

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Krauze  
Akademia Górniczo-Hutnicza  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Kraków, dnia 05 sierpnia 2020 r.

### **Recenzja pracy doktorskiej**

**mgr inż. Janiny Świątek pt.: „Sposób poprawy pracy stojaka sekcji  
obudowy mechanizowanej”**

#### **1. Wprowadzenie.**

Recenzję pracy doktorskiej Pani mgr inż. Janiny Świątek dokonano na prośbę Rady Naukowej Głównego Instytutu Górniczo-Hutniczego w Katowicach.

Przedmiotową ocenę opracowano na podstawie otrzymanego egzemplarza pracy doktorskiej przekazanego wraz z pismem przewodnim z dnia 22.06.2020 r. (NSR/R1/2020). Do oceny pracy doktorskiej wzięto również pod uwagę wystąpienia Doktorantki na konferencjach naukowych i seminariach w których osobiście uczestniczyłem.

#### **2. Uzasadnienie celowości podjęcia tematu.**

Zmechanizowane ścianowe kompleksy kombajnowe i strugowe składają się z trzech podstawowych maszyn, czyli maszyny urabiająco-ładującej, którą może być frezujący kombajn ścianowy lub rzadziej strug, zgrzeblowych przenośników ścianowych kombajnowych lub strugowych oraz zmechanizowanych obudów ścianowych kombajnowych lub strugowych.

Zmechanizowana obudowa ścianowa spełnia w tym układzie maszyn rolę urządzenia zapewniającego stateczność wyrobiska ścianowego w określonym czasie. Wymagania te sprecyzowane są na etapie doboru, najpierw przez użytkownika, a potem przez producenta, przy uwzględnieniu stosownych norm, rozporządzeń oraz metod (GIG). Równolegle wymagana jest jej współpraca z pozostałymi elementami kompleksu ścianowego, by w efekcie uzyskać założone wydobycie dobowe, przy zapewnieniu maksymalnego bezpieczeństwa. Dlatego parametry konstrukcyjne i kinematyczne oraz energetyczne tych maszyn muszą być kompatybilne. Stąd też niewłaściwy dobór tych parametrów, jak również każda awaria maszyny urabiającej, przenośnika zgrzeblowego, czy obudowy skutkuje zmniejszeniem wydobycia dobowego i konkretnymi stratami finansowymi, stwarzając przy tym różnego rodzaju zagrożenia. Szczególnie awarie obudowy ścianowej stwarzają największe problemy, tak techniczne jak i finansowe. Należy zaznaczyć, że powyższe uwagi dotyczą wszystkich obudów ścianowych, choć w chwili obecnej, nie tylko w Polsce, stosowane są prawie wyłącznie zmechanizowane ścianowe obudowy podporowo-osłonowe z przegubem leminiskatowym. Obudowa ta składa się z części konstrukcyjnej (stropnice, osłona odzawałowa, osłony boczne, przegub leminiskatowy, spąglica z układem przesuwu, podpory-stojaki, siłownik zastrzałowy) oraz układu hydraulicznego (zasilanie, sterowanie).

Obserwacja pracy obudowy oraz występujące awarie związane są najczęściej z układem hydraulicznym, który odpowiedzialny jest za dostarczenie emulsji (zasilanie sekcji obudowy) oraz realizacją poszczególnych jej funkcji. Występujące awarie układu



hydraulicznego obniżają czas dyspozycyjny poszczególnych sekcji obudowy, jak i całości oraz muszą być na bieżąco usuwane. Najwięcej problemów technicznych i finansowych nastęcza usuwanie awarii samych stojaków, jak i ich układu zasilania i sterowania. Oczywiście rodzaje awarii i ich częstotliwości występowania wiążą się również z zakresem pracy obudowy i jej podpornością. Dlatego są w wielu przypadkach różne dla obudów do niskich, średnich i wysokich ścian.

Obserwacja pracy obudów do wysokich ścian i wymagane ich duże podporności, a tym samym większe średnice tłoczysk stojaków w stosunku do pozostałych, ujawniły nowe rodzaje awarii układu hydraulicznego dotychczas nie występujących. Awaryje te w przypadku tych obudów są szczególnie uciążliwe, gdyż uszkodzeniom ulegają elementy układu hydraulicznego, zapewniające prawidłowe jej funkcjonowanie, choć spełnione są wymagania stosownych norm, rozporządzeń oraz metod (GIG). Rozwiązanie powyższych problemów jest konieczne i zasadne, stąd należy uznać za celowe podjęcie się przez Doktorantkę realizacji tego tematu jako pracy doktorskiej.

### 3. Ogólna charakterystyka i zakres pracy.

W oparciu o dotychczasowy stan wiedzy zaczerpnięty z literatury (104 pozycje) oraz analizy uszkodzeń hydraulicznych stojaków o dużych średnicach cylindrów, powyżej 300 mm, Autorka dokonała próby uzasadnienia celowości podjęcia prac związanych z wyjaśnieniem występujących niekorzystnych zjawisk akurat tylko w tych stojakach.

W rozdziale pierwszym krótko scharakteryzowała istotę zagadnienia związanego ze wstrząsami górotworu, upodatnieniem obudów i występowaniem udarów hydraulicznych.

W rozdziale drugim zamieściła krótki opis, jedynej stosowanej w Polsce, metody doboru obudów uwzględniającej warunki górniczo-geologiczne panujące w wyrobisku ścianowym (metoda GIG). Wykazała, że zastosowanie tej metody (wskaźnik nośności stropu „g”, stopień dociążenia obudowy  $n_{Lz}$ , gwałtowne zaciśnięcie wyrobiska, upodatnienie obudowy, dynamiczne badania stanowiskowe) dla obudów ze stojakami o dużych średnicach nie wyjaśnia przyczyn występowania zjawiska udarów hydraulicznych oraz wzbudzenia się układów w nich samych oraz w zabezpieczeniach. Podsumowując ten rozdział stwierdzono, że spełnienie przez sekcje obudowy ścianowej niezbędnych wymagań oraz przeprowadzenie dodatkowych badań nie uchroniło hydrauliki sterującej stojaków przed jej awariami. Dlatego konieczne jest poszukiwanie przyczyn występowania tych uszkodzeń i możliwości ich zlikwidowania. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że wniosek ten jest bardzo mało uzasadniony, a poparcie znajduje dopiero w następnych rozdziałach.

Rozdział trzeci zawiera cel pracy doktorskiej i cel użytkowy oraz zakres w formie schematu ideowego. Sprecyzowano w nim cel pracy jako zapewnienie bezpiecznej eksploatacji sekcji obudowy zmechanizowanej w warunkach wstrząsów górotworu w drodze usprawnień układów zabezpieczających stojak przed przeciążeniem. Natomiast cel użytkowy sformułowano jako doskonalenie metod upodatnienia dla stojaków o dużych średnicach oraz propozycje usprawnień konstrukcji układów zabezpieczających stojak, dla minimalizacji skutków występowania udarów hydraulicznych. Zakres jak i sposób realizacji pracy przedstawiono w formie schematu bez komentarza.

Rozdział czwarty, zawiera informacje dotyczące wybranych parametrów technicznych obudów ścianowych, dokonanych na podstawie realizacji prac badawczo-rozwojowych przez GIG. Stwierdzono, że obecne i nadające się przewidzieć w przyszłości warunki górniczo-geologiczne w GZW spowodują, że udział ścian w silnym stopniu zagrożenia wstrząsami górotworu będzie rósł (przeciążenie sekcji). Również analiza parametrów obecnie stosowanych stojaków jednoteleskopowych i dwuteleskopowych, uwzględniająca głównie ich



średnice tłoczyisk, wskazuje jednoznacznie na coraz większy udział stojaków ze średnicami powyżej 300 mm zasilanych ciśnieniem od 25 do 32 MPa.

W rozdziale piątym krótko scharakteryzowano przedmiot badań, czyli sekcje obudowy ścianowej podporowo-osłonowej, zwracając uwagę na budowę stojaków, ich system sterowania oraz warunki pracy w ścianie. Pomimo zachowania wszelkich wymagań związanych z wprowadzeniem tych obudów do eksploatacji zauważono wiele uszkodzeń elementów układu sterowania stojaków wynikających ze wstrząsu górotworu. Stąd w rozdziale szóstym opisano wyniki prac związanych z inwentaryzacją i identyfikacją uszkodzeń elementów układu sterowania stojaków. W podsumowaniu zaznaczono, że uszkodzenia układu sterowania wynikają prawdopodobnie z dużej zmienności ciśnień cieczy hydraulicznej.

W rozdziale siódmym, mając na uwadze wnioski z rozdziału szóstego, przeprowadzono analizę uszkodzeń elementów układu sterowania sekcji ze stojakami dwuteleskopowymi o średnicy cylindra pierwszego stopnia wynoszącym 300 mm. Ustalenie przyczyn powstania uszkodzeń w układzie sterowania stojakiem poszukiwano poprzez analizę przepływu cieczy, wyznaczając jej prędkość, prędkość propagacji fali ciśnieniowej, wartość ciśnienia uderzenia hydraulicznego i okres fali uderzeniowej oraz badań stanowiskowych z wykorzystaniem wymuszeń udarowych. Mając to wszystko na uwadze oraz podporność i upodatnienie stojaka wraz z prawidłowym rozparciem sekcji obudowy sformułowano praktyczne zalecenia umożliwiające dalszą bezawaryjną eksploatację tej obudowy.

Rozdział ósmy to analiza sekcji obudowy ze stojakami o średnicy pierwszego stopnia 320 i 370 mm, gdzie zaobserwowano występowanie podobnych uszkodzeń układu sterowania. Jednak w tym przypadku, po dokonaniu analizy uszkodzeń, stwierdzono konieczność wprowadzenia zmian konstrukcyjnych i eksploatacyjnych. Zmiany te umożliwiły dalszą bezawaryjną eksploatację tych obudów.

W obu przypadkach, ale nie tylko, zauważono również wprowadzanie przez producentów w stojakach sekcji obudów, zabezpieczeń przed przeciążeniem, gdzie wydłuża się znacznie rurkę łączącą zawór bezpieczeństwa z komorą podtłokową. Wtedy zmienia się charakterystyka przepływu i opory przepływu. Poszukiwanie najkorzystniejszej długości i średnicy rurki na drodze badań modelowych opisano w rozdziale dziewiątym. Efektem tych badań było stwierdzenie wpływu średnicy rurki na opory przepływu oraz niewielki wpływ na nie chropowatości rurki i jej zapowietrzenia. Wynikiem badań modelowych było również zaprojektowanie różnych przyłączy, które następnie wykorzystano do badań stojaka na stanowisku laboratoryjnych.

Realizację badań stojaka dwuteleskopowego z różnymi przyłączami opisano w rozdziale dziesiątym. Do badań zaprojektowano i wykonano cztery warianty podłączenia zaworu bezpieczeństwa z komorą podtłokową przedmiotowego stojaka. W następstwie powyższego możliwe było przeprowadzenie badań na stanowisku kafarowym, gdzie mierzono i rejestrowano przebiegi ciśnień w komorze podtłokowej stojaka oraz przy zaworze bezpieczeństwa. Opracowanie wyników badań oraz ich analiza potwierdziły wpływ miejsca mocowania zaworu bezpieczeństwa na pulsację ciśnienia (amplituda, częstotliwość), na drodze zawór i przestrzeń podtłokowa. Podobna sytuacja wystąpiła przy badaniu dynamicznym, z wykorzystaniem materiału wybuchowego, tego samego stojaka. Rekomenduje się w tym przypadku stosować przyłącza, gdzie rurka jest jak najkrótsza i prowadzona na zewnątrz stojaka.

Rozdział jedenasty to opis propozycji modernizacji układu zabezpieczającego sekcje ze stojakami o średnicy pierwszego stopnia 320 i 370 mm. Modernizacja ma obejmować sam stojak i układ sterowania oraz dla tej obudowy ustalenie nowych parametrów roboczych sekcji



wraz z ich upodatnieniem.

W rozdziale dwunastym zaproponowano koncepcję badań modelowych stojaków o dużych średnicach stopnia pierwszego, przy wykorzystaniu stanowiska kafarowego. Zaproponowano stosowną procedurę badań oraz parametry zadawane i mierzone.

Podsumowanie całej pracy, zamieszczono w rozdziale trzynastym, gdzie przedstawiono uzyskane rezultaty i osiągnięcia, częściowo już zastosowanych (wykorzystane praktycznie) i propozycje dalszych badań.

Całość pracy wraz ze streszczeniami w języku polskim i angielskim oraz spisem literatury, rysunków i tabel została zawarta na 130 stronach.

#### **4. Ocena merytoryczna pracy.**

Rozprawa doktorska mgr inż. Janiny Świątek ma charakter pracy analityczno-empirycznej z przewagą tej ostatniej, a jej efektem końcowym jest dokładniejsze poznanie zjawisk zachodzących w układzie hydraulicznym obudowy ścianowej, przeznaczonej do pracy w warunkach zagrożenia wstrząsami górotworu, przy dużych średnicach stojaków (powyżej 300 mm). Temat pracy jak i sposób jej realizacji jest wynikiem współpracy Jednostki Badawczej jakim jest GIG z przemysłem wydobywczym, głównie polskim, a w tym przypadku Doktorantki.

Niepokojące zjawiska jakie zaobserwowane w czasie eksploatacji zmechanizowanych obudów ścianowych podporowo-osłonowych powodujące awarie układów sterowania i zabezpieczenia, które zaczęły występować w momencie zastosowania stojaków o dużych średnicach cylindra, powyżej 300 mm, były powodem zajęcia się tym problemem i podjęcia działań dla ustalenia i rozwiązania przyczyny ich występowania. Zjawiska te nie występowały wcześniej, gdy stosowano stojaki o mniejszych średnicach. Dlatego podjęcie się rozwiązania tego problemu należy uznać za celowe i właściwe, tym bardziej, że uzyskane rezultaty spowodowały likwidację tych uszkodzeń.

Zakres pracy obejmuje omówienie dotychczasowego stanu wiedzy w tym temacie, przeprowadzenie inwentaryzacji uszkodzeń oraz badań analitycznych i eksperymentalnych. W następstwie tego możliwe było zaproponowanie innego, nowego podejścia do projektowania i wykonania układów sterowania stojakami sekcji obudowy oraz jej upodatnienia. Za bardzo pozytywne fakt należy uznać bezpośrednią aplikację wyników pracy na obiektach rzeczywistych, umożliwiających ich dalszą eksploatację oraz przedłożenie propozycji modernizowania stojaków i układu sterowania w czasie remontu.

Prace Autorka poprzedziła rozeznaniem literatury z dziedziny dotyczącej tematu. Dobór literatury, na który powołuje się Autorka w tekście należy uznać za trafny, tym bardziej, że wykorzystywała również informacje związane z wcześniej prowadzonymi badaniami w GIG.

Cele pracy, rozprawa doktorska i użyteczny, założone przez Autorkę zostały osiągnięte w całości, pomimo przeprowadzenia trudnych badań eksperymentalnych i analitycznych.

Autorka przeprowadziła najpierw inwentaryzację i analizę uszkodzeń, a następnie poszukiwała przyczyn ich występowania. Realizowała to na drodze badań analitycznych (przepływ, udar hydrauliczny) i empirycznych (stanowisko kafarowe). Wynikiem tych badań było opracowanie zaleceń umożliwiających dalszą i bezawaryjną eksploatację tych obudów (stojaki o średnicy 300 mm). Natomiast dla obudów ze stojakami o średnicy 320 i 370 mm usunięcie przyczyn występowania uszkodzeń okazał się trudniejszy, gdyż wymagało to zmian konstrukcyjnych i ponownego ich doboru (wskaźnik nośności stropu „g”, upodatnienie



obudowy, ciśnienie zasilania). Podobnie jak w poprzednim przypadku umożliwiło to dalszą eksploatację obudów, aż do planowanego remontu.

W konsekwencji powyższego wymaganiem stało się przeprowadzenie badań modelowych przepływu cieczy w rurce łączącej zawór bezpieczeństwa z przestrzenią podtłokową stojaka co skutkowało zaproponowaniem jej skrócenia, by nie wywoływać uderzeń hydraulicznych o dużych amplitudach i częstotliwościach. Potwierdzeniem słuszności tej propozycji opartej na badaniach modelowych były wyniki badań stojaka ( $\phi 320$  mm), z różnymi przyłączami i wyposażeniem przeprowadzone na stanowisku z wymuszeniem kafarowym (GIG, cztery warianty) i materiałem wybuchowym (ITG KOMAG, pięć wariantów). Najważniejszym efektem tych badań jest potwierdzenie konieczności stosowania jak najkrótszej rurki, by różnice ciśnień były jak najmniejsze i do zaakceptowania (awarie).

Mając na względzie ilość stosowanych w polskim przemyśle wydobywczym stojaków o średnic  $\phi 320$  i  $370$  mm zaproponowano ich modernizację poprzez wprowadzenie dodatkowego zaworu, a proces ten winien być przeprowadzony w momencie przekazania stojaków do remontu.

Na uwagę zasługuje również fakt opracowania koncepcji badań modelowych stojaków o dużych średnicach wraz z procedurą ich prowadzenia. Pozwoli to obniżyć koszty badań oraz dokładniej poznać zjawiska zachodzące w układzie hydraulicznym obudowy przy wymuszanych obciążeniach udarowych (wstrząsy górotworu).

Przeprowadzone badania oraz ich opracowanie stanowią oryginalny dorobek Autorki, umożliwiające ocenę rzeczywistego układu sterowania i zabezpieczenia obudowy ścianowej oraz wykorzystanie wytycznych projektowania tych układów. Pozwala to na pozytywną ocenę tych osiągnięć, tym bardziej, że część z ich została jak to już wcześniej zaznaczono, zastosowana i przyniosła pozytywne efekty.

Mając na uwadze złożoność zjawisk występujących w czasie badań ścianowej obudowy podporowo-osłonowej, jak również stojaków oraz trudności metodologiczne i techniczne w pomiarze różnego rodzaju obciążeń (energia udaru, siły, parametry zasilania), jak również sposób prowadzenia eksperymentu i opracowanie oraz analizę wyników badań, to można pozytywnie ocenić umiejętności i samodzielność Doktorantki.

Należy jednocześnie zaznaczyć, że praca, od strony edytorskiej, została przygotowana bardzo starannie z niewielką ilością trudno zauważalnych błędów, które przekazano oddzielnie Doktorantce, celem wykorzystania w przypadku publikacji.

Studiując pracę nie znalazłem dostatecznego wyjaśnienia i uzasadnienia dwóch ważnych zagadnień, a mianowicie:

- jakie procedury zostały zastosowane wprowadzając na biegu ścian zmiany warunków pracy obudów i wymiany układów sterowania,
- jak uzasadni Doktorantka celowość proponowanego wprowadzania ujednoczonych parametrów roboczych sekcji.

Liczę na odpowiedź na postawione pytania podczas publicznej obrony.

## 5. Uwagi końcowe.

Praca doktorska mgr inż. Janiny Świątek stanowi oryginalny dorobek Autorki o charakterze naukowym i praktycznym. Wnosi dostateczny wkład w dziedzinę dotyczącą projektowania, konstruowania i eksploatacji zmechanizowanych obudów ścianowych, podporowo-osłonowych z przegubem leminiskatowym, a szczególnie układów zasilania i sterowania sekcjami.

Na podstawie przeprowadzonej przez Doktorantkę analizy prac badawczych z tej

dziedziny i oceniając sposób rozwiązania postawionego zagadnienia można stwierdzić, że Autorka wykazuje wystarczającą samodzielność i dostateczny stopień wiedzy w dziedzinie Nauk Technicznych w zakresie dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, której rozprawa dotyczy.

Biorąc pod uwagę wszystkie cechy oryginalności pracy, wystarczającą samodzielność Autorki w realizacji pracy, stwierdzam, że przedstawiona do oceny praca mgr inż. Janiny Świątek pt.: „*Sposób poprawy pracy stojaka sekcji obudowy zmechanizowanej*” spełnia wymagania zawarte w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o jej przyjęcie oraz dopuszczenie do publicznej obrony”.

Równocześnie wnoszę do Wysokiej Rady propozycje jej wyróżnienia. W uzasadnieniu podnoszę jej istotny udział w utrzymaniu eksploatacji czterech zagrożonych ścian, opracowanie propozycji optymalizacji konstrukcji stojaka wraz z układem sterującym, ujednoczenia parametrów roboczych sekcji ze stojakami o średnicy pierwszego stopnia 320 mm oraz badań modelowych z wykorzystaniem urządzenia kafarowego w GIG, umożliwiających potwierdzenie wyników ocen upodatnienia.



Krzysztof Krauze