За цим використовують вибухові

речовини водонаповненого типу.

Суть цього процесу полягає у розбурюванні забою шпурами довжиною від 1,2 м до 3,0 м, заряджання шпурів вибуховими речовинами з формуванням в них вибухових зарядів спеціальних конструкцій, їх підривання. Після цього завершується утворюється навал порушених вибором порід біля площі забою.

При виконанні цього процесу необхідно вирішити ряд складних задач.

Буріння шпурів під час проведення виробки зазвичай виконується буровими станками на колонках у виробках малого перетину (не більше 2х2). Буріння шпурів у виробках більшого перину виконується спеціальним буровими каретками, рис. 1.2. Використовуються також пневматичні верстати, які мають пневматичні опори.

Похиłe положення підземної гірничої виробки ускладнює використання і кареток і бурових верстатів.

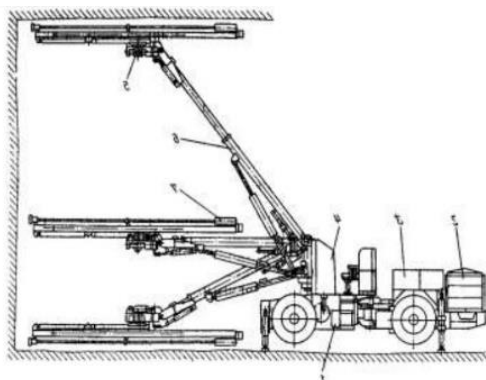


Рисунок 1.2 – Розташування бурової каретки і прохідницькому забої

бурова установка: 1 – ходова частина; 2 – привід ходової частини; 3 – гідросистема; 4 – система керування; 5 – позиціонер; 6 – маніпулятор; 7 – бурильна машина

При виконанні бурових робіт витрачається велика кількість стислого повітря, а також мастильних матеріалів. Обслуговують каретку не менше двох робітників.

Бурова каретка і кількість бурових маніпуляторів в ній вибираються з такого розрахунку щоб виконати всі бурові роботи за один цикл, тобто щоб вони були виконані за одну зміну ще остався час для заряджання шпурів

вибуховою речовиною з формуванням вибухових зарядів спеціальних конструкцій і для підривання зарядів.

Шпури у забої буряться у спеціальному порядку їх розташування у прохідницькому забої. Основні варіанти схем їх розташування наведені на рисунки рисунку 1.3.

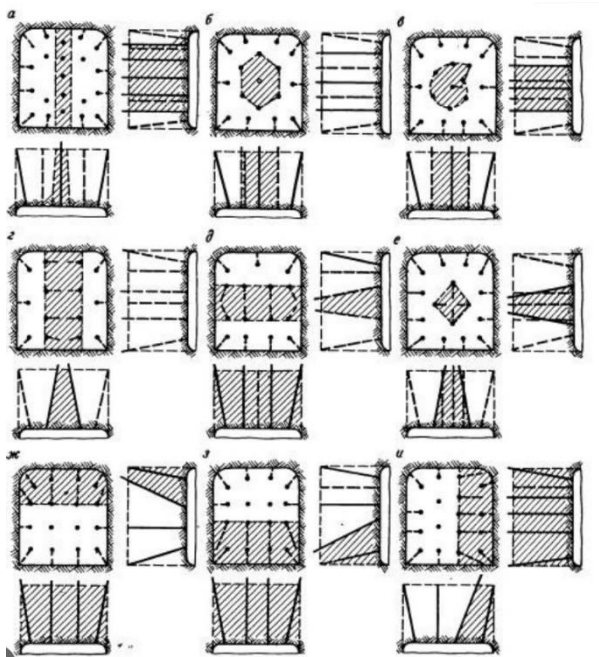


Рисунок 1.3 – Основні схеми розташування шпурів у прохідницькому забої

В цілому вигляд прохідницького забою у трьох проекціях при розташуванні в них шпорів, параметри цих шпорів і види контурів виробок горизонтальної і вертикальної наведені на рисунках 1.4 і 1. 5.

1.5 Завантаження підірваної гірничої маси

Завантаження породи під час проведення похилих виробок дуже складна операція. В залежності від кута нахилу виробки можливе застосування для убирання породи навантажувальних машин. Вони повинні бути пристосовані для проведення похилих виробок, а також можуть застосовуватись скреперні установки.

Для навантаження породи при проведенні схилів був розроблений

ковшовий навантажувач типу ППМ-7. Цей навантажувач переміщається по рейкових коліях. Робиться це за допомогою машинної лебідки. Канат цієї лебідки закріплювався на траверсі. Він розташований вище вибою за схилом. В процесі переміщення машини у забої канат намотувався чи скручувався з барабана лебідки у вільний простір.

Значна складність конструкції транспортного засобу ППМ-7, громіздкість (довжина 9,45 м і висота 1,85 м) і велика вага (14,4 т) не створювали сприятливих умов для його використання на практиці.

Комбайн ППМ-7 є достатньо складною машиною. Її довжина складає 9,4 м висота 1,8 м. Вона має велику вагу до 14 т. Це не створює сприятливих умов для його використання на практиці.

Аналогічні машини безперервного завантаження більш широко застосовуються. Це обумовлено їх підвищеною продуктивністю, а також необмеженим фронтом завантаження. Крім того вони можуть застосовуватись при проведенні нахилів при кутах падіння пластів до 8-10° і без обмежувачів.

При куті падіння більшому за вказаний завантажувальну машину слід утримувати за допомогою лебідки чи каната. Вони захищають машину від сповзання до забою та полегшують рух машини в гору при виконанні бурових робіт при бурінні шпурів, а також виконанні вибухових робіт.

З урахуванням вказаних обставин був створений навантажувач 1ПНБ-2у, який має страхувальну лебідку.

Цей навантажувач відрізняється від базових машин посиленою гальмівною муфтою. Ця муфта захищає машину при її переміщені та гусениць під дією великої власної ваги. Наявністю шипів на гусеничних і запобіжною лебідкою 1ЛП.

На рисунку 1.4 зображена схема розташування машини 1ПНБ-2у підземній виробці.

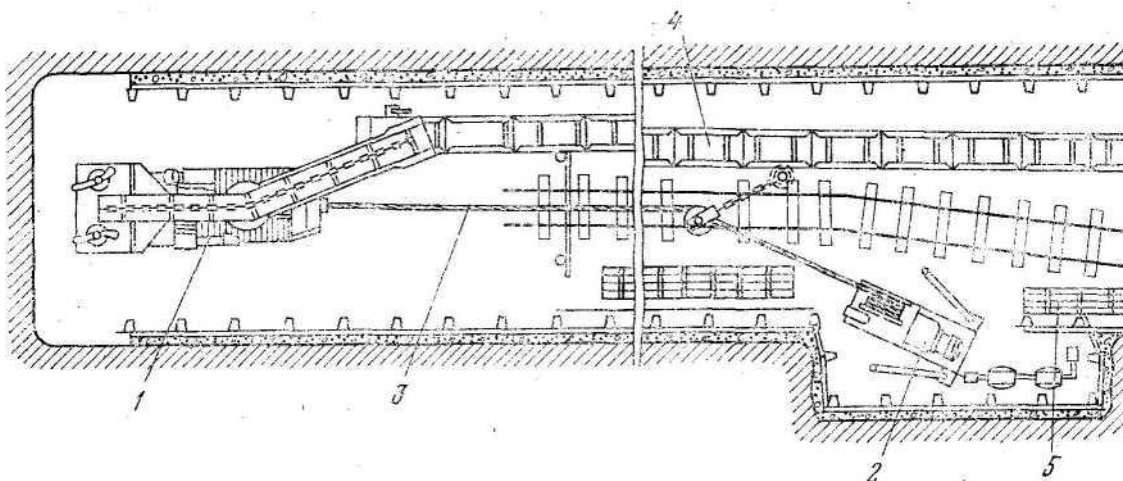


Рисунок 1.4 – Проведення виробки з використанням навантажувальної машини 1ПНЕ-2у

1 – навантажувальна машина; 2 – страхувальна лебідка; 3 – утримуючий канат; 4 – скребковий транспортер; 5 — настил для переміщення робітників.

Машина стабільно працює при величинах кутах нахилу укосів до 18° та нерівностях підосви виробок.

Випробування машини 1ПНБ-2у при проведенні виробок площею перетину та у тунелях до $13,2 \text{ м}^2$ за кутів падіння $15-18^\circ$ у сланцях та піщаних показали наступне. Продуктивність виконання завантажувальних робіт машини становить $10,8 \text{ м}^3/\text{год}$, це середня продуктивність праці одного робітника, які обслуговує роботу машини.

Верстат 2PNB-2B. Верстат цього типу може використовуватися для проведення похилих виробок.

Слід відмітити, що наряду з використанням завантажувальних машин для проведення ухилів на практиці широке застосування знайшли скребкові установки.

Конструктивні особливості скреперних установок є те, що їх основною і найважливішою особливістю є широкий діапазон умов їх використання при проведенні виробок різних типів і при різних кутах нахилу виробок.

Застосовуються скребкові установки ефективно при кутах нахилу гірничих виробок до $25-30^\circ$. При таких значеннях кутів вони забезпечують

високі технічні показники експлуатації.

На рисунку 1.5 наведена схема скрепера у підземній виробці при транспортуванні породи в автомобілях.

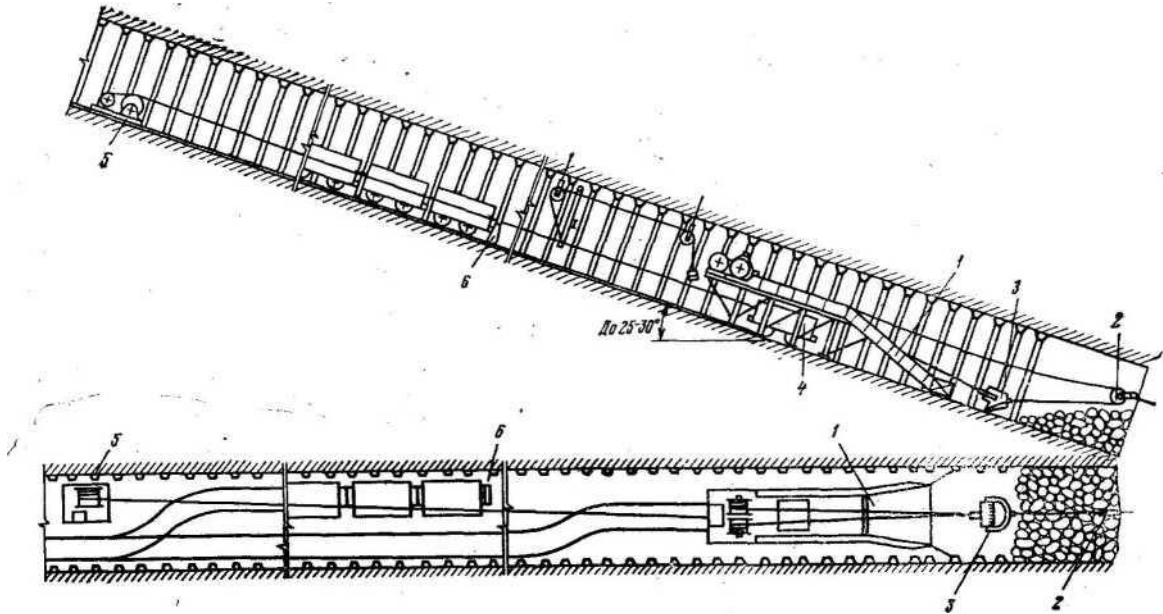


Рисунок 1.5 – проведення виробки при застосуванні скребкової установки

1 – полиця скребка; д — головний пристрій; 3 – скребок; 4 — візок; 5 — маневрова лебідка; 6 — стопор для затримання візків під час маневрів

Мінімальна відстань полиці скрепера від грані схилу може прийматися 8-12 м. Переміщення скрепера у нове положення може здійснюється через кожні 20-30 м після повного видалення породи зі ґрунту виробки безпосередньо за допомогою цієї скребкової лебідки.

З метою підвищення продуктивності навантаження породи скребковою лебідкою, з урахуванням наявності великих затримок в режимі роботи через зміну транспортних засобів, бажано не припиняти роботу лебідки та накопичувати породу перед полицею. У разі наявності порожніх вагонах породу можна швидко в них завантажити.

При проведенні виробки в породах малої міцності, а також у разі невеликих кутів нахилу виробки, до 10-12°, можна застосувати робітників

різних професій.

На рисунку 1.6 наведена схема застосування машини вибіркової дії для проведення виробок.

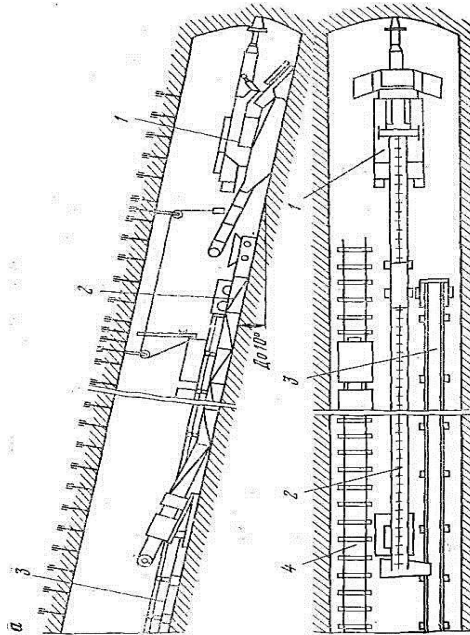


Рисунок 1.6 – Проведення виробки із застосуванням комбайну

Фіксація комбайну і його поступове переміщення до забою виробки виконується за допомогою пристрою, який складається з ланцюга 1, закріпленого на балці 2. Ланцюг закріплений на пристрої 3 типу кремальєра. По мірі руху комбайна ланцюг 1 подовжується.

Транспортування вилученої породи із забою здійснюється за допомогою скребкового транспортера 4. Матеріали у виробці подаються монорейкою 5.

Вилучення пилу здійснюється за допомогою пиловідсмоктувальної установки 6. Застосовувати цей комбайн, який має типу ГПК-Н можна при величинах кутах нахилу виробок до 18-25°.

1.6 Порядок виконання транспортних операції при проведенні підземних гірничих виробок

Транспортні та маневрові операції з обміну транспортних засобів видачі породи до верхнього горизонту і подачі різних виробничих матеріалів у забій

виробки є дуже трудомістким, і технологічно складним у порівнянні з виконанням прохідницьких робіт при проведенні виробок.

Транспортування у похилих виробках як правило здійснюється залізничними вагонетками, скіпами або спеціальними транспортерами.

Шахтні вагони для транспортування породи можуть застосовуватися при кутах нахилу виробок не більш ніж $20-25^\circ$, скіпів цей кут складає більше 25° . У таких виробках транспортні операції здійснюється за допомогою однокінцевого канатного підйомника.

Застосування конвеєрного транспорту більш продуктивне. Однак його використання пов'язане з рядом труднощів. Вони пов'язані з необхідністю постійного його подовження по мірі руху площини забою, та зі складністю організації робіт доставки матеріалів та робочого обладнання.

На рисунку 1.7 наведено схеми організації транспортних операцій і маневрів при проведенні похилих виробок при використанні вагонеток і скіпа.

Показана схема обміну залізничних вагонеток 1, які подаються поїздами у забій. Завантаження залізничних вагонеток здійснюється спеціальною навантажувальною машиною 2 обладнану навантажувачем 3. Піднімання навантажених поїздів здійснюється лебідкою 4. Вона встановлюється у спеціальній камері. Цю схему можна використовувати при кутах нахилу гірничих виробок до $4-8^\circ$, але не більше.

Обмін залізничних вагонеток виконується за допомогою тупикового проходу А. Цей прохід розташовується біля забою. Обмін вагонетками на навантажувальній машині виконується таки чином:

- на завантаження подається поїзд сформований з порожніх вагонеток;
- після завантаження першої вагонетки весь поїзд піднімається маневровою лебідкою і встановлюється на станції очищення.
- навантажений візок є відчепленим. За цим інші вагонетки поїзда знову переміщуються живляться маневровою лебідкою для завантаження.

Таким чином послідовно виконується завантажувальна вся поїзду вагонеток. За цим вантажопідйомна лебідка видається на верхній горизонт.

Коли в виробці розміщується закрита площа А використовується допоміжна маневрова лебідка Б.

Порожній поїзд з вагонетками з горизонту верхнього схилу доставляється підйомною лебідкою на площадку А. Там його утримує запірний пристрій. Потім здійснюється зачеплення канатів Е.

Відчеплення каната лебідки а також закріплення каната маневрової лебідки В до поїзда допомагає піднімати маневровою лебідкою вагонеток де вони утримується стопором.

Візок 4 кріпиться до каната основної вантажопідйомної лебідки. Вагон встановлений на ньому завантажується. З цим вагон піднімається 5 на завантажувальне відділення клірингу та зупиняється там.

За цим за аналогічною схемою завантажуються всі останні порожні вагонетки. Таким чином весь завантажений поїзд системи вагонеток з площадки доставляється до верхнього горизонту підйомною лебідкою.

Схема маневрів – в ухилі розміщуються дві відкриті площадки А і Б. За ним встановлюється маневрова лебідка С. За цим з верхньої площадки підйомна лебідка утримує поїзд порожніх вагонів і вони встановлюється в кліринговому приміщенні А. Потім канат вантажопідйомної лебідки натягується на верхній майданчик. Канат маневрової лебідки Б кріпиться до поїзда. Порожній вагон, який відчеплений від поїзда доставляється до забою для навантаження. На площадці залишаються порожні вагони. Потім вони піднімаються на розчищення. Навантажені вагонетки з забою доставляються маневровою лебідкою.

На цій схемі показаний момент, коли вагонетка 5 завантажується, а вагонетки 1-4 вже завантажені.

До моменту закінчення процесу навантаження вагонетки 5 з клірингу А подаються формування наступного поїзду з порожніх вагонеток, які спускаються верхньої платформи гірничої виробки. Вона розташована на верхній кліринговій площадці А.

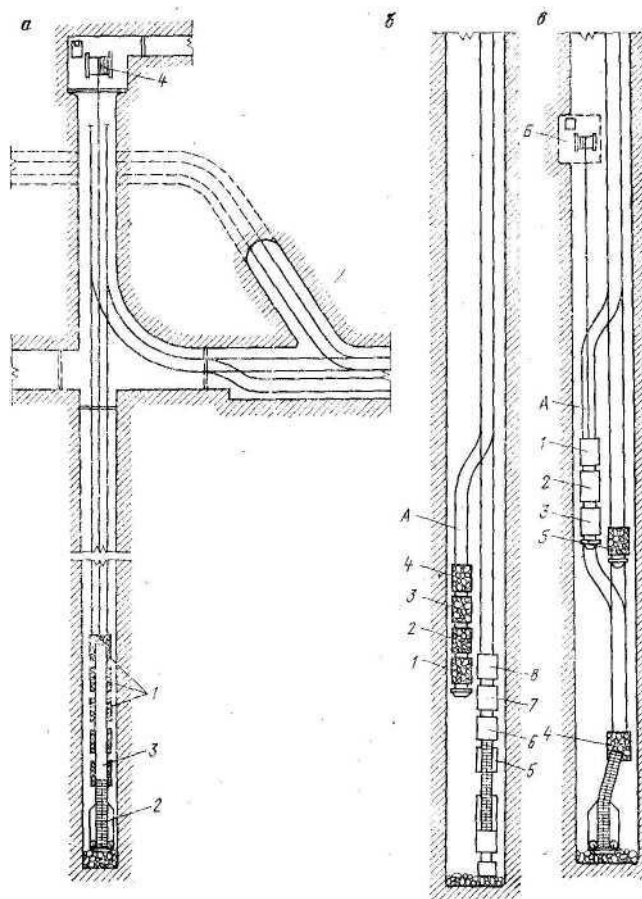


Рисунок 1.7 – Схема організації транспортних операцій

Канат вантажопідйомної лебідки закріплюється до навантаженого поїзду на площадці Б. За цим підйомна лебідка подається на верхній майданчик виробки. У цей час у прохідницькому забої навантажуються вагонетки нового поставленого поїзда.

Таким чином, описана маневрова схема забезпечує поєднання робіт з навантаження породи в очисному забої і транспортування породи по виробці. Це дозволяє збільшити ефективність використання вантажної машини в забої.

На рисунку 1.8 показана схема обміну вагонеток, коли в виробці розміщується одна закрита клірингова машина А, а для виконання маневрів вагонеток використовується лебідка підйомного схилу, та дві маневрові лебідки.

За цієї схемою з клірингової колії подається поїзд з вагонетками. Після виконання зчеплення поїзда з маневровою лебідкою порожні залізничні вагонетки опускаються у забій для здійснення їх завантаження.

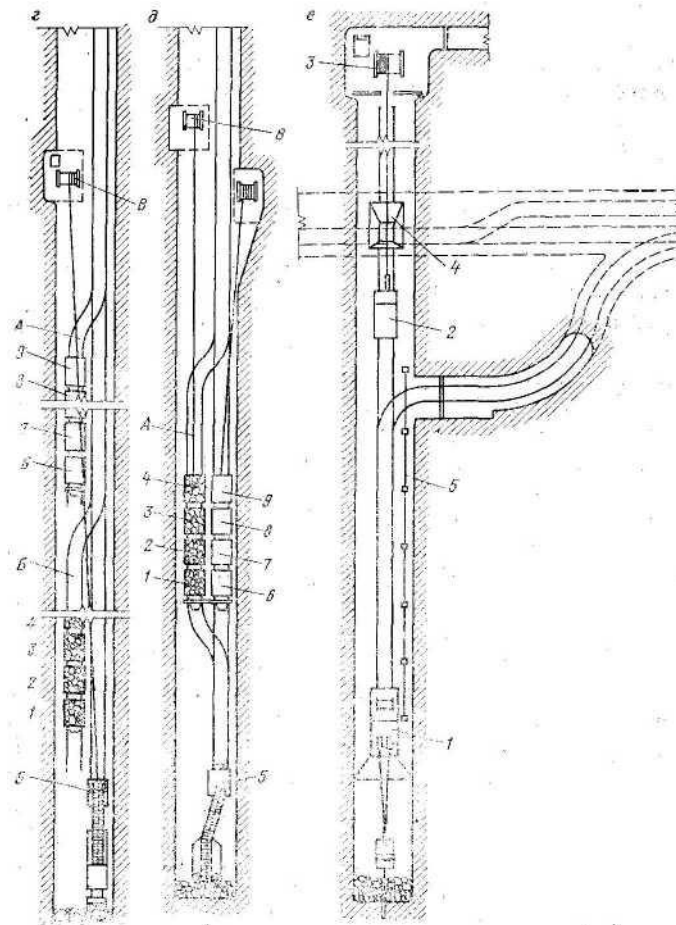


Рисунок 1.8 – Схема обміну вагонеток, коли в ухилі розміщується одна закрыта клірингова машина А

Вибір схеми транспортування для її використання на практиці визначатися виходячи із таких критеріїв:

- заданої швидкості проведення і виробки по довжині;
- заданий час виконання прохідницьких робіт.

Наведені схеми обміну вагонеток мають перерви в роботі по навантаженню гірничої маси з причини заміни поїздів.

Підвищення продуктивності навантаження при цих схемах визначається кількістю вагонеток у поїзді, місткістю кожної вагонетки, а величиною довжини виробки що проводиться.

Менш ефективною схемою буде та схема, у якій переміщення вагонеток здійснюється по одній колії. Транспортні схеми з двома коліями забезпечують більшу пропускну здатність. Вона менш незалежна від тривалості маневрів

поїздів у виробках.

Пропускна здатність схем при похилих виробках залежить від прийнятої організації транспортних робіт.

1.7 Прохідницький цикл

Виконання всіх описаних вище робіт, які виконуються при проведенні підземних гірничих виробок здійснюється у певному порядку.

При проектуванні виробок цей порядок зводиться у спеціальну форму, яка називається *Циклограма проведення виробки*. На кожну виробку підготовлюється спеціальний проєкт проведення виробки і циклограма її проведення.

У циклограмі враховується: перелік всіх робіт, які виконуються при проведенні виробіток; тривалість виконання кожної роботи; послідовність виконання робіт проведення і у графічній формі у вигляді діаграми Ганта наводиться послідовність виконання робіт.

Весь процес проведення виробів включає такі роботи і операції:

- прийом і передачу зміни цей, процес виконується на самому початку зміни, коли після убирання породи від проведення виробки на попередньому циклі приводиться у порядок забій для того щоб можна було виконувати бурові роботи;

- далі йде безпосереднє буріння шпурів за однією зі схем наведених вище;

- після цього виконується процес заряджання шпурів з утворенням вибухових зарядів спеціальних конструкцій;

- наступною операцією є підривання шпурів спеціальним методами ініціювання зарядів, як правило це електричні методи з використанням електродетонаторів;

- після цього виконується провітрювання забою, як право провітрювання виконується примусовим методом із застосуванням спеціальних електричних вентиляторів;

– потім виконується процес навантаження відбитої гірської породи для її відкатки на пункт збору

– після цього описаний цикл знову повторюється до тих пір, коли виробка буде проведена на її повну проектну довжину.

На рисунку 1.9 наведений приклад загального виду циклограми проведення підземної гірничої виробки.

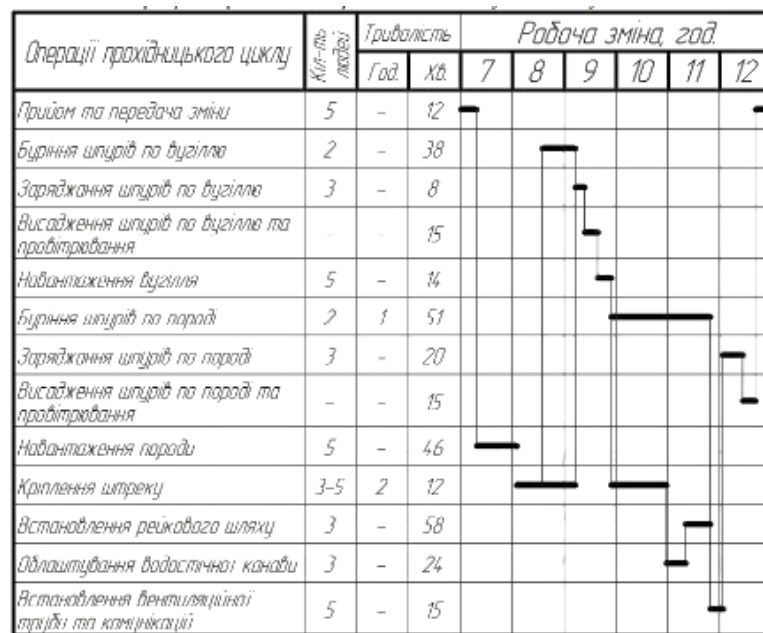


Рисунок 1.9 – загальний вид циклограми проведення підземної гірничої виробки

1.8 Існуючі інформаційні системи для моделювання процесів проведення підземних гірничих виробок

В роботі виконаний огляд і аналіз існуючих на теперішній час інформаційних систем для моделювання процесів проведення підземних гірничих виробок з метою визначення технологічних параметрів цього процесу. Цей огляд і наліз надав результати, описані далі.

1.8.1 Інформаційна система MICROMINE (Blast Design Module)

Blast Design Module від Micromine, є частиною великого пакету комплексу програмного забезпечення для планування прохідницьких робіт при проектуванні шахт. Цей пакет включає програмні інструменти для проектування та оптимізації прохідницьких робіт як при відкритій розробці родовищ корисних копалин так і при підземній розробці.

Цей пакет програм дозволяє користувачам створювати схеми проведення виробок, розраховувати деталі всіх видів гірничих робіт які необхідно виконати при цьому, розраховувати параметри виробок, параметри буро-вибухових робіт та керувати послідовностями вибухів, моделювати процеси кріплення виробок, провітрювання забоїв.

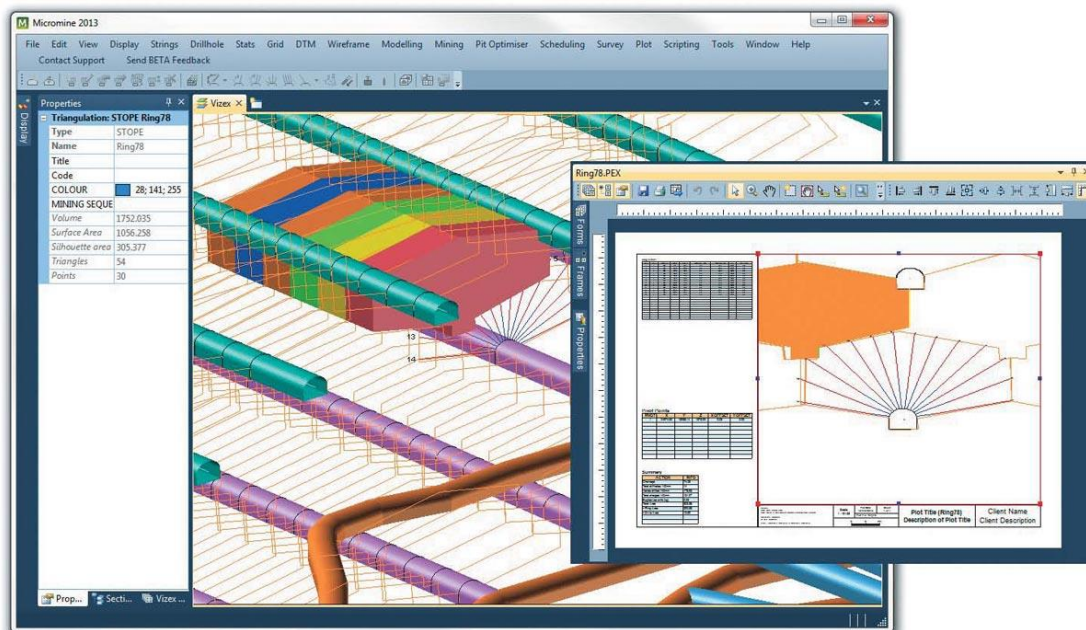


Рисунок 1.10 а – Модуль роботи MICROMINE

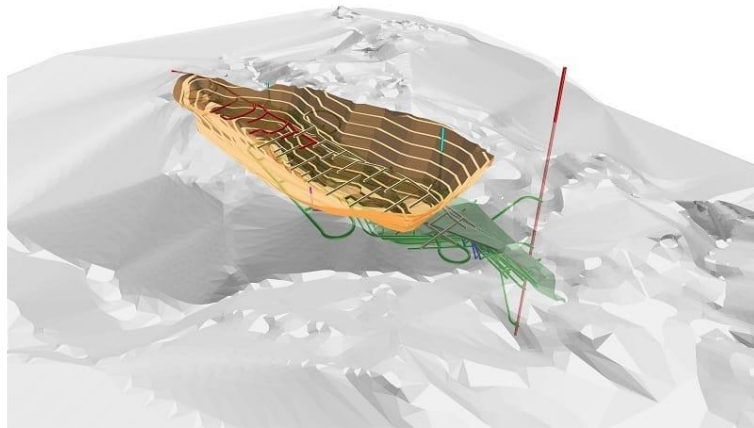


Рисунок 1.11 б – Схема виробок кар'єру і шахти при сумісній розробці родовища корисної копалини

Ключові можливості цього пакту:

Проектування схем вибухів при проведенні виробок.

Створення та керування схемами вибухів, включаючи послідовність ряду вибухів, проектувати окремі заряди, проектувати роботи з утворення зарядів.

Послідовність виконання вибухів та затримка ініціювання вибухів:

Визначення порядку слідування вибухів та затримки між кожним з них, включаючи інструменти візуального зображення для імітації вибуху.

Розрахування об'ємів виконання буро-вибухових робіт і результатів вибуху:

Інструмент для розрахунку вибухових зарядів (свердловин), шпурів та інших ключових параметрів.

Проектування кар'єрів та шахт а також схем сумісної розробки родовищ відритим і підземним способами:

Пакет має інструменти для проектування виконання буро-вибухових робіт в шахтах.

Він має також засоби для моделювання різноманітних конструкції вибухових зарядів.

Інструменти для попередній перегляд проекту:

Засоби попереднього перегляду проекту надають можливість візуалізації всього процесу виконання буро-вибухових робіт з початку і до кінця а також візуалізації самого вибуху.

Заряджання свердловин і шпурів для виконання вибуху:

Розрахунок параметрів та підготовка повного проекту процесу формування вибухових зарядів із застосуванням різних вибухових речовин у свердловинах, а також у шпурах, крім того – управління ініціалізацією зарядів вибухової речовини.

Інтеграція з системою планування гірничих робіт, та визначення результатів їх реалізації:

У вказаній системі є програмне забезпечення, яке спроможне інтегруватись з спеціалізованими інструментами для виконання проектів планування будівництва шахт Micromine.

Така можливість дозволяє проектувати схеми виконання буро-вибухових робіт у різні гірничотехнічних умовах їх здійснення.

Контроль та безпека виконання різних видів гірничих робіт:

Буріння та виконання підривних робіт Micromine допомагає покращити контроль за буро-вибуховими роботами. Це сприяє підвищенню безпеки проведення комплексів підземних гірничих виробок.

Вирішення задач автоматизації процесів:

Інформаційна система Micromine має функції автоматизовані, а саме: автоматичне заряджання шпурів і свердловин, буріння свердловин.

Переваги інформаційної системи Blast Design Module:

Підвищена точність розрахунків та ефективність застосування:

Програмне системи забезпечення Blast Design Module допомагає створювати та керувати реалізацією проектів вибухів при проведенні підземних гірничих виробок.

Оптимізація буро-вибухових робіт:

Програмний комплекс last Design Module дозволяє оптимізувати параметри буро-вибухових робіт. Це дозволяє знизити обсяги фінансових

затрат на виконання буро-підричних робіт і процесів, які потребують їх виконання.

Інтеграція з іншими програмними системами і багатофункціональність:

Модульна побудова інформаційної системи Micromine дозволяє вибирати необхідні функції за різними видами конкретних проєктних задач, які повинні бути розв'язані у процесі зведення підземних гірничих виробок. Це робить last Design Module гнучким та і зволяє його ефективно адаптувати до різних умов виконання гірничих проєктів.

Підвищення ефективності прийняття проєктних рішень та їх реалізації:

Інформаційна система Micromine та його програмне забезпечення надає ефективні інструменти для проєктування гірничих робіт, гірничих процесів та об'єктів та виконання аналізу різних видів.

Вона допомагає проєктувальникам приймати найкращі (тобто оптимальні) проєктні рішення стосовно виконання вибухових робіт у різних об'єктах, при виконанні різних процесів із забезпеченням їх необхідних результатів.

1.8.2 Пакет програмних інструментів Aegis (Hexagon Mining)

Пакет програм Aegis – представляє набір програм, який розроблений компанією Datamine (придбаною Hexagon).

Пакет Aegis призначений для проєктування підземних вибухів, включаючи і вибухи при проведенні підземних гірничих виробок, аналізу результатів вибухів при виконанні відповідних робіт на гірничодобувних підприємствах.



Рисунок 1.12 – Логотип програмного комплексу Aegis

Вказаний пакет програм був розроблений для підвищення ефективності, безпеки та фінансової ефективності вибухових робіт за рахунок оптимізації характеристик і параметрів виконання різних видів робіт і операцій при виконанні буро-вибухових робіт.

Компоненти програмного комплексу Aegis:

Aegis:

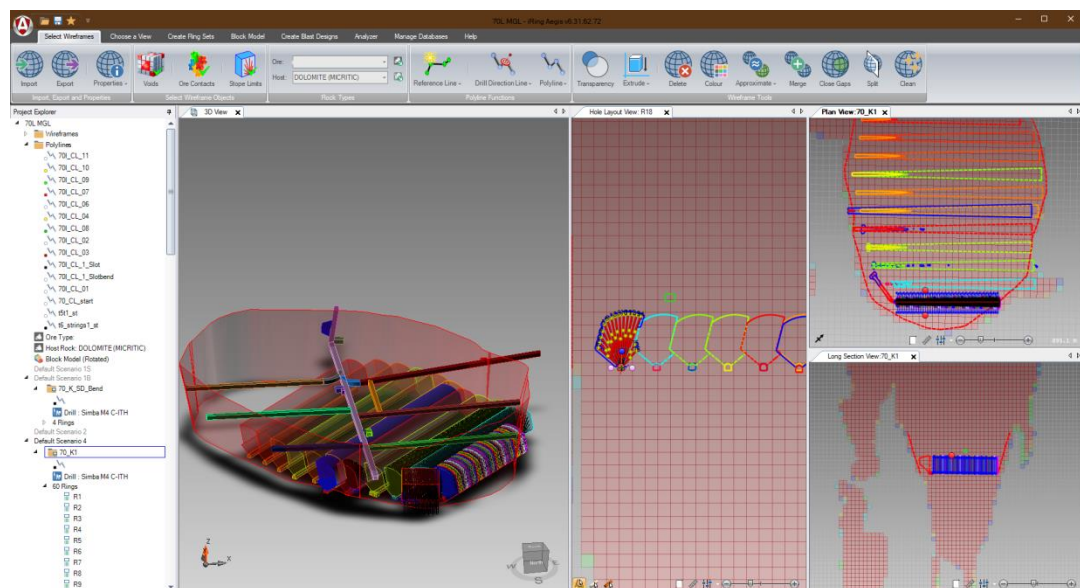


Рисунок 1.8 – Проектна схема вибухів

Ця частина пакету Aegis спрямована на проектування та розробку схеми виконання вибухів при проведенні підземних гірничих виробок та масових вибухів при видобутку корисних копалин при підземній розробці їх родовищ.

Пакет включає інструменти для проектування процесу виконання вибухових робіт у виробках, формування компенсаційних щілин, заряджання шпурів і свердловин, формування в них вибухових зарядів при виконанні підготовчих робіт до вибуху.

Програмний інструмент дозволяє виконувати дослідження і аналіз:

- дії різних конструкцій зарядів та їх комбінацій;
- отримані данні – результати моделювання вибухових робіт;
- формувати звіти з результатів проектування і досліджень;
- експортувати данні у інші інформаційні системи за необхідності.

Aegis Analyzer:

Цей програмний інструмент, представляє комплекс спеціалізованих програм, призначений для аналізу різних схем виконання вибухів при різних схемах комутації зарядів. А також визначати параметри подрібнення масиву порід, вагу подрібненої породи, встановлювати обсяги необхідних фінансових затрат та величину прибутку, який прогнозується до отримання в результаті виконання гірничих робіт з виконання вибухів.

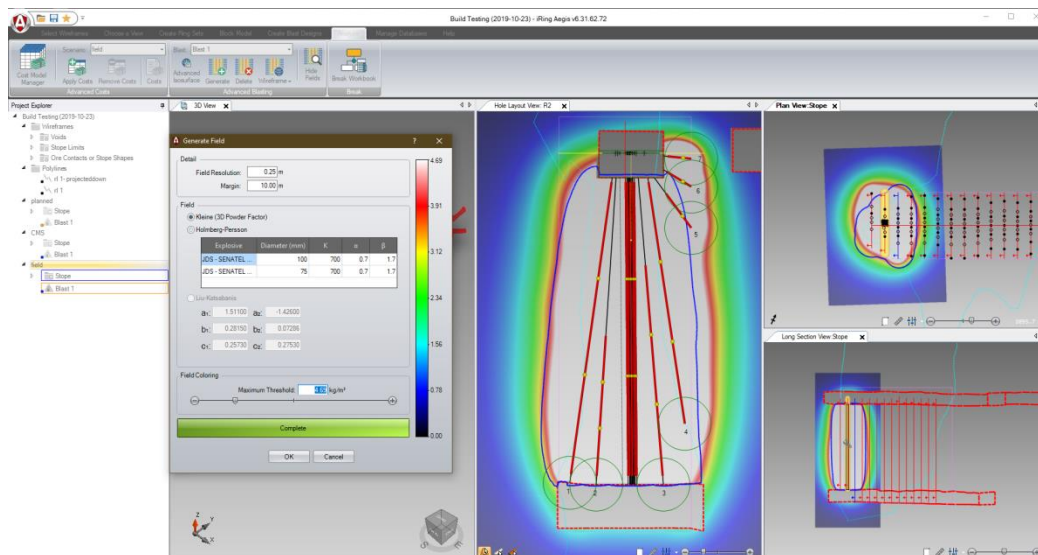


Рисунок 1.13 – Аналіз схеми виконання вибухів

Пакет допомагає винувати розрахунки з оптимізації схеми здійснення підземних вибухів для максимізації обсягу подрібненої породи, при мінімальних обсягах виконання гірничих робіт, а також забезпечення високої прибутковості від реалізації результатів вибуху.

Основні характеристики програмного пакету Aegis:

Високоточне проектування буро-вибухових робіт:

Інструменти програмного пакету Aegis дозволяють на основі параметрів дії детонації хвилі, яка утворюється при вибуху, а також конкретного геомеханічного стану порід, в яких виконується вибухові роботи, розраховувати результати руйнування масиву породи для різних конструкцій і схем комутації зарядів.

Розрахунок характеристик руйнівної дії вибуху:

Система дозволяє точно визначити характеристики руйнування масиву гірської породи на основі таких параметрів: діаметр заряду у свердловині або шпурі; відстані між шпурами або свердловинами, відстані між рядам зарядів.

Комплексний аналіз характеристик виконаного вибуху за проектом:

Програмний комплекс Aegis Analyzer, який є складовою системи Aegis, забезпечує можливість детальної оцінки параметрів дії вибуху з встановленням таких характеристик: кут розриву заряду; вага зруйнованої

породи; енергетична характеристика вибуху.

Оптимізація проєктних параметрів вибуху за величиною економічного ефекту від його виконання:

Програмний комплекс Aegis Analyzer також дозволяє оптимізувати схеми комутації зарядів для виконання вибухів.

Крім того, він забезпечує можливість збільшити руйнівну дію вибуху; ступінь подрібнення породи та зменшити середню крупність кусків; збільшити вагу зруйнованої породи, зменшити обсяги фінансових затрат та підвищити прибуток від результатів здійснення вибуху.

1.8.3 Інформаційна система Blast Management System

Інформаційна система Blast Management System (BMS) може вирішувати задачі кількох різних типів, але виключно в сфері підземної розробки родовищ корисних копалин. Вона включає декілька модулів.

«Система управління вибухами» (BMS):

Ця системи розроблена для визначення параметрів, оптимізаційних характеристик вибухових робіт та управління процесом виконання вибухових робіт у гірничих виробках роботах, забезпечення безпеки виконання гірничих робіт та підвищення економічної ефективності й результативності вибухів.

Призначення:

Системи BMS є інструментами для управління всім процесом вибухових робіт, від планування та проєктування до виконання та моніторингу результатів виконання вибухових робіт.

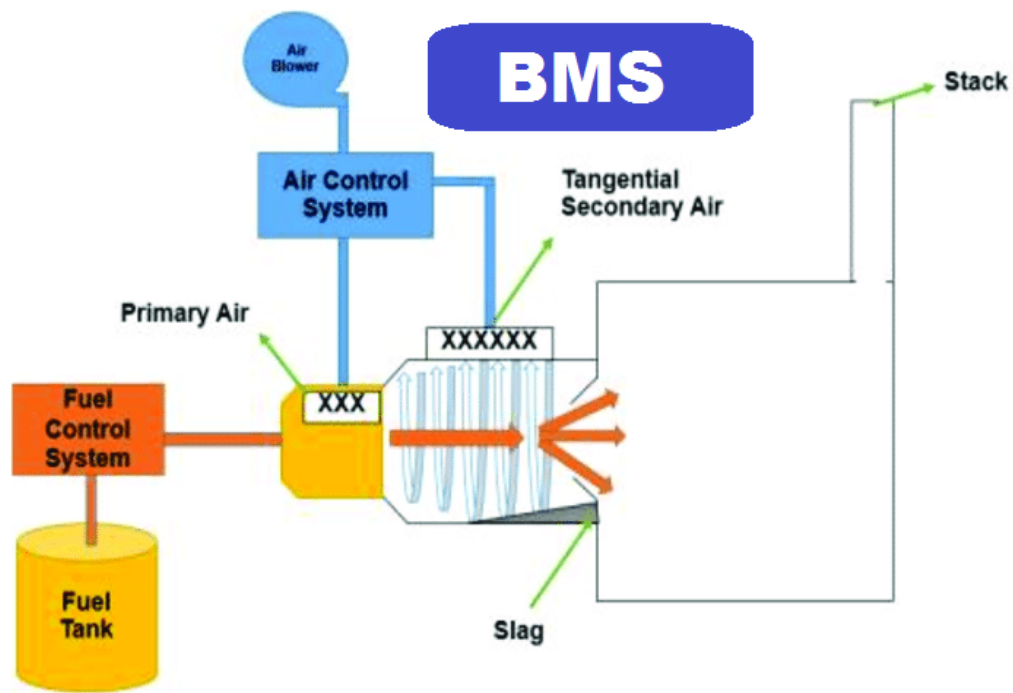


Рисунок 1.14 – Схема програмної системи BMS

Функції:

Система спроможна виконувати такі функції:

Отримання та зберігання інформації, пов'язаної з вибухами (проектні, фактичні параметри, дані про характеристики вибуху).

Аналіз даних про результати вибухи для виявлення тенденцій подальшого розвитку самої програмної системи та оптимізації вибухових операцій, які будуть проєктуватись далі.

Візуалізація моделей, які розроблені у проєктах вибухів у 2D або 3D.

Відстеження та управління ефективністю вибухів відповідно до ключових показників ефективності (KPI).

Формування звітів для керівних органів гірничодобувного підприємства, органів безпеки на підприємстві та інших його підрозділів, яким необхідна така інформація.

Приклади:

BIMS від MineExcellence та JKBMS (BMS від JKTech) від MineExcellence є прикладами таких систем.

1.8.4 Програмна система SHOTPlus

Програмна система SHOTPlus є на теперішній час провідною інформаційною системою у сфері проектування буро-вибухових робіт у різних процесах, які потребують їх виконання.

Вона була розроблена компанією Orica, що спеціалізується на проектуванні і виконанні вибухових робіт та різних гірничих технологій.

Ця система призначена для детального проєктування і планування та оптимізації буро-підривних робіт у гірничодобувній галузі промисловості.

Крім того її складові програми можуть використовуватись у будівництві та інших галузях, де використовуються вибухові матеріали і необхідне руйнування масивів гірських порід.

Ця система інтегрує передові інженерні принципи та потужні обчислювальні засоби. Вона забезпечуючи можливість досягнення високої точності розрахунків параметрів буро-вибухових робіт та високу ефективність виконання буро-вибухових робіт.

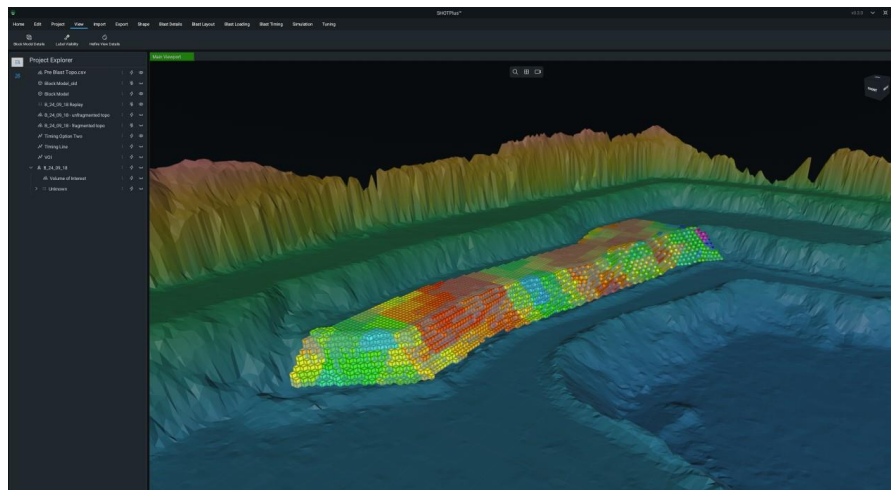


Рисунок 1.15 – Вид 3Д моделі виконання вибухових робіт у системі SHOTPlus

Призначення програмної системи SHOTPlus та її функціональні можливості.

Базове призначення програмної системи SHOTPlus полягає у забезпеченні підвищення ефективності, безпечності, продуктивності та економічності виконання буро-підривних робіт.

Ця система дозволяє інженерам та фахівцям та проєктувальникам з вибухових робіт розв'язувати такі задачі:

Проектувати буро-підривні комплекси:

SHOTPlus має інструменти для високоточного позиціонування вибухових свердловин і шпурів, для визначення їх оптимальної глибини, визначення величин кута нахилу свердловин, визначення оптимальної відстані між ними і між рядами зарядів.

Моделювати параметрів розподілу енергії детонації вибуху:

За допомогою спеціальних алгоритмів виконання розрахунків система дозволяє прогнозувати розподіл енергії вибуху, оптимізувати параметри заряджання свердловин і шпурів. Це робиться для забезпечення необхідного ступеня подрібнення масиву порід.

Розрахунок параметрів вибухових зарядів:

Система SHOTPlus у автоматичному режимі спроможна розраховувати необхідну кількість вибухових речовин для заряджання і формування заряду кожної свердловини. При цьому враховуються: вид породи; необхідний ефект її дрібнення та види екологічних обмежень негативних наслідків вибухових робіт і самого вибуху.

Параметри ініціювання зарядів у їх мережах: система дозволяє розробляти схеми ініціювання окремих зарядів у мережах вибухів, визначати необхідну послідовність детонації зарядів та затримки детонації між окремими свердловинами. Все це має велике значення для мінімізації потужності сейсмічних коливань та оптимізації параметрів подрібнення масиву породи.

Аналіз результатів вибухів:

Після проведення вибуху система SHOTPlus може виконувати аналіз фактичних (отриманих на практиці) результатів вибуху. Система методом їх

порівняння з даними проєкту вибуху та отримує інформацію для подальшого розвитку її програмного забезпечення і методики проєктування вибухів.

Інтеграція з іншими системами:

Програмна система SHOTPlus може інтегруватися з іншими видами гірничих інформаційних систем. Така інтеграція може здійснюватись з такими системами, як позиціонування (GPS); системи управління буровими роботами та роботою окремих бурових установок. а також з програмами для 3D-моделювання гірничих робіт.

Все це забезпечує комплексний підхід до управління буровими і вибуховими роботами.

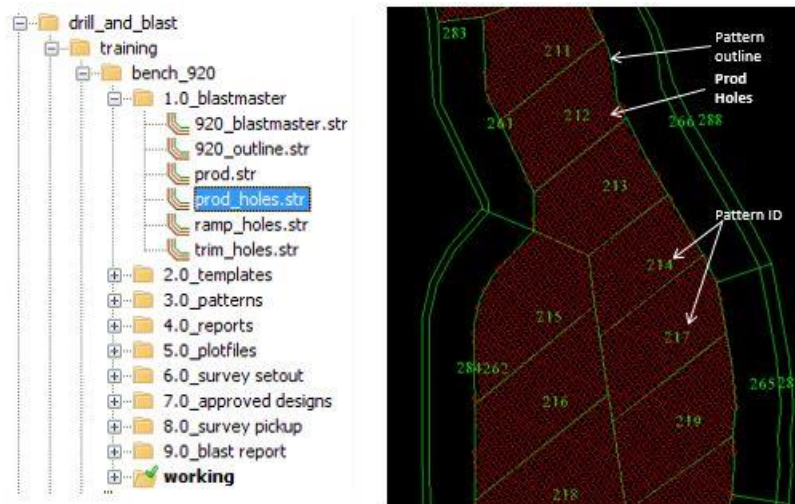


Рисунок 1.16 – SHOTPlus процедура буріння та вибухових робітах

1.8.5 Інформаційна система Surpac (Drill & Blast Module)

Інформаційна система Surpac (Drill & Blast Module) представляє комплекс програмним призначених для планування гірничих робіт та моделювання різних гірничих процесів. Система Surpac розроблена компанією Dassault Systèmes GEOVIA.

Вона має модуль «Буріння та підривні роботи» (Drill & Blast Module). Він представляє спеціалізовану програмну інформаційну систему, яка призначена для проєктування та оптимізації, а також управління буро-

підривному роботами у різного спрямування гірничодобувній промисловості.

Вказаний модуль представляє важливу частину загального робочого процесу системи Surpac. Він дозволяє інженерам, планувальникам, проєктувальникам ефективно проєктувати, планувати і керувати всіма етапами гірничих робіт, від розвідки до видобутку.

Призначення та функціональні можливості модулю «Буріння та підривні роботи»

Функції модулю «Буріння та підривні роботи» спрямовані на підвищення ефективності, безпечності та економічності виконання буро-вибухових робіт. Це досягається шляхом точного проєктування, планування та контролю буро-вибухових робіт.

Він має дуже широкий спектр функцій:

Проєктування сіток вибухових свердловин, дозволяє розробляти гнучкі та індивідуальні плани проведення буріння, визначати оптимальне розташування свердловин, визначати їх найліпшу глибину, розраховувати кут нахилу, визначати параметри відхилення свердловин.

Інтеграція геологічних даних:

Вказаний модуль має можливість інтеграції з геологічними моделями, які також розробляються у Surpac. Ця можливість дозволяє враховувати літологію, специфічні структурні особливості гірських порід, наявність тріщинуватості порід а також інші геологічні специфічні фактори при проєктуванні буро-вибухових робіт.

Оптимізація параметрів процесу заряджання:

Система має інструменти для розрахунку оптимальної кількості вибухових речовин, а також їх типу для кожної свердловини. При цьому, враховуючи фізичні властивості гірських порід, необхідний ступінь їх подрібнення та необхідність мінімізації негативного впливу вибуху на оточуюче середовище.

Схеми ініціювання:

Система дозволяє розробляти та здійснювати візуалізацію схем

ініціювання зарядів. При цьому, включається візуалізація послідовності детонації зарядів, а також часові затримки їх ініціювання. Це необхідно для контролю над подрібненням масиву порід, розповсюдження сейсмічної хвилі від вибуху та повітряної хвилі.

Аналіз результатів вибуху та звітність про його результат:

Система генерує детальні звіти та плани про результати вибуху. Вони включають данні про обсяги руйнування породи, дані про обсяги витрачених вибухових речовин; дані про потенційні зони впливу сейсмічної хвилі та інші важливі данні.

Це все дозволяє проводити порівняльний аналіз проектних даних та даних практики виконання вибуху.

3D-візуалізація:

Система має можливості виконання 3D-візуалізації графічних матеріалів за проектом буро-вибухових робіт для кращого розуміння та аналізу їх проекту, планів.



Рисунок 1.17 – 3D-візуалізація моделі

Технологічні аспекти системи Surpac:

Модуль «Буріння та підривні роботи» базується на програмному геопросторовому ядрі. Воно дозволяє обробляти великі обсяг графічних і

просторових даних. Цей модуль використовує численні алгоритми графчного моделювання та оптимізації, за рахунок чого досягається імітація поведінки гірських порід під час вибуху та здійснюється прогнозування результатів вибуху.

Технологічні особливості системи Surpac:

Інтеграція даних:

Система здатна імпортувати та експортувати дані з різних джерел. Це данні про бурові роботи; результати маркшейдерських зйомок; геологічні просторові моделі; інформація системи управління роботою технологічного обладнання.

Параметричне моделювання:

Система дозволяє формувати параметричні шаблони сіток вибухових свердловин. Це суттєво прискорює процес проектування буро-вибухових робіт і забезпечує стандартизацію її результатів.

Аналіз сейсмічного впливу вибуху на оточуюче середовище:

Система Surpac має інструменти для прогнозування і аналізу дії сейсмічної хвилі від вибухів на оточуюче середовище (будівлі, споруди, шляхи тощо). Така можливість є критичною за для дотримання вимог до екології оточуючого середовища.

Оцінка ступені подрібнення гірського масиву:

Система Surpac дозволяє оцінювати очікуваний розмір кусків подрібненої породи після вибуху. Це необхідно для подальших процесів завантаження та транспортування відбитої гірської маси.

1.9 Висновки

На основі результатів виконаних робіт за першим розділом кваліфікаційної роботи можна зробити такі висновки:

1. Для забезпечення розвитку гірничої промисловості та створення умов, необхідних для здійснення розробки родовищ корисних копалин,

виключно важливе значення мають роботи, пов'язані з проведенням та кріпленням гірничих виробок.

2. Своєчасне та успішне проведення та кріплення гірничих виробок (стволів шахт, квершлагів, ортів, штреків, бремсбергів) забезпечує виконання планів будівництва нових шахт і рудників, а підготовчі вироблення створюють умови для нормального розвитку очисних робіт та сталого виконання планів видобутку корисних копалин.

3. Необхідність проведення гірничих виробок не обмежується лише питаннями шахтного будівництва та експлуатацією родовищ корисних копалин. Гірські виробки необхідні також у транспортних, гідротехнічних та інших спеціальних спорудах.

4. У сфері проведення підземних гірничих виробок відмічається велика різноманітність розмірах перерізів гірничих виробок і камер (від одиниць до кількох десятків і навіть сотень квадратних метрів), відмінність у фізико-механічних властивостях порід, що перетинаються виробками, відмінність у положенні виробок по відношенню до горизонту вимагають при проведенні та кріпленні виробок різноманітного прохідницького обладнання та різних методів організації робіт.

5. На теперішній час розроблено достатньо велика кількість різноманітних інформаційних систем, які призначені для спрощення вирішення складних задач, що виникають в процесі підготовки до проведення підземних гірничих виробок.

Однак аналіз цих інформаційних систем показав, що далеко не всі питання, з якими стикаються гірничодобувні підприємства можуть бути вирішені з їх використанням.

В основному спрямування цих систем полягає у визначенні параметрів буро-вибухових робіт вирішення задач з визначення обсягів виконання прохідницьких робіт, але вони не надають можливості вибору найбільш ефективних варіантів технологічних і технічних рішень з проведення виробок і виконання процесів їх проведення.

Це суттєво обмежує сфери застосування таких інформаційних систем.

6. Відповідно до вказаного вище виникає задача розробки такої інформаційної системи, яка була спроможна вирішувати більш широк коло задач пов'язаних з вибором оптимальних варіантів технологічних і технічних рішень для виконання процесів, що які здійснюються при проведенні підземних гірничих виробок.

Вирішенню цієї задачі і присвячена ця кваліфікаційна робота.

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОВЕДЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

2.1 Вимоги до функцій інформаційної системи

Програмне забезпечення інформаційної системи, що розробляється повинно відповідати ряду вимог, суть яких наведена далі.

1. Підсистема планування проведення виробки.

1.1. Прив'язка до просторових геокоординат.

Необхідна можливість формування моделі масиву гірських порід з використанням геологічних та маркшейдерських даних. Відображення меж ділянок добувних блоків, безпечних зон.

1.2. Визначення характеру порід (ML)

Необхідне передбачення виконання класифікація типів гірських порід за їх характеристиками відповідно процесу буріння. Також необхідна можливість побудови профілю свердловини за розрізом забою.

2.1. Параметризація вибухових зарядів у шпурах.

Повинні бути можливість визначення параметрів типу, кількості шпурів у прохідницькому забої, черги їх підривання, параметри розміщення вибухових речовин і шпурах різних груп, розльоту шматків підірваної породи, її навалу. Визначення необхідної кількості бурильників в залежності від об'єму буріння. Розроблення паспорта вибуху.

2.2. Проектування сітки буріння шпурів у прохідницьких забоях.

Формування сітки шпурів з урахуванням параметрів вибуху, тобто: глибина шпурів, відстані між ними, діаметри шпурів.

2.3. Повинна бути передбачена інтеграція з системами ERP/SCADA.

Вона надає можливість розроблення планів буріння у форматах сумісних з системами проектування ERP та SCADA.

2.4. Підсистема збору інформації про виконані вибухи і обробки цієї

інформації (MWD).

2.5. Імпорт накопичення та обробка даних MWD.

Отримання даних про хід виконання бурових робіт, тобто даних про фактичну глибину буріння, тиск у системі буріння, момент штанги шпуру, швидкість подачі штанги. Виявлення виникнення відхилень від заданого напрямку та обривів.

2.6. Можливість виявлення аномалій у процесі буріння.

Необхідна автоматизація видачі повідомлень про можливі зміщення шпурів, відхилення їх глибин, втрати бурового інструменту.

3. Підсистема безпосереднього управління вибухом.

3.1. Моніторинг готовності всіх складових служб і систем до вибуху.

Можливість відстеження виконання обсягів робіт за всіма етапами підготовки до вибуху, а саме: процесу буріння шпурів, їх заряджання вибуховими речовинами, обмеження доступу до місць ведення буровибухових робіт. Логістика доставки вибухових речовин і засобів підривання зарядів.

3.2. Складання електронного паспорта виконання вибуху.

Накопичення і зведення даних про геометричні параметри вибухових елементів, характеристики вибухових речовин, черговість ініціювання зарядів, запобіжні аспекти вибуху.

Підписання документів про виконання вибуху відповідальними особами.

3.3. Управління черговістю ініціювання підривання зарядів.

Можливість виконання контролю часових інтервалів між підриванням груп шпурових зарядів. Виконання оптимізації параметрів вибуху для зменшення руйнівної дії ударної хвилі.

4. Підсистема аналізу результатів вибуху.

4.1. Фотофіксація вибуху відео фіксація з фрагментацією

Аналіз розміру утворених уламків підірваних порід на фото фіксації. Аналіз послідовності ініціалізації і дії вибухів на основі фрагментації

відеозапису. Підготування статистичних даних про результати вибуху.

4.2. Порівняння результатів вибуху з проєктною моделлю.

Виявлення можливих відхилень та визначення причин їх виникнення: тип вибухових речовин, можливі затримки у ініціалізації, просторові данні.

4.3. Звіт про результати вибуху.

Дані про фактичні параметри фрагментації порід, викиди, розповсюдження ударної хвилі, ефективність подрібнення порід.

5. Характеристики процесу убирання підірваної породи у прохідницькому забої.

5.1. Розрахунок параметрів розвалу породи після проведення вибуху у прохідницькому забої. Вибір необхідно обладнання для убирання породи, а саме: виду убирально-завантажувальної машини, необхідного обладнання до неї, мастильних матеріалів, кількість робітників для обслуговування машини, тривалість убирання породи, методи відкачування породи від забою. Визначення основних контрольних характеристик, які потребують контролю при виконанні процесу убирання породи.

5.2. Система збору даних про фактичні параметри убирання підірваної породи.

Контроль об'єм породи після вибуху, контроль геометричних параметрів навалу породи у забої, контроль часу убирання породи.

5.3. Система аналізу параметрів процесу убирання породи.

Порівняння фактичних і проєктних характеристик параметрів убирання породи, визначення можливих відхилень від проєктних даних, встановлення причин їх виникнення. Підготовка звіту з результатів виконання аналізу процесу убирання підірваної породи.

6. Характеристики процесу провітрювання прохідницького забою.

6.1. Розрахунок параметрів провітрювання прохідницького забою, визначення необхідної депресії виробки, визначення необхідного обсягу повітря для провітрювання забою, визначення параметрів системи подачі повітря, розрахунок необхідної тривалості провітрювання прохідницького

забою, розрахунок потужності вентиляторів, визначення параметрів підготовчих робіт для провітрювання забою. Порядок контролю концентрації газу і пилу від вибуху.

6.2. Система збору даних про фактичні параметри вентиляції забою.

Контроль об'єм повітря для вентиляції, контроль динаміки зниження концентрації газу і пилу, контроль тривалості провітрювання.

6.3. Система аналізу параметрів процесу провітрювання прохідницького забою.

Порівняння фактичних і проектних характеристик параметрів провітрювання прохідницького забою, визначення можливих відхилень від проектних даних, встановлення причин їх виникнення. Підготовка звіту з результатів виконання аналізу процесу провітрювання забою.

7. Підсистема підтримки прийняття рішень (СППР)

7.1. Рекомендації стосовно параметрів процесу проведення виробки.

Генерація рекомендацій основі статистичних даних, варіантів різних моделей проведення виробки.

7.2. Аналіз what-if

Можливість симуляції процесу проведення виробки варіантами змін їх параметрів, а саме: тип виробки, глибина шпурів, інтервал уповільнення ініціації зарядів, обсяг підірваної породи, параметри провітрювання виробки.

7.3. Виявлення недостатньо ефективних шаблонів проведення виробки.

Можливість виконати аналіз кореляцій між характеристиками процесу проведення виробки, подрібненням та витратами енергії на робіт.

8. Підсистема візуалізації результату проведення виробки та звітності про нього.

8.1. Розроблення інтерактивних 2D і 3D панелей проведення виробки.

Візуалізація характеристик процесу проведення виробки, зарядів вибухових речовин, масиву, зон дії вибуху, убирання породи, провітрювання.

8.2. Звіти у графічній формі Dashboards.

Відображення у графічній формі результатів проведення виробки

витрат вибухових речовин, тривалості буріння, ступені подрібнення масиву порід, параметрів убирання породи, параметрів провітрювання прохідницького забою. Візуалізація можливих відхилень фактичних параметрів проведення виробки від проєктних параметрів.

8.3. Експорт звітів з проєкту в результаті вибуху.

Можливість генерації звітів з проєкту з матеріалу проєкту та результату проведення виробки у форматах XML, або XLSX чита PDF для керівництва підприємства.

9. Інтеграція і безпека інформації

9.1. Інтеграція з іншими інформаційними системами аналогічного типу.

Можливість передачі даних у ERP- системи, такі як SAP, MES, GIS, SCADA.

9.2. Аутентифікація користувачів інформаційної системи що розробляється.

Підтримка діяльності спеціалістів, рангів інженер, керівник підрозділу, аналітик даних, диспетчер підприємства.

9.3. Аудит виконаних дій.

Можливість ведення журналу параметрів та змін у проєктах, дагних про буріння, даних про вибухи та їх паспорти.

9.4. Резервне копіювання інформації та шифрування даних.

Можливість захисту важливих даних, засоби і можливість аварійного відновлення даних, архівація даних.

10. Мобільний доступ до інформації та віддалений доступ до документів.

10.1. Доступ до документів з планшетів, смартфонів, ноутбуків.

Введення та перегляд даних з проєктних параметрів, результтів виконання робіт різних видів, даних про техніку і її роботу, обладнання в польових умовах.

10.2. Офлайн-режим роботи

Підтримка кешування всіх вище перелічених даних, синхронізації роботи пристроїв при їх з'єднанні.

2.2 Структура інформаційної системи

Метою програмного забезпечення інформаційної системи є визначення оптимальних параметрів процесу проведення підземних гірничих виробок при підземній розробці родовищ корисних копалин.

Для цього необхідно розробити елементи інформаційної системи, яка зможе приймати необхідні дані про умови проведення виробок, виконувати необхідні розрахунки, визначати оптимальні значення критичних (цільових) параметрів і виводити результати розрахунків у необхідній формі.

Данні повинні бути представлені у такій формі ними могли зручно користуватись спеціалісти, діяльність яких спрямована на проведення виробок.

На рисунку 2.1 наведена повна структура системи користувачів інформаційної системи і зв'язків між ними.

Ці користувачі є робітниками відділів гірничодобувного підприємства, діяльність яких спрямована на організацію процесу проведення підземних гірничих.

Вони повинні отримувати необхідну інформацію здійснювати її оброблення і передавати результати прийнятих рішень за характером отриманої інформації і професійною спрямованістю іншим користувачам по ланцюгу прийняття рішень з організації самого процесу проведення виробок.

Крім того за цією ж структурою здійснюється збір інформації і її аналіз за результатами виконання кожного процесу, який повинен бути виконаний при проведенні виробок.

Ві ці зв'язки і відповідальні спеціалісти наведені на представленим рисунку.

Основну частину роботи інформаційної системи можна поділити на наступні етапи: введення даних; аналітична обробка даних; розрахункова обробка даних з отриманням певного рішення; оформлення даних за прийнятим рішенням; виведення результату (візуалізація результату).



Рисунок 2.1 – Повна структура системи користувачів інформаційної системи і зв'язків між ними

2.3 Алгоритм роботи інформаційної системи

Блок-схема алгоритму роботи інформаційної системи моделювання проходження підземних гірничих виробок для визначення оптимальних параметрів процесу наведена на рисунку 2.1.

Функції блоків блок-схеми алгоритму роботи інформаційної системи.

Блок 1 – введення вихідних даних для виконання розрахунків і прийняття рішення за їх результатами.

Блок 2 – блок вибору виконання розрахунків за режимом прямих розрахунків, тобто тільки за величинами вхідних даних, які вказані 1 блоці.

Блок 3 – блок вибору рішення для виконання розрахунків у режимі пошуку рішення за коригуванням даних, які вибере сам користувач інформаційної системи.

Блок 4 – блоки вибору повністю автоматизованого режиму виконання розрахунків і вибору оптимального рішення, яке буде запропоновано інформаційною системою за результатами виконання цих розрахунків.

Блок 5 – блок виконання розрахунків за режимами вибраними у блоці 2, тобто тільки на основі використовуючи даних введених в блок 1, без вибору оптимального рішення.

Блок 6 – блок розрахунку параметрів процесу проведення підземних гірничих виробок у діалоговому режимі з користувачем, в якому він може змінювати певні дані з власними міркуваннями.

Блок 7 – блок аналізу результатів розрахунків за яким сам користувач приймає рішення чи є вони остаточними, або чи є необхідність повторення для коригування вхідних даних.

Блок 8 – блок виконання розрахунків параметрів проведення підземних гірничих виробок у повності автоматизованому режимі вибору оптимального рішення.

Блок 9 – блок аналізу результатів розрахунків на відповідність їх критерієм оптимальності заданих користувачем.

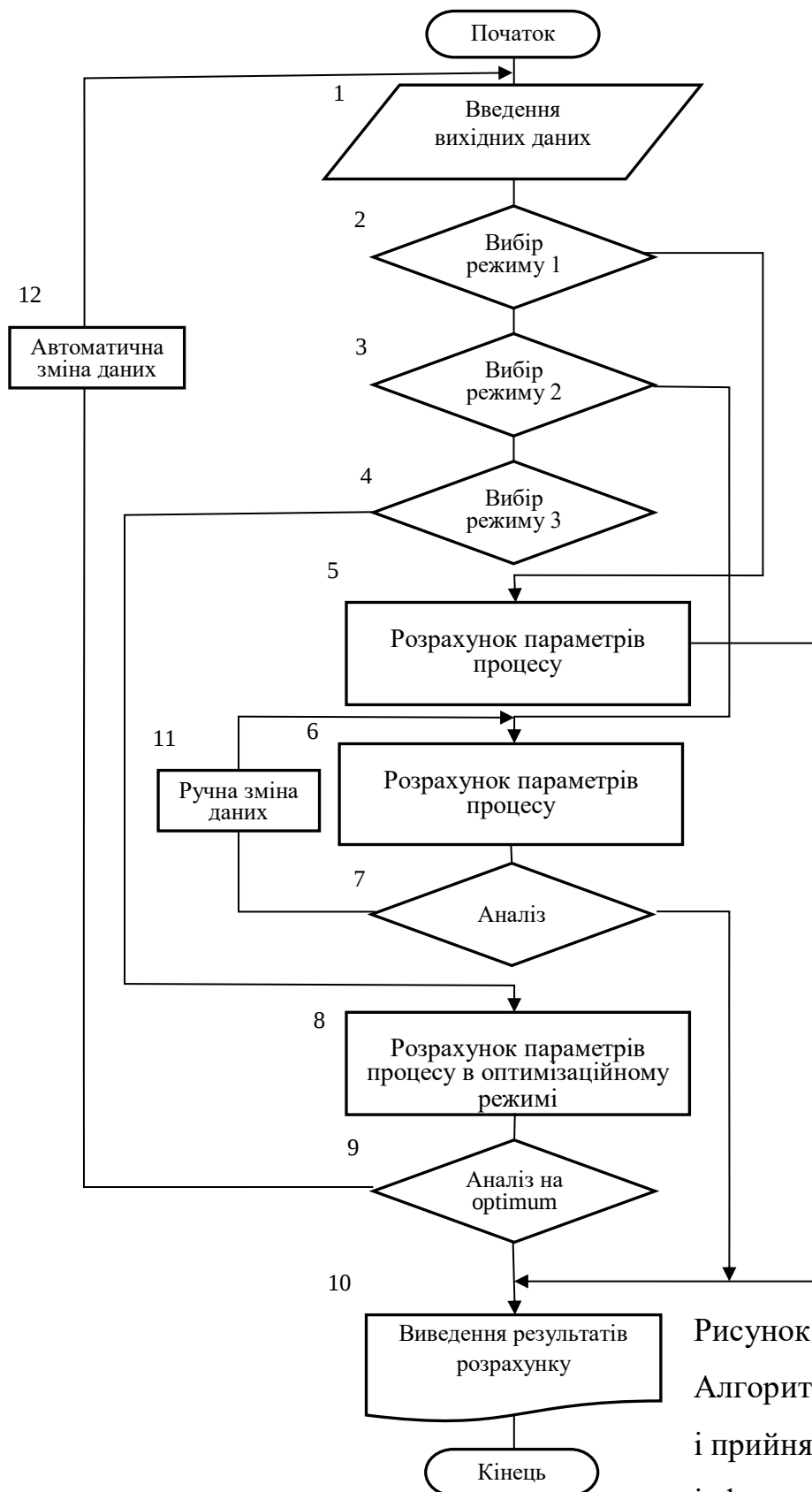


Рисунок 2.2 –
Алгоритм розрахунків
і прийняття рішень у
інформацій системі

Блок 10 – блок виводу інформації (результатів розрахунків і прийнятого рішення на дисплей і запам'ятовування його результатів у файл для подальшого аналізу цього рішення користувачем.

Блок 11 – блок в якому при виконанні розрахунків у блоці 6 можна в ручну змінювати величини вхідних даних.

Блок 12 – блок корегування вхідних даних в режимі повного автоматизованого розрахунку.

Всі розрахунки і прийняття рішень у інформаційній системі, яка розробляється виконується у певному порядку. Блок-схему виконання цих розрахунків і прийняття рішень наведено на рисунку 2.2.

Відповідно до позицій цього алгоритму порядок виконання всіх дій у інформаційній системі такий.

У цьому блоці 1 вводиться вся необхідна вихідна інформація (данні, що описують умови проведення конкретної виробки) необхідна для виконання розрахунків і прийняття рішення, яке буде пропонуватись інформаційною системою користувачу для його розглядання і прийняття остаточного рішення.

Після введення вихідних даних програмі необхідно задати певний режим виконання розрахунків. Це виконується за допомогою блоків 2, 3 4.

Блок 2 призначений для вибору режиму прямого розрахунку, тобто за величинами введених даних система просто розраховує кінцевий результат і представляє його користувачу. Для цього з блоку 2 де вибирається цей режим розрахунку дані передаються у блок 5. У ньому виконуються всі необхідні розрахунки. Після виконання розрахунків отримані результати передаються в блок 10. Цей блок який призначений для виводу результатів розрахунку на екран дисплею. На цьому у даному режимі розрахунок завершується з отриманням необхідно результату.

Блок 3 у якому вибирається інший режим виконання розрахунку, тобто режим який вже реалізує певний пошук рішення, що задовольнить користувача.

При виборі цього виду розрахунку з блоку 3 дані передаються у блок 6 де виконуються необхідні розрахунки параметрів проведення вирубки. Всі

отримані, таким чином, дані передаються у блок 7 для їх аналізу. Аналіз виконує користувач.

У разі якщо його щось не задовольняє у результаті розрахунків він може скорегувати певні дані. Для цього він лані зберігаються на локальному рівні для того, щоб користувач міг їх проаналізувати і прийняти рішення проте, які вхідні данні необхідно буде скорегувати. Після цього система повертається до блоку 7 через під систему корегування даних, яке реалізує блок 11.

Далі розрахунок повторюється до тих пір поки не будуть отримувати такі результати, яких необхідні користувачу.

Після цього з блоку 7 результати розрахунків передаються на відображення у блок 10.

Блок 4 найбільш складний блок де виконуються вже автоматизований пошук оптимального рішення.

Це виконується у такому порядку.

З блоку 4, де вибирається саме цей режим виконання розрахунків і прийняття рішень, дані введені у блок 1 передаються у блок 8. В цьому блоці виконується відповідні розрахунки і прийняття рішень. Однак при цьому заздалегідь встановлюється параметри критерії оптимальності за прийнятими міркуванням користувача.

Якщо у цьому блоці буде визначене, що отримані результати не відповідають критеріям оптимальності, то виконується коригування вхідних. Таке коригування виконує блок 12 який отримує з блоку 9 результати розрахунків і коригує вхідні дані для продовження розрахунків.

Ці дані з блоку 12 передаються у блок 1 цикл дій та розрахунків повторюється, проходячи через блоку 1 до блоку 4 якому вказано, що вибраний саме режим розрахунків у оптимізаційному режимі. Ці дані з блоку 4 знову передається у блок 8. Якщо результати розрахунку знову не будуть відповідати критеріям оптимальності, знову система знов повертається до блок 12 з цього блоку дані передаються у блок 8 де знову виконується розрахунок попередньо скорегованими даними і перевірка у блоці 9 результатів.

Такий циклічний розрахунок виконуються до тих пір коли критерій оптимальності, тобто оптимальне значення, умови визначення якого вказується користувачем, будуть досягнуті. Тоді з блоку 9 результати розрахунків передається у блок 10 для виведення їх на екран дисплею.

Крім того тут же виконується запам'ятовування цих даних у файл для того щоб можна було їх більш детально проаналізувати.

Необхідно відмітити, що рішення, яке приймає інформаційна система не є остаточним. Це рішення є тільки рекомендацією для користувача.

Однак я прийняття остаточного проектного рішення, тобто того рішення яке буде вже реалізоване на практиці, а воно повинно бути відображене у документації проекту на проведення виробки. Рішення, що приймає інформаційна система надається як пропозиція.

Після аналізу цього рішення користувачем він приймає остаточне рішення, тобто або зразу прийняти цю пропозицію у проект, або знову повторити необхідні розрахунки для певних уточнень, або удосконалення певних рішень. На цьому алгоритм роботи інформаційної системи завершується

2.4. Описання роботи програмного забезпечення інформаційної системи

За етапами обробки інформації, описаних вище, можна сформулювати наступну схему для розробки відповідного програмного забезпечення

Для подальшої розробки програмного забезпечення необхідно також створити діаграму класів, які будуть далі використані при написанні кодової частини.

Клас Form1 є основним класом систем обробки інформації який забезпечує інтерфейс користувача та функціональність для обчислень і зберігання даних. Він взаємодіє з різними компонентами інтерфейсу, такими як текстові поля (TextBox) і кнопки (Button)

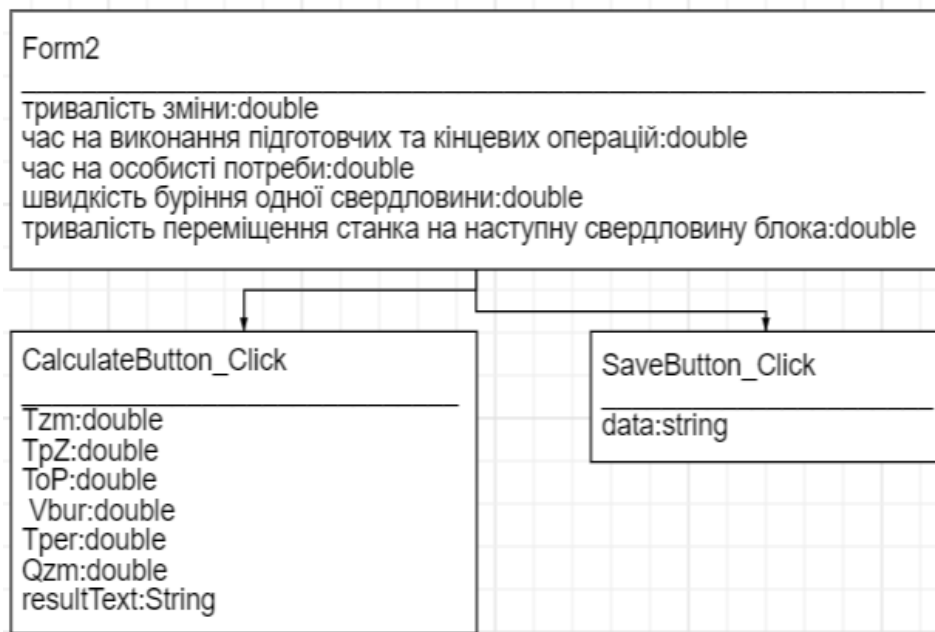


Рисунок 2.3 – Діаграма класів

Компоненти діаграми класів:

1. Form1

Поля: `double Tzm` - `double TpZ` - `double ToP` - `double Vbur` -
`double Tper` `double Qzm`

Методи: - `Form1()` `void Form1\_Load(object sender, EventArgs e)` `void
CalculateButton_Click(object sender, EventArgs e)` `void
SaveButton_Click(object sender, EventArgs e)`

2. SaveFileDialog (Вбудований клас у .NET Framework)

Властивості: `string Filter` `string Title`

Методи: `DialogResult ShowDialog()`

Спадковість: Наслідує від класу `FileDialog`.

3. File (Статичний клас у .NET Framework)

Методи: `static void WriteAllText(string path, string contents)`

4. MessageBox (Статичний клас у .NET Framework)

Методи: `static DialogResult Show(string text)`

5. TextBox (Контроль в інтерфейсі користувача)

Властивості: `string Text`

6. Button (Контроль в інтерфейсі користувача)

Події: `Click`

Діаграма класів: mermaid; classDiagram; direction LR

```
class Form1 { double Tzm; double TpZ; double ToP; double Vbur; double  
Tper; double Qzm.
```

```
    + Form1()
```

```
    + void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
```

```
    + void CalculateButton_Click(object sender, EventArgs e)
```

```
    + void SaveButton_Click(object sender, EventArgs e) }
```

```
class SaveFileDialog {    string Filter; string Title; DialogResult  
ShowDialog() }
```

```
class File { static void WriteAllText(string path, string contents)}
```

```
class MessageBox {static DialogResult Show(string text)}
```

```
class TextBox {string Text}
```

```
class Button {Click}
```

Form1 --> SaveFileDialog : uses

Form1 --> File : uses

Form1 --> MessageBox : uses

Form1 --> TextBox : interacts with

Form1 --> Button : interacts with

Button --> Form1 : Click triggers

Опис діаграми класів

Form1: Основний клас програми. Він представляє форму і логіку обробки даних. Цей клас використовує компоненти інтерфейсу `TextBox` для введення даних, та `Button` для виконання дій.

SaveFileDialog: Збереження файлів. Властивості `Filter`, `Title`, та метод `ShowDialog()` відображення діалогового вікна.

File: Статичний клас. Запису даних методом `WriteAllText`.

MessageBox: Статичний клас для відображення повідомлень користувачеві. Метод `Show` використовується для показу повідомлення.

TextBox: Контроль, який використовується для введення тексту. Має

властивість `Text` для отримання або встановлення тексту.

Button: Контроль, який реагує на події `Click`, що призводить до виконання методів у класі `Form1`.

Для пояснення роботи вище названих класів необхідно створити діаграму станів.

Для цього необхідно розглянути основні стани програми та переходи між ними. Вони визначаються діями користувача та логікою програми.

Програма розраховує параметр `Qzm` на основі введених даних і зберігає результат.

Основні стани програми включають такі елементи: введення даних; розрахунок; збереження отриманих результатів.

Стани програми:

1. Initial (початковий) – програма завантажилася.
2. Waiting for Input – очікування введення даних.
3. Calculating – обробки даних і розрахунку `Qzm`.
4. Displaying Result – результат розрахунку на екрані.
5. Saving – збереження результатів.
6. End – завершення роботи програм.

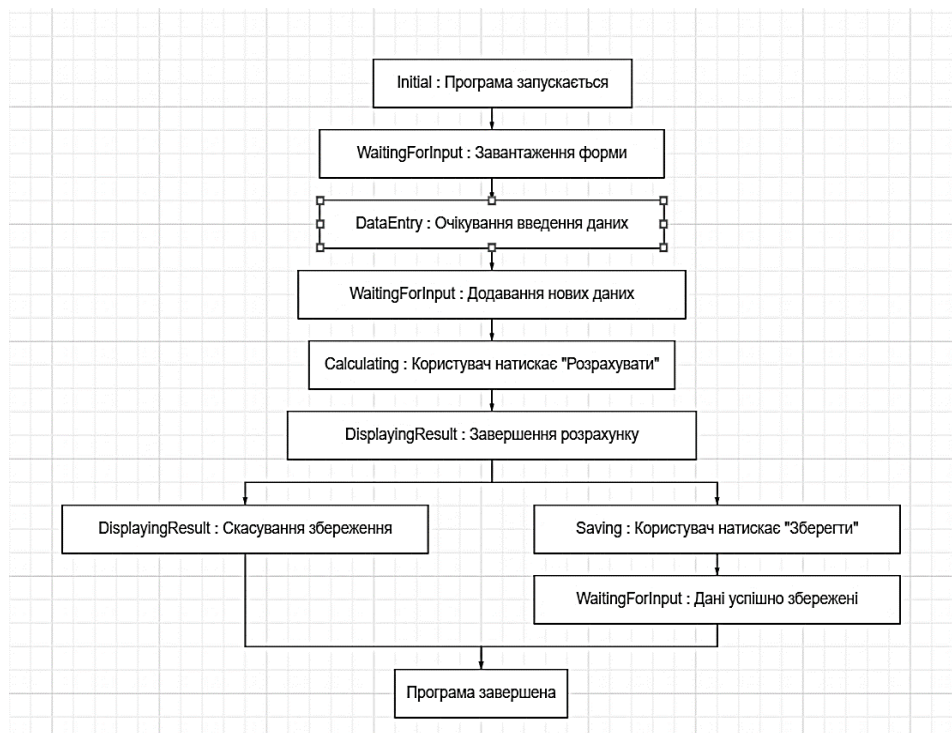


Рисунок 2.4 – Діаграма станів інформаційної системи

Описання діаграми станів інформаційної системи

1. Initial: програма завантажується, підготовлюється до роботи (перевіряється стан всіх елементів програми). Після завантаження форми вона переходить у стан `Waiting for Input`.

2. Waiting for Input: очікування дій користувача на введення даних. Це такі данні: тривалість зміни, тривалість підготовки до виконання операцій, швидкість буріння станком, тривалість переміщення бурового агрегату.

Користувач може вводити дані в, але програма залишатиметься в цьому стані. Коли всі дані будуть введені необхідно натиснути кнопку «Розрахунок».

DataEntry: це підстан для продовження введення даних. Введення даних завершується кнопкою «Розрахувати».

3. Calculating: обробка даних. Виконується розрахунок `Qzm`. Стан активізується натисканням кнопки «Розрахувати».

4. Displaying Result: після розрахунку `Qzm` виводиться на екран. Переглянути результату.

З цього стану виходять до збереження результатів. Можна також повернутися до повторного введення корегуючих даних.

5. Saving: відкривається вікно збереження, даних. Користувач сам може вибрати місце збереження файлу даних для збереження результату розрахунків.

У разі, коли користувач зберігає дані, відбувається повернення до `Waiting for Input`. Якщо дані не зберігаються, залишається стан `Displaying Result`.

6. End: Завершення роботи програми. Вона переходить у цей стан, коли операції завершені і користувач приймає рішення про вхід з програми.

Діаграма на рисунку 2.2 use case описує основні дії користувача програми та функції, що виконуються.

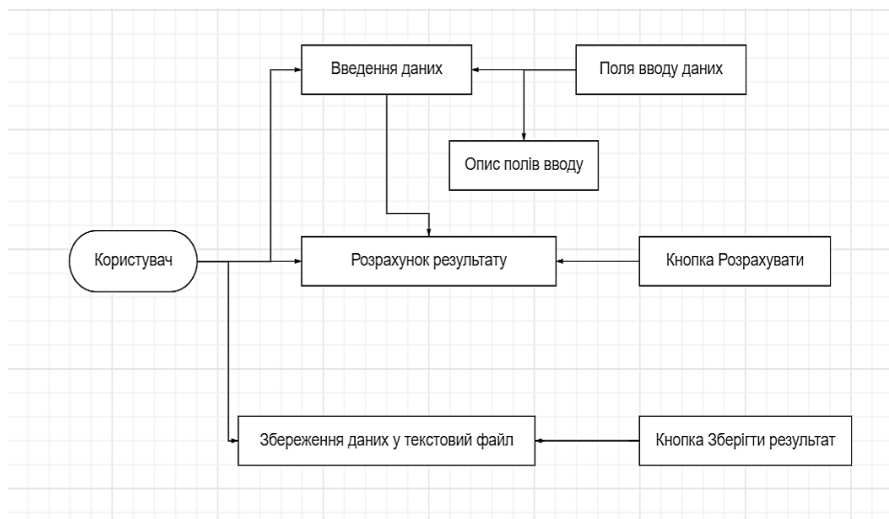


Рисунок 2.5 – Діаграма use case

Елементи діаграми use case:

Учасники: користувачі, чи інші інформаційні системи, що мають зв'язок з цієї інформаційною системою.

Використання: основний функціонал, закладені в алгоритм роботи інформаційної системи.

Зв'язки: обмін інформацією між підсистемами.

Опис основних випадків використання:

Введення даних: Користувач вводить дані (тривалість зміни, час на підготовку, час на особисті потреби, швидкість горіння, тривалість руху).

Розрахунок значення Q_{zm} : користувач ініціює розрахунок, натиснувши кнопку «Обчислити».

Перегляд результату: після обчислення користувач бачить результат на екрані.

Збереження результату: користувач може зберегти результат у файл, натиснувши кнопку «Зберегти».

Пояснення до діаграми:

Користувач: головний актор, який взаємодіє з програмою. Він виконує всі ключові дії в програмі, включаючи введення даних, ініціювання розрахунку, перегляд результатів і збереження їх у файл.

Введення даних: Користувач заповнює необхідні поля даних

(тривалість зміни, час підготовки, час на особисті потреби, швидкість буріння, тривалість руху).

Розрахунок значення Q_{zm} : Після введення даних користувач натискає кнопку «Обчислити», яка починає розрахунок значення Q_{zm} .

Перегляд результату: після завершення обчислень користувач може переглянути результат на екрані.

Збереження результату: користувач має можливість зберегти отриманий результат у файлі, натиснувши кнопку «Зберегти».

2.5 Опис математичних моделей розрахунку параметрів проведення гірничих виробок і розроблених програмних модулів для їх реалізації в інформаційній системі

У програмах для визначення оптимальних параметрів процесу проведення підземних гірничих виробок застосований спосіб статичної обробки даних для розрахунку результатів.

В основі цих програм покладені характеристики продуктивності виконання певних процесів при визначених характеристиках виконання їх елементів (тобто підпроцесів), таких як, наприклад, спосіб і характеристики буріння шпурів при виконанні буро-вибухових робіт, спосіб убирання гірської маси та характеристики виконання його операцій, спосіб провітрювання виробки та параметри робіт які необхідно виконати для реалізації цього процесу.

Основним критерієм для визначення параметрів процесу проведення виробок є виконання всіх цих робіт в одну зміну, тобто виконання одного прохідницького циклу за одну зміну.

Формула для визначення цього параметра має такий вигляд

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{б}} + T_{\text{п}} + T_{\text{пр}} + T_{\text{уб}} + T_{\text{з}}, \quad (2.1)$$

де $T_{\text{ц}}$ – тривалість прохідницького циклу, хв.;
 $T_{\text{б}}$ – тривалість виконання бурових робіт, хв.;
 $T_{\text{п}}$ – тривалість виконання робіт з підготування вибуху, хв.;
 $T_{\text{пр}}$ – тривалість виконання робіт з провітрювання забою, хв.;
 $T_{\text{уб}}$ – тривалість виконання робіт з убирання підірваної породи, хв.;
 $T_{\text{з}}$ – тривалість заключних операцій, мін.;

Кожний вид процесу у цій формулі, має свій термін виконання. Він може бути розрахований за своєю математичною моделлю. Наприклад, для буро-вибухових робіт вона має такий вигляд

$$T_{\text{ц}} = (T_{\text{зм}} + T_{\text{пз}} + T_{\text{опр}}) / (T_{\text{пер}} + V_{\text{бур}}), \quad (2.2)$$

де $T_{\text{зм}}$ - тривалість зміни в хвиликах, хв.;
 $T_{\text{пз}}$ - час виконання підготовчих операцій, хв.;
 $T_{\text{оп}}$ - час на особисті потреби, хв.;
 $V_{\text{бур}}$ - швидкість буріння одної свердловини, хв.;
 $T_{\text{пер}}$ - тривалість переміщення станка, хв.

Це час, за який необхідно виконати завдання у робочу зміну. Тривалість зміни може складати 6-8 годин.

Час на підготовчо-заклучні роботи ($T_{\text{п.з.}}$) включає час на підготовку обладнання, виконання регулювань, завершальні роботи. Це такі операції: перевірка бурового обладнання; підготовка шпурів, змащування обладнання, прибирання місця роботи та інші роботи, що не пов'язані з бурінням.

Час на ($T_{\text{оп.}}$) – час на перерви тощо. Цей час визначається нормами праці і складає 30-о 60 хвилин на зміну.

Швидкість буріння однієї свердловини ($V_{\text{бур.}}$) – час на безпосереднє буріння одного шпуру. Він залежить від характеристик обладнання, породи, глибини шпурів та інших параметрів. При швидкості буріння 20 хвилин $V_{\text{бур.}}$

20 хв.

Тривалість руху машини ($T_{п.}$) – час на переміщення бурової установки. Він може включати переміщення установки, її встановлення та інші дії, необхідні для початку буріння.

Для збереження даних про ці параметри будуть використані 5 полів, а також поле для виведення результату, а саме поля:

double Tzm; double TpZ; double ToP; double Vbur; double Tper; double Qzm.

Опис змінних

– double Tzm; Tzm (Тривалість зміни) — змінна, що зберігає тривалість зміни у хвилинах. Використовується для визначення загального часу буріння в одну зміну;

– double TpZ; TpZ (Час на підго-закл. операції), запам'ятовує час, виконання підготовчо-заклучних операцій за зміну. Віднімається із загальної тривалості зміни, щоб визначити чистий робочий час.

– double ToP; ToP (Time on Personal Needs) фіксує час на особисті потреби. Віднімається із тривалості зміни для визначення робочого часу.

– double Vbur; Vbur (швидкість буріння) швидкість буріння. Визначення того, скільки часу потрібно для буріння.

– double Tper; Tper (тривалість переміщення бурової установки) змінна, що зберігає час, необхідний для переміщення бурової установки. Додається до часу буріння.

– double Qzm; Qzm – кількість шпурів, змінна, зберігає кількість шпурів, які можна пробурити в одну зміну у забої. Розрахункове значення залежить від інших параметрів: тривалості зміни, часу підготовки, швидкості буріння.

Для виконання розрахунків розроблений такий модуль:

```
private void CalculateButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Tzm=double.Parse(tzmTextBox.Text); TpZ=double.Parse(tpzTextBox.Text); ToP
    =double.Parse(topTextBox.Text); Vbur = double.Parse(vburTextBox.Text);
    Tper = double.Parse(tperTextBox.Text); Qzm = (Tzm - TpZ - ToP)/(Tper+Vbur);
}
```

```
resultText.Text = Convert.ToString(Qzm)}
```

Оголошення методу:

private void CalculateButton_Click(object sender, EventArgs e): метод CalculateButton_Click обробник події кнопки Calculate.

Він має два параметри:

– відправник: об'єкт, що ініціював подію кнопка EventArgs e:
Аргументи події (передають додаткову інформацію про подію).

Читання вхідних даних:

Tzm=double.Parse(tzmTextBox.Text); читає значення tzmTextBox (тривалість зміни в хвилинах) і перетворює його на подвійне значення.

TrZ=double.Parse(tpzTextBox.Text);: читає значення з tpzTextBox перетворює його на тип double.

ToP=double.Parse(topTextBox.Text);: читає значення з topTextBox і перетворює його на тип double.

Vbur=double.Parse(vburTextBox.Text);: читає значення з vburTextBox перетворює його на подвійне значення.

Tper=double.Parse(tperTextBox.Text);: читає значення з tperTextBox перетворює його на тип double.

Кількості шпурів у зміну:

Формула розрахунку виглядає так:

$$Qzm = (Tzm - TrZ - ToP) / (Tper + Vbur);:$$

Tзм, ТпЗ, Топ – відповідно тривалість зміни, час на підготовчих операції, Тпер і Vbur тривалість руху та швидкість буріння.

Виведення результату:

resultText.Text=Convert.ToString(Qzm);: перетворює значення Qzm на рядок і виводить його в текстове поле resultText.

Аналогічно наведеній програмі виконуються розрахунки за всіма іншими процесами проведення виробок, тобто підривання масиву породи, убирання підірваної породи, провітрювання виробки.

2.6 Програмний модуль оптимізаційних розрахунків

Модуль для виконання розрахунків параметрів проведення підземних гірничих виробок реалізує метод перебору варіантів можливих величин параметрів процесі, які дозволяють зміни їх величин. Шляхом комбінування цих величин різних параметрів отримуються величини кінцевих параметрів процесу проведення виробок за цільовою функцією, тобто мінімізації величини фінансових затрат на виконання всіх процесів в комплексі.

Таким чином програма з визначення оптимальних параметрів порівнює ряд варіантів комбінації вхідних даних і визначає найліпшу комбінацію.

Для виконання цієї функції необхідно потрібно мати можливість збереження отриманих даних після кожного циклу розрахунків.

Крім того необхідно мати можливість швидкого доступу до збережених результатів для виконання процедури їх порівняння і визначення комбінації яка надає результати найближчі до оптимуму.

Для реалізації цього створимо двовірний масив для зберігання наборів даних. Максимум таких наборів буде 500 наборів.

Програмна реалізація цих дій наведена далі.

`double[,] localsave = new double[6,500];` створення двовірного масиву.

Далі створюємо кнопку, яка буде локально зберігати дані:

```
public void LocalSave_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (i < 500)
    {
        for (i = 500; i++)
        {
            localsave[0, i] = double.Parse(tzmTextBox.Text);
            localsave[1, i] = double.Parse(tpzTextBox.Text);
            localsave[2, i] = double.Parse(topTextBox.Text);
            localsave[3, i] = double.Parse(vburTextBox.Text);
            localsave[4, i] = double.Parse(tperTextBox.Text);
            localsave[5, i] = (localsave[0, i] - localsave[1, i] -
                localsave[2, i]) / (localsave[4, i] + localsave[3, i]);
        }
    }
    else i = 0;
}
```

Описання коду

Перевірка умови, якщо ($i < 500$):

Перевіряємо, значення змінної i менше 500 чи ні. Це умова, що визначає можливість зберігання нових даних в масиві під назвою `localsave`. Якщо i досягли величини 500, це означає, що усі слоти в масиві заповнені. За цим i нові вже неможна записувати.

Цикл `for` для введення записів у масив:

Якщо виконується умов ($i < 500$), то починається цикл `for`. Він повторюється 500 разів (i змінюється від значення 0 до значення 499).

В циклі `for` введені записи у відповідні місця масиву `localsave`.

Порядок запису даних до масив `localsave`:

`localsave[0, i]` зберігає значення з поля `tzmTextBox` (тривалість зміни).

`localsave[1, i]` зберігає `tpzTextBox` (час на підготовчій операції).

`localsave[2, i]` зберігає значення `topTextBox` (особисте використання).

`localsave[3, i]` зберігає значення `vburTextBox` (швидкість буріння).

`localsave[4, i]` зберігає значення `trperTextBox` (тривалість руху машини).

Розрахунок Q_{zm} і збереження результату:

`localsave[5, i]` кількість шпурів, які можна пробурити за зміну за формулою:

$$T_{\text{ц}} = (T_{\text{зм}} + T_{\text{пз}} + T_{\text{опр}}) / (T_{\text{пер}} + V_{\text{бур}}), \quad (2.3)$$

Значення $T_{\text{ц}}$ зберігається в 6 рядку масиву `localsave`.

Збільшення в циклі:

Кожного разу значення параметра i збільшується на 1, і цикл повторюється до досягнення 500 разів.

Скинути значення змінної i до 0:

Якщо i вже дорівнює або перевищує 500 (масив `localsave` заповнений повністю), значення змінної i скидається до 0.

Наступного разу дані будуть записані з початку масиву. При цьому, виконується перезаписання попередніх значень.

Пошук оптимального варіанта:

```
public void LocalResults_Click(object sender, EventArgs e)
```

```

        { double max = 0;
          int maxJ = 0;
          for (int j = 0; j < 500; j++)
            {if (max < localsave[5, j])
              { max = localsave[5, j];
                maxJ = j } }
          MessageBox.Show("Найбільш ефективний варіант - варіант №"
+ maxJ + " = " + localsave[5, maxJ]) }
    Ініціалізація змінних:

```

double max=0;: оголошення змінної double max для збереження максимального значення результатів розрахунків, його початкове значення 0.

int maxJ = 0;: оголосити змінну maxJ типу int, збереження індексу, за яким знайдено максимальне значення, його початкове значення 0.

Цикл for – пошуку максимального значення:

for (int j = 0; j < 50; j++): перебір усіх елементів шостого рядка масиву localsave (від 0 до 49).

Перевірка знаходження максимуму:

if (max<localsave[5, j]): якщо поточне значення localsave[5, j] більше поточного значення max, то max і maxJ оновлюються.

max=localsave[5, j];: оновлення значення max, для зберігання максимального значення.

maxJ=j;: значення maxJ оновлюється. Необхідне для збереження індексу, за яким знайдено нове максимальне значення змінної.

Відображення результату:

MessageBox.Show("Найефективнішою є опція #" + maxJ + " = " + localsave[5, maxJ]);: Відображає повідомлення з номером максимального значення.

Необхідно мати можливість збереження результатів розрахунків у файлі, що надасть можливість використовувати дані в інших файлах:

```

private void SaveButton_Click(object sender, EventArgs e)
{ string data = $"Тривалість зміни: {Tzm} хвилин\n" +
  $"Час на підготовку: {TpZ} хвилин\n" +
  $"Час на особисті потреби: {ToP} хвилин\n" +

```

```

$"Швидкість буріння: {Vbur} хвилин на свердловину\n"
$"Тривалість переміщення: {Tper} хвилин\n" +
$"Qзм.: {Qzm:F2} свердловин";

```

```

SaveFileDialog saveFileDialog = new SaveFileDialog
{ Filter = "Text files (*.txt)|*.txt|All files (*.*)|*.*",
  Title = "Збереження даних"};
if (saveFileDialog.ShowDialog() == DialogResult.OK)
{ File.WriteAllText(saveFileDialog.FileName, data);
  MessageBox.Show("Дані збережено успішно!");}

```

private void SaveButton_Click(object sender, EventArgs e): метод SaveButton_Click є обробником події для кнопки «Зберегти». Він має два параметри: відправник об'єкта: об'єкт, який ініціював подію.

EventArgs e: Аргументи події.

Формування рядка з даними:

string data = ...: рядок, який містить вхідні дані та результати розрахунків для їх збереження у файл. Форматування виконується за допомогою інтерполяції рядків (рядки починаються з \$).

Тривалість зміни: {Tzm} хвилин: додає значення Tzm до рядка, тривалість зміни.

Час підготовки: {TrZ} хвилин: додає значення TrZ до рядка, час на підготовку.

Особистий час: {ToP} хвилин: додає значення ToP до рядка, особ. час.

Швидкість буріння: {Vbur} хвилин: додає значення Vbur до рядка, швидкість буріння.

Тривалість переміщення: {Tper} хвилин: додає значення Tper до рядка, тривалість переміщення.

Qzm.: {Qzm:F2} свердловини: додає до рядка значення змінної Qzm, кількість шпурів за зміну.

{Qzm:F2} означає, що Qzm відобразиться з двома знаками.

Діалогового вікно для збереження файлу:

SaveFileDialog saveFileDialog = новий SaveFileDialog: новий екземпляр класу SaveFileDialog, дозволяє вибрати розташування та назву файлу.

Фільтр = «Текстові файли (*.txt)|*.txt|Усі файли (*.*)|*.»*»: встановлює фільтр, що обмежує вибір файлів текстовими (*.txt), але дозволяє вибрати будь-який тип файлів (*.*)).

Заголовок = «Збереження даних»: назва вікна на «Збереження даних».

Відкриття вікна та перевірка вибору користувача:

if (saveFileDialog.ShowDialog()==DialogResult.OK): відкриває вікно. При натисканні «ОК» вибере місце збереження файлу.

Збереження даних у файл:

File.WriteAllText(saveFileDialog.FileName, data);: зберігає дані у файлі, названому користувачем.

MessageBox.Show("Data saved successfully!");: відображає повідомлення про успішність збереження.

2.7 Висновки

В результаті виконання робіт за другим розділом кваліфікаційної роботи можна зробити такі висновки:

1. Визначені вимоги до функціонування інформаційної системи і особливості вирішення задач моделювання процесу поведення підземних гірничих виробок.

2. Розроблена структурна схема інформаційної системи, яка відповідає характеристикам розподілу за функціями розробників проектів проведення підземних гірничих виробіток на підземних гірничодобувних підприємствах і користувачів цієї інформаційною системою.

3. Розроблений алгоритм роботи інформаційної системи за функціональними блоками алгоритму моделювання і послідовністю викликів модулів для вирішення конкретних задач в процесі моделювання проведення підземних гірничих виробок.

4. Розроблене програмне забезпечення інформаційної системи за її функціональними модулями і характером задач, які повинні бути вирішені в процесі проектування і моделювання проведення підземних гірничих виробок.

5. Описаний математична модель розрахунку параметрів проведення гірничих виробок і розроблення програмних модулів для їх реалізації в інформаційній системі з наданням відповідних показників і програмного коду для визначення їх параметрів.

6. Розроблений спеціалізований програмний модуль для визначення оптимальних параметрів процесу проведення підземних гірничих виробок з урахуванням умов, в яких вони будуть проводитись і експлуатуватись.

РОЗДІЛ 3 ОПИСАННЯ ІНТЕРФЕЙСУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРОВЕДЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ

3.1 Інтерфейс інформаційної системи

Для забезпечення можливості роботи з інформаційною системою розроблений інтерфейс, робота якого описана далі.

Його основною частиною є елементи введення і виведення даних, кнопки для роботи з даними (розрахунок, демонстрація результатів розрахунку, збереження зданих).

Кількість елементів інтерфейсу достатня для реалізації всіх функцій інформаційної системи.

Для правильної роботи інформаційної системи необхідні наступні елементи інтерфейсу користувача:

- поле введення даних;
- поле відображення результату розрахунків;
- кнопка розрахунку оптимального значення у разі вирішення задачі пошуку найліпшого рішення з проведення виробок;
- кнопка збереження результату в межах програми (локальне збереження на певний час);
- кнопка збереження результату в зовнішньому файлі (збереження даних на тривалий час для їх поглибленого аналізу і оцінки перед прийняттям остаточного рішення);

Розглянемо будову інтерфейсу з включенням вказаних елементів.

У інформаційній системі її інтерфейс спілкування з користувачем створений за допомогою інтерфейсу Windows Forms.

Введення і виведення даних і управління моделюванням та вивід його результатів з записом у базу результатів реалізується за шаблонами. На

основі цього шаблону розроблені всі форми для виконання моделювання у різних режимах з їх певною модифікацією відповідно до особливостей виконання моделювання.

Загальний вигляд шаблону наведений на рисунку 3.1.

Поля введення даних

Розрахунок даних (кнопка)

Збереження (кнопка)

Збереження (кнопка)

Поле виведення результату

Виведення результату (кнопка)

Рисунок 3.1 – Шаблон форми роботи з даними

Елементи загального шаблону роботи з даними:

- поля для введення даних (кожне поле призначене для введення окремого значення при обчисленні);
- розрахунок даних (виконання розрахунок параметрів проведення підземної гірничої виробки за величинами введених вихідних даних);
- виведення результату обчислення (виведення на дисплей результатів остаточних розрахунків);
- запуску програми на виконання (подача команди у розрахункові модулі програми для виконання дій з виконання розрахунку);
- локального збереження результату розрахунку (збереження даних на певний час для їх аналізу з метою вибору подальши дій користувача в залежності від конкретної ситуації, яка відповідати набору розрахункових даних);
- збереження результатів розрахунку у зовнішньому файл (остаточне збереження результатів розрахунку, які відображають рішення, що пропонує програма, але остаточне рішення приймає технолог, який повинне

проаналізувати і оцінити рішення, яке пропонує програма).

Далі наведені форми, зі показують порядок введення вихідних даних і виведення результатів розрахунків при роботі з інформаційною системою.

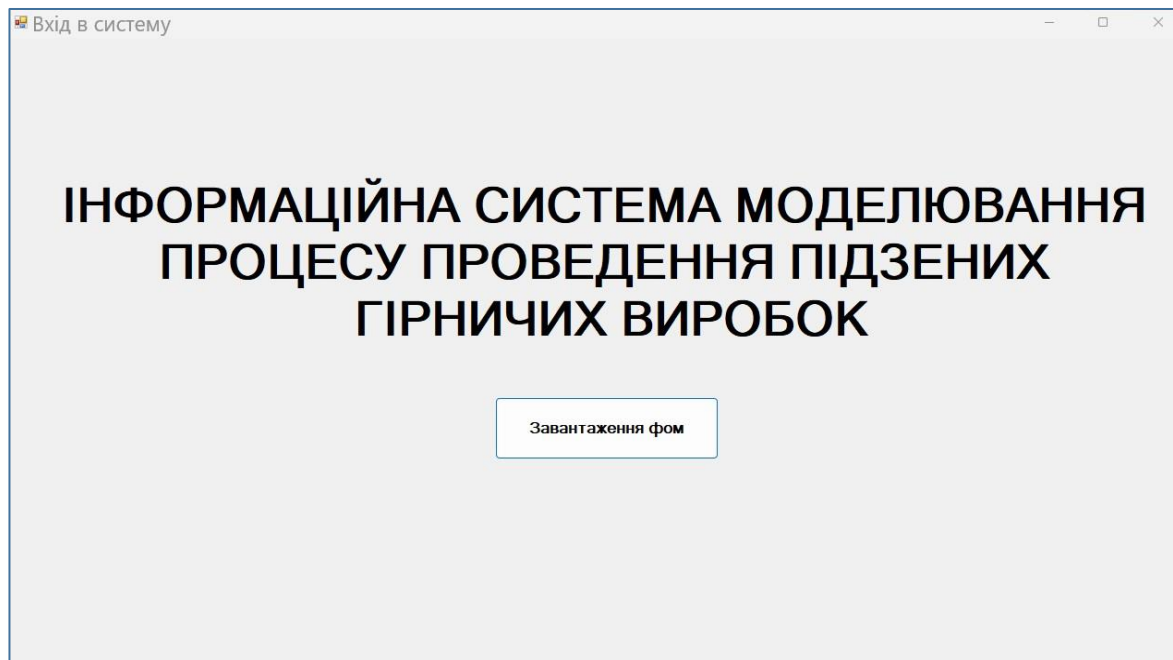


Рисунок 3.2 – Форма входу в інформаційну систему моделювання процесу проведення підземних гірничих виробок для визначення його оптимальних параметрів

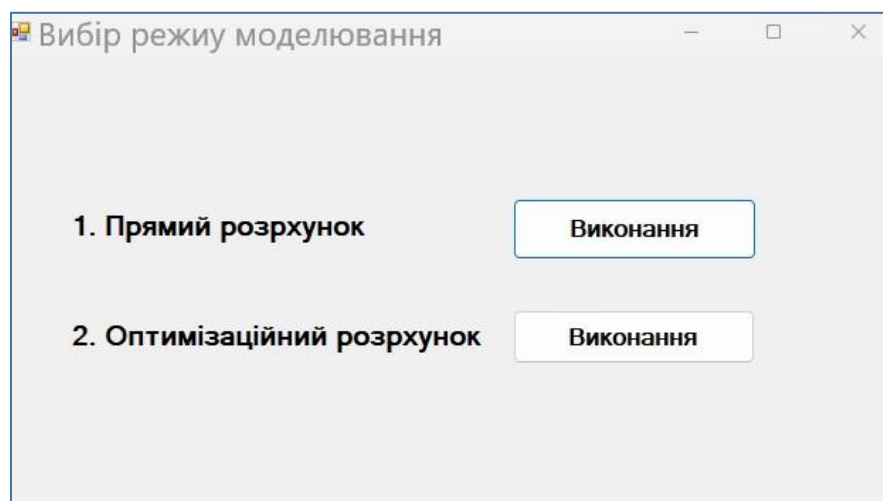


Рисунок 3.3 – Форма вибору варіантів режимів моделювання (прямий розрахунок – моделювання без оптимізації; оптимізаційний розрахунок – моделювання для визначення оптимальних параметрів

Зберегти результат

тривалість зміни (хв)

час на виконання підготовчих та кінцевих операцій (хв)

час на особисті потреби (хв)

швидкість буріння одної свердловини (хв)

тривалість переміщення станка на наступну свердловину

тривалість зміни 2

час 2

час 2

швидкість буріння

тривалість 2

Розрахувати

Зберегти результат

Данні → Резул → Збереже

Результат:

Рисунок 3.4 – Форма введення вихідних даних для розрахунків у звичайному режимі їх виконання

Зберегти результат

тривалість зміни (хв)

час на виконання підготовчих та кінцевих операцій (хв)

час на особисті потреби (хв)

швидкість буріння одної свердловини (хв)

тривалість переміщення станка на наступну свердловину блока (хв)

тривалість зміни 2

час 2

час на особисті потреби 2

Зберегти локально

Показати оптимальний варіант

Розрахувати

Зберегти результат

Дан → Резул → Перев → Збере-
 Індек → Дан

Результат:

Рисунок 3.5 – Форма введення вихідних даних для розрахунків у режимі аналізу проміжних результатів інформаційною системою і автономного прийняття рішення

Оптимізаційний розрахунок параметрів проведення виробки

ВИХІДНІ ДАННІ		РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ	
1. Глибина проведення виробки, м	1200	1. Тривалість провдення виробки, міс.	
2. Довжина виробки, м	120	2. Обсяг видалення гірських порід, м3	
3. Площа пертину виробки, м2	25	3. Витрати праці обітників, чол.зм	
4. Величина гірського тиску, кг/см2	700	4. Витрати вибухових речовин, т	
5. Коефіцієнт міцності порід, f	12	5. Витрати бурового інструменту, кг	
6. Модуль Юнга порід, мм/кг	1,4	6. Витрати кріпильних матеріалів, т	
7. Ступінь обводнення порід (1, 2, 3)	2	7. Вартість проведення виробки, тис.грн	

ОПТИМАЛЬНЕ РІШЕННЯ

Розрахунок

Рисунок 3.6 – Форма виведення результатів моделювання процесу проведення підземних гірничих виробок

Найбільш ефективний варіант - варіант №0 = 17,2

OK

Рисунок 3.7 – Форма виведення відомостей по прийняте інформаційною системою оптимальне рішення, яке пропонується для подальшого аналізу технологами для прийняття остаточного проєктного рішення

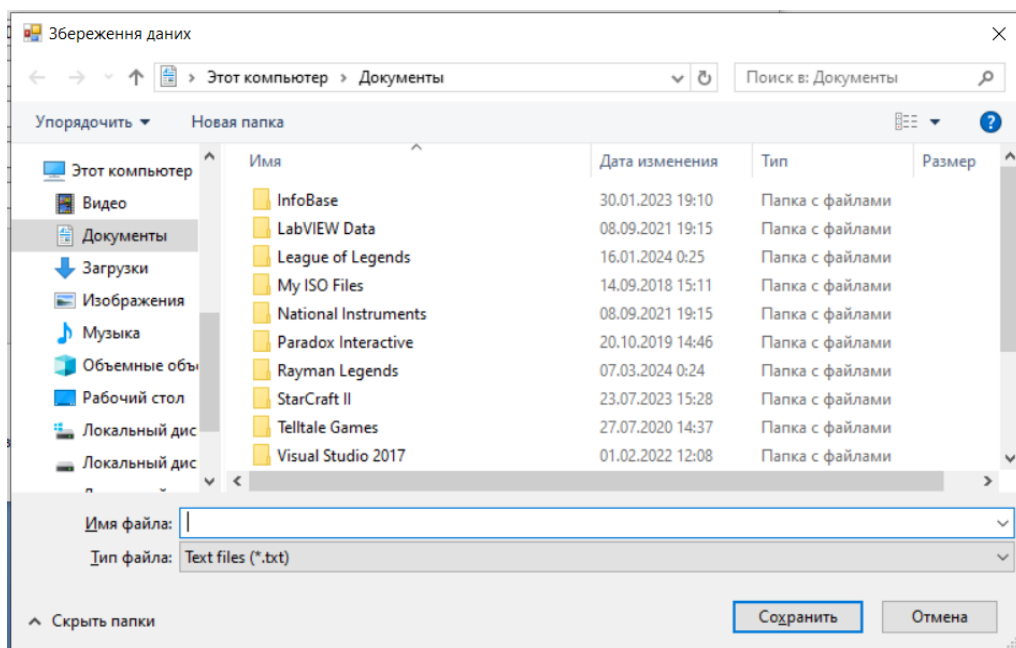


Рисунок 3.8 – Вікно бази даних для запису відомостей про прийняте інформаційною системою оптимальне рішення

3.2 Висновки

За результатами виконаних робіт третьому розділу розділом кваліфікаційної роботи можна зробити такі висновки.

Інтерфейс інформаційної системи моделювання процесу проведення підземних гірничих виробок для визначення його оптимальних параметрів складається з полів для введення вихідних даних для виконання розрахунків, вибору рішень за їх результатами та виведення результатів на екран дисплею.

Крім того розроблені функції збереження результатів розрахунків і вибраних рішень. Збереження результату виконується у файлі для можливості відображення його змісту при детальному аналізі результатів роботи систем спеціалістами зі сфери технології проведення підземних гірничих виробок.

ВИСНОВКИ

На основі результатів виконаних робіт за темою кваліфікаційної роботи можна зробити такі висновки:

1. Для забезпечення розвитку гірничої промисловості та створення умов, необхідних для здійснення розробки родовищ корисних копалин, виключно важливе значення мають роботи, пов'язані з проведенням та кріпленням гірничих виробок.

2. Своєчасне та успішне проведення та кріплення гірничих виробок (стволів шахт, квершлагів, ортів, штреків, бремсбергів) забезпечує виконання планів будівництва нових шахт і рудників, а підготовчі вироблення створюють умови для нормального розвитку очисних робіт та сталого виконання планів видобутку корисних копалин.

3. Необхідність проведення гірничих виробок не обмежується лише питаннями шахтного будівництва та експлуатацією родовищ корисних копалин. Гірські виробки необхідні також у транспортних, гідротехнічних та інших спеціальних спорудах.

4. У сфері проведення підземних гірничих виробок відмічається велика різноманітність розмірах перерізів гірничих виробок і камер (від одиниць до кількох десятків і навіть сотень квадратних метрів), відмінність у фізико-механічних властивостях порід, що перетинаються виробками, відмінність у положенні виробок по відношенню до горизонту вимагають при проведенні та кріпленні виробок різноманітного прохідницького обладнання та різних методів організації робіт.

5. На теперішній час розроблено достатньо велика кількість різноманітних інформаційних систем, які призначені для спрощення вирішення складних задач, що виникають в процесі підготовки до проведення підземних гірничих виробок.

Однак аналіз цих інформаційних систем показав, що далеко не всі питання, з якими стикаються гірничодобувні підприємства можуть бути

вирішені з їх використанням.

В основному спрямування цих систем полягає у визначенні параметрів буро-вибухових робіт вирішення задач з визначення обсягів виконання прохідницьких робіт, але вони не надають можливості вибору найбільш ефективних варіантів технологічних і технічних рішень з проведення виробок і виконання процесів їх проведення.

Це суттєво обмежує сфери застосування таких інформаційних систем.

6. Відповідно до вказаного вище виникає задача розробки такої інформаційної системи, яка була спроможна вирішувати більш широк коло задач пов'язаних з вибором оптимальних варіантів технологічних і технічних рішень для виконання процесів, що які здійснюються при проведенні підземних гірничих виробок. Вирішенню цієї задачі і присвячена ця кваліфікаційна робота.

7 Була розроблена структура інформаційної систем відповідно до функцій, які вона повинна виконувати і тих користувачів, які повинні користуватись нею та виконувати відповідні розрахунки з вибором проєктних рішень.

8. За функціями інформаційної системи і порядком прийняття рішень при підготовці до проведення підземних гірничих виробок була розроблена блок-схема алгоритму її роботи.

9. За темою роботи було розроблено програмне забезпечення для розрахунку оптимальних параметрів проведення підземних гірничих виробок при розробці залізрудних родовищ.

Це програмне забезпечення надає можливість розраховувати оптимальні параметри процесу проведення виробок і технологічну схему їх проведення. Результати розрахунків і прийнятих рішень можна зберігати у текстових файлах для їх подальшого аналізу

10. В роботі описана частина програмного коду і наданий вигляд інтерфейсу інформаційної системи за формами і їх змістом, які видаються на екран дисплею для користувача.

11. Для розроблення програмного коду було використано мову програмування C#, інтерфейс системи розроблений з використанням елементів управління комплексу Windows Forms.

Інтерфейс складається з полів для введення вихідних даних для виконання розрахунків, вибору рішень за їх результатами та виведення результатів на екран дисплею.

Крім того розроблені функції збереження результатів розрахунків і вибраних рішень. Збереження результату виконується у файлі для можливості відображення його змісту при детальному аналізі результатів роботи програми спеціалістами зі сфери технології проведення підземних гірничих виробок.

12. Розроблена інформаційна система дозволяє суттєво скоротити тривалість планування та виконання проведення підземних гірничих виробок і підвищуючи продуктивність цього процесу.

13. Інформаційна система забезпечує розрахунок оптимальних параметрів процесів проведення виробок таких як: буріння, кількість шпурів, схеми їх розташування, прохідницькі машини, вентиляція. Це дозволяє досягти максимального швидкості проведення виробок.

14. Інтеграція з іншими системами: автоматизована інформаційна система може бути інтегрована і обмінюватись інформацією з іншими інформаційними. Це дозволяє створити єдиний інформаційний простір для планування і контролю проведення виробок і виконання процесів їх проведення. Це забезпечує ефективне управління ресурсами, а також біль досконалу координацію дій між різними підрозділами гірничодобувного підприємства.

15. Використання розробленої інформаційної системи сприяє зниженню фінансових та збільшенню економічної ефективності гірничодобувного підприємства.

16. Подальший розвиток інформаційної системи може здійснюватися шляхом використання передових алгоритмів автоматизованих розрахунків і

прийняття рішень для більш точного прогнозування і оптимізації параметрів процесів проведення підземних гірничих виробок. Це дозволить досягти ще вищого рівня ефективності гірничодобувній галузі.

17. В цілому розроблена автоматизована інформаційна система моделювання проходження підземних гірничих виробок для визначення оптимальних параметрів процесу є важливим кроком у напрямку підвищення ефективності гірничодобувної промисловості. Вона дозволяє значно покращити виробничі процеси, знизити затрати, що робить її впровадження доцільним і перспективним для гірничодобувних підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Яремійчук Р.С, Возний В. Р. Основи гірничого виробництва. Підручник. Київ : Українська книга, 2000. с.360.
2. Гірничий енциклопедичний словник : у 3 т / за ред. В. С. Білецького. Д. : Східний видавничий дім, 2001.2004.
3. Вілець Н. А. Автоматизація и механізація виробничих процесів Київ : Вища школа., Головное видавництво. 1987. 184с.
4. Войтенко В. С., Вітрик В. Г., Яремійчук Р. С., Яремійчук Я. С. Технологія і техніка буріння. Узагальнююча довідкова книга. Львів-Київ, 2012. С. 10-15.
5. Piwnjak G., Dudla N., Zieba A., Ziaja M. Zarys inżynierii wiertniczej; Skrypty uczelniane; Krakow. Wydawnictwo AGH. Część 1. 1990. 238s.
6. Бойко В. С., Бойко Р. В. Тлумачно-термінологічний словник-довідник з нафти і газу. Тт. 1-2, 2004-2006 pp. 800 с.
7. Piwniak G., Dudla N., Zięba A., Ziaja M. Zarys inżynierii wiertniczej; Skrypty uczelniane; Krakow. Wydawnictwo AGH. Część 2. 1990. 175s.
8. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Донбас, 2004. Т. 1 : А К. 640 с. ISBN 966-7804-14-3.
9. Войтенко В. С., Вітрик В. Г., Яремійчук Р. С., Яремійчук Я. С. Технологія і техніка буріння. Узагальнююча довідкова книга. Львів - Київ: 2012. С. 10 - 15.
10. Орловський В. М., Білецький В. С., Вітрик В. Г., Сіренко В. І. Бурове і технологічне обладнання. Харків : Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, НТУ «ХПІ», ТОВ НТП «Бурова техніка», Львів, Видавництво «Новий Світ - 2000», 2021. 358 с.
11. Українська нафтогазова енциклопедія / за загальною редакцією В. С. Іванишина. Львів : Сполом, 2016. 603 с. : іл., табл. ISBN 9789669191403.
12. Роман Яремійчук. З історії розвитку бурових робіт // Донецький вісник Наукового товариства ім. Шевченка. Т. 37. Донецьк : Український

культурологічний центр, Східний видавничий дім, 2013.

13. Проектування бурового і нафтогазопромислового обладнання / [Білецький В. С., Вітрик В. Г., Матвієнко А. М., Орловський В. М., Савик В. М., Рой М. М., Молчанов П.О, Дорохов М. А., Сизоненко А. В., Проскурня М. І., Дегтярьов В. Л., Шумейко О. Ю., Кулакова С. Ю., Ткаченко М. В. Полтава : ПолтНТУ, 2015. 192.] ISBN 978-966-616-135-5

14. Білецький В. С., Вітрик В. Г., Матвієнко А. М. та ін. Проектування бурового обладнання. Полтава: ПолтНТУ, 2015. 196 с.

15. Довідник «Буріння свердловин», т.1, т.2, т.3, т.4, т.5. Мислюк М. А., Рибчич І. Й., Яремійчук Р. С. Київ : Інтерпресс ЛТД, т.1 2002. 363с.

16. Бойко В.С., Бойко Р. В. Тлумачно-термінологічний словник-довідник з нафти і газу. Т. 1-2, 2004-2006 рр. 800 с.

17. Тимошенко В. М., Лях М. М. , Савик В. М. Бурові споруди, їх монтаж та експлуатація. Полтава : ПолтНТУ, 2008, 105 с.

18. Довідник «Буріння свердловин», т.1, т.2, т.3, т.4, т.5. Мислюк М. А., Рибчич І. Й., Яремійчук Р. С. Київ.: Інтерпресс ЛТД, т.1 2002. 363с., т.2 2002. 304с., т.4 2012. 608 с. т.3 2004. 294с., т.5 2004.-373с.

19. Орловський В. М., Білецький В. С., Вітрик В. Г., Сіренко В. І. Бурове і технологічне обладнання. Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, НТУ «ХПІ», ТОВ НТП «Бурова техніка», Львів, Видавництво «Новий Світ 2000», 2021. 358 с.

20. Optimize Drill & Blast Operations with Streamlined Design and QA/QC Tools. URL: <https://strayos.com/drill-and-blast-design.html> (дата звернення: 13.06.2025).

21. Drill and blast mining: solutions in control. URL: <https://www.micromine.com/drill-and-blast-mining/> (дата звернення: 13.06.2025).

22. Hexagon's Mining division. URL: <https://hexagon.com/company/divisions/mining> (дата звернення: 13.06.2025).

23. Blast Management System (BIMS). URL: <https://www.mineexcellence.com/blast-information-management-system/> (дата

звернення: 13.06.2025).

24. BlasIQ. URL: <https://www.orica.com/Products---Services/Mining-Services/BlastIQ/Technologies/shotplus> (дата звернення: 13.06.2025).

25. ДСТУ 3651.0-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення Київ, Держстандарт України, 1998. 27 с. (Інформація та документація).

26. Моркун Н. В., Маринич І. А. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавру для студентів спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Кривий Ріг : Видавничий центр КНУ, 2019. 50 с.

27. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. Київ, ДП «УкрННЦ», 2015. 26с. (Інформація та документація).

28. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання Київ, ДП «УкрННЦ», 2016. 16 с. (Інформація та документація).

29. ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень в українській мові.

30. Загальні вимоги та правила. Київ, ДП «УкрННЦ», 2013. 23 с. (Інформація та документація).