

Національна академія наук України
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова

ДУДЛЯ КАТЕРИНА ЄВГЕНІЇВНА

УДК [622.831.325.3:622.8] (043.3)

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ
БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ МЕТАНУ ВУГІЛЬНИХ
ШАХТ

05.26.01 – «Охорона праці»

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпро - 2017

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти та науки України (м. Дніпро)

Науковий керівник: доктор технічних наук, старший науковий співробітник **Бокій Борис Всеволодович** (м. Київ)

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник **Паламарчук Тетяна Андріївна**, провідний науковий співробітник відділу механіки гірничих порід, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (м. Дніпро).

доктор технічних наук, доцент **Лапшин Олександр Олександрович**, доцент кафедри рудникової аерології та охорони праці Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет» Міністерства освіти та науки України (м. Кривий Ріг).

Захист відбудеться «30» червня 2017 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.188.01 при Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України за адресою: 49005, м. Дніпро, вул. Сімферопольська, 2а, факс (0562) 46-24-26.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ІГТМ НАН України за адресою: 49005, м. Дніпро, вул. Сімферопольська, 2а.

Автореферат розіслано «29» травня 2017 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
доктор технічних наук



В.Г. Шевченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У паливно-енергетичному комплексі України існує дефіцит газоподібних енергоносіїв, що обумовлено обмеженістю їх запасів та суттєвим відставанням обсягів видобутку від обсягів споживання. Разом з цим, спеціалісти оцінюють природні ресурси метану вугільних родовищ в 1,2 трлн. м³. Однак, представляючи один з найперспективніших потенційних джерел енергії – метан є не тільки джерелом постійної небезпеки для шахтарів, але і одним з найбільших забруднювачів навколишнього середовища.

Розвиток інтенсивних технологій гірничих підприємств, збільшення потужності механізованих виїмкових комбайнів і стругів підвищує навантаження на очисні вибої. Газовий фактор став основною причиною, що обмежує продуктивність виїмкових ділянок.

При складності сучасного виробництва гарантувати метанобезпечність гірничих робіт, можна шляхом реалізації єдиного технологічного процесу, що поєднує дегазацію поверхневими свердловинами та раціональні системи підземної дегазації, транспортування і утилізацію метану. Не зважаючи на високий рівень виконаних досліджень у цьому напрямку ряд питань потребує поглибленого доопрацювання. До них відносяться: параметр процентного вмісту метану не достовірно відображає рівень безпеки і знижує енергоефективність його утилізації; не нормовано похибки вимірювання дебіту шахтного метану і метану каптованого поверхневими дегазаційними свердловинами; відсутня методика та засоби вимірювання параметрів метановидалення із свердловин підключених до газотранспортної системи після їх декольматації; в процесі виїмки метану з поверхневих дегазаційних свердловин і шахтного метану не враховується негативний взаємовплив параметрів свердловин одна на одну і параметрів його утилізації; встановлено невідрованно великі втрати видобутого метану і низька енергоефективність його використання в неопалювальний сезон; відсутній моніторинг параметрів дегазації в реальному режимі часу. Для вирішення цих питань, необхідно обґрунтувати параметри структурно-технологічної схеми дегазаційної системи для забезпечення високого рівня безпеки видобутку, транспортування та утилізації метану вугільних шахт, що призведе до підвищення її енергоефективності за рахунок врахування еколого-економічних показників.

Таким чином, встановлення закономірностей зміни межі вибухобезпеки метаноповітряної суміші у дегазаційних газопроводах від співвідношення концентрації кисню і метану, коефіцієнта стисливості від псевдо приведених значень абсолютного тиску і температури, еквівалентного аеродинамічного опору газотранспортної системи від абсолютного тиску і дебіту кожної свердловини, а також від тиску на вході утилізаційної установки, є актуальною науковою задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційну роботу виконано відповідно до «Стратегії розвитку паливно-енергетичного комплексу України до 2030 року» (Вугільна промисловість), програми «Українське вугілля», затвердженої постановою кабінету Міністрів України № 1205 від 19 вересня 2001 р. і планів держбюджетних тем Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» ГП – 467 «Розробка методів і технологій видобутку газу з природних газогідратів та створен-

ня штучних газогідратів для оптимізації виробничих процесів» (ДР 0113U000411), по якій автор був виконавцем.

Мета і задачі дослідження. Мета роботи полягає в обґрунтуванні параметрів і розробці засобів забезпечуючих безпеку транспортування та утилізації метану вугільних шахт.

Задачі дослідження:

- виконати аналіз способів, засобів у дегазаційних системах видобування, транспортування та утилізації метану та оцінити рівень їх безпечності;
- встановити закономірності вибухобезпечності процесу транспортування та утилізації шахтного метану з урахуванням коефіцієнта безпеки, що відображає зміст метану в повітрі до діапазону кратних чисел нижче нижнього граничного значення вибухонебезпечності;
- обґрунтувати параметри підвищення безпеки структурно-технологічної схеми видобутку метану, транспортування та його утилізації;
- розробити та провести промислові дослідження модуля автоматизованої системи керування дегазацією шахт;
- розробити та виробити засоби вимірювання параметрів метановиділення із свердловин підключених до газотранспортної системи після їх декольматації та спосіб визначення межі вибухобезпечності шахтного метану.

Ідея роботи – полягає у використанні закономірностей зміни межі вибухобезпеки метаноповітряної суміші у дегазаційних газопроводах, коефіцієнта стисливості, еквівалентного аеродинамічного опору газотранспортної системи для обґрунтування параметрів безпечного функціонування дегазаційної системи шахти.

Об'єкт дослідження – процеси підвищення безпеки видобутку, транспортування та утилізації метану вугільних шахт.

Предмет дослідження – закономірності та параметри безаварійної роботи структурно-технологічної схеми видобутку, транспортування та утилізації метану на вугільних шахтах.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач було застосовано наступні методи досліджень: емпіричні та напівемпіричні методи для розрахунку газотранспортної системи та конструкторського пошуку, методи гідравлічного розрахунку газопровідних мереж, методи математичного та комп'ютерного моделювання геотехнічних систем при розробці імітаційної моделі для проектування та досліджень поверхневих дегазаційних систем, експериментальні дослідження в промислових умовах.

Наукові положення.

1. Значення концентрації кисню, що визначає межу вибухобезпеки шахтного метану в дегазаційних трубопроводах, прямо пропорційне концентрації метану в них і обернено пропорційне коефіцієнту безпеки (K_b), що дозволяє встановити нормовану межу вибухобезпеки шахтного метану при мінімальному значенні $K_b = 1,67$ за умови одночасного вимірювання концентрації кисню і метану в дегазаційних трубопроводах.

2. Критерій безаварійної роботи поверхневої газотранспортної системи базується на її еквівалентному аеродинамічному опорі, що включає змінний опір регуляторів тиску свердловин, пропорційний різниці певного інтеграла добутку

абсолютного тиску і-ої свердловини на витрату з неї метану для всіх свердловин і добутку абсолютного тиску метану на вході утилізаційної установки на її витрати і обернено пропорційно витраті метану утилізаційної установки в третьому ступені.

3. Коефіцієнт стисливості метану вугільних родовищ із щільністю при стандартних умовах від 0,55 до 0,9 кг/м³, вмістом CO₂ та N₂ в діапазоні безпечних надлишкових тисків до 1,6 МПа і температур від - 25 до + 40°C пов'язаний сімейством лінійних обернено пропорційних залежностей від псевдо приведенного надлишкового тиску і прямо пропорційний псевдо приведеній температурі.

Наукова новизна одержаних результатів:

– вперше встановлено закономірність співвідношення концентрацій кисню та метану, яка визначає межу вибухобезпечності дегазаційних газопроводів;

– вперше встановлено залежність еквівалентного аеродинамічного опору від добутку абсолютних тисків на витрати з усіх свердловин, від абсолютного тиску та витрати на вході до утилізаційної установки, що слугує для визначення критерія безаварійної роботи поверхневої газотранспортної системи;

– вперше встановлена залежність коефіцієнта стисливості метану вугільних родовищ від псевдо приведенного безпечного надлишкового тиску та псевдо приведені температури;

- розроблено імітаційну модель безпечної роботи поверхневої газотранспортної системи, для розрахунку тисків і витрат свердловин;

Обґрунтування і достовірність наукових положень, одержаних результатів, висновків і рекомендацій підтверджується: використанням апробованих аналітичних та експериментальних методів досліджень, статистичною оцінкою достовірності встановлених закономірностей розроблених моделей і методик, достатньою, для проведення інженерних розрахунків, збіжністю між теоретичними та експериментальними результатами (відносна похибка не перевищує 20%) та позитивними результатами впровадження методик і рекомендацій на ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька».

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей зміни межі вибухобезпеки метаноповітряної суміші в дегазаційних газопроводах від співвідношення концентрації кисню і метану, коефіцієнта стисливості від псевдо приведених значень абсолютного тиску і температури, еквівалентного аеродинамічного опору газотранспортної системи від абсолютного тиску і дебіту кожної свердловини, а також від тиску на вході утилізаційної установки.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці:

1. Методики проведення експериментальних досліджень в промислових умовах, яка дозволяє визначити точність вимірювання та обчислення витрат газу на вхідному трубопроводі та працездатність контролера «Ергомера» -126.MU в комплексі з операторською станцією «ДІА»;

2. Алгоритму розрахунку параметрів поверхневих дегазаційних систем;

3. Структурно-технологічної схеми забезпечення надійної та безаварійної роботи трубопроводів прокладених на підпрацьованій гірничими виробками поверхні та по захисту їх від гідратуутворення;

4. Засобів безпеки транспортування та утилізації метану вугільних шахт та способу визначення межі вибухобезпечності шахтного метану;

Реалізація результатів досліджень.

Методика проведення експериментальних випробувань у промислових умовах універсального контролера з автономним живленням «Ергомера-126МУ» в комплексі з операторською станцією «ДІЯ» використана на ТОВ НПП «ДІЯ» (Акт та протокол розгляду результатів експериментальних випробувань універсального контролера з автономним живленням «Ергомера-126МУ» в комплексі з операторською станцією «ДІЯ» (від 22.02.2017 р.) та конструкторська документація діафрагменого вузла обліку газу та модуль автоматичної системи керування дегазацією шахт, початкові вимоги до технічного завдання про створення автоматизованої системи безпечного керування дегазацією шахт впровадженого на ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька» (затверджений 23.02.2017 р.). Очікуваний річний економічний ефект від впровадження запатентованого способу визначення межі вибухобезпечності шахтного метану склав 6 180 807 грн рік (розрахунок очікуваного економічного ефекту від 23.02.2017 р.).

Особистий внесок автора.

Автором самостійно сформульовано: мету та ідею роботи, поставлено задачі досліджень та шляхи їх вирішення, проведено теоретичні та експериментальні дослідження, сформульовано наукові положення, новизну та наукове значення роботи, висновки. Автором самостійно розроблено спосіб визначення межі вибухобезпечності метанових сумішей у дегазаційних трубопроводах, розроблено алгоритм розрахунку параметрів газотранспортних систем, розроблено технічні рішення щодо запобігання гідратуутворення та укріплення стійок поверхні трубопроводів в умовах деформації земної поверхні у районах проведення гірничих робіт. Автор приймав участь у розробці методики експериментальних досліджень в промислових умовах модуля АСК ДШ на базі контролера «Ергомера»-126 МУ у комплексі з операційною системою «ДІЯ», випробування яких проходили на Анастась'євській газліфтній компресорній станції; структурно-технологічної схеми реконструкції діючої станції утилізації ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька». Текст дисертації викладено особисто автором.

Апробація результатів дисертації.

Основні положення та окремі результати роботи доповідались на міжнародному форумі-конкурсі молодих вчених «Проблеми недропользования» (м. Санкт-Петербург – 24-26 квітня 2013 р.), на IV та V всеукраїнських науково-технічних конференціях студентів, аспірантів і молодих вчених «Наукова весна – 2013, 2014» (м. Дніпропетровськ – 29 березня 2013р, 26-27 березня 2014 р.), на міжнародній науково-технічній конференції «Форум гірників -» (м. Дніпропетровськ 1-4 жовтня 2014 р.), на II міжнародній конференції «Газогідратні технології у гірництві, нафтогазовій справі, геотехніці та енергетиці» (м. Дніпро – 9-11 листопада 2016 р.).

Публікації. Основні результати дисертації висвітлено у 13 друкованих роботах, у тому числі: 6 статей у спеціалізованих виданнях, серед яких одна у закордонному виданні, 1 патенті та 6 тез доповідей та матеріалів на конференціях.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, переліку умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота містить 174 сторінок основного тексту, 52 малюнків, 16 таблиць, 9 сторінок додатків, загальний обсяг 182 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **першому розділі** виконано аналіз питання стану забезпечення метанобезпеки гірничих робіт підземною та поверхневою дегазацією.

Проведено аналіз обсягу ресурсів та видобутку метану, який показав, що нерозвідані запаси метану можуть забезпечити енергонезалежність України на довгі роки. Метан вугільних родовищ один з найперспективніших потенційних джерел енергії, але на сьогодні він є джерелом постійної небезпеки для шахтарів та одним з найбільших забруднювачів навколишнього середовища. Встановлено, що у проблемі руйнування озонового шару атмосфери Землі та за впливом на зміну клімату, метан у 21 раз агресивніший за диоксид вуглецю. У зв'язку з цим утилізація його в енергетичних установках сприяє зниженню екологічної небезпеки. Якщо взяти до уваги Кіотську та Парижську угоди, що ініціювали торгівлю квотами на шкідливі викиди у атмосферу, утилізація дозволить отримати економічний прибуток.

Проведено аналіз методів та засобів безпеки при підготовці метану до транспортування. Основні розробки способів та засобів підвищення безпеки дегазаційних систем шахт розглядалися наступними організаціями: Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Український державний науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут гірничої геології, геомеханіки і маркшейдерської справи НАН України, Приватне акціонерне товариство «ДІЯ» та Приватне акціонерне товариство «Шахта ім. О.Ф. Засядька». Не зважаючи на високий рівень виконаних досліджень у цьому напрямку, ще існує ряд питань, що потребують вирішення.

Розробка та застосування методик і приладів для підвищення точності вимірювання основних параметрів технологічного процесу дегазаційної системи допоможе: встановити параметри, які достовірно будуть відображати рівень безпеки; нормувати похибку вимірювання дебіту метану; враховувати негативний взаємовплив однієї свердловини на іншу; розробити програмно-технічний комплекс автоматизованого модуля для моніторингу параметрів дегазаційної системи шахти у реальному режимі часу.

Проведення аналізу питань безпечності дозволило сформулювати основне наукове завдання, мету роботи та задачі досліджень.

У **другому розділі** представлено обґрунтування параметрів, засобів та заходів підвищення надійності та попередження аварійності технологічного процесу видобутку, транспортування та утилізації метану вугільних родовищ і шахтного метану.

Найбільш ефективним, способом стимуляції вивільнення газу із вуглепородного масиву є апробований спосіб пневмогідродинамічної дії (ПГДД) через поверхневі дегазаційні свердловини (ПДС) на непідпрацьований масив. Спосіб ПГДД через ПДС з метою інтенсифікації газовиділення є екологічно чистим, малоенергозатратним, ефективним і найголовніше, безпечним.

Розроблено схему обв'язки поверхневих свердловин, що дозволяє підвищити безпечність та оцінити ступінь інтенсифікації притоку метану за рахунок ПГДД у

свердловину, що підключена до газотранспортної системи (ГТС) (рис.1).

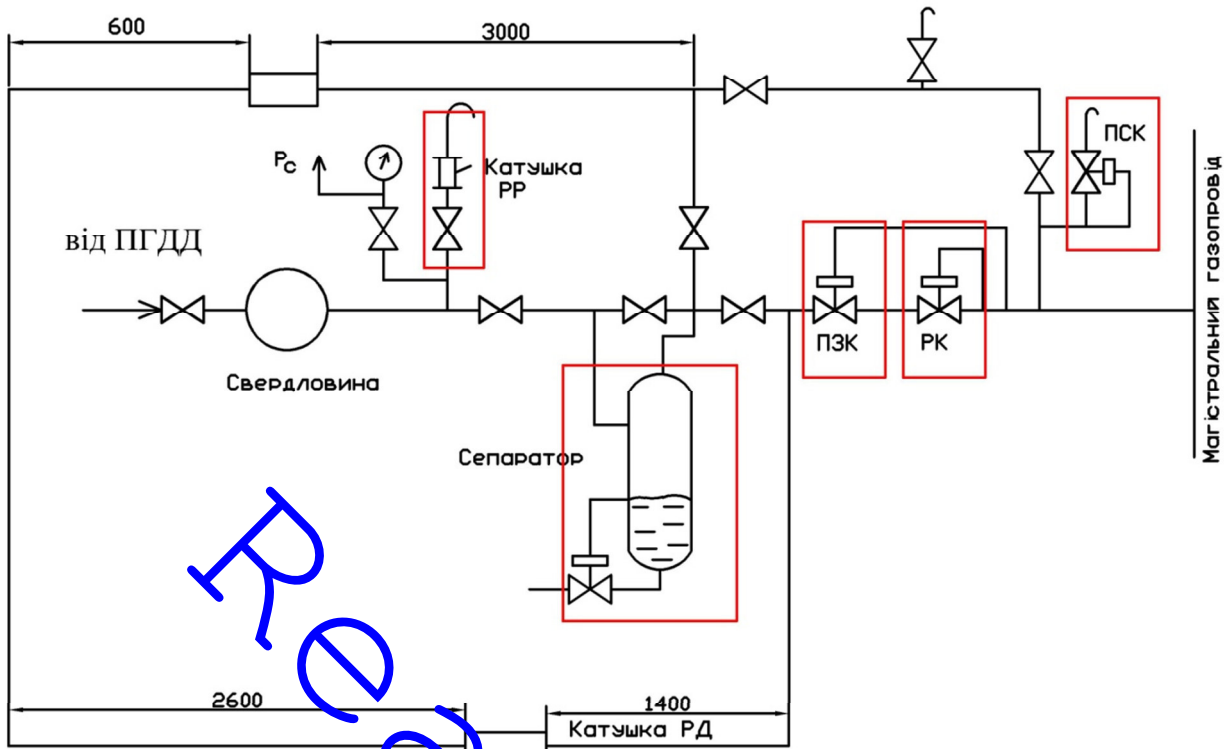


Рисунок 1 – Схема об'язки свердловин з урахуванням ПГДД

Відмінною особливістю даної схеми є можливість вимірювання витрат метану в свердловині після декольматації та регулювання тиску газу у поверхневих дегазаційних свердловинах, його очищення за допомогою сепаратора і протиаварійний захист за допомогою запірних та скидних клапанів.

Встановлено закономірність співвідношення концентрацій кисню та метану, що визначає межу залежності вибухобезпечності метаноповітряної суміші у дегазаційних газопроводах.

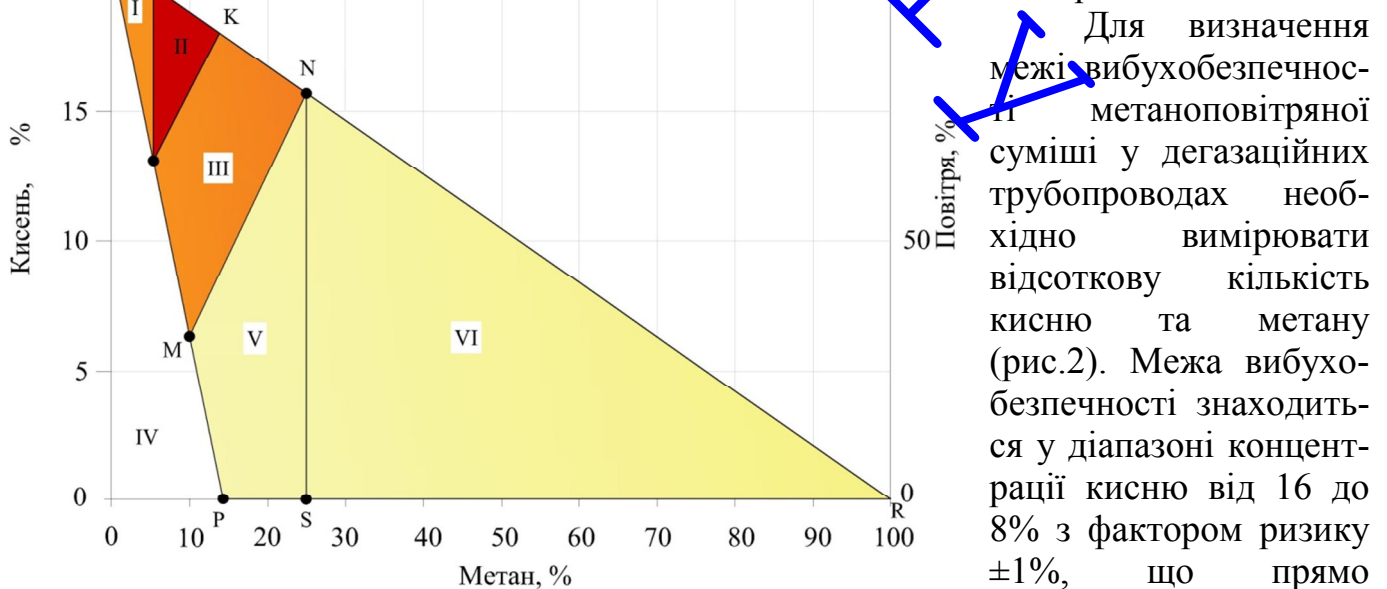


Рисунок 2– Діаграма зон концентрацій метаноповітряної суміші

Для визначення межі вибухобезпечності метаноповітряної суміші у дегазаційних трубопроводах необхідно вимірювати відсоткову кількість кисню та метану (рис.2). Межа вибухобезпечності знаходиться у діапазоні концентрації кисню від 16 до 8% з фактором ризику $\pm 1\%$, що прямо пропорційно концент-

рації метану і обернено пропорційно коефіцієнту безпеки. Вибух шахтного метану у трубопроводі неможливий при будь якій концентрації метану з фактором ризику +1,5%, якщо вміст кисню нижче 8 %.

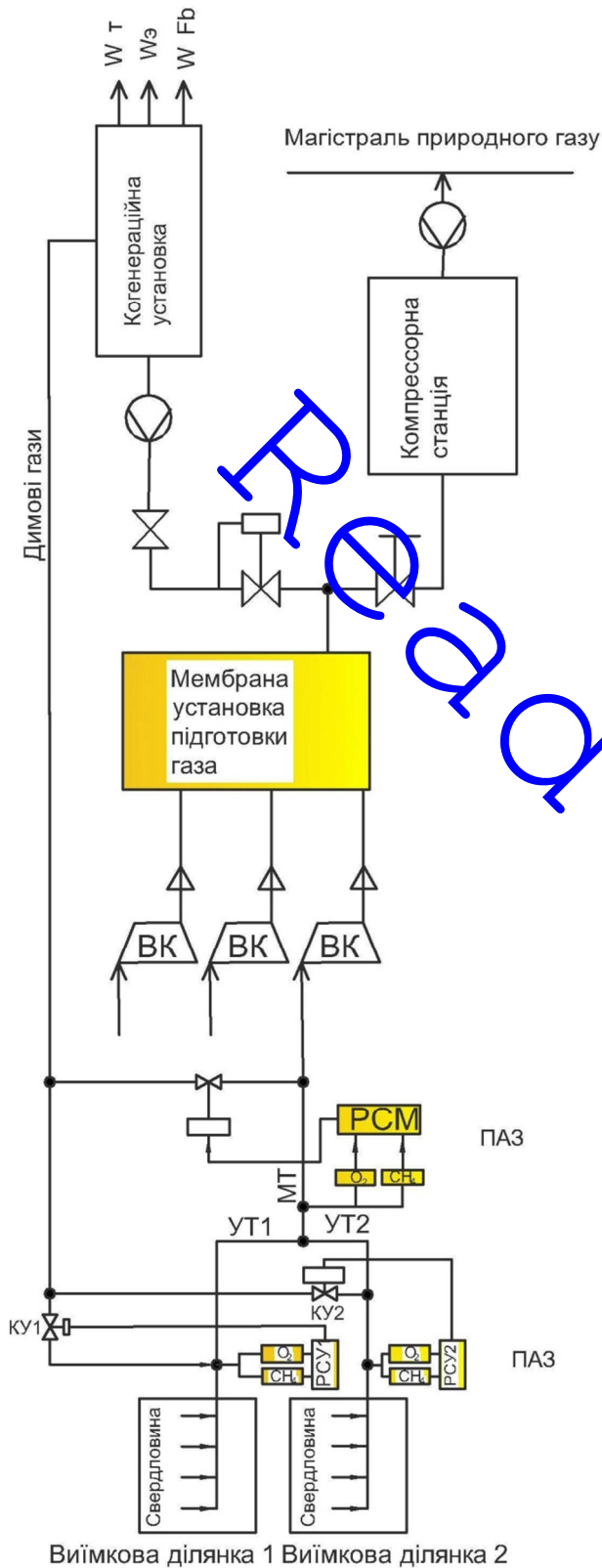


Рисунок 4 – Структурно-технологічна схема противарійного захисту підземних дегазаційних трубопроводів

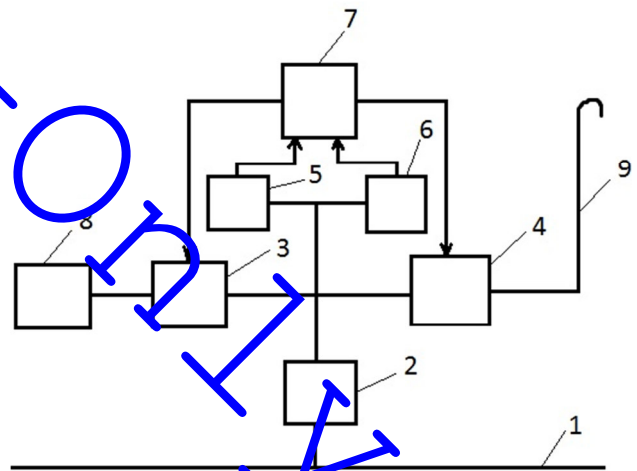
Це дає можливість запропонувати нормовану межу вибухобезпечності шахтного метану у дегазаційних трубопроводах при одночасному вимірюванні концентрації кисню та метану за формулою:

$$K_{\text{вO}_2} = \frac{K_{\text{иCH}_4}}{K_{\text{б}}}, \quad (1)$$

де $K_{\text{вO}_2}$ – концентрація кисню; $K_{\text{иCH}_4}$ – концентрація метану, що виміряна газоаналізатором метану; $K_{\text{б}} = 1,6$ – коефіцієнт безпеки. Для України допустима концентрація метану 25%.

Запатентовано спосіб та розроблено схему підвищення безпеки та енергоефективності утилізації шахтного метану (рис.3).

На структурно-технологічній схемі (рис.4) наведено розроблені технічні



1 – дегазаційний трубопровід; 2 – клапан подачі суміші на прилад; 3 – клапан подачі суміші теплоенергетичному споживачеві; 4 – клапан подачі суміші на свічку; 5 – датчик виміру концентрації метану; 6 – датчик виміру концентрації кисню; 7 – контролер; 8 – теплоенергетичний споживач; 9 – свічки для скиду метаноповітряної суміші в атмосферу.

Рисунок 3 – Схема підвищення безпеки та енергоефективності утилізації шахтного метану.

рішення для забезпечення вибухобезпечності транспортування шахтного метану у підземних ділянкових та магістральних газопроводах, які обладнено газоаналізаторами метану та кисню. Їх сигнали надходять у контролери протиаварійного захисту дільничного та магістрального газопроводів, що вираховують значення KvO_2 за формулою (1) та порівнюють його з вимірним значенням концентрації кисню KuO_2 . У разі, якщо виявиться, що KuO_2 більше, ніж KvO_2 надходить сигнал для відкриття клапанів дільничного (КД1, КД2) та магістрального (КМ) газопроводів та в них подається інертний газ з трубопроводів, що заповнені азотом або сумістю азоту та вуглекислого газу до того часу, поки у газопроводі виміряне значення KvO_2 не стане нижче KvO_2 .

Таким чином, встановлено закономірність концентрацій кисню та метану, що визначає межу вибухобезпечності дегазаційних газопроводів, запатентовано спосіб, розроблено схему підвищення безпечності та енергоефективності утилізації шахтного метану та розроблено пристрій протиаварійного захисту підземних дегазаційних трубопроводів при перевищенні межі вибухобезпечності шахтного метану

У третьому розділі наведено алгоритм математичного розрахунку моделювання режимів роботи і обґрунтування параметрів та засобів, що запобігають аварії в поверхневих дегазаційних системах шахт.

Обґрунтовано параметри і розроблено технічні рішення підвищення безпеки і інтенсифікації вилучення метану через ПДС на прикладі умов ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька» (рис.5).

На рис.5 наведено схему розміщення діючих у теперішній час свердловин ЗД-8, МС-599, 1195, МС-598, ЗД-3 та ЗД-5.

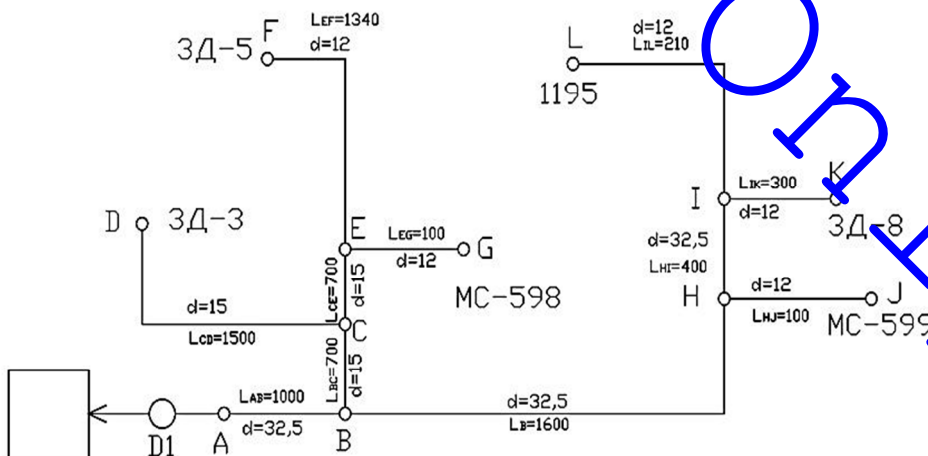


Рисунок 5 – Схема діючої поверхньої ГТС на ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька»

Свердловини підключені до магістрального газопроводу через газорегуляторні пункти підготовки газу (ГРПП).

Додатково до магістрального газопроводу будуть підключатися свердловини із застосуванням ініційованих технологій ПГДД.

Розроблено алгоритм математичного розрахунку (рис. 6), що дозволив провести

аналіз даних, який показав, що для роботи системи необхідна витрата газу $F = 1400 \text{ м}^3/\text{рік}$, а для забезпечення номінальної потужності необхідно досягти витрати газу $F_H = 7000 \text{ м}^3/\text{рік}$. Абсолютний тиск має бути не менше 0,6 МПа, щоб запобігти затоплення газопроводів водою зі свердловини.

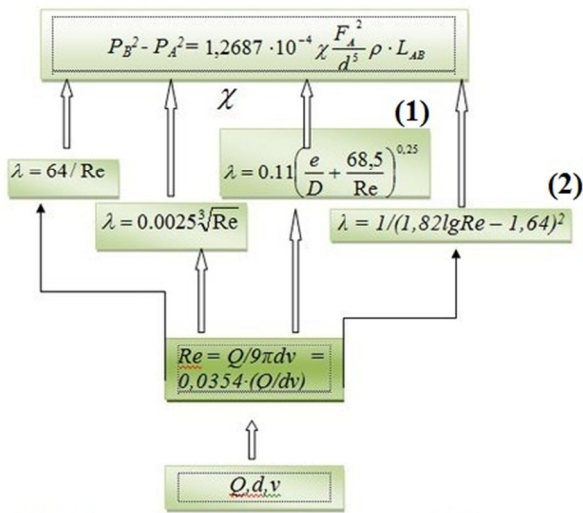


Рисунок 6 – Алгоритм математичного розрахунку ГТС

За даним алгоритмом, разом з програмним забезпеченням розроблено імітаційну модель ділянки газопроводу, що дозволяє виконати дослідження залежності числа Рейнольдса від величини витрат газу на ділянці газопроводу за нормальних умов і діаметра трубопроводу (рис.7).

Із графіка (рис.7) видно, що значення величини числа Рейнольдса, перевищує по всім показникам 100000. Це дозволяє використовувати при розрахунках коефіцієнт гідравлічного тертя по розробленій імітаційній моделі формулу

$$\lambda = 1 / (1,82 \lg Re - 1,64)^2$$

На рис.8 представлено залежності числа Рейнольдса від діаметру газопроводу від 100 до 200 мм, аналіз (рис.8) показав, що число Рейнольдса знаходиться у межах 50000-100000. Отже, розрахунки необхідно проводити за формулою

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{e}{D} + \frac{68,5}{Re} \right)^{0,25}$$

Вищеперераховані дослідження дозволили розробити імітаційну модель для проектування та досліджень поверхневих дегазаційних систем з використанням програмного забезпечення.

За допомогою даної імітаційної моделі, спеціалісти шахт можуть виконати розрахунок тиску та витрати свердловин, необхідні для забезпечення витрат газу когенераційної установки (КГЕС) і автоматизована газонасосна компресорна станція (АГНКС). Також, дає можливість контролювати тиск у вузлових точках і витрати тиску на ділянках магістрального трубоп-

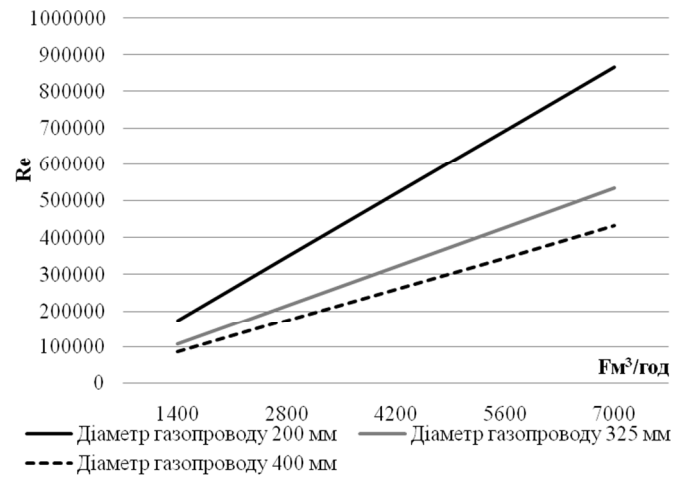


Рисунок 7 – Графік залежностей числа Рейнольдса від витрати газу для магістрального газопроводу

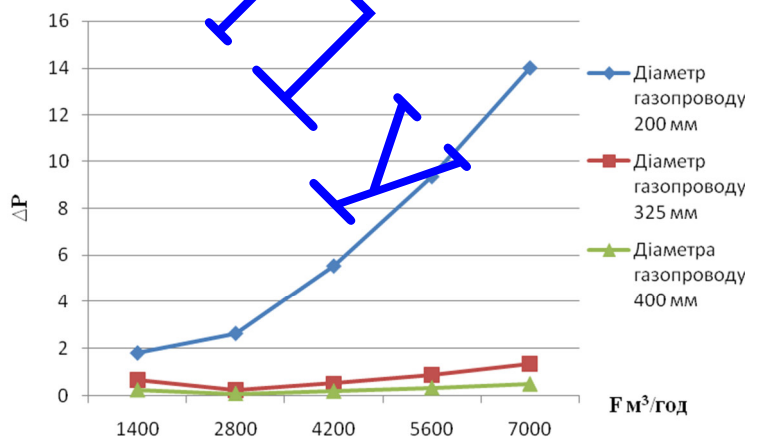


Рисунок 8 – Графік залежностей числа Рейнольдса від витрати газу для дільничного газопроводу

роводу.

Для перевірки безаварійної роботи поверхневої газотранспортної системи, параметри якої розраховано за наведеною вище імітаційною моделлю, було отримано формулу (3) на основі закону збереження енергії, що отримується від усіх свердловин, витрати у ГТС та енергія на вході в утилізаційну установку:

$$R_{\text{эк}} = \frac{\int_i^n P_i F_i - P_{\text{ут}} F_{\text{ут}}}{F_{\text{ут}}^3}, \quad (3)$$

де $R_{\text{эк}}$ – еквівалентний опір ГТС з урахуванням змінного опору регуляторів тиску свердловин, км; P_i – абсолютний тиск свердловини, МПа; F_i – дебіт метану свердловини, м³/год; $P_{\text{ут}}$ – абсолютний тиск на вході утилізаційної установки; $F_{\text{ут}}$ – витрата метану на вході утилізаційної установки, м³/год.

Дослідження проведено за допомогою імітаційної моделі і формули (3), що підтвердили статичну та динамічну стійкість роботи ГТС у проектованому діапазоні витрат і тиску свердловин.

Для забезпечення безаварійності експлуатації поверхневої ГТС у газоросподільному пункті передбачено вихрові сепаратори, що попереджають гідратуутворення у трубопроводах і розроблено систему оперативного контролю процесу гідратуутворення у трубопроводах.

Таким чином, встановлено закономірність співвідношення еквівалентного аеродинамічного опору, з урахуванням змінного опору регуляторів тиску свердловин від абсолютних тисків, витрат усіх свердловин, та абсолютного тиску, витрати на вході утилізаційної установки і розроблена імітаційна модель, що дозволяє розраховувати спеціалістам шахт з використанням програмного забезпечення, діаметри трубопроводів, параметри дегазаційних свердловин поверхневої газотранспортної системи у всьому діапазоні вимірювання режимів роботи утилізаційної установки і перевірити безаварійність їх роботи.

У четвертому розділі виконано дослідження щодо підвищення точності розрахунку об'ємної витрати метану за формулою (4) та обґрунтовано безпечні межі параметрів дегазаційної системи шахт, а також зроблено вибір технічних засобів для їх безперервного контролю, енергоефективного управління і протиаварійного захисту

$$F_n = 0,2109 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot K_t^2 \cdot d_{20}^2 \cdot \sqrt{\frac{\Delta P \cdot P}{\rho_n \cdot T \cdot K}}, \quad (4)$$

де, F_n – об'ємна витрата, що приведена до нормального стану, м³/год; α – коефіцієнт витрати (визначається при розрахунку звужуючого приладу); ε – коефіцієнт розширення газу; K_t – поправковий множник на теплове розширення звужуючого пристрою; d_{20} – діаметр отвору звужуючого пристрою, мм (визначається при розрахунку звужуючого приладу); ΔP – зміна тиску на діафрагмі, кПа (вимірюється дифманометром); P – абсолютний тиск середовища, кПа; K – коефіцієнт

стисливості газу; ρ_n – густина газу у нормальному стані, кг/м^3 .

Щільність газу визначається щотижнево лабораторним шляхом, пікнометричним методом або аналітичним розрахунком за складом газу, що визначається хроматографічним шляхом та вводиться для розрахунку у контролері з технологічної клавіатури.

Відбір проби газу відбувається на передбаченій для виміру ділянці у місці вимірювання температур.

Контролер за поточним вимірним значенням перепаду тиску, температури, а також за щоденно введеними значеннями щільності, молярної концентрації N_2 і CO_2 і калорійності природного газу, вираховує миттєву, погодинну, добову витрату природного газу і кількість теплоти згорання, а також середньодобові значення тиску і температури.

В процесі виконання розрахунку вираховують наступні проміжні величини: абсолютна температура

$$T = t + 273,15, \quad (5)$$

відносна площа звужуючого пристрою

$$m = (d/D)^2, \quad (6)$$

псевдо критичний тиск $P_{ПК}$

$$P_{ПК} = 30,168 [0,05993 (26,851 - \rho_{ном}) + (N_{CO_2} - 0,392 N_{N_2})], \quad (7)$$

псевдо критична температура $T_{ПК}$

$$T_{ПК} = 88,25 [1,7591 (0,56364 + \rho_{ном}) - (N_{CO_2} - 0,392 N_{N_2})], \quad (8)$$

приведений тиск

$$P_{ПР} = \frac{P}{P_{ПК}}, \quad (9)$$

приведена температура

$$T_{ПР} = \frac{T}{T_{ПК}}, \quad (10)$$

динамічна в'язкість

$$\mu_{CM} = \frac{0,5173}{10^6} [1 + \rho_{ном} (1,104 - 0,25 \rho_{ном})] [T_{ПР} (1 - 0,1038 T_{ПР}) + 0,037] \left[1 + \frac{P_{ПР}^2}{30(T_{ПР} - 1)} \right], \quad (11)$$

показник адіабати метану

$$\chi = 1,29 + \frac{0,704}{10^6} [2575 + (346,23 - T)^2] P, \quad (12)$$

коефіцієнт розширення газу визначається за формулою

$$\varepsilon = 1 - (0,41 + 0,35 m^2) \frac{\Delta P}{P \cdot \chi}, \quad (13)$$

поправковий множник на теплове розширення матеріалу звужуючого пристрою

$$K_T = 1 + B_T (T - 20), \quad (14)$$

розрахунок числа Рейнольдса

$$Re = 0,0361 \frac{Q_{ном} \cdot \rho_{ном}}{D \cdot \mu}, \quad (15)$$

розрахунок коефіцієнта витрати

$$\alpha_y = \frac{1}{\sqrt{1-m^2}} \left[0,5959 + 0,0312 m^{1,05} - 0,184 m^4 + 0,0029 m^{1,25} \left(\frac{10^6}{Re} \right)^{0,75} \right]. \quad (16)$$

псевдо приведений тиск

$$P_C = 0,6717 P_{ПР}, \quad (17)$$

псевдо приведена температура

$$T_C = 0,71892 T_{ПР}. \quad (18)$$

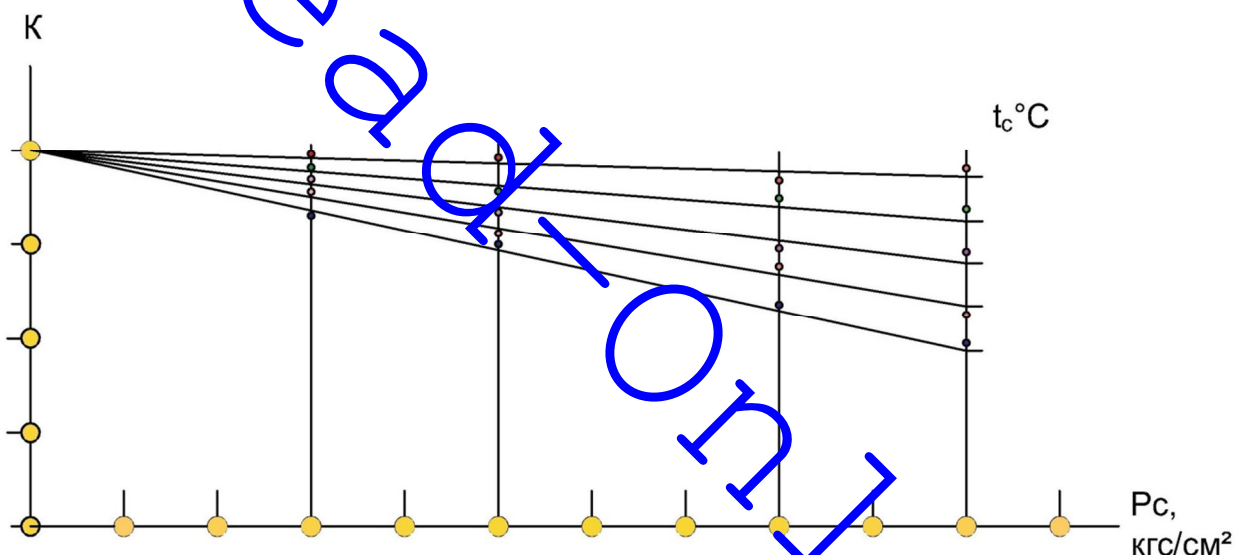


Рисунок 9 – Графіки залежностей коефіцієнта стисливості від псевдо наведених значень тисків і температур

На основі розрахунків коефіцієнту стисливості, виконаних відповідно до вимог ГОСТ 30319.2-96 за модифікованим методом NX19 мод. з урахуванням експериментально отриманих даних аналізу складу газів з дегазаційних свердловин, ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька» і діапазону тисків і температур газів (рис.9), отримано залежності коефіцієнта стисливості метану вугільних родовищ від псевдо приведеної температури та тиску, що дозволило підвищити точність розрахунку витрати метану у поверхневій дегазаційній системі і відповідно до цього, забезпечити точність спрацьовування протиаварійного захисту і оцінки енергоефективності свердловин та утилізаційних установок. Було виготовлено експериментальний зразок модуля АСК ДШ на базі універсального контролера «Эргомера» 126МУ і операторської станції «ДІЯ» (рис.10). Проведено його експериментальні випро-

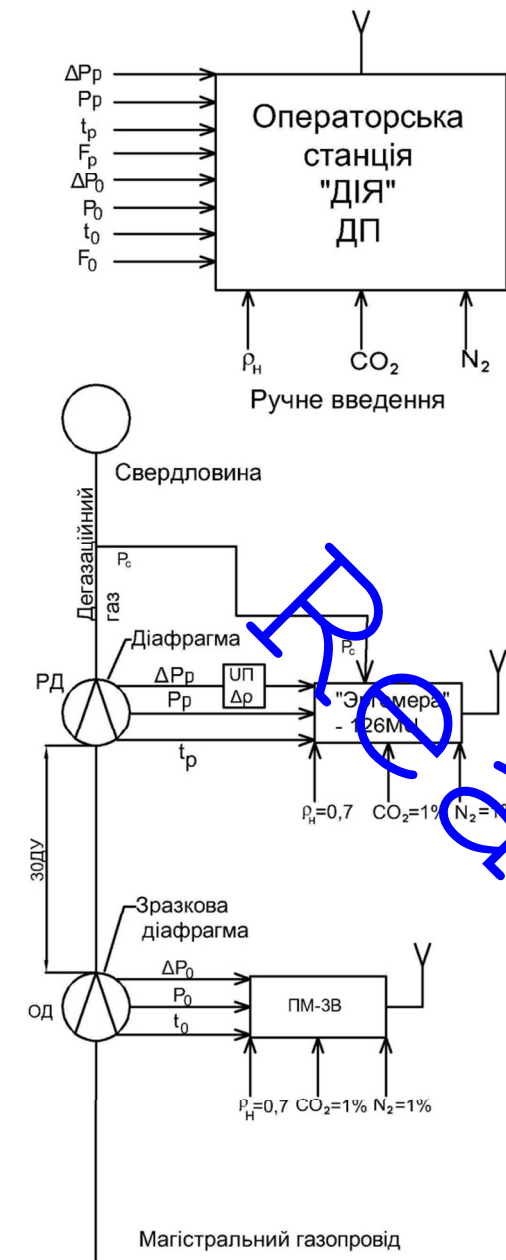


Рисунок 10 – Модуль безперервного контролю параметрів свердловин АСК ДШ

контроллер «Эргомера»-126МУ у комплексі з операторською станцією «ДІЯ» не перевищує 2,2 т/г. По відношенню до середньочасової витрати, за даними каналу АСК ДШ, ця різниця не перевищує 2,2%, що не виходить за допустимі межі похибки вимірювання (±3%).

Встановлена принципова можливість застосування модуля АСК ДШ на базі контролера з автономним живленням «Эргомера»-126МУ в комплексі з операторською станцією «ДІЯ» у складі АСК ДШ видобутку, транспортування та утилізації для моніторингу параметрів свердловин у реальному режимі часу.

бування в умовах Анастас'євської газліфтно-компресорної станції, що підтвердили надійність його роботи при виконанні усіх функцій і точність вимірювання витрати газу, не виходячи за межі похибки, що були нормовані.

Аналіз групи графіків миттєвих і середньочасових значень параметрів за 3 доби (з 9.00 25.01.2017 до 9.00 28.01.2017 рр.), і протокол порушень свідчить про те, що контролер «Эргомера» - 126МУ у комплексі з операторською станцією «ДІЯ» впродовж 72 годин працював безперервно, безаварійно, виконуючи стійкий зв'язок з операторською станцією та усі функції, що вказані у методиці досліджень.

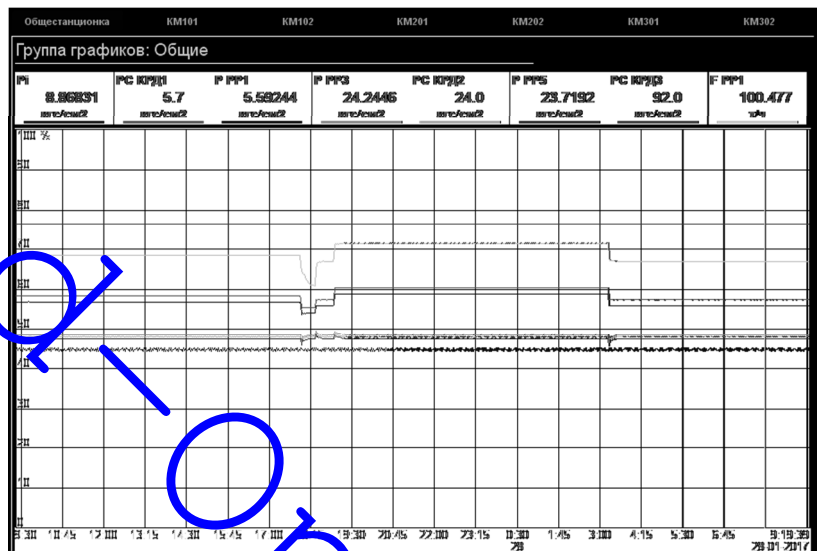


Рисунок 11 – Графіки середньогодинних значень параметрів модуля АСК ДШ

За даними графіків середньогодинних значень (рис. 11) витрати газу АГЛКС різниця між даними каналу діючої АСК ДШ і каналу

У результаті проведених досліджень розроблено структурно-технологічну схему системи видобутку, транспортування та утилізації газу ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька» з урахуванням розроблених технічних рішень з її модернізації (рис.12).

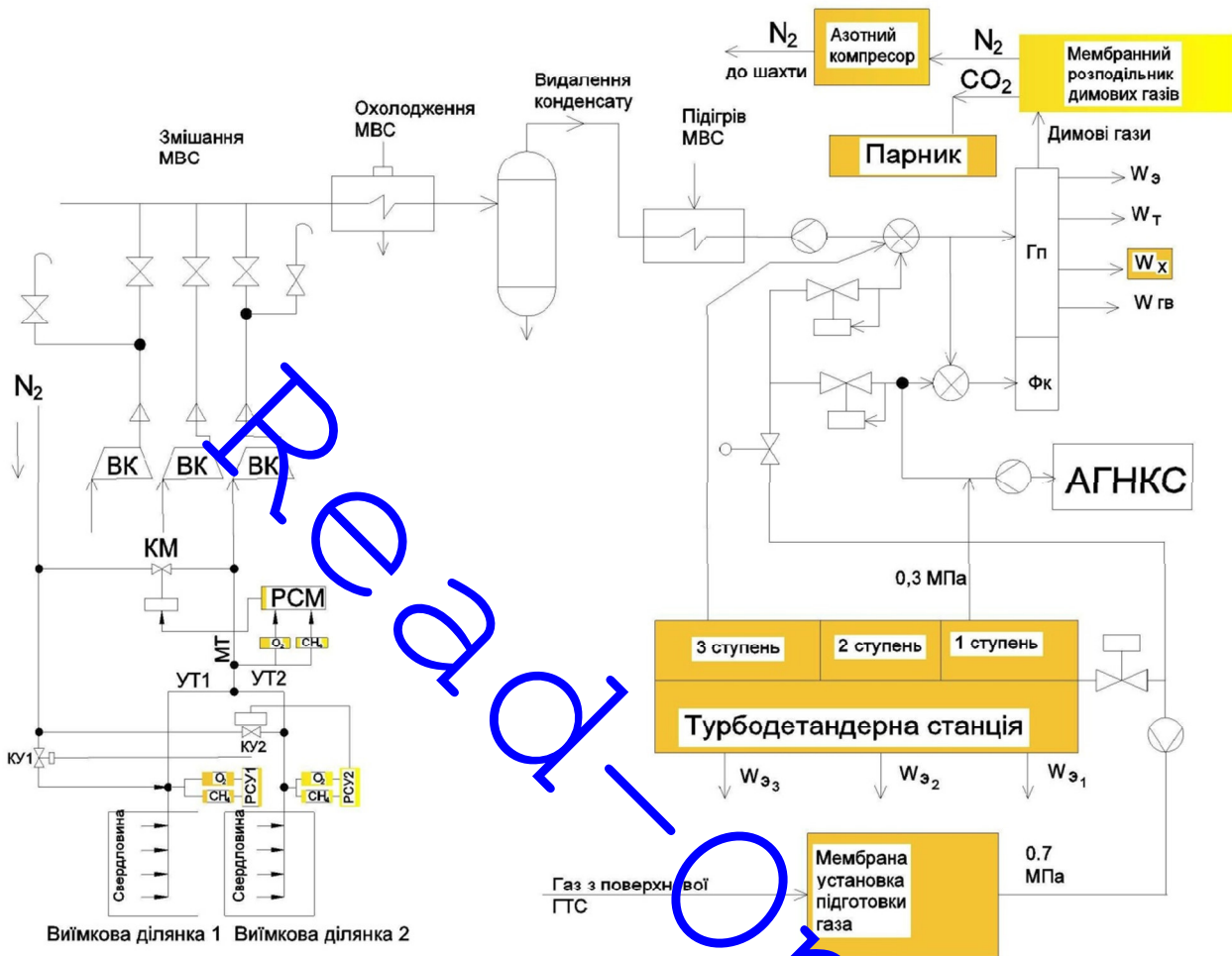


Рисунок 12– Структурно-технологічна схема АСК ДШ для ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька»

Також, після проведених розрахунків у розділі 4, було обґрунтовано параметри тиску (0,6-0,7 МПа), щільності (0,55-0,9 кг/м³), температури (-30 +50°C) і витрати метану (1000-1500 кг/м³), похибки вимірювань, номінальні значення, верхні та нижні межі передаварійних і аварійних значень системи транспортування та утилізації метану вугільних шахт, основні з яких представлено у таблиці 1. Розроблено структурно-технологічну схему, визначено склад обладнання, обґрунтовано функції і потреби до параметрів єдиного технологічного процесу видобутку, транспортування та утилізації метану, що сприяє підвищенню безпеки дегазаційних систем.

Очікуваний економічний ефект за рахунок впровадження розробленої конструкторської документації, вузла розрахунку газу і модуля АСУ ДШ склав 6,18 млн грн на рік.

Таблиця 1 – Основні параметри єдиного технологічного процесу видобутку, транспортування та утилізації метану

| Шифр | Назва параметру | Одиниця виміру | Похибка, % | Ном. значення | Регламентні значення | | | | Примітка |
|---------------------|----------------------------------|-------------------|------------|---------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|
| | | | | | Верхня границя | | Нижня границя | | |
| | | | | | Предаварійне значення | Аварійне значення | Предаварійне значення | Аварійне значення | |
| Ргтс | Тиск на виході ГТС | кПа | 0,25 | 700 | 920 | 1000 | 510 | 450 | Вимірювання, регулювання |
| Фгтс | Витрати на виході ГТС | м ³ /ч | 1 | 7000 | 9200 | 10000 | 5100 | 4500 | Вимірювання |
| Тгтс | Темпер. на виході ГТС | °С | 0,6 абс. | 20 | 50 | - | -30 | - | Вимірювання |
| Ргтс | Щільність при стандартних умовах | кг/м ³ | 2 | 0,7 | 0,9 | - | 0,55 | - | Ручне введення |
| СО ₂ | Об'ємна концентрація | % | 2 | 1 | - | - | - | - | Ручне введення |
| N ₂ гтс | Об'ємна концентрація | % | 2 | 1 | - | - | - | - | Ручне введення |
| Рпдг | Тиск на виході ПДГ | кПа | 0,25 | 1,5 | 9,2 | 10 | 5,1 | 4,5 | Вимірювання, регулювання |
| Фпдг | Витрати на виході ПДГ | м ³ /ч | 1 | 12000 | 17250 | 18750 | 7650 | 6750 | Вимірювання |
| Тпдг | Темпер. на виході ПДГ | °С | 0.6 абс. | 20 | 50 | - | -30 | - | Вимірювання |
| ρпдг | Щільність при стандартних умовах | кг/м ³ | 2 | 0,7 | - | - | - | - | Ручне введення |
| СО ₂ пдг | Об'ємна концентрація | % | 2 | 1 | - | - | - | - | Ручне введення |

ВИСНОВКИ

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою в галузі охорони праці та техніки безпеки, в якій вирішено актуальну наукову задачу, що полягає у встановленні закономірностей зміни межі вибухобезпеки метаноповітряної суміші у дегазаційних газопроводах від співвідношення концентрації кисню і метану, коефіцієнта стисливості від псевдо приведених значень абсолютного тиску і температури, еквівалентного аеродинамічного опору газотранспортної системи від абсолютного тиску і дебіту кожної свердловини, а також від тиску на вході утилізаційної установки, що дозволило обґрунтувати безпечні параметри єдиного технологічного процесу видобутку, транспортування та утилізації метану, розробити його структурно-технологічну схему та підвищити безпеку робіт, а також отримати очікуваний економічний ефект у розмірі 6,18 млн грн на рік.

1. Виконано аналіз стану дегазаційної системи шахт, інтенсифікації видобутку метану вугільних родовищ, методів і засобів безпечного транспортування метану підземними, поверхневими трубопроводами та його утилізації, який показав, що гарантувати метанобезпечність гірничих робіт, можна шляхом реалізації єдиного технологічного процесу видобутку, транспортування та утилізації метану. Для досягнення високого рівня його безпеки, необхідно обґрунтувати параметри структурно-технологічної схеми дегазаційної системи, що призведе до підвищення її енергоефективності за рахунок врахування еколого-економічних показників.

2. Вперше встановлено закономірність співвідношення концентрацій кисню та метану, що визначає межу залежності вибухобезпечності дегазаційних газопроводів. Значення концентрації кисню, що визначає межу вибухобезпечності шахтного метану у дегазаційних трубопроводах прямо пропорційно концентрації метану в них і обернено пропорційно коефіцієнту безпеки, що дає нормовану межу вибухобезпечності шахтного метану у дегазаційних трубопроводах при одночасному виміру концентрації кисню та метану. Достовірність базується на наукових дослідженнях, виражених у діаграмі вибухобезпечності сумішей та допустимим в Україні коефіцієнтом безпеки та отриманих результатах визначення межі вибухобезпечності за допомогою одночасного виміру не тільки концентрації метану, а й кисню.

3. Вперше встановлено закономірність співвідношення еквівалентного аеродинамічного опору від абсолютних тисків і витрат на вході утилізаційної установки. Критерій безаварійної роботи поверхневої газотранспортної системи базується на її еквівалентному аеродинамічному опорі, що включає змінний опір регуляторів тиску свердловин, пропорційний різниці певного інтеграла добутку абсолютного тиску і-ої свердловини на витрату з неї метану для всіх свердловин і добутку абсолютного тиску метану на вході утилізаційної установки на її витрати і обернено пропорційно витраті метану утилізаційної установки в третьому ступені. Це дозволило розробити імітаційну модель визначення діаметрів трубопроводів газотранспортної системи, перевірити на стійкість і безаварійність роботи поверхневих дегазаційних систем шахт у всьому діапазоні змінення параметрів свердловин. Достовірність ґрунтується на результатах аналітичних досліджень алгоритму обчислення тиску на вході кожної свердловини магістрального трубопроводу та залежності еквівалентного опору поверхневої ГТС. Розроблено динамічний критерій безаварійної роботи поверхневої ГТС.

4. Вперше встановлено залежності коефіцієнта стисливості метану вугільних родовищ від псевдо приведенного безпечного надлишкового тиску і псевдо приведеній температури. Коефіцієнт стисливості метану вугільних родовищ із щільністю при стандартних умовах від 0,55 до 0,9 кг/м³, вмістом CO₂ та N₂ в діапазоні безпечних надлишкових тисків до 1,6 МПа і температур від - 25 до + 40°C пов'язаний сімейством лінійних обернено пропорційних залежностей від псевдо приведенного надлишкового тиску і прямо пропорційний псевдо приведеній температурі. Достовірність залежності і закономірностей підтверджуються застосуванням апробованих методів досліджень, достатнім обсягом аналітичних і експериментальних випробувань.

5. Розроблено структурно-технологічну схему системи дегазації шахти і технічні рішення обладнання газорегуляторних пунктів по підготовці метану вугільних родовищ до транспортування та утилізації, що підвищують безпеку дегазаційних систем шахт.

6. Розроблено технічні рішення до реконструкції утилізаційної установки у ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька», що передбачають обладнання її турбодетандерною станцією для перетворення енергії тиску високого рівня у електричну та чилерами для перетворення високої температури газу на виході газопоршневих установок в низьку температуру повітря (ефект трикогенерації) у період не опалювального сезону для подачі його по теплоізолюваним повітроводам у підземну зону шахти.

7. Обґрунтовано параметри тиску (0,6-0,7 МПа), щільності (0,55-0,9 кг/м³), температури (-30 +50°C) і витрати метану (1000-1500 кг/м³), похибки вимірювань, номінальні значення, верхні та нижні межі передаварійних і аварійних значень системи транспортування та утилізації метану вугільних шахт.

8. Розроблено, погоджено та затверджено вихідні вимоги до технічного завдання на створення АСК ДШ та конструкторську документацію, виготовлено два дослідницьких зразки діафрагмених вузлів урахування дебіту метану і експериментальний зразок модуля АСК ДШ на базі універсального контролера «Ергомера» - 126MU та операторської станції «ДІА», проведено його експериментальні дослідження у промислових умовах, що підтвердили надійність роботи при виконанні усіх функцій і точність вимірювання витрати газу, не виходячи за межі похибки.

9. Отримано очікуваний річний економічний ефект за рахунок впровадження запатентованого способу визначення межі вибухобезпечності шахтного метану, що склав 6 180 807 млн грн на рік.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ І РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНО У НАСТУПНИХ РОБОТАХ

1. Ye. Tsaplin, V. Rastsvietaiev, K. Dudlia & T. Morozova, (2015) Results of applying drilling and injection technologies for strengthenings oil massif, Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining, p. 107-109.

2. Попов А.В., Дудля Е.Е. Технология повышения механической прочности оснований строительных конструкций. Сб. научн. тр.: «Гірнична електромеханіка та автоматика». 2013. Вып.91. С. 147-150.

3. Сирик В.Ф., Расцветаев В.А., Дудля Е.Е. Определение эксплуатационных параметров труб подземного бурения дегазационных скважин. «Розробка родовищ 2013»: щорічний науково-технічний збірник. 2013. С. 207-214.

4. Бокий Б.В., Дудля Е.Е. Оценка эффективности добычи метана на ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядька» поверхностными скважинами. Сб. научн. тр. «Геотехническая механика». Днепропетровск, 2015. Вып.124. С. 139-147.

5. Бокий Б.В., Дудля Е.Е., Новиков Л.А. Выбор рациональных параметров для проектирования системы транспортирования метана угольных месторождений. Сб. научн. тр.: «Геотехническая механика». Днепропетровск, 2015. Вып.125. С. 189-199.

6. Притула Д.А., Дудля Е.Е., Бокий Б.В. Методология расчета параметров поверхностной дегазационной газотранспортной системы для условий ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядька». Сб. научн. тр.: «Геотехническая механика». - Днепр, 2016. Вып.130. С.78-91.

7. Ширин Л.Н., Дудля Е.Е. Розробка родовищ сланцевого газу. Матеріали 4 всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (29 березня 2013) «Наукова весна - 2013». Дніпропетровськ: НГУ, 2013.С. 24-25.

8. Дудля Е.Е. Исследование влияния тонкого измельчения цемента и наполнителя на увеличение прочности мелкозернистого бетона. Материалы Международного форума-конкурса молодых ученых. Сб. научн. тр.: «Проблемы недропользования» (24-26 апреля 2013). Санкт-Петербург, 2013.С. 154-155.

9. Хозяйкина Н.В., Дудля Е.Е. Методы закрепления грунтов при повышении уровня грунтовых вод. Материалы 5 всеукраинской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: «Наукова весна – 2014» (26-27 марта 2014). Днепропетровск: НГУ, 2014.С.195-196.

10. Ширин Л.Н., Дудля Е.Е., Терещук Е.Е. Перспективы добычи шахтного метана из угольных отложений Донбасса. Материалы Международной научно-технической конференции «Форум гірників -2014» (1-4 октября 2014). Днепропетровск: НГУ, 2014.С.110-112.

11. Коваленко В.В., Дудля Е.Е., Терещук Е.Е. Испытания набрызг- и фибробетонной крепи с применением фибробетона. Материалы научно-технической конференции «Форум гірників -2014». (1-4 жовтня 2014). Днепропетровск: НГУ, 2014. С.125-129.

12. Ширин Л.Н., Дудля Е.Е. Предупреждение и оперативный контроль образования гидратов в дегазационных трубопроводах. Материалы II Международной научно-технической конференции: «Газогідратні технології у гірництві, нафтогазовій справі, геотехніці та енергетиці» (9-11 ноября 2016). Днепр: НГУ, 2016.С.76-77.

13. Спосіб визначення межі вибухобезпечності метано-повітряних сумішей в дегазаційних трубопроводах: пат. № 112578 Україна. № 201605731; Дудля Е.Е., Криворучко О.Н. заявл. 27.05.2016; опубл. 26.12.2016, Бюл. №24.

Особистий внесок здобувача у роботах написаних у співавторстві: У [1,7,9] проведено аналіз стану проблеми видобутку газу; [2] обґрунтовано параметри технології підвищення міцності основи конструкції для прокладки поверхневих трубопроводів системи дегазації; [3] розроблено методику випробування замкових з'єднань труб для буріння підземних дегазаційних свердловин і безпечного транспортування шахтного метану; [4] встановлення залежностей видобутку метану від

фактичних параметрів поверхневих дегазаційних свердловин, пробурених на шахтному полі ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька»; [5] обґрунтовано регламентні значення параметрів технологічного процесу транспортування і утилізації метану вугільних шахт; [6] розробка імітаційної комп'ютерної моделі для розрахунку параметрів поверхневої газотранспортної дегазаційної системи; [10] розробка критеріїв і параметрів оцінки видобутку шахтного метану з вугільних родовищ Донбасу; [11] запропоновано спосіб набризг-фіробетонного кріплення для обладнання підземного протиаварійного захисту дегазаційних трубопроводів; [12] розроблено технічні рішення щодо попередження утворення гідратів і контролю за станом поверхневої ГТС; [13] виконано розрахунки і встановлено залежність для визначення межі вибухобезпечності шахтного метану або його утилізація і транспортування підземними дегазаційними трубопроводами.

АНОТАЦІЯ

Дудля К.Є. Обґрунтування параметрів і розробка засобів підвищення безпеки транспортування та утилізації метану вугільних шахт.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.26.01 – «Охорона праці» - Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, Дніпро, 2017 р.

Дисертацію присвячено обґрунтуванню параметрів безпеки транспортування та утилізації метану вугільних шахт з урахуванням межі вибухобезпеки метано-повітряної суміші в дегазаційних газопроводах, коефіцієнта стисливості, еквівалентного аеродинамічного опору газотранспортної системи.

В роботі представлено результати моделювання режимів функціонування поверхневих дегазаційних систем шахт, які дозволили встановити закономірності зміни параметрів безпеки цієї системи від термодинамічних і аеродинамічних параметрів дегазаційних свердловин.

Розроблено структурно-технологічна схема діючої дегазаційної системи ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька», в якій передбачено обладнання газорегуляторних пунктів з підготовки метану до транспортування, пунктів протиаварійного захисту підземних дегазаційних трубопроводів, газозмішувального регуляторного пункту контрольно-вимірювальними засобами, що забезпечують безпеку видобутку і транспортування метану. Запропоновано обладнати когенераційну станцію турбодетандерної установкою, що перетворює енергію високого тиску в теплову та електричну енергію.

Розроблено конструкторську документацію, виготовлено два дослідні зразки діафрагменних вузлів обліку дебіту метану і експериментальний зразок модуля автоматизованої системи управління дегазацією шахт на базі універсального контролера «Эргомера» - 126МУ і операторської станції «ДІЯ». Проведено експериментальні випробування модуля в промислових умовах, які підтвердили надійність роботи і точність вимірювання витрати газу. Розроблено, узгоджено та затверджено вихідні вимоги до технічного завдання на створення автоматизованої системи управління дегазацією шахт.

Ключові слова: видобуток метану, газотранспортна система, утилізація метану, параметри, засоби підвищення безпеки роботи.

АННОТАЦИЯ

Дудля Е.Е. «Обоснование параметров и разработка средств повышения безопасности транспортирования и утилизации метана угольных шахт».

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.26.01 – «Охрана труда» – Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины, Днепр, 2017 г.

Диссертационная работа посвящена обоснованию параметров безопасности транспортирования и утилизации метана угольных шахт с учетом границы взрыво-безопасности метановоздушной смеси в дегазационных газопроводах, коэффициента сжимаемости, эквивалентного аэродинамического сопротивления газотранспортной системы.

В работе представлены результаты моделирования режимов функционирования поверхностных дегазационных систем шахт, которые позволили установить закономерности изменения параметров безопасности этой системы от термодинамических и аэродинамических параметров дегазационных скважин.

Разработана структурно-технологическая схема действующей дегазационной системы ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядька», в которой предусмотрено оборудование газорегуляторных пунктов по подготовке метана к транспортированию, пунктов противоаварийной защиты подземных дегазационных трубопроводов, газосмесительного регуляторного пункта контрольно-измерительными средствами, обеспечивающие безопасность добычи и транспортирования метана. Предложено оборудовать когенерационную станцию турбодетандерной установкой преобразующей энергию высокого давления в тепловую и электрическую энергию.

Разработана конструкторская документация, изготовлены два опытных образца диафрагменных узлов учета дебита метана и экспериментальный образец модуля автоматизированной системы управления дегазацией шахт на базе универсального контроллера «Эргомера» - 126MU и операторской станции «ДІЯ». Проведены экспериментальные испытания модуля в промышленных условиях, подтвердившие надежность работы и точность измерения расхода газа. Разработаны, согласованы и утверждены исходные требования к техническому заданию на создание автоматизированной системы управления дегазацией шахт.

Ключевые слова: добыча метана, газотранспортная система, утилизация метана, параметры, средства повышения безопасности работы.

ABSTRACT

Dudlia K. Validation of parameters and development of facilities for improving safety of transportation and utilization of coal mines methane.

Thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences. Specialty 05.26.01 - "Labor protection" - Institute of Geotechnical Mechanics named by N.S. Polyakov under the National Academy of Sciences of Ukraine, Dnepr, 2017.

The thesis is devoted to the validation of the safety parameters of transportation and utilization of coal mine methane taking into account the limit of the explosion safety of degassing gas pipelines, the compressibility factor, equivalent aerodynamic resistance of the gas transmission system.

The paper presents the results of modeling the modes of the surface degassing systems functioning, which allowed to establish the patterns of changes the safety parameters of this system from the thermodynamic and aerodynamic parameters of the degassing wells.

The structural-technological scheme of the existing degassing system at PJSC "A.F. Zasyadka", which provides to equip gas control stations for the preparation of coal mine methane transportation, emergency response protection stations for underground degassing pipelines, a gas-mixing regulator by checking and metering devices, ensuring the safety of methane extraction and transportation, was developed. It was proposed to equip the cogeneration plant with a turboexpander installation that converts high-pressure energy into thermal and electric energy.

The design documentation, two engineering samples of diaphragm and experimental sample of module automatic control systems of mines degassing on the basis of universal controller "Ergometax -126MU and operator station "DIYA" were developed. The experimental researches in industrial conditions, which confirmed the reliability of its work and the accuracy of gas consumption, were conducted. The initial requirements to the technical task of creation of automatic control systems of mines degassing were developed, designed and aligned to the approved.

Keywords: methane extraction, gas transportation system, methane utilization, parameters, means for increasing labor safety.

Підписано до друку .05.2017 р.
гарнітура Times. Друк різнографічний.
Папір офсетний. 1,0 умов. друк.арк.
Тираж 100 прим. зам №

Друк

Свідоцтво про внесення до державного реєстру

№ від

49005, м. Дніпро, вул. Симферопольська, 17

РЕЄСТРООН