

## ГІРНИЧІ МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ

УДК 622.232

### БУРОШНЕКОВИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ БЕЗЛЮДНОГО ВИЙМАННЯ ВУГІЛЛЯ З КЕРУВАННЯМ ПО ГІПСОМЕТРІЇ ПЛАСТА

*В.М. Чермалих, докт. техн. наук, О.М. Закладний, канд. техн. наук,  
С.Л. Прядко, В.Г. Смоляр, інженери (НТУУ "КПІ")*

*Рассматривается система автоматического контроля и ориентации бурошнекового комплекса с управлением по гипсометрии пласта. Система состоит из двух подсистем – погружной и непогружной.*

До перспективних напрямків подальшого розвитку вугільної промисловості належить технічне переоснащення очисних вибоїв на основі створення нових видобувних механізмів. Майбутнє вугільної промисловості України неминуче пов'язане з розробкою тонких пластів у складних гірничо-геологічних умовах. Близько 70 % запасів вугілля в Україні зосереджено в пластах потужністю до 1 м [1]. Пласти з потужністю 0,4–1,0 м і кутами падіння до 90° становлять 82 %. Тому створення нової техніки і технологій для ефективного відпрацювання пластів потужністю 0,4–1,5 м, в яких залягають основні запаси вугілля, що коксується, та енергетичного вугілля, стає дуже гострою проблемою. До одного з таких напрямів розвитку і впровадження нової техніки належить і бурошнековий спосіб виймання вугілля, який є одним з небагатьох промислово освоєних способів виймання вугілля без постійної присутності людей у вибої.

До переваг бурошнекового способу видобутку вугілля можна віднести:

можливість відпрацювання тонких пластів на вже діючих шахтах, що не потребує додаткових затрат на капітальні споруди;

високу продуктивність (комплекс БШК-2Д, який обслуговують четверо чоловік, видобуває до 220 т вугілля за добу і окупається протягом року [2]);

наявність охоронних ціликів, які сприяють економії металу, лісу та інших матеріалів, необхідних для підтримання покрівлі;

відсутність людей у робочому вибої, що дає змогу значно підвищити безпеку і поліпшити санітарно-гігієнічні умови праці (кількість нещасних випадків у десять разів менша, ніж при вийманні вугілля, наприклад, комбайнами [3]).

Бурошнековий комплекс БШК-2Д, який виготовляється на заводі "БУРАН" (розроблений ДонВУГІ), має такі технічні характеристики: технічна продуктивність – 1,2–1,5 т/хв; діапазон потужності розроблюваних пластів – 0,6–0,9 м; діаметр бурових коронок – 625 мм; довжина свердловин – до 75 м; потужність електродвигунів приводів – 2×110 кВт.

Зараз комплекс проходить випробування на шахті «Моспинська». Бурошнековий комплекс (БШК) складається з бурошнекової машини, виконавчого органа, ставів (шнекового і вентиляційного) та електрогідрокомунікацій. На передній опорі комплексу розташований виконавчий орган, який складається з редуктора і трьох коронок. Секціонований шнековий став передає крутільний момент на різальні коронки і транспортує вугілля із свердловини на штрек. Провітрювання свердловин здійснюється за допомогою вентиляційного трубопроводу, який складається з окремих секцій однакової довжини. Електрогідрокомунікації служать для керування буровим органом, контролю газового середовища та зрошування вибою.

На підрунті штреку з боку буріння свердловини насталяється розбірний конвейер. Нарощування і демонтівання шнекового става виконуються за допомогою тельфера. Необхідні матеріали доставляються в контейнерах або вагонетках. Контроль вмісту метану в свердловині здійснюється стаціонарною апаратурою, контроль витрати повітря – датчиком витрати повітря.

Автоматизація контролю і керування роботою виконавчого органа БШК по гіпсометрії пласта є основним засобом підвищення продуктивності. Присічка вміщуючих порід при неточній орієнтації шнеків призводить до збільшення зольності вугілля, підвищеної витрати електроенергії, швидкого зношування різців виконавчого органа. Завдання ускладнюється тим, що оператор не може знаходитися поряд з виконавчим органом і коригувати його роботу.

Керування по гіпсометрії пласта передбачає безперервний контроль місцезнаходження бурильних коронок у свердловині. Головне завдання – чітко контролювати товщину вугільної пачки в підрунті та покрівлі пласта і товщину цілика вугілля. Своєчасне визначення відхилення напрямку руху бурильних коронок від заданого дозволяє уникнути похибки. Наприклад, коли коронка захопить породи покрівлі, швидкість подачі потрібно зменшити, а число обертів виконавчого органа – збільшити.

Зараз жоден з існуючих способів контролю межі вугілля–порода і товщини цілика не дає достовірної оцінки.

В основу створення систем і засобів автоматизованого керування БШК по гіпсометрії вугільного пласта покладено концепцію багатопараметричного (багатосенсорного) контролю різних фізичних процесів і явищ, які супроводжують роботу виконавчого органу бурошнекової установки при вийманні вугілля у вибої. Система автоматизованого контролю і орієнтації є сукупністю технічних засобів, об'єднаних в автономні та вмонтовані, функціонально закінчені підсистеми, які спроможні функціонувати як в незалежному, так і у взаємозв'язаному режимах роботи.

Принципово новими вимогами до такої системи є також необхідність забезпечення “дружньої взаємодії” з оператором БШК та можливості реалізації принципів самоналагодження і самонавчання при роботі в конкретних гірничо-геологічних умовах того чи іншого підприємства.

При синтезі системи керування БШК, враховуючи виняткову складність практичного розв'язання розглянутої проблеми, прийнято: циклічне і безперервне автоматичне вимірювання товщини вугільної пачки в підґрунті та покрівлі пласта за різницею в природній радіоактивності вугілля та вмшуючих порід; контроль у динаміці змін сигналу від датчиків вугілля–порода, вмонтованих у гідродомкрати робочого органа БШК; аналіз сейсмоакустичних явищ (полів), які супроводжують роботу виконавчих органів при руйнуванні гірського масиву і безперервно ресструються за допомогою сейсмоприймачів (геодинамічних); контроль електричного струму, який споживають електродвигуни БШК. Це дозволяє підвищити надійність і достовірність ідентифікації вимірюваних параметрів і сигналів відповідно до трьох основних режимів роботи (робота під навантаженням, робота на холостому ході, нарощування шнеків).

Узагальнену структурну схему максимальної конфігурації багато-параметричної системи автоматичного контролю, орієнтації та керування буршековим комплексом наведено на рис. 1.

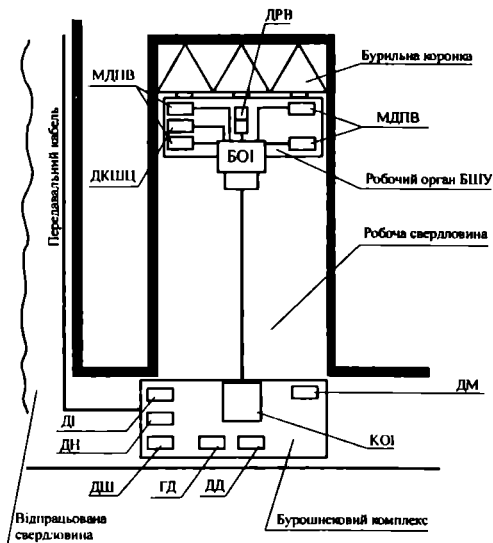


Рис. 1. Структурна схема системи контролю орієнтації та управління

Система включає в себе дві підсистеми: занурювану і незанурювану.

До складу занурюваної підсистеми, розташованої на виконавчому органі, входять приймачі інформації – чотири датчики межі вугілля–порода механічного типу циклічної дії (МДПВ), два датчики контролю природної радіації вугілля (ДРВ), датчик контролю ширини цілика (ДКШЦ), блок первинної оброб-

ки інформації (БОІ). В нього входять іскробезпечні джерела живлення, мікроконтролер первинної обробки інформації та передавачі сигналів.

Незанурювана підсистема, яка знаходиться безпосередньо на бурошнековому комплексі, розташованому у відкаточному штреку, складається з приймачів інформації непрямого контролю: датчиків струму (ДС) і напруги (ДН) в силових колах електроприводів, датчиків моменту (ДМ), датчиків швидкості обертання лівого та правого шнеків (ДШ), геодинів (ГД), датчиків тиску рідини в гідросистемі (ДТ). Крім того, до складу незанурюваної підсистеми входить мікроконтролер обробки інформації (КОІ), силові ключі перемикання електромагнітних клапанів подачі рідини в циліндри гідродомкратів і електроклапанів дроселюючих пристроїв системи керування електроприводами.

Алгоритм циклу вимірювання виконується таким чином. Оскільки робота бурошнекового комплексу має циклічний характер (нарошування шнеків, переміщення робочого органа, орієнтація бурових головок відносно вміщуючих порід, забурювання), вимірювання пачки вугілля здійснюється в момент нарошування шнеків, коли немає пересування робочого органу БШК. Включаючи по черзі циліндри виконавчого пристрою з інденторами за допомогою датчиків тиску, заміряють “полички” коливань сколів і за допомогою мікроконтролера первинної обробки інформації визначають товщину пачки вугілля під кожним з чотирьох гідродомкратів підйому–опускання. Після цього отримана інформація порівнюється з попередньою, що зберігається в пам’яті мікроконтролера, та інформацією, отриманою від датчиків природної радіоактивності вугілля.

Сцинтилюючі кристали, які дозволяють проводити вимірювання природного  $\gamma$ -фону, здатні визначати товщину пачки вугілля від 0 до 1270 мм. Датчики типу SEI створюють близько 200 імпульсів за секунду за відсутності вугілля і 30 імпульсів – при наявності пачки вугілля товщиною 457 см.

Одержана і опрацьована інформація передається в центральний процесор, розташований на БШК. Після порівняння даних, одержаних при попередніх вимірах, та аналізу сигналів датчиків непрямого контролю на рідкокристалічний дисплей виводиться інформація про положення робочого органа у вибої і рекомендації щодо установки кожної з опор та швидкості буріння. Оператор може вручну задати параметри режиму буріння наступного відрізка свердловини. Слід зазначити, що швидкість обертання електроприводів при забурюванні відіграє винятково важливу роль. При малих швидкостях обертання шнеків головок бурів наближаються до підгрунтя пласта, а при великій – до покривлі. Задаючи різні швидкості обертання лівого і правого електроприводів, вісь свердловини зміщують у потрібному напрямку, зменшуючи або збільшуючи товщину цілика вугілля між відпрацьованою і робочою свердловинами.

Дуже високі вимоги ставляться до електроніки, зокрема до мікроконтролера, встановленого безпосередньо на робочому органі БШК. Контролер мусить мати прийнятні масогабаритні показники, витримувати температури навколишнього середовища до 80° С, мати відносно низьку вартість.

Механічний метод, заснований на вдавлюванні, є найпоширенішим у сучасній практиці технічних вимірювань твердості металів та інших матеріалів.

Суть випробувань полягає у вдавлюванні твердого тіла індентора в досліджуваний матеріал з оцінкою величини прикладеного зусилля.

Для експериментального дослідження механічного методу визначення межі вугілля–порода в лабораторії ДОНВУГІ за участю авторів було складено стенд, до гідравлічної схеми якого увійшли: насос, манометр, запобіжний клапан, гідророзподільник, дросель (регулятор швидкості), вимірювач різниці тиску «Сапфір», однопорожнинний гідроциліндр та набір інденторів.

Досліди проводились окремо по контактах з вугіллям і породою, зі зміною швидкості подачі і величини тиску в напірній магістралі. При цьому використовувались конічні та циліндричні індентори з діаметром циліндра 6–12 мм і основи конуса 6–8 мм.

Дослід проводився таким чином: в шток гідроциліндра вкручувався один з інденторів – і через гідророзподільник робоча рідина надходила в порожнину гідроциліндра. Тиск живлення контролювався за допомогою манометра, а коливання тиску в момент входження індентора у вугілля або породу перетворювались вимірювачем в електричний сигнал та записувались на світлочутливу плівку осцилографом.

В результаті проведених експериментів (рис. 2) в процесі контролю межі

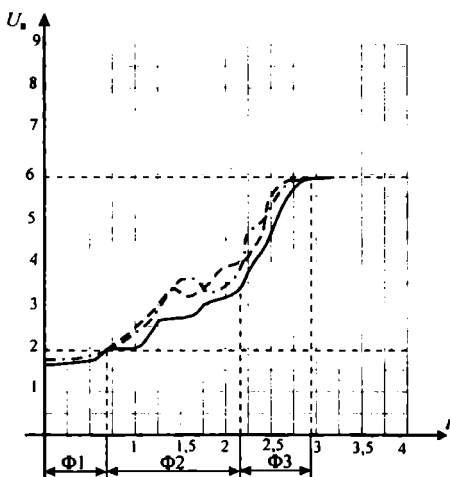


Рис. 2. Осцилограма дослідження з індентором 12 мм по вугіллю

вугілля–порода можна виділити кілька характерних фаз:  $\Phi_1$  – рух індентора до моменту дотикання ним вугілля або породи;  $\Phi_2$  – входження індентора у вугілля або породу;  $\Phi_3$  – дотикання вугілля або породи штоком гідроциліндра.

Електричний сигнал, що надходить з "Сапфіра" в першій фазі руху штока, є прямою лінією з незначними коливаннями відповідно до механічного

опору в циліндрі. Величина сигналу відповідає тиску, необхідному для руху штока, і напрузі вільного ходу "Сапфіра". При дотикові індентора до вугілля або породи шток зупиняється і тиск плавно зростає до першого сколу у вугіллі або породі. При цьому індентор скачкоподібно входить у вугілля або породу, тиск в напірній магістралі падає і величина сигналу на виході "Сапфіра" змінюється. Процес повторюється при наступному мікросколі. І так триває до повного входження індентора у вугілля або породу. Електричний сигнал – це коливальний процес, тривалість якого відповідає часу входження індентора в масив. Експерименти показали, що достовірність інформації достатньо висока і при роботі з одним індентором діаметром 12 мм осцилограми різних типів вугілля практично збігаються.

Слід зазначити, що коли вугілля неміцне, то мікросколи не спостерігались, а процес входження індентора в масив фіксувався у вигляді прямої з нахилом 0,5–2 град.

Третя фаза при дотику штоком до циліндра характеризується ростом тиску аж до тиску живлення датчика. Аналіз показує, що поява першого сколу у вугіллі або породі залежить як від величини тиску, що подається на поршень гідроциліндра, так і від конфігурації і діаметра основи індентора. Так, наприклад, циліндричний індентор діаметром 12 мм дає один–два яскраво виражених сколи, а діаметром 6 мм – три–чотири мікросколи. Для входження індентора з більшою основою слід прикласти й більше зусилля.

Порівнювання осцилограм входження одного й того ж індентора у вугілля і породу показує, що перший скол в породі з'являється при вищому тискові. Різниця амплітуд сигналів досягає 1,5–2 В, що дає змогу визначити, вугілля чи порода знаходиться під індентором.

Таким чином, датчик вугілля–порода, що використовує метод вдавлення індентора, виконується на основі стандартних елементів гідравліки, добре узгоджується з гідравлічною частиною буршнєкової установки та є простим в обслуговуванні.

1. *Кабанов В.И., Пичко Ф.Д.* Технология и оборудование для буршнєковой выемки угля из тонких пологих пластов // Уголь Украины. – 1996. – № 5–6. – С. 14–15.

2. *Молчанов В.Б.* Буршнєковый комплекс БШК-2Д для тонких пластов // Уголь Украины. – 1997. – № 6. – С. 37.

3. *Пасынков Р.Е., Молчанов В.Б.* Состояние и развитие буршнєковой техники // Уголь Украины. – 1996. – № 7. – С. 23–27.