



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **117661** (13) **C2**
(51) МПК (2018.01)
G01V 1/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2015 01089	(72) Винахідник(и):	Ісаков Збігнієв (PL), Юзва Яцек (PL), Півоварські Вієслав (PL), Дзік Гражина (PL)
(22) Дата подання заявки:	13.11.2014	(73) Власник(и):	ІНСТИТУТ ТЕХНІК ІННОВАЦІЙНИХ ЕМАГ, ul. Leopolda 31, PL-40-189 Katowice, Poland (PL)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.09.2018	(74) Представник:	Сорокіна Олена Юріївна, реєстр. №186
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	P.409990	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	PL 201953 B1, 29.05.2009 CN 102538742 A, 04.07.2012 CN 102163363 A, 24.08.2011 WO 2012/173526 A1, 20.12.2012 US 2008/094242 A1, 24.04.2008 CN 102279410 A, 14.12.2011 CN 101762830 A, 30.06.2010
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	30.10.2014		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	PL		
(41) Публікація відомостей про заявку:	27.03.2017, Бюл.№ 6		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.09.2018, Бюл.№ 17		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/PL2014/000130, 13.11.2014		

(54) СПОСІБ ТА СИСТЕМА ДЛЯ ОЦІНКИ ВИНИКНЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОШТОВХІВ, ЩО ВИКЛИКАЮТЬСЯ ПІДЗЕМНОЮ РОЗРОБКОЮ

(57) Реферат:

Спосіб оцінки небезпеки виникнення високоенергетичних поштовхів, що викликаються підземною розробкою, що полягає в тому, що одночасно, в тісній часовій та просторовій коїнциденції, проводяться вимірювання коливань (E^{poml}) на поверхні тривимірними датчиками коливань (4) та вимірювання параметрів поштовхів (E^{poml}) під землею шахтною сейсмічною системою локалізації поштовхів (12), а також вимірювання переміщень (U^{pom}) на поверхні тривимірними датчиками переміщень точок поверхні (9), з періодичним коригуванням тахеометричним вимірювальним комплектом (В), здійснюється реєстрація цих вимірів в репозиторіях вимірювальних даних (17) аналітичного мікропроцесора (2а), потім множини цих даних піддаються обробці аналітичною схемою (2а) і складається прогноз небезпеки виникнення високоенергетичних поштовхів в просторово-часовому континуумі шляхом естимації критичних явищ, що враховує суміщення спостережень у вигляді квазідетерміністичного і по простору-часу широкого процесу деформації гірського масиву, а також парасейсмічних явищ у вигляді короточасних коливань частинок гірського масиву в аспекті часу і частоти, причому їх спільний вплив має характер функціоналу по місцево підсумованому простору. Система складається з центру обробки вимірювальних даних (1), де встановлений перетворювальний сервер (2), до якого підключений модем безпроводного зв'язку (5), аналітична схема (2а), а також шахтна сейсмічна мережа локалізації поштовхів (12), яка провідним зв'язком з'єднана з сейсмометричними датчиками (11). У свою чергу на спостережуваній ділянці гірського масиву (15) встановлені вимірювальні комплекти (А), тоді як

UA 117661 C2

на ділянці, яка не піддається деформації під впливом шахтної розробки, встановлений тахеометричний вимірювальний комплект (В), обладнаний автоматичним тахеометром (6) з лазерною алідадою (6а), до якого підключений приймач супутникової навігаційної системи тахеометра (3), а також модем безпроводного зв'язку (5).

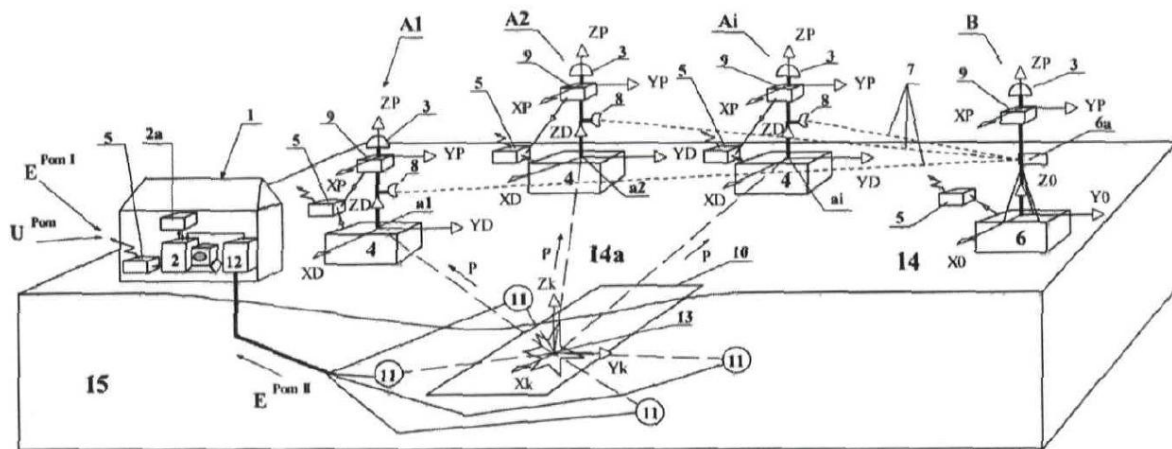


Fig.1 Система вимірювань разом із взаємним розташуванням її блоків на поверхні та розташуванням системи відносною очисної лави

Предметом винаходу є спосіб та система для оцінки виникнення небезпеки високоенергетичних поштовхів, що генеруються підземними розробками на ділянках розташованих в зоні впливу гірничих розробок.

Розробка підземних родовищ, особливо кам'яного вугілля, викликає структурні зміни в природному середовищі, в тому числі деформації поверхні, порушення гідрогеологічних умов, а також коливання та поштовхи в гірському масиві, що створюють небезпеку для шахтарських бригад, користувачів території гірничих робіт, а також небезпеку щодо стабільності будівельних об'єктів та інфраструктури поверхні в широкому розумінні. Для захисту від наслідків цих явищ застосовуються різні способи та схеми, що забезпечують можливість аналізу та оцінки впливу підземних розробок на території, що охоплені впливом гірничих розробок.

Відомий, із заявки на винахід PL 388051 (A1), спосіб та схема для виміру швидкостей та прискорень поштовхів під землею та на поверхні, які полягають в тому, що після виявлення поштовху в підземних виробках шахти з базової системи посиляється сигнал в усі дистанційні поверхневі вимірювальні станції, після чого відбувається негайна телетрансмісія даних, записаних в циклічних буферах дистанційних поверхневих вимірювальних станцій в реальному часі в базову систему, де виконується синхронізація сигналів та аналіз всіх корельованих за часом даних. Схема складається з базової системи, яка обладнана аналоговими та цифровими входами, до яких підключені провідні датчики шахтної геофізичної мережі, роз'єм для підключення інтернету, радіомодем, вихід для плоттера та екранного дисплея, а також з'єднані по безпроводному зв'язку дистанційні вимірювальні станції, обладнані тривісними датчиками для вимірювання коливань.

У заявці PL 395824 (A1) представлений спосіб прогнозування потужного поштовху, що викликається підземною гірничою розробкою, на основі безперервних вимірювань переміщень спостережної точки, розташованої на поверхні території гірничих робіт у зоні впливу очисного фронту, що полягає в тому, що спостережна точка влаштовується на поверхні в районі безпосереднього впливу посуваючогося підземного очисного фронту (вибою лави), попереду фронту, на відстані по горизонталі, рекомендовано не більше однієї четвертої глибини розробки, рекомендовано в осі утвореної або прогнозованої мульди осідання, викликаній експлуатацією цього фронту, а потім виконуються, з використанням техніки GPS, безперервні за часом вимірювання координат спостережної точки, а потім визначають зміни в часі вимірюваних значень вертикальної координати, а також, рекомендовано, горизонтальних координат спостережної точки, одержуваних, рекомендовано в системі координат WGS-84. В якості предиктора потужного поштовху викликаного проведеною гірською розробкою, який може виникнути протягом короткого часу, приймається порушення процесу зрушення, що полягає в уповільненні переміщення спостережної точки з подальшим зростанням швидкості переміщення точки, причому дане порушення виявляється шляхом порівняння спостережуваних величин приросту переміщень з очікуваними значеннями та/або величинами, рекомендовано перерахованими на горизонтальні напрямки, відповідно пер-перпендикулярно та паралельно щодо посувного очисного фронту.

У рішенні, згідно з заявкою на винахід PL395825 (A1), представлений спосіб прогнозування виникнення високоенергетичного поштовху, викликаного експлуатацією лави, на основі безперервних вимірювань змін нахилу поверхні землі на території гірничих робіт, що призначений для застосування в підземних шахтах, що виробляють гірські розробки в умовах наявності сейсмічної небезпеки. У даному способі, згідно цього винаходу, проводиться вимірювання змін у часі складових нахилу, за допомогою нахиломіру, встановленого на поверхні землі в зоні безпосереднього впливу здійснюваної в пласті виїмки очисною лавою, причому рекомендується встановлювати нахиломір попереду посувного фронту очисної лави, на відстані, рекомендовано, не більше однієї четвертої глибини розробки, рекомендовано, в осі утвореної або прогнозованої мульди осідання, що викликана експлуатацією цієї лави, а потім аналізують зміни в часі вимірюваних величин складової нахилу поверхні землі в напрямку, рекомендовано, посування фронту лави та складовою нахилу поверхні землі в напрямку, рекомендовано, перпендикулярному до напрямку посування фронту лави, автоматично реєструються на диску комп'ютера. Потім, на основі вимірюваних значень складових нахилу, розраховуються прирости нахилу в постійних, відповідним чином підібраних, тимчасових інтервалах, після чого в якості прекурсора високоенергетичного поштовху, який може виникнути протягом короткого часу, приймається порушення в процесі змін складових нахилу, що полягає в зменшенні величини приросту складових нахилу, а потім великому приросту величини цих складових.

Відомий, з патентного опису винаходу PL201953 (B1), спосіб реєстрації коливань та деформацій поверхні землі, де сигнали з датчиків для реєстрації коливань передаються за

допомогою провідного зв'язку в місцеві концентратори інформації, в яких їх доповнюють інформацією, одержаної з приймачів глобальної супутникової системи позиціонування та еталонного часу, піддають цифровому кодуванню, а потім передають за допомогою провідної або безпроводної системи зв'язку в центральну організацію з контролю небезпек, в яку додатково передаються провідним або безпроводним зв'язком дані з місцевих референтних станцій, що входять до складу мережі глобальної супутникової системи позиціонування, забезпечуючи прецизійну програмну відповідність референтних станцій системи реєстрації коливань та деформації поверхні землі до геодезичних перманентних станцій мережі глобального позиціонування, крім того, в центральну організацію передаються сигнали, що повідомляють про виниклі в шахтах явища, які пов'язані з коливаннями гірського масиву.

Існуючі до теперішнього часу способи та схеми для оцінки впливу підземних розробок охоплюють тільки часткові потенційні небезпеки, викликані коливальними процесами, на поверхні та в підземній частині шахт та/або вимірювання переміщень спостережної точки, розташованої на поверхні території гірничих робіт, що передаються в центральну організацію контролю небезпек. Відсутні рішення, що враховують суперпозицію багатьох процесів. Аналіз наслідків окремих процесів володіє помітно меншою можливістю прогнозування критичних явищ. Крім того, не враховується, що розглянуті процеси мають стохастичний характер. Незважаючи на факт, що проблеми прогнозування виникнення небезпек, зокрема сейсмічного походження, на території гірничих розробок дуже складні, обидва типи явищ - таких, як коливання та деформації, мають абсолютно різний характер, то проведені до теперішнього часу дослідження підтверджують наявність кореляції між ними. На основі проведених до теперішнього часу аналізів вдалося досягти статистичної кореляції цих явищ. Результати проведених до теперішнього часу досліджень не дозволяють, однак, повністю сформулювати аналітично цю залежність шляхом дефінування відповідного оператора.

Метою винаходу є розробка способу та системи, що збільшують ефективність та якість оцінки виникнення небезпеки високоенергетичних поштовхів, що викликаються підземними розробками на території, що піддається впливу гірських розробок, шляхом врахування адитивності багатьох процесів одночасно.

Спосіб оцінки виникнення небезпеки високоенергетичних поштовхів, що генеруються підземними розробками, є предметом винаходу, полягає в тому, що виробляється одночасно, у тісній часовій та просторовій коінцидентції, вимірювання коливань на поверхні за допомогою тривимірних датчиків коливань та вимірювання параметрів поштовхів під землею, з використанням шахтної сейсмічної системи локалізації поштовхів, а також вимірювання переміщень на поверхні, за допомогою тривимірних датчиків переміщень точок поверхні, що періодично корегуються за допомогою тахеометричного вимірювального комплексу. Виміряні величини реєструються в репозиторіях вимірювальних даних аналітичного мікропроцесора, потім множини цих даних підлягають обробці аналітичним мікропроцесором та складається Спосіб оцінки виникнення небезпеки високоенергетичних поштовхів, що генеруються підземними розробками, є предметом винаходу, полягає в тому, що виробляється одночасно, у тісній часовій та просторовій коінцидентції, вимірювання коливань на поверхні за допомогою тривимірних датчиків коливань та вимірювання параметрів поштовхів під землею, з використанням шахтної сейсмічної системи локалізації поштовхів, а також вимірювання переміщень на поверхні, за допомогою тривимірних датчиків переміщень точок поверхні, що періодично корегуються за допомогою тахеометричного вимірювального комплексу. Виміряні величини реєструються в репозиторіях вимірювальних даних аналітичного мікропроцесора, потім множини цих даних підлягають обробці аналітичним мікропроцесором та складається прогноз виникнення небезпеки високоенергетичних поштовхів в просторово-часовому континуумі шляхом естимації критичних явищ, які враховують поєднання спостережень у вигляді квазі-детерміністичного та обширного в просторі-часі процесу деформації гірського масиву, а також сейсмічних явищ у вигляді короткочасних коливань частинок гірського масиву - відносно часу та частоти. При цьому спільний їх вплив має характер функціоналу на місцево доданому просторі. Складові переміщень на поверхні, реєстровані в реальному часі з частотою не менш 20 Гц, а також реєстровані в реальному часі складові швидкостей та/або прискорень коливань на поверхні, разом з маркером часу, передаються від кожного інтегрованого вимірювального комплексу, за допомогою модулів безпроводного зв'язку, в перетворювальний сервер. У свою чергу в перетворювальний сервер передаються, за допомогою модуля безпроводного зв'язку, цифрові дані вимірювань з тахеометричного вимірювального комплексу, що виконує періодично, рекомендовано, через встановлений тимчасовий інтервал, та кожен раз безпосередньо після поштовху, зареєстрованого шахтною сейсмічною системою локалізації поштовхів, вимірювання відстані між точкою установки вимірювального комплексу та місцями

виконання вимірювань інтегрованими вимірювальними комплектами, обладнаними лазерними відбивачами, коректуючи вимірювання складових переміщень, на основі даних, отриманих з супутникових приймачів. Шахтна сейсмічна система локалізує поштовхи шахтного походження, а інформація про параметри кожного поштовху, а також про час його виникнення в осередку поштовху, передається кабельною мережею в перетворювальний сервер, куди передаються також з вимірювальних комплектів дані про час вступу поперечної хвилі. Прогноз виникнення небезпеки поштовхів виконується аналітичним мікропроцесором на основі даних вимірювань коливань на поверхні, записуваних в поточному порядку в базі даних коливань, що виникають на поверхні шахти, а також на основі даних вимірювань параметрів поштовхів в підземній частині шахти, записуваних в базі параметрів поштовхів, що виникають у підземній частині шахти, після чого відбувається процес змішування вимірювань парасейсмічних параметрів та фільтрація перешкод. Потім на основі даних, накопичених в репозиторії технологічних даних, складається модель коливань у функції часу, а також сигнал зі змішаних вимірювань коливань, в результаті яких проводиться порівняння отриманих результатів з граничними значеннями та попередня оцінка небезпеки, одночасно проводиться порівняння граничних значень з моделі граничних переміщень з вимірами переміщень. Потім для кожного часового інтервалу визначаються тензори величин, що представляють парасейсмічні процеси, а також тензори величин, що представляють процеси переміщень, та складається цільова функція, як міра небезпеки сумішених парасейсмічних та динамічних процесів, визначених для кожного моменту по всьому просторово-часовому континууму. Потім відбувається визначення ділянок небезпечних по поштовхам, на основі вимірів та в результаті довго- та короткострокової верифікації, оптимізація цільової функції, що є заходом, що оцінює виникнення небезпеки поштовху в спостережуваній ділянці гірського масиву, що піддається деформації під впливом гірничих розробок, і яка, після дотримання критеріїв естимації небезпеки виникнення поштовху, послідовно основного й остаточного, дозволяє визначити підділянки, небезпечні щодо виникнення поштовху та передбачуваний час цієї події.

Послідовно, з метою визначення небезпеки:

а) дефінується вікно короткострокового аналізу, що охоплює парасейсмічні та деформаційні вимірювання (величини), одержувані з усіх вимірювальних точок в місцях установки вимірювальних комплектів, не менш ніж на 1 крок назад стосовно моменту j ,

б) потім для кожного вікна знаходиться нижня грань множини деформаційних величин, а також верхня грань множини парасейсмічних значень, причому ці значення, разом з локалізацією, передаються в таблиці довгострокового аналізу,

в) після цього дефінується вікно довгострокового аналізу для оцінки небезпеки, що охоплює не менше, ніж одну добу, та ведеться при цьому пошук виключно тих випадків, для яких нижня грань множини деформаційних величин та верхня грань множини парасейсмічних значень знаходяться в безпосередній близькості аналізованої спостережної точки,

г) основою для оцінки є дані з таблиць довгострокового аналізу, причому на їх підставі здійснюється оптимізація прийнятої функції $f(v, w) \rightarrow f^*(v, w)$ в аспекті максимуму ентропії системи.

Модифікована цільова функція задовольняє основний критерій небезпеки тільки тоді, коли максимальні напруження при мінімальному порозі градієнта переміщень не перевищують мінімального градієнта переміщень при максимальному стані напруження, а модифікована цільова функція задовольняє остаточний критерій небезпеки тільки тоді, коли цільова функція, яка впливає з максимальних напружень та мінімального порогу градієнта переміщень, дорівнює максимуму функції для нижньої межі множини градієнта переміщень.

Система для застосування способу, що є предметом винаходу, обладнана розташованим в центрі обробки даних перетворювальним сервером, до якого підключений модем безпроводного зв'язку, аналітичний мікропроцесор, а також шахтна сейсмічна мережа локалізації поштовхів, яка з'єднана проводним зв'язком з сейсмометричними датчиками. На спостережуваній ділянці гірського масиву встановлені вимірювальні комплекти, причому кожен з цих вимірювальних комплектів складається з приймача системи супутникового позиціонування, що є тривимірним датчиком переміщень поверхні землі, просторово інтегрованим з тривимірним датчиком коливань, які обидва з'єднані з модемом безпроводного зв'язку. У той же час на ділянці, що не зазнає деформацій внаслідок гірничих розробок, встановлений тахеометричний вимірювальний комплект, обладнаний автоматичним тахеометром з лазерною алідадою, до якого підключений приймач системи супутникового позиціонування тахеометра та модем безпроводного зв'язку, а кожен вимірювальний комплект оснащений відбивачем лазерного променя.

Спосіб оцінки небезпеки сейсмічних поштовхів шахтного походження, що є предметом винаходу, реалізує прогноз (предикцію) її виникнення в просторово-часовому континуумі,

шляхом естімації критичних явищ, які враховують суміщення спостережень у вигляді двох процесів: квазі-детерміністичного та обширного по простору-часу процесу деформації гірського масиву, а також сейсмічних явищ у вигляді короткочасових коливань частинок гірського масиву.

Предмет винаходу показаний, за допомогою прикладів, на кресленнях, де Фіг.1 представляє систему вимірювань разом з взаємним розташуванням її блоків на поверхні та розміщенням системи щодо очисної лави, Фіг.2 представляє блок-схему системи вимірювань, Фіг.3 представляє блок-схему алгоритму оцінки виникнення небезпеки високоенергетичних поштовхів, що генеруються підземними розробками.

Приклад I

Приймачі супутникової навігаційної системи 3, що визначають позицію та актуальний час, взаємодіють з тривимірними датчиками переміщень 9 та реєструють, в режимі реального часу з частотою 20 Гц або частіше, складові переміщень XP , YP і ZP в обраних вимірювальних точках a_1 , a_2 ... a_i (Фіг.1). У той же час розташовані в тих же місцях тривимірні датчики коливань 4 реєструють в режимі реального часу складові швидкості або прискорень XD , YD і ZD . Вимірювальні дані в цифровому вигляді з тривимірних датчиків коливань 4 та з приймачів супутникової навігаційної системи 3 разом з маркером часу передаються з кожного з інтегрованих вимірювальних комплектів A_1 , A_2 , ... A_i за допомогою модулів безпроводного зв'язку 5, через мережу GPRS, в перетворювальний сервер 2. В перетворювальний сервер 2 додатково передаються, за допомогою модуля безпроводного зв'язку 5, вимірювальні дані в цифровому вигляді з тахеометричного вимірювального комплекту В, який періодично, а також безпосередньо після поштовху проводить вимірювання відстані між точкою розташування тахеометричного вимірювального комплекту В та вимірювальними точками a_1 , a_2 , ... a_i , де встановлені вимірювальні комплекти A_1 , A_2 , ... A_i , які обладнані відбивачами 8, що утворюють геодезичну мережу, уточнюючу вимірювання складових вимірювань XP , YP і ZP , виконуваних тривимірними датчиками переміщень 9 на основі даних, одержуваних з приймачів супутникової навігаційної системи 3. Автоматичний тахеометр 6 встановлений в місці з координатами X_0 , Y_0 і Z_0 на стабільній ділянці 14, що не піддається деформаціям внаслідок гірничих розробок. У свою чергу, шахтна сейсмічна система локалізації поштовхів 12 локалізує поштовхи шахтного походження та інформації про параметри кожного k -того поштовху 13 з координатами X_k , Y_k і Z_k , а також про час його виникнення T_{ok} в осередку поштовху 13 та передає в перетворювальний сервер 2 за допомогою шахтної кабельної мережі шахтної сейсмічної системи локалізації поштовхів. Перетворювальний сервер 2 на основі геометрії розташування тривимірних датчиків коливань 4 та координат X_k , Y_k і Z_k реєструючих осередки поштовхів 13, час приходу поздовжньої хвилі P до окремих вимірювальних точок A_1 , A_2 , ... A_i на поверхні та розрахованого часу T_{ok} в осередку поштовху 13, здійснює сейсмічну швидкісну томографію області шарів покрівлі, розташованих над поверхнею очисної лави 10, визначаючи таким чином ділянки, де концентруються або зменшуються напруження. Спосіб оцінки виникнення небезпеки високоенергетичних поштовхів, що генеруються підземними розробками, заснований на геофізичних дослідженнях, що стосуються змін структури гірського масиву, а також геодезичних переміщень спостережуваної нестабільної 14а ділянки гірського масиву. Для оцінки можливості виникнення поштовху використовується, зокрема, накопичений до теперішнього часу досвід, з якого випливає, що характерні точки розподілів параметрів коливальних процесів та переміщень розташовані, як правило, на осі симетрії, що визначає напрямок розробки. Основна нульова точка розташована на поверхні вище фронту забою очисної лави 10 та переміщається по мірі її посування. У цій точці рівнодіюча амплітуда складових горизонтальних коливань XD і YD досягає максимального значення. У той же час рівнодіюча горизонтальних деформацій XP і YP прямує до нуля. Розподіл амплітуд коливань представляється в тривимірному просторі XD , YD і ZD . Розподіл деформацій уздовж зазначеної вище осі симетрії має характер асиметричної кривої, граничні значення якої в зазначених крайових точках: в точці над краєм фронту очисної лави 10 та в точці розташованій на стабільній ділянці 14, поза деформованої впливом гірних розробок ділянки 14а, є рівними нулю. Між ними деформації досягають максимального значення, яке після перевищення критичного значення може викликати небезпеку для об'єктів на спостережуваній ділянці гірського масиву 15, що піддається деформаціям під впливом розробок. В вимірювальній точці a_1 , a_2 , ... a_i , в якій горизонтальні деформації XP і YP досягають максимального значення небезпека є найбільш високою. З наведеного вище якісного аналізу випливає, що основні процеси небезпеки, що стосуються коливань та переміщень мають не тільки різний фізичний характер, а й різні просторові розподіли, що є причиною того, що їх спільний вплив має складний характер над місцево підсумованим простором, тобто простором, в якому можливі аналітичні суміщення обох цих процесів з метою естімації просторово-часового континууму з використанням математичного апарату. До теперішнього

часу відсутні, що піддаються виміру оцінки наслідків суміщення обох цих процесів з метою естімації просторово-часового континууму виникнення предкритичної події. Незалежний аналіз цих процесів не збігається з фізичним механізмом генерування поштовху. Новий спосіб оцінки виникнення небезпеки високоенергетичних поштовхів, що генеруються підземними розробками, полягає в висновках, на основі дослідження кореляції між процесами коливань та переміщень, з метою оцінки ризику виникнення небезпеки поштовху в певній подділянці спостережуваного гірського масиву 15, що піддається деформаціям під впливом експлуатації очисної лави 10.

Це з'єднання алгоритму оцінки змін градієнта переміщень точок спостережуваної ділянки гірського масиву 15, числових методів, що визначають деформований стан спостережуваної ділянки гірського масиву 15, а також вимірювальних даних з вимірювальних комплектів A_1, A_2, \dots, A_i встановлених у вимірювальних точках a_1, a_2, \dots, a_i шахтної сейсмічної системи локалізації поштовхів 12. Аналіз суміщення трохосового деформованого стану XP, YP і ZP та парасейсмічної активності XD, YD і ZD , викликаної концентрацією напружень в гірському масиві та ідентифікованої результатами сейсмічної пасивної томографії, реалізованої в перетворюючому сервері 2 показує, що подділянка гірського масиву піддається утомному перетворенню, коли сумарна зміна внутрішньої енергії досягне критичного значення. Спосіб полягає в естімації середнього числа змін градієнта граничних переміщень у вимірювальних точках a_1, a_2, \dots, a_i в місцях розташування інтегрованих вимірювальних комплектів A_1, A_2, \dots, A_i , причому вимірювання змін граничних переміщень у вимірювальних точках a_1, a_2, \dots, a_i підлягають коригуванню з використанням тахеометричного вимірювального комплексу В в аналізованому інтервалі часу. Визначення загальної щільності розподілу ймовірності величини деформацій у вимірювальних точках a_1, a_2, \dots, a_i у функції часу, просторової концентрації напружень в гірському масиві, а також параметрів коливань реєстрованих на поверхні, є основою визначення ймовірності виникнення аналізованої події. Спосіб дії, що полягає в багатофункціональному моніторингу та естімації небезпеки виникнення динамічного процесу у вигляді високоенергетичного поштовху, представлений схематично на Фіг. 3. Оцінка небезпеки полягає в безперервному вимірюванні необхідних параметрів та зберіганні їх в репозиторіях технологічних даних 16 та в репозиторіях вимірювальних даних 17. Вимірювальними даними є: результати безперервних вимірювань коливань E^{poml} на поверхні, з тривимірних датчиків коливань 4, результати вимірювань параметрів поштовхів E^{pomll} отримані з підземної шахтної сейсмічної системи локалізації поштовхів 12, а також результати вимірювань переміщень на поверхні U^{pom} з тривимірних датчиків переміщень поверхні 9, після коректування з використанням тахеометричного вимірювального комплексу В. Вимірювальні дані коливань E^{poml} зберігаються в базі параметрів коливань на поверхні шахти 17а, а дані параметрів поштовхів E^{pomll} зберігаються в базі параметрів поштовхів, що виникають в підземній частині шахти 17b, після чого здійснюється процес змішування даних вимірювань $E^{poml} \times E^{pomll}$ та фільтрації перешкод в блоці 17с (процедура INFOMAX). Технологічні дані представляють собою інформацію про топографію місцевості, геологічну будову гірського масиву, а також про параметри експлуатованої очисної лави та системи розробки. На основі технологічних даних проводиться моделювання процесів коливань, використовуючи прогнозований розподіл поля напружень, що вимірюється по мірі посування очисної лави 10 та розподіл поля процесів переміщень точок на спостережуваній ділянці гірського масиву 15, що піддається деформаціям під впливом розробки. Для обох зазначених вище процесів встановлюють граничні значення, відповідно, для коливань Λ та для переміщень ξ_{dop} , які визначають граничні критерії, які використовуються в подальшому аналізі. Допустимі граничні значення коливань Λ знаходяться в блоці 20, а допустимі граничні значення переміщень ξ_{dop} в блоці 21. Залежно від умови задоволення зазначених вище критеріїв, що є предметом винаходу, спосіб використовує для оцінки небезпеки вимірювальні дані або впливаючі з моделювання дані, в якості x_{ij} - інформації про коливання та u_{ij} - інформації про переміщення, причому індекси $[i, j]$ позначають вимірювані величини для i -тої вимірювальної точки в місцях розташування вимірювальних комплектів A_1, A_2, \dots, A_i в j -тий момент часу. Для кожного часового інтервалу визначаються тензори величин, що представляють парасейсмічні процеси $V: v[i, j] = x_{ij}$, а також тензори величин, що представляють процеси переміщень $W: w[i, j] = u_{ij}$. На зазначених вище матрицях аналізованих величин визначається первинна цільова функція $f: V \times W \rightarrow R$, як матриця міри небезпеки суміщених процесів на основі тензорів парасейсмічних та деформаційних процесів, визначених для кожного моменту у всьому спостережуваному просторово-часовому континуумі. Так дефінірована первинна цільова функція $f(v, w)$ визначає величину, яка вказує на виникнення небезпеки виникнення поштовху в спостережуваній ділянці гірського масиву 15, що піддається деформації під впливом гірської розробки, здійснюваної в блоці 22.

З метою визначення небезпеки виникнення поштовху виконуються наступні процедури:

• дефінується вікно короткострокового аналізу, що охоплює парасейсмічні та деформаційні вимірювання (величини), одержувані з усіх вимірювальних точок a_1, a_2, \dots, a_i в місцях установки вимірювальних комплектів A_1, A_2, \dots, A_i , наприклад, на 6 кроків назад відносно моменту j , таким чином для 10 вимірювальних точок та 6 кроків, виходить 60 значень парасейсмічних та

5 деформаційних величин;

• потім для кожного вікна знаходиться нижня грань множини деформаційних величин, а також верхня грань множини парасейсмічних значень, причому кожна з них може мати різну локалізацію; ці значення, разом з локалізацією, розміщуються в таблицях довгострокового аналізу, що використовуються безпосередньо для прогнозу виникнення поштовху в просторово-

10 часовому континуумі спостережуваної ділянки гірського масиву 15;

• після цього дефінується вікно довгострокового аналізу для оцінки небезпеки, що охоплює, наприклад, 1 тиждень, та ведеться при цьому пошук виключно тих випадків, для яких нижня грань множини деформаційних величин та верхня грань множини парасейсмічних значень знаходяться в безпосередній близькості аналізованої спостережної точки a_1, a_2, \dots, a_i ;

15 • основою для оцінки є дані з таблиць довгострокового аналізу, причому на їх підставі здійснюється оптимізація первинної цільової функції $f(v, w) \rightarrow f^*(v, w)$ у блоці 23, в аспекті забезпечення максимуму ентропії системи.

Максимум ентропії відповідає тут мінімуму інформації. Ця проблема математично вирішується як екстремум багатовимірної функції.

20 • оптимізована цільова функція $f^*(v, w)$ використовується надалі в процесі оцінки небезпеки виникнення поштовху. У блоці 24 досліджується основний критерій небезпеки, виражений такою нерівністю

$$- \sup \inf f(v, w) \leq \inf \sup f^*(v, w)$$

25 Необхідність модифікації первинної цільової функції $f(v, w)$ для отримання оптимізованої цільової функції $f^*(v, w)$ в цьому випадку викликана умовою несиметричності запису \sup (\inf) та \inf (\sup) в наведеній вище нерівності. Її фізична інтерпретація може бути описана так, що небезпека може виникнути тільки тоді, коли "максимальні напруження при мінімальному порозі градієнта переміщень не перевищують мінімального градієнта при максимальному напруженому стані".

30 Якщо вказана вище умова не виконується, то алгоритм не наказує сигналізації небезпеки та переходить до наступних кроків аналізу.

Якщо основна умова (формула мінімакса), яка вказує на можливість виникнення небезпеки, виконана, тоді в блоці 25 перевіряється остаточний критерій оцінки небезпеки виникнення поштовху. Виконання умови

$$35 \quad \max_{v \in V} \inf_{w \in W} f^*(v, w) = \inf_{w \in W} \max_{v \in V} f^*(v, w)$$

позначає існування небезпеки.

Потім, на підставі цієї оцінки, у блоці 26 визначаються підділянки ($\mu = i^*$), де існує небезпека виникнення поштовху, а також передбачуваний час його виникнення ($v = j^*$).

Приклад II

40 Вимірювальна система, що є предметом винаходу, Фіг. 1 та Фіг. 2, складається з центру обробки даних 1, де знаходиться перетворювальний сервер 2, до якого підключений модем безпроводного зв'язку 5, що працює за технологією пакетної передачі даних GPRS, аналітичний мікропроцесор 2а, а також шахтна сейсмічна система локалізації поштовхів 12, обладнана з'єднаними провідним зв'язком сейсмометричними датчиками 11, які розташовані в гірському

45 масиві поблизу очисної лави 10. На спостережуваній ділянці гірського масиву 15, що піддається деформації під впливом розробки, розташованій над очисною лавою 10, в призначених вимірювальних точках a_1, a_2, \dots, a_i , встановлені інтегровані вимірювальні комплекти A_1, A_2, \dots, A_i . Кожен з цих вимірювальних комплектів A_1, A_2, \dots, A_i складається з приймача супутникової навігації системи GPS-NAVSTAR, що є тривимірним датчиком 9 для переміщень точок поверхні

50 спостережуваної ділянки гірського масиву 15 та який просторово інтегрований з тривимірним датчиком коливань 4 та які з'єднані з модемом безпроводного зв'язку 5. Крім того, кожен вимірювальний комплект A_1, A_2, \dots, A_i обладнаний додатково відбивачем 8 лазерного променя 7. На ділянці, що не піддається деформації, під впливом гірської розробки встановлений тахеометричний вимірювальний комплект В, обладнаний автоматичним тахеометром 6 з

55 лазерною алідадою 6а, до якого підключений приймач супутникової навігаційної системи 3 автоматичного тахеометра 6, а також модем безпроводного зв'язку 5.

Список позначень:

- 1 - центр обробки даних,
- 2 - перетворювальний сервер,
- 60 2а - аналітичний мікропроцесор,

- 3 - приймач супутникової навігаційної системи (GPS),
- 4 - тривимірний датчик коливань,
- 5 - модем безпроводного зв'язку (GPRS),
- 6 - автоматичний тахеометр,
- 5 6а - лазерна алідада тахеометра,
- 7 - лазерний промінь,
- 8 - відбивач,
- 9 - тривимірний датчик переміщень точок поверхні,
- 10 10 - очисна лава,
- 11 - сейсмометричні датчики,
- 12 - шахтна сейсмічна система локалізації поштовхів,
- 13 - поштовх,
- 14 - стабільна ділянка,
- 14а - нестабільна ділянка,
- 15 15 - спостережувана під впливом розробки,
- 16 - репозиторій технологічних даних,
- 17 - репозиторій вимірювальних даних,
- 17а - база параметрів коливань на поверхні шахти,
- 17b - база параметрів поштовхів в підземній частині шахти,
- 20 17с - процес змішування вимірювань E^{pomi} та E^{pomiII} та фільтрації перешкод в блоці (процедура INFOMAX),
- 18 - блок моделі невстановлених переміщень,
- 19 - блок моделі коливань у функції часу,
- 20 - блок попередньої оцінки небезпеки виникнення поштовху, на основі парасейсмічних
- 25 даних, з використанням вимірювань та моделювання, з урахуванням встановлених граничних значень параметрів коливань Λ ,
- 21 - блок попередньої оцінки небезпеки виникнення поштовху, на основі деформаційних даних, з використанням вимірювань та моделювання, з урахуванням встановлених граничних значень переміщень ξ_{dop} ,
- 30 22 - блок дефініювання функції $f(v, w)$ - заходи небезпеки суміщених парасейсмічних і деформаційних процесів,
- 23 - блок визначення ділянок небезпечних по поштовхам, а також оптимізації цільової функції $f(v, w) \rightarrow f^*(v, w)$,
- 24 - блок перевірки основного критерію оцінки небезпеки поштовху, з використанням
- 35 цільової функції $f^*(v, w)$,
- 25 - блок перевірки остаточного критерію оцінки небезпеки поштовху, з використанням цільової функції $f^*(v, w)$,
- 26 - блок виявлення небезпеки виникнення поштовху та визначення підділянок, небезпечних по виникненню поштовху ($\mu = i^*$), а також передбачуваного часу виникнення
- 40 поштовху ($v = j^*$),
- a1, a2 ... ai - вимірювальні точки обладнані комплектом А,
- X0 - поздовжня координата локалізації автоматичного тахеометра,
- Y0 - поперечна координата локалізації автоматичного тахеометра,
- 45 Z0 - вертикальна координата локалізації автоматичного тахеометра,
- XD - поздовжня координата швидкості або прискорення коливань,
- YD - поперечна координата швидкості або прискорення коливань,
- ZD - вертикальна координата швидкості або прискорення коливань,
- XP - поздовжня координата переміщення,
- YP - поперечна координата переміщення,
- 50 ZP - вертикальна координата переміщення,
- A1, A1, Ai - вимірювальні комплекти,
- B - тахеометричний вимірювальний комплект,
- Xk - поздовжня координата поштовху в очисній лаві, із сейсмічної системи локалізації поштовхів,
- 55 Yk - поздовжня координата поштовху в очисній лаві, із сейсмічної системи локалізації поштовхів,
- Zk - вертикальна координата поштовху в очисній лаві, із сейсмічної системи локалізації поштовхів,
- Tok - час виникнення поштовху в очисній лаві, із сейсмічної системи локалізації поштовхів,
- 60 E^{pomi} - вимірювання коливань на поверхні, з тривимірних датчиків коливань,

E^{poml} - вимірювання параметрів поштовхів, з підземної шахтної сейсмічної системи локалізації поштовхів,
 U^{pom} - вимірювання переміщень на поверхні, з тривимірних датчиків переміщень поверхні,
 Λ - граничне значення для коливань,
 ξ_{dop} - граничне значення для переміщень,
 P - поздовжня хвиля,
 x_{ij} - інформація про коливання,
 y_{ij} - інформація про переміщення,
 $[i, j]$ - величини вимірювані для i -тої вимірювальної точки в місцях розташування вимірювальних комплектів A , в момент j .
 $V: v[i, j]$ - тензори величин, що представляють парасейсмічні процеси,
 $W: w[i, j]$ - тензори величин, що представляють процеси переміщень,
 $f(v, w)$ - первинна цільова функція,
 $f^*(v, w)$ - оптимізована цільова функція.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб оцінки небезпеки виникнення високоенергетичних поштовхів, що викликаються підземною розробкою, що полягає у вимірюванні, за технологією GPS, переміщень спостережних точок, розташованих на поверхні гірського масиву в районі впливу фронту розробки та передачі результатів цих вимірювань, за допомогою модулів безпроводного зв'язку, в центральну організацію контролю безпеки, який **відрізняється** тим, що виробляються одночасно, у тісній часовій та просторовій коінциденції, вимірювання коливань (E^{poml}) на поверхні тривимірними датчиками коливань (4) та вимірювання параметрів поштовхів (E^{poml}) під землею шахтною сейсмічною системою локалізації поштовхів (12), а також вимірювання переміщень (U^{pom}) на поверхні тривимірними датчиками переміщень точок поверхні (9), з періодичним коригуванням тахеометричним вимірювальним комплектом (B), здійснюється реєстрація цих вимірів в репозиторіях вимірювальних даних (17) аналітичної схеми (2a), потім множини цих даних піддаються обробці аналітичною схемою (2a) та складається прогноз виникнення небезпеки високоенергетичних поштовхів в просторово-часовому континуумі шляхом естимації критичних явищ, що враховує суміщення спостережень у вигляді квазідетерміністичного та по простору-часу широкого процесу деформації гірського масиву, а також парасейсмічних явищ у вигляді короточасних коливань частинок гірського масиву в аспекті часу та частоти, причому їх спільний вплив має характер функціоналу по місцево підсумованому простору.

2. Спосіб, згідно з пунктом 1, який **відрізняється** тим, що складові координат (XP, YP і ZP) вимірювання переміщень (U^{pom}) на поверхні, реєстровані в режимі реального часу з частотою не менше 20 Гц, а також реєстровані в режимі реального часу складові координат швидкостей і/або прискорень (XD, YD та ZD) коливань (E^{poml}) на поверхні, разом з маркером часу, передаються від кожного з інтегрованих вимірювальних комплектів (A_1, A_2, \dots, A_i) за допомогою модулів безпроводного зв'язку (5) в перетворювальний сервер (2).

3. Спосіб, згідно з пунктом 1 або 2, який **відрізняється** тим, що в перетворювальний сервер (2) передаються, за допомогою модуля безпроводного зв'язку (5), вимірювальні дані в цифровому вигляді з тахеометричного вимірювального комплексу (B), що виконує періодично, з певним часовим інтервалом, і кожен раз безпосередньо після поштовху, зареєстрованого шахтною сейсмічною системою локалізації поштовхів (12), вимірювання відстані між точкою розташування вимірювального комплексу (B) та місцями реалізації вимірювань інтегрованими вимірювальними комплектами (A_1, A_2, \dots, A_i), обладнаними лазерними відбивачами (8), здійснюючи можливе коригування вимірювань складових переміщень (XP, YP і ZP), виконуваних тривимірними датчиками переміщень (9), на основі даних, одержуваних від приймачів супутникової навігаційної системи (3).

4. Спосіб, згідно з пунктом 1 або 2, або 3, який **відрізняється** тим, що шахтна сейсмічна система (12) локалізує поштовхи шахтного походження, а інформація про параметри кожного поштовху з координатами (X_k, Y_k і Z_k) та часу (Ток) його виникнення в осередку поштовху (13) передається кабельною мережею в перетворювальний сервер (2), в який передається також час вступів поздовжньої хвилі (P), від вимірювальних комплектів (A_1, A_2, \dots, A_i).

5. Спосіб, згідно за будь-яким з пп. 1-4, який **відрізняється** тим, що прогноз небезпеки виникнення поштовхів виконується аналітичною схемою (2a) на основі вимірювань параметрів, виникаючих на поверхні коливань (E^{poml}), записуваних у поточному порядку в базі параметрів коливань на поверхні шахти (17a), а також на основі вимірювань параметрів поштовхів, що

виникають у підземній частині шахти (E^{poml}), записуваних в базі параметрів поштовхів, що реєструються в підземній частині шахти, після чого здійснюється процес змішування вимірних парасейсмічних параметрів ($E^{poml} \times E^{poml} = E_{ij}^{pom}$) та фільтрація перешкод, а потім на основі даних, що зберігаються в репозиторії технологічних даних (16), складається модель коливань у функції часу, а також сигнал від змішаних вимірювань коливань (E_{ij}^{pom}), в результаті яких здійснюється порівнювання отриманих результатів з граничними значеннями та попередня оцінка небезпеки, а одночасно проводиться порівнювання граничних значень моделі граничних переміщень з вимірами переміщень на поверхні шахти (U^{pom}), після чого для кожного часового інтервалу визначаються тензори величин, що представляють парасейсмічні процеси, а також тензори величин, що представляють процеси переміщень, та складається первинна цільова функція як міра небезпеки сумішених парасейсмічних та деформаційних процесів, що визначається для кожного моменту по всьому просторово-часовому континууму, а далі здійснюється визначення ділянок, небезпечних по поштовхах, на основі вимірів і в результаті коротко- і довгострокової верифікації, а також складається оптимізована цільова функція, що є мірою оцінки небезпеки виникнення поштовху у спостережуваній ділянці гірського масиву (15), що піддаються деформації під впливом розробки, яка після задоволення критеріїв, послідовно, основного й остаточного, естимації небезпеки виникнення поштовху, дозволяє визначити підділянки, небезпечні щодо виникнення поштовху і передбачуваний час впливом цієї події.

6. Спосіб, згідно з пунктом 5, який **відрізняється** тим, що для визначення небезпеки:

а) дефінується вікно короткострокового аналізу, що охоплює парасейсмічні та деформаційні вимірювання (величини), одержувані з усіх вимірювальних точок a_1, a_2, \dots, a_i в місцях установки вимірювальних комплектів A_1, A_2, \dots, A_i , на 1 крок назад стосовно моменту j ;

б) потім для кожного вікна знаходиться нижня грань множини деформаційних величин, а також верхня грань множини парасейсмічних значень, після чого ці значення, разом з локалізацією, передаються в таблиці довгострокового аналізу;

в) після цього дефінується вікно довгострокового аналізу для оцінки небезпеки, що охоплює 1 тиждень, та ведеться при цьому пошук виключно тих випадків, для яких нижня грань множини деформаційних величин та верхня грань множини парасейсмічних значень знаходяться в безпосередній близькості аналізованої спостережної точки a_1, a_2, \dots, a_i ;

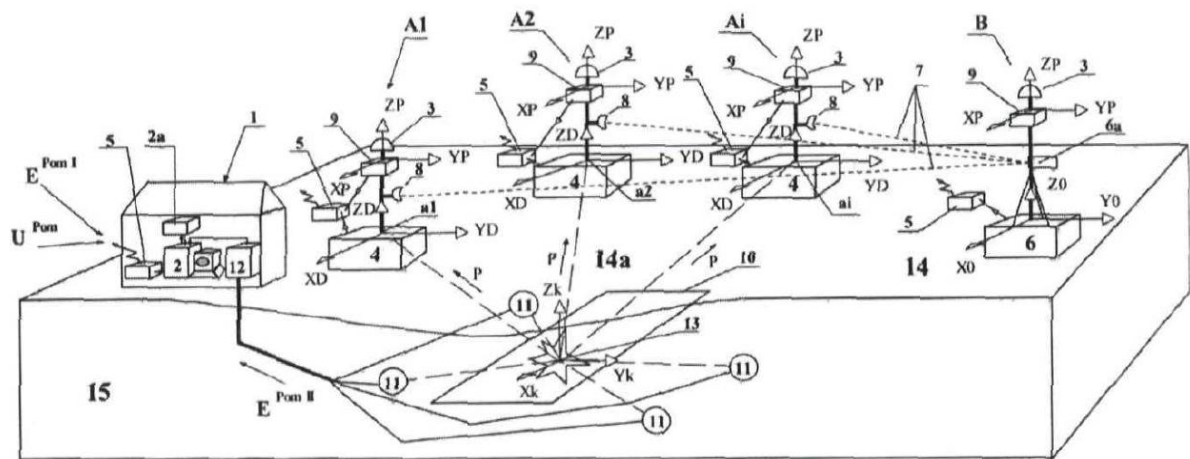
г) основою для оцінки є дані з таблиць довгострокового аналізу, причому на їх підставі здійснюється оптимізація первинної цільової функції в аспекті забезпечення максимуму ентропії системи.

7. Спосіб, згідно з пунктом 5 або 6, який **відрізняється** тим, що оптимізована цільова функція задовольняє основний критерій небезпеки виключно тоді, коли максимальні напруження при мінімальному порозі градієнта переміщень, не перевищують мінімального градієнта переміщень при максимальному напруженому стані.

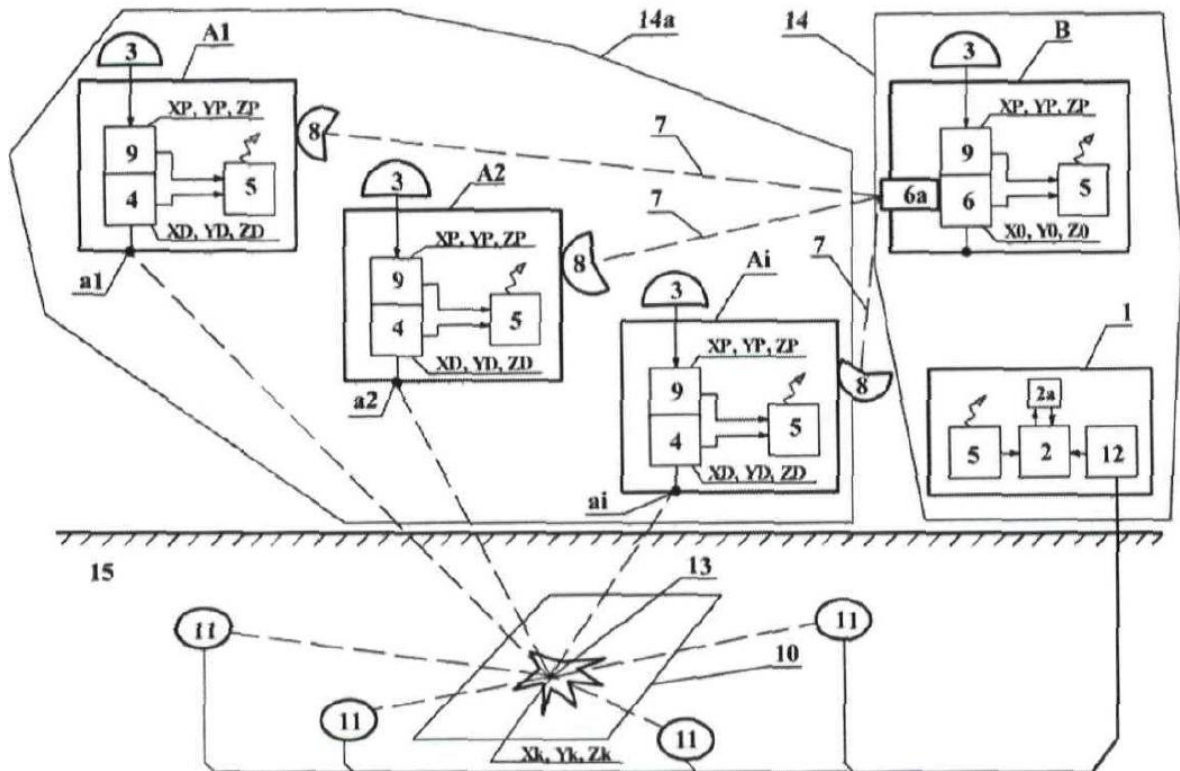
8. Спосіб, згідно з пунктом 5 або 6, або 7, який **відрізняється** тим, що оптимізована цільова функція задовольняє основний критерій небезпеки виключно тоді, коли первинна цільова функція, яка випливає з максимальних напружень та мінімального порогу градієнта переміщень дорівнює максимуму функції для нижньої межі множини величин градієнта переміщень.

9. Система оцінки небезпеки виникнення високоенергетичних поштовхів, що генеруються підземною розробкою, що складається з центру обробки вимірювальних даних з датчиків коливань, датчиків переміщень, а також приймача супутникової навігаційної системи, яка **відрізняється** тим, що містить центр обробки даних (1) з перетворювальним сервером (2), до якого підключений модем безпроводного зв'язку (5), аналітичний мікропроцесор (2а), а також шахтна сейсмічна мережа локалізації поштовхів (12), яка проводовим зв'язком з'єднана з сейсмометричними датчиками (11); в свою чергу на спостережуваній ділянці гірського масиву (15) встановлені вимірювальні комплекти (A_1, A_2, \dots, A_i), причому кожен з цих вимірювальних комплектів складається з приймача супутникової навігаційної системи (3), що є тривимірним датчиком переміщень поверхні (9), просторово інтегрованого з тривимірним датчиком коливань (4), який з'єднаний з модемом безпроводного зв'язку (5), в свою чергу на ділянці, яка не піддається деформації під впливом шахтної розробки, встановлений тахеометричний вимірювальний комплект (В), обладнаний автоматичним тахеометром (6) з лазерною алідадою (6а), до якого підключений приймач супутникової навігаційної системи тахеометра (3), а також модем безпроводного зв'язку (5).

10. Система, згідно з пунктом 9, яка **відрізняється** тим, що кожен вимірювальний комплект (А) обладнаний відбивачем (8) лазерного променя (7).



Фіг.1 Система вимірювань разом із взаємним розташуванням її блоків на поверхні та розташуванням системи відносної очисної лави



Фіг.2 Блок-схема системи вимірювань

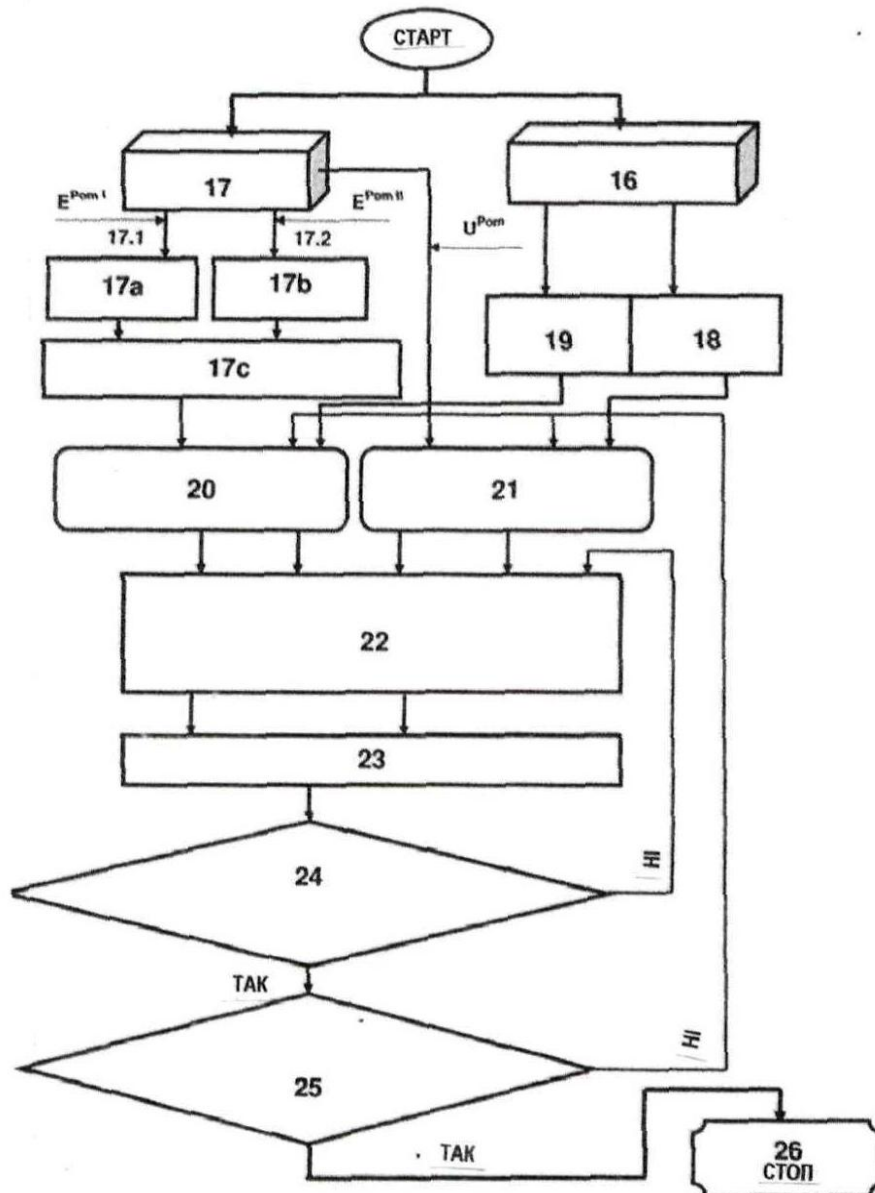


Fig. 3 Блок-схема алгоритму оцінки виникнення небезпеки високоенергетичних поштовхів, що генеруються підземними розробками

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601