

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

**Аль Джерди Орва Ахмад**

УДК 681.518.52:622.53

**ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ  
КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ КОМПЛЕКСНОЇ ГІДРОПНЕВМАТИЧНОЇ ДІЇ  
НА ГАЗОНАСИЧЕНІ ВУГІЛЬНІ ПЛАСТИ**

Спеціальність 05.13.07 – Автоматизація процесів керування

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Донецьк – 2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»  
Міністерства освіти і науки України (м. Донецьк)

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

**Павлиш Володимир Миколайович,**

завідувач кафедри обчислювальної математики і програмування  
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Офіційні опоненти: Лауреат Державної премії України в галузі науки і  
техніки, доктор технічних наук, професор

**Антипов Ігор Владиславович,**

Інститут фізики гірничих процесів НАН

України (м. Донецьк), заступник директора  
з наукової роботи;

доктор технічних наук, доцент

**Погорелов Олег Олексійович,**

ДВНЗ «Східноукраїнський національний університет  
ім. В. Даля» Міністерства освіти і науки України  
(м. Луганськ), професор кафедри  
комп'ютерних наук.

Захист дисертації відбудеться « 03 » жовтня 2013 р. о 14.00 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 11.052.03 ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 83001, Донецьк, вул. Артема, 58, навч. корп. 8, ауд. 704.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» за адресою: 83001, Донецьк, вул. Артема, 58, навч. корп. 2.

Автореферат розісланий « 03 » вересня 2013 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої  
ради Д 11.052.03



Г.В. Мокрий

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** У промисловості ряду країн, у тому числі в народному господарстві України, вугілля є важливим енергоносієм. Україна має у своєму розпорядженні великі запаси вугілля, основна маса якого добувається підземним способом. Науковими й виробничими колективами вугільної промисловості проведена значна робота з поліпшення техніко-економічних показників галузі. Технічні можливості створених і впроваджених видобувних і прохідницьких комплексів, транспортних засобів дозволяють значно підвищити навантаження на вибій.

Разом з тим інтенсифікація й концентрація гірничих робіт, особливо в міру поглиблення шахт, усе більш обмежується проявами небезпечних властивостей вугільних пластів, таких як газовиділення, пилоутворення, раптові викиди вугілля й газу, самозаймання вугілля в масиві. У комплексі методів розв'язку завдань боротьби з основними небезпеками при підземному видобутку вугілля дуже важливе місце займають процеси дії на вугільні пласти, що дозволяють змінити їхній стан і за рахунок цього знизити інтенсивність прояву небезпечних і шкідливих властивостей.

Дія реалізується відповідно до розроблених технологічних схем, параметри яких розраховуються на підставі теоретичних уявлень про процес та залежностей, які їх описують.

Ефективність процесів визначається ступенем зниження проявів основних небезпечних і шкідливих властивостей вугільного пласта при видобутку вугілля. Розроблені й впроваджені способи дії на пласт дають можливість певною мірою подолати негативний вплив основних небезпек і значно підвищити навантаження на вибій та поліпшити умови праці. Однак ефективність застосовуваних засобів у певних гірничотехнічних і гірничо-геологічних умовах усе ще недостатня, про що свідчать дані про аварії на ряді шахт України. Однією з причин недостатньої ефективності дії є недосконалість способів контролю й керування процесами, яке здійснюється «вручну», що не дозволяє оперативно реагувати на часті зміни умов роботи технологічного устаткування, обумовлені анізотропією вугільного пласта. Вирішення даного завдання можливе шляхом автоматизації керування процесами гідравлічної та пневматичної дії.

У цьому зв'язку розробка структур і обґрунтування параметрів систем автоматизованого керування процесами комплексної гідропневматичної дії на вугільні пласти є важливим науково-технічним завданням, що має галузеве значення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана відповідно до тематичних планів Донецького національного технічного університету і є частиною досліджень, у яких автор брав участь як виконавець: теми № Д 9-12 «Високоєфективне обладнання й безпечні технології видобування та переробки корисних копалин», № Державної реєстрації 0111U007949; держтеми Н-19-10 «Розробка і дослідження математичних моделей і прикладного програмного

забезпечення для комп'ютерного моделювання й розрахунків параметрів складних динамічних систем», № Державної реєстрації 0113U000955; держтеми Н-25-05 «Дослідження процесів, розробка математичних моделей, прикладного і системного програмного забезпечення для моделювання і розрахунків параметрів динамічних систем».

**Метою роботи** є вдосконалення методів і обґрунтування засобів керування процесом комплексної гідропневматичної дії на анізотропний вугільний масив для підвищення її ефективності як способу боротьби з основними небезпеками при підземному вуглевидобутку.

Для досягнення поставленої мети сформульовані й вирішені **наступні завдання:**

- виконати аналіз технологічних схем і параметрів процесів гідравлічної й пневматичної дії на вугільний пласт як об'єктів керування з метою визначення особливостей їх реалізації в умовах вираженої анізотропії вугільного пласта;
- розробити математичні моделі й провести комп'ютерні дослідження процесів розподілу рідини, що нагнітається, в оброблюваній зоні й виносу метану при пневмообробці; ро
- систематизувати технологічні параметри (тиск і темп нагнітання, тип дії, кількість і порядок роботи свердловин, періодичність контролю й ін.) і розробити алгоритми керування процесами з урахуванням їх нестабільності;
- розробити структуру системи автоматизованого керування процесами й обґрунтувати її параметри;
- розробити рекомендації для практичного застосування системи керування процесами комплексної гідропневматичної дії на вугільний пласт.

*Об'єкт дослідження* – процеси гідравлічної й пневматичної дії на анізотропний вугільний пласт.

*Предмет дослідження* – математичні моделі, структура й алгоритми функціонування системи автоматизованого керування процесами дії на вугільний пласт.

*Методи дослідження.* Для розв'язання поставлених завдань у роботі застосований комплексний метод, що включає в себе: аналіз і узагальнення даних досліджень процесів гідравлічної й пневматичної дії на вугільні пласти та методів розрахунків їх параметрів; математичне моделювання процесів на основі детермінованих математичних моделей; теоретичне обґрунтування шляхів підвищення ефективності процесів за рахунок використання автоматичного керування; комп'ютерні експерименти для обґрунтування й розрахунків параметрів процесів.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

*Основні наукові положення, що виносяться на захист.*

1. Установлено, що процес гідравлічної дії на вугільний пласт супроводжується різкими коливаннями основних технологічних параметрів (тиску й темпу нагнітання) у широкому діапазоні, обумовленими вираженою анізотропією фільтраційних властивостей вугільного масиву, що визначає необхідність застосування засобів контролю й керування технологічним устаткуванням, які

забезпечують стабілізацію параметрів процесу й підвищення ефективності обробки пласту.

2. Установлено, що комплексна гідропневматична дія із застосуванням засобів контролю параметрів та управління процесом забезпечує цілеспрямовану зміну стану вугільного пласта, при якому знижується пилоутворення та газовиділення в гірничі виробки.

*Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному.*

1. Уперше розроблені математичні моделі процесів гідравлічної і пневматичної дії на вугільний пласт як об'єктів керування, застосування яких дозволяє обґрунтувати параметри систем автоматизованого керування процесами.

2. Уперше встановлено, що стохастичний характер фільтраційних властивостей середовища, обумовлений анізотропією вугільного масиву, приводить до нестабільності параметрів процесу гідравлічної дії на вугільний пласт, що необхідно враховувати при розробці алгоритму керування.

3. Отримали подальший розвиток методи теоретичного дослідження й керування процесами дії на вугільні пласти, що дозволяють обґрунтувати новий підхід до розв'язання завдання подолання негативного впливу фільтраційної анізотропії на якість гідравлічної дії, заснований на застосуванні системи автоматизованого керування.

4. Запропоновані структура й алгоритми функціонування системи автоматизованого керування процесами гідравлічної, пневматичної та комплексної дії на вугільний пласт.

*Наукове значення роботи* полягає в розвитку теорії й практики застосування математичного апарата, що відбиває характер протікання фізичних процесів при гідравлічній та пневматичній дії на вугільний пласт в умовах вираженої анізотропії, і його використанні для побудови системи автоматизованого керування процесом комплексної гідропневматичної обробки вугільного масиву.

#### **Практичне значення одержаних результатів.**

1. Розроблене програмне забезпечення для чисельної реалізації математичних моделей процесів гідравлічної та пневматичної дії на вугільний пласт, що дозволяє виконувати комп'ютерні дослідження параметрів технологічних схем.

2. На підставі результатів теоретичних досліджень розроблені основи побудови системи автоматизованого керування процесом, застосування якої дозволить забезпечити стабільність параметрів технологічних схем і за рахунок цього підвищити ефективність гідропневматичної обробки як засобу зниження інтенсивності прояву небезпечних властивостей вугільного пласту.

3. Розроблені рекомендації з практичного застосування теоретичних розробок для впровадження системи в комплексі заходів щодо техніки безпеки на діючих підприємствах.

*Обґрунтованість і вірогідність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується:* коректним використанням основних законів і положень механіки суцільного середовища при побудові математичних моделей; коректним використанням теоретичних основ управління динамічними процесами при розробці засобів керування процесами дії на вугільні пласти; достатнім обсягом досліджень процесів на математичних моделях; результатами комп'ютерних експериментів, що

показують вплив основних особливостей об'єкта дії на ефективність процесів; якісною збіжністю результатів комп'ютерних експериментів з даними натурних досліджень, отриманими різними авторами й організаціями.

*Реалізація висновків і рекомендацій роботи.*

Розроблені автором рекомендації із застосування запропонованих алгоритмів і структур системи керування процесом гідропневматичної дії на вугільний пласт прийняті до використання:

- у дослідницьких і проектних роботах Макіївського державного науково-дослідного інституту з безпеки робіт у гірничій промисловості (МакНДІ) при розробці методів і засобів підвищення безпеки праці на шахтах;

- у науково-дослідних роботах Інституту фізики гірничих процесів НАН України з розвитку теоретичних основ і вдосконалюванню методів дії на вугільні пласти;

- у науково-дослідних роботах ПАТ «Автоматгірмаш ім. В.А. Антипова» Міністерства енергетики і вугільної промисловості України при створенні системи автоматизованого контролю й керування заходами щодо техніки безпеки й охороні праці на шахтах;

- у дослідницьких роботах ДП «Донбаський науково-дослідний і проектно-конструкторський вугільний інститут (ДонНДІ)» Міністерства енергетики і вугільної промисловості України при розробці систем контролю та керування процесами гірничого виробництва.

**Особистий внесок здобувача** полягає у формулюванні мети, завдань досліджень, основних наукових положень і висновків, розробці математичних моделей і програмного забезпечення для їхньої комп'ютерної реалізації, розробці рекомендацій із практичного застосування результатів; текст дисертації написаний автором самостійно.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи в цілому та окремі її етапи обговорювалися й одержали позитивні відгуки:

- на XVIII Міжнародній науково-технічній конференції «Машинобудування і техносфера ХХІ століття», м. Севастополь, 12-17 вересня 2011 р.;

- на IV Міжнародній науково-методичній конференції «Сучасні проблеми техносфери та підготовки інженерних кадрів», м. Хамамет (Туніс), 28 жовтня – 6 листопада 2010 р. ;

- на III Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні інформаційні технології в освіті та наукових дослідженнях (СІТОНД –2012)», м. Донецьк, 3 –5 листопада 2012 р.

**Публікації.** Основні наукові й практичні результати дисертації опубліковані в 10 наукових працях, у тому числі 5 – у фахових наукових виданнях, 3 – у збірниках матеріалів науково-технічних конференцій та 2 – в інших друкованих науково-технічних виданнях.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, 4 розділів і висновку, викладена на 182 сторінках машинописного тексту, містить 21 рисунок, 11 таблиць, список використаної літератури з 109 найменувань і 4 додатка на 15 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Попередня обробка вугільних пластів рідинами й газами в різних режимах є важливим засобом розв'язання проблеми боротьби з небезпечними явищами в шахтах. Одне з основних переваг цього способу – завчасна й незворотна зміна властивостей вугільного масиву, що дозволяє попередити виникнення небезпечних явищ при веденні гірничих робіт. Вирішенню проблем розвитку теорії й технології дії на вугільні пласти присвячені роботи багатьох науково-дослідних інститутів і вузів СНД, у тому числі МакНДІ, ДонВугІ, ВостНДІ, ІГТМ НАН України, УкрНІМІ НАН України, ІФГП НАН України, ДонНТУ, МДГУ й ін., а також закордонних установ і вузів Німеччини, Чехії, Польщі, Словаччини, Англії, Австралії.

**Перший розділ роботи "Аналіз стану питання. Мета і завдання дослідження"** присвячений аналізу раніше виконаних досліджень по проблемі розробки теоретичних основ і створення технологічних схем гідравлічної й пневматичної дії на вугільні пласти. На рис. 1 наведена технологічна схема гідравлічної дії.

Головною причиною нерівномірності поширення рідини при нагнітанні є анізотропія фільтраційних і колекторських властивостей пласта, що виражається в мінливості значень коефіцієнта проникності й ефективної пористості в усіх напрямках.

Слід зазначити, що випадковий характер розподілу проникності викликає часті коливання параметрів нагнітання, і для забезпечення якісного виконання заходів щодо зволоження необхідно розглянути питання про автоматизацію керування процесом нагнітання з метою стабілізації основних параметрів – тиску й темпу нагнітання. На рис. 2 показаний запис параметрів процесу в типових умовах обробки анізотропного пласта.

На підставі проведеного аналізу сформульовані мета і завдання роботи.

**Другий розділ "Математичне моделювання і визначення параметрів процесу гідравлічної дії на анізотропний вугільний пласт"** присвячений розв'язку завдань математичного моделювання процесів гідравлічної дії на пласт з урахуванням його анізотропії в усіх напрямках.

Суттєвою особливістю вугільного пласта як об'єкту дії, що здійснюється для цілеспрямованої зміни його стану, є те, що він «закритий» від безпосереднього спостереження.

Разом з тим, в процесі дії має місце необхідність відстежувати результати обробки, щоб забезпечити спрямовану зміну стану оброблюваного масиву. Реалізація керування такими процесами, яка використовує дані про зовнішні дії, можлива тільки в тому випадку, коли існує модель об'єкту або можливість її побудови в процесі дії, спираючись на результати контролю технологічних параметрів (тиск нагнітання  $P$  і швидкість його зміни  $dP$ , витрати нагнітального агента або темп нагнітання і швидкість його зміни  $Q$ ,  $dQ$ ) и тих явищах, котрі можна спостерігати.

У зв'язку з цим стоїть задача розробки адекватних моделей, за якими можна оцінити стан об'єкту та отримати інформацію про результати дії.

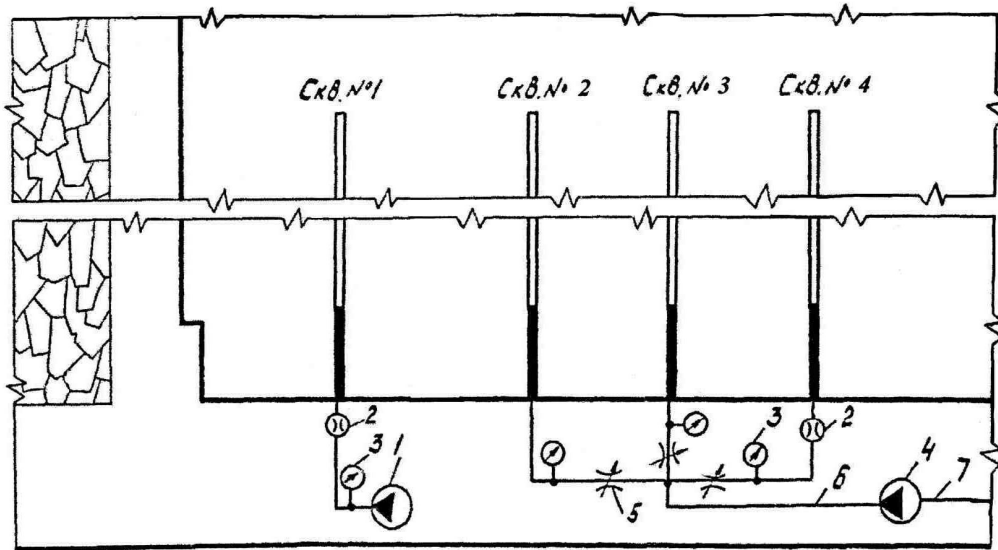


Рисунок. 1. Технологічна схема нагнітання води через довгі свердловини, паралельні лінії очисного вибою:

- |                                   |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|
| 1 – насосна установка НВУ-30м;    | 5 – дросель регульований;  |
| 2 – лічильник-витратомір СВВД-20; | 6 – рукав високонапірний;  |
| 3 – манометр;                     | 7 – дільничний водопровід. |
| 4 – насосна установка 2УГНМ;      |                            |

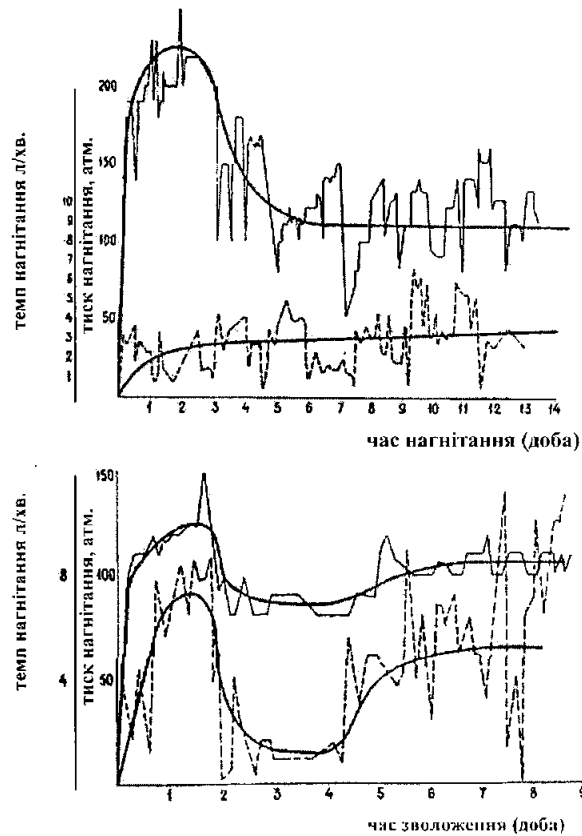


Рисунок. 2. Графічний запис параметрів процесу.



Для того, щоб система автоматичного керування (САК) була ефективною протягом усього часу обробки пласту з метою зниження пилоутворення та газовиділення, моделі необхідно використовувати в режимі реального часу, а з іншої сторони, фільтраційні характеристики пласту є фактично стохастичними величинами, значення котрих задаються на початку за середніми даними геологорозвідки. В таких умовах прийнято наступний підхід.

Розроблювана САК у своєму складі використовує дві моделі:

- первинна модель гірничого масиву із закладеними до неї характеристиками, отриманими з геологічних даних;
- прогнозна модель, що відображує очікуваний стан на поточний момент, виходячи з інформації про результати дії в реальному часі.

Такий підхід дозволяє уникнути процедури ідентифікації параметрів об'єкту дії (коефіцієнт фільтрації, ефективна пористість, коефіцієнт анізотропії та ін.).

У розділі виконано математичне моделювання процесу гідравлічної дії на пласт у режимі фільтрації через одиночну свердловину, пробурену поперед вибою, при «одномірній» постановці. Вирішуючи рівняння нелінійної пружної фільтрації з початковими умовами, сформованими на підставі технологічної схеми, можна знайти розподіл тиску на заданому відрізку осі в будь-який момент часу, що дає можливість розраховувати параметри відповідної схеми дії на пласт. При цьому, розв'язавши завдання при деяких нормованих умовах, можна одержати розв'язок великого класу завдань, перехід до яких здійснюється зворотнім перерахуванням нормованих розв'язків.

Установлено, що моделювання «одномірного» плинку не дає достатньої інформації для теоретичного уявлення про характер протікання процесу.

Для розв'язання завдання математичного моделювання процесу гідравлічної дії на пласт через випереджальні свердловини в режимі фільтрації при «двовимірній» (площинній) постановці застосовується схема поздовжньо-поперечних напрямків (схема Дугласа).

Рівняння представляється у вигляді:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ k(p) \frac{\partial p}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ k(p) \frac{\partial p}{\partial y} \right] \quad (1)$$

Стоїть завдання вибору схем і параметрів дії, що забезпечують підвищення якості обробки незважаючи на несприятливу структуру пласта. Іншими словами, необхідно так удосконалити технологію, щоб схема обробки дозволяла компенсувати несприятливі особливості будови вугільного пласта.

Одним з можливих шляхів у цьому напрямку є спосіб гідравлічної дії через каскад свердловин (спосіб каскадної гідрообробки).

Проведені дослідження процесу поширення рідини при нагнітанні у вугільний пласт через каскад свердловин дозволили зробити висновок про доцільність використання цього способу для підвищення рівномірності обробки масиву.

Параметри каскадної обробки містять у собі параметри схеми розташування свердловин (довгих і коротких) і параметри нагнітання по роздільно-груповій і безперервній технології (рис. 3).

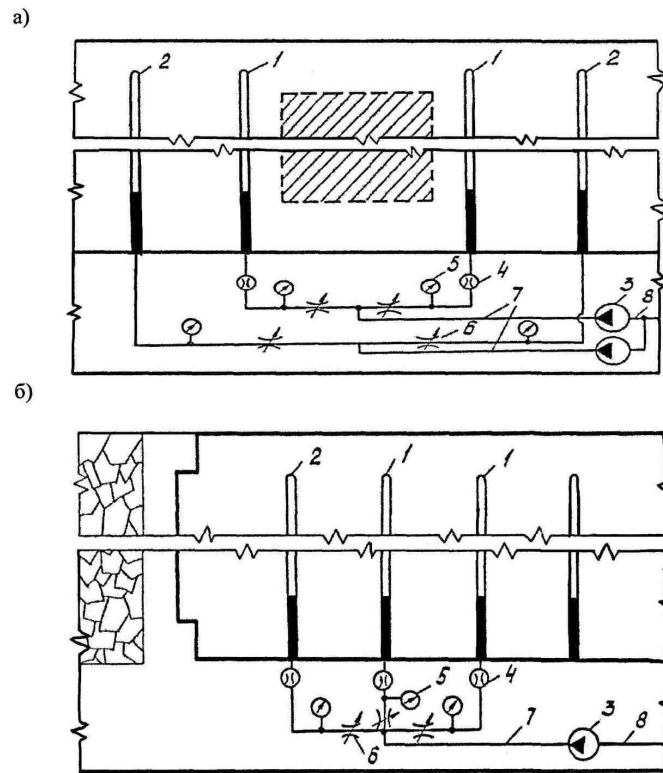


Рисунок.3. Технологічні схеми каскадного нагнітання з допоміжними свердловинами:

а) при відомому розташуванні слабопроникної області; б) за безперервною технологією;  
 1 – нагнітальні свердловини; 2 – допоміжні свердловини; 3 – насосна установка;  
 4 – лічильник-витратомір; 5 – манометр; 6 – дросель регульований; 7 – рукав високонапірний; 8 – дільничний водопровід.

Математичні моделі процесу гідравлічної дії на вугільний пласт становлять математичне забезпечення системи автоматизованого керування обробкою анізотропних масивів. Визначені параметри технології й системи керування:

- а) контрольовані параметри – тиск і темп нагнітання, обсяг поданої робочої рідини, час обробки, показник якості й ефективності процесу;
- б) керуючий параметр – темп нагнітання.

**У третьому розділі "Розробка основ системи автоматизованого керування технологічним процесом гідравлічної дії на вугільні пласти"** представлені результати розробки основ системи автоматизованого керування технологічним процесом гідравлічної дії на вугільні пласти.

Активний вплив на якість обробки пласта має виражена анізотропія фільтраційних властивостей вугілля, у зв'язку з чим проникність значно змінюється навіть на коротких відрізках фільтрації. Це, у свою чергу, викликає різкі коливання параметрів нагнітання під час обробки, і, таким чином, очікуваний ефект від дії не досягається.

Часті коливання параметрів відбуваються через зміну величини коефіцієнта фільтрації, що визначає необхідність автоматизації контролю параметрів і їх регулювання в процесі обробки.

Дослідження показали, що одним із прийнятних рішень є застосування спеціалізованих пристроїв на базі мікроконтролера. У цьому випадку на кожен

ділянку встановлюється локальний пристрій, а система автоматизованого керування здійснює координуючі функції.

Автоматичний пристрій контролю й керування (ПКК) призначений для контролю основних технологічних параметрів – тиску нагнітання  $P(t)$  і темпу нагнітання, пропорційного витраті  $Q(t)$ , а також їх корекції залежно від конкретних умов. Апаратура контролю містить у собі датчики тиску й темпу нагнітання, конвертори напруги, мікроконтролер, регулятор витрати. Структура пристрою наведена на рис. 4.

Блок-схема алгоритму керування наведена на рис. 5.



Рисунок 4. Структура пристрою автоматичного контролю й керування процесом нагнітання рідини.

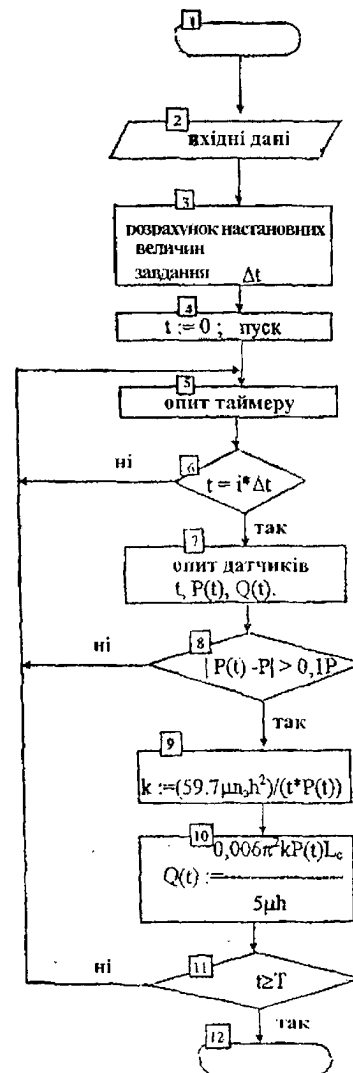


Рисунок 5. Блок-схема алгоритму функціонування ПКК.

Особливістю є те, що пам'ять програмується користувачем. ПК програмують за ланцюговою схемою, тобто мовою, схожою з релейною логікою керування. При необхідності внесення змін до програми ПК підключається до програмуючого пристрою і відповідні зміни виконуються без ремонту.

Розглянутий принцип поширюється на побудову алгоритмів керування всіма технологічними схемами, використовуваними для гідравлічної дії.

Для розробки структури системи автоматизованого керування процесом гідравлічної дії введемо позначення структурних елементів системи:

ОС – одиночна свердловина; ЛС – локальний спосіб; РС – регіональний спосіб; ВПК – викриття пластів квершлагами; КГО – каскадна гідрообробка.

При побудові системи керуванні процесом важливою складовою є блок математичного забезпечення, призначений для імітації стану й оперативного визначення поточних результатів обробки.

Як вказувалося вище, мета автоматизації керування – стабілізація параметрів технології.

До складу системи включаються технологічні схеми всіх способів дії, координацію роботи здійснює центральний модуль (ЦМ).

Узагальнена структура системи наведена на рис. 6.

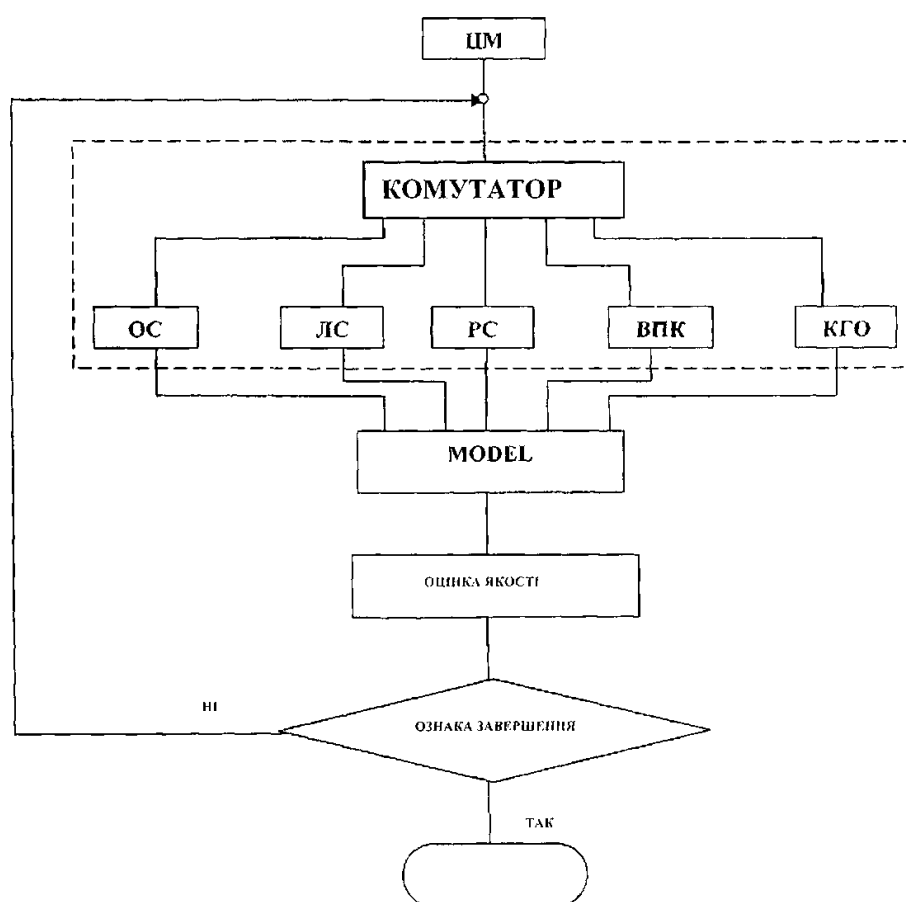


Рисунок. 6 Структурно-функціональна схема системи

Комутатор вибирає задану технологічну схему й задає напрямок подальшого функціонування.

У четвертому розділі "Розробка основ системи керування процесом пневматичної та комплексної на вугільний пласт" наведені результати розробки основ системи керування процесом пневматичної та комплексної дії на вугільний пласт.

Пневмообробка здійснюється через довгі свердловини, пробурені з підготовчих

виробок паралельно лінії очисного вибою, причому відстань між свердловинами значно перевищує потужність пласту, що дозволяє прийняти допущення про одномірність фільтраційного потоку від нагнітальної свердловини до відпливної (рис. 7).

Як показують результати моделювання, найбільша ефективність по зниженню газонасиченості досягається при циклічній пневмообробці з мінімально можливим тиском нагнітання.

Результати дослідження показують, що правильним вибором тиску нагнітання і тривалості циклів можна досягти суттєвого зниження газонасиченості пласта.

З часом тривалість циклів нагнітання зменшується, оскільки зменшується концентрація вільного метану в пласті.

Пневмообробку слід закінчувати, коли при нагнітанні повітря винос метану практично не збільшується. Як показують результати моделювання, цей момент відповідає зменшенню рівноважної концентрації, у середньому, на порядок.

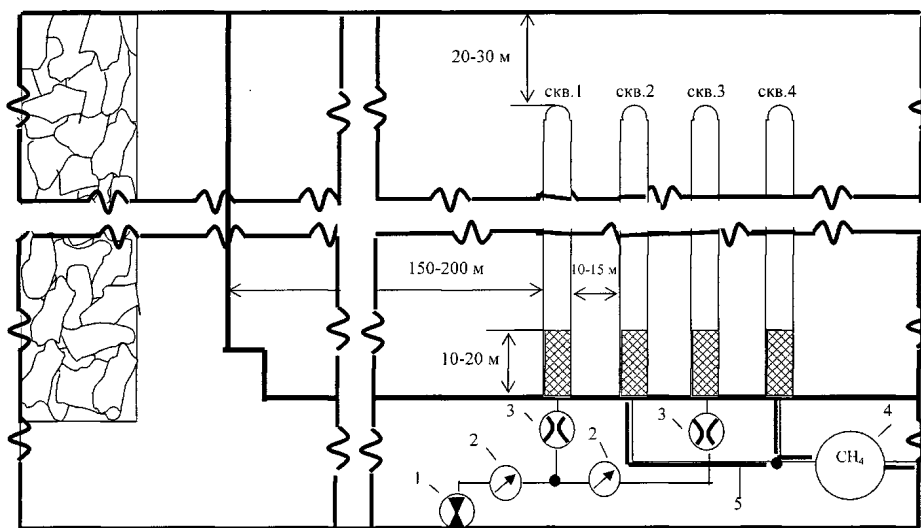


Рисунок. 7 Основний варіант технологічної схеми пневмообробки пласта:  
1 – компресор; 2 – манометр; 3 – лічильник витрати повітря;  
4 – вимірник концентрації метану (газоаналізатор); 5 – шахтний газопровід.

Детальний аналіз процесу пневмообробки незволоженого вугільного пласта дозволяє сформулювати рекомендації з технології, розрахунків параметрів і області застосування способу.

Найбільш ефективним і економічним є циклічний режим пневмообробки вугільного пласта через довгі свердловини, паралельні лінії очисного вибою. Парні свердловини є нагнітальними, непарні – відпливними, призначеними для виносу з пласта метано-повітряної суміші.

Загальний час пневмообробки по фактору зниження газонасиченості визначаються моментом, коли нагнітання повітря перестає суттєво впливати на винос метану (коли тривалість циклів нагнітання по вищенаведеній умові стає практично рівній нулю).

Для розробки структури й алгоритмів функціонування системи керування процесами гідропневмообробки введемо позначення:

САКППО – система автоматизованого керування процесами гідропневмообробки вугільного пласта;

ПСКППО – підсистема керування процесом пневмообробки;

ПСКПГО – підсистема керування процесом гідрообробки.

У розділі описані принципи реалізації процесу пневмообробки незволоженого вугільного пласту, розглянута математична модель і встановлені контрольовані й керуючі параметри.

На підставі результатів досліджень пропонується структура підсистеми керування процесом пневмообробки, яка наведена на рис. 8.

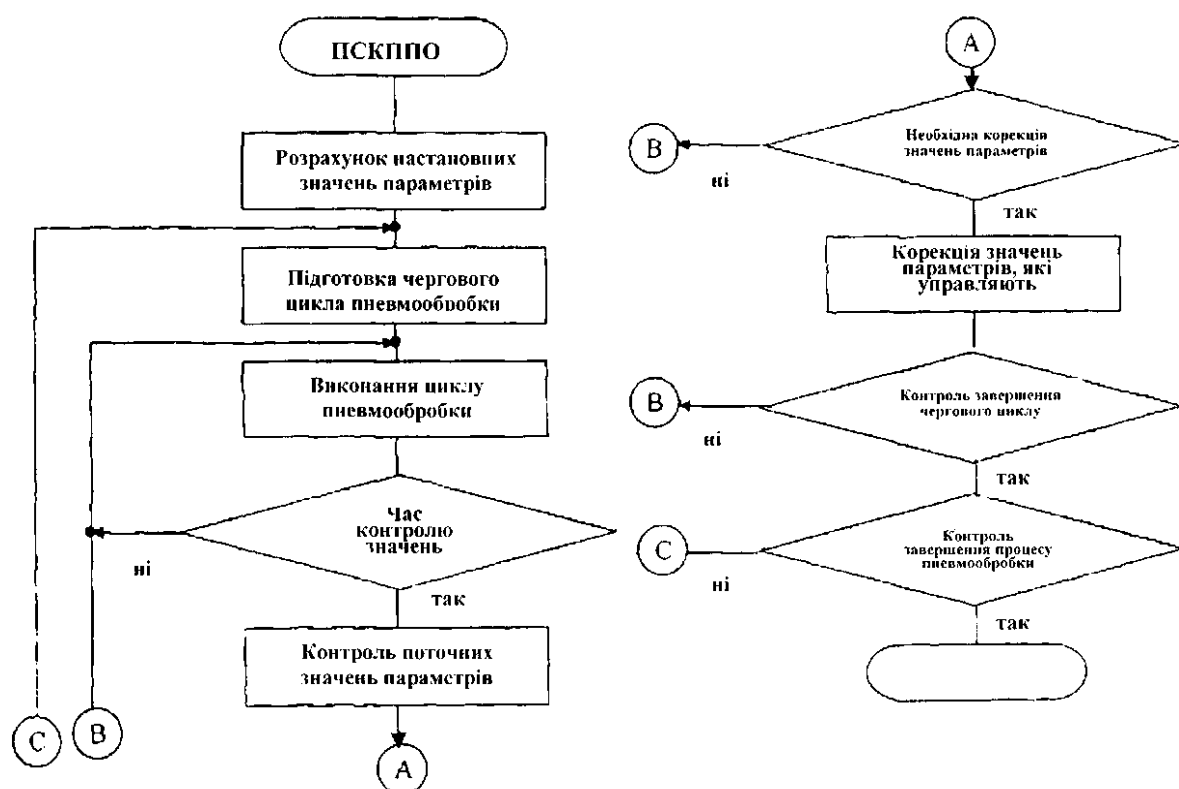


Рисунок 8 Узагальнена структура підсистеми керування процесом пневматичної обробки

Зміст структурних блоків відповідає методиці розрахунків параметрів і алгоритму, що описує порядок реалізації циклічного способу пневмообробки.

На рис. 9 наведена узагальнена структура системи автоматизованого керування процесами комплексної гідропневмообробки вугільних пластів, що враховує розглянуті особливості.

У підсумку можна зробити висновок, що удосконалювання технології пневмообробки та її широке впровадження може скласти предмет майбутніх наукових досліджень.

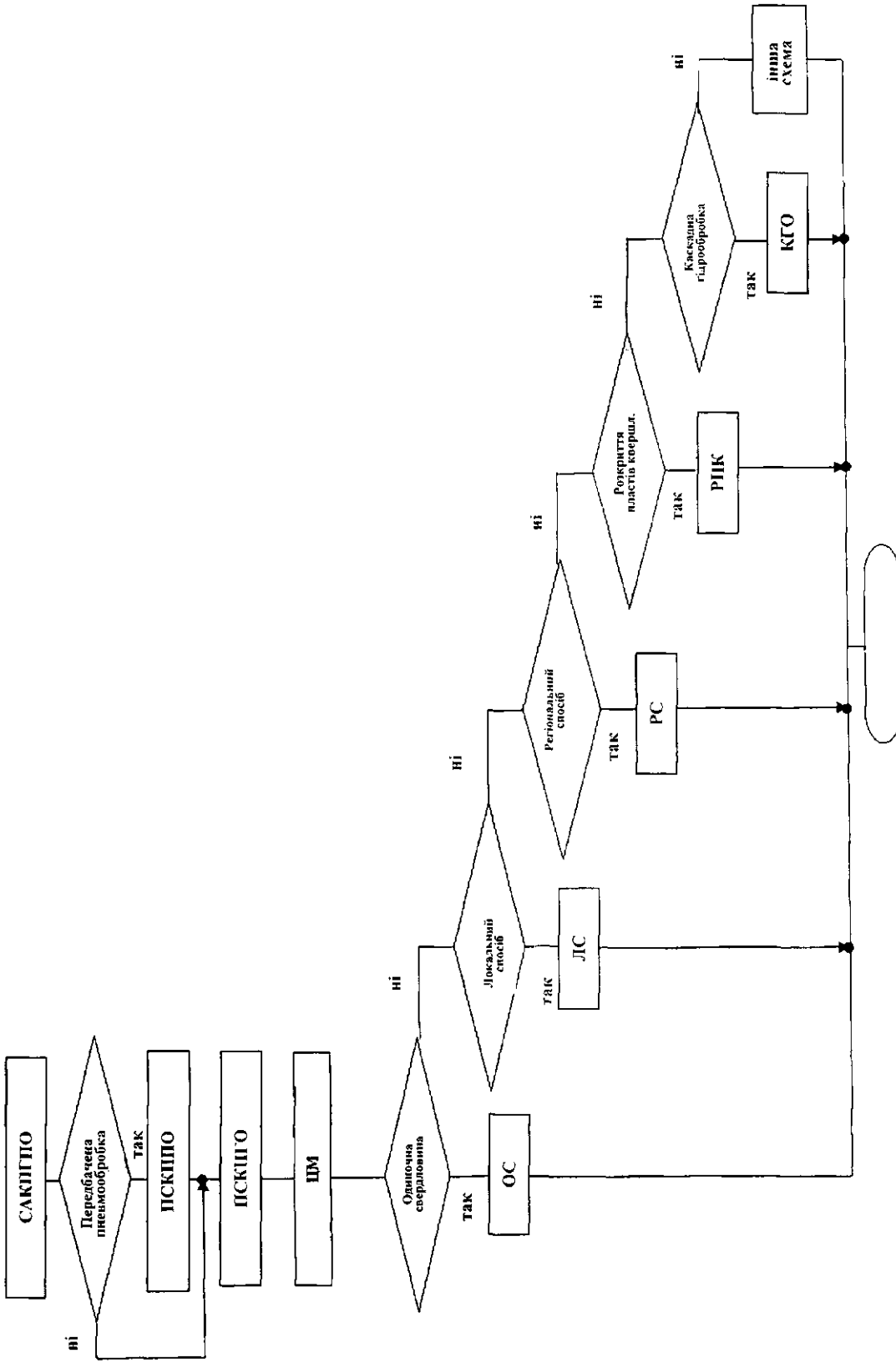


Рисунок.9 Узагальнена структура системи автоматизованого керування процесами гідропневмообробки вугільного пласта

## ВИСНОВОК

У дисертації запропоновано нове вирішення актуального науково-технічного завдання, що полягає в розробці структури системи автоматизованого керування процесами комплексної гідропневматичної дії на вугільні пласти як засобу боротьби з основними небезпечними явищами при підземному вуглевидобутку, обґрунтуванні параметрів і алгоритмів функціонування системи та її підсистем, що забезпечують стабілізацію технологічних параметрів обробки вугільних пластів і підвищення на цій основі ефективності дії.

Основні наукові результати, отримані в роботі, можна сформулювати в такий спосіб.

1. В результаті аналізу даних теоретичних і експериментальних досліджень ряду авторів і організацій показано, що найбільш прогресивним способом боротьби з основними небезпеками при підземному видобутку вугілля є комплексна гідропневматична дія на розроблюваний вугільний пласт.

2. Установлено, що процес гідравлічної дії на вугільний пласт супроводжується різкими коливаннями основних технологічних параметрів (тиску й темпу нагнітання) у широкому діапазоні, обумовленими вираженою анізотропією фільтраційних властивостей вугільного масиву, що визначає необхідність застосування засобів контролю й керування технологічним устаткуванням, які забезпечують стабілізацію параметрів процесу й підвищення ефективності обробки пласта.

3. Сформовані детерміновані математичні моделі процесу гідравлічної дії на вугільний пласт, в основу яких покладені рівняння нелінійно-пружної фільтрації рідини в суцільному середовищі. Методом математичного моделювання показано, що процес зволоження вугільного пласта при гідравлічній дії через одиночну свердловину обумовлює високий рівень варіації приросту вологості в оброблюваному масиві.

4. Методом математичного моделювання показано, що застосування запропонованої каскадної технології гідродії, заснованої на одночасному нагнітанні рідини через групу свердловин у режимі, що забезпечує взаємодію зустрічних потоків, дозволяє зменшити площу неопрацьованих зон на 50...80% і знизити коефіцієнт варіації приросту вологості в 1,2...2, 2 рази в порівнянні з дією через одиночні свердловини.

5. Математичні моделі процесу гідравлічної дії на вугільний пласт становлять математичне забезпечення системи автоматизованого керування обробкою анізотропних масивів. Визначені параметри технології й системи керування:

а) контрольовані параметри – тиск і темп нагнітання, обсяг поданої робочої рідини, час обробки, показник якості й ефективності процесу;

б) керуючий параметр – темп нагнітання.

6. Розроблені структура й алгоритм функціонування пристрою контролю параметрів і керування процесом нагнітання рідини в анізотропний пласт через одиночну свердловину, яка є базовою одиницею системи автоматизованого керування процесом гідравлічної дії. В основу функціонування пристрою покладений програмний принцип виконання алгоритму керування процесом



нагнітання, реалізований мікроконтролером.

7. Розроблена загальна структура системи керування процесом гідравлічної дії, що включає всі практично використовувані схеми й режими гідравлічної обробки. Розроблені структура й склад математичного забезпечення системи, що включають математичні моделі процесу й алгоритми їх реалізації.

8. Загальний алгоритм розв'язання задачі моделювання є універсальним, він забезпечує можливість моделювати всі включені в систему схеми. Основна програма складена для двовимірної постановки завдання, причому розглянута область може лежати як у площині пласта, так і в перпендикулярній їй площині. Різні варіанти схем, режимів і положення області розв'язання задаються набором вихідних даних і заміною деяких операторів програми.

9. Сформована математична модель процесу напірної фільтрації повітря у вугільному пласті при пневмообробці, заснована на системі нелінійних диференціальних і алгебраїчних рівнянь і крайових умов.

За допомогою розробленої математичної моделі якісно й кількісно досліджені основні закономірності процесів, що протікають при нагнітанні повітря у вугільний пласт, їх взаємозв'язок і характеристики. Показано, що найбільш ефективним і економічним є циклічне нагнітання повітря з мінімальним тиском, що дозволяє досягти зниження газонасиченості вугільного пласта в середньому на 30%.

10. Розроблена структура підсистеми керування процесом пневмообробки, а також системи автоматизованого керування процесами комплексної гідропневматичної дії на вугільний пласт.

### **Основні результати роботи викладені в наступних публікаціях.**

1. Аль Джерди Орва Ахмад Управление процессом гидравлического воздействия на угольный пласт с применением специализированного автоматического устройства / Аль Джерди Орва Ахмад // Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю: Вісті Донецького гірничого інституту, № 1(32), 2013. – Донецьк, ДВНЗ «ДонНТУ», 2013. – С. 8-13.

2. Павлыш В.Н. Автоматизация управления процессами воздействия на угольные пласты / В.Н. Павлыш, Хасер Исмаил Даех, Аль Джерди Орва Ахмад // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сборник научных трудов, Макеевский государственный научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности (МакНИИ), вып. 2(30)2012. – Макеевка-МакНИИ, 2013. – С. 58-63.

3. Павлыш В.Н. Задача управления процессом пневмодинамического воздействия на газосодержащие массивы / В.Н. Павлыш, Аль Джерди Орва Ахмад // Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю: Вісті Донецького гірничого інституту, № 1(30)-2(31)'2012. – Донецьк, ДВНЗ «ДонНТУ», 2012.– С. 29-34.

4. Применение математического моделирования в системе автоматического управления процессом гидрообработки трещиновато-пористого массива в условиях неопределенности фильтрационных параметров среды / В.Н. Павлыш, Аль Джерди Орва Ахмад // журнал «Искусственный интеллект», №1(59), 2013. – Донецк: ИПИИ,

2013. – С. 140-148.

5. Основы построения проекта системы управления технологическим процессом гидравлического воздействия на анизотропный массив / В.Н. Павлыш, С.С. Гребенкин, Аль Джерди Орва Ахмад, Е.Г. Крохмалева // Проектно-орієнтована діяльність соціально-економічних систем (сучасний погляд): зб. наукових праць, серія «Технічні науки: управління проектами та програмами», вип. 176. – Донецьк: ДонДУУ, 2010. – С. 116-122.

6. Управление проектом системы гидравлического воздействия на угольные пласты / В.Н. Павлыш, С.С. Гребенкин, Е.Г. Крохмалева, Аль Джерди Орва Ахмад // Проектно-орієнтована діяльність соціально-економічних систем (сучасний погляд): зб. наук. праць, серія „Технічні науки”, вип. 158. – Донецьк: ДонДУУ, 2010.– С. 113-120.

7. Аль Джерди Орва Ахмад Управление комплексом мероприятий по охране труда на государственных угледобывающих предприятиях / Аль Джерди Орва Ахмад // Збірник наукових праць ДонДУУ: «Соціальний менеджмент і управління інформаційними процесами»: серія «Державне управління», т. XIII, вип. 250. – Донецьк: ДонДУУ, 2012. – С. 310-317.

8. Аль Джерди Орва Ахмад Разработка алгоритма функционирования устройства управления процессом гидравлического воздействия на подземные газонасыщенные массивы / Аль Джерди Орва Ахмад // Современные информационные технологии в образовании и научных исследованиях (СИТОНИ-2012) / Материалы III Международной научно-технической конференции // Сборник трудов студентов, магистрантов, аспирантов и преподавателей. – Донецк: ДонНТУ, 2012.– С. 100-104.

9. Павлыш В.Н. Проектирование технологической схемы гидравлического воздействия на угольные пласты / В.Н. Павлыш, Аль Джерди Орва Ахмад // Современные проблемы техносферы и подготовки инженерных кадров: Сб. тр. IV Междунар. научн.-метод. конф. в г. Хаммамет (Тунис) с 28 октября по 6 ноября 2010. – Донецк: ДонНТУ, 2010. – С. 218-221

10. Павлыш В.Н. Обоснование структуры системы контроля параметров процесса пневмогидродинамического воздействия на трещиновато-пористые породные массивы / В.Н. Павлыш, Аль Джерди Орва Ахмад, Хасер Исмаил Даех // Машиностроение и техносфера XXI века / Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции в г. Севастополе 12-17 сентября 2011 г. (в 4-х томах). – Донецк: ДонНТУ, 2011, Т. 3. С. 6-10.

У публікаціях, виконаних у співавторстві, дисертантові належить наступне:

[2] – аналіз схем гідравлічної дії та принципів керування процесом (35%); [3] – обґрунтування алгоритму роботи підсистеми керування процесом пневмообробки (75%); [4] – розробка математичних моделей і обґрунтування методів їх реалізації (75%); [5] – аналіз структур і алгоритмів функціонування системи керування (40%); [6] – обґрунтування параметрів проекту і алгоритмів керування (50%); [9] – постановка задачі проектування і визначення параметрів проекту технологічної схеми (75%); [10] – постановка задачі керування процесом дії через підземні свердловини (40%).

### Анотація

**Аль Джерди Орва Ахмад Обґрунтування структури та параметрів системи керування процесом комплексної гідропневматичної дії на газонасичені вугільні пласти. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування».– Донецький національний технічний університет, Донецьк, 2013.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі, що полягає в розробці структури системи автоматизованого керування процесами комплексної гідропневматичної дії на вугільні пласти як засобу боротьби з основними небезпеками при підземному вуглевидобутку, обґрунтуванні параметрів та алгоритмів функціонування системи та її підсистем, які забезпечують стабілізацію технологічних параметрів обробки вугільних пластів і підвищення на цій основі ефективності дії.

Показано, що одним з негативних факторів, який визначається анізотропією вугільних пластів, є суттєва нестабільність параметрів процесів, що не дозволяє забезпечити потрібну ефективність обробки. Радикальним способом вирішення даної задачі є автоматизація контролю параметрів і керування процесами гідравлічної, пневматичної та комплексної обробки вугільних пластів.

Розроблена загальна структура системи керування процесом гідравлічної дії, що включає всі практично використовувані схеми та режими гідравлічної обробки. Розроблені структура і склад математичного забезпечення системи, які включають математичні моделі процесу і алгоритми їх реалізації.

Розроблена структура підсистеми керування процесом пневматичної обробки, а також системи автоматизованого керування процесами комплексної гідропневматичної дії на вугільний пласт.

*Ключові слова: процес, математичне моделювання, параметр, система, структура, алгоритм.*

### Аннотация

**Аль Джерди Орва Ахмад Обоснование структуры и параметров системы управления процессом комплексного гидропневматического воздействия на газонасыщенные угольные пласты. – На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 – «Автоматизация процессов управления».– Донецкий национальный технический университет, Донецк, 2013.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-технической задачи, которая состоит в разработке структуры системы автоматизированного управления процессами комплексного гидропневматического воздействия на угольные пласты как средства борьбы с основными опасностями при подземной угледобыче, обосновании параметров и алгоритмов функционирования системы и ее подсистем, обеспечивающих стабилизацию технологических параметров обработки угольных пластов и повышение на этой основе эффективности воздействия.

Показано, что одним из негативных факторов, определяемых анизотропией угольных пластов, является существенная нестабильность параметров процессов, что не позволяет обеспечить требуемую эффективность обработки. Радикальным способом решения данной задачи является автоматизация контроля параметров и управления процессами гидравлической, пневматической и комплексной обработки угольных пластов.

Существенной особенностью угольного пласта как объекта воздействия, осуществляемого для целенаправленного изменения его состояния, является то, что он «закрит» от непосредственного наблюдения.

Вместе с тем, в процессе воздействия имеет место необходимость отслеживать результаты обработки, чтобы обеспечить направленное изменение состояния обрабатываемого массива. Реализация управления такими процессами, использующая данные о внешних воздействиях, возможна только в том случае, когда имеется модель объекта или возможность ее построения в процессе воздействия, основываясь на результатах контроля технологических параметров.

Разрабатываемая система автоматизированного управления в своем составе использует две модели: а) исходная модель горного массива с заложенными в нее характеристиками, полученными из геологических данных; б) прогнозная модель, отражающая ожидаемое состояние на текущий момент, исходя из информации о результатах воздействия в реальном времени.

Определены параметры технологии и системы управления: а) контролируемые параметры – давление и темп нагнетания, объем поданной рабочей жидкости, время обработки, показатель качества и эффективности процесса; б) управляющий параметр – темп нагнетания.

Разработаны структура и алгоритм функционирования устройства контроля параметров и управления процессом нагнетания жидкости в анизотропный пласт через одиночную скважину, которая является базовой единицей системы автоматизированного управления процессом гидравлического воздействия. В основу функционирования устройства положен программный принцип выполнения алгоритма управления процессом нагнетания, реализуемый микроконтроллером.

Разработана общая структура системы управления процессом гидравлического воздействия, включающая все практически используемые схемы и режимы гидравлической обработки. Разработаны структура и состав математического обеспечения системы, включающие математические модели процесса и алгоритмы их реализации.

Детальный анализ процесса пневмообработки неувлажнённого угольного пласта позволил сформулировать рекомендации по технологии, расчёту параметров и области применения способа. Установлено, что наиболее эффективным и экономичным является циклический режим пневмообработки угольного пласта через длинные скважины, параллельные линии очистного забоя.

Разработана структура подсистемы управления процессом пневмообработки, а также системы автоматизированного управления процессами комплексного гидропневматического воздействия на пласт.

*Ключевые слова: процесс, математическое моделирование, параметр, система, структура, алгоритм.*

### Annotation

**Orwah Aljerdi Ahmad The basis of structure and parameters of system of control of process of complex hydropneumatic action on gas holding coal stratum. – Manuscript.**

The dissertation on competition of a scientific degree of Cand. Sci. Tech. of a spec. 05.13.07 – “Automatic of processes of control”. – Donetsk national technical university, Donetsk, 2013.

The dissertation is devoted to solution of actual scientific-technical task of creation of structure of system of automatic control of processes of complex hydraulic and pneumatic action on coal stratum as a way of prevention of technological dangerous during underground mining, base of parameters and algorithms of working of system and its subsystems, which provides the stabilization of technological parameters of treating of coal stratum and rise on this base the effectiveness of action.

The results of investigation show, that one of the negative factors, defined by structure of coal stratum, is essential oscillation of parameters of processes, which reduce the effectiveness of treating. The most useful way of solution of given task is the automatic control of parameters of processes of hydraulic, pneumatic and complex action on coal stratum.

The common structure of a system of control of process of hydraulic action, including all existing schemes and regimes of hydraulic action, is created.

The structure and containing of mathematical base, including mathematical models of processes and algorithms of its realization, is proposed.

The structure of subsystem of control of process of pneumatic treating and system of automatic control of processes of complex hydropneumatic action on coal stratum are created.

*Key words: process, mathematical modeling, parameter, system, structure, algorithm.*



---

Підп. до друку 28.08.2013 р.    Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.    Ум.-др. арк. 0,9.  
Різографічний друк.    Наклад 100 прим.    Замовл. №0507.

Видавець і виготовлювач МПП «ВІК»  
83059, м. Донецьк, вул. Разенкова, 12/17, тел. (062) 381-70-87  
Свідоцтво про реєстрацію ДК №382 від 26.03.2001 р.

