

УДК [622.673.1: 681.514.54]

DOI: 10.31471/1993-9981-2021-1(46)-103-110

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІСКРОБЕЗПЕКИ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КІЛ У ВУГІЛЬНИХ ШАХТАХ

*В.В. Лопатін*

*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України  
вул. Сімферопольська 2а, м Дніпро, 49005. тел. (0562) 46-01-51, факс (0562)46-24-26  
e-mail: vlop@ukr.net, nanu@igtm.dp.ua*

Збільшення темпів проведення гірських робіт істотно ускладнює безпечну участь людини в технологічному процесі вуглевидобутку. Проблема полягає в розподілу виконуваних операцій між людиною і машиною, що вимагає значного підвищення рівня діагностики та інформативності систем управління, де вимірювальні ланцюги - їх важлива складова. При цьому виникає актуальне завдання безпеки використання вимірювальних ланцюгів в вугільних шахтах. У зв'язку зі зміною ситуації пов'язаної з окупацією частини Донбасу наукові організації і провідні фахівці України, що займаються питаннями безпеки електричних ланцюгів для вугільних шахт залишилися на окупованій території. В даний час є велика кількість літератури з безпеки силових електричних кіл, проте повністю відсутнє в них питання безпеки використання вимірювальних кіл в вугільних шахтах. А вимірювальне коло є важливою невід'ємною складовою діагностики та інформативності систем управління гірничо-шахтного устаткування. У статті наочно показано рішення задачі безпеки використання вимірювальних кіл в вугільних шахтах. Запропоновано математичну модель та методику її реалізації для визначення максимально допустимих параметрів іскробезпеки вимірювальних ланцюгів для вугільних шахт з лінійними (елементарними) елементами. Виявлено допустимі параметри і знайдені співвідношення цих параметрів, які забезпечують іскробезпечність вимірювальних кіл. Запропоновано безкамерна методика оцінки іскробезпеки вимірювальних кіл. Розглянуто приклад застосування розробленої методики на прикладі конкретного датчика контролю типу 4201 ДСТ-10 мобільної системи контролю типу «МАК-2». Показано впровадження розробленої методики на двох вугільних шахтах України та апробація на п'яти зарубіжних конференціях.

**Ключові слова:** низьковольтне вимірювальне коло, іскробезпека, іскробезпечноколо, давач контролю, допустимі параметри.

Увеличение темпов проведения горных работ существенно усложняет безопасную участие человека в технологическом процессе угледобычи. Проблема заключается в распределения выполняемых операций между человеком и машиной, требует повышения уровня диагностики и информативности систем управления, где измерительные цепи - их важная составляющая. При этом возникает актуальная задача безопасности использования измерительных цепей в угольных шахтах. В связи с изменением ситуации связанной с оккупацией части Донбасунаукови организации и ведущие специалисты Украины, занимающихся вопросами безопасности электрических цепей для угольных шахт остались на оккупированной территории В настоящее время имеется большое количество литературы по безопасности силовых электрических цепей, однако полностью отсутствует в них вопросы безопасности использования измерительных цепей в угольных шахтах. А измерительные цепи важная неотъемлемая составляющая диагностики и информативности систем управления горно-шахтного оборудования. В статье наглядно показано решения задачи безопасности использования измерительных цепей в угольных шахтах. Предложена математическая модель и методика её реализации для определения максимально допустимых параметров искрозащищенности измерительных цепей для угольных шахт с линейными элементарными элементами. Выявлены допустимые параметры и найдены соотношения этих параметров, которые обеспечивают искробезопасность измерительных цепей. Предложена бескамерная методика оценки искробезопасности измерительных цепей. Рассмотрен пример применения разработанной методики на примере конкретного датчика контроля типа 4201 ДСТ-10 мобильной системы контроля типа «МАК-2». Показано внедрение разработанной методики на двух угольных шахтах Украины и апробація на пяти зарубежных конференциях.

**Ключевые слова:** низковольтная измерительная цепь, искробезопасность, искробезопасная цепь, датчик контроля, допустимые параметры.

Increasing the pace of mining significantly complicates the safe participation of man in the technological process of coal mining. The problem is the distribution of operations between man and machine, which requires a significant

increase in the level of diagnostics and informativeness of control systems, where measuring circuits are an important component. At the same time there is an urgent problem of safety of use of measuring chains in coal mines. In connection with the change in the situation related to the occupation of Donbass, scientific organizations and leading specialists of Ukraine dealing with the safety of electrical circuits for coal mines remained in the occupied territory. Currently, there is a large amount of literature on the safety of power electrical circuits, however, they completely lack the safety issues of using measuring circuits in coal mines. And measuring circuits are an important integral part of diagnostics and information content of mining equipment control systems. The article clearly shows the solution to the problem of the safety of using measuring circuits in coal mines. The mathematical model and one's realization methods is presented for the determination of the measuring circuit maximal allowable spark safety parameters for the coal mine with linear elementary elements. The admissible parameters are revealed and the relationships of these parameters are found, which ensure the intrinsic safety of the measuring circuits. A tubeless technique for assessing the intrinsic safety of measuring circuits is proposed. An example of the application of the developed methodology is considered on the example of a specific control sensor of the 4201 DST-10 type of the mobile control system of the MAK-2 type. The introduction of the developed methodology at two coal mines in Ukraine and approbation at five foreign conferences is shown.

**Key words:** low-voltage measuring circuit, intrinsically safe, intrinsically safe circuit, control sensor, admissible parameters.

### Формулювання проблеми.

Збільшення темпів проведення гірських робіт істотно ускладнює безпечну участь людини в технологічному процесі вугледобутку. Проблема полягає в розподілу виконуваних операцій між людиною і машиною, що вимагає значного підвищення рівня діагностики та інформативності систем управління, де вимірювальні ланцюги - їх важлива складова. При цьому виникає актуальне завдання безпеки використання вимірювальних ланцюгів в вугільних шахтах. У зв'язку зі зміною ситуації пов'язаної з окупацією частини Донбасу наукові організації і провідні фахівці України, що займаються питаннями безпеки електричних ланцюгів для вугільних шахт залишилися на окупованій території. Тому автор вирішував завдання безпеки використання вимірювальних ланцюгів в вугільних шахтах в рамках ГБ71 (№. держреєстрації 0118U003599) у 2018-2020 роках.

### Виклад основного матеріалу і результати дослідження.

Відома типова схема та спосіб для іскробезпечного устаткування установкою в розрив електричного кола бар'єру іскрозахисту. Однак включення в розрив низьковольтного вимірювального кола бар'єру іскрозахисту не гарантує надійну роботу низьковольтної вимірювального кола з будь-якими типами давачів контролю. Питання узгодження «давачи контролю - бар'єр - низьковольтне вимірювальне коло» вкрай важливе. Так як більшість пасивних бар'єрів іскрозахисту

містить в собі струмообмежувальний резистор, величиною близько 1 кОм. Цей резистор може вносити значні зміни в параметри низьковольтного вимірювального кола. При включенні бар'єру іскрозахисту з струмообмежувальні резистори номіналом 1 кОм послідовно в низьковольтне вимірювальне коло може привести до неправильної роботи низьковольтної вимірювального кола у вугільній шахті. Наприклад, до помилкового пуску системи автоматичного пожежогасіння в вугільній шахті, що неприпустимо за нормативними документами.

Під методикою автор розуміє сукупність рекомендацій або приписів, відповідно до яких повинне вирішуватися завдання безкамерної (без використання вибухових камер) оцінки іскробезпеки вимірювальних кіл для вугільних шахт. У методиці повинні бути конкретизовані основні інструменти і роз'яснення, яким чином застосовувати дані інструменти та рекомендації.

Таким чином, оцінка іскробезпеки вимірювальних кіл для вугільних шахт з лінійними елементами може бути виконана із застосуванням довідкових даних Сертифікату відповідності, з використанням значень ємності та індуктивності сполучних кабелів і фідерів. У тому випадку, коли значення ємності та індуктивності сполучних кабелів (фідера) невідомі, можливо, орієнтовно застосування наступних типових значень параметрів кабелів із загальною довжиною 1 км:  $L_c = 1 \text{ мГн}$ ,  $C_c = 110 \text{ нФ}$ .

Іскробезпека вимірювальних кіл для вугільних шахт з лінійними (елементарними)

елементами підтверджується, якщо таблиці 1. виконуються співвідношення, наведені в

**Таблиця 1 – Співвідношення, що підтверджують іскробезпеку вимірювальних кіл для вугільних шахт з лінійними елементами**

Іскробезпечне обладнання + сполучний кабель	Умова іскробезпеки	Пов'язане контрольне обладнання вугільної шахти
$U_i$	$\geq$	$U_o$
$I_i$	$\geq$	$I_o$
$P_i$	$\geq$	$P_o$
$L_i + L_c$	$\leq$	$L_o$
$C_i + C_c$	$\leq$	$C_o$

де  $U_o, I_o$  - максимальні значення, відповідно, напруги і струму для пов'язаного контрольного обладнання;

$U_i, I_i$  - максимально допустимі значення, відповідно напруги і струму для іскробезпечного устаткування;

$L_o$  - максимально допустиме значення індуктивності у зовнішньому іскробезпечному колі;

$C_o$  - максимально допустиме значення ємності у зовнішньому іскробезпечному колі;

$L_i$  - значення власної індуктивності;

$C_i$  - значення власної ємності.

З таблиці 1 випливає, що індуктивність і ємність іскробезпечних кіл з урахуванням ємності та індуктивності сполучних кабелів (фідера), визначених за довідковими даними, розрахунком або вимірюванням, не повинні перевищувати максимальних значень, обумовлених в технічній документації на ці кола.

З проведеного аналізу оцінки іскробезпеки вимірювальних ланцюгів з лінійними елементами видно, що на практиці є ланцюги змінного струму, де на кожній ділянці переважає тільки один вид енергії, а два інших видів енергії малі, і ними можна знехтувати. Для таких кіл допустимо вважати, що кожен вид енергії зосереджений на окремій ділянці, тобто коло із зосередженими параметрами, і до них застосовні умови квазістаціонарності. Їх необхідно відрізнити від кіл з розподіленими параметрами, у яких на будь-якій ділянці електрична енергія, магнітна енергія, а також та частина електромагнітної енергії, яка перетворюється в тепло, мають величини одного порядку, і жодним видом енергії на будь-якій ділянці кола знехтувати не можна. До цих кіл

незастосовні умови квазістаціонарності. Для цих кіл із зосередженими параметрами запропонований коефіцієнт іскробезпеки, що дорівнює 1,5, може опускатися значно нижче 1, що може вважатися рівнозначним присутності джерела підпалювання, що неприпустимо за нормативними документами для вугільних шахт. У разі контролю у вугільній шахті з ланцюгом з зосередженими індуктивностями і ємностями в зоні класу В-І (Zone 0, необхідний рівень вибухозахисту - «Іа», особовибухонебезпечний), потрібні спеціальні запобіжні заходи.

Маючи на увазі цю обставину, німецькі випробувальні центри (РТВ, DMT), наприклад, вважають за можливе значне заниження максимально допустимих значень індуктивності ( $L_o$ ) і ємності ( $C_o$ ) для пов'язаного електрообладнання.

Виходячи з вищевикладеного, перевірка іскробезпеки вимірювальних ланцюгів для вугільних шахт з лінійними елементами вважається повною, якщо виконуються умови:

$$\begin{aligned} U_o &\leq U_i, \\ I_o &\leq I_i, \\ P_o &\leq P_i, \\ L_o &\geq \Sigma (L_i + L_c), \\ C_o &\geq \Sigma (C_i + C_c). \end{aligned}$$

При з'єднанні чинного пов'язаного контрольного обладнання вугільних шахт в нову конфігурацію електричні параметри, наведені в Сертифікаті відповідності кожної одиниці обладнання, не може бути безпосередньо використані для оцінки загальної іскробезпеки комплексу. Підключене пов'язане обладнання повинно розглядатися єдиним електричним пристроєм, для якого розраховуються нові граничні значення електричних параметрів.

Залежно від виду і порядку з'єднання або можливого аварійного режиму повинні розглядатися послідовне, паралельне або змішане з'єднання, особливо при аварійному режимі, при якому можлива зміна електричних і конструктивних параметрів елементів, що впливають на іскробезпеку кіл (послідовна або паралельна схема з'єднання).

Рівень вибухозахисту «іа» (особовибухонебезпечний) повинен прийматися для об'єданого контрольного обладнання вугільних шахт, навіть якщо кожна одиниця устаткування відповідає рівню «іа» (особовибухонебезпечний). Подібні об'єдані електричні ланцюги не припустимі для використання в зоні класу В- I (Zone 0).

Допустимі значення напруги холостого ходу і струму короткого замикання для різних видів з'єднань обчислюються за різними критеріями для вугільних шахт.

Пропонується наступна методика визначення максимально допустимих параметрів іскробезпеки вимірювальних ланцюгів для вугільних шахт з лінійними (елементарними) елементами:

1. При паралельному з'єднанні  $U_o$  визначається за найбільшим значенням окремих напруг холостого ходу,  $I_o$  - за сумою значень окремих допустимих струмів короткого замикання.

$$U_o = \max (U_{on});$$

$$I_o = \sum I_{on} = I_{o1} + I_{o2} \dots + I_{on}.$$

2. При послідовному з'єднанні  $U_o$  обчислюється за сумою окремих значень напруг холостого ходу,  $I_o$  - за найбільшим значенням окремих допустимих струмів короткого замикання.

$$U_o = \sum U_{on} = U_{o1} + U_{o2} \dots + U_{on};$$

$$I_o = \max (I_{on}).$$

3. При послідовно-паралельному з'єднанні  $U_o$  або  $I_o$  обчислюється за сумою відповідних окремих значень  $U_{on}$  або  $I_{on}$ .

$$U_o = \max (U_{on}) \text{ або } U_o = \sum U_{on} = U_{o1} + U_{o2} \dots + U_{on};$$

$$I_o = \sum I_{on} = I_{o1} + I_{o2} \dots + I_{on} \text{ або } I_o = \max (I_{on}).$$

Цю методику слід застосовувати, в основному, в разі простих або ясно скомпонованих з'єднань. Методика передбачає план дій для найгіршого випадку і тому дає вищу ступінь безпеки для вугільних шахт. Максимально допустимі значення  $U_o$ ,  $I_o$ ,  $L_o$  і  $C_o$

можуть бути отримані за графіками залежностей мінімальних запальних струмів і напруг для вибухонебезпечної шахтної суміші (ВШС) оптимального складу, наведеними в ГОСТ 22782.5-78

«Електрообладнання вибухозахищене з видом вибухозахисту «іскробезпечне електричне коло» [1] або в EN50020, Part 7, Electrical Apparatus for Hazardous Areas Intrinsic Safety "i" [2]. Для визначення іскробезпечного значення струму (напруги) необхідно для заданих електричних параметрів іскробезпеки вимірювальних кіл для вугільних шахт з лінійними (елементарними) елементами знайти значення мінімального запального струму (напруги) для даної вибухонебезпечної суміші ВШС [3] і потім розділити його на коефіцієнт іскробезпеки, тобто на 1,5. При розрахунку кіл змінного струму необхідно приймати амплітудні значення струму і напруги.

Розглянемо іскробезпечне підключення до вимірювального кола з лінійними елементами тензометричного давача 4201 ДСТ -10 (Рис. 1)

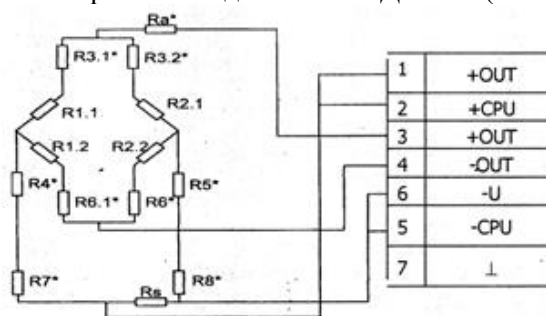


Рисунок 1 – Принципова електрична схема давача 4201 ДСТ - 10

Так як давачі 4201 ДСТ -10 встановлюється на тензометричні черевики підйомної посудини, тобто у вибухонебезпечній зоні, в якості розділових елементів між іскробезпечними і іскронебезпечними колами застосовуємо блоки іскрозахисту. В даному прикладі застосовуємо блоки іскрозахисту на стабілітронах (БІС), які серійно випускаються компанією Pepperl + Fuchs GmbH (Німеччина). 4201 ДСТ -10 (Рис. 1) виконані у вигляді моста Уїнстона і живляться через БІС типу Z765, яка забезпечує живлення з номінальним значенням напруги 10 В вимірювального моста з внутрішнім опором 350 Ом. На вході давача 4201 ДСТ -10 встановлюється БІС типу Z764. Коло зворотного зв'язку через БІС типу Z764 може не

використовуватися. На практиці, втім, досить часто потрібно застосування цього колазворотного зв'язку для досягнення більш високої точності вимірювання. Вихідний сигнал 4201 ДСТ -10 передається через БІС типу Z964.

У подібних схемах оцінка іскробезпеки повинна враховувати з'єднання декількох діючих пов'язаних пристроїв, і рівень вибухозахисту повинен бути вибухобезпечним («іb»), навіть якщо все пов'язане обладнання характеризується особовибухонебезпечним рівнем («іa»).

На першому етапі зіставляємо електричні параметри БІС Z764, Z765, Z964 і датчика 4201 ДСТ -10 мобільної системи контролю (МСК) типу «МАК-2».

На другому етапі визначають граничні значення електричних параметрів схеми з'єднання. Наприклад, довжина фідера МСК до 30 метрів і визначається типовими параметрами підйомних посудин. Це обмеження дозволяє створити методики по визначенню максимально допустимої ємності і індуктивності вимірювальних ланцюгів вугільних шахт. Їх обчислення ґрунтується на методиці, описаній в додатку А стандарту EN 60079-14 (Electrical Apparatus for Use in Explosive Environments)[4].

1. Визначаються найбільші значення напруги і струму в системі за значеннями параметрів  $U_o$ ,  $I_o$ .

Максимальна з окремих значень напруги в нашому прикладі.

$$U_o = 14,7\text{В.}$$

Сумарний струм в паралельному електричному колі

$$I_o = (75+12+12)\text{ мА} = 99,0\text{ мА.}$$

2. Перевіряється умова: найбільше значення струму ( $I_o$ ), помножене на коефіцієнт іскробезпеки 1,5, не повинно перевищувати значення струму, отриманого із залежності мінімального запального струму від напруги джерела в омичному колі при максимальній напрузі  $U_o = 14,7\text{В}$ .

З графіків додатки А стандарту EN 60079-14 (Electrical Apparatus for Use in Explosive Environments) видно, при напрузі  $U_o = 14,7\text{В}$  для ВШС [3](метано-повітряна) максимальне допустиме значення струму короткого замикання  $I_{max} = 997\text{ мА}$ , що істотно перевищує  $I_o \times 1,5 = 148,5\text{ мА}$ .

Отже, умову іскробезпеки згідно з залежністю мінімального запального струму від напруги джерела для омичного кола можна вважати виконаною.

3. Максимально допустиме значення індуктивності  $L_o$  визначається із залежності максимально запального струму від індуктивності вимірювального кола і напруги джерела за найбільшим значенням струму ( $I_o$ ), помноженому на коефіцієнт іскробезпеки 1,5.

З графіків додатки А стандарту EN 60079-14 (Electrical Apparatus for Use in Explosive Environments) видно, при значенні  $I_o \times 1,5 = 148,5\text{ мА}$  отримуємо максимально допустиме значення індуктивності  $L_o$  для ВШС (метано-повітряна) 5,8 мГн.

4. Максимально допустиме значення ємності  $C$  визначається із залежності мінімальної займистої напруги від ємності кола для ВШС (метано-повітряна) за найбільшим значенням напруги  $U_o = 14,7\text{В}$ , помноженому на 1,5.

З графіків додатки А стандарту EN 60079-14 (Electrical Apparatus for Use in Explosive Environments) видно, при значенні  $U_o \times 1,5 = 22,05\text{В}$  максимально допустиме значення ємності 956 нФ.

5. Перевіряється умова: максимально допустимі значення  $C_o$  і  $L_o$  повинні задовольняти вимогам іскробезпеки електричного кола.

Ці вимоги визначають умови іскробезпеки електричного кола тільки одного з пов'язаних пристроїв.

При оцінці іскробезпеки враховується фідер МСК типу «МАК-2» довжиною 30м з ємністю фідера  $C_c = 67\text{ пФ}$  і індуктивністю фідера  $L_c = 82\text{ мкГн}$ .

6. Визначається група вибухозахищеного обладнання МСК, з урахуванням того, для якого типу ВШС [3] вибиралися залежно мінімальних запалюваних струмів і напруг.

Все розглянуте в прикладі обладнання МСК типу «МАК-2» отримано для метано-повітряної ВШС. Оскільки іскробезпека МСК з давачем 4201 ДСТ -10, підтверджена відповідно до цих параметрів, задовольняє вимогам для підгрупи вибухозахищеного обладнання рівня «іa».

7. Додатково може бути визначена група ВШС в залежності від величини температури

самозаймання. Залежно від величини температури самозаймання в залежності від значення максимальної температури поверхні МСК встановлюють температурні класи, зазначені в таблиці 5 (ГОСТ 22782.081 «Електрообладнання вибухозахищене. Загальні технічні вимоги та методи випробувань»). Максимальна температура поверхні МСК визначається за формулою:

$$T = P_o \times R_{th} + T_{окр}$$

де  $T$  - максимальна температура поверхні обладнання МСК, °С;

$P_o$  - максимальна потужність, що виділяється джерелами енергії з лінійними вольт-амперними характеристиками, визначають зі співвідношенням:

$$P_o = I_o \times U_o / 4;$$

де  $R_{th}$  - тепловий опір (°С / Вт), який специфікується виробником комплектуючих виробів;

$T_{окр}$  - температура навколишнього середовища (зазвичай приймається 40°С).

Як видно, запропонована методика являє собою джерело головним чином рекомендаційного характеру, в якому наводяться перелік інструментів, а також загальні рекомендації щодо їх застосування для вугільних шахт.

**Висновки** Розроблені автором методики безкамерної (без використання вибухових камер) оцінки іскробезпеки вимірювальних кіл для вугільних шахт пройшли апробацію на п'ятизарубіжних конференціях [5-9] і отримали схвалення.

Матеріали науково-дослідницької роботи по підвищенню вибухобезпеки для вугільних шахт розробленої в рамках ГБ 71 доктором технічних наук Лопатиним В.В. передані в 2020 році по акту (Рис.2) на шахту ДП ВК «Краснолиманська» у вигляді «Рекомендацій з технічного обслуговування іскробезпечними вимірювальними ланцюгами для вугільних шахт з метою підвищення викидобезпечності натурних геологічних робіт на шахті ТОВ «Краснолиманське» з метою підвищення викидобезпечності при проведенні натурних геологічних робіт з вимірювальною апаратурою.



Рисунок 2 – Акт передачі на шахту ДП ВК «Краснолиманська» у 2020 році



Рисунок 3 – Акт передачі на ШУ ім. Героїв Космосу ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» у 2021 році

В 2021 році по акту(Рис.3) були передані «Рекомендації з технічного обслуговування іскробезпечних вимірювальних кіл для вугільних шахт» з метою підвищення вибухобезпеки натурних підземних робіт наШУ ім. Героїв Космосу ПрАТ« ДТЕК Павлоградвугілля».

### Література

1. Электрооборудование взрывозащищенное с видом взрывозащиты «Искробезопасная электрическая цепь». Технические требования и методы испытания: ГОСТ 22782.5-1985. [Введен 1980-01.-01].

М.: Изд.-во стандартов, 1985. 70 с.

2 IEC 60079-11 INTERNATIONAL STANDARD. [Електронний ресурс]. International Electrotechnical Commission, Geneva. Switzerland, 2006. 233 р. Режим доступу до ресурсу: [https://webstore.iec.ch/p-preview/info\\_iec60079-11%7Bed4.0%7Den\\_d.pdf](https://webstore.iec.ch/p-preview/info_iec60079-11%7Bed4.0%7Den_d.pdf). Назва з екрану.

3. Система стандартов безопасности труда. Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний: ГОСТ 12.1.1.011-1985. [Введен 1979.07.01]. М.: Изд.-во стандартов, 1985. 18 с.

4. EN 60079-14 Electrical Apparatus for Use in Explosive Environments [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: [https://www.crouse-hinds.de/download/1/Principles\\_of\\_Explosion\\_Protection\\_30080001258.pdf](https://www.crouse-hinds.de/download/1/Principles_of_Explosion_Protection_30080001258.pdf).- Назва з екрану.

5. Lopatin, V.V. Instrumental control of work safety in mine workings under changing complex geological and technical conditions [Електронний ресурс] Mining Investment India/ July 25, 2018 - July 26, 2018 New Delhi, India, Asia – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mininginvestmentindia.com/>.- Назва з екрану.

6. Lopatin, V.V. From the practice of controlling mine workings [Електронний ресурс] Mines and Money Asia/ April 04, 2018 - April 06, 2018 Hong Kong, China, Asia – Режим доступу до ресурсу: <https://asia.minesandmoney.com/>.- Назва з екрану

7. Lopatin, V. Methods of tubeless assessment of intrinsic safety of measuring circuits with linear and nonlinear elements for coal mines [Електронний ресурс] Mines and Money Asia 31 March - 1 April 2020. The Conrad, Hong Kong- Режим доступу до

ресурсу: <https://asia.minesandmoney.com/register/>.- Назва з екрану.

8. Lopatin, V., J Zemlianaia. Experiência em monitoramento direcionado por ultrassom de reforço de eixo rígido [Електронний ресурс] VMMEC 7TH MOZAMBIQUE MINING, OIL & GAS & ENERGY CONFERENCE AND EXHIBITION 22 Apr 2020 - 23 Apr 2020 • Maputo, Mozambique, Africa.- Режим доступу до ресурсу: <https://africanminingmarket.com/event/7th-edition-of-the-mozambique-mining-oil-gas-and-energy-conference-and-exhibition-mmec-2020/>.- Назва з екрану.

9. Lopatin, V. Optimization of the structure of the mountain mobile control system [Електронний ресурс] 7-th Annual International Mining and Resources Conference +EXPO/ 27-28 October 2020/ Melbourne, Australia –Режим доступу до ресурсу: <https://imarmelbourne.com/>.- Назва з екрану.

### References

1. Elektrooborudovanye vzryvozhachyshchennoe s vydom vzryvozhachytyi «Yskrobepasnaia elektrycheskaia tsep». Tekhnicheskyye trebovaniya y metodyi uspyitaniya: HOST 22782.5-1985. [Vveden 1980-01.-01]. М.: Yzd.-vo standartov, 1985. 70 s.

2 IEC 60079-11 INTERNATIONAL STANDARD. [Elektronnyi resurs]. International Electrotechnical Commission, Geneva. Switzerland, 2006. 233 r. Rezhym dostupu do resursu: [https://webstore.iec.ch/p-preview/info\\_iec60079-11{ed4.0}en\\_d.pdf](https://webstore.iec.ch/p-preview/info_iec60079-11{ed4.0}en_d.pdf). Nazva z ekranu.

3. Systema standartov bezopasnosty truda. Smesy vzryvoopasnyie. Klassyfykatsyya y metodyi uspyitaniy: HOST 12.1.1.011-1985. [Vveden 1979.07.01]. М.: Yzd.-vo standartov, 1985. – 18 s.

4. EN 60079-14 Electrical Apparatus for Use in Explosive Environments [Elektronnyiresurs]. Rezhymdostupudoresursu: [https://www.crouse-hinds.de/download/1/Principles\\_of\\_Explosion\\_Protection\\_30080001258.pdf](https://www.crouse-hinds.de/download/1/Principles_of_Explosion_Protection_30080001258.pdf).- Nazva z ekranu.

5. Lopatin, V.V. Instrumental control of work safety in mine workings under changing complex geological and technical conditions [Elektronnyi resurs] Mining Investment India/ July 25, 2018 - July 26, 2018 New Delhi, India, Asia – Rezhym

dostupu do resursu: <https://www.mininginvestmentindia.com/>.- Nazva z ekranu.

6. Lopatin, V.V. From the practice of controlling mine workings [Elektronnyiresurs] Mines and Money Asia/ April 04, 2018 - April 06, 2018 Hong Kong, China, Asia – Rezhym dostupu do resursu: <https://asia.minesandmoney.com/>.- Nazva z ekranu

7. Lopatin, V. Methods of tubeless assessment of intrinsic safety of measuring circuits with linear and nonlinear elements for coal mines [Elektronnyiresurs] Mines and Money Asia 31 March - 1 April 2020. The Conrad, Hong Kong- Rezhym dostupu do resursu: <https://asia.minesandmoney.com/register/>.- Nazva z ekranu.

8. Lopatin, V., J Zemlianaia. Experiência em monitoramento direcionado por ultrassom de

reforço de eixo rígido [Elektronnyiresurs] VMMEC 7TH MOZAMBIQUE MINING, OIL & GAS & ENERGY CONFERENCE AND EXHIBITION 22 Apr 2020 - 23 Apr 2020 • Maputo, Mozambique, Africa.- Rezhym dostupu do resursu: <https://africanminingmarket.com/event/7th-edition-of-the-mozambique-mining-oil-gas-and-energy-conference-and-exhibition-mmec-2020/>.- Nazva z ekranu.

9. Lopatin, V. Optimization of the structure of the mountain mobile control system [Elektronnyiresurs] 7-th Annual International Mining and Resources Conference +EXPO/ 27-28 October 2020/ Melbourne, Australia – Rezhym dostupu do resursu: <https://imarcmelbourne.com/>.- Nazva z ekranu.