

Janusz STRZEMIŃSKI

## KIERUNKI ROZWOJU AUTOMATYZACJI ŚCIAN

**Streszczenie.** W referacie omówiono możliwości lepszego wykorzystania maszyn i urządzeń ścianowych poprzez ich automatyzację. Przedstawiono doświadczenia uzyskane w tym zakresie w ZSRR, USA, Wielkiej Brytanii i w Polsce. Przedstawiono kierunki automatyzacji w aspekcie różnych warunków górniczo-geologicznych oraz uwarunkowania w zakresie mechanizacji urządzeń ścianowych. W zarysie nakreślono także program przedsięwzięć do r. 1980 specjalistycznego zaplecza badawczo-rozwojowego resortu górnictwa w zakresie automatyzacji ścian.

Stosowane obecnie w robotach wybierkowych, prowadzonych systemem ścianowym, środki mechanizacji oraz przyjęta technologia wybierania stwarzają realne przesłanki przejścia na wyższą formę sterowania w tym podstawowym ogniwie procesu produkcyjnego. W skład kompleksów ścianowych wchodzi obecnie obudowa zmechanizowana, przenośnik zgrzebłowy, kombajn lub strug, stacje kotwiące oraz urządzenia zasilania hydraulicznego i elektrycznego. Współzależne działanie tych maszyn i urządzeń kompleksu ścianowego, pracującego w cyklicznym reżimie, wydaje się szczególnie podatne do zastosowania automatyzacji. Wprowadzenie automatycznego bądź zdalnego sterowania maszyn i urządzeń ścianowych umożliwi dalsze wykorzystanie czasu pracy maszyn a tym samym wzrost wydobywania oraz radykalną poprawę warunków bezpieczeństwa pracy przez wycofanie załogi z miejsc najbardziej zagrożonych.

Zakres i sposób automatyzacji pracy maszyn i urządzeń ścianowych determinują środki automatyki przystosowane do pracy w warunkach kopalnianych oraz stan podatności maszyn na sterowanie i własności samostabilizacji niektórych urządzeń, jak np. obudowy. Dlatego podjęcie prób wprowadzenia automatyzacji w tym zakresie musi uwzględniać oprócz warunków górniczo-geologicznych także przystosowanie konstrukcyjne i funkcjonalne maszyn i urządzeń.

Prace nad automatyzacją poszczególnych maszyn wchodzących w skład kompleksu ścianowego zostały rozpoczęte kilkadziesiąt lat temu.

W latach pięćdziesiątych podjęto w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej pierwsze próby zautomatyzowania procesu urabiania w systemach komorowo-filarowych. Polegały one na regulacji położenia organu urabiającego w zależności od oporów skrawania mierzonych specjalnymi pomiarowymi nożami organu urabiającego.

Pierwsze prace z zakresu automatyzacji ścian, podjęte w Wielkiej Brytanii w latach sześćdziesiątych, dotyczyły automatyzacji kombajnu wraz z obudową zmechanizowaną. Doprowadziły one do opracowania układów znanych pod nazwą ROLF-1 i ROLF-2. Polegały na regulacji położenia maszyny wraz z organem urabiającym i sterowaniu obudową w oparciu o pomiar czujnikiem węgiel - skała oraz czujnikami położenia obudowy i maszyny. W tym systemie zastosowano również regulację posuwu w funkcji obciążenia silnika głównego a jako organ wykonawczy regulacji położenia maszyny zastosowano przechylne sanie z siłownikami hydraulicznymi. Układ ten wykazał w eksploatacji szereg niedomagań wynikających z mechanicznych własności maszyn oraz układu automatyki szczególnie w trudnych warunkach górniczo-geologicznych. Ponadto układ kontroli położenia nie dawał pełnej potrzebnej informacji o orientacji maszyny w przestrzeni a układ pomiaru granicy węgiel - skała nie uwzględniał przesunięcia między miejscem pomiaru i urabiania.

Próby rozwiązania podobnych układów automatyzacji kombajnu podejmowano również w ZSRR z podobnym skutkiem, wobec czego porzeczano na wprowadzeniu do eksploatacji układów zdalnego sterowania maszyną i urządzeń ścianowych pod wizualną kontrolą obsługi. Aktualnie w górnictwie zagranicznym nie pracuje żaden zautomatyzowany kompleks ścianowy.

Przyczyna dotychczasowych niepowodzeń automatyzacji kompleksów ścianowych należy się doszukiwać zarówno po stronie stanu mechanizacji urządzeń jak i ograniczonych możliwości automatyki. Zasadniczą trudność stanowiły urządzenia do ładowania urobku, które by nie wymagały dodatkowego czyszczenia spągu oraz problemy związane z wyrębaniem i przesuwaniem stacji kotwiącej wraz z osprzętem w chodnikach przyścianowych, z kolei ze strony automatyki problem dokładnego i dostatecznie czułego czujnika węgiel-skała, skorelowanego ze znajomością położenia maszyny i organu urabiającego we wszystkich stopniach swobody.

W polskim górnictwie węglowym opracowywano systemy automatyzacji ścian kombajnowych i strugowych wraz z obudową zmechanizowaną. Stosowano różne zakresy automatyzacji od kompleksowej do grupowego sterowania zmechanizowanej obudowy. Kompleksowo zautomatyzowane ściany kombajnowe obejmowały układy sterowania prędkości posuwu kombajnu, regulacji położenia organu urabiającego, sterowanie przesuwaniem przenośnika oraz przestawianie zespołów obudowy.

Rozwiązania te nie uwzględniały jednak w wystarczającym stopniu rzeczywistej zmienności warunków górniczo-geologicznych, a także nie posiadały środków technicznych do ich przybliżonego pomiaru.

W ramach tych rozwiązań najbardziej wszechstronnie opracowane zostały systemy automatyzacji obudowy, z których zrealizowane 3 typy układów: system typu ASI, system typu BESTA i system typu AS.

System typu ASI bazował na układzie pojedynczego zespołu obudowy wyposażonego w układ automatyzacyjny. Pojedyncze zespoły, połączone linią synchronizującą, stanowiły zautomatyzowany kompleks. Powiązanie faz pracy

obudowy z położeniem kombajnu uzyskano przez stosowanie nadajnika izotopowego na kombajnie i odbiorników rozmieszczonych na poszczególnych sekcjach.

System typu BESTA był centralnym systemem automatyzacji obudowy, opartym na maszynie sterującej zainstalowanej w chodniku. Przekazywane z czujników sygnały stanu obudowy i położenia kombajnu w ścianie stanowiły podstawę rozkazów formowanych w maszynie sterującej dla obudowy i przenośnika.

System typu AS zbudowany był z zespołów systemu BESTA, dostosowanych i zaprogramowanych do współpracy obudowy ze strugiem.

Niezależnie od systemów pełnej automatyzacji pracy obudowy opracowano również układy grupowego sterowania obudowy typu: AGS, PNESTER, GIG-OGS i HYGROS.

W budowie systemu typu AGS zastosowano podzespoły wyposażenia z systemu BESTA. Układ umożliwił zdalne sterowanie z pulpitu 6 zespołów obudowy z każdej strony. Zastosowano tu układ elektryczny z elektrohydraulicznymi przetwornikami do sterowania siłownikami obudowy.

Układ typu PNESTER spełniał podobną funkcję jak AGS z tym, że zbudowany był na bazie elementów pneumatycznych. Zakres sterowania z pulpitu ograniczał się do jednej strony i obejmował 6 zespołów obudowy.

Układ typu GIG-OGS był układem wyłącznie hydraulicznym i pozwalał na sterowanie z pulpitu 7 zespołami obudowy. Układ typu HYGROS, podobnie jak OGS, jest układem hydraulicznym sterowania, z tym że umożliwia kolejne sterowanie 12 zespołami obudowy.

W zakresie automatyzacji maszyn urabiających opracowano i zastosowano układ regulacji prędkości posuwu w funkcji obciążenia silników głównych z regulatorem elektrycznym typu ERT do regulacji wydajności pompy napędzającej silnik.

Obciążenie silników głównych określa się poprzez pomiar prądu jednej fazy. Do napędu ciągnika przewidziano silnik asynchroniczny pierścieniowy z kaskadą tyrystorową umożliwiającą regulację prędkości w szerokim zakresie. Prowadzono również prace nad konstrukcją izotopowego czujnika węgiel-skała. Czujnik ten powinien stanowić podstawowy element regulatora organu urabiającego. W uzyskanym rozwiązaniu stwierdzono poprawność wskazań jedynie przy dużych różnicach gęstości węgla i skały.

W ścianach strugowych w fazie wdrożenia znajduje się obecnie rozwiązanie układu do pomiaru położenia głowicy strugowej w ścianie. Układ wyposażony jest także w czujnik rewersji struga.

Odnośnie przenośników ścianowych realizuje się obecnie układy i czujniki pozwalające na włączenie ich do zautomatyzowanej odstawy przenośnikami taśmowymi.

Omówione systemy i układy trzeba traktować jako próby określenia technicznych możliwości i zakresu zastosowania automatyzacji w ścianach węglowych. W wyniku tych prób można stwierdzić, że dalszy rozwój automaty-

zacji ścian wymaga doskonalenia elementów automatyki i upodatkowania na sterowanie maszyn i urządzeń. Aktualnie stosowane kompleksowo rozwiązania mechanizacyjne w ścianach wydobywczych wykazują jeszcze sporo niedomagań z punktu widzenia podatności na automatyczne sterowanie, a mianowicie:

- stacje kotwiące wraz z pociągami aparaturowym nie są przystosowane do zdalnego przesuwania bez fizycznego udziału obsługi,
- obudowa ścianowa nie pozwala na korygowanie położenia we wszystkich stopniach swobody (np. przechyły) z możliwością przesuwania o zadane przemieszczenia,
- w kombajnie istnieje obecnie jedynie możliwość przemieszczenia organu urabiającego w pionie oraz regulacji prędkości posuwu, w związku z tym brak pełnych możliwości korygowania profilu ociosu,
- w strugach stosowanych obecnie brak możliwości zdalnego korygowania profilu ściany oraz sterowania dociskiem struga do ociosu,
- przenośniki ścianowe posiadają zbyt wielką sztywność z punktu widzenia potrzeb korygowania profilu ociosu i dostawiania obudowy,
- nie rozwiązany pozostaje również problem samoczynnego kruszenia dużych brył lub takiej metody urabiania, która gwarantowałaby określoną granulację urobku.

Na obecnym etapie podstawową sprawą warunkującą rozwiązanie problemu automatyzacji ścian jest opracowanie układu pomiarowego orientacji przestrzennej maszyny urabiającej oraz zespołu środków technicznych do pomiaru węgla odległości do granicy węgiel - skała oraz urządzeń wykonawczych pozwalających na proporcjonalne sterowanie przemieszczeniami i obciążeniami urządzeń ścianowych.

Dla wymienionych układów należy rozwiązać szereg czujników mierzących stan położenia kasztów obudowy, maszyny urabiającej oraz własności górotworu. Czujniki te poza funkcjami wynikającymi z potrzeb systemu sterowania przekazywałyby obsłudze w chodniku przyścianowym informacje o stanie maszyn i urządzeń w razie wystąpienia sytuacji krytycznych lub awaryjnych.

Równie istotną kwestią jest uzyskanie przez urządzenia mechaniczne ściany indywidualnych własności samostabilizacyjnych w niektórych stopniach swobody, jak np. obudowa w zakresie przechyłów, co znacznie zmniejszy liczbę bieżąco sterowanych parametrów przez centralne układy automatyki. Takie podejście do zagadnienia prowadzi do minimalizacji liczby połączeń informacyjnych pomiędzy poszczególnymi urządzeniami w ścianie i pozwala na uzyskanie prostszych i bardziej niezawodnych rozwiązań układów automatyki.

W zakresie urządzeń sterujących najbardziej rokujące wydaje się zastosowanie mikroprocesorów w układach pomiaru parametrów ściany i jej sterowania (obliczanie położenia w przestrzeni i odległości od granicy węgiel - skała, sterowanie położeniem, prędkością i obciążeniem maszyny urabiającej, sterowanie obudową itp.).

Z punktu widzenia warunków górniczo-geologicznych opisany układ automatyki, kontrolujący położenie granicy węgiel - skała względem organu ura-

biającego i w przestrzeni, zapewniłyby przebieg eksploatacji wg zadanych mu strategii i ograniczeń, niezależnie od sposobu zalegania pokładu i skał oraz występujących zaburzeń geologicznych (pokłady strome i niskie, przerosty, uskoki).

Inny kierunek automatyzacji ścian oparty jest na założeniu sterowania przebiegiem skrawu na podstawie informacji o zaleganiu pokładu zebranych w poprzednim skrawie przy pełnej znajomości orientacji przestrzennej maszyny urabiającej. Układ tego typu może funkcjonować poprawnie w pokładach o małym gradiencie zaburzeń. Przy występowaniu nagłych i niespodziewanych zaburzeń (np. uskoki) układ musi być często informowany przez obsługę o ich charakterze i położeniu.

Kolejnym, jeszcze prostszym podejściem do zagadnienia automatyzacji jest wprowadzenie wyłącznie zdalnego sterowania urządzeń ścianowych przez obsługę ulokowaną w chodnikach przyscianowych. Rozwiązanie to może być traktowane jako pierwszy etap automatyzacji a równocześnie jako docelowe dla ścian o małym wydobyciu w trudnych warunkach górniczo-geologicznych w pokładach niskich, stromych, zagrożonych tąpnięciami oraz wyrzutami skał i gazów.

Automatyzacja urządzeń ścianowych, przygotowanych odpowiednio do sterowania, spowoduje znacznie lepsze wykorzystanie maszyn zgodnie z ich nominalnymi reżimami pracy, przez co nastąpi zmniejszenie liczby awarii i poprawa rytmiczności wydobywania. Równocześnie umożliwi to wycofanie stałej obsługi ze ściany do chodników przyscianowych, co znacznie zwiększy bezpieczeństwo pracy.

O celowości zastosowania pełnej automatyzacji ścian zadecyduje ocena efektywności ekonomicznej, wynikającej z kosztów urządzeń automatyki osiągniętych wskaźników produkcyjnych z uwzględnieniem stopnia zagrożenia załogi oraz możliwości poprawnej obsługi urządzeń w danych warunkach górniczo-geologicznych.

Nawiązując do przedstawionego pokrótce stanu dotychczasowych prac nad automatyzacją kompleksów ścianowych oraz możliwych do realizacji kierunków rozwiązania tego problemu należy stwierdzić, że zagadnienie kompleksowej automatyzacji ścian, która powinna doprowadzić do eliminacji ludzi z przodków ścianowych, jest niezmiernie złożone. Trudności w jego rozwiązaniu będzie potęgować zmienność warunków górniczo-geologicznych w przodkach ścianowych, w tym takie jak: bardzo złe warunki stropowe i spągowe, zmienna grubość pokładów, występujące zaburzenia w ścianie (uskoki, muldy, pofałdowania) itp. Natomiast przy stałym zaleganiu pokładu oraz sprzyjających warunkach spągowych i stropowych rozwiązanie problemu automatyzacji kompleksu ścianowego będzie łatwiejsze. Pomimo trudności technicznych i stosunkowo dużych kosztów takiej automatyzacji konieczne jednak jest dalsze prowadzenie prac nad kompleksową automatyzacją ścian umożliwiającą wycofanie załogi z przodków ścianowych zwłaszcza z takich, w których występuje szczególne zagrożenie dla przebywających tam ludzi. W warunkach

polskiego górnictwa zagrożenia takie występują w przodkach ścianowych prowadzonych w pokładach, gdzie istnieją zagrożenia wyrzutu gazu lub skał, w pokładach najbardziej zagrożonych tapaniami oraz w pokładach stromych.

Biorąc pod uwagę te względy, przewiduje się powierzenie w specjalistycznym zapleczu naukowo-badawczym resortu górnictwa prowadzenia dalszych konkretnych prac nad kompleksowym rozwiązaniem automatyzacji ścian. Aktualnie prowadzone prace w tym zakresie powinny doprowadzić do realizacji rozwiązań umożliwiających sterowanie przez obsługę maszyn i urządzeń przodkowych z miejsc bezpiecznych z okresową wizualną kontrolą stanu wyrobiska czy to przy zatrzymanych maszynach, czy będących w ruchu.

W wyniku realizowanych aktualnie i planowanych do rozpoczęcia w okresie do r. 1980 prac z zakresu automatyzacji ścian przewiduje się:

- uruchomienie zautomatyzowanego kompleksu ścianowego do pokładów stromych i cienkich o sprzyjających warunkach zalegania na bazie zmechanizowanej obudowy i struga jako maszyny urabiającej,
- opracowanie układów sterowania obudowami na bazie dotychczasowych doświadczeń,
- opracowanie układów sprzężenia automatycznie sterowanego kompleksu ścianowego z urządzeniami i środkami odstawy oddziałkowej,
- rozwiązanie układu automatycznego sterowania strugiem węglowym, obejmującego samoczynną kontrolę pracy struga i rewersję.

Dla osiągnięcia docelowo praktycznego zastosowania w przyszłości pełnej automatyzacji kompleksów ścianowych zostaną podjęte także prace studialne i badawcze nad rozwiązaniem:

- w pełni zautomatyzowanego sterowania kombajnem, uwzględniającego prędkość posuwu i regulację położenia organu urabiającego,
- metod i środków kontroli pracy i sygnalizacji stanu maszyn i urządzeń w ścianie a także stanu wyrobiska w zakresie warunkującym prawidłowy przebieg procesu wybierania.

Zastosowanie automatycznego sterowania maszynami i urządzeniami ścianowymi, aczkolwiek zwiększającego koszt środków produkcji, należy uznać za celowe a na obecnym etapie rozwoju techniki górniczej wręcz za konieczne. Efekt ekonomiczny tego przedsięwzięcia tkwi głównie w zapewnieniu rytmiczności produkcji, rzutuującej na efektywne wykorzystanie czasu pracy maszyn i urządzeń w całym ciągu technologicznym procesu produkcyjnego kopalni a tym samym na wzrost wydajności. Ponadto automatyzacja kompleksów ścianowych stwarza jedyną realną możliwość wyeliminowania ludzi ze strefy najbardziej zagrożonej w kopalni.

## НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЛАВ

## Резюме

В докладе рассматриваются возможности лучшего использования машин и оборудования лав их автоматизацией. Приводятся опыты полученные в этой области в СССР, США, Великобритании и Польше. Даны направления автоматизации в разных горно-геологических условиях, а также обусловленности в области механизации оборудования лав. В основном намечено тоже программу мероприятий до 1980 г. испытательско-развивающейся специализированной базы ведомства горного дела в области автоматизации лав.

## TRENDS IN WALL WORKINGS AUTOMATION

## Summary

Aspects of automation as a factor increasing equipment capitalising have been presented against experience in the USSR, USA, Great Britain and in Poland. Automation trends in different geological terms were also stated along with a program for research centers to develop the problems to 1980.