

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРИ РОБОТІ НА ШАХТІ З ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНИМИ ПЛАСТАМИ.....	9
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	15
2. СТРУКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ БЕЗПЕКИ ВЕДЕННЯ РОБОТИ НА ШАХТІ.....	16
3. МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС МОДЕЛІ ПОКЛАДЕНОЇ В ОСНОВУ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ.....	21
4. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ... 23	
5. РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ ДАНИХ ВІД НИЖНЬОГО РІВНЯ ТА АЛГОРИТМІВ РОЗРАХУНКУ ПРОГНОЗУ. ....	30
6. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА МОВІ ПРОГРАМУВАННЯ JAVA. ....	34
7. ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДНО-ПРОМИСЛОВОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ВНЕСЕННЯ КОРЕКТИВІВ ДО РОБОТИ ПРОГРАМНИХ ДОДАТКІВ.....	49
8. РОЗРОБКА STARTUP-ПРОЕКТУ.....	51
8.1 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу.....	52
8.2 Ключові фактори успіху проекту за методом Шонфільда.....	52
8.3 Розрахунок основних техніко-економічних показників проекту	53
8.4 Карта бізнес процесів використання стартап проекту.....	<b>Ошибка!</b>
<b>Закладка не определена.</b>	
8.5 Оцінка ризиків та страхування розробки. ....	56
ВИСНОВКИ .....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	59
Додаток А .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Додаток Б.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Додаток В.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Додаток Г .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Додаток Д.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Додаток Ж.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Додаток З .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## ВСТУП

При розробці вугільних родовищ існує проблема газодинамічної активності вугільно-породного масиву у вигляді небезпечних проявів, де складовими чинниками виступають гірничий тиск, метан, що насичує вугільну речовину, та фізико-механічні властивості вугілля та оточуючих порід. При певних умовах кожен з названих факторів може прийняти характер головної причини прояву газодинамічної активності, але в більшості випадків основним чинником прояву виступає гірничий тиск.

Основним джерелом напруження в масиві гірничих порід виступає вага товщі гірничих порід, які підробляються в ході видобутку корисної копалини. Це так звані «геостатичні» компоненти гірничого тиску. У конкретних умовах на додаток до неї можуть діяти:

- тектонічні та неотектонічні напруження;
- техногенні компоненти напруження – обумовлені веденням гірничих робіт в попередні періоди на відробленому пласті і суміжних з ним і таких, що приводять в конкретних умовах до різноманітних наслідків;
- напруження, обумовлені зависанням і обваленням блоків безпосередньої, основної покрівлі і вищерозміщених шарів вугленосної товщі;
- напруження, обумовлені неоднорідністю будови вугленосної товщі, починаючи від змін кутів залягання і до тектонічних порушень різного генезису.

У загальній постановці проблема оцінки складного напруженого стану масиву гірничих порід не вирішена до теперішнього часу. Відсутні також системи моніторингу напруження, що діє, в масиві, який оточує вибій підготовчої або очисної виробки [1].

Винятком є тільки системи контролю викликаної акустичної емісії (АЕ). Причиною тому є сама природа АЕ. Розриви суцільності гірничого масиву, які супроводжуються АЕ, виникають там, де локальні напруження перевищують локальну межу міцності. Не відповідаючи на питання про абсолютну величину напруження, метод викликаної АЕ природним чином повідомляє про наявність аномально високої для конкретного масиву напруги, про концентрацію осередків напруження, про динаміку руйнування в осередках руйнування і так далі.

Спостерігаючи викликану АЕ, ми маємо можливість інтегрально оцінити відповідність вживаної технології ведення гірничих робіт у частині урахування можливих сил гірничого тиску поточній геомеханічній ситуації і ув'язати її потім з джерелом підвищеного напруження на основі аналізу додаткової інформації.

Неодноразово відмічена також інша найважливіша особливість методу викликаної АЕ – мінімальне втручання в процес ведення гірничих робіт.

Метод АЕ на шахтах Донбасу застосовують більше сорока років. За цей час горно-геологічні та гірничотехнічні умови суттєво змінилися, що вимагає коректування відповідного керівництва по застосуванню методу. З іншого боку, відбулися суттєві зміни в радіотехнічних пристроях, вживаних для ведення спостережень АЕ і в засобах обробки інформації, яка поступає, що дозволяють реалізувати трудомісткі алгоритми ефективної обробки даних.

Не дивлячись на великий обсяг успішного використання методу викликаної АЕ весь цей час були видні і не вирішені питання методу.

Не має до теперішніх часів наукового обґрунтування протяжності небезпечних зон, що вже виявлені прогнозом.

Відсутня також методика виявлення параметрів прогнозу в конкретних гірничо-геологічних умовах[2].

Через значну кількість аварій та недосконалість методів прогнозування, що використовуються на шахтах в даний момент, тема автоматизованої підсистеми прогнозування ведення робіт на викидо-небезпечних вугільних пластах, що дозволяє зменшити ризик роботи та збільшити відсоток виробітки є актуальною.

## 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРИ РОБОТІ НА ШАХТІ З ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНИМИ ПЛАСТАМИ

Ефективність і безпека гірничих робіт в значній мірі залежать від характеру прояву гірничого тиску, який є одним з найбільш значних явищ, пов'язаних з розробкою родовищ, тому йому присвячено безліч досліджень і запропоновано багато методик для прогнозу зон підвищеного гірничого тиску.

Серед існуючих способів прогнозу небезпечних проявів гірничого тиску широкого поширення набули геофізичні методи, а саме сейсмоакустичні методи прогнозу.

Гірничі породи в незайманому гірничому масиві знаходяться в стані напруженої рівноваги. При очисних роботах рівновага в масиві порушується і в ньому відбувається перерозподіл напруги.

Під впливом гірничих робіт в масиві відбувається постійний процес перерозподілу напруги в краєвій області ведення цих робіт. Перерозподіл напруги супроводжується утворенням локальних розривів і генерацією звукових хвиль в широкому діапазоні частот (явище акустичної емісії (АЕ)).

Збільшення загальної напруженості в привибійній частині масиву приводить до збільшення кількості імпульсів, що реєструються в одиницю часу, а нерівномірність в перерозподілі напруги проявляється в нерівномірності реєстрованої кількості імпульсів в сусідніх інтервалах відліку.[3]

Таким чином, регулярні спостереження за сейсмоакустичним режимом краєвої частини вугільного пласта дозволяють контролювати відносні зміни в характері перерозподілу напруження у вугільному масиві, та пов'язаних з ним загроз проявів газодинамічної активності в районі ведення гірничих робіт.

Зміна сейсмоакустичного показника прояву гірничого тиску дозволяє розглянути можливість рішення задачі об'єктивної оцінки оптимальності прийнятого способу управління гірничим тиском в конкретних гірничо-

геологічних умовах, а також прогноз змін в прояві гірничого тиску за наслідками його поточної оцінки.

Аналіз результатів сейсмоакустичних спостережень в очисних та підготовчих вибоях крутих пластів в роботі дозволив встановити, що сейсмоакустичний режим при посуванні очисного вибою не залишається постійним. Його зміни відбуваються:

- періодично, відповідно до кроку зависання підроблених шарів вміщаючих порід;
- при посиленні тиску на частину пласта за рахунок збільшення прольоту підроблених порід при відході очисних робіт від розрізу;
- при веденні гірничих робіт в районі залишених на суміжних пластах ціликів;
- при регіональних змінах властивостей порід, які вміщують вугільний пласт;
- в зонах впливу геологічних порушень різної етіології
- при регіональних змінах засобів і способів управління гірничим тиском;

Виходячи з аналізу результатів сейсмоакустичних спостережень в вугільних вибоях було розроблено різні методики прогнозування безпеки ведення робіт на шахтах схильних до газодинамічних явищ.[4]

Існує безліч методів прогнозування, що забезпечують безпечне ведення робіт на шахті. УкрНДМІ запропонований метод сейсмічного просвічування, де враховуються крім кінематичних, динамічні і спектральні параметри хвильового поля. При обробці матеріалів сеймопросвічування був виконаний розрахунок параметрів хвильового поля, а саме: максимум модуля амплітуди сигналу; ширина спектру сигналу; довжина хвилі; швидкість та характерна частота в спектрі сигналу. Застосовані різні типи смугових фільтрів, що дозволило вибрати оптимальну смугу фільтрації. На підставі геолого-геофізичної інтерпретації

матеріалів робіт в межах ділянки спостережень виділеним аномальним зонам, які супроводжуються високим гірничим тиском вугілля і порід, відповідають падіння амплітуди сигналу в зоні аномалії, підвищення швидкості його розподілу, зменшення характерної довжини хвилі. Метод сейсмічного просвічування можливо використовувати для оконтурювання аномалії з метою вибору раціональних шляхів подальшої відробки вугільних пластів. [5]

Для розрахунків використовували розроблену в УкрНДМІ методику і програмні засоби. Практика використання означених методів виявила значний недолік такого способу вирішення задачі прогнозу проявів газодинамічної активності, а саме: значні геологічні порушення зазвичай не є проблемою для виявлення навіть без спеціальних заходів. Найбільші проблеми гірників пов'язані із малоамплітудними порушеннями, що часто виявляються із запізненням. Саме на малоамплітудних порушеннях ефективність методу сейсмічного просвічування незначна.

На основі реєстрації і аналізу амплітудно-частотних характеристик акустичних сигналів, що збуджуються в масиві гірничих порід, МакНДІ розроблені методики для визначення параметрів напружено-деформованого стану привибійної частини гірничого масиву, оперативного управління процесом гідрообробки викидонебезпечного пласта, прогнозу викидонебезпечності гірничого масиву в підготовчому вибої. Акустичний сигнал за допомогою апаратури типу АПСС передається із вибою на поверхню, де обробляється в реальному часі на персональному комп'ютері автоматично, спеціальною програмою[6].

Для прогнозних оцінок прийняті спектральні параметри акустичного сигналу: низькочастотна ( $A_n$ ) і високочастотна ( $A_v$ ) складові, нижні межі середньої амплітуди ( $f_n$ ) і повторного усереднювання ( $f_n/$ ). Таким чином, здійснюється частотна (по  $A_n$  і  $A_v$ ) і амплітудна (по  $f_n$  і  $f_n/$ ) оцінка сигналу. Зміни

прогнозних параметрів при виникненні небезпечної ситуації: збільшення значення  $A_v$  та зменшення  $f_n, f_n/$  і  $A_n$ . Ці закономірності покладені в основу автоматизованого контролю викидонебезпеки за параметрами акустичного сигналу.

Найпростішим та найпоширенішим методом прогнозування являється метод оснований на розрахунку середньодобового значення акустичної емісії. Даний метод використовується на більшості державних шахт України. Головною перевагою являється простота цього методу в розрахунку та використанні. Основна суть в тому, що розраховується середньодове значення акустичної емісії, якщо значення на наступний день перевищує значення за попередній на 20 % то приймається прогноз «Небезпечно». Головним недоліком цього методу є невисока точність прогнозу та значні інтервали зміни прогнозу. [7]

Запропонований в даній роботі метод прогнозу викидонебезпеки вугільного пласта по АЕ ґрунтується на безперервних спостереженнях за зміною сейсмоакустичної активності пласта і вміщаючих порід під впливом перерозподілу напруги у вугільному масиві.

Інформативною ознакою при прогнозі викидонебезпечних зон по АЕ є активність  $\dot{N}_i$  визначувана кількістю імпульсів, зареєстрованих ЗУА за прийнятий інтервал часу. Мінімальний інтервал часу для визначення активності прийнятий рівним 10 хв. На основі десятихвилинної активності  $\dot{N}_{i,10}$  розраховуються похідні значення активності АЕ на годинному інтервалі  $\dot{N}_{i,год}$ .

Для прогнозу небезпечних зон розраховують середні значення активності на опорному інтервалі усереднювання по формулі:

де  $m_i$  - опорний інтервал осереднювання, рівний об'єму вибірки з прийнятих до врахування активностей АЕ;



$\dot{N}_i$  - значення активності АЕ за прийнятні інтервали часу  $\dot{N}_i, год$  у тому числі і нульові її значення.[8]

При використанні годинних інтервалів часу визначення активності АЕ до розрахунку середньоарифметичної активності набувають значення активності, зареєстровані в годину, протягом якої в контрольованому вибої вели роботи по видобутку вугілля незалежно від їх тривалості.

В кінці кожної технологічної доби проводять зрушення опорного інтервалу на кількість інтервалів часу  $n_i$  визначення активності і розраховують чергове середньоарифметичне значення АЕ по формулі:

При використанні годинних інтервалів часу визначення активності  $n_i$  дорівнює числу годин роботи по вугіллю в технологічній добі.

Прогноз «небезпечно» видають за правилом «двох точок» або за правилом «критичного перевищення».[9]

За правилом «двох точок» прогноз «небезпечно» видають при збільшенні значень середньоарифметичної активності АЕ в двох послідовних опорних інтервалах осереднення, що задовольняє умові:

де  $q_e = 5\%$  при  $\bar{N}_k \geq 10$  імп/год;

$q_e = 10\%$  при  $c \leq \bar{N}_k < 10$  імп/год.

$C$  – значення середньоарифметичної активності, нижче за яке правило «двох точок» не діє (у загальному випадку  $C = 2$  імп/год).

За правилом «критичного перевищення» прогноз «небезпечно» видають, якщо сума імпульсів в межах інтервалу часу визначення активності  $\dot{N}_i, год$ , досягне критичного значення, визначуваного по формулі:

де  $p_a$  – коефіцієнт, залежний від значення середньоарифметичної активності АЕ на опорному інтервалі усереднювання ( $\bar{N}_k$ ); у загальному випадку  $p_a = 4$  при  $\bar{N}_k > 3,5$  імп/год,  $p_a = 4,5$  при  $3,5 > \bar{N}_k > 3,5$  імп/год.

Випадки реєстрації безперервної АЕ або серії імпульсів приймають рівнозначними реєстрації критичного значення.[10]

Якщо прогноз «небезпечно» був виданий за правилом «двох крапок», то прогноз «безпечно» видають після зниження двічі підряд середніх значень активності АЕ на величину  $q_e$  і більш та після посування вибою не менш ніж на 6 м після другого зниження. Цю шестиметрову зону вважають за «зону запасу».

Якщо прогноз «небезпечно» був виданий за правилом «критичного перевищення», то прогноз «безпечно» видають після зниження годинної активності  $\dot{N}_i, год$ . нижче за критичну величину і посування вибою не менш ніж на 6 м в «зоні запасу».

У встановлених прогнозом небезпечних зонах, у тому числі і в «зонах запасу», роботи в вибої ведуть із застосуванням способу запобігання раптовим викидам вугілля і газу і контролю його ефективності.

Якщо в «зоні запасу» знов буде встановлена безпека за правилом «двох точок» або «критичного перевищення», то починають відлік нової небезпечної зони (за правилом «двох точок») або нової «зони запасу» (по «критичному перевищенню»).[11]

На відміну від методу середньодобового значення акустичної емісії метод оснований на обробці часових рядів метод Херста є набагато складнішим в розрахунку та розумінні для рядового оператора. Але в той же момент даний метод забезпечує набагато більшу точність прогнозу та можливість вести її в режимі реального часу. Дана перевага дозволяє збільшити відсоток видобутку вугільного пласта та зменшити ризик ведення робіт в шахті для шахтарів. Збереження життя шахтарів та збільшення прибутку є першочерговою задачею яку необхідно вирішити.

#### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Проаналізувавши актуальні методи розрахунку прогнозу ведення робіт на шахті видно, що їх потенціал використовується не повністю, через що точність ведення прогнозу є не достатньо великою для уникнення аварійних ситуацій. Для вирішення задачі зі збільшення точності прогнозу за допомогою використання методу акустичної емісії необхідно вирішити наступні підзадачі:

- Обрати структуру системи
- Обрати математичний опис методу прогнозування.
- Описати структуру програмного забезпечення
- Розробити алгоритми обробки даних від нижнього рівня та алгоритми розрахунку прогнозу.
- Розробити програмне забезпечення для роботи 2-го рівня на мові програмування JAVA
- Провести дослідно-промислову експлуатацію розробленого програмного забезпечення та внести правки згідно зауважень виниклих під час тестування.

## 2. СТРУКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ БЕЗПЕКИ ВЕДЕННЯ РОБОТИ НА ШАХТІ

Під впливом гірничих робіт в масиві відбувається постійний процес перерозподілу напруги в краєвій області ведення цих робіт. Перерозподіл напруги супроводжується утворенням локальних розривів і генерацією звукових хвиль в широкому діапазоні частот (явище акустичній емісії). Збільшення загальної напруженості в привибійній частині масиву призводить до збільшення кількості імпульсів, що реєструються в одиницю часу, а нерівномірність в перерозподілі напружень проявляється в нерівномірності реєстрованої кількості імпульсів в сусідніх інтервалах відліку. Таким чином, регулярні спостереження за АЕ краєвої частини вугільного пласта дозволяють контролювати відносні зміни в характері перерозподілу напружень у вугільному масиві, та пов'язані з ними можливі загрози проявів газодинамічної активності в районі ведення гірничих робіт. Стеження за показниками АЕ дозволяє розглянути задачу об'єктивної оцінки прийнятого способу управління гірничим тиском в конкретних гірничо-геологічних умовах.[12]

При прогнозі небезпечних зон гірського масиву методом АЕ інформативною ознакою є активність – кількість імпульсів АЕ, що зареєстровані звукоуловлюючою апаратурою імпульсів за прийнятий інтервал часу (у діючій методиці прийнято 10 хвилин).

Звукоуловлююча апаратура (рис.1) складається з підземного і наземного блоків. Вібрація гірського масиву реєструється підземним блоком 1 і перетворюється в електричний сигнал. Цей сигнал по лінії зв'язку 2 надходить в приймач 3 наземного блоку апаратури. Гучномовець 6 відтворює прийнятий сигнал з гучністю і якістю необхідною для його розпізнавання оператором прогнозу. Реєстратор 4 призначений для зберігання інформації. Мікрофон 5 надає можливість переговорів оператора і персоналу шахти при проведенні робіт з обслуговування апаратури, а також можливість маркування магнітозапису. Маніпулятор 7 призначений для управління приймачем апаратури.[13]

Починаючи з 1998 року на технічне озброєння шахт, що видобувають вугілля із пластів схильних до проявів газодинамічної активності почала поступати звукоуловлююча апаратура високого технічного рівня «ЗУА-98» /див. ТУ У 13479932.003 Апаратура звукоуловлююча типу «ЗУА-98» /.

Звукоуловлююча апаратура "ЗУА-98" (далі по тексту - апаратура) призначена для сейсмоакустических спостережень на вугільних шахтах з метою забезпечення прогнозу стану привибійної частини вугільних пластів, схильних до газодинамічних явищ.[14]

Передавач апаратури призначений для застосування в забоях вугільних шахт, в яких допущено застосування електроустаткування у виконанні РВ з видом вибухозахисту - іскробезпечний електричний ланцюг. Приймач апаратури призначений для застосування в приміщеннях на поверхні шахт.

Ефективний діапазон частот апаратури, обмежений посиленням при нерівномірності частотної характеристики мінус 3 дБ, становить від 150 до 5000 Гц 2.1.2 Електроживлення апаратури здійснюється від мережі змінного струму напругою від 187 до 242 В і частотою 50 Гц.

Потужність, споживана апаратурою від мережі змінного струму не перевищує 15 ВА.

Приймач апаратури з'єднується з передавачем апаратури двопровідною лінією зв'язку з хвильовим опором 600 Ом, питомим опором постійному струму 75 Ом / км і довжиною не більше 12 км.

Постійний струм в лінії зв'язку становить  $(20 + 2)$  мА.

Апаратура забезпечує зміну значення напруги на лінійному виході не більше, ніж на 2дБ при зміні опорів лінії зв'язку від 0 до 900 Ом.

Максимальний вхідний сигнал апаратури при опорі лінії зв'язку не більше 900 Ом і загальних гармонійних спотвореннях вихідного сигналу не більше 1% становить  $(20 + 5)$  мВ.

Відношення сигнал / шум апаратури, виміряний з лінією зв'язку опором 900 Ом, становить не менше 70 дБ.

Напруга сигналу на лінійному виході приймача апаратури при загальних гармонійних спотвореннях, що не перевищують 1%, становить від 0.5 до 1.5 В

Напруга вихідного сигналу приймача апаратури на навантаженні 8 Ом (для підключення гучномовця) при загальних гармонійних спотвореннях, що не перевищують 1%, становить 3В, не менше.[15]

Апаратура призначена для безперервної роботи

Апаратура готова до роботи не більше, ніж через 5 хвилин після включення.

Апаратура забезпечує звукову та світлову сигналізацію при зміні опору лінії зв'язку більш, ніж на 75 Ом від сталого значення і безперервну звукову сигналізацію при короткому замиканні або обриві лінії зв'язку.

Інтерфейс апаратури організований у формі "меню" з відповідними інформаційними повідомленнями на табло.

Апаратура забезпечує можливість:

- регулювання гучності звучання виносного гучномовця (повідомлення "Гучність")
- підключення до лінійного входу цифрового реєстратора АПКЦР, візуального контролю за допомогою інформаційного табло рівня сигналу на вході / виході реєстратора;
- слухового контролю сигналу на вході / виході реєстратора маркування записи реєстратора за допомогою мікрофона ведення переговорів між оператором та електрослюсарем, "хто стоїть" на лінії з телефонною трубкою

Апаратура забезпечує регулювання гучності відтвореного реєстратором сигналу в межах не менше 30 дБ.

Апаратура зберігає працездатність при впливі механічних і кліматичних чинників.[16]

Устрій та принцип роботи (рис. 2.1).

Рисунок 2.1 Принцип роботи апаратури.

- 1 - передавач апаратури
- 2 - телефонна лінія зв'язку
- 3 - приймач апаратури
- 4 - реєстратор
- 5 - вбудований мікрофон
- 6 - пасивна акустична система
- 7 - маніпулятор типу "миша" (трикнопкова)
- 8 - активна акустична система

Передавач апаратури встановлюється в свердловині діаметром 42 мм на глибині до 2 м, на відстані 5-20 м від вибою. Для оцінки якості установки підземного блоку за спеціальною методикою визначають, так званий, радіус дії геофону. Для прогнозу небезпечних зон розраховують середні значення активності на опорному інтервалі усереднювання. [17]

Описаний алгоритм визначення небезпечних зон покладений в основу автоматизованої системи прогнозування безпечного ведення гірничих робіт на пластах, що схильні до газодинамічних явищ, структура якої наведена на рис. 2.2.

Рисунок 2.2 Структурна схема обробки сигналу акустичної апаратури в автоматизованій системі.

Автоматизована система включає в себе звукоуловлюючу апаратуру (рис. 1), яка фіксує АЕ та передає інформацію на робоче місце місце оператора. Оператор фіксує наявність АЕ та її активність, вводить ці дані в пам'ять комп'ютера для оброблення.

Після введення поточного запису здійснюється розрахунок прогнозу стану гірських порід, результати розрахунків надходять до технічного персоналу шахти. Дана система працює у вигляді порадики. [18]

В результаті було обрано три-рівневу структуру автоматизованої системи. Першим рівнем являється чутлива звукоуловлююча апаратура. Сигнал з якої передається на другий операторній рівень, де він проходить обробку та формується прогноз безпеки ведення роботи. Результат прогнозу передається на третій керуючий рівень де експерт приймає рішення на основі отриманих даних та формує план дій, тобто керуючий вплив, по якому ведуться видобувні роботи.



### 3. МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС МОДЕЛІ ПОКЛАДЕНОЇ В ОСНОВУ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ

Математичне моделювання є одним із основних сучасних методів дослідження.

Математичне моделювання включає три взаємопов'язаних етапи:

- складання математичного опису досліджуваного об'єкту;
- вибір методу вирішення системи рівнянь математичного опису і реалізації його в формі програми;
- встановлення відповідності (адекватності) моделі об'єкту.

Основним рівнянням математичного моделювання є рівняння розрахунку показника Херста, яке покладено в основу методики прогнозування безпеки ведення робіт на шахті.

Показник Херста розраховується за формулою:

і дорівнює:

де  $H$  – показник Херста;

$S$  – середнє квадратичне відхилення ряду спостережень  $x$ ;

$R$  – розмах накопиченого відхилення  $Z_u$ ;

$N$  – кількість періодів спостережень;

$a = 1,5708$  – константа Херста.

Середнє квадратичне відхилення обчислюється за формулою:

де  $X_{cp}$  – середнє арифметичне ряду спостережень  $x$  за  $N$  періодів:

Розмах накопиченого відхилення  $R$  обчислюється за формулою:

де  $Z_u$  – відхилення ряду  $x$  від середнього  $X_{cp}$ :

Прогноз безпеки ведення роботи на шахті проводиться за допомогою двох методів:

- Метод критичного перевищення.

Його суть полягає в тому, що миттєве значення акустичної емісії в вугільному пласті не перевищує середнє значення в 4 і більше разів.[19]

- Метод двох точок.

Його суть полягає в тому, що розраховане значення показника Херста використовується при розрахунку значення активності акустичної емісії ( $N_k$ ):

- якщо активність акустичної емісії зростає:
- якщо активність акустичної емісії спадає:

, де  $H$  – показник Херста;

$N$  – період спостереження.

Прогноз небезпечно видають якщо значення  $N_k$  зростає.[20]

Якщо прогноз небезпечно видано за методом критичного перевищення та підтверджено методом двох точок то відмінити його можна лише за методом двох точок.

#### 4. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Автоматизована система включає в себе звукоуловлюючу апаратуру (рис. 1), яка фіксує АЕ та передає інформацію на робоче місце місце оператора. Оператор фіксує наявність АЕ та її активність, вводить ці дані в пам'ять комп'ютера для оброблення. Після введення поточного запису здійснюється розрахунок прогнозу стану гірських порід, результати розрахунків надходять до технічного персоналу шахти. Дана система працює у вигляді порадирика.[21]

Для перевірки роботи запропонованого в роботі методу прогнозування було проведено моделювання в MathCAD на основі якого складено технічне завдання для написання програмного забезпечення.

Для визначення структури програмного забезпечення було розроблено технічне завдання згідно всі вимог ведення робіт на шахті, правил техніки безпеки та вимог до збереження та передачі інформації.

Програмне забезпечення повинно містити два розділи :, перший призначений для роботи оператора шахти і другий, призначений для роботи експерта,

1. Програмне забезпечення (ПЗ) оператора повинно працювати на тлі ПЗ «Реєстратор» і запускатися з меню «Пуск».

ПЗ генерує таблицю вихідних даних, що містить ознаки трактів реєстрації і рядки, що збігаються з реальним часом, розбитим на десятихвилинні відрізки. Ці ознаки ПЗ черпає з файла «Реєстратора». Заповнена таблиця стає електронним журналом (ЕЖ) спостережень та розрахунків прогнозу

При зміні об'єкту спостережень ПЗ починає новий ЕЖ.

ПЗ забезпечує можливість поповнити таблицю поточними значеннями активності акустичної емісії за допомогою клавіатури.

ПЗ забезпечує можливість продовжити роботу після порушень зв'язку в тих випадках, коли порушення не пов'язані з аваріями в шахті.

ПЗ зберігає в архіві таблицю і результати розрахунків

ПЗ автоматично будує прогнозний графік і проводить розрахунки прогнозів за формулами (2) - (5) кожні 10 хвилин після поповнення таблиці

ПЗ забезпечує тверду копію результатів розрахунків

3.2 ПЗ експерта працює з таблицею вихідних даних, створеної оператором і призначене для обґрунтування параметрів розрахунку прогнозу:

- 1 - першого опорного інтервалу ковзаючого осереднення;
- $m_k$ - другого опорного інтервалу, на якому розраховують показники Херста і прогноз;
- інтервалу проведення R / S-аналізу і побудови гістограм для відрізків вихідних даних.

На початковому етапі прогнозування розрахунки прогнозу виконують за параметрами пошукової роботи:  $l = 3$ ;

$$m_k = 72;$$

інтервал проведення R / S-аналізу - 500

Метою розробки програмного забезпечення для розрахунку показника Херста ( $H$ ) та R/S-аналізу було отримання інструменту для лабораторних досліджень властивостей методу нормованого розмаху часових рядів АЕ. Для цього розв'язувались наступні задачі:

- алгоритмізація розрахунку показника Херста та розробка алгоритму аналізу інтервалів персистентності часових рядів;
- алгоритмізація R/S-аналізу та статистичної обробки його результатів.[22]

Задачі програмувались в системі комп'ютерної математики MathCad.

Алгоритмізація розрахунку показника Херста та розробка алгоритму аналізу інтервалів персистентності часових рядів

Показник Херста розраховується з формули:

і дорівнює

де  $H$  – показник Херста;

$S$  – середнє квадратичне відхилення ряду спостережень  $x$ ;

$R$  – розмах накопиченого відхилення  $Z_u$ ;

$N$  – кількість періодів спостережень;

$a = 1,5708$  – константа .

Середнє квадратичне відхилення обчислюється за формулою:

де  $\bar{X}$  – середнє арифметичне ряду спостережень  $x$  за  $N$  періодів:

Розмах накопиченого відхилення  $R$  обчислюється за формулою

де  $Z_u$  – відхилення ряду  $x$  від середнього  $\bar{X}$ :

Однією із особливостей обробки часових рядів спостережень за акустичною емісією у вуглепородному масиву є необхідність згладжування трьох сусідніх результатів спостережень. Часовий ряд задається у вигляді матриці-стовпчика. Середнє за трьома точками знаходиться за допомогою підпрограми зображеної на рис. 4.1.

#### Рисунок 4.1 Підпрограма в середовищі MathCAD

Розрахунок середнього відбувається відразу для всієї матриці оброблених результатів за допомогою підпрограми зображеної на рис. 4.2.

Рисунок 4.2 Розрахнок середнього значення підпрограмою MathCAD

Окремою підпрограмою також розраховується сума відхилень від середнього зображеного на рис. 4.3.

Рисунок 4.3 Підпрограма розрахунку суми відхилень в середовищі MathCAD.

Розрахунок показника Херста відбувається для всієї матриці-стовпчика підпрограмою  $H\_rast$  з параметрами розрахунку:  $matrix$  – матриця-стовпчик,  $a$  – константа,  $Start$  – кількість спостережень для розрахунку першого показника,  $n$  – крок розрахунку (частіше дорівнює  $Start$ ),  $h$  – величина збільшення об'єму  $Start$  з кожним новим розрахунком  $H$ .

Результати розрахунків у вигляді матриці  $H\_matrix$  обробляються підпрограмою  $LI$  з урахуванням критичного значення показника Херста.

Приклад модуля розрахунку прогнозу безпеки ведення роботи на шахті в середовищі MathCAD наведено на рис. 4.4.

Приклад результатів обчислень наведено на рис. 4.5.

Рисунок 4.4 Модуль розрахунку прогнозу в MathCAD.

Рисунок 4.5 – Приклад обробки результатів розрахунку показника Херста  
Алгоритмізація  $R/S$ -аналізу та статистичної обробки його результатів на основі дослідів проведених в середовищі MathCAD.

Розрахунок  $R/S$ -аналізу відбувається підпрограмою  $R\_S\_H$  (рис. 4.6), в якій додається ще один параметр  $End$  – кінця розрахунку аналізу.

Рисунк 4.6 Приклад модулю розрахунку  $R/S$ -аналізу.

В процесі роботи над комплексом лабораторних програм виникла потреба в організації експерименту. З вибірки спостережень акустичної емісії обирались генератором випадкових чисел інтервали кількістю *testNum* однакової тривалості *Start*. Для кожного інтервалу розраховувалось значення *R/S*. Обробку такого експерименту проводили підпрограмою *R\_S\_mass* зображеною на рис. 4.7.

Рисунок 4.7 Підпрограма обробки експерименту з випадковими інтервалами.

В результатах розрахунків надалі аналізувались локальні максимуми кожної кривої *R/S* за теоремою Ферма після згладжування Гаусса з параметром ( $\chi$ ) підпрограмою зображеною на рис. 4.8.

Рисунок 4.8 Підпрограма аналізу локальних максимумів.

Результати представлялись у вигляді гістограми частоти основних максимумів, як на рис. 4.9.

Рисунок 4.9 Гістограма частоти максимумів на графіках  $R/S$  в результаті 100 розрахунків з випадковим началом відрізка

Враховуючи технічне завдання було розроблено структуру програмного забезпечення оператора та експерта з урахуванням вимог техніки безпеки.

Взаємодія функціональних елементів програми оператора наведена на структурній схемі, яка зображена на рис. 4.10.

Рисунок 4.10 Структура програмного модуля оператора

Таким чином дана автоматизована система призвана модернізувати та замінити існуючі методи прогнозу, що дозволить підвищити точність та швидкість розрахунку прогнозу та значно спростить їх. Опис структури кожного методу описано далі.

Програмний модуль експерта також написаний на мові програмування JAVA. На відміну від програмного модуля оператора в додатку експерта передбачено функції для обробки та підготовки інформації для отримання прогнозу та виведення результатів прогнозних розрахунків у вигляді таблиць та графіків в спеціально передбачені вікна. Взаємодія функціональних елементів підпрограми експерта зображено на рис. 4.11.

Рисунок 4.11 Структура програмного модуля експерта



Програмний модуль експерта призначений для обробки та аналізу даних якими є копія архіву, що отримано з робочого місця оператора. Оригінал архіву зберігається на комп'ютері оператора та захищений від редагування.

## 5. РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ ДАНИХ ВІД НИЖНЬОГО РІВНЯ ТА АЛГОРИТМІВ РОЗРАХУНКУ ПРОГНОЗУ.

Структура програмного модуля експерта наведена раніше. Блок введення даних відображає метод який використовується для введення даних. Структура методу зображена на рис 5.1. Програмний код даного методу наведено в додатку А.

Рис 5.1 Структурна схема роботи методу введення даних

Після підрахунку кількості імпульсів оператор вносить значення в комірку за допомогою екранної клавіатури та натискає клавішу ОК для підтвердження введених даних. Ввести дані в комірку можна кожні 10 хв, що контролюється методом таймер. Метод таймер розблоковує комірку для редагування для введення нових даних.

Метод згладжування результатів спостережень служить для виключення аномальних результатів. В даному методі вхідні імпульси за останні 3 введення додаються та діляться на 3, тобто знаходиться середнє арифметичне. Структурна схема методу зображена на рис. 5.2. Програмний код даного методу наведено в додатку Б.

Рис 5.2 Структурна схема методу згладжування результатів спостереження.

Подальша обробка даних відбувається в методі розрахунку середнього значення. Дані з попереднього методу сумуються на опорному інтервалі в 72 рядки та знаходиться середнє значення кількості імпульсів. Середнє значення використовується для розрахунку показника Херста, який лежить в основі методу прогнозування. Структурна схема методу зображена на рис. 5.3. Програмний код даного методу наведено в додатку В.

Рис 5.3 Структурна схема методу пошуку середнього значення на опорному інтервалі

Після розрахунку середнього значення на опорному інтервалі, за допомогою методу розрахунку відхилення знаходиться середньоквадратичне відхилення згладженого за останні три вводи даних значення від середнього. Структурна схема методу зображена на рис 5.4. Програмний код даного методу наведено в додатку Г.

Рис 5.4 Структурна схема методу розрахунку відхилення необхідного для пошуку показника Херста.

Умовою виходу з циклу являється закінчення порівняння середнього значення зі згладженим (тобто коли буде розраховано квадратичне відхилення по всім 72 значенням по які входять в опорний інтервал.

Наступний метод на основі отриманих даних з попередніх методів розраховує показник Херста та на його основі проводить розрахунок прогнозу безпеки ведення робіт на шахті. Структурна схема модуля зображена на рис 5.5. Програмний код даного методу наведено в додатку Д.

Рис 5.5 Структурна схема методу аналізу даних та їх збереження

Даний метод використовується для основних розрахунків та проведення прогнозу. Розрахунок показника Херста відбувається на основі математичної моделі описаної вище. Правила прогнозування також описані вище. Результатом розрахунків та правил прогнозу являється прогнозний графік зміни імпульсів акустичної емісії. Даний графік разом з копією архіву передається на робоче місце експерта, для прийняття рішення.

Структура програмного модуля експерта наведена вище. На відміну від програмного додатку оператора, програмний додаток експерта має набагато більше можливостей для обробки даних отриманих з робочого місця оператора.

Після запуску програмного модуля експерта першим запускається метод вибору даних для аналізу. Структурна схема зображена на рис. 5.6. Програмний код даного методу наведено в додатку Ж.

Рис 5.6 Структурна схема методу загрузки даних з файлу до програмного додатку експерта

Наступний метод проводить R\S аналіз по отриманих даних з архіву. Розраховується середнє значення на опорному інтервалі аналогічно з програмним додатком оператора, але зі змінним значення опорного інтервалу на розсуд експерта. По результатам проведення аналізу будується гістограма частоти основних максимумів, яка відображає при якому саме опорному інтервалі розрахунок показника Херста та метод прогнозу даватиме максимальну точність. Структурна схема методу зображена на рис 5.7. Програмний код даного методу наведено в додатку З.

Рис 5.7 Структурна схема методу розрахунку R\S аналізу.

Розрахунок відбувається на інтервалі в 500 значень з випадковими початками, що зв'язано з особливістю обробки часових рядів метод Херста. При достатньо великій кількості розрахунків випадкові аномалії прибираються а залишаються лише глобальні максимуми. Розрахунок повторюється 100 разів доки похибка не буде мінімальною. За результатами гістограми експерт вносить правки в роботу програмного додатку оператора, а саме змінює опорний інтервал так, щоб точність ведення прогнозу була максимальною.

Також в програмному модулі експерта передбачена можливість побудови прогнозного графіку. Прогнозний графік будується по даним розрахованим в програмному додатку оператора та збережених до архіву. По результатам прогнозного графіку експерт приймає рішення та вносить керуючий вплив, тобто обирає режим роботи шахти ( можливі безпечний режим та режим з підвищеною небезпекою).

## 6. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА МОВІ ПРОГРАМУВАННЯ JAVA.

Для розробки програмного забезпечення було вирішено обрати мову програмування JAVA оскільки це мова вищого рівня, що має набір бібліотек необхідних для рішення поставлених задач. Також однією з ключових переваг мови JAVA є забезпечення її високого рівня захисту інформації оскільки оброблювані в програмному забезпеченні дані є дуже важливими для збереження життя шахтарів.

Програмний модуль оператора розрахований на ведення прогнозу одночасно по двом каналам, тобто по двом різним виробіткам. Це зв'язано з тим, що найчастіше оператор на робочому місці слідкує за двома виробітками.

Головне вікно програмного модуля оператора зображене на рис. 6.1.

Рисунок 6.1 Головне робоче вікно програмного модуля оператора.

На головному робочому вікні програмного модуля оператора знаходиться:

1 – екранна клавіатура за допомогою якої оператор може вводити значення імпульсів акустичної емісії в комірці.

2 – кнопки закінчення зони запасу. Служать для засвідчення оператором закінчення зони запасу та переходу в безпечний режим виробітки.

Зона запасу наступає після закінчення небезпечного періоду виробітки коли прогнозний графік йде на пониження безпеки. Ця зона зв'язана з природною специфікою вугільного пласта. Про закінчення зони запасу оператору сповіщає начальник зміни, який дізнається про її закінчення базуючись на своєму професійному досвіді та спостереженні з середини шахти.

3 – колонка час сповіщає оператору коли потрібно вводити дані. Дані вводяться один раз в 10 хвилин. Такий інтервал обрано виходячи з ряду наступних причин:

- Метод обробки часових рядів за математичною моделлю метода Херста дозволяє збільшити точність при більшому наборі даних, тобто чим частіше будуть вводиться дані тим запропонований в роботі метод буде точнішим.
- При зменшенні інтервалу внесення даних в бази з'явиться значна кількість нульових значень, що негативно вплине на роботу методики та точність прогнозування.

4 – колонка вхідні дані призначена для вводу та редагуванню внесених раніше даних оператором. Оператор може змінити внесені раніше дані лише за попередні 3 десятихвилинки. Це зв'язано з великою важливістю даних та обмеженням редагування архіву. Після закінчення 30 хвилин вносити зміни до архіву неможливо.

5 – колонка безпека призначена для відображення оператору поточного прогнозу ведення робіт на шахті. В разі виникнення небезпечної ситуації оператор сповіщає начальника зміни про зміну статусу ведення роботи, після чого проводяться спеціальні дослідження в шахті після яких приймається рішення про продовження роботи.

6 – в контекстному меню файл знаходяться основні кнопки для відображення графіків прогнозу на місці оператора, зміни параметра розрахунку (тобто опорного інтервалу) за допомогою якого експерт може впливати на точність ведення прогнозу, копіювання бази даних для подальшої обробки експертом та кнопка вихід для закриття програмного додатку оскільки програма захищена від випадкового закриття натисканням на червоний хрестик в правому верхньому куті.

Контекстне меню Файл зображене на рис. 6.2.

Рисунок 6.2 Контекстне меню файл

При натисканні на пункт Відобразити графік з'являється нове вікно (рис. 6.3) в якому зображено графік вхідних імпульсів, показника Херста та лінія персистентності показника Херста.

#### Рисунок 6.3 Графік вхідних даних

При натисканні на пункт Відобразити графік прогнозу з'являється вікно прогнозного графіку (рис. 6.4) на якому можна подивитися як змінювались показники небезпеки ведення роботи на шахті.

#### Рисунок. 6.4 Прогнозний графік

Всі розраховані дані програмного додатку оператора зберігаються в файлі з розширенням .xls. Цей файл неможливо видалити чи відредагувати.

Для кожного програмного додатку було написано інструкцію користувача, де описано повний функціонал програми.

Інструкція для робіт з програмним модулем оператора:

1. Для запуску програмного продукту необхідно подвійним кліком натиснути на ярлик даного програмного продукту.
2. Після запуску відобразиться стартове вікно (рис 6.5) в якому необхідно обрати як завершилась програма минулого разу, планове завершення (розпочинає вести новий архів даних) чи екстренне завершення (ведення архіва даних продовжується).

#### Рисунок 6.5 Вікно вибору завершення програми.

3. Якщо програма завершена правильно (обрано пункт «Програму завершено нормально» відкривається вікно вводу назви вироботки (рис 6.6).

#### Рисунок 6.6 Вікно вводу назви вироботки.



Якщо програму завершено в екстремному режимі то необхідно обрати «Програму завершено зі збоєм», далі див. п.б.

4. Після запуску відобразиться стартове вікно (рис 6.7) в якому необхідно ввести параметр розрахунку (число періодів спостереження).

Рисунок 6.7 Стартове вікно програмного продукту.

5. Після введення параметру розрахунку натисніть клавішу «Ввод».
6. Програма автоматично створить архів в форматі xls, та запустить основне робоче вікно оператора (рис 6.8)

Рисунок 6.8 Основне робоче вікно оператора.

- 6.1. Робоче вікно оператора складається з панелі меню , таблиці для введення даних по першому (рис 6.9) та другому каналу (рис 6.10) , екранної клавіатури (Рис 6.11) та клавіші «Ввести».

Рисунок 6.9. Таблиця введення та відображення даних та розрунків по першому каналу.

Рисунок 6.10. Таблиця введення та відображення даних та розрунків по другому каналу.

Рисунок 6.11 Екранна клавіатура.

- 4.1.1 Панель меню представляє собою комплексне меню, яке відображається при натисканні на кнопку «Файл» (рис 6.12).

### Рисунок 6.12 Комплексне меню.

Комплексне меню складається з чотирьох кнопок:

- Кнопка «Змінити параметри розрахунку» дозволяє відкрити нове діалогове вікно для введення числа періодів спостереження (рис 6.13).

### Рисунок 6.13 Вікно зміни параметра розрахунку.

Доступ до зміни параметра розрахунку має лише експерт, який після введення захисного паролю зможе ввести нове значення параметра розрахунку.

- Кнопка «Відобразити графік» дозволяє відкрити діалогове вікно на якому відобразиться графік залежності Показника Херста від часу (рис 6.14).

### Рисунок 6.14 Вікно зображення графіку розрахованого показника Херста від часу.

- Кнопка «Копіювати БД» дозволяє створити копію бази даних з введеними даними та розрахунками на USB флеш пам'ять. Копіювання відбувається автоматично, ніяких додаткових дій робити не потрібно. Копія бази даних буде поміщено в файловий корінь USB флеш пам'ять.
- Кнопка «Вихід» дозволяє відкрити діалогове вікно (рис 6.15) за допомогою якого можна завершити роботу програмного забезпечення. Завершення роботи даним способом є єдиним можливим варіантом закриття програми. При натисканні на кнопку «Закрити» (червоний хрестик) в правому верхньому кутку вікна, нічого не відбудеться.

### Рисунок 6.15 Діалогове вікно для виходу з програми

- При натисканні кнопки «Вихід» програма припинить свою роботу.

- При натисканні кнопки «Відмінити» діалогове вікно 6.15 закриється а програма продовжить свою роботу.

4.1.2. Таблиця введення даних складається з 4 стовпців та 3 рядків.

- В першому стовпці «Час» фіксується поточне значення місцевого часу (рис 6.16).

Рис 6.16 Стовпчик фіксації часу.

- В другому стовпці «Вхідні дані» (рис 6.17) фіксується кількість коливань яку оператор вводить вручну.

Рисунок 6.17 Стовпчик введення даних.

Дані оператором вводяться в нижню комірку за допомогою звичайної або екранної клавіатури. Допускається введення лише числових даних.

Для введення даних в комірку необхідно натиснути на комірку в яку потрібно ввести дані, та за допомогою екранної або звичайної клавіатури ввести значення для першого та другого каналу.

Після завершення вводу даних необхідно натиснути кнопку для початку розрахунку.

Введення даних допускається лише в останню комірку, інші комірки необхідні для редагування введених даних. Для цього необхідно натиснути на комірку значення в якій потрібно змінити, та ввести нове значення.

Вводити дані можна один раз в десять хвилин.

Додавання нової комірки для введення даних відбувається автоматично.

- В третьому стовпці «Небезпека» (рис 6.18) відображається результат прогнозування, який базується на розрахованому значенні показника Херста.

Результати розрахунку і прогнозу додаються до архіву, після чого стають недоступними для редагування оператором.

Рисунок 6.18 Стовпчик відображення результатів прогнозу

4.1.3. Екранна клавіатура (Рис 6.11) служить для введення даних в комірки.

4.2. Програмний продукт містить захист від збоїв в роботі викликаних екстреним завершенням роботи програмного продукту, наприклад за відсутності живлення. Програмний продукт зберігає дані до архіву автоматично при кожному їх введенні та розрахунку.

Після відновлення живлення для продовження роботи необхідно запустити продукт як описано в п. 1-4, та продовжити роботу далі.

Нові дані будуть додані до старого архіву автоматично.

7. Для роботи над новою виробіткою експерту необхідно закрити програму яка працює в даний момент. Для цього написати в меню Файл – Вихід.

Після чого спокатку відкрити програмний додаток обравши в першому вікні пункт «Програму завершено нормально».

Рисунок 6.19 Початкове вікно програмного додатку оператора

Далі слідувати інструкції п. 1-5.

Програмний додаток експерта призначений для обробки та аналізу даних отриманих з робочого місця оператора.

Інструкція по програмному додатку експерта:

1. Для запуску програмного додатку необхідно двічі клікнути на ярлик програмного додатку “Expert.exe”

Рисунок 6.20 Місце знаходження програмного додатку експерта

- 1.1 Якщо програма не запускається необхідно перейти в папку «Expert» потім ще раз перейти в папку «Expert» та подвійним кліком запустити Expert.exe»

Рисунок 6.21 Детальне місце знаходження програмного додатку експерта

2. Після запуску відкривається система пошуку файла для аналізу. Необхідно вказати де знаходиться файл та натиснути “Відкрити”.

Рисунок 6.21 Вікно пошуку файлів програмного додатку експерта

3. Після вибору файла відобразиться головне робоче вікно програми (рис.6.22). В якому відображено вміст архіву отманого з шахти.

Рисунок 6.22 Головне робоче вікно програмного додатку експерта

4. Для аналізу іншого файлу необхідно в меню обрати пункт відкрити та аналогічну пункту 2 обрати інший файл.

Рисунок 6.23 Контекстне меню Файл

5. Для збереження результатів роботи з файлом необхідно натиснути кнопку Зберегти.
6. Для виходу з програми необхідно натиснути кнопку Вихід
7. В меню Редагування представлені основні функції обробки даних, такі як побудова графіку вхідних даних та прогнозного графіку, побудова гістограми.
8. Для відображення графіків прогноза для інтервала необхідно спочатку вказати межі аналізу даних, тобто номери рядків початку та кінця інтервала який буде відображено на графіку (оскільки обробляється значна кількість даних), потім в тому ж меню обрати який саме канал необхідно аналізувати та обрати який графік побудувати.

Рисунок 6.24 Контекстне меню Редагування

9. Верхня межа вказує на початковий рядок аналізу а нижня на кінцевий.

Рисунок 6.25 Діалогове вікно відображення меж графіків

10. Діапазон можливих меж можна подивитися відразу на головному вікні програмного додатку експерта

Рисунок 6.26 Знаходження діапазона меж

11. Також в програмі представлена можливість аналізу по кожному каналу окремо (за замовчуванням по першому). Для зміни каналу для аналізу необхідно в меню Редагування обрати, який саме канал необхідно аналізувати.

Рисунок 6.27 Перемикання між графічним аналізом першого та другого каналу.

12. Після вибору меж та каналу для аналізу, для відображення графіків необхідно обрати в меню який саме графік ви хочете побачити.

Графік показника Херста включає вхідні дані та показник Херста.

Рисунок 6.28 Графічне представлення результатів аналізу

13. В програмному додатку представлена можливість редагування значень для цього потрібно подвійним кліком натиснути на значення, яке ви хочете змінити та вказати нове з клавіатури.

Рисунок 6.29 Можливість редагування комірок

14. Для видалення рядка з архіву необхідно обрати мишкою рядок та в меню Редагування обрати пункт Видалити.

Рисунок 6.30 Можливість видалення рядків даних.

15. Для побудови гістограми з іншим усередненим значенням і подальшим її аналізом представлена можливість зміни параметра розрахунку. Для цього в меню Редагування необхідно обрати пункт Змінити параметр розрахунку.

Рисунок 6.31 Перерахунок прогнозу на новому опорному інтервалі

В вікні, що відкрилось необхідно з клавіатури вказати новий параметр розрахунку (інтервал для розрахунку усередненого значення).

Рисунок 6.32 Вікно введення опорного інтервалу.

16. Для того, щоб побачити дані по яким будувалась гістограма необхідно перейти в папку «Expert» -> «Expert»-> «app» та відкрити файл «Gistogram.txt». В даному файлі представлені результати проведення RS аналізу та ітерація на якій RS графік досягнув максимуму.



- 17.Результати аналізу у вигляді картинок та бази даних зберігаються в папці з назвою дати та виробітки.
- 18.Для проведення перерахунку з новим параметром необхідно відкрити іншу програму есперта. Як виконати перерахунок див. інструкцію по перерахунку.
- 19.Для аналізу перерахованого архіву необхідно в головному меню робочої програми есперта обрати пункт Файл - Відкрити

Рисунок 6.33 Можливість відкриття нового файлу для аналізу  
Далі відкриється стандартне вікно пошуку файлів на комп'ютері.

Файл з перерахованими даними знаходиться в папці з програмою для перерахунку – RSanaliz – Rsanaliz – app – Перераховані дані.xls. Обираємо цей файл.

Для подальшого аналізу слідуємо інструкціїй описаних вище.

Робоче місце есперта оснащене ще однією програмою призначеною для повторного проведення прогнозу з використанням методу Херста з новим параметром опорного інтервалу, отриманим з попереднього програмного додатку.

Інструкція по користуванню цим програмним додатком:

- 20.Для запуску програмного додатку необхідно двічі клікнути на ярлик програмного додатку “RSAnaliz.exe”

Рисунок 6.34 Місце знаходження ярлика програмного додатку

1.1 Якщо програма не запускається необхідно перейти в папку «Expert» потым ще раз перейти в папку «Expert» та подвійним кліком запусити «RSAnaliz.exe»

Рисунок 6.35 Місце знаходження самого пограмного додатку

21.Після запуску відкривається головне вікно програми.

Рисунок 6.36 Головне вікно програмного додатку для перерахунку

22.Для початку роботи необхідно в меню «Редагувати» обрати який саме канал необхідно аналізувати.

Рисунок 6.37 Контекстне меню Редагування.

23.Після вибору каналу необхідно обрати файл для аналізу. Для цього в меню файл натискаємо «Розрахувати»

Рисунок 6.38 Контекстне меню Файл

24.Після вибору файла необхідно вказати параметр розрахунку в вікні що відкрилось та натиснути «Ввод».

Рисунок 6.39 Діалогове вікно вводу значення опорного інтервалу

25.Для виходу з програми необхідно натиснути кнопку Вихід

Рисунок 6.40 Вихід з програми

26.В меню Редагування представлені основні функції обробки даних.

27.Для відображення графіків необхідно в меню «Редагування» обрати який саме графік необхідно зобразити.

Рисунок 6.41 Графічне відображення результатів розрахунку

Оскільки в реальних умовах на шахті не має людини зі спеціальністю зв'язаною з комп'ютерними науками було написано ще одну інструкцію по встановленню програмного забезпечення:

1. Відкрити файл
2. В вікні, що відкриється натиснути клавішу «Install».

Рисунок 6.42 Головне вікно установки JAVA.

3. Дочекатися завершення установки.
4. Натиснути кнопку «Close».
5. Далі для роботи з програмними додатками слідувати інструкції описаної до окремої програми.

Додатково для експерта було написано інструкцію по внесенню нового опорного інтервалу. Змінювати цей параметр може лише експерт, для цього дана кнопка захищена паролем який знає лише експерт.

Інструкція по налаштуванню програмного додатку оператора:

1. Для запуску програмного продукту необхідно подвійним кліком натиснути на ярлик даного програмного продукту.
2. Після запуску відобразиться стартове вікно (рис 6.43) в якому необхідно обрати як завершилась програма минулого разу, планове завершення (розпочинає вести новий архів даних) чи екстренне завершення (ведення архіва даних продовжується).

Рисунок 6.43 Вікно вибору завершення програми.

3. Якщо програма завершена правильно (обрано пункт «Програму завершено нормально» відкривається вікно вводу назви вироботки (рис 6.44).

Рисунок 6.44 Вікно вводу назви вироботки.

Якщо програму завершено в екстремному режимі то необхідно обрати «Програму завершено зі збоєм», далі див. п.б.

4. Після запуску відобразиться стартове вікно (рис 6.45) в якому необхідно ввести параметр розрахунку (число періодів спостереження).

Рис 6.45 Стартове вікно програмного продукту.

5. Після введення параметру розрахунку натисніть клавішу «Ввод».
6. Програма автоматично створить архів в форматі xls, та запустить основне робоче вікно оператора.

## 7. ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДНО-ПРОМИСЛОВОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ВНЕСЕННЯ КОРЕКТИВІВ ДО РОБОТИ ПРОГРАМНИХ ДОДАТКІВ

Розроблений в даній роботі програмний додаток оператора пройшов дослідно-промислому експлуатацію на шахті «Центральна» в м. Торецьк. Відповідний акт наведено в додатку Ж. За результатами тестування були внесені такі зміни до програмного додатку оператора:

- Було вирішено прибрати колонку зі значеннями показника Херста з головного робочого вікна програми оператора. Це було зроблено для того, щоб менше відволікати оператора на непотрібні для нього значення чисел.
- Було допрацьовано колонку відображення часу. Раніше відображався час початку десяти хвилинного інтервалу. Після доопрацювання відображається час закінчення інтервалу. Це зв'язано зі звичками роботи оператора. Дане доопрацювання дозволить максимально наблизити робочу програму оператора до звичного журналу прогнозу.
- Було підключено бібліотеки старих версій JAVA. Через використання на шахтах застарілих комп'ютерів, програмне забезпечення написане з використанням нових бібліотек не підтримується. Було замінено використовувані бібліотеки на старіші, що дозволило користуватись програмою на комп'ютері будь-якого покоління.
- Було виправлено помилку при виникненні якої програма зависала. Це було зв'язано з відкриттям файлу архіву при кожному внесенні до нього даних та не закривати його до виходу з програми. Тепер при внесенні даних файл відкривається та закривається, що не засмічує файловою системою комп'ютера.

- Було виправлено помилку при якій дані після збою не записувались о архіву. Це було зв'язано з втратою архіву після екстреного вимикання комп'ютера. Тепер файл зберігається після кожного внесення даних.
- Було оптимізовано програмне забезпечення. Перепрацьовано роботу з файловою системою та даними, що дозволило зменшити ризик зависання програми до мінімуму.
- Виправлено помилку при якій дані постійно додавались до одного безрозмірного масиву та програма зависала. Тепер після кожної ітерації масив очищається.

Після проведення тестувань програмного додатку експерта були внесені наступні зміни:

- Було додано можливість масштабувань графіків шляхом вибору інтервалу відображень
- Було допрацьовано алгоритм розрахунку. Замінено метод пошуку екстремуму на більш точніший, що дозволило збільшити точність прогнозу.
- Було додано підписи до графіків у вигляді назви виробітки яка аналізується.
- Було вирішено створити окремий програмний додаток для перерахунку отриманих з шахти даних з новими параметрами.
- Було додано збереження результатів обробки у вигляді графіків (як картинок) та файлу Excel як бази даних у окремій папці ім'ям якої була дата проведення аналізу та назва виробітки.
- Було виправлено помилку при якій графік прогнозу не відображався після проведення перерахунку.
- Було оптимізовано програмний код, що дозволило зменшити ризики зависання програми до мінімуму.

## 8. РОЗРОБКА STARTUP-ПРОЕКТУ

*Бізнес-ідея:* автоматизована система управління виробітком вугілля на викидонебезпечних вугільних пластах.

*Метою старту* є розробка та впровадження спеціалізованого програмного забезпечення, розробка спеціалізованої схеми автоматизації під конкретне виробництво.

*Тема:* Автоматизована підсистема управління виробітком вугілля.

*Назва:* система автоматизації по виробітку вугілля

*Суб'єкт замовлення:* шахти які займаються закритим видобутком вугілля.

*Об'єкт дослідження :* технологія ведення прогнозу на шахті та відсоток виробітки вугільного пласта.

*Місце розробки у інноваційному ланцюжку цінностей:* B2B модель. B2C модель не застосовується, оскільки проект орієнтується на роботі з бізнесом, а саме конкретним виробництвом.

*Продукт* – система автоматизації під конкретне виробництво в основі з програмним забезпечення для контролю безпеки ведення роботи, актуальні дані в режимі реального часу.

*Технологія* базується на методі обробки часових рядів методом Херста, відповідна шахта аналізується на рівень автоматизації, пропонуються альтернативні методи ведення прогнозу та способи збільшення виробітку, встановлюється спеціалізоване програмне забезпечення відповідно до вимог техніки безпеки.

*Кваліфікація персоналу.* Розробники та автоматизатори мають вищу освіту за напрямом «автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Спеціаліст з автоматизації має вищу освіту технічного спрямування. Робітники мають повну середню освіту. Бухгалтер має вищу освіту економічного напрямку.

*Споживачами* є шахти з закритим способом видобутку вугілля.

*Ринок збуту.* На сьогоднішній день, не зважаючи на складну політичну ситуацію на сході, Україна займає 15 місце по видобутку вугілля в світі. Це вказує на значну кількість вугільних шахт які працюють за застарілими технологіями і потребують модернізації.

*Конкурентні переваги.* Більшість державних шахт в Україні використовують застарілі методи прогнозу, що не дають достатньої точності прогнозу. Через це виробітку вугільного пласта проводять лише на 55 – 60 % через підвищення ризику ведення роботи. Проаналізувавши даний метод прогнозування та використавши запропонований можна збільшити точність прогнозу, що зменшить ризик ведення робіт та дозволить збільшити виробітку вугільного пласта до 95 – 97 %.

*Вартість розробки.* На розробку програмного забезпечення буде виділено близько 350 тис. грн. Розробка схеми автоматизації під конкретне виробництво складатиме 50 тис. грн. Закупівля датчиків та комп'ютерів до 600 тис. грн.

*Ринкова ціна.* На сьогоднішній день встановлення схожої автоматизованої системи прогнозування ведення роботи на шахті коштує близько 5 – 8 млн. грн.

*Період повернення капіталовкладень* - 2,5 роки.

8.1 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу

8.2 Ключові фактори успіху проекту за методом Шонфільда

На підставі аналізу факторів внутрішнього і зовнішнього оперативного середовищ було визначено ключові фактори успіху. Під ключовими факторами успіху розглянемо ті, на які підприємство може самостійно впливати під час виробництва і реалізації продукту. Ключові фактори успіху надано у вигляді діаграми Шонфільда.

З урахуванням коефіцієнту вагомості характеристики визначається бальна оцінка кожної характеристики для нашого програмного забезпечення і для конкурентів, яку приведено у таблиці 8.6.



На підставі отриманих бальних оцінок будується графік порівняння конкурентних переваг нашого підприємства з конкурентами.

#### Рисунок 8.1 – Графічне відображення порівняння ринку

Таким чином, бачимо, що наш продукт поступається конкурентам за ступенем керування та гарантією. Але, за рахунок кращої технічної підтримки, безпеки виробництва, ціни та екологічності дана система повинна скласти конкуренцію на ринку іншим системам автоматизації зі значною репутацією. Ключовою перевагою є вища оцінка рівню контролю та безпеки виробництва, що дозволить замовнику збільшити видобуток а отже і прибуток та зменшити ризик роботи а отже і зберегти життя працівників, оскільки роботи ведуться в екстремальних умовах.

#### 8.3 Розрахунок основних техніко-економічних показників проекту

Для розвитку даного стартап проекту було використано декілька джерел фінансування – власні та запозичені кошти. До власних коштів відносимо:

- заощадження, одержані від попередньої діяльності;
- формування на підприємстві фонду розвитку виробництва, науки і техніки шляхом відрахувань чітко обумовленого відсотку з доходу або прибутку підприємства протягом всього періоду функціонування.

А до запозичених коштів:

- державні інвестиції, а саме кошти від міністерства енергетики та вугільної промисловості на розробку нового методу прогнозування;

В офісі обов'язковими працівниками, які необхідні для виконання відповідного обсягу роботи і повної комплектації робочих місць протягом зміни, є: програміст, автоматизатор та начальник офісу.

Розрахуємо витрати на оплату праці:

Витрати на електроенергію. Розрахуємо витрати на електроенергію за нерегульованим тарифом, тариф за приєднану потужність:  $T_{пр} = 2.5$  грн/кВт; Потужність обладнання:  $H_{об} = 12$  кВт/добу; Освітлення цілодобове:  $H_{ос} = 10$  кВт/добу.

Підприємство працює 8 годин на добу, 250 днів на рік. Річні витрати на електроенергію:

Оренда офісу складає 50 000 грн за місяць, в рік виходить 600 000 грн.

Витрати на опалення офісу. Загальна площа: 300 м<sup>2</sup>; тарифна ставка на опалення: 33 грн./м<sup>2</sup> міс; Сезон опалення: 6 місяців.

Амортизаційні відрахування. Здійснюються за прийнятими методами і нормами.

Сумарна вартість основних фондів:

$$ОФ = 53\ 000 + 40\ 000 = 93\ 000 \text{ грн./рік}$$

Розраховуємо величину амортизаційних відрахувань:

$$А = 53\ 000 \cdot 0,3 + 40\ 000 \cdot 0,25 = 25\ 900 \text{ грн.}$$

Сумарні витрати наведено у таблиці 7.9

Розрахунок ціни за основними методами ціноутворення:

1. Метод, орієнтований на витрати (витратний метод):
2. Параметричний метод – враховує вагомість якісних параметрів товару і оцінку цих параметрів споживачем:

3. Метод ціноутворення на основі поточних цін або конкурентний метод.

Якщо виокремити програмне забезпечення, як основний продукт, який ми пропонуємо, на базі якого потім будується система автоматизації і проаналізувавши ціни на товари конкурентів. А саме, конкурент А – ціни коливаються в діапазоні від 31 541 до 45 412 грн. Конкурент Б – від 42 697 до 65 864 грн.

Отже, для нашого продукту ціна може коливатися від 31 000 до 32 000 грн. І саме з такими цінами продукція на ринку може бути конкуренто спроможною.

4. Баловий метод.

Визначимо ціна одного балу:

Визначимо ціну нового виробу:

Ціна реалізації кінцевої продукції , розрахуємо ціну річного випуску продукції:

Визначаємо прибуток підприємства:

Рентабельність підприємства:

Коефіцієнт економічної ефективності:

Період повернення капіталовкладень:

Фондовіддача основних засобів виробництва:

Фондоємність:

Зведемо всі розраховані показники до таблиці 7.10

Розрахуємо точку беззбитковості.

Точка беззбитковості – 6 шт/рік

За знайденими техніко-економічними показниками можна зробити висновок, що дане підприємство є прибутковим.

## 8.5 Оцінка ризиків та страхування розробки.

Розглянемо основні ризики, які можуть мати місце для нашого підприємства.

1. Ринковий ризик: ринок є абсолютно новим для України, по суті ми його створюємо. Навіть якщо нам не вдасться створити великий ринок, ми зможемо досить довго існувати на невеликому ринку.

2. Ризик конкуруючих методів: існує можливість, що якась фірма створить метод, який дозволить збільшити показники видобутку при менших затратах. Але оскільки головна різниця заключається лише в методі розрахунку прогнозу закладеному в програмному забезпеченні різниця в собівартості нової технології та запропонованої буде не суттєвою. Це дозволить конкурувати на ринку за рахунок репутації яку на той час отримає компанія.

3. Ризик завершення або технічний ризик: метод прогнозу є надійним та дозволяє вести його кожні 10 хвилин в режимі реального часу на відміну від конкурентів, де прогноз розраховується на тиждень.

4. Політичний ризик: в майбутньому можуть бути прийняті нові нормативно-правові акти по контролю. Але у нас ведеться чіткий облік усіх приладів, стандартів, техніки безпеки, і ми готові звітувати перед будь-яким органом. Погіршення торгових відносин з країнами-постачальниками нашого обладнання не передбачується, оскільки ринок приладів для системи автоматизації дуже широкий та конкурентний.

5. Ризик капітальних вкладень: існує ризик різкого підйому ціни на ультразвукові датчики, але з постачальниками ми заключимо контракти, згідно яких зможемо платити через деякий час після отримання. Таким чином на момент різких валютних коливань у нас ще буде запас датчиків, закуплених за старою ціною, і ми зможемо наперед реалізовувати продукцію по вищій ціні, крім того будуть продумані спеціальні пропозиції по закупівлі по оптовій ціні.

До більшості ризиків ми готові, і суттєвих втрат не понесемо. Єдиний реальний ризик – це пожежа або вибух, тому ми застрахуємо підприємство від вибухів та пожеж.

Необхідно передбачити ризики для того, щоб непередбачені події не могли вплинути на компанію та не завдали великих збитків або ж краху. В таблицях 8.13 та 8.14 наведені заходи, що допоможуть стартапу залишатися на плаву.

Найнебезпечнішими ризиками є поганий аналіз конкурентів, висока вартість програмного забезпечення, відсутність достатнього обсягу покупців.

## ВИСНОВКИ

- Проаналізовано методи ведення прогнозу безпечного ведення роботи на викидо-небезпечних вугільних пластах та обрано методіку прогнозування яка базується на вимірюванні імпульсів акустичної емісії.
- Обрано три-рівневу структуру автоматизованої системи управління видобутком вугілля на викидо-небезпечних вугільних пластах.
- Підібрано математичну модель розрахунку прогнозу безпеки ведення робіт на шахті, яка базується на обробці часових рядів методом Херста.
- Розроблено структуру програмного додатку оператора на основі обраного методу прогнозування. Написано технічне завдання та реалізовано програмний додаток на мові програмування JAVA.
- Розроблено структуру програмного додатку експерта на основі обраного методу прогнозування. Написано технічне завдання та реалізовано програмний додаток на мові програмування JAVA.
- Проведено дослідно-промислову експлуатацію, за результатами якої автоматизована підсистема управління видобутком вугілля на викидо-небезпечних вугільних пластах рекомендована до впровадження.
- На основі техніко-економічних показників розроблено Startup-проект, в якому показано доцільність впровадження автоматизованої підсистеми прогнозування безпеки ведення робіт на викидо-небезпечних вугільних пластах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко Г.К. Связь между видом эпюры горного давления и характером сейсмоакустического режима угольного пласта. В сб.: Применение сейсмоакустических методов в горном деле. – М., Наука, 1964, с. 23-26.
2. Проведение сейсмоакустических наблюдений в лавах пластов с трудноуправляемыми боковыми породами и разработка методики сейсмоакустического прогноза проявлений горного давления. Отчет о НИР, ДонУГИ; Инв.№197.– Донецк, 1975.–с. 101.
3. Определить критерии входа в зоны, опасные по обрушению боковых пород и разработать методику прогноза опасных проявлений горного давления. Отчет о НИР, ДонУГИ; Инв.№231.– Донецк, 1980.–с. 56.
4. Провести опытную эксплуатацию метода прогноза опасных проявлений горного давления (обрушений кровли) при отработки пластов с углами падения до  $30^0$ . Отчет про НИР, ДонУГИ; Инв.№235.– Донецк, 1980.–с. 46.
5. Инструкция по управлению горным давлением в очистных и подготовительных выработках при разработке пластов с углами падения  $35^0$ . Донецк, 1988. – с. 285.
6. Провести научно-исследовательские работы по оценке зон повышенного горного давления (ЗПГД) на пласты, склонные к внезапным выбросам угля и газа. Отчет про НИР, ВНИМИ; Инв.№374.– Донецк, 1981.– с. 92.
7. Артемов А.В., Фролков Г.Д. Особенности молекулярной структуры углей в выбросоопасных зонах пластов Донбасса. – Уголь, 1975, №11, с. 30-32.
8. Эттингер И.Л. Внезапные выбросы угля и газа и структура угля. – М.: Недра, 1969. – с. 160.

9. И.А. Новичихин, М.А. Ильяшов. Исследование эффекта «памяти» выбросоопасных пластов. В сб.: Разработка месторождений полезных ископаемых.– К.: Техника, 1986.–№74. – с.55.

10. Исследовать влияние зон повышенного горного давления (ЗПГД) на пласты, склонные к внезапным выбросам угля и газа. Отчет о НИР, ВНИМИ; Инв.№371.– Донецк, 1982.– с. 55.

11. Анцыферов М.С., Константинова А.Г., Переверзев Л.Б. Сейсмоакустические исследования в угольных шахтах. – М.: Изд-во АК Наук Украины, 1960. – с. 103.

12. Н.Б. Паршиков. Предвестники осадки основной кровли. В сб.: Геофизические исследования в горном деле.– М.: Недра, 1969. – с.103.

13. Проведение горно-экспериментальных работ по оценке напряженно-деформированного состояния выбросоопасных пластов в зонах повышенного горного давления по параметрам акустических сигналов и радиоволновым методом. Отчет о НИР, ВНИМИ; Инв.№362.– Донецк, 1987.– с.49.

14. Глухов А.А., Компанец А.И., Педченко М.А. Использование шахтной сейсморазведки для прогноза зон повышенного горного давления на отрабатываемых угольных пластах Донбасса. – УкрНИМИ НАНУ, – Донецк, 2007.

15. Глухов А.А. Автоматизация расчета поля сейсмически колебаний в угленосной толще при решении задач шахтной сейсморазведки /Научные работы Национального технического университета. – Донецк: ДонНТУ, 2006. – Вип. 106.–С. 131-139.

16. Глухов А.А. Математическое моделирование сейсмических полей в задачах шахтной сейсморазведки.–Геотехническая механика, Днепропетровск, 2004. - №49.-С.87-92.



17.Руководство по применению на шахтах Донбасса акустических способов контроля состояния призабойной части выбросоопасного пласта. – Макеевка–Донецк,2002

18.Ольховиченко А.Е. Прогноз выбросоопасности угольных пластов.- М., Недра, 1982. 278 с.

19. Булат А. Ф., Хохолев В. К. Геофизический контроль массива при отработке угольных пластов; АН УССР. Ин-т геотехн. Механики Киев : Наукова думка, 1990

20.Анцыферова Н.Г. Статистическое изучение шумности выбросоопасных угольных пластов. Автореф. канд. дисс.- М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1967.- 17 с.

21.Докукин А.В. и др., Корреляционная методика прогноза опасности динамических явлений по периодическим составляющим сейсмоакустического режима; М., ИГД им. А.А Скочинского, 1975.- 23с.

22.Иванов В.С. Применение сейсмоакустического метода для текущего прогноза зон, опасных по внезапным выбросам угля и газа на пластах Донбасса. Автореф. канд. дисс.- М., ИГД им. А.А. Скочинского, 1966.- 18с.