

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 - бакалавр
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерні науки»
зі спеціальності 122 – Комп'ютерні науки

Тема роботи:

***«Розробка автоматизованої інформаційної системи
визначення оптимальних параметрів буро-вибухових робіт
при відкритій розробці залізрудних родовищ»***

Виконав студент гр. КН-21

_____ Котляр В. Д.

Керівник

_____ Попов С. О.

Нормоконтроль

_____ Маринич І. А.

Завідувач кафедри

_____ Рубан С. А.

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: інформаційних технологій

Кафедра: автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

Ступінь вищої освіти: Бакалавр

Спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою: к.т.н. Рубан С.А.

«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра
студентові групи КН-20 Котляру Володимиру Денисовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Розробка автоматизованої інформаційної системи визначення оптимальних параметрів буро-вибухових робіт при відкритій розробки залізрудних родовищ»

Затверджено наказом по університету № 235с від 27.03.2024 р.

2. Термін здачі кваліфікаційної роботи: 05.06.2024 р.

3. Склад кваліфікаційної роботи: Пояснювальна записка обсягом 77 с., додатки, презентація у Microsoft PowerPoint (10 слайдів) в електронному та друкованому вигляді

4. Консультанти кваліфікаційної роботи:

Розділ 1-2

проф. Попов С. О.

Нормоконтроль

доц. Маринич І. А.

5. Календарний план:

№	Етапи роботи	Термін виконання
1	Вступ	01.04.24
2	Розділ 1	05.04.24
3	Розділ 2	01.05.24
4	Висновки	25.05.24
5	Оформлення кваліфікаційної роботи	28.05.24
6	Підготовка презентації та графічного матеріалу	20.05.24
7	Підготовка доповіді до захисту	05.06.24

6. Дата видачі завдання: 29.01.2024р.

Керівник _____ /Попов С.О./

7. Запевнення: Я, Котляр Володимир Денисович, запевняю, 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 _____ /Котляр В.Д./

АНОТАЦІЯ

Котляр В.Д. Розробка автоматизованої інформаційної системи визначення оптимальних параметрів буро-вибухових робіт при відкритій розробки залізорудних родовищ : 122 – Комп'ютерні науки. Кривий Ріг. Криворізький національний університет, 2025. 75 с.

В дипломній роботі представлено розробку автоматизованої інформаційної системи для визначення оптимальних параметрів буро-вибухових робіт при відкритій розробці залізорудних родовищ.

Мета роботи полягала в підвищенні ефективності буро-вибухових робіт за рахунок розробки автоматизованої системи для визначення їх оптимальних параметрів в конкретних гірничотехнічних умовах їх виконання.

Запропонована система забезпечує точний розрахунок оптимальних параметрів буро-вибухових робіт, таких як глибина буріння, кількість і розташування свердловин, а також тип і кількість вибухових речовин. Вона інтегрується з іншими корпоративними системами управління, створюючи єдиний інформаційний простір для планування, реалізації і контролю процесів при виконанні буро-вибухових робіт.

Результат виконання кваліфікаційної роботи надає можливість підвищити економічну ефективність буро-вибухового вибування руд і подальшого їх розвитку з використанням передових алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту.

Впровадження цієї системи є доцільним і перспективним для сучасних гірничодобувних підприємств, сприяючи підвищенню їх рентабельності та економічної та екологічної стійкості.

Ключові слова: ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ОПТИМАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ, БУРО-ВИБУХОВІ РОБИТИ, ВІДКРИТА РОЗРОБКА, ЗАЛІЗОРУДНІ РОДОВИЩА.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ	7
1.1 Бурові роботи	7
1.2 Вибухові роботи	14
1.3 Застосування інформаційних систем для визначення параметрів БВР	18
1.4 Функціональні вимоги до ІС	20
1.5 Існуючі інформаційні системи для визначення параметрів буро-підрихних робіт	25
<i>Висновки до розділу</i>	38
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ БУРО-ВИБУХОВИХ РОБІТ	39
2.1 Структура інформаційної системи	39
2.2 Опис формули розрахунку	48
2.3 Описання програми	52
2.4 Створення дизайну інтерфейсу	57
2.5 Перевірка правильності роботи програмного забезпечення	63
<i>Висновки до розділу</i>	65
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	69
ДОДАТОК А	73

ВСТУП

Буро-підривні роботи потрібні для вирішення різних інженерних та виробничих завдань, що пов'язані з руйнуванням твердих порід, будівельних конструкцій чи інших перешкод. Ось основні причини, чому їх використовують:

1. Добування корисних копалин: Буро-підривні роботи широко застосовуються в гірничій справі для видобутку руд, вугілля, металів та інших корисних копалин. Вони дозволяють ефективно розробляти родовища, забезпечуючи доступ до гірських порід.

2. Будівництво та інфраструктурні проекти: Під час будівництва тунелів, доріг, мостів та інших інфраструктурних об'єктів часто потрібно пробивати тверді породи або руйнувати старі будівлі та конструкції. Буро-підривні роботи забезпечують швидке і ефективне вирішення таких задач.

3. Формування кар'єрів та котлованів: При створенні кар'єрів для видобутку матеріалів (наприклад, піску, щебеню) або при будівництві великих котлованів (наприклад, для фундаментів будівель) часто використовуються буро-підривні роботи для зняття великих обсягів породи.

4. Захисні та запобіжні заходи: У деяких випадках буро-підривні роботи використовуються для створення захисних споруд, запобігання лавинам, або для зміни ландшафту з метою запобігання природним катастрофам.

5. Розчищення територій: Для розчищення територій від перешкод (каміння, старих споруд) буро-підривні роботи є швидким і ефективним методом, що дозволяє підготувати територію для подальшого використання.

Таким чином, буро-підривні роботи є важливим інструментом в різних галузях, що дозволяє ефективно виконувати завдання, пов'язані з руйнуванням та видобутком.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1.1 Бурові роботи

Буріння (англ. drilling; нім. Bohrarbeiten) — певна сукупність і послідовність операцій під час виконання вибухових робіт, робіт з дослідження геологічної будови гірських масивів та пошуку родовищ коисних копалин.



Рис. 1.1 бурільна установка

До б.р. включається: розташування бурової установки та додаткових споруд, монтаж (а також демонтаж) бурового обладнання, буріння (включаючи монтаж), освоєння та випробування свердловин.

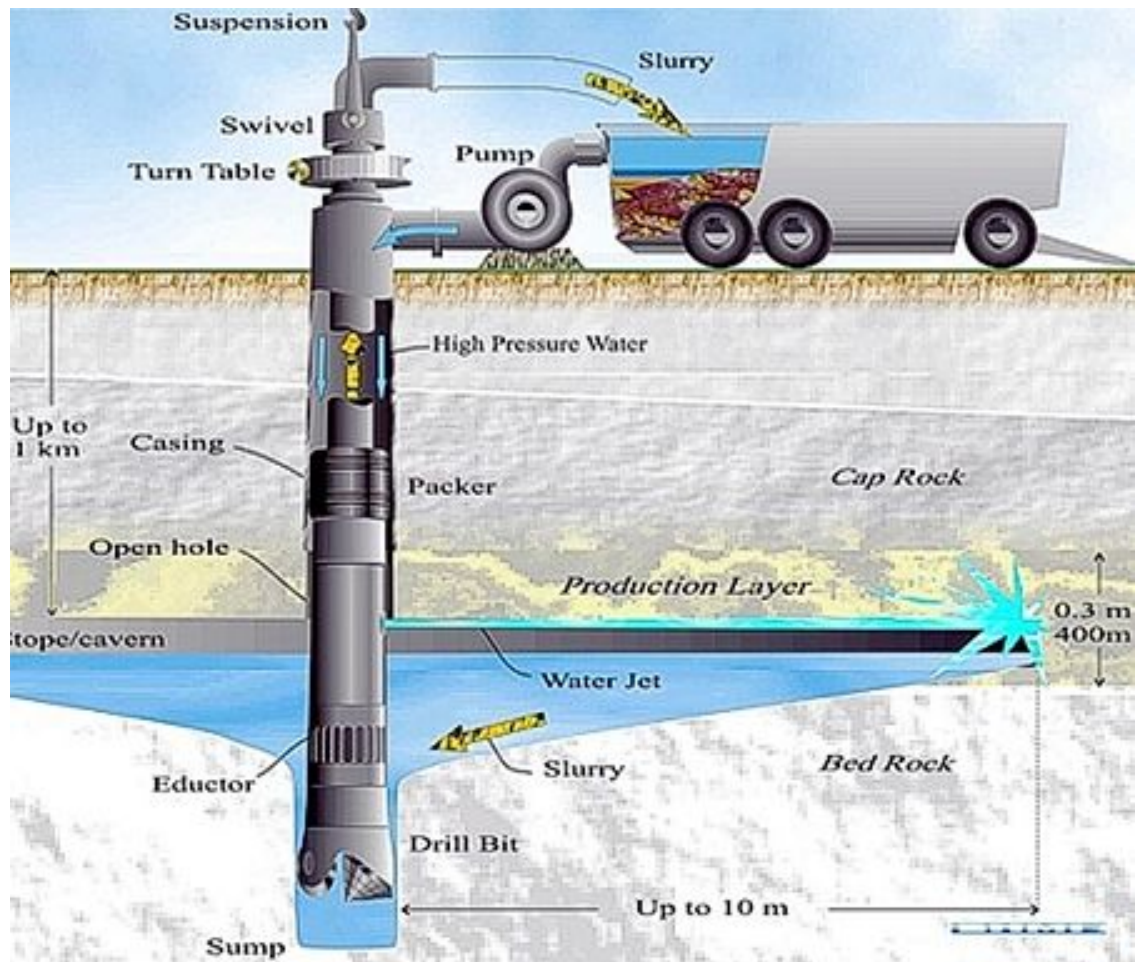


Рис. 1.2 будова свердловини

Буріння супроводжується кріпленням стовбура свердловини (його глибинних ділянок) обсадними колонами, а також допоміжними і ремонтними роботами, які також мають переважно циклічний характер.

Основними критеріями оцінки ефективності б.р. є — швидкість буріння, вартість метра проходки, якість утворення свердловин і доведення їх до проектних глибин, крім того, для геолого-розвідувальних б.р. — репрезентативність і достовірність геолого-геофізичної та технологічної інформації, приріст запасів нафти і газу на метр проходки, для експлуатаційних — дебіт свердловини.

Ефективність Б.р. росте зі зменшенням кількості рейсів, витрачених на буріння свердловини в конкретних гірничо-геологічних умовах, витрат часу в середньому на рейс, зі збільшенням швидкості циклу будівництва свердловини, а також зі зменшенням часток усіх витрати, пов'язані з ліквідацією наслідків

аварій та ускладнень, відсутність роботи та простої свердловин з організаційних причин.

Буріння розвивається і спеціалізується в трьох основних галузях гірничої справи:

- видобуток рідких і газоподібних корисних копалин;
- пошук і розвідка корисних копалин;
- видобуток твердих корисних копалин вибуховим способом.

Механічні способи буріння за методом впливу інструмента на вибій поділяють на: обертальне і ударне, ударно-поворотне і обертально-ударне, вібраційне буріння.

За типом породоруйнівного інструмента розрізняють шнекове, шарошкове, алмазне буріння, дробове тощо, за типом бурової машини — перфораторне, пневмоударне, гідроударне, роторне, турбінне, електричне тощо.

За напрямком і методом проведення свердловин — кущове, вертикальне, похилоскероване, багатовибійне та ін.

Застосування того чи іншого способу буріння визначається наступними основними умовами:

1. Ударно-канатне буріння, яке зараз використовується дуже рідко, рекомендується застосовувати для розвідки різних пухких порід, скельних і напівскельних, а також у тих випадках, коли не потрібно вивчати структуру та механічні властивості порід.

2. Ударно-обертальне буріння, що також застосовується лише в окремих випадках, можна застосовувати, як і ударно-канатне, лише у пухких породах.

3. Колонкове буріння широко використовують у скельних, напівскельних породах, а також у щільних зв'язних та в пухких породах за умови використання глинистої промивки.

4. Вібраційний метод буріння може бути ефективним для проходки пухких порід, які не містять значних домішок великоуламкового матеріалу. Застосування його зазвичай обмежене вивченням фізико-механічних характеристик порід у природному стані.

5. Шнекове буріння є також досить продуктивним, але воно не забезпечує точної характеристики розрізу. Його слід застосовувати у випадках, коли необхідно розкрити забій на більш або менш значну глибину без докладного вивчення порід.

6. Роторне буріння загалом має ті самі переваги і недоліки, що і шнекове, але з економічних міркувань воно застосовується лише за великих діаметрів свердловин (більше 250 мм) і їх значних глибин (більш ніж 100 м).

Буровий інструмент (англ. drilling tool; нім. Bohrwerkzeug, Bohrgeräte) — загальна назва механізмів і пристроїв, що використовуються при бурінні свердловин і ліквідації аварій, що виникають у свердловинах. За призначенням виділяють технологічний, допоміжний, аварійний і спеціальний буровий інструмент.



Рис. 1.3 бурова вежа

Залежно від сфери застосування (буріння вибухових, геологорозвідувальних, нафтових або газових свердловин) способу і діаметра

номенклатури буріння та конструктивних особливостей бурового інструменту в кожній групі є особливості.

Технологічний буровий інструмент використовується для виконання робіт, безпосередньо пов'язаних з процесом буріння свердловин. Він включає породоруйнівний буровий інструмент - фрези, бурові долота, долота та ін., інструмент відбору керна, а також розширювачі, калібратори та ін. для руйнування стінок свердловини з метою додання їй необхідного діаметру і поперечності розділу.

Допоміжні бурові інструменти (гайкові ключі, елеватори, спайдери, клинові грейфери та ін.), призначені для монтажу та розбирання (згвинчування та викручування) бурильних колон (бурильної ставки), а також протягування, підйому, опускання та утримання елементів на вазі або на роторний стіл бурильних колон, штанг і обсадних труб. Буровий інструмент для ліквідації аварій (мітчики, розтруби, трубоуловлювачі, труборізи, фрези, торпеди, домкрати та ін.) слід застосовувати при виникненні ускладнень (втрата породоруйнівного інструменту, відрив або залипання бура). колони, приймання або видалення обсадних труб тощо) у процесі буріння свердловин. Спеціальний буровий інструмент служить для орієнтації технологічного інструменту в стовбурі свердловини з метою його буріння в заданому напрямку і включає дефлектори різної конструкції (турбінні, шпіндельні дефлектори, ретрактори, стабілізатори та ін.), засоби орієнтації свердловини.

Шпур (рос. шпур, англ. blasthole, hole, shothole, borehole; нім. Bohrloch n, Sprengbohrloch n) — циліндрична порожнина (отвір), яку просвердлюють у гірському масиві для розміщення вибухової речовини. Точних даних про використання отворів у скелі для її підкопування (зміцнення) не збереглося. За даними німецького геолога Фрідріха Адольфа Гурльта (Friedrich Adolf Gurlt, 1829—1902), перші спроби використання вибухівки з порохом у щілинах відбулися в Руммельсберзі в середині XV століття. Твердження про те, що свердління отворів і відпал їх заряду було винайдено у Фрайберзі в 1613 році,

походить від німецького геодезиста Августа Баєра (1677-1753), який написав про це у своїй книзі 1732 року.

Бурова машина (машина) (рос. буровой станок, англ. drill, borer, drilling rig, drillrig; нім. Bohrgerät n) — машина для буріння вибухових і гірських свердловин різного призначення (зокрема, геологорозвідувальних), а також свердловини у відкритих і підземних розробках корисних копалин.

Бурові установки і їх тип безперервно удосконалюється з тим, щоб найкращим чином відповідати умовам буріння на суші і на морі в різних регіонах світу. В даний час використовуються такі основні типи бурових установок:

- наземні бурові установки; Наземні бурові установки використовується для буріння на суші в різних регіонах світу. Невеликі наземні установки монтується на базі тягача або вантажного автомобіля, який пересувається з місця на місце автономно без демонтажа самої установки. Вишки великих розмірів підлягають демонтажу і перевозяться в розібраному вигляді на тягачах або великовантажних автомобілях. Існують також невеликі установки спеціального призначення, які перевозять з допомогою вертольотів.

- бурові установки на морських платформах монтується на видобувних платформах і використовуються для буріння і проведення спеціальних робіт у видобувних свердловинах. Загальна кількість свердловин, яка може бути пробурена з однієї платформи, залежить від продуктивності свердловин, фільтраційно-ємнісних властивостей пласта і розмірів покладу і, як правило, не перевищує 40-50 свердловин. В більшості випадків бурова вишка знаходиться постійно на платформі, хоча може бути і демонтована, і замінена спеціальним обладнанням для проведення робіт у свердловинах після того як пробурені всі свердловини.

- бурові баржі являють собою судна, дно яких використовується в якості основ для бурової вишки. Бурові баржі буксируються до місця призначення і занурюються на дно з допомогою баласту до проведення бурових робіт.

Подібного виду бурові установки використовуються в болотистих районах або на мілководді.

напівзанурені бурові установки Напівзанурена бурова установка являє собою плавучу конструкцію, яка використовується для буріння при глибинах моря від 60 до 250 м залежно від терміну експлуатації, типу і специфікації установки. Вона транспортується з одного місця буріння на інше самостійно або за рахунок системи гребних гвинтів.

1.2 Вибухові роботи

Вибухові (підривні) роботи — роботи промислового та військового призначення, які здійснюються за допомогою вибухових речовин (ВР) з метою руйнування вибухом твердих середовищ під час виробництва корисних копалин, продукції гірничого виробництва та в будівництві.

У гірничій справі вибухові роботи в Україні вперше були застосовані на Донбасі в 1838 р. на копальнях Лисичного байраку (м. Лисичанськ). Довгий час буріння свердловин проводилося вручну металевими перфораторами глибиною близько 1 м. Пізніше з'явилися перфоратори з ручним приводом, а в кінці XIX ст. електросвердлильні верстати.

Залежно від місця розміщення заряду, його форми і розмірів застосовують такі способи: зовнішній (накладний), свердловий, котловий, малокамерний, свердловинний, камерний заряди і метод вибуху «викидом». Розрізняють підготовчий етап В.р., власне В.р., завершальний етап В.р.

Підготовчий етап включає підбір персоналу та зберігання вибухових матеріалів (вибухових матеріалів), оформлення документів для проведення вибухових робіт. Власне В.р. включає розробку проекту вибуху або паспорта буровибухових робіт, підготовку вибухових речовин до використання, транспортування їх до місця вибуху, виготовлення патронів, заряджання та бивку зарядів вибухових речовин, встановлення вибухової мережі та ініціювання звинувачення. Останній етап В.р. включає обстеження місця

вибуху та, у разі необхідності, ліквідацію залишків нерозірваних боєприпасів та несправних зарядів. На практиці використовується енергетичний принцип проектування вибуху — розрахунок розмірів і параметрів розташування зарядів з урахуванням об'ємної концентрації енергії БП і енергоємності руйнування гірських порід.

Вибухові способи — це сукупність прийомів підризу зарядів вибухових речовин у заданій послідовності та в заданий час із застосуванням засобів, що забезпечують безпеку вибуху. Вибухові способи класифікують залежно від використовуваних засобів (вогневі, електричні, детонуючий шнур); інтервал між вибухами окремих зарядів у серії (миттєвий, уповільнений, коротко уповільнений); особливості розташування зарядів — однорядні або багаторядні.

Залежно від способу розміщення заряду, його форми і розмірів розрізняють такі В.Р. використовуються методи:

Для дроблення негабаритних шматків і валунів застосовують метод зовнішніх (накладних) зарядів. Заряд ВР розміщується на поверхні об'єкта, що знищується;

Метод свердловинних зарядів - при розробці родовищ відкритий спосіб застосовують при дробленні негабаритних шматків і в невеликих кар'єрах з уступом малої висоти як основний спосіб проведення посадочних робіт. При розробці родовищ підземним способом цей спосіб застосовують при підготовчих і врізних роботах, для підготовки зарядних камер при масових вибухах і в очисних вибоях;

Спосіб котлових зарядів - спосіб проведення посадочних робіт, який застосовують, якщо розрахункова зарядка перевищує розмір отвору. У цьому випадку в донній частині свердловини шляхом послідовної посадки дрібних (стріляючих) зарядів утворюється котел, куди поміщається основний підвищений заряд. Спосіб застосовують для розпушування уступів розкривних порід і видобутку корисних копалин з висотою уступів до 10 м і кутом укосу 0,85-1,4 рад (50-80°) в м'яких, середньо- і вище середньої міцності породах, які

добре подрібнюються, а також у порід з природними особливостями, розміри яких близькі до загальноприйнятих.

Метод використовується також для викидів і розрядів в м'яких і пластичних породах, які легко пробиваються; Метод дрібнокамерних зарядів застосовують для розпушування порід у невеликих кар'єрах, які розробляють уступами висотою не більше 6 м. Зарядна камера, в якій містяться зосереджені заряди, являє собою «рукав» - горизонтальну або злегка нахилену виріб прямокутного перерізу розміром від 0,2х0,2 до 0,5х0,5 м, виконану в нижній частині ухил уступу;

Спосіб свердловинних зарядів застосовують у кар'єрах під час проходки і проходки траншей, а також для відбій руди в очисних вибоях з паралельним або віялоподібним розташуванням свердловин, при розробці кар'єрних заготовок і при зламуванні перекриттів. Шихту в свердловину розміщують у вигляді суцільної або переривчастої колони, яка зверху заповнюється донним матеріалом (засипкою). Свердловини висаджують рядами, які розташовують паралельно свердловині в один (одиначна посадка) або кілька рядів (багаторядна посадка). Посадка здійснюється електричним способом або за допомогою детонаційного шнура. Конструкція шихти має істотний вплив на ступінь подрібнення.

Встановлено, що не завжди раціонально використовувати безперервну колонну зарядку. Іноді його доцільно розпорошити на 2-3 частини з повітряними проміжками, що дозволяє краще розподілити і використати енергію вибуху - в зв'язку з цим поліпшується дроблення породи і зменшується ширина розвалу. Для розширення мережі колодязів використовують зйомку їх придонної частини; ВР в котлі, що утворився, є зосередженою всієї свердловини;

Спосіб камерних зарядів полягає в тому, що вибухові роботи проводять із зарядами ВР, які поміщають у спеціальні пристрої – камери. Маса камерних зарядів — від одиниць до кількох десятків тонн (іноді тисяч тонн ВР). Цей спосіб широко використовується при масових обвалах у відкритих і підземних

розробках. Дроблення масиву силою вибуху відбувається тільки в районі заряду, а шар, що лежить вище, руйнується під власною вагою і роздавлюється при падінні. Шихту закладають у глибину масиву, для чого заздалегідь проводять підготовчі роботи, від яких залежить від висоти насадженого масиву, кількості зарядів і ступеня доступності;

Спосіб викидних вибухів - закладену масу не тільки руйнують, а й розкидають в різні боки, утворюючи тонкий шар на певній відстані - утворюється виїмка по лінії розташування зарядів (траншея, яма, канал, тощо). Ступінь викиду залежить від прийнятого значення показника вибухової дії, а також від конструкції заряду.

Цей спосіб має наступні різновиди: - однорядні вибухи зарядів з рівномірним викидом породи по обидва боки виїмки; — багаторядні вибухи зарядів з двостороннім спрямованим викидом гірських порід рівномірно в обидві сторони виробки; багаторядні вибухи зарядів з одностороннім спрямованим віком.

При відкритому способі розробки іноді виникає необхідність скидання частини розкритих порід, що заважає розгортанню фронту робіт у бік виробленого простору. Для цієї посадки на скидання, при якому заряди розміщені в патронниках уздовж верхньої брови, поступаються, віддаляючи їх від відбору на 1,1-1,2 лінії найменшого опору. Скидання використовується також шляхом посадки свердловинних зарядів, які розташовані на згорнутій сітці. Надійна спрямованість вибуху забезпечується використанням плоских систем зарядів.

Для розробки готових до видобутку запасів корисної копалини в складі очисних робіт, а також для проведення виробок у міцних породах застосовуються буровибухові роботи.

Роботи включають наступні основні процеси:

- буріння свердловин або колодязів;
- заряджання;
- підривання;

– усунення несправностей (перевірка та усунення наявності зарядів, що не розірвалися).

Вибухові роботи доручаються спеціально навченим працівникам (майстрам-підриивникам і гірникам, які мають «Єдину книжку підриивника»).

Норми, правила, способи і методи безпечного ведення підриивних робіт на гірничих об'єктах регламентуються «Правилами поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення».

1.3 Застосування інформаційних систем для визначення параметрів БВР

Буро-вибухові роботи (БВР) є критично важливою складовою технологічного процесу відкритої розробки корисних копалин. Ефективність планування, виконання та моніторингу БВР істотно впливає на показники фрагментації гірської маси, витрати на дроблення та подальше збагачення, а також на загальний економічний та екологічний ефект роботи гірничо-збагачувального комбінату (ГЗК). У цьому контексті застосування сучасних інформаційних систем (ІС) є необхідною умовою для досягнення високого рівня керованості та оптимізації зазначених процесів.

1. Комерційні програмні рішення

Одним з найпоширеніших напрямів є використання комплексних інформаційних платформ, зокрема Drill & Blast Management System (Infosys, Hexagon, Datamine та інші), які забезпечують:

- автоматизоване планування буріння та заряджання свердловин;
- інтеграцію з геологічними базами даних, ERP-системами та GPS-навігацією;
- контроль витрат вибухових речовин;
- аналітику ефективності вибуху та впливу на наступні стадії виробництва.

Значною перевагою таких систем є наявність механізмів візуалізації в реальному часі, що дозволяє приймати оперативні управлінські рішення.

2. Інтеграція MWD-технологій та методів машинного навчання

Сучасні патентовані підходи (зокрема, EP3644267A1, AU2019253881A1) базуються на обробці даних, отриманих у процесі буріння (Measurement While Drilling, MWD), з використанням моделей машинного навчання та фізичного моделювання. Ці методи дозволяють:

- здійснювати предиктивний аналіз якості породи;
- моделювати фрагментацію після вибуху;
- адаптувати параметри буріння та вибуху відповідно до геотехнічних умов у реальному часі;
- прогнозувати витрати та ефективність процесів дроблення.

Використання MWD-даних значно підвищує точність планування та знижує втрати від неякісного розкриття масиву.

3. Технології візуальної аналітики та фотоаналізу

Системи цифрового аналізу зображень (наприклад, WipFrag, Split-Desktop) широко використовуються для визначення гранулометричного складу гірської маси після вибуху. Зображення можуть надходити як зі стаціонарних камер, так і з безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Основні переваги включають:

- об'єктивність та достовірність вимірювання;
- можливість інтеграції з системами управління дробленням;
- оперативність збору даних.

Таким чином, фотоаналіз сприяє замиканню зворотного зв'язку між БВР і процесами подрібнення.

4. Системи підтримки прийняття рішень (СППР) у гірничій справі

Сучасні СППР у сфері БВР поєднують експертні системи, бази знань та методи імовірнісного моделювання. Прикладом може бути українська розробка, що реалізує байєсівський підхід до вибору параметрів буріння в умовах складної геології. Такі системи забезпечують:

- адаптацію до змінних умов;
- врахування історичних даних та обмежень безпеки;
- мінімізацію ризиків перевищення нормативів вібрації та ударної дії.

СППР особливо ефективні при управлінні роботою на складних родовищах із великою часткою людського чинника.

5. Цифрові двійники та симуляційне моделювання

Цифрові двійники технологічних ділянок БВР дозволяють віртуально змодельовати процеси буріння, заряджання та підриву. Це дає змогу оцінити вплив різних параметрів вибуху на фрагментацію та подальші виробничі стадії без втручання у реальні процеси. Технологія активно розвивається в поєднанні з мультифізичним моделюванням (DEM, FEA, CFD).

6. Інституційна та нормативна база

На рівні державної політики в Україні закладаються вимоги до впровадження електронних систем управління технічним обслуговуванням та ремонтом бурового обладнання, ведення електронних журналів буріння, а також контролю відповідності параметрів вибуху. Відповідні рішення впроваджуються на підприємствах гірничо-металургійного комплексу, зокрема в рамках цифрової трансформації згідно з концепцією «Гірничо-збагачувальний комбінат 4.0».

Отже інформаційні системи оптимізації буро-вибухових робіт є важливим інструментом підвищення ефективності, безпеки та екологічності гірничого виробництва. Інтеграція даних буріння, моделей машинного навчання, фотоаналізу та цифрового моделювання створює передумови для формування адаптивного управління БВР у реальному часі. Подальший розвиток даної галузі потребує комплексного підходу, включаючи підвищення цифрової компетентності персоналу, розбудову відкритих платформ для обміну даними та адаптацію до українського виробничого середовища.

1.4 Функціональні вимоги до ІС

Функціональні вимоги до ІС оптимізації буро-вибухових робіт

1. Підсистема планування буріння та вибуху

1.1. Геоприв'язане моделювання

Створення 3D-моделі масиву з використанням геологічних та топографічних даних.

Відображення меж блоків, зон небезпеки, свердловин, комунікацій.

1.2. Автоматичне проектування сітки буріння

Генерація сітки свердловин з урахуванням заданих параметрів (глибина, крок, діаметр).

Можливість адаптації до геомеханічних характеристик масиву.

1.3. Параметризація зарядів

Розрахунок типу, кількості, чергування та розміщення вибухових речовин.

Формування паспорта вибуху.

1.4. Інтеграція з ERP/SCADA

Вивантаження планів буріння в формати, сумісні з ERP та SCADA-системами підприємства.

2. Підсистема збору та обробки бурових даних (MWD)

2.1. Імпорт та обробка MWD-даних

Зчитування даних про хід буріння (глибина, тиск, крутний момент, швидкість подачі).

Виявлення відхилень та обривів.

2.2. Автоматичне визначення порід (ML або правила)

Класифікація типів гірських порід за буровими характеристиками.

Побудова профілю розрізу свердловини.

2.3. Виявлення бурових аномалій

Автоматичне повідомлення про зміщення свердловин, відхилення глибини, втрату інструменту.

3. Підсистема управління вибухом

3.1. Моніторинг готовності до вибуху

Відстеження виконання всіх етапів підготовки (буріння, заряджання, обмеження доступу).

Логістика доставки ВР.

3.2. Формування електронного паспорта вибуху

Зведення даних про геометрію, ВР, черговість, запобіжні заходи.

Підписання документа відповідальними особами.

3.3. Управління черговістю підривів

Розрахунок часових інтервалів між групами свердловин.

Оптимізація для зменшення вібрації та ударної хвилі.

4. Підсистема пост-вибухового аналізу

4.1. Фото- та відеоаналіз фрагментації

Аналіз розміру уламків на основі зображень з БПЛА або камер.

Формування статистики фрагментації (P80, P50 тощо).

4.2. Порівняння з моделлю планової фрагментації

Визначення відхилень та причин: тип ВР, затримки, геологія.

4.3. Звітність про якість вибуху

Автоматичне формування KPI: фрагментація, викиди, вібрація, ефективність дроблення.

5. Підсистема підтримки прийняття рішень (СППР)

5.1. Рекомендації щодо параметрів буріння/вибуху

Генерація порад на основі історичних даних, ML-моделей або правил.

Адаптація до типу масиву, погодних умов, показників дробильного комплексу.

5.2. Аналіз «що буде, якщо» (what-if)

Симуляція вибухів за зміненими параметрами (тип ВР, глибина, інтервал).

5.3. Виявлення неефективних шаблонів

Аналіз кореляцій між бурінням, фрагментацією та споживанням електроенергії/ВР.

◆ 6. Підсистема візуалізації та звітності

6.1. Інтерактивні 2D/3D панелі

Візуалізація свердловин, зарядів, масиву, зон вибуху.

6.2. Графічні звіти та Dashboards

KPI: витрати ВР, час буріння, фрагментація, кількість інцидентів.

6.3. Експорт звітів

Генерація звітів у форматах PDF, XLSX, XML для регуляторів і керівництва.

7. Інтеграція та безпека

7.1. Інтеграція з іншими інформаційними системами

ERP (наприклад, SAP, 1C), MES, геоінформаційними системами (GIS), SCADA.

7.2. Аутентифікація користувачів

Підтримка ролей: інженер, керівник дільниці, аналітик, диспетчер.

7.3. Аудит дій

Журнал змін у проєктах, бурових даних, вибухових паспортах.

7.4. Резервне копіювання та шифрування

Захист критичних даних, можливість аварійного відновлення.

8. Мобільний та віддалений доступ

8.1. Доступ з планшетів/смартфонів

Введення та перегляд даних з бурової техніки в польових умовах.

8.2. Офлайн-режим роботи

Підтримка кешування даних і синхронізації при з'єднанні



Рисунок 1.4 – Структура ІС БВР

1.5 Існуючі інформаційні системи для визначення параметрів буропідричних робіт

- MICROMINE (Blast Design Module)

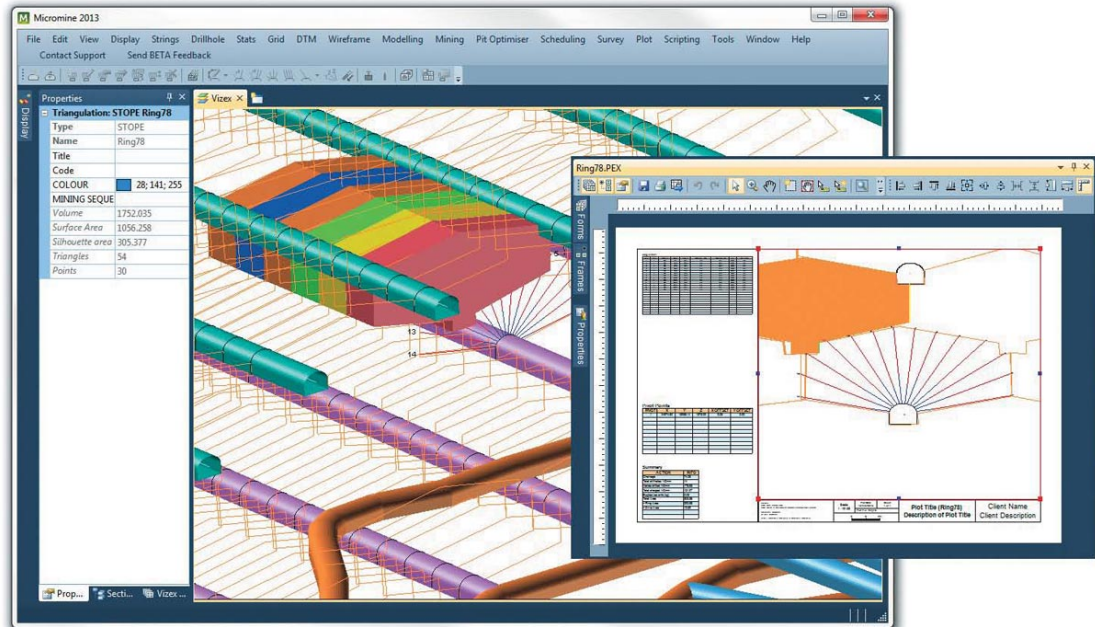


Рисунок 1.5 – Модуль роботи MICROMINE

Blast Design Module від Micromine, що є частиною більшого пакету програмного забезпечення для планування та проектування шахт, надає інструменти для проектування та оптимізації буровибухових робіт як у відкритих, так і в підземних шахтах. Цей модуль дозволяє користувачам створювати схеми вибухів, розраховувати деталі вибухових свердловин та керувати послідовностями вибухів як для наземних, так і для підземних вибухових робіт.

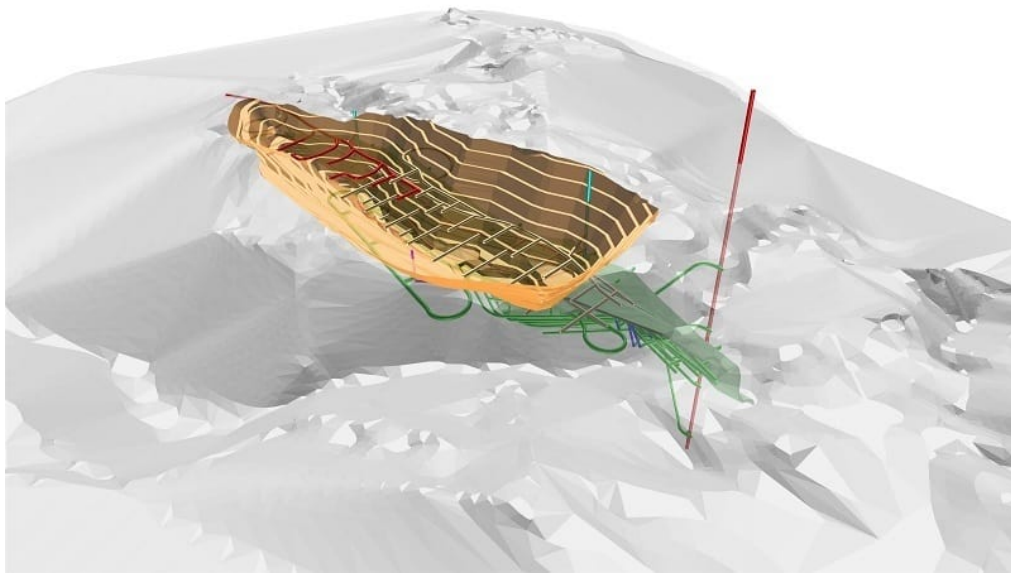


Рисунок 1.6 – 3Д схема відкритої шахти

Ключові особливості:

Проектування схем вибухів:

Дозволяє користувачам створювати та керувати схемами вибухів, включаючи ряди вибухів, окремі отвори та обрізання отворів до каркасів.

Послідовність вибухів та затримка:

Дозволяє визначати послідовності вибухів та затримки, включаючи інструменти візуальної анімації для імітації вибуху.

Розрахунки об'ємів:

Надає інструменти для розрахунку об'ємів вибухових свердловин та інших відповідних параметрів.

Проектування відкритих та підземних шахт:

Пропонує спеціалізовані інструменти для наземних та підземних вибухових робіт, включаючи елементи кільцевої конструкції для підземного застосування.

Попередній перегляд проекту:

Пропонує попередній перегляд проекту для візуалізації схеми, включаючи муфти та сліди.

Зарядження та стволування:

Включає інструменти для розрахунку та управління зарядами вибухової речовини та стволом.

Інтеграція з програмою планування та проектування шахт:

Безшовно інтегрується з інструментами проектування планування шахт Micromine, що дозволяє проектувати схеми вибухів у рамках ширшого плану шахти.

Покращений контроль та безпека:

Модуль буріння та вибухових робіт Micromine допомагає покращити контроль над буровибуховими роботами, що потенційно призводить до підвищення безпеки та виробництва.

Автоматизація:

Пропонує автоматизовані функції, такі як автоматичне заряджання кілець та генерування та редагування свердловин.

Переваги використання Blast Design Module:

Підвищена точність та ефективність:

Програмне забезпечення допомагає користувачам створювати та керувати проектами вибухів точніше та ефективніше.

Оптимізовані вибухові роботи:

Дозволяє користувачам оптимізувати параметри вибухових робіт, що призводить до кращої фрагментації, зниження витрат та підвищення безпеки.

Інтеграція та гнучкість:

Модульна природа Micromine дозволяє користувачам вибирати необхідні функції, що робить його гнучким та адаптивним рішенням.

Покращене прийняття рішень:

Надаючи детальні інструменти проектування та аналізу, Micromine допомагає користувачам приймати кращі рішення щодо своїх вибухових робіт.

- Aegis (Hexagon Mining)



Рисунок 1.7 – Логотип Aegis

Aegis — це пакет програмних інструментів, що пропонується компанією Datamine (придбаною Hexagon) для проектування та аналізу підземних вибухів у гірничих підприємствах. Він розроблений для підвищення ефективності, безпеки та прибутковості шляхом оптимізації параметрів вибухових робіт.

Компоненти Aegis:

Aegis Designer:

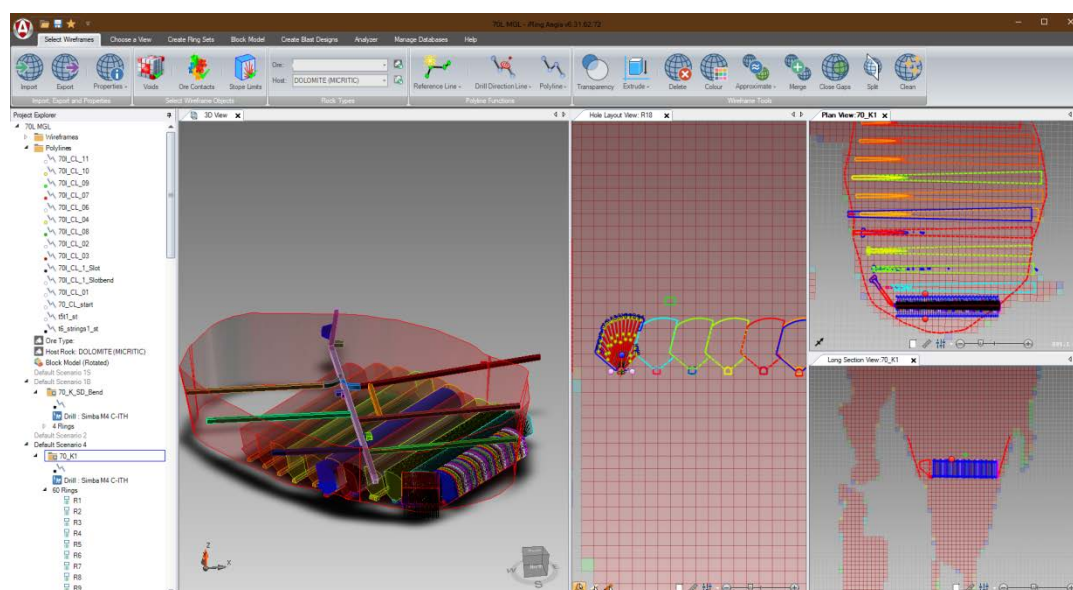


Рисунок 1.8 – Проектна схема вибухів

Дозволяє користувачам проектувати та редагувати схеми вибухів для підземних шахт, включаючи проектування щілин, заряджання, підготовку та час. Це дозволяє швидко досліджувати конструкцію, створювати звіти та експортувати дані.

Aegis Analyzer:

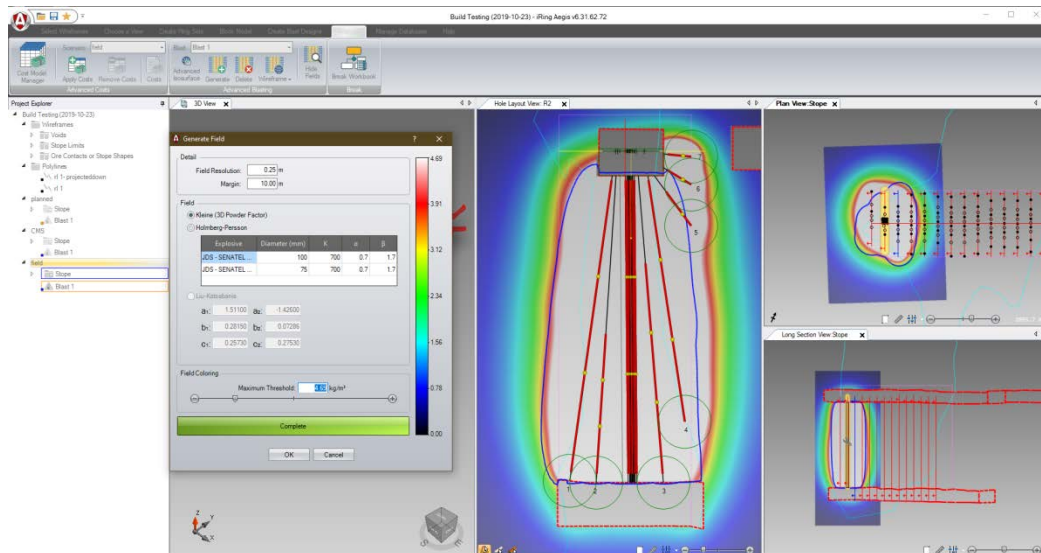


Рисунок 1.9 – Аналіз схеми фибухів

Цей інструмент використовується для аналізу впливу різних схем вибухів на фрагментацію, тоннаж, порожнини, витрати та прибуток, допомагаючи оптимізувати схеми кільцевих вибухів для максимального видобутку та прибутковості.

Основні характеристики:

Точне проектування вибуху:

Інструменти Aegis використовують як параметри вибухової детонації, так і параметри стану вибуху для розрахунку радіального розриву для нескінченно обмеженого одиничного заряду.

Розрахунок гіперболічного розриву:

Він розраховує гіперболічний розрив для вільної грані на основі діаметра отвору, відстані між шарами та відстані між зарядами.

Комплексний аналіз:

Aegis Analyzer надає детальну оцінку параметрів вибуху, включаючи кут розриву, тоннаж розриву, пороховий коефіцієнт та енергетичний коефіцієнт.

Оптимізація та прибутковість:

Оптимізуючи схеми вибухів, Aegis допомагає покращити фрагментацію, збільшити тоннаж, зменшити витрати та, зрештою, максимізувати прибуток.

- BMS (Blast Management System)

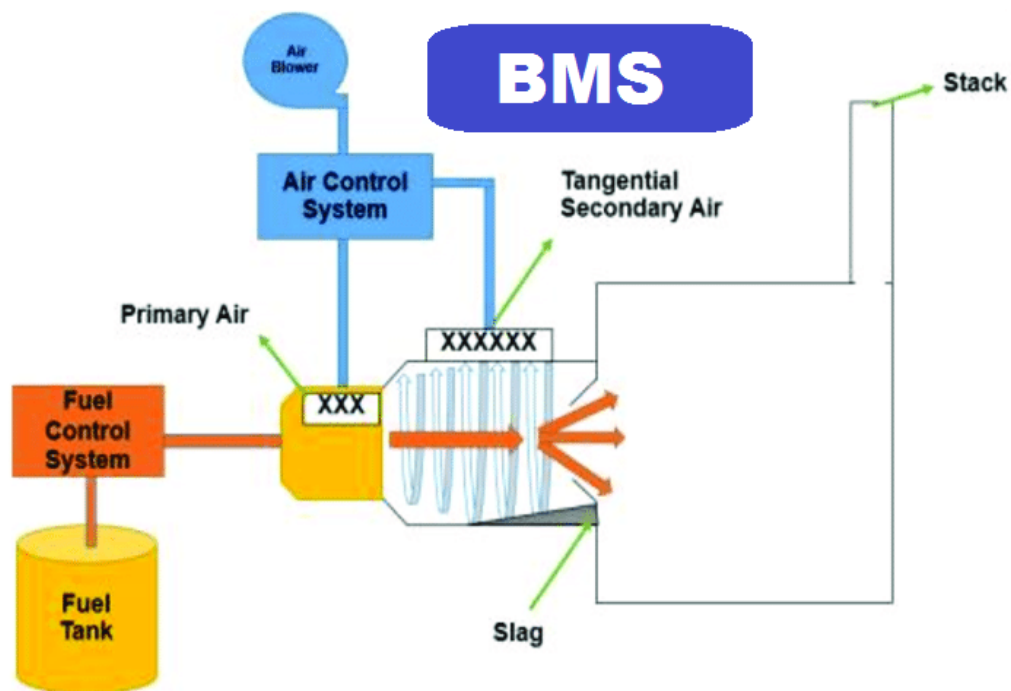


Рисунок 1.10 – Схема роботи BMS

BMS може стосуватися кількох різних типів систем, але в контексті шахти це розшифровується як Система управління вибухами (BMS) або Система управління інформацією про вибухи (BIMS). Ці системи розроблені для управління та оптимізації процесу вибухових робіт у гірничих роботах, забезпечуючи безпеку, ефективність та результативність.

1. Система управління вибухами (BMS) або Система управління інформацією про вибухи (BIMS):

Призначення:

Ці системи є інструментами для управління всім процесом вибухових робіт, від планування та проектування до виконання та моніторингу.

Функції:

Зазвичай вони включають такі функції, як:

Зберігання та отримання інформації, пов'язаної з вибухами (проектні, фактичні параметри, дані про вібрацію тощо).

Аналіз даних про вибухи для виявлення тенденцій та оптимізації майбутніх вибухових операцій.

Візуалізація проєктів вибухів у 2D або 3D.

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

Створення звітів для керівництва, органів безпеки та інших зацікавлених сторін.

Приклади:

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

2. Інші типи BMS:

Система управління будівлею (BMS):

Це стосується системи, яка контролює та контролює різні аспекти інфраструктури будівлі, такі як опалення, вентиляція та кондиціонування повітря, освітлення та безпека.

Система управління акумуляторами (BMS):

Ця система використовується в пристроях з живленням від акумуляторів, таких як електромобілі або накопичувачі відновлюваної енергії, для керування зарядкою, розрядкою та загальним станом акумулятора.

Система управління пальниками (BMS):

Ця система використовується на об'єктах виробництва електроенергії для забезпечення безпечної та ефективної роботи пальників у котлах.

BMS Blastness:

Це спеціальна BMS для управління кампаніями з оплатою за клік у сфері гостинності.

Система управління бінго (BMS):

Система, що використовується в залах для бінго для управління іграми, продажами та іншими аспектами бізнесу.

- SHOTPlus (Orica)

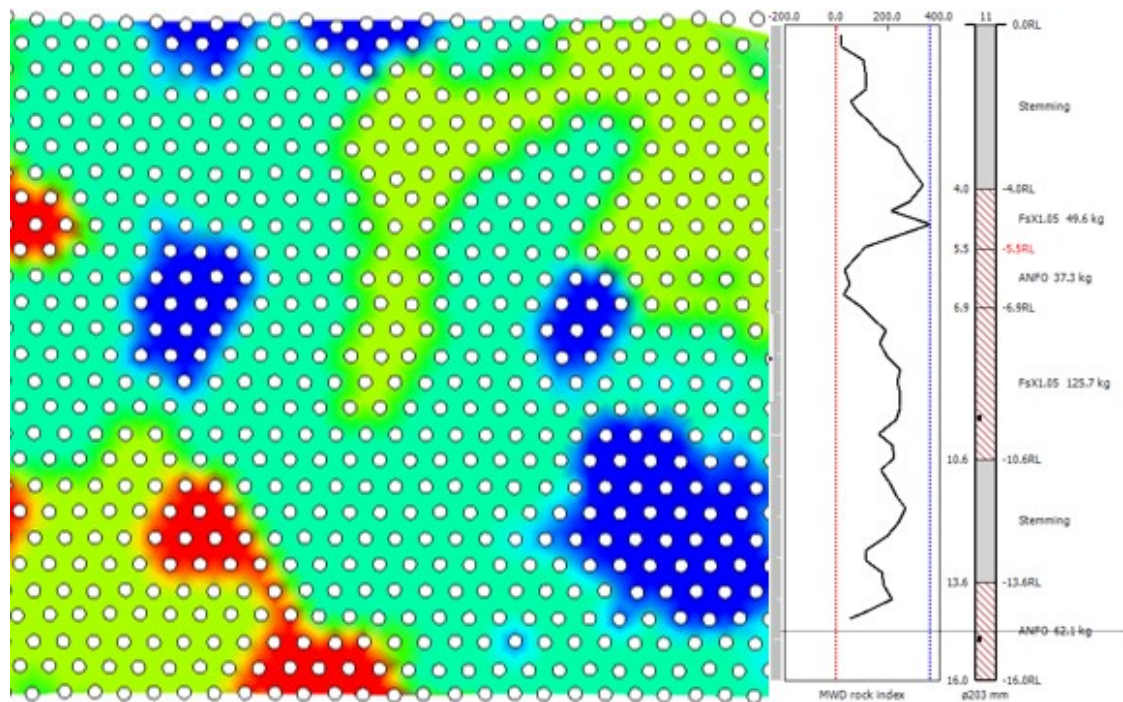


Рисунок 1.11 – Приклад сканування поверхні за допомогою SHOTPlus

SHOTPlus є провідною інформаційною системою, розробленою компанією Orica, яка спеціалізується на вибухових роботах та гірничих технологіях. Ця система призначена для всебічного планування, проектування та оптимізації буропідривних робіт у гірничодобувній промисловості, будівництві та інших галузях, де застосовуються вибухові матеріали. Вона інтегрує передові інженерні принципи з потужними обчислювальними можливостями, забезпечуючи високу точність та ефективність вибухових робіт.

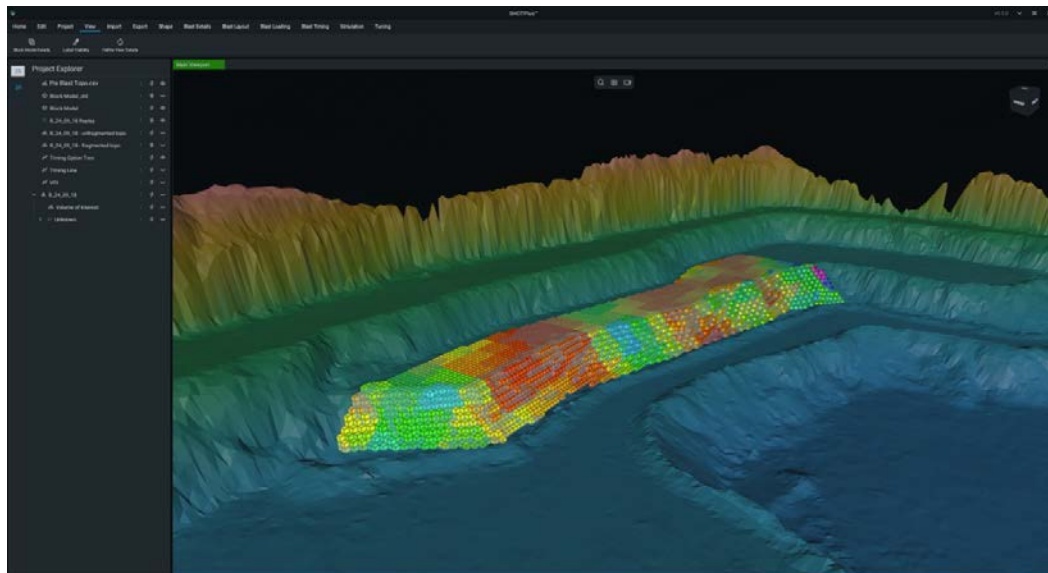


Рисунок 1.12 – 3Д скан місця проведення вибухових робіт

Призначення та функціональні можливості

Основне призначення SHOTPlus полягає в підвищенні безпеки, продуктивності та економічності буропідричних робіт. Система дозволяє інженерам та фахівцям з вибухових робіт:

Проектувати буропідривні мережі: SHOTPlus надає інструменти для точного позиціонування свердловин, визначення їх глибини, кута нахилу та відстані між ними.

Моделювати розподіл енергії вибуху: За допомогою вбудованих алгоритмів система може прогнозувати розподіл енергії вибуху, оптимізуючи параметри заряджання для досягнення бажаного ступеня дроблення породи.

Розраховувати параметри заряду: Система автоматично розраховує необхідну кількість вибухових речовин для кожної свердловини з урахуванням типу породи, бажаного ефекту дроблення та екологічних обмежень.

Планувати ініціювання: SHOTPlus дозволяє розробляти схеми ініціювання вибухів, включаючи послідовність детонації та затримки між свердловинами, що має вирішальне значення для мінімізації сейсмічних коливань та оптимізації фрагментації породи.

Інтеграція з іншими системами: SHOTPlus може інтегруватися з іншими гірничими інформаційними системами, такими як системи позиціонування (GPS), системи управління буровими установками та програмним забезпеченням для 3D-моделювання гірничих робіт, що забезпечує комплексний підхід до управління вибуховими роботами.

The screenshot shows a file explorer window with the following structure:

- drill_and_blast
 - training
 - bench_920
 - 1.0_blastmaster
 - 920_blastmaster.str
 - 920_outline.str
 - prod.str
 - prod_holes.str** (highlighted)
 - ramp_holes.str
 - trim_holes.str
 - 2.0_templates
 - 3.0_patterns
 - 4.0_reports
 - 5.0_plotfiles
 - 6.0_survey setout
 - 7.0_approved designs
 - 8.0_survey pickup
 - 9.0_blast report
 - working

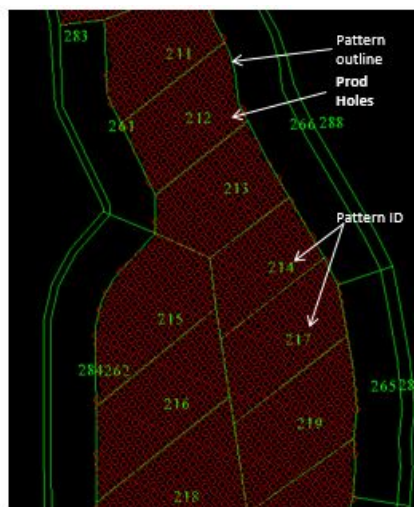


Рисунок 1.13 – Процедура буріння та вибухових робіт на відкритому повітрі

34

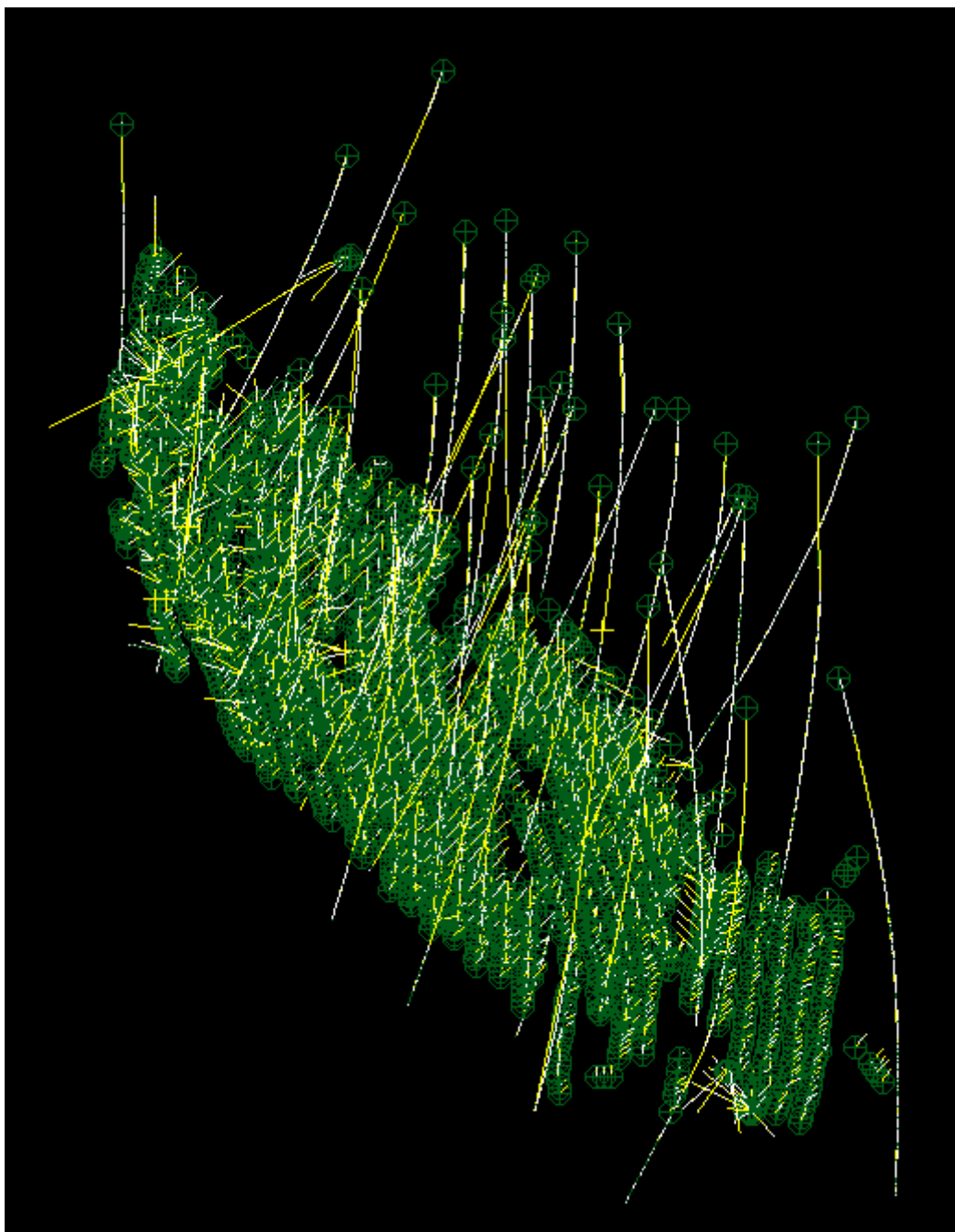


Рисунок 1.14 - Кроки для створення свердловин

Призначення та функціональні можливості

Модуль "Буріння та Підливні Роботи" системи Surpac спрямований на підвищення ефективності, безпеки та економічності вибухових робіт шляхом точного планування та контролю. Він надає широкий спектр функціональних можливостей:

Проектування бурових сіток: Дозволяє створювати гнучкі та індивідуальні плани буріння, включаючи розташування свердловин, їх глибину, кут нахилу, а також параметри відхилення від вертикалі.

Інтеграція геологічних даних: Модуль тісно інтегрується з геологічними моделями Surpac, що дозволяє враховувати літологію, структурні особливості порід, наявність тріщин та інші геологічні фактори при проектуванні заряду.

Оптимізація заряджання: Надає інструменти для розрахунку оптимальної кількості та типу вибухових речовин для кожної свердловини, враховуючи властивості породи, бажаний ступінь фрагментації та мінімізацію негативного впливу.

Схеми ініціювання: Дозволяє розробляти та візуалізувати складні схеми ініціювання вибухів, включаючи послідовність детонації та часові затримки, для контролю над фрагментацією, вібрацією та повітряною хвилею.

Аналіз результатів та звітність: Генерує детальні звіти та плани, що включають обсяги виїмки, витрату вибухових речовин, потенційні зони впливу вібрації та інші ключові показники. Це дозволяє проводити порівняльний аналіз проектних та фактичних даних.

3D-візуалізація: Надає потужні можливості 3D-візуалізації для кращого розуміння та аналізу буропідбивних планів у контексті тривимірної моделі гірничого об'єкта.



Рисунок 1.15 – 3D-візуалізація моделі

Технологічні аспекти

Модуль "Буріння та Підливні Роботи" Surpac базується на потужному геопросторовому ядрі, яке дозволяє працювати з великими обсягами просторових даних. Він використовує численні алгоритми моделювання та оптимізації для імітації поведінки гірських порід під час вибуху та прогнозування результатів.

Ключові технологічні особливості:

Інтеграція даних: Здатність імпортувати та експортувати дані з різних джерел, включаючи дані буріння, маркшейдерські зйомки, геологічні моделі та інформацію з систем управління обладнанням.

Параметричне моделювання: Дозволяє створювати параметричні шаблони бурових сіток, що значно прискорює процес проектування та забезпечує стандартизацію.

Аналіз сейсмічного впливу: Надає інструменти для прогнозування та аналізу сейсмічного впливу вибухів на прилеглі споруди та навколишнє середовище, що є критично важливим для дотримання екологічних норм.

Оцінка фрагментації: Дозволяє оцінювати очікуваний розмір фрагментів після вибуху, що є важливим для подальших процесів завантаження та транспортування.

Гнучкі інструменти налаштування: Модуль може бути налаштований відповідно до специфічних вимог конкретного родовища або компанії.

Висновки до розділу

Сучасні ІС для проектування буровибухових робіт мають широкий спектр можливостей – від базової візуалізації до моделювання поля вибухової хвилі. Вибір конкретної системи повинен ґрунтуватися на кількох факторах: масштабі підприємства, наявності навченого персоналу, інтеграції з іншими системами та бюджеті.

Для великих гірничодобувних та кар'єрних комбінатів доцільно впроваджувати BMS або складні системи, такі як MICROMINE + SHOTPlus.

Для малих підприємств з обмеженим бюджетом – SHOTPlus у поєднанні з геоінформаційною системою.

Для науково-дослідних робіт або підприємств з сильною ІТ-структурою – доцільно створити власну інформаційну систему з можливістю автоматичного аналізу результатів вибухів.

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ БУРО-ВИБУХОВИХ РОБІТ

2.1 Структура інформаційної системи



Рисунок 2.1 – Схема алгоритму

Основною метою програмного забезпечення є визначення оптимальних параметрів буро-вибухових робіт при відкритій розробки залізрудних родовищ. Для цього необхідно створити інформаційну систему, яка зможе

приймати дані, проводити розрахунки, визначати оптимальне значення і виводити його на екран для користувача.

Саме тому основну частину роботи програми можна поділити на наступні етапи:

1. Введення даних.
2. Обробка даних.
3. Виведення результату.
4. Збереження результату.

Використовуючи ці етапи можна створити наступну схему для 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 програми, 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 2.2 – 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, який представляє форму і містить логіку для обробки даних. Він використовує компоненти інтерфейсу, такі як `TextBox` для введення даних, та `Button` для виконання дій.

- `SaveFileDialog`: Використовується для збереження файлів, має властивості `Filter` і `Title`, а також метод `ShowDialog()` для відображення діалогового вікна.

- `File`: Статичний клас, який використовується для запису даних у файл 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 того, щоб мати уяву, як саме працюватимуть вище названі класи, потрібно також створити діаграму станів.

Для створення діаграми станів для програми, потрібно розглянути основні стани програми та переходи між ними, які визначаються діями користувача та логікою програми. Програма розраховує параметр `Qzm` на основі введених користувачем даних і дозволяє зберегти результат у файл. Основні стани програми включають введення даних, розрахунок і збереження результатів.

Основні стани програми:

1. `Initial` (початковий стан) — стан, коли програма тільки завантажилася.
2. `Waiting for Input` — стан очікування введення даних користувачем.
3. `Calculating` — стан обробки введених даних і розрахунку значення `Qzm`.
4. `Displaying Result` — стан, коли результат розрахунку відображається на екрані.
5. `Saving` — стан збереження результатів у файл.
6. `End` — завершальний стан, коли всі операції виконано.

Діаграма станів

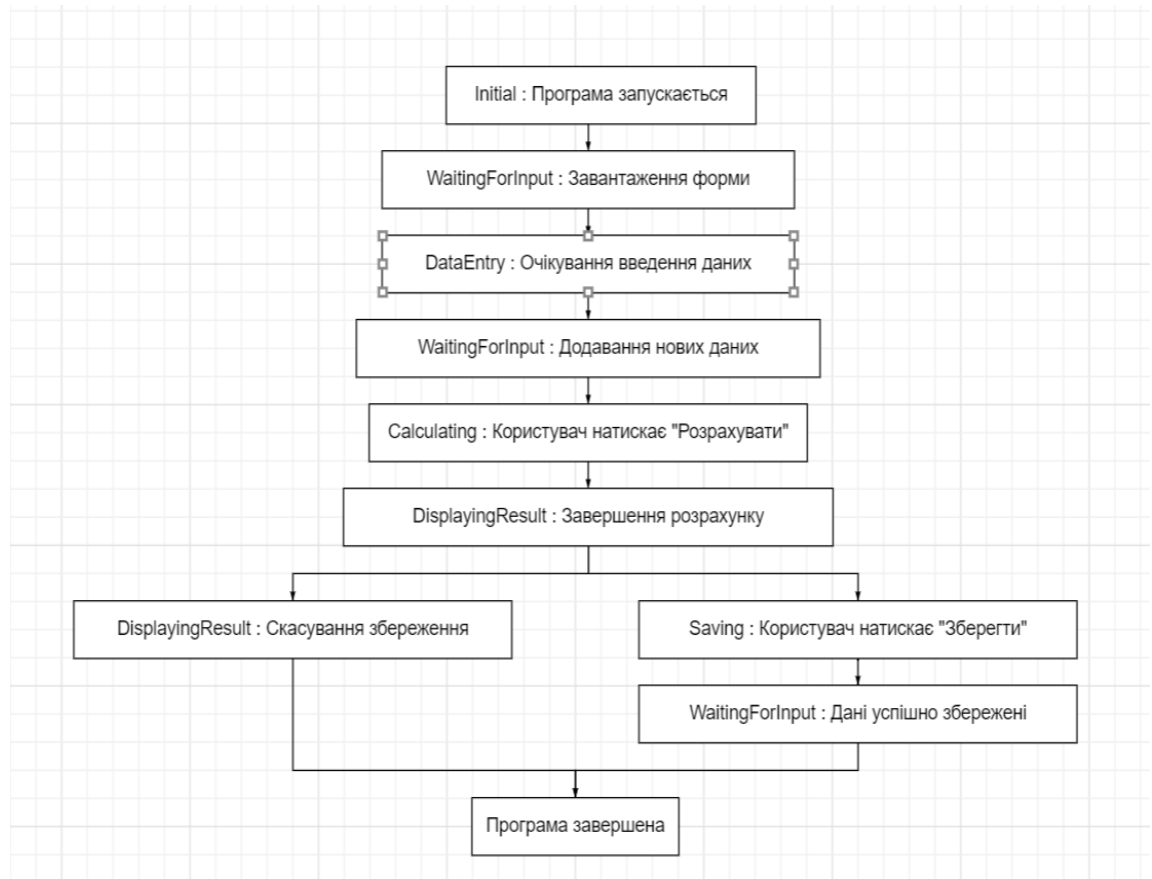


Рисунок 2.3 – Діаграма станів

Опис діаграми станів

1. Initial: Початковий стан програми. В цей момент програма завантажується і готується до роботи. Після завантаження форми програма переходить до стану `Waiting for Input`.

2. Waiting for Input: У цьому стані програма очікує, що користувач введе необхідні дані (тривалість зміни, час на підготовку, час на особисті потреби, швидкість буріння, тривалість переміщення). Користувач може ввести дані в текстові поля, і програма залишатиметься в цьому стані, поки всі необхідні дані не будуть введені і натиснуто кнопку "Розрахувати".

DataEntry: Підстан для введення даних користувачем. Введення даних продовжується до натискання кнопки "Розрахувати".

3. Calculating: У цьому стані програма обробляє введені дані, виконує розрахунок значення 'Qzm' за формулою. Цей стан активується при натисканні кнопки "Розрахувати".

4. Displaying Result: Після завершення розрахунку значення 'Qzm' відображається на екрані. Користувач може переглянути результат. З цього стану можна перейти до стану збереження результатів або повернутися до введення даних.

5. Saving: У цьому стані програма відкриває діалогове вікно збереження, де користувач може вибрати місце збереження файлу і зберегти результат. Якщо користувач зберігає дані, програма повертається до стану 'Waiting for Input'. Якщо збереження скасовано, користувач залишається в стані 'Displaying Result'.

6. End: Завершальний стан програми. Програма переходить до цього стану, коли всі операції завершені і користувач виходить з програми.

Діаграма use case дозволяє зрозуміти, які основні дії можуть виконувати користувачі програми та які функції вона надає. Програма, описана в попередньому коді, дозволяє користувачеві виконувати такі дії:

Введення даних.

Розрахунок величини Qzm.

Перегляд результату.

Збереження результату у файл.

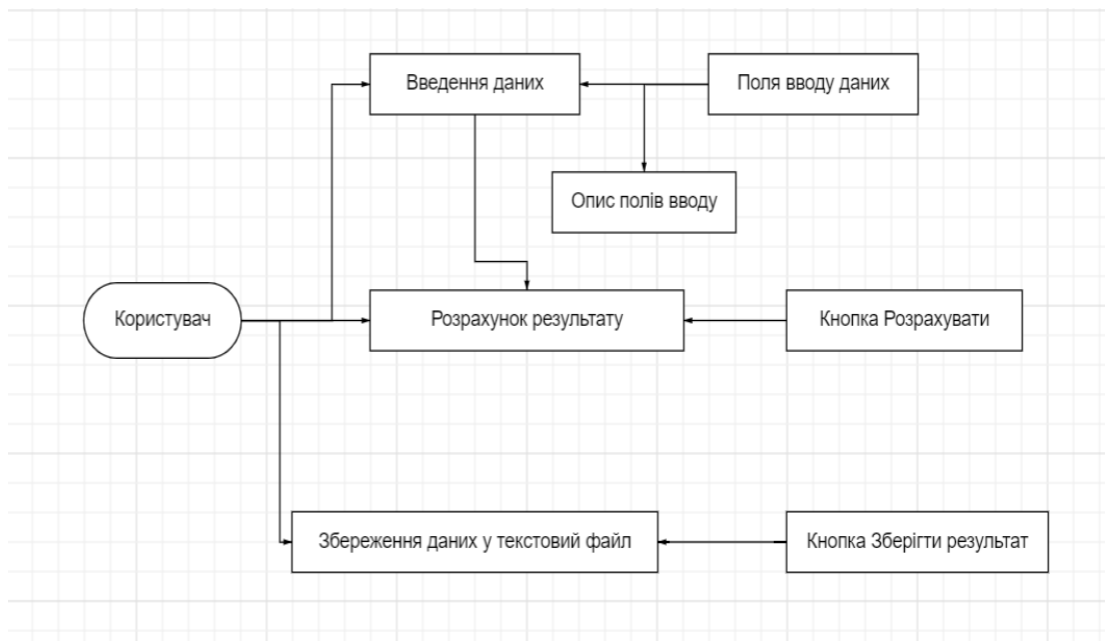


Рисунок 2.4 – Діаграма use case

Ключові елементи діаграми use case:

Актори: користувачі або інші системи, які взаємодіють із програмою.

Варіанти використання: Основний функціонал програми.

Зв'язки: взаємодія між акторами та сценаріями використання.

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».

2.2 Опис формули розрахунку

У програмному забезпеченні для визначення оптимальних параметрів буро-вибухових робіт при відкритій розробки залізородних родовищ буде використано статичний спосіб обробки даних для знайдення результату обчислення наступної формули

$$Q_{zm} = (T_{zm} - T_{п.з.} - T_{о.п.}) / (T_{пер.} + V_{бур.}),$$

де: T_{zm} - тривалість зміни в хвилинах (хв.);

$T_{п.з.}$ - час на виконання підготовчих та кінцевих операцій (хв.);

$T_{о.п.}$ - час на особисті потреби (хв.);

$V_{бур.}$ - швидкість буріння одної свердловини (хв.);

$T_{пер.}$ - тривалість переміщення станка на наступну свердловину блока (хв).

T_{zm} тривалість зміни (T_{zm}):

Це загальний час, який працівники мають на виконання завдань протягом робочої зміни. Зазвичай тривалість зміни може коливатися від 8 до 12 годин, що в хвилинах становить 480-720 хвилин.

Час на підготовчо-заклучні роботи (T п.з.):

Включає час, витрачений на підготовку обладнання до роботи, виконання необхідних регулювань і завершення роботи після зміни. Це можуть бути такі операції, як перевірка стану бурового обладнання, підготовка свердловини, змащування, прибирання робочого місця та інші дії, які безпосередньо не пов'язані з бурінням.

Час на особисті потреби (T о.п.):

Це час, який працівники витрачають на перерви, включаючи обід, короткі перерви, особисті потреби тощо. Зазвичай цей час визначається згідно з нормами праці і може коливатися, наприклад, від 30 до 60 хвилин на зміну.

Швидкість буріння однієї свердловини (V Бур.):

Це час, необхідний для буріння однієї свердловини. Це залежить від характеристик бурового обладнання, типу породи, глибини свердловини та інших технологічних параметрів. Наприклад, якщо швидкість буріння 20 хвилин на свердловину, то V Бур. = 20 хвилин.

Тривалість руху машини (T перев.):

Це час, витрачений на переміщення бурової установки від однієї свердловини до іншої в межах одного блоку. Цей час може включати переміщення самої бурової установки, її встановлення на нову свердловину та інші дії, необхідні для початку буріння наступної свердловини.

Для збереження даних будуть використані 5 полів, а також поле для виведення результату. Для цього потрібно об'явити наступні поля:

double Tzm;

double TpZ;

double ToP;

double Vbur;

double Tper;

double Qzm;

Детальний опис змінних

double Tzm;

Tzm (Тривалість зміни) — це змінна, яка зберігає тривалість робочої зміни в хвилинах. Цей параметр використовується для визначення загального часу, доступного для буріння в одну зміну.

double TrZ;

TrZ (Час на підготовчо-заклучні операції) — змінна, яка запам'ятовує час, необхідний для виконання підготовчо-заклучних операцій протягом зміни. Цей час віднімається із загальної тривалості зміни, щоб отримати чистий робочий час.

double ToP;

ToP (Time on Personal Needs) — це змінна, яка фіксує час, витрачений працівниками на особисті потреби протягом зміни. Цей час також віднімається із загальної тривалості зміни для розрахунку ефективного робочого часу.

double Vbur;

Vbur (швидкість буріння) — це змінна, яка зберігає швидкість буріння однієї свердловини, виражену в хвилинах на свердловину. Цей параметр використовується для визначення того, скільки часу потрібно для буріння однієї свердловини.

double Tper;

Tper (тривалість переміщення бурової установки) — це змінна, яка зберігає час, необхідний для переміщення бурової установки до наступної свердловини в блоці. Цей час додається до часу буріння, щоб визначити загальний час, витрачений на свердловину.

double Qzm;

Qzm (Кількість свердловин за зміну) — це змінна, яка зберігає кількість свердловин, які можна пробурити за одну робочу зміну. Це розрахункове значення, яке залежить від інших параметрів, таких як тривалість зміни, час підготовки, особисті потреби, швидкість буріння та тривалість руху.

Для проведення розрахунку згідно з введеними даними буде використано наступний код:

```
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` є обробником події для кнопки `Calculate`. Він має два параметри:

відправник об'єкта: об'єкт, який ініціював подію (у цьому випадку кнопка). `EventArgs e`: Аргументи події (передають додаткову інформацію про подію).

Читання вхідних даних:

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

`TpZ = double.Parse(tpzTextBox.Text);`: читає текстове значення з `tpzTextBox` (час для виконання підготовчих і заключних операцій) і перетворює його на тип `double`.

`ToP = double.Parse(topTextBox.Text);`: читає текстове значення з `topTextBox` (час для особистих потреб) і перетворює його на тип `double`.

`Vbur = double.Parse(vburTextBox.Text);`; читає текстове значення з `vburTextBox` (швидкість буріння однієї свердловини) і перетворює його на подвійне значення.

`Tper = double.Parse(tperTextBox.Text);`; читає текстове значення з `tperTextBox` (тривалість руху машини до наступного колодязя блоку) і перетворює його на тип `double`.

Розрахунок кількості свердловин за зміну:

розраховує кількість свердловин, які можна пробурити за зміну, використовуючи вхідні дані. Формула розрахунку виглядає так:

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

`Tзм`, `ТпЗ`, `ТоП` – відповідно тривалість зміни, час на підготовчі операції та час на особисті потреби.

`Tper` і `Vbur` – тривалість руху та швидкість буріння відповідно.

Виведення результату:

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

2.3 Описання програми

Програма по визначенню оптимальних параметрів буде порівнювати різні варіанти даних і знаходити оптимальний з них. Для цього потрібно додати можливість збереження даних і результатів в межах програми для швидшого доступу і полегшення роботи. Для цього буде створено двовірний масив для зберігання наборів даних (максимум 50 наборів)

```
double[,] localsave = new double[6,50];
```

Далі треба створити кнопку, яка буде зберігати дані локально:

```
public void LocalSave_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (i < 50)
    {
        for (i < 50; 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;
}

```

Опис елементів коду

Перевірка умови, якщо ($i < 50$):

Код перевіряє, чи значення змінної i менше 50. Це умова, яка визначає, чи можна зберегти нові дані в масиві `localsave`. Якщо i досягає 50, усі слоти в масиві заповнені, і нові дані не будуть записані, доки i не буде скинуто до 0.

Цикл `for` для запису даних:

Якщо умова виконується ($i < 50$), починається цикл `for`, який повторюється 50 разів (i змінюється від 0 до 49).

У циклі `for` введені дані записуються у відповідні місця масиву `localsave`.

Запис даних до масиву `localsave`:

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

`localsave[1, i]` зберігає значення з текстового поля `tpzTextBox` (час на підготовчі та заключні операції).

`localsave[2, i]` зберігає значення з текстового поля `topTextBox` (час для особистого використання).

`localsave[3, i]` зберігає значення з текстового поля `vburTextBox` (швидкість буріння однієї свердловини).

`localsave[4, i]` зберігає значення з текстового поля `tperTextBox` (тривалість руху машини).

Розрахунок Q_{zm} і збереження результату:

localsave[5, i] розраховує кількість свердловин, які можна пробурити за зміну за формулою:

$$Q_{зм.} = (T_{зм.} - T_{н.з.} - T_{о.п.}) / (T_{пер.} + V_{бур}),$$

Це значення зберігається в шостому рядку масиву localsave.

Збільшення i в циклі:

Кожного разу i збільшується на 1, і цикл повторюється до досягнення 50.

Скинути змінну i до 0:

Якщо i вже дорівнює або перевищує 50 (усі місця в масиві localsave зайняті), змінна i скидається до 0.

Це означає, що наступного разу дані будуть записані з початку масиву, перезаписуючи попередні значення.

А також кнопку для проведення пошуку оптимального варіанту:

```
public void LocalResults_Click(object sender, EventArgs e)
{
    double max = 0;
    int maxJ = 0;
    for (int j = 0; j < 50; j++)
    {
        if (max < localsave[5, j])
        {
            max = localsave[5, j];
            maxJ = j;
        }
    }
    MessageBox.Show("Найбільш ефективний варіант - варіант №"
+ maxJ + " = " + localsave[5, maxJ]);
}
```

Оголошення та ініціалізація змінних:

double max = 0;: Оголошення змінної double max для збереження максимального значення. Початкове значення 0.

int maxJ = 0;: Оголосити змінну maxJ типу int для зберігання індексу, за яким було знайдено максимальне значення. Початкове значення 0.

Цикл for для пошуку максимального значення:

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

Умовна 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];: оновлює значення max, щоб зберегти нове максимальне значення.

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

Відображення результату:

MessageBox.Show("Найефективнішою опцією є опція #" + maxJ + " = " + localsave[5, maxJ]);: Показує повідомлення, яке містить номер опції з максимальним значенням і саме максимальне значення. Результатом надається кількість свердловин за робочий день.

Також потрібно додати можливість збереження результатів обчислення у зовнішньому файлі. Це надасть можливість використовувати вже готові дані в інших файлах/програмах за необхідності:

```
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!");
}
}

```

Метод реклами:

`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 (у цьому випадку кнопка).

`EventArgs e`: Аргументи події (передають додаткову інформацію про подію).

Формування рядка з даними:

`string data = ...:` створює рядок даних, який містить усі вхідні дані та результати обчислень у зручному форматі для збереження у файл. Форматування виконується за допомогою інтерполяції рядків (рядки починаються з \$).

Тривалість зміни: {Tzm} хвилин: додає значення змінної `Tzm` до рядка, який представляє тривалість зміни.

Час на підготовку: {TrZ} хвилин: додає значення змінної `TrZ` до рядка, який представляє час на підготовку.

Особистий час: {ToP} хвилин: додає значення змінної `ToP` до рядка, який представляє особистий час.

Швидкість буріння: {Vbur} хвилин на свердловину: додає значення змінної `Vbur` до рядка, який представляє швидкість буріння.

Тривалість переміщення: {Trer} хвилин: додає значення змінної `Trer` до рядка, який представляє тривалість переміщення.

Qzm.: {Qzm:F2} свердловини: додає до рядка значення змінної Qzm, яке представляє кількість свердловин, які можна пробурити за зміну. {Qzm:F2} означає, що значення Qzm відображатиметься з двома знаками після коми.

Налаштування діалогового вікна для збереження файлу:

SaveFileDialog saveFileDialog = новий SaveFileDialog: створює новий екземпляр класу SaveFileDialog, який дозволяє користувачеві вибрати розташування та назву для збереження файлу.

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

Заголовок = «Збереження даних»: встановлює назву діалогового вікна на «Збереження даних».

Відкриття діалогового вікна та перевірка вибору користувача:

if (saveFileDialog.ShowDialog() == DialogResult.OK): відкриває діалогове вікно. Якщо користувач клацне «ОК» і вибере місце для збереження файлу, буде виконано наступний блок коду.

Збереження даних у файл:

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

MessageBox.Show("Data saved successfully!");: відображає повідомлення про те, що дані успішно збережено.

2.4 Створення дизайну інтерфейсу

Для спрощення роботи з програмою і створення більш зрозумілого інтерфейсу буде використаний спрощений дизайн, основною частиною якого будуть елементи для введення і виведення даних, кнопки для роботи з даними(розрахунок, збереження). Кількість елементів інтерфейсу також буде

зменшена до того значення, коли елементів достатньо для виконання всіх функцій програми.

Для правильного функціонування програми необхідні наступні елементи інтерфейсу користувача:

- Поле введення даних;
- Поле відображення результату;
- Кнопка розрахунку оптимального результату;
- Кнопка збереження результату в межах програми;
- Кнопка збереження результату в зовнішньому файлі;

Розглянемо можливі варіанти інтерфейсу з включенням цих елементів.

Варіанти вигляду головного вікна програми:

The diagram illustrates the layout of a program window. It features a dark gray background. On the right side, there is a large white rectangular area labeled "Поля введення даних" (Data input field). Below this area, at the bottom right, is a smaller white rectangular area labeled "Поля виведення результату" (Result output field). On the left side, there is a 2x2 grid of white rectangular buttons. The top-left button is labeled "Розрахунок даних (кнопка)" (Data calculation button), the top-right button is labeled "Збереження (кнопка)" (Save button), the bottom-left button is labeled "Збереження (кнопка)" (Save button), and the bottom-right button is labeled "Виведення результату (кнопка)" (Result output button).

Рисунок 2.5 – Форма 1

Поля введення даних

Розрахунок даних (кнопка)	Збереження (кнопка)
Збереження (кнопка)	Виведення результату (кнопка)
Поле виведення результату	

The diagram illustrates a software form layout. On the left is a large white rectangular area labeled "Поля введення даних" (Data input fields). To the right, on a dark gray background, are four buttons arranged in a 2x2 grid. The top row contains "Розрахунок даних (кнопка)" (Data calculation button) and "Збереження (кнопка)" (Save button). The bottom row contains "Збереження (кнопка)" (Save button) and "Виведення результату (кнопка)" (Output result button). Below these buttons is a wide, horizontal white rectangular area labeled "Поле виведення результату" (Result output field), which has a blue border and small square handles at its corners, indicating it is a resizable element.

Рисунок 2.6 – Форма 2

Поля введення даних

Розрахунок даних (кнопка)

Збереження (кнопка)

Збереження (кнопка)

Поле виведення результату

Виведення результату (кнопка)

Рисунок 2.7 – Форма 3

У цій роботі буде використано 3 варіант інтерфейсу. Інтерфейс користувача буде створений за допомогою інтерфейсу програмування Windows Forms.

Етапи створення інтерфейсу:

1. Додати поля для введення даних(кожне поле відповідає за окреме значення при обчисленні)
2. Додати поле для виведення результату обчислення
3. Додати кнопку для розрахунку результату
4. Додати кнопку локального збереження результату
5. Додати кнопку збереження в зовнішньому файлі.
6. Додати кнопку виведення вікна з оптимальним результатом.

Form1

500 тривалість зміни (хв)

50 час на виконання підготовчих та кінцевих операцій (хв)

20 час на особисті потреби (хв)

10 швидкість буріння одної свердловини (хв)

10 тривалість переміщення станка на наступну свердловину блока (хв)

Розрахувати

Результат: 21,5

Рисунок 2.8 – Перевірка форми 1

Зберегти результат

600 тривалість зміни (хв)

40 час на виконання підготовчих та кінцевих операцій (хв)

60 час на особисті потреби (хв)

45 швидкість буріння одної свердловини (хв)

10 тривалість переміщення станка на наступну свердловину блока (хв)

Розрахувати

Зберегти результат

Результат: 9,09090909090909

Рисунок 2.9 – Перевірка форми 2

Зберегти результат

720 тривалість зміни (хв)

60 час на виконання підготовчих та кінцевих операцій (хв)

30 час на особисті потреби (хв)

15 швидкість буріння одної свердловини (хв)

10 тривалість переміщення станка на наступну свердловину блока (хв)

Розрахувати

Зберегти результат

Зберегти локально

Показати оптимальний варіант

Результат: 25,2

Рисунок 2.10 – Перевірка форми 3

Основна частина роботи програми проходить в наведеному вище вікні, але під час збереження даних у зовнішньому файлі та відображенні оптимального результату відображаються додаткові вікна. Приклад відображення вікна при збереженні даних в зовнішній файл(приклад вікна відображення оптимального результату наведено в розділі 3.2):

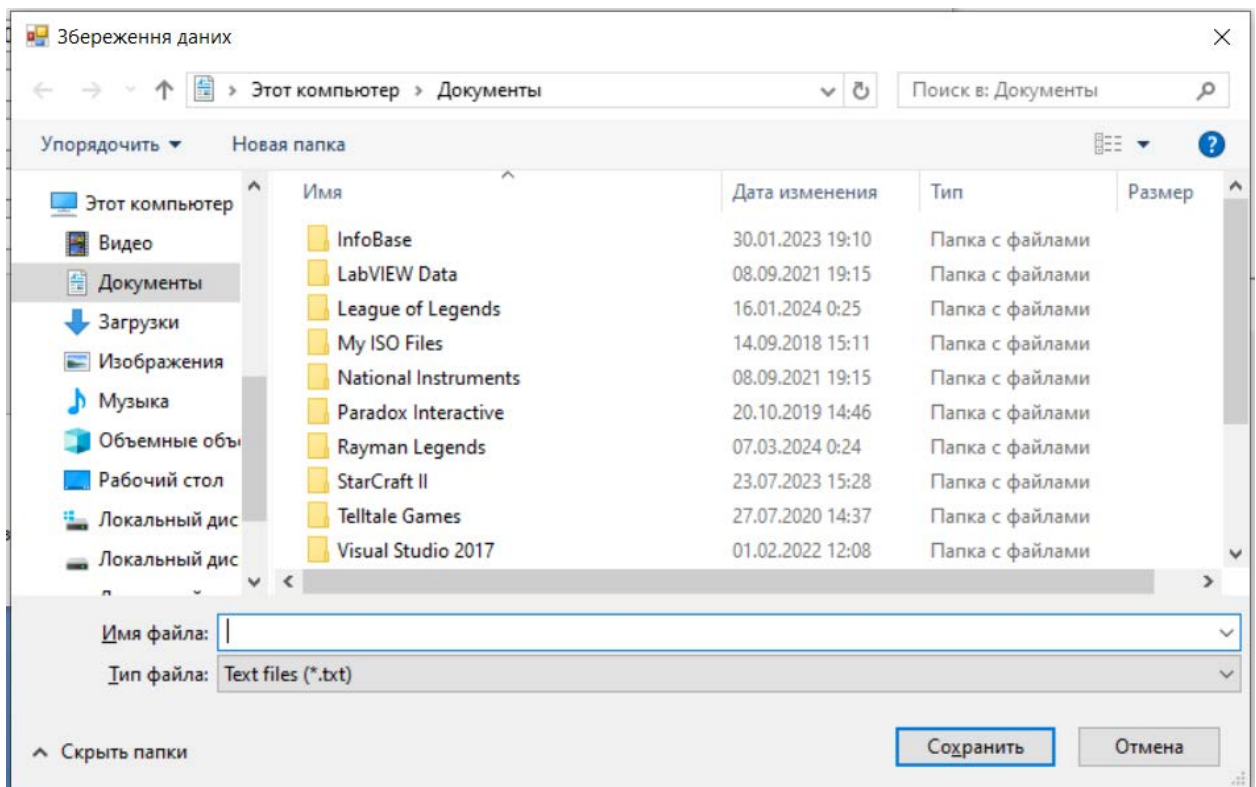


Рисунок 2.11 – Вибір файлу для збереження даних

2.5 Перевірка правильності роботи програмного забезпечення

Після створення програмного забезпечення і перевірки збереження даних потрібно перевірити розрахунок оптимального значення.

Зберегти результат

500 тривалість зміни (хв)

40 час на виконання підготовчих та кінцевих операцій (хв)

30 час на особисті потреби (хв)

15 швидкість буріння одної свердловини (хв)

10 тривалість переміщення станка на наступну свердловину блока (хв)

Розрахувати

Зберегти результат

Зберегти локально

Показати оптимальний варіант

Результат: 17,2

Рисунок 2.12 – Розрахунки 1

Зберегти результат

600 тривалість зміни (хв)

50 час на виконання підготовчих та кінцевих операцій (хв)

25 час на особисті потреби (хв)

20 швидкість буріння одної свердловини (хв)

15 тривалість переміщення станка на наступну свердловину блока (хв)

Розрахувати

Зберегти результат

Зберегти локально

Показати оптимальний варіант

Результат: 15

Рисунок 2.13 – Розрахунки 2

Після проведення декількох розрахунків програма відображає оптимальний варіант серед збережених:

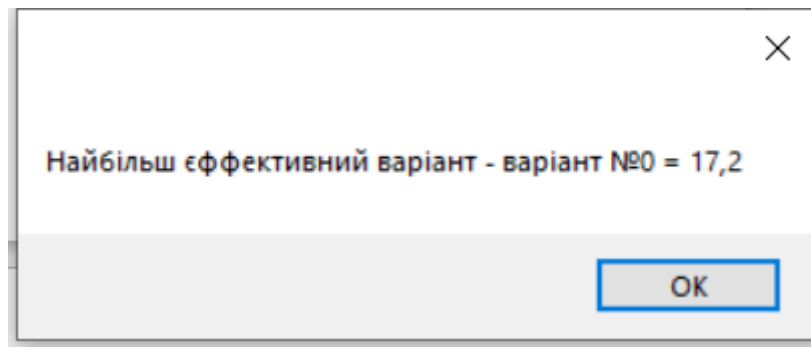


Рисунок 2.14 – Оптимальний варіант

Висновки до розділу

Для розробки програмного забезпечення необхідно розглянути декілька важливих питань:

- 1 Що має робити і для чого використовуватись створювана програма.
- 2 Як програма має працювати. З яких частин має складатись.
- 3 Поетапно розробити програму в залежності від попередніх питань.

За темою було розроблено програмне забезпечення для розрахунку оптимальних параметрів буро-вибухових робіт при відкритій розробки залізорудних родовищ. Програмне забезпечення надає можливість розраховувати оптимальні параметри, а також зберігти результати для подальшої роботи і порівняння.

Спочатку був вирішений порядок дій програми, потім розглянуті можливі способи введення, обробки і виведення інформації. Далі було розглянуто частину програмного коду і його опис. У кінці розділу надається декілька варіантів розміщення елементів програми на вікні «форми №».

Розробка інтерфейсу користувача є важливою частиною розробки програмного забезпечення, так як він являється засобом взаємодії користувача з програмою.

Для створення програмного застосунку, розглянутого в цій роботі, було використано інтерфейс програмування Windows Forms і мову програмування C#.

Інтерфейс складається з полей для введення даних для розрахунку і виведення результатів, а також кнопок розрахунку і збереження результату,

збереження результату в зовнішньому файлі і відображення оптимального результату.

Відображення оптимального результату і збереження в зовнішньому файлі проводиться за допомогою додаткових вікон програми.

ВИСНОВКИ

1. Ефективність автоматизованої інформаційної системи: Розроблена автоматизована інформаційна система для визначення оптимальних параметрів буро-вибухових робіт показала високу ефективність. Вона дозволяє значно скоротити час на планування та виконання буро-вибухових операцій, підвищуючи продуктивність і знижуючи витрати.

2. Оптимізація параметрів: Система забезпечує точний розрахунок оптимальних параметрів буро-вибухових робіт, таких як глибина буріння, кількість і розташування свердловин, тип і кількість вибухових речовин. Це дозволяє досягти максимального видобутку залізної руди з мінімальними витратами та впливом на навколишнє середовище.

3. Поліпшення безпеки: Завдяки автоматизації процесів, система сприяє підвищенню рівня безпеки на виробництві. Зменшується ризик помилок, пов'язаних з людським фактором, і забезпечується точніше дотримання технологічних норм і стандартів безпеки.

4. Інтеграція з іншими системами: Автоматизована інформаційна система може бути інтегрована з іншими корпоративними системами управління, що дозволяє створити єдиний інформаційний простір для планування і контролю виробничих процесів. Це забезпечує більш ефективне управління ресурсами та координацію дій між різними підрозділами.

5. Економічна ефективність: Використання розробленої системи сприяє зниженню експлуатаційних витрат та збільшенню рентабельності гірничодобувного підприємства. Оптимізація витрат на буро-вибухові роботи, зменшення втрат руди та зниження енергетичних витрат сприяють економічній стабільності та розвитку підприємства.

6. Вплив на навколишнє середовище: Система допомагає мінімізувати негативний вплив буро-вибухових робіт на навколишнє середовище. Завдяки точному плануванню і контролю за виконанням робіт зменшується обсяг

відходів, знижується рівень шуму і вібрацій, що позитивно впливає на екологічну ситуацію в регіоні.

7. Перспективи розвитку: Подальший розвиток та вдосконалення автоматизованої інформаційної системи можуть включати впровадження передових алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту для більш точного прогнозування і оптимізації параметрів буро-вибухових робіт. Це дозволить досягти ще вищого рівня ефективності та безпеки у гірничодобувній галузі.

Загалом, розроблена автоматизована інформаційна система визначення оптимальних параметрів буро-вибухових робіт при відкритій розробці залізрудних родовищ є важливим кроком у напрямку підвищення ефективності та безпеки гірничодобувної промисловості. Вона дозволяє значно покращити виробничі процеси, знизити витрати та мінімізувати вплив на навколишнє середовище, що робить її впровадження доцільним і перспективним для сучасних гірничодобувних підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Эпштейн Е. Ф., Дудля Н. А. Буровые машины и механизмы: Учебное пособие. Днепропетр. горн. ин-т.- Днепропетровск. 1975. 101с.
2. Дудля Н. А. Автоматизация и механизация процессов разведочного бурения: Учебное пособие. Днепропетр. горн. ин-т. 1977. 114с.
3. Дудля Н.А. Основы проектирования буровых машин и механизмов: Учебное пособие. Днепропетр горн. ин-т. Днепропетровск : 1978. 86с.
4. Дудля Н.А Буровые машины и механизмы: Учебник: К.; Донецк: Вища шк., Головное изд-во. 1985. 176с.
5. Дудля Н. А. Автоматизация и механизация производственных процессов при разведочном бурении.: Учебник. К. : Донецк: Вища шк., Головное изд-во. 1987. 184с.
6. Дудля Н.А Проектирование буровых машин и механизмов: Учебник. К.: Вища шк., 1990. 272с.
7. Білецький В. С. Основи нафтогазової справи / В. С. Білецький, В. М. Орловський, В. І. Дмитренко, А. М. Похилко. Полтава : ПолтНТУ, Київ: ФОП Халіков Р. Х., 2017. 312 с.
8. Piwnjak G., Dudla N., Zieba A., Ziaja M. Zarys inżynierii wiertniczej; Skrypty uczelniane; Krakow. Wydawnictwo AGH. Część 1. 1990. 238s.
9. Бойко В. С., Бойко Р. В. Тлумачно-термінологічний словник-довідник з нафти і газу. Тт. 1-2, 2004-2006 pp. 800 с.
10. Piwniak G., Dudla N., Zięba A., Ziaja M. Zarys inżynierii wiertniczej; Skrypty uczelniane; Krakow. Wydawnictwo AGH. Część 2. 1990. 175s.
11. 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.
12. 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.

13. 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.
14. Українська нафтогазова енциклопедія / за загальною редакцією В. С. Іванишина. Львів : Сполом, 2016. 603 с. : іл., табл. ISBN 9789669191403.
15. Роман Яремійчук. З ІСТОРІЇ РОЗВИТКУ БУРОВИХ РОБІТ // Донецький вісник Наукового товариства ім. Шевченка. Т. 37. Донецьк : Український культурологічний центр, Східний видавничий дім, 2013.
16. 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
17. Білецький В. С., Вітрик В. Г., Матвієнко А. М. та ін. Проектування бурового і нафтопромислового обладнання. Полтава: ПолтНТУ, 2015. 196 с.
18. Коцкулич Я. С., Кочкодан Я. М. Буріння нафтових і газових свердловин. Коломия : 1999. 504 с.
19. 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.
20. Яремійчук Р.С, Возний В. Р. Основи гірничого виробництва. Підручник. Київ : Українська книга, 2000. с.360. ISBN 966-7327-52-3
21. Бойко В.С., Бойко Р. В. Тлумачно-термінологічний словник-довідник з нафти і газу. Т. 1-2, 2004-2006 рр. 800 с.
22. Тимошенко В. М., Лях М. М. , Савик В. М. Бурові споруди, їх монтаж та експлуатація. Полтава : ПолтНТУ, 2008, 105 с.

23. Білецький В. С. Основи нафтогазової справи / В. С. Білецький, В. М. Орловський, В. І. Дмитренко, А. М. Похилко. Полтава: ПолтНТУ, Київ : ФОП Халіков Р. Х., 2017. 312 с.

24. 26. 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.

25. Гірничий енциклопедичний словник : у 3 т / за ред. В. С. Білецького. Д. : Східний видавничий дім, 2001.2004.

26. 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.

27. Білецький В. С. Основи нафтогазової справи / В. С. Білецький, В. М. Орловський, В. І. Дмитренко, А. М. Похилко. Полтава : ПолтНТУ, Київ: ФОП Халіков Р. Х., 2017. 312 с.

28. 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.

29. Система підтримки прийняття рішень із усунення ударів і вібрацій під час глибинно-похилого буріння. UR : <https://doaj.org/article/3aa813d5c42c40edafe251f21e46c208> (дата звернення: 13.06.2025).

30. 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).

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

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

33. Blast Management System (BIMS). URL: <https://www.mineexcellence.com/blast-information-management-system/> (дата звернення: 13.06.2025).

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

35. 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.

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

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

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

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

40. 35. 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).

41. Surpac Drill and Blast Tutorial. URL: <https://ru.scribd.com/document/363501393/Surpac-Drill-and-Blast-Tutorial>.

ДОДАТОК А

Програма для розрахунку ОПБВР

```
using System;
using System.IO;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

namespace диплом_3
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        double Tzm;
        double TpZ;
        double ToP;
        double Vbur;
        double Tper;
        double Qzm;
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }
    }
}
```

```
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
{

}
```

```
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);
}
```

```
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!");
    }
}

double[,] localsave = new double[6,50];
int i;
public void LocalSave_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (i < 50)
    {
        for (i < 50; 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;
}

public void LocalResults_Click(object sender, EventArgs e)
{
    double max = 0;
    int maxJ = 0;
    for (int j = 0; j < 50; j++)

```

```

    {
        if (max < localsave[5, j])
        {
            max = localsave[5, j];
            maxJ = j;
        }
    }
    MessageBox.Show("Найбільш ефективний варіант - варіант №" + maxJ
+ " = " + localsave[5, maxJ]);

    }
}
}

```