

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ

Факультет денної форми навчання

Кафедра електронних
приладів і автоматики

Кваліфікаційна робота

**Розробка електронного пристрою автоматичного придушення
вибухів метану в шахтах**

Студент гр. ЕІс3- 71к

К.С. Корольов

Науковий керівник
к.т.н., доцент

М. П. Матвієнко

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота направлена на розробку електронного пристрою автоматичного придушення вибухів метану в шахтах.

Об'єктом розробки такого пристрою є штрек, лава або інші участки шахти, де добувають вугілля і встановлюється даний електронний пристрій.

Мета роботи – розробка електронного пристрою, який би на ранньому розвитку взриву метану виявляв би його та давав упереджуючий сигнал на інгібітора для придушення вибуху метану в шахті, тобто на його ліквідацію.

Для виконання кваліфікаційної роботи, були розроблений необхідний датчик, який «фіксує» на ранньому етапі спалах метану, контролер та вибухопридушувач, що це все дає можливість підвищити безпеку роботи шахтарів при видобутку вугілля у шахтах.

Робота викладена на 35 сторінках, у тому числі вона включає 11 рисунків, 3 таблиці, список цитованої літератури із 15 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ, ЛОКАЛІЗАЦІЯ ВИБУХІВ, МЕТАН, СПАЛАХ МЕТАНУ, ФОТОПРІМАЧ, ДАТЧИК, КОПЦЕНТРАТОР, НАКОПИЧУВАЧ, КОНТРОЛЕР, ПІРОПАТРОН, ПІРОТЕХНІЧНИЙ ЗАРЯД, ВЗРИВОПРИДУШУВАЧ.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРИСТРОЇВ ПРИДУШЕННЯ ВЗРИВІВ МЕТАНУ В ШАХТАХ	6
1.1. Аналіз пристрою придушення взривів метану на шахті «Тремонія» (Німеччина).....	6
1.2. Аналіз пристрою «SA Geshem» придушення взривів метану (Бельгія).....	7
1.3. Аналіз пристрою взривозахисту «BVS» (Німеччина).....	8
1.4. Аналіз автоматичного пристрою придушенню взривів метану в шахтах (Україна).....	10
1.5. Порівняння систем по критеріям безпеки, виявлення взриву і відновлення.....	13
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННИХ ЧАСТИН ПРИСТРОЇВ ПРИДУШЕННЯ ВЗРИВІВ МЕТАНУ В ШАХТАХ	15
2.1. Визначення вимог та розрахунків і вибір електричної схеми датчика полум'я.....	15
2.2. Розробка контролера та електронної схеми накопичувача	24
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ДАТЧИКА ТА ВЗРИВОПРИГНІЧУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ВЗРИВІВ МЕТАНУ В ШАХТАХ	29
3.1. Розробка датчика полум'я.....	29
3.2. Розробка взривопригнічуючого пристрою.....	29
ВИСНОВКИ	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	

ВСТУП

Вибухи метану в шахтах приводять до значних людських жертв і матеріальних втрат, що ставить цю проблему в один ряд з найбільш актуальними народногосподарськими завданнями.

Сучасні засоби придушення вибухів - це комплекс технічних засобів виявлення початкового спалаху метану, засобів контролю і сповіщення про аварію, що здійснюють також управління пуском установок, які придушують вибух.

Роботи зі створення систем автоматичної локалізації вибухів метану інтенсивно ведуться у більшості високорозвинених країн. Завдяки використанню нових принципів реєстрації випромінювання вуглеводневого полум'я і застосуванню мікропроцесорних пристроїв для обробки сигналів з датчиків, досягнуто істотне підвищення ефективності роботи вибухозахисту.

Проте проведений аналіз показує, що сучасне покоління систем мало придатне для повноцінного вирішення цього завдання. Відсутність уніфікації і дрібносерійне виробництво технічних засобів є однією з основних причин застосування на заводах не найдосконалішої, а іноді і просто відсталої технології, представляє серйозну перешкоду розв'язанню цієї задачі. Відомі пристрої не дозволяють, через особливості елементної бази і принципи побудови, ефективно розв'язувати завдання оптимізації, самоконтролю й діагностування. Для розв'язання цього завдання потрібно, щоб технічні засоби, окрім логічних, мали і значні обчислювальні можливості.

Впродовж ряду років розробкою, виробництвом і впровадженням на шахтах пристроїв придушення спалахів метану займалися : Макіївський науково-дослідний інститут та науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут "Автоматвуглерудпром". Відпрацьовані в цих інститутах методи, інструментальні засоби і технології покладені в основу створення уніфікованої автоматичного пристрою придушення спалахів метану для застосування в шахтах.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРИСТРОЇВ АВТОМАТИЧНОГО ПРИДУЩЕННЯ ВИБУХІВ МЕТАНУ В ШАХТАХ

1.1. Аналіз пристрою придушення вибухів метану на шахті «Тремонія» (Німеччина)

Цей пристрій був створений на шахті «Versuchsgrube (VG) Tremonia» (Західна Німеччина) [1, 2]. Для розпилювача у ньому використовуються лотки з водою у 80 літрів, подібні тим, що використовуються у пасивних заслонах на шахтах Німеччини. До пристрою входять вибухобезпечний детонуючий шнур і детонатор миттєвої дії, що представляє електричний резистор 0,75 Ом. Конструктивно він закритий герметично у пластмасову трубу і його розміщують у центрі лотка. Цей пристрій неодноразово перевірявся і дав високу надійність. Максимальний склад апаратури - 80 лотків. Спрацювання сенсорів, як і в «SMRE», ґрунтується на виявленні полум'я, а точніше – на підвищенні температури, що супроводиться приходом полум'я до перетину, де розташований сенсор. Шахта «Тремонія» використовує декілька датчиків з термопарами послідовно. На сьогодні це є TFK (Thermo Fuhler Kopf) -90 закритої конструкції з двома термопарами Pt/Pt-Rh (платина/платина-радій). Одна установка ЗПС має у своєму складі до чотирьох сенсорів такого типу. Датчик має підсилювач, що здійснює функцію передачі даних до пристрою контролю та індикації: «Робота», «Несправність», «Спрацювання».

1.2. Аналіз пристрою «SA Gechem» придушення вибухів метану (Бельгія)

Бельгійський пристрій придушенню взривів метану створений у дослідницькому центрі «SA Gechem» [1, 3]. У цьому пристрої використано термомеханічний сенсор, який спрацює від двох чинників вибуху -

полум'я та ударна хвиля. Принцип роботи сенсора такий. Ударна хвиля вибуху викликає динамічний імпульс тиску, що примушує обернутися заслінку навколо її осі. Це приводить у дію ніж, що перерізає нейлонову нитку і звільняє ударник, який під дією пружин ударяє по капсулю детонатора.

У якості розпилювача, використовується вода. Розпилювач представляє собою кожуха поліхлорвініла, у який поміщений циліндр завдовжки 2 м і діаметром 24-25 см з поліуретанового пінопласту з відкритими осередками пористості. Вага циліндра 4 кг, а ємність 90 літрів. Він підвішується в люльці з металевої сітки.

У якості джерела енергії розпилювача є 1,5 метра вибухобезпечного шнура, направлено в резервуар. Цей шнур подовжують відрізком енергетично піротехнічного шнура «Нонель». Він є вогнищем мікродетонації до 2000 м/с, практично беззвучним і без щонайменшої руйнівної дії [1, 2, 3].

У якості системи передачі використовується той же шнур «Нонель».

Основною метою пристрою контролю є стеження за нерозривністю піротехнічної лінії. Принципом такого контролю є тісне об'єднання електричної схеми з піротехнічним ланцюгом таким чином, щоб всі переривання останнього неминуче впливали на підключену електричну схему. Пристрій контролю ще дозволяє стежити за правильністю з'єднання усіх елементів системи, її цілісністю у процесі використання, станом готовності всіх наявних датчиків [1, 3].

Що же стосується електричних параметрів, то він видає в контрольовану лінію прямокутні імпульсні сигнали, які, якщо все справно, то вони випрямляються діодом у кінці лінії. Випрямлений прийнятий сигнал модифікується і засвічується контрольна лампочка справності. Виявити місце обриву можна методом послідовних відключень використовуючи перестановки діодної коробки.

1.3. Аналіз пристрою вибухозахисту «BVS» (Німеччина)

У 1965 році на виробництві «Bergbau Versuchsstrecke» створили систему автоматичного гасіння полум'я у магістралях, тобто у трубопроводах дренажу газу на поверхню [2]. Випробування були проведені за допомогою двовуглекислого натрію (порошком під тиском 60 барів) у балонах. Відкриття балонів є надзвичайно швидким (декілька мілісекунд). Для цього використовують міні детонатор. Цей досвід «BVS» вирішив застосувати і для створення заслонів примусового спрацьовування.

Для розпилювача застосовують сталевий балон ємністю 12,3 літра. Він має з двох сторін клапани з мінідетонаторів. Кожний балон має 8 кг порошку з використанням фосфату амонія і знаходиться під тиском азоту 120 барів. Виштовхування і розпилювання відбувається за 800 мс. Швидкість виштовхування порошку така, що є ризик травмування, що знаходиться ближче ніж за три метри до нього. Це є причиною недопущення до використання системи у вугільних шахтах.

Критерієм №1 при виборі типу сенсора є необхідність контролю певної зони тоді, коли механічні і термічні сенсори мають чутливість тільки біля нього. У такому випадку був вибраний оптичний сенсор, який може виявити випромінювання, що ініціюється полум'ям, і що має надзвичайно малий момент інерції.

Критерієм №2 при виборі типу сенсора є селективність і тому у «BVS» виключено з оціування інфрачервоні сенсори. Тому остаються ультрафіолетові сенсори, які забезпечують необхідну вибірковість, оскільки в шахті не існує джерел випромінювання у цьому хвильовому діапазоні [1, 2].

Ось при таких умовах був прийнятий сенсор з газонаповненими фотоелементами. При використанні оглядового віконця з кварцевого скла такі фотоелементи спрацьовують тільки при випромінюванні хвиль з довжинами від 190 до 150 нм. Але для збільшення селективності сенсор зроблений з двох фотоелементів, поля зору яких не перекриваються. При цих

умовах система спрацьовує при умові одночасного спрацьовання двох фотоелементів при інтервалу 40 мс.

Конструктивно сенсор виконаний у закритому вигляді, але він не має системи постійного діагностування його ісправності. Для цього є апаратура для тестування ультрафіолетових сенсорів. Сенсор розміщується на відстані 40 м від розпилювачів. У блоці примусового спрацьовування і діагностуванні виконуються функції практично такі ж, як і в апаратурі примусового спрацьовання і контролю DTS-90 пристрою «Тремонія». До блоку є можливість під'єднувати до 4 датчиків і він має 8 ланцюгів для під'єднання розпилювачів, кожний із яких може підключати до 17 мінідетонаторів.

1.4. Аналіз роботи українського шахтного пристрою придушення вибуху метану

В Україні розроблений автоматичний шахтний пристрій придушення спалаху метану. Він є пристроєм для придушення вибухів, складові частини якого встановлюються у можливих місцях виникнення спалахів (підготовчі копалені, розподільні пункти , та ін.). Такі місця об'єднуються відповідними схемами, інформація про їхній стан надходить з використанням лінії зв'язку до диспетчерського пункту [3, 4, 5].

Такий шахтний пристрій запрограмований на спрацювання в очікувальному режимі. Якщо в зоні огляду сенсора є спалах метану, то він виробляє сигнал, який передається на блок накопичувача. Блок накопичувача формує імпульс струму відповідної потужності, яким запалює електрозапальник піропатрона газогенеруючого заряду [6].

При швидкого згоранні газогенеруючого заряду, виникає велика кількість газів, які надходять до контейнера взривопридушувача. Контейнер взривопридушувача викидає інгібітор у зону вогнища дії спалаху [5, 6]. Завдяки цьому в об'ємі дії спалаху виникає середовище, яке придушує спалах, тобто відбувається взривопридушуюча дія.

Завдяки використанню такого сенсора, який є тільки чутливий до випромінювання полум'я в інфрачервоному спектрі, то сенсор практично не

чутливий до його перешкод (випромінювання шахтних джерел освітлення - головних світильників, фар електровоза та ін.) [7, 8].

Джерело світла, яке випромінює спалах метану, надходить до віконця сенсора (фотоприймача). До складу сенсора входить фотоприймач, який реагує на інфрачервоні промені, фотоприймач, який діє на видиме світло, а також у ньому є контрольний інфрачервоний світло діод, який використовується для діагностування усієї схеми.

Сигнал із фотоприймача надходить до гібридної мікросхеми. Вона має два регульованих підсилювача (інфрачервоного каналу УС1 і видимого каналу УС2) і елементу ЕС, який порівнює ці сигнали. Оскільки на входи УС1 і УС2 надходять сигнали різної полярності, то на ЕС вони віднімаються. При перевищенні видимого світла над інфрачервоним ЕС, відбувається закривання і спрацьовування сенсора на полум'я не спрацьовує. А якщо відбувся спалах метану, то сильнішим є інфрачервоний сигнал, який відкриває елемент ЕС. Тоді сигнал з ЕС відкриває транзисторний ключ і з сенсора надходить сигнал на пристрій УПВ [9, 10].

Сигнал про спрацьовування сенсора надходить до мікроконтролера пристрою УПВ, де він обробляється і поступає на субблок накопичувача (СН). Субблок накопичувача у своєму складі має електролітичний конденсатор великої ємності. Накопичувач, спрацьовуючи видає потужний струмовий імпульс працездатності, величиною не менше 2А, на електрозапальник.

Резервний блок живлення (БРЖ) забезпечує виконання пристрієм усіх функцій у разі відключення шахтної електромережі не більше 6 годин.

Для контролю працездатності датчика використовується пристрій формування контрольних імпульсів, який формує короткі імпульси на контрольний інфрачервоний світлодіод.

У пристрої усі УПВ з сенсорами підключені до концентраторів. У кожного концентратора є два напрямки отримання інформації. Він має

підключення до шести пристроїв УПВ з датчиками ДПК на один напрямок, залежно від відстані між ними.

Концентратор робить контроль справності електричних ланцюгів як самих концентраторів, так і пристроїв УПВ.

КС має чотири напрямки. Кожний із них може підключатись до восьми концентраторів. Якщо напрямків недостатньо або є два горизонти, то встановлюють два концентратори КС. Один з таких концентраторів підключається до ЕОМ і стає ведучим. Другий КС стає залежним і під'єднується до одного з напрямків провідного концентратора.

Довжина ліній зв'язку між концентраторами КС і КУ не повинна перевищувати 7 км.

Систему вибухозахисту умовно розділяють на дві частини - наземну і підземну.

Наземна частина - УДП з ЕОМ розташована в приміщенні диспетчера і з'єднується з підземною частиною двопровідною лінією зв'язку до 2 км.

У якості лінії зв'язку можуть бути використані два вільні проводи сигнального кабелю.

Підземна частина системи - УПВ з датчиками, а також в сполученні з ними лініями зв'язку КУ і КС – виконує функцію виявлення і гасіння спалаху полум'я метану [10]. .

1.5. Порівняльні критерії безпеки пристроїв з виявлення вибуху і після вибухового відновлення

Безпековий критерій. Цей критерій базується на іскробезпеці електричних схем. згідно його пристрій не приводить до спалаху метану. З цієї точки зору для всіх п'яти пристроїв ці компоненти є безпечними.

При спрацьовуванні пристрою «BVS» її порошок викидується з швидкістю, що не представляє безпеку для шахтарів. У пристрої «Тремонія» є небезпека викиду осколків лотків. Бельгійський пристрій при розриві

шнура «Нонель», може викликати підпал метану, але всі пориви пристрою контролюються і вірогідність цього є малою.

Пожежний або вибуховий критерій. У розглянутих пристроях є чотири типи сенсорів, які реагують такі параметри: збільшення температури; хвиля тиску; ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання. У кожного з цих є свої переваги і недоліки. Термодатчики температури розташовані в одному місці і реагують при безпосередньому контакті з полум'ям, що вимагає їх установки на значній відстані від заслону, проте вони володіють хорошою вибірковістю. Сенсори тиску реагують на сильний вибух і не виявляють спалах на початковій його стадії, хоча бельгійський сенсор має хороші характеристики. Значно більший інтерес представляють сенсори випромінювання, оскільки вони добре виявляють спалах у межах кута огляду. Але ультрафіолетовий сенсор працює у вузькому хвильовому діапазоні, проте не можна виключати і наявність перешкодового випромінювання у цьому діапазоні. Найбільше простим і надійним для визначення спалаху - інфрачервоний датчик (український сенсор). Але в цьому хвильовому діапазоні може бути багато різних джерел і тому досягти захищеності від помилкових спрацьовувань важко.

Виходячи з цього аналізу можна сказати не можливо конкретно рекомендувати певний тип сенсора. Однак, є можливість, як найкращий варіант отримати поєднанням в системі різних сенсорів.

Упорядкований критерій. Сенсори систем «SMRE», «Тремонія» і «BVS» спрацьовують кілька разів, якщо, не будуть пошкоджені вибухом. Для цього необхідний тільки контроль цілісності сенсорів і їх з'єднань. Бельгійські термомеханічні сенсори потребують заміни нейлонової нитки і штифта, якщо датчик зреагував на повітряний потік. Але ці операції виконуються на місці.

Розпилювачі бельгійської системи і системи «Тремонія» при спрацьовуванні руйнуються і їх замінюють новими, а у бельгійській системі доведеться замінити і систему зв'язку. Розпилювачі української системи і

систем «SMRE» , «BVS» не піддаються пошкодженням, але вони мають бути відправлені на поверхність шахти для упорядкування і заправки.

Вартостний критерій. Вартість пристрою «SMRE» для установки в галереї, що містить 2 сенсори і 4 розпилювачі дорівнює приблизно 25 000 фунтів стерлінгів.

Вартість пристрою «Тремонія» складає: пристрій «DTS 90» – 23 000 німецьких марок, сенсор «TFK 90» – 4 300 марок; вартість кожного лотка – 305 марок і плюс вартість допоміжного устаткування.

Бельгійський «ЗПС» становить : термомеханічний сенсор – 700 німецьких марок; розпилювач – 1 050 марок; пристрій контролю нерозривності – 5 000 марок.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННИХ ЧАСТИН ПРИБОРУ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ПРИДУШЕННЯ ВИБУХІВ МЕТАНУ В ШАХТАХ

2.1. Установлення вимог, дослідження, розрахунок і вибір датчика

Датчик (сенсор) полум'я необхідний для виявлення спалаху і керування спрацюванням взривопридушувача. Тому швидкодія його повинна бути не гірше 0,002 с. Датчик не повинен спрацьовувати при освітленні його фарою головного світильника з освітленістю 5000 лк. Кут огляду фотоприймача має бути не менше 70 град. Мінімальний діаметр реєстрованого спалаху метану з відстані 5 м повинен бути не більше 0,8 м [4, 11, 12].

Датчик за умовами електробезпеки повинен бути віднесений до електроустановок з напругою 1000 В. Мінімальна електрична міцність ізоляції токоведущих частин датчика повинна бути не менше 500 В.

Вхідні ланцюги і ланцюги керування датчиком мають бути іскробезпечними згідно ГОСТ 12.2.020-76.

Опір сухої апаратури, яка не була в експлуатації при температурі $(25^{\circ}) \pm ^{\circ}\text{C}$ і вологості від 40 до 80% має бути не менше 10 мОм, у нагрітому стані - не менше 3 мОм, після випробування на вологостійкість - не менше 0,3 мОм [13, 14].

Визначення технічних характеристик датчика пов'язане з вирішенням задачі, яка відповідає таким умовам:

- забезпечення спектру випромінювання робочого тіла із спектром приймача випромінювання;
- робочий діапазон спектру має бути таким, щоб максимально відділитися від спектрального випромінювання перешкод.

Якщо «робочим» тілом при горінні або вибуху в шахтах є метан, то процесом горіння є вода і вуглекислий газ, що також є основними джерелами випромінювання. Спектр випромінювання продуктів горіння метану

представлений на рис. 2.1.1, який має інфрачервоний спектр полум'я природного газу.

Він має дві виражені області випромінювання, одна з яких, найбільш інтенсивна, має довжину хвилі близько 4,4 мкм, а інша область, ширша, але менш інтенсивніша, має максимум випромінювання з довжиною хвилі близько 2,8 мкм [11, 12].

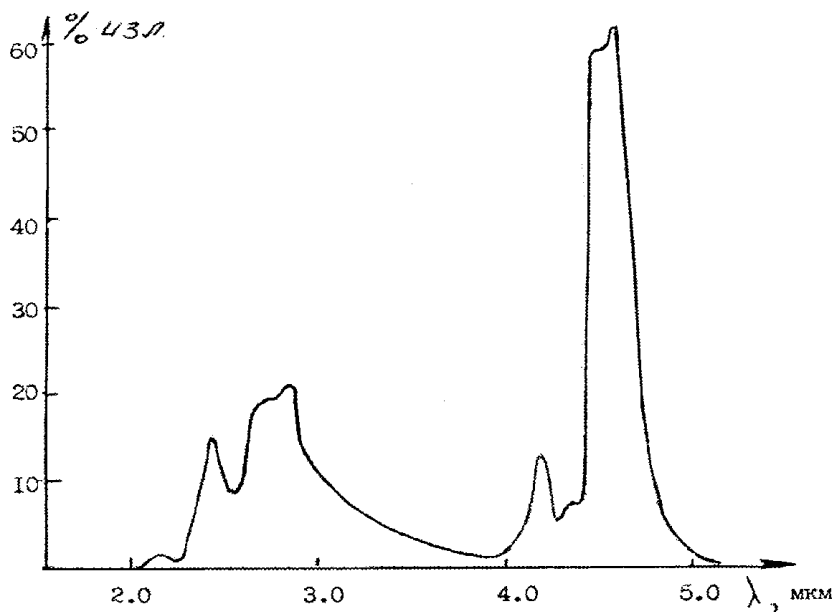


Рис.2.1.1. Спектр випромінювання продуктів горіння метану

Характерним є також, що смуга випромінювання в області 4,4 мкм обумовлена в основному присутністю молекул вуглекислого газу, а в області 2,8 мкм - накладанням смуг випромінювання води і вуглекислого газу. У зв'язку з викладеним доцільно розглянути питання побудови рецепторної частини датчика полум'я саме в цьому спектральному діапазоні.

Напруга на виході фотоприймального пристрою (ФПП) визначається по формулі:

$$U_{\text{вих}} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} P(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \varepsilon(\lambda) \cdot d\lambda \cdot \frac{S_{\text{цк}} - S_{\text{п}}}{\pi R^2} \cdot \tau_a \cdot \tau_{\text{л}} \quad (2.1.1)$$

де $P(\lambda)$ - спектральна щільність розподілу випромінювання;

$S(\lambda)$ - спектральна характеристика пропускання приймача;

$S_{\text{изл}}$ – площа випромінювання;

$S_{\text{пр}}$ - площа приймача випромінювання;

τ_a - коефіцієнт загасання у просторі між джерелом випромінювання і приймачем;

$\tau_{\text{ос}}$ - коефіцієнт пропускання захисного скла фотоприймального пристрою;

$\varepsilon(\lambda)$ - коефіцієнт чорноти джерела випромінювання;

R - відстань між фронтом джерела випромінювання і приймачем.

Згідно формули (2.1.1) була проведена оцінка потужності і напруги на вході ФПП.

Як ФПП розглядалися стандартні вироби на основі PBS (приймач Фр1-3), PbSe (приймач СФ-4), Si (приймач ФД-9К) і комбінований приймач розробки НВО «Позитрон» типу ФМ-611, що працює у діапазоні селеніда свинцю і кремнію. Результати розрахунків при дослідженнях зведені в табл.2.1.1.

Для остаточного вибору ФПП необхідно оцінити вплив на нього завад, (порівняти рівні сигналів), що викликаються «робочим» тілом і чинниками завад, такими як: прожектор прохідного комбайна, загальне освітлення шахти і індивідуальне освітлення шахтаря (СГГ-3), а також і можливе іскріння, що виникають в процесі роботи комбайна при терті коронки об гірську породу. Дослідження і розрахунки велися по формулі (2.1.1) з урахуванням спектральних характеристик випромінювача, так як захисні стекла на прожекторах і індивідуальних світильниках мають свої спектральні характеристики. Для цього при дослідженні замірялись спектральні характеристики пропускання захисного скла прожектора комбайна, виконаного з триплексу загальною товщиною 14 мм, а також захисного скла індивідуального світильника, виконаного з оргстекла товщиною 8 мм. Спектральна характеристика захисного скла прожектора комбайна наведена на рис. 2.1.2, а спектральна характеристика пропускання захисного скла індивідуального світильника (СГГ-3) - на рис. 2.1.3 [15].

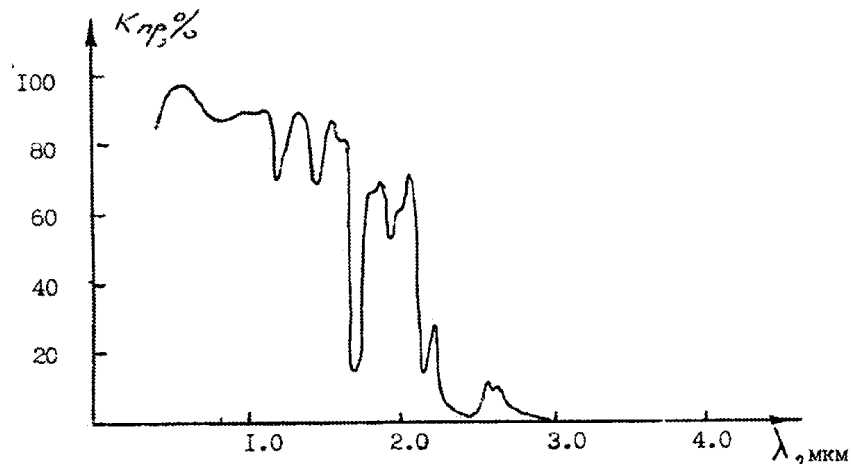


Рис. 2.1.2. Спектральна характеристика захисного скла прожектора комбайна

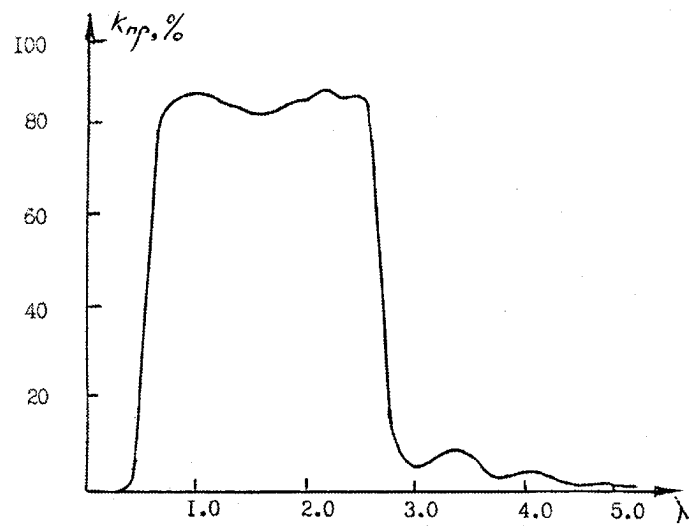


Рис. 2.1.3. Спектральна характеристика захисного скла світильника (СГГ-3)

У зв'язку з тим, що приймач має поле зору в обох плоскостях, рівну 70° , то у формулі (2.1.1) необхідне значення площі обчислюється за формулою

$$S_{\text{изл}} = \pi r^2 \left[1 - \frac{r^2}{(R')^2} \right], \quad (2.1.2)$$

де r - радіус півсфери джерела випромінювання визначеного як $r=vt$, де v - швидкість розповсюдження фронту полум'я, t - поточний час;

R' - відстань від джерела зародження полум'я до ФПП.

Підставивши значення $S_{\text{изл}}$ у формулу (2.1.1), отримаємо:

$$U_{\text{вих}} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S(\lambda) \cdot p(\lambda) \cdot d\lambda \cdot S_{\text{ПР}} \cdot \tau_a \cdot \tau_{\text{ос}} \frac{(vt)^2}{[(R')^2 - (vt)^2]^2}, \quad (2.1.3)$$

Результати обчислень за формулою (2.1.3) наведені в табл.2.1.1 [4, 6, 10, 15].

Джерело випромінювання	Тип приймача випромінювання			
	ФД-9К	Фр1-3	Сф4-10	ФМ-611
Полум'я Ø 0,8 м	$1,01 \cdot 10^{-7}$	$2,48 \cdot 10^{-4}$	$3,21 \cdot 10^{-4}$	$8,2 \cdot 10^{-4}$
Прожектор комбайна	$1,07 \cdot 10^{-3}$	$5,4 \cdot 10^{-2}$	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$4,3 \cdot 10^{-1}$
	$9,9 \cdot 10^{-2}$	$1,19 \cdot 10^{-1}$	$1,87 \cdot 10^{-1}$	1,86
Іскріння при роботі комбайна	$1,09 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$6,7 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$
	$7 \cdot 10^{-3}$	$2,42 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$5,6 \cdot 10^{-2}$
Індивідуальне освітлення СГГ-3	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$6,3 \cdot 10^{-4}$	$3,17 \cdot 10^{-4}$	$4,41 \cdot 10^{-4}$
	$1,54 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$2,93 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$

Примітка: В умовах запилення атмосферного каналу, значення характеристик випромінювання зменшується від 10 до 14 разів.

Для розрахунків приймалися такі початкові дані:

- для індивідуального світильника освітленість, що створюється ним, варіювалася від 1000 лк до 5000 лк;

- температура нитки розжарення лампи прожектора приймалася рівною 2200 C° , а площа випромінювання - 6 cm^2 ;

- відстань від джерела завад до приймача приймалася рівною 0,1 м;

- температура іскрових утворень від тертя металу коронки об гірську породу приймалася рівною 1500 C° , а площа - від $0,05 \text{ m}^2$ до $0,3 \text{ m}^2$;

- відстань від місця зародження джерела випромінювання до ФПП приймалася рівною 16 м.

Аналіз табл.2.1.1 дозволяє зробити такі висновки:

- надійно виділити «корисний» сигнал на тлі завад односпектральним приймачем не представляється можливим;

- надійне спостереження «корисного» сигналу на тлі завад забезпечує двохспектральна система виявлення.

Все це говорить за те, що виникає завдання розділення перешкод і сигналів, які підлягають реєстрації датчиком полум'я.

На сьогодні розроблена методика пошуку фільтрів, які забезпечують найкраще розділення названих сигналів. Як фільтр ФПП був вибраний і розроблений НВО «Позитрон» приймач ФМ-611, що має два приймальних канали. Один канал виконаний на основі кремнію, інший - на основі селеніда свинцю.

Є два варіанти розробки датчика: як дискретний пристрій, що виробляє логічний сигнал і як аналоговий пристрій, що формує сигнал з відповідним рівню випромінювання.

Як елемент, чутливий до інфрачервоного випромінювання, використовується спеціально розроблений напівпровідниковий прилад ФМ-611, що складається з двох фотодіодів, чутливих до інфрачервоного і денного світла, і інфрачервоного світлодіода.

Оскільки межі параметрів чутливого елемента значні і залежать від температури, то реалізація датчика згідно першого варіанту складніша і не допускає підстроювання параметрів у процесі експлуатації.

За умовами розміщення такий датчик повинен бути винесений від пристрою придушення на відстань (до 20 м), але при цьому виникає вимога мінімізації числа проводів у з'єднувальному кабелі.

І за цієї ж причини неможливе використання такого датчика, як одного світлочутливого елемента без додаткових буферних або підсилювальних елементів. Схема електрична принципова датчика полум'я, наведена на рис.2.1.4 [4, 5].

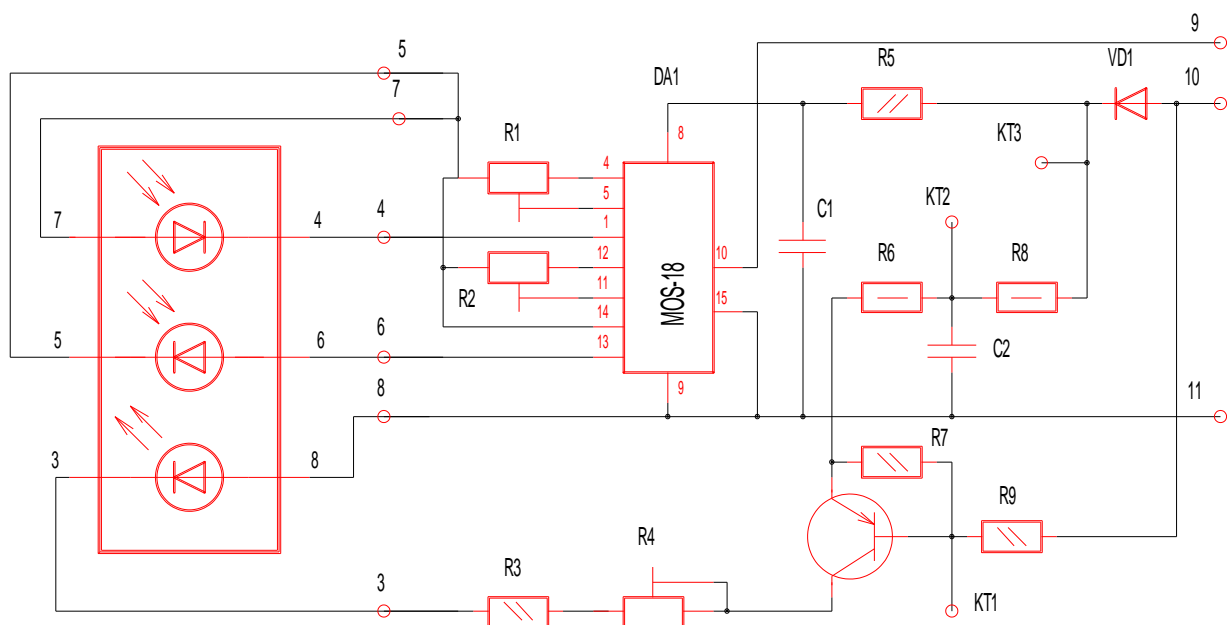


Рис.2.1.4. Схема електрична принципова датчика полум'я

Датчик полум'я має такі складові частини: фоточутливий елемент (фотоперетворювача) ФМ611; спеціалізовану гібридну мікросхеми DA1 MOC18; транзисторний ключ КТ1; живлячі фільтри на елементах C1, C2, R5, R6, R8.

Підключається він до пристрою придушення вибухів ППВ трижильним кабелем, які на схемі мають наступне позначення:

- 11 - загальний дріт (земля);
- 10 - живлення датчика;
- 9 - вихід датчика.

Світлочутливий елемент ФМ611 складається з фотоприймача, який реагує на інфрачервоні промені, фотоприймача, який реагує на видиме світло і інфрачервоний світлодіод, випромінювання з якого надходить на два перші фотоприймачі. Це дозволяє забезпечити діагностування усієї схеми, при умові подання на нього короткого імпульса і фіксації від нього спрацьовування датчика.

Наявність фотоприймачів, які сприймають інфрачервоні і видимі промені, дозволяє враховувати в деякому наближенні спектральний склад

реєстрованого випромінювання для забезпечення захисту від помилкових спрацювань при освітленні датчика іншими джерелами світла, наприклад лампами розжарювання та ін.

Ця функція реалізована так. До складу гібридної мікросхеми DA1 входить два регульовані підсилювачі сигналів і компаратор напруги. На вхід 1 мікросхеми DA1 (вхід першого підсилювача) надходить сигнал від інфрачервоного фотоприймача, на вхід 13 (вхід другого підсилювача) надходить сигнал у від'ємній полярності від фотоприймача видимого світла. А на вхід компаратора надходить сумарний сигнал з виходів двох підсилювачів з урахуванням від'ємного включення фотоприймача видимого світла. Тоді такі сигнали віднімаються. Виходом компаратора є вивід 10 мікросхем DA1, він же є виходом датчика. Спектральний склад звичайних джерел освітлення містить малу долю інфрачервоного променів, тому при освітленні ними датчика компаратор закривається і спрацювання датчика не має.

Регулювання підсилення підсилювачів здійснюється окремо за допомогою зовнішніх резисторів $R1$, $R2$.

При наявності спалаху метану рівень спектральної складової інфрачервоного світла перевищує рівень складових променів з коротшою довжиною хвилі. Якщо рівень сигналу перевищить певне значення, відбувається спрацювання компаратора, сигнал з виходу якого надходить на вихід датчика.

Для контролю працездатності сенсора на DA1 періодично подаються короткі від'ємні імпульси напруги. Ці імпульси через резистор $R9$ відкривають ключ на транзисторі КТ1. При таких умовах конденсатор $C2$ розряджається через резистор $R4$ на світлодіод елементу ФМ611, в результаті засвічується інфрачервоний фотоприймач ФМ611, що при правильно виконаному налаштуванні повинно привести до спрацювання датчика. Спрацювання датчика під час подачі контрольного імпульсу сприймається схемою як перевірочне і включення взривопридушувача не відбувається.

Оскільки ланцюги, які містять конденсатори $C1$, $C2$ можуть бути іскроопасними, то при використанні резистора $R6$ можливе іскробезпечне конструктивне виконання вузла, що складається з елементів $R5$, $R6$, $R8$, $C1$, $C2$, $VD1$ (нероз'ємне з'єднання або заливка компаундом). Номінал резистора $R6$ вибирається, виходячи з вимог іскробезпеки.

Контроль роботи датчика при експлуатації відбувається наступним чином. На світлодіод $VD1$ подаються короткі контрольні імпульси, що веде до освітлення інфрачервоним фотодіодом і на виході датчика, формується відповідний струмовий сигнал, за величиною якого корегують чутливість датчика.

Нехай при номінальному, відповідному спрацьовуванні датчика, освітленні, струм на виході датчика дорівнює

$$I_{\text{вих}} = 5\text{мА}, \quad U_{\text{вих}} = 0,1 \cdot 5\text{В} = 0,5\text{В}.$$

Приймаємо рівень напруги на резисторі $R7$ рівним 10% від напруги живлення

$$R7 = \frac{U_{\text{вих}}}{I_{\text{вих}}} = \frac{0,5}{0,005} = 100\text{ом}.$$

Тоді

$$\frac{U_{\text{вих}}}{R_6} = -I_{\text{ИНФ}}; \quad R_6 = \left| \frac{U_{\text{вих}}}{I_{\text{ИНФ}}} \right|;$$

де ИНФ – струм інфрачервоного фотодіода при номінальному освітленні.

Оскільки резистор від'ємного зв'язку $R6$ підключений до $R7$, то з урахуванням розкиду параметрів мінімальне значення струму складає ИНФ = 10 мкА; звідси максимальне значення $R6$ буде дорівнювати 50 кОм.

При освітленні датчика денним світлом при інтенсивності, що повинен блокуватися інфрачервоний канал, приймаємо, що напруга на резисторі $R2$

повинна складати половину напруги живлення

$$U_{\text{дн}} = 2,5 \text{ ст}$$

Резистор $R1$ розраховуємо при умові

$$\frac{U_{\text{дн}}}{R1} = -I_{\text{дн}},$$

де $I_{\text{дн}}$ – струм фотодіода видимого світла при номінальному освітленні.

$$R_1 = \frac{2,5}{125 \cdot 10^{-6}} = 20 \text{кОм.}$$

Типове значення $I_{\text{дн}} = 125 \text{ мкА}$, звідси струм через резистор R_3 при освітленні денним світлом повинен блокувати $I_{\text{інф}}$, тому

$$\frac{U_{\text{дн}}}{R_3} \geq I_{\text{інф}}; \text{звідси } R_3 \leq \frac{U_{\text{дн}}}{I_{\text{інф}}} = \frac{2,5}{10 \cdot 10^{-6}} = 250 \text{кОм.}$$

Виходячи із цього, для забезпечення можливості регулювання приймаємо $R_3 = 100 \text{ кОм}$.

2.2. Вибір контролера та розробка електронної схеми накопичувача

Контролер повинен складатися з мікропроцесорного вузла (субблок контролера), транзисторного ключа для підпалу електродетонатора (субблок накопичувача), стабілізаторів живлення, виконаних на мікросхемах DA1, DA2 (субблок контролера), світлодіодів VD1, VD2 і елементів, які узгоджують ланцюги з датчиками та лінією зв'язку. Схеми електричні субблока контролера і субблока накопичувача наведені на рис.2.2.1. і рис.2.2.1. відповідно [4, 5].

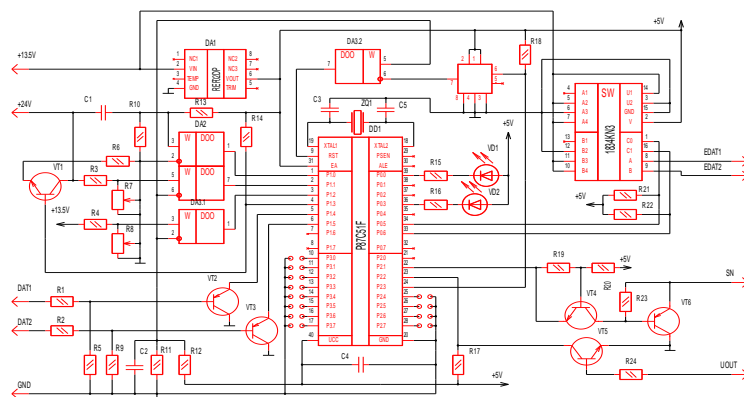


Рис.2.2.1. Схема принципова електрична субблока контролера

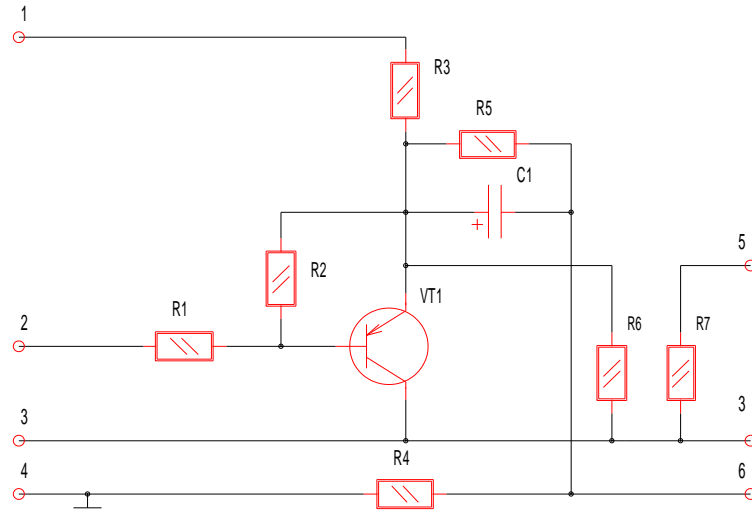


Рис. 2.2.2. Схема принципова електрична субблока накопичувача

Мікропроцесорний пристрій, окрім підключення кварцевого резонатора ZQ1 частоти 4 мГц, має супервізор на мікросхемі DD2. Останній призначений для скидання мікропроцесора в початковий стан при включенні живлення, а також при «зависаннях» мікропроцесора при його роботі. При нормальному функціонуванні мікропроцесора, то на виводі P2.3 програмно формує періодичні імпульси, які надходять з частотою не більше 1 сек. Імпульси надходять на вхід 6 супервізора DD2. Тривалість імпульсів дорівнює 1 - 2 цикли процесора (1 - 2 мкс). При «зависанні» процесора найбільш вірогідна пропажа імпульсів, при цьому на виводі 7 мікросхем DD2 формується імпульс 1, який по входу RST переводить мікропроцесор у початковий стан.

Транзисторний ключ для підпалу електродетонатора повинен забезпечувати на навантаженні 1 - 5 Ом (опір електродетонатора) струм не менше 2 А тривалістю менше 2 мс. Управління ключом здійснюється сигналом з виводу P2.1 мікропроцесора DD1. Ключ має три каскади. Перший каскад (транзистор VT5) керується сигналами з виводів мікропроцесора. Другий каскад (транзистор VT6) включений за схемою із загальним емітером. Третій каскад (транзистор VT1) субблока накопичувача підключений до другого через резистор R1.

Дублювання пристроїв здійснюється так. На роз'єм виводиться зв'язок від входу 2 субблока накопичувача, який з'єднується з аналогічним виводом іншого пристрою. Таке сполучення двох пристроїв між собою, забезпечує синхронне відкривання ключа іншого пристрою, якщо є відкривання ключа першого пристрою.

Контроль ланцюга електродетонатора виконують шляхом пропускання через нього струму близько 1 мА, що проходить від джерела +5 В по ланцюгу R7 субблока накопичувача, R24 і VT5 субблока контроллера. Падіння напруги на електродетонаторі подається на вхід P2.2 мікропроцесора. При замкнутому електродетонаторі напруга на вході складає близько 0.7 В, що сприймається як сигнал 0. Транзистор VT5 запобігає попаданню напруги +5В на вхід мікропроцесора при розімкненому ланцюзі електродетонатора.

Мікросхема DA4 використовується для струмового ключа при формуванні керованої напруги живлення зовнішніх сенсорів полум'я. У початкованому стані на датчики надходить високий рівень напруги з виходів 8, 9 мікросхеми DA4. Контрольні імпульси на виводах P0.5, P0.6 формують сигнали «0». Сигнали з виходів датчиків, які надходять на входи DAT1, DAT2 перетворюються у логічні сигнали резистивними дільниками R1 - R5, R2 - R9 і подаються через ключі (транзистори VT2, VT3) на входи P1.4, P1.5 мікропроцесора.

Передача сигналів у лінію зв'язку виконується імпульсами споживання струму з лінії зв'язку. Як передавач сигналів використовують генератор струму, виконаний на транзисторі VT1. Сигнал передачі формується мікропроцесором і з порту P1.3, який надходить на базу транзистора VT1.

Для контролю рівня напруги в лінії зв'язку застосовуються компаратори DA2.2 і DA3.1. Напруга через дільники R3 - R7 і R4 - R8 поступає на входи 5 DA2 і 3 DA3 відповідно і порівнюється з пороговою напругою на входах 6 і 2. Резистивні дільники мають бути налагоджені так,

щоб при зниженні напруги в лінії зв'язку менше 15 В і напруги на акумуляторі менше 12 В з виходів компараторів на відповідні входи мікропроцесора поступав би сигнал «0В». (Нормальний стан - сигнал «1»).

Світлодіоди VD1 і VD2 призначені для місцевої індикації стану пристрою. Номінали резисторів R15 і R16 вибираються так, щоб забезпечити струм через світлодіоди не більше 5 мА.

Значення параметрів світлодіодів VD1 і VD2 наведені в табл. 2.2.2 і табл.2.2.3.

Значення параметрів світлодіодів

Таблиця 2.2.2

Свідчення	Значення
Мигання поодинокими короткими спалахами	Справний один датчик
Мигання подвійними короткими спалахами	Справний два датчики
Безперервне світіння	Наявність спалаху
Погашений	Датчики несправні

Значення параметрів світлодіодів

Таблиця 2.2.3

Свідчення	Значення
Немає світіння	Стан датчиків і детонатора в нормі
Рідкісне мигання	Відсутність напруги на лінії зв'язку, +13В або обрив пригнічувача.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ДАТЧИКА ПОЛУМ'Я І ВИБУХОПРИГНІЧУЮЧОГО ПРИБОРУ АВТОМАТИЧНОГО ПРИДУШЕННЯ ВИБУХУ МЕТАНУ В ШАХТІ

3.1. Розробка датчика полум'я

Зовнішній вигляд датчика полум'я (ДПК) наведений на рис.3.1.1. Він призначений для виявлення променів метановоздушної суміші за допомогою інфрачервоного фотоприймача, формування і видачі інформації про стан датчика та його ланцюгів живлення [1, 5].



Рис.3.1.1 Зовнішній вигляд датчика полум'я

Конструктивно він виконаний у литому алюмінієвому корпусі з двома кабельними вводами. Фотоприймач розміщується в одному з герметичних вводів. Для його зовнішніх підключень використовують інше герметичне введення з діаметром 16 мм. Друкарська плата з радіокомпонентами розміщена у середині корпусу. Кришка з корпусом з'єднується гвинтами, які потім розкернують не менше чим в трьох точках. Рівень вибухозахисту РО датчика полум'я забезпечують іскробезпечним ланцюгом. Рівень іскробезпеки Иа забезпечується величиною напруги від іскробезпечного джерела пристрою.

3.2. Розробка взривопригнічуючого пристрою

Взривопригнічуючий пристрій забезпечує створення відповідного середовища, відповідного живлення, прийом сигналів і тестування двох датчиків, передачу інформації про свій стан концентратору. Для приведення у стан спрацювання детонатора використовується блок енергонакопичення,

який у разі спрацьовування дає на детонатор значний імпульс струму. Сигнал на спрацьовування блоку енергонакопичення дає блок контролера. Він також приймає сигнали з датчиків, виконує діагностику їх справності, перевіряє напругу на блоці енергонакопичення, перевіряє цілісність детонатора, передає інформацію концентратору і на пристрій індикації. Блок резервного живлення призначений для видачі напруги живлення 5В для живлення блоку контролера, датчиків і блоку енергонакопичення. Він містить батарею резервного живлення і перетворювач напруги для заряджання батареї і живлення схем [5, 6].

Створення безвідмовної, надійної і досить ефективною вибухобезпечності на шахтах при збільшенні глибини горизонтів вуглевидобування, зростанням обсягу виробництва і впровадженням сучасних технологій видобутку корисних копалин вимагає постійного вдосконалення існуючих і створення нових технічних засобів і систем вибухобезпечності. Найбільш надійним і ефективним засобом є взривопридушуючі пристрої, які виконують пригнічення розвитку вибуху метану.

Конструктивно такий пристрій складається з циліндричного контейнера, що заповнюється плам'ягасящим порошком, рис. 3.2.1[7, 8, 9]. Усередині контейнера є заспокійлива камера з пірозарядом і піропатроном, рис. 3.2.2. До контейнера приєднується вибухозахищений клемник, у якому розташовується субблок контролера, блок резервного живлення, субблок накопичувача. На корпусі контейнера є кронштейни для кріплення датчиків, і пристрої для підвіски його до арочної кріплення, рис. 3.2.3.

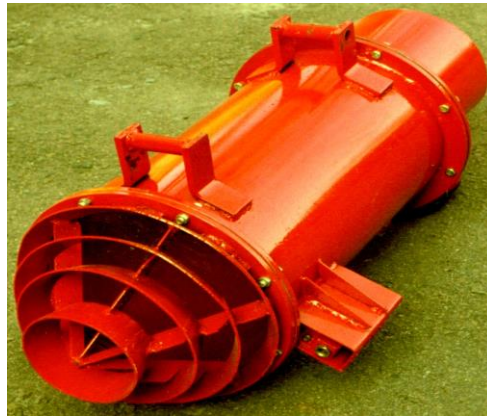


Рис.3.2.2. Конструктивний пристрій ВПІ

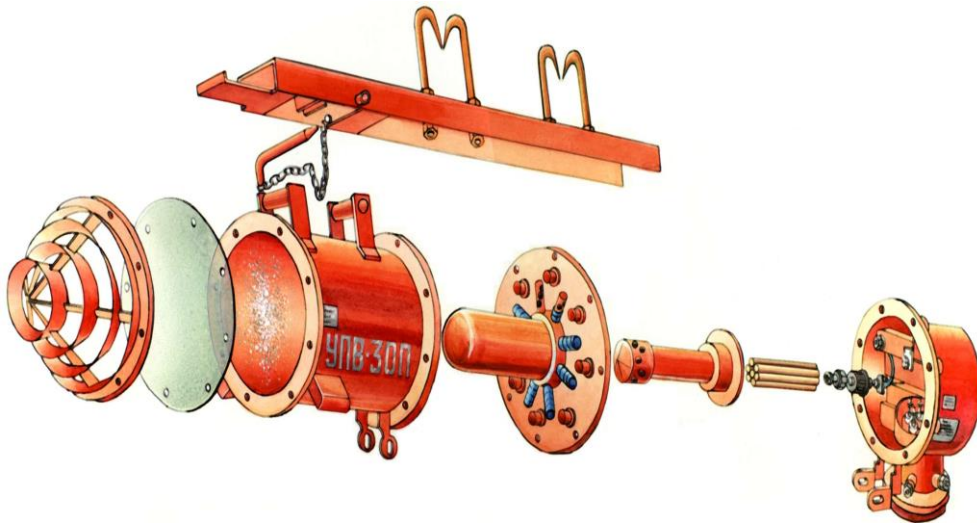


Рис.3.2.3. Заспокійлива камера з пірозарядом і піропатроном

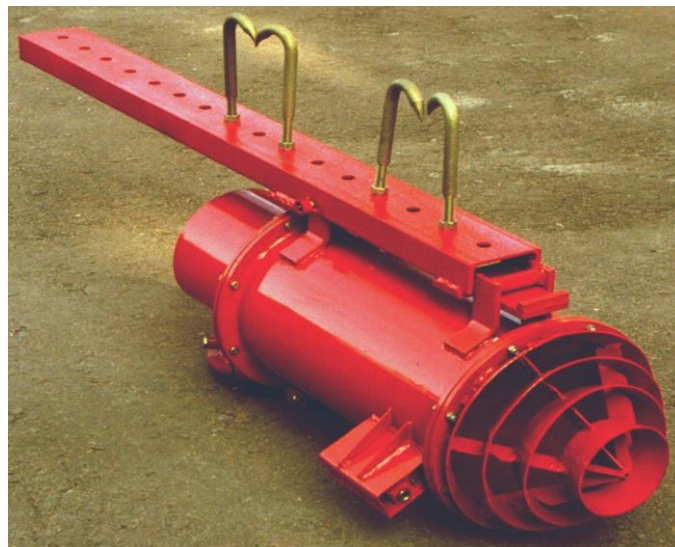


Рис.3.2.4. Конструктивний пристрій ВПІ з датчиком і пристроєм для підвіски

Викид плам'ягасящого порошку при гасінні полум'я відбувається при підпалі електродетонатором спеціального піропатрона, що знаходиться в контейнері з порошком [8, 9, 10], (рис. 3.2.5.)



Рис.3.2.5. Фрагмент роботи системи при автоматичному вибухопожежогасінні в шахті при спалаху метану

ВИСНОВКИ

Запропонований електронний пристрій автоматичного придушення вибухів метану в шахтах відповідає сьгоднішнім потребам і може бути основою для проектування дослідних зразків такої системи.

Надійність такого пристрою багато у чому визначається його досконалістю. Тому однією з основних вимог до такого пристрою є висока швидкодія. Але висока швидкодія приводить до розпилювання взривогасящої речовини з великими швидкостями, що пов'язане з деякою небезпекою травмування шахтарів, що можуть опинитися у зоні дії взривопригнічувача.

Пристрій дозволяє локалізувати спалах метану на ранній стадії його розвитку, тобто коли аварія ще не встигла нанести значні руйнування, що суттєво підвищує рівень безпеки при роботі шахтарів у вибухонебезпечній зоні.

Такі пристрої у подальшому можуть бути агреговані з іншими пристроями, використовуваними в шахтах, що дозволяє уніфікувати деякі вузли, спростити їх ремонт і обслуговування.

Розроблений пристрій є перспективним і може бути використаний в інших галузях промисловості, де існує небезпека виникнення вибухів або швидкоплинних пожеж і потрібне забезпечення безпеки для захисту людей та обладнання. Це може бути нафтова, газова, хімічна, мукомельна та інші галузі промисловості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технический отчет МакНИИ по теме “Разработать автоматическую защиту против распространения пламени взрыва метана и угольной пыли в шахтах”. Макеевка-Донбасс, 1983.

2. Jean Mayne. Les Arrêts-Barrages Declenches Dans. Les Charbonnages de La Communaute. Europeenne Annales des Mines de Belgique. №3, 1988. 189-263с.

3. Нецепляев М.И., Любимова А.И., Петрухин П.М. и др. “Борьба со взрывами угольной пыли в шахтах” М: “Недра”, 1992.- 299с.

4. Разработать техническое задание на систему автоматической взрывозащиты тупиковых выработок при взрывных работах (“Заслон АВЗ-1”). Промежуточный отчет МакНИИ по безопасности работ в горной промышленности Вайнштейн Б.М., Восканян Ю.А., Казачкова Г.Н. и др.Тема 1702502000-037 этап 1702502100 .

Макеевка - 1981 г. - 116 с.

5. Нецепляев М.И., Мягкий Б.И., Плоскоголовый Е.П. Автоматическая система взрывозащиты шахт СЛВА. МакНИИ, Макеевка. Доклад на 24 международной конференции безопасности работ в горной промышленности. Донецк, 23-28.09.1991 г.

6. Методика на проведение исследований макета ВПУ для определения временных параметров процесса создания взрывоподавляющей среды и НИИ по оценки уровня безопасности его с экспериментальными образцами пиротехнических зарядов. Отчет МакНИИ по безопасности работ в горной промышленности Плоскоголовый Е.П., Кашуба О.И., Ковтун Ю.С. и др. Макеевка, 1993 г. - 9.

7. Семешко В.В., Быков В.Н., Закусило В.Р. и др. Разработка пиротехнического заряда взрывоподавляющего устройства системы взрывозащиты шахт. Отчет о НИР (заключительный). Тема 1819318000-93.-

30, шифр “Пироузел”. ШГосНИИХП. Шостка, 1993.-30с.

8. Разработка пиротехнического заряда взрывоподавляющего устройства системы взрывозащиты шахт. Отчет ШГосНИИХП Семешко В.В., Быков В.И., Закусило В.Р. и др., г.Шостка, 1993 г.-30с.

9. Семешко В.В., Быков В.И., Приходько А.Д., Гончаров И.А. Протокол полигонных испытаний опытного образца пиротехнического устройства ВПУ-5К.

10. Система взрывозащиты шахт автоматическая СВША. УХЛ5. Техническое задание / МакНИИ ; ТЗ 1719218000-92. Макеевка, 1992 г -40с.

11. Станюкович, Физика взрыва. М. “Наука”,1975 г. – 500с.

12. Купчик М. П., Гандзюк М. П., Степанець І. Ф. та ін. Основи охорони праці. — К.: Основа, 2000. — 416с.

13. Вильямс Ф.А. Теория горения. М., ”Наука”, 1971.-616с.

14. Башуров В.В., Вахрамеев Ю.С., Демьяновский С.В. и др. Модель грунта и вычислительный комплекс для расчета подземных взрывов. ПМТФ, 1976 г., 3-9с.

15.Технический отчет МакНИИ по теме 1749060000-086 “Исследовать возможность создания автоматической системы гашения вспышек метана и угольной пыли от фрикционных искр на проходческих комбайнах”. Макеевка-Донбасс ,1988.