

### Recenzja

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Janiny Świątek,**

*pt. „Sposób poprawy pracy stojaka sekcji obudowy zmechanizowanej”*

Podstawa prawna recenzji: Pismo Dyrektora Głównego Instytutu Górnictwa,  
Prof. dr hab. inż. Stanisława Pruska nr NSR/120/2020, z dn. 22.06.2020 r

## 1. Ocena ogólna pracy

Obudowy zmechanizowane są powszechnie stosowane w ścianowych systemach wydobywczych węgla kamiennego w Polsce i na świecie. Są to urządzenia pracujące w ekstremalnie trudnych warunkach kopalń podziemnych. Ze względu na konieczność zapewnienia ciągłości procesu wydobywczego z jednoczesnym bezpiecznym utrzymaniem stropu wymagania konstrukcyjne, niezawodnościowe i eksploatacyjne stawiane sekcjom obudowy zmechanizowanej są bardzo wysokie. To skutkuje m.in. potrzebą stosowania rozwiązań konstrukcyjnych o dużej podporności sekcji ze stojakami o coraz większych średnicach wewnętrznych. Dla potrzeb zachowania dużych prędkości rozpierania i zsuwania się obudowy oraz zabezpieczenia przed przeciążeniami takie podejście determinuje konieczność stosowania układów hydraulicznych sterujących i zabezpieczających o znacznie większych przepływach masowych. Należy przy tym podkreślić, że zwiększanie średnic stojaków, a tym samym ich podporności jest tendencją światową wynikającą z chęci zwiększania koncentracji wydobycia węgla zalegającego w coraz trudniejszych warunkach geologiczno-górnictwowych. Niestety wraz z stosowaniem stojaków o dużych średnicach obserwuje się zjawiska dotychczas niespotykane w nowoczesnych konstrukcjach obudów, pojawiające się z intensywnością prowadzącą często do zagrożenia bezpieczeństwa w ścianie i skutkującą występowaniem awarii wymuszających prowadzenie kosztownych napraw uszkodzeń układów hydrauliki sterującej i zabezpieczającej.

Doktorantka, wychodząc naprzeciw potrzebom projektantów i eksploataatorów obudów zmechanizowanych podjęła się ważnego zadania polegającego na udoskonaleniu metody upodatkowania stojaków o dużych średnicach ze szczególnym uwzględnieniem usprawnienia ich konstrukcji układów zabezpieczających przed przeciążeniem.

Doktorantka do określenia zakresu podejmowanych prac badawczych i wykonania właściwych analiz określających warunki pracy stojaków w warunkach zagrożenia wstrząsami górotworu przyjęła ocenę bieżącego stanu technicznego podzespołów roboczych stojaków wielkośrednicowych na podstawie wnikliwie przeprowadzonej inwentaryzacji uszkodzeń elementów układu hydrauliki sterującej. Zaprezentowany zakres pracy, związany z dostarczeniem szeregu procedur i zaleceń zorientowanych na udoskonalenie rozwiązań technicznych układów sterowania i zabezpieczenia stojaków został oparty na wykorzystaniu dostępnych metod analitycznych, badań modelowych oraz eksperymentalnych prac stanowiskowych, co stanowi w pełni innowacyjne podejście. Doktorantka wykorzystowała przy tym cały szereg nowoczesnych narzędzi optymalizacyjnych i zaawansowanych

technik pomiarowych. Mając na uwadze powyższe uważam, że podjęcie tego tematu przez Doktorantkę było celowe i przemyślane, a tematyka rozprawy jest aktualna i w pełni uzasadniona. Rozprawa składa się z trzynastu rozdziałów, w skład których wchodzi również wprowadzenie, podsumowanie i spis literatury. Dodatkowo w pracy Doktorantka ujęła wykaz podstawowych pojęć i oznaczeń bardzo pomocny w interpretacji opisywanych zjawisk. Jakość prezentacji graficznej zawartej w pracy oceniam bardzo wysoko, rysunki wykonane są starannie i przejrzysto, a literatura cytowana jest poprawnie.

Dwa pierwsze rozdziały pracy stanowią wprowadzenie do podejmowanych prac, w których Doktorantka precyzyjnie określiła obszar badawczy rozprawy oraz dokonała szerokiej analizy literatury krajowej i zagranicznej, niezbędnej do określenia stanu wiedzy i wskazania kierunków realizacji pracy. Można tam znaleźć liczne przykłady zagranicznych aplikacji stojaków o dużej podporności oraz problemy pojawiające się wraz z ich wprowadzaniem do eksploatacji. Podstawowy wniosek z rozdziału to stwierdzenie, że wprowadzenie na rynek obudowy według uregulowań unijnych nie daje gwarancji bezpiecznej pracy w warunkach zagrożenia wstrząsami górotworu. Dla wymienionych warunków sekcje obudowy powinny spełnić dodatkowe wymagania w zakresie ich dynamiki. Odnosi się to w szczególności do sekcji ze stojakami o średnicach ponad 0.3 m. W oparciu o doświadczenia własne wytypowała do badań obudowy wyposażone w stojaki o średnicy I stopnia 0.3m, 0.32m, 0.37m. Fakt ten dodatkowo utwierdza czytelnika w przekonaniu o zasadności podejmowanych w pracy działań.

W rozdziale trzecim jasno zdefiniowano zarówno naukowy jak i użyteczny cel oraz przedstawiono usystematyzowany w formie schematu blokowego zakres podejmowanych w pracy zadań.

Kolejny rozdział przedstawia analizę aktualnie stosowanych sekcji obudów zmechanizowanych wraz z opisem konstrukcji stojaków i warunków eksploatacyjnych. Rozdział daje pogląd na znaczne zróżnicowanie odmian i typów eksploatowanych obudów co w konsekwencji utrudnia prowadzenie prawidłowej gospodarki.

Rozdział 5 i 6 to przedstawienie przewidzianych do analizy obudów i inwentaryzacja uszkodzeń, które doprowadziły w szczególnych przypadkach do wyrabowania sekcji i wstrzymanie eksploatacji. Występujące uszkodzenia hydrauliki sterującej we wszystkich analizowanych wypadkach były podobne i oceniono, że przyczyną są udary hydrauliczne które wystąpiły w układach hydraulicznych stojaka.

Rozdział 7 i 8 przedstawia wyniki analiz przypadków uszkodzeń elementów układu sterowania wytypowanych do badań sekcji obudów. Do ustalenia przyczyn powstawania uszkodzeń dla przypadku sekcji ze stojakami o średnicy cylindra I stopnia  $\phi 0.3m$ , Doktorantka wykorzystała wyniki analiz przepływu cieczy w układzie hydraulicznym, analizę występowania uderzeń oraz wyniki laboratoryjnych badań stojaka z wykorzystaniem udaru masy. Przedstawiono w tej części pracy również analizę awaryjności dla przypadku sekcji ze stojakiem o średnicy I stopnia  $\phi 0.32m$  i  $\phi 0.37m$  opartą na wynikach badań dynamicznych stojaka z wykorzystaniem materiałów wybuchowych, które zostały przeprowadzone na stanowisku w ITG KOMAG. Wyniki badań uzyskane dla obydwu przypadków posłużyły do wypracowania zaleceń technicznych i usprawnienia układów sterowania oraz określenia nowych warunków eksploatacyjnych. Działania te pozwoliły na podtrzymanie eksploatacji zagrożonych ścian.

Rozdziały 9 i 10 to przygotowanie i propozycje modernizacji obudów celem usunięcia przyczyn wystąpienia niebezpiecznych uszkodzeń hydrauliki sterującej. Propozycje zostaną zrealizowane przy okresowych remontach obudów i pozwolą na pełne wykorzystanie parametrów technicznych obudów. Na uwagę zasługuje podejście do zaproponowanych przez Doktorantkę badań modelowych przepływów w przyłączu stojakowym (rozd. 9). Wysoko oceniam zarówno etap przygotowania do



badań związanych z opracowaniem modelu numerycznego jak i uzyskane efekty dla przyjętych wariantów symulacji. Dzięki tym badaniom, Doktorantka wykazała istotny wpływ geometrii strugi cieczy oraz poprzecznego przekroju strugi cieczy na ograniczenie strat jej przepływu z zabezpieczonej przestrzeni stojaka do zaworu ograniczającego ciśnienie. Dodatkowo pozyskała wiedzę na temat wpływu stopnia zapowietrzenia na pracę układu zabezpieczającego.

Znaczącym dokonaniem poznawczym Autorki są wyniki analiz zachowania różnych rozwiązań przyłącza służącego do wyprowadzenia cieczy z przestrzeni roboczej podtłokowej stojaka, wypracowane na podstawie szeroko zakrojonych badań stanowiskowych z wykorzystaniem obciążeń dynamicznych. Na podkreślenie zasługuje zaproponowany przez Doktorantkę plan badań, uwzględniający różne warianty rozwiązań przyłączy, z uwzględnieniem wyników wcześniej przeprowadzonego modelowania numerycznego. W efekcie tych prac Doktorantka zaproponowała kompleksową modernizację stojaka w zakresie sposobu wyprowadzania cieczy z przestrzeni podtłokowej stojaka, podłączenia zaworów hydraulicznych w układzie sterowania, co umożliwiło także zdefiniowanie nowych parametrów roboczych sekcji wraz z ich upodatnieniem. W tym miejscu chciałbym wyraźnie podkreślić aplikacyjny charakter uzyskanych wyników prac, które skutkują ograniczeniem awaryjności układów sterujących, dając przy tym możliwość pełnego wykorzystania własności podpornościowych analizowanych w pracy sekcji obudów.

Ciekawą propozycją zawartą w pracy jest koncepcja prowadzenie badań modelowych stojaków o dużych średnicach I stopnia dla uzupełnienia stosowanej w GiG metody upodatnienia sekcji obudowy zmechanizowanej (rozd. 12). Dla założonej masy udarowej i wysokości swobodnego spadku, zaproponowana przez Doktorantkę procedura analityczna pozwala wyznaczyć przeciążenia sekcji wskutek wstrząsu górotworu i przebieg obciążenia stojaka z zaworami. Walidacja uzyskanych wyników mogłaby zdaniem Autorki odbywać się z wykorzystaniem modeli fizycznych w pomniejszonej skali. Choć przedstawione rozważania na tym etapie mają charakter koncepcyjny i wymagają dalszych prac, wydają się być bardzo obiecujące, a z uwagi na rosnące oczekiwania użytkowników celowe.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że uzyskane wyniki analiz i pomiarów znacznie poszerzają zakres wiedzy na temat eksploatacji obudowy zmechanizowanej ze stojakami o dużych średnicach, a praca zawiera cały szereg wniosków o istotnym znaczeniu praktycznym.

## 2. Uwagi dyskusyjne

1. Wyniki analiz przypadków uszkodzeń elementów układu sterowania wytypowanych do badań sekcji obudów (Rozdz. 7 i 8) posłużyły do wypracowania zaleceń technicznych i wskazały kierunki modernizacji rozwiązań układu sterowania stojakiem. Ponieważ trudno jest ocenić stopień zaangażowania Doktorantki, a treść wskazuje bardziej na przywołanie wyników badań z literatury, proszę o komentarz czy i w jakim zakresie Doktorantka uczestniczyła w tych pracach badawczych?
2. Przywołane powyżej zalecenia techniczne związane ze zmianą budowy układu sterowania stojakiem i optymalnymi parametrami roboczymi pracy sekcji ze stojakami o średnicy I stopnia  $\phi$  0.32 m i  $\phi$  0.37 m okazały się być skuteczne w działaniach doraźnych i umożliwiły bezpieczne kontynuowanie prowadzenia eksploatacji ściany. Doktorantka wskazała, że podporność robocza  $P_r$  stojaka w obydwu przypadkach powinna wynosić maksymalnie 32 MPa. Na jakiej zatem podstawie, w rozdz. 11, na str.107, dla tych samych średnic zaproponowano ujednoczenie

parametrów stojaka z ciśnieniem roboczym równym 38MPa. Proszę o komentarz, z czego to wynika?

3. Na podporność sekcji obudowy zmechanizowanej istotnie wpływają czynniki eksploatacyjne, do których należą przede wszystkim uzyskiwana podporność wstępna, zróżnicowanie rozparcia stojaków w sekcji oraz w sekcjach sąsiednich. Czynniki te powodują również nierównomierne obciążanie stojaków sekcji obudowy. Stąd pytanie, czy w trakcie prowadzonych dynamicznych badań stanowiskowych Doktorantka uwzględniła to zjawisko?
4. Urazy hydrauliczne w układach zabezpieczających stojak charakteryzują się częstotliwościami drgań rzędu kilkuset herców (Hz). Proszę wyjaśnić jakie przesłanki techniczne zdecydowały o tym, że w trakcie dynamicznych badań stanowiskowych rejestrację ciśnienia cieczy w jego przestrzeni podtłokowej dokonywano z częstotliwością próbkowania znacznie większą tj. 9,6 kHz.
5. Do badań prowadzonych w małej skali Doktorantka zaproponowała skalę od 1:5 do 1:10, która pozwoliłaby zastąpić stojaki o dużych średnicach I stopnia stojakiem jednoteleskopowym o podwyższonej wytrzymałości i średnicy tłoka w zakresie od 0,1 do 0,12m. Zalecam w tym miejscu przeprowadzić dodatkowo analizę wymiarową, która pozwoli zapewnić niezmienniczość modelu fizycznego i umożliwi weryfikację hipotezy o kompletności zmiennych opisujących badany proces.

### 3. Uwagi redakcyjne

Podczas lektury pracy zauważono kilka mało istotnych potknięć redakcyjnych. Najważniejsze z nich to:

- 6<sup>17</sup> (co oznacza stronę 6, od góry 17 wiersz) powinno być „*odcinka*”
- 22<sup>9</sup> powinno być „*ciecz*”
- 36<sup>8</sup> błędne oznaczenia przywołanego nr tabeli i rozdziału, powinno być „*...wg tabeli 2.2 zamieszczonej w punkcie 2.2 opracowania*”,
- 37<sup>2</sup> sumy udziałów procentowych z rys. 4.1 wyrobisk ścianowych prowadzonych w średnim stopniu zagrożenia wstrząsami daje 30% a nie 29% ,
- 87<sup>4</sup> powtórzenie niepoprawnie użytego zwrotu, powinno być „*wyprowadzenia wykorzystywane...*”
- 115<sup>8</sup> powinno być: „*Pozwała to na wykorzystanie urządzenia kafarowego...*”

### 4. Wniosek końcowy

W przedstawionej do recenzji pracy Doktorantka wykazała umiejętność samodzielnego prowadzenia badań, formułowania celów badawczych, odpowiedniego wnioskowania i rozwiązywania zagadnień teoretycznych i eksperymentalnych. Praca poszerza zakres wiedzy z zakresu eksploatacji stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej. Sposób rozwiązania problemów naukowych i badawczych świadczy o dobrym opanowaniu wiedzy przez Doktorantkę oraz Jej bardzo dobrym przygotowaniu do pracy naukowej. Recenzowana praca mgr inż. Janiny Świątek pt.: „Sposób poprawy pracy stojaka sekcji obudowy zmechanizowanej” dotyczy dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych. W związku z powyższym, zgodnie z obowiązującą ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.



Przedstawiona koncepcja badawcza jest oryginalna, a osiągnięte cele stanowią ważne osiągnięcia naukowe. Na podkreślenie zasługuje użyteczny charakter wielu wyników badań. Czytając pracę można odnieść wrażenie, że Autorka swobodnie porusza się w obszarze zagadnień związanych z podejmowaną tematyką. Najważniejszym osiągnięciem pracy są wypracowane rozwiązania techniczne dotyczące sposobu wyprowadzania cieczy z przestrzeni podtłokowej stojaka, podłączenia zaworów hydraulicznych w układzie sterowania, a także samych parametrów roboczych sekcji. Zmodernizowane stojaki w porównaniu do dotychczas stosowanych rozwiązań zapewniają poprawę warunków utrzymania stropów oraz minimalizują ryzyko wystąpienia kosztownych awarii. W związku z tym przedkładam Radzie Naukowej Głównego Instytutu Górnictwa wniosek o wyróżnienie pracy.

