

Efektywność wykorzystania i bezpieczeństwo techniczne górnictwa obudowy zmechanizowanej - PRASS III

Dariusz Jasiulek
Sławomir Bartoszek
Jan Lubryka

Productivity and safety of shield support – PRASS III

Streszczenie:

Artykuł opisuje cele projektu badawczo rozwojowego PRASS III „Productivity and safety of shield support” realizowanego przez ITG KOMAG w międzynarodowym konsorcjum i współfinansowanego przez Europejski Fundusz Węgla i Stali. Projekt PRASS III dotyczy aspektów współpracy ścianowej obudowy zmechanizowanej z górotworem, w kontekście bezpieczeństwa załogi górniczej oraz bezpieczeństwa technicznego. Wydobycie węgla kamiennego realizowane jest najczęściej z wykorzystaniem ścianowego kompleksu zmechanizowanego, w skład którego wchodzi maszyny podstawowe, takie jak kombajn ścianowy, przenośnik ścianowy oraz obudowa zmechanizowana, zabezpieczająca strop wyrobiska.

Słowa kluczowe: sekcja obudowy zmechanizowanej, pomiar geometrii sekcji obudowy zmechanizowanej, automatyzacja

Keywords: shield supports, measurement of the shield support geometry, automation

Abstract:

Objectives of PRASS III „Productivity and safety of shield support” research project realized by KOMAG in the international consortium co-financed by the Research Fund for Coal and Steel are presented. PRASS III project concerns the aspects of cooperation of a shield support with rock mass regarding the safety of mine crew as well as technical safety. Hard coal mining is most frequently realized with use of powered longwall system consisting of the main machine such as longwall shearer, AFC and the shield support protecting the roadway roof.

1. Wprowadzenie

Jednym z podstawowych systemów wydobywczych w górnictwie węgla kamiennego jest system ścianowy. Wydobycie w tym systemie realizowane jest przez ścianowy kompleks zmechanizowany składający się, między innymi, z trzech głównych maszyn: obudowy zmechanizowanej (rys. 1), maszyny urabiającej oraz przenośnika ścianowego. Podstawową funkcją ścianowej obudowy zmechanizowanej jest zabezpieczanie pracującej tam załogi oraz pozostałych maszyn [12, 13, 18]. Postęp w dziedzinie automatyzacji ścianowych systemów zmechanizowanych rzadko uwzględnia monitorowanie zachowania stropu i predykcję niekontrolowanych zjawisk wynikających z współpracy górotworu z obudową zmechanizowaną, takich jak obwały skał w obrębie czoła ściany. Obecnie instalowane są systemy monitorowania parametrów sekcji obudowy zmechanizowanej, najczęściej czujniki ciśnienia, jednak dane z tych systemów nie służą do analizy sytuacji w zakresie stanu stropu. Głównym celem projektu jest system predykcji obwałów stropu. Obwał stropu w obrębie ściany wydobywczej oraz jego niekontrolowane zachowanie za linią obudowy zmechanizowanej stanowi realne zagrożenie dla życia ludzi oraz może wpływać niekorzystnie na stan techniczny maszyn.



Rys. 1. Sekcje obudowy zmechanizowanej [20]

W polskim przemyśle wydobywczym obudowa zmechanizowana rzadko jest monitorowana, w przeciwieństwie do pozostałych maszyn kompleksu, a to od niej w znacznym stopniu zależy efektywność i bezpieczeństwo prowadzenia wydobywania. Kombajny ścienne wyposażone są w zaawansowane systemy sterowania oraz diagnostyki, włączenie z systemami termowizyjnymi [8] i wibrodiagnostycznymi [6]. Przenośniki ścienne wyposażane są w systemy adaptacyjnego sterowania, uzależniającego prędkość liniową od obciążenia oraz systemy automatycznego napinania łańcucha [3].

Aspekty związane ze współpracą obudowy zmechanizowanej z górotworem, wpływające na prawidłowe utrzymanie stropu, mają znaczący wpływ na efektywność i bezpieczeństwo prowadzenia eksploatacji w kopalniach węgla kamiennego. Na stateczność stropu wpływają między innymi szerokość ścieżki przczołowej, parametry podpornościowe sekcji obudowy zmechanizowanej (podporność wstępna i podporność robocza), układ sterowania oraz wysokość urabiania [2].

Analiza literatury branżowej wskazuje, że uzasadnione jest monitorowanie podstawowych parametrów pracy sekcji obudowy w kontekście jej współpracy z górotworem oraz pozostałymi maszynami kompleksu. Jednym z kluczowych parametrów związanych z prawidłową pracą obudowy jest jej podporność wstępna – ciśnienie jakie należy uzyskać w trakcie rozpierania obudowy. Głównym elementem hydraulicznego układu podpornościowego sekcji ściennej obudowy zmechanizowanej jest stojak hydrauliczny [1, 10, 11, 17]. Jego parametry decydują w dużej mierze o podporności sekcji.

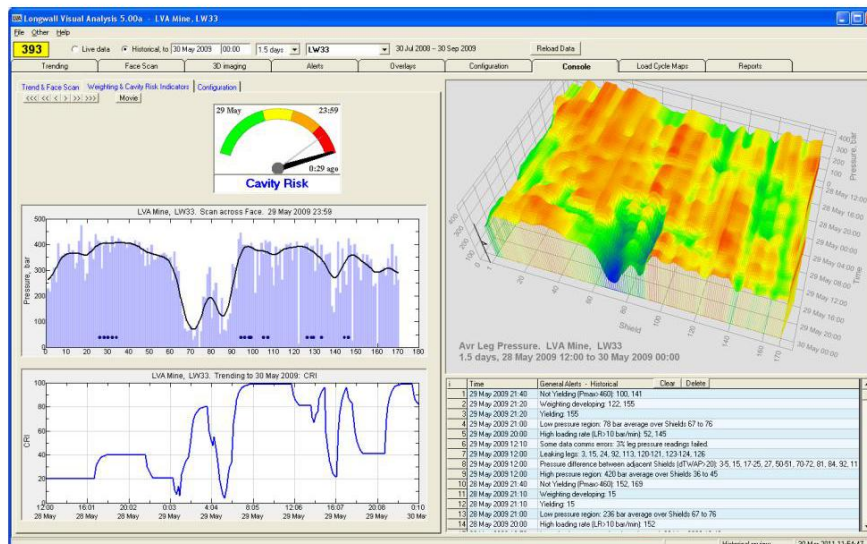
Podporność wstępna wpływa na cały cykl pracy sekcji obudowy zmechanizowanej oraz na zdolność przenoszenia obciążeń. Jak podaje [9], na podstawie przeprowadzonych badań w dwóch ścianach zawałowych, sekcje nie były prawidłowo rozpierane w niektórych rejonach ściany – nie osiągnięto podporności wstępnej. Badania prowadzone były z użyciem przewodowego systemu pomiarowego, czujniki zainstalowane zostały w przestrzeniach podtłokowych stojaków hydraulicznych. W pracy [7] autor wskazał, że nieprawidłowe rozpieranie sekcji wpływa również na asymetryczne obciążenie stojaków w sekcji rozpieranej i w sąsiednich. Wynika to z losowego rozpierania sekcji sąsiadujących z sekcją badaną. Jednym z wniosków organizacyjnych wskazanych przez autora pracy jest konieczność doskonalenia techniki pomiarowej w kierunku jej niezawodności [7]. Odnotowano bowiem problemy techniczne związane z okablowaniem systemu.

Konieczność monitorowania ciśnienia w stojakach sekcji obudowy wskazuje również autor pracy [4]. Zaprezentowane oprogramowanie umożliwia predykcję wystąpienia obwałów

stropu w rejonie ściany wydobywczej. Oprogramowanie bazuje na pomiarze ciśnienia w stojakach obudowy.

Na świecie prowadzonych jest wiele prac badawczych, związanych z modelowaniem zachowania kompletu sekcji obudowy zmechanizowanej i stropu. Modelowanie to prowadzone jest na podstawie rzeczywistych danych zarejestrowanych w trakcie urabiania lub na podstawie przyjętych założeń teoretycznych [2, 5]. Wyniki prac modelowych jednoznacznie wskazują, że prawidłowe prowadzenie sekcji odbudowy zmechanizowanej jest konieczne z punktu widzenia efektywności i bezpieczeństwa wydobywania. Wspomaganie operatora i zapobieganie potencjalnym błędom przez niego popełnianym, możliwe jest jedynie w przypadku monitorowania podstawowych parametrów pracy sekcji obudowy oraz analizowania ich zmian i trendów w czasie rzeczywistym.

Oprogramowanie LVA zaprezentowane w pracy [4, 19] (rys. 2) służy do wyliczania wskaźnika Cavity Risk Index (CRI) na podstawie ciśnienia w stojakach ścianowej sekcji zmechanizowanej. Wskaźnik ten jest miarą niebezpieczeństwa wystąpienia obwałowania w ścianie wydobywczej. W pracy [19] zaprezentowane zostały metody analizy ciśnienia w stojakach sekcji obudowy zmechanizowanej. W analizach autorzy uwzględnili ciśnienia oraz obwałowania, które wystąpiły w trakcie eksploatacji ściany wydobywczej. Analizy prowadzone były z zastosowaniem oprogramowania LVA.



Rys. 2. Okno oprogramowania LVA oraz wskaźnik CRI [4]

W 2017 roku Instytut Techniki Górniczej KOMAG rozpoczął realizację projektu PRASS III (Productivity and safety of shield support). Projekt jest współfinansowany z Europejskiego Funduszu Węgla i Stali (RFCS) i realizowany jest przez międzynarodowe konsorcjum, w którego skład wchodzi firmy z Polski (Główny Instytut Górnictwa, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Jastrzębska Spółka Węglowa S.A., Becker Warkop S.A.), Niemiec (DMT GmbH & Co. KG), Wielkiej Brytanii (Uniwersytet z Exeter) i Hiszpanii (Geocontrol S.A.). Głównym celem projektu jest opracowanie systemu pomiarowego dedykowanego do sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej oraz systemu predykcji obwałowań. Interdyscyplinarne konsorcjum tworzą jednostki zajmujące się projektowaniem i wytwarzaniem ścianowych obudów zmechanizowanych, instytuty z branży górniczej, firmy inżynierskie z branży górniczej, producent elektroniki górniczej oraz przedsiębiorstwo górnicze.

2. Cel projektu

Głównym celem projektu jest poprawa bezpieczeństwa oraz efektywności wydobycia w ścianowych kompleksach zmechanizowanych poprzez opracowanie kompleksowego systemu monitorowania i kontroli pracy obudowy zmechanizowanej umożliwiającego monitorowanie parametrów pracy w czasie rzeczywistym oraz systemu predykcji zagrożeń wynikających ze współpracy obudowy z górotworem.

Cele szczegółowe projektu:

- Opracowanie i wykonanie prototypu modułowego systemu monitorowania parametrów obudowy (Shield Support Monitoring System - SSMS), uwzględniającego cechy geometryczne sekcji obudowy, parametry podpornościowe sekcji obudowy zmechanizowanej, odległość sekcji do czoła ściany (ścieżka przyczołowa) oraz system komunikacyjny.
- Opracowanie metod poprawy prawidłowego utrzymania stropu. Opracowanie zasad doboru obudowy zmechanizowanej w celu poprawy poziomu bezpieczeństwa i zwiększenia efektywności wydobycia.
- Numeryczne modelowanie współpracy kompletu sekcji obudowy zmechanizowanej z górotworem w oparciu o dane historyczne z istniejących systemów pomiarowych oraz dane z systemu monitorowania parametrów obudowy (SSMS).
- Pogłębienie wiedzy w zakresie rozkładu naprężeń w stropie wyrobiska ścianowego oraz zjawisk obwałów i zawałów. Określenie zależności pomiędzy zachowaniem stropu, a występowaniem zdarzeń niebezpiecznych dla życia i zdrowia ludzi oraz wyposażenia technicznego kopalni.
- Korelacja historycznych danych pomiarowych z informacjami o zdarzeniach niebezpiecznych, związanych ze stropem wyrobiska ścianowego.
- Testy prototypu systemu monitorowania parametrów obudowy (SSMS), uwzględniającego parametry geometryczne sekcji obudowy zmechanizowanej, ciśnienie, odległość obudowy do czoła ściany (ścieżka przyczołowa) oraz system komunikacyjny, w warunkach rzeczywistych.
- Opracowanie systemu predykcji zagrożeń wynikających ze współpracy kompletu sekcji obudowy zmechanizowanej z górotworem (Longwall Mining Conditions Prediction System - LMCPS);

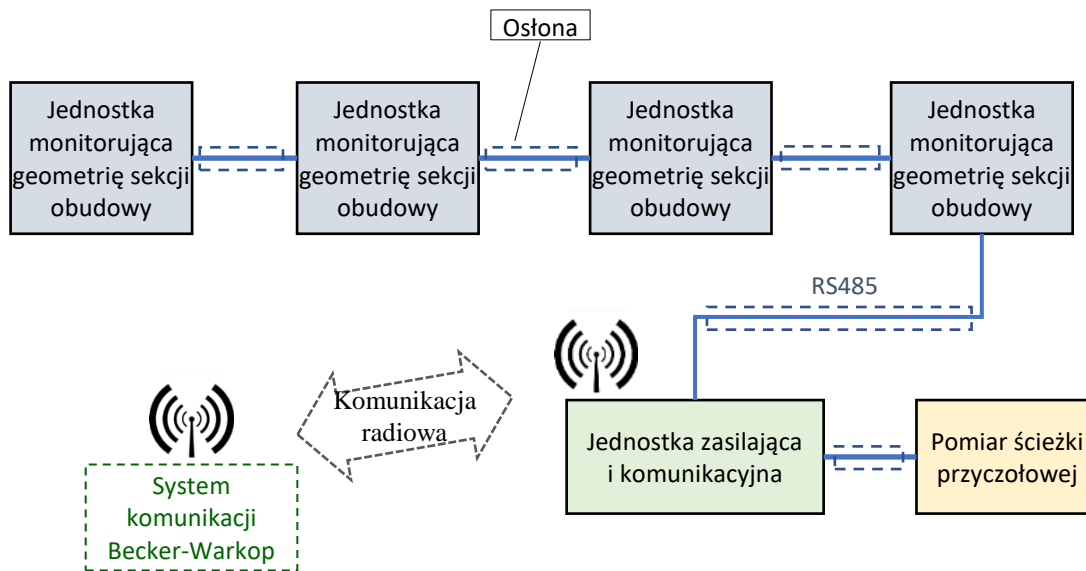
Poprzez monitorowanie parametrów pracy sekcji obudowy zmechanizowanej przez SSMS w ścianach w czasie rzeczywistym, możliwa jest predykcja zagrożeń związanych z obwałami skał stropowych. System ten integruje wyniki prac związanych z modelowaniem numerycznym współpracy obudowy z górotworem oraz SSMS.

3. System monitorowania parametrów obudowy zmechanizowanej SSMS

Głównym celem prac realizowanych przez ITG KOMAG w projekcie PRASS III jest opracowanie systemu monitorowania geometrii sekcji obudowy zmechanizowanej. Jest to część systemu SSMS. Drugą część w postaci pomiarów ciśnienia stojaków jak i bezprzewodowej komunikacji opracowuje firma Becker-Warkop (BW). W całości system ten umożliwi w czasie rzeczywistym monitorowanie i rejestrowanie parametrów eksploatacyjnych sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej i będzie stanowić podstawę do opracowania systemu predykcji zagrożeń wynikających ze współpracy obudowy z górotworem (system LMCPS). System SSMS obejmował będzie pomiar ciśnienia w układzie hydraulicznym (BW), pomiar geometrii sekcji obudowy zmechanizowanej

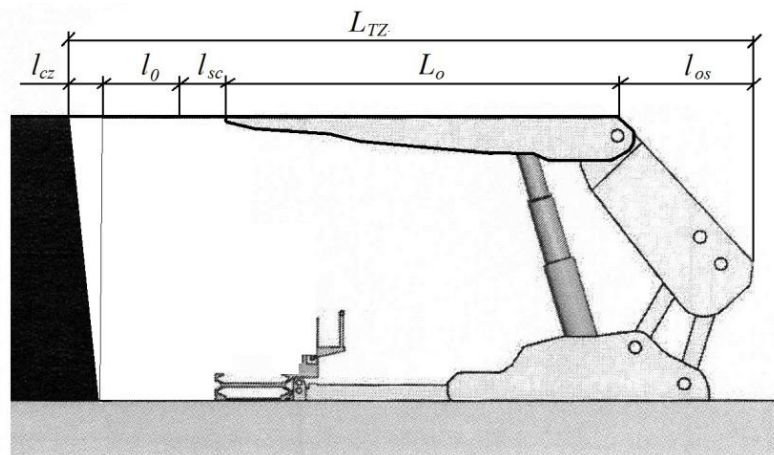
(KOMAG), pomiar ścieżki przyczołowej (KOMAG) oraz bezprzewodowy układ transmisji danych (BW) (rys. 3). System transmisji bezprzewodowej będzie pracował zgodnie z ideą sieci rozproszonych [15, 16]. W ramach projektu PRASS III opracowane zostaną modele oraz prototypy komponentów systemu, które następnie poddane zostaną certyfikacji na zgodność z dyrektywą ATEX i badaniom w warunkach rzeczywistych.

W zakresie pomiaru geometrii, SSMS będzie zawierał zestaw czujników umożliwiających określanie bezwzględnej pozycji każdego elementu sekcji. Częstotliwość pomiaru i sposób zasilania czujników zostaną określone w trakcie opracowywania architektury systemu.



Rys. 3. Struktura części systemu SSMS monitorująca geometrię sekcji obudowy zmechanizowanej [14]

Ścieżka przyczołowa oznacza odległość frontu ściany od obudowy zmechanizowanej – jak zaznaczono na rysunku 4. Parametr ten zmienia się wraz z przejazdem kombajnu ścianowego oraz przemieszczaniem obudowy. Zmiana parametru, w przypadku braku prowadzenia operacji technologicznych związanych z procesem urabiania w rejonie pomiaru, świadczy o wystąpieniu obwałowania stropu. Pomiar ścieżki przyczołowej realizowany będzie w trakcie badań zaplanowanych w projekcie. W docelowym rozwiązaniu komercyjnym, dzięki zastosowaniu systemu predykcji i powiązaniu parametrów geometrycznych sekcji i ciśnienia zasilania, pomiar może nie być konieczny.



Rys. 4. Techniczna rozpiętość wyrobiska – L_{TZ} w ścianie zawałowej, l_{sc} – szerokość nie osłoniętej przyczołowej ścieżki stropu przed wykonaniem zabioru, l_0 – szerokość zabioru, l_{cz} – otwarcie stropu wynikające z rzeczywistego nachylenia płaszczyzny czoła ściany.

4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono cele i założenia projektu PRASS III (Productivity and safety of shield support), realizowanego przez konsorcjum, którego liderem jest ITG KOMAG, w ramach Europejskiego Funduszu Węgla i Stali (RFCS). Projekt jest realizowany od lipca 2017 do czerwca 2020 roku. W wyniku realizacji projektu powstanie system monitorowania parametrów obudowy zmechanizowanej – SSMS zintegrowanego z równocześnie opracowywanym systemem predykcji zagrożeń wynikających ze współpracy obudowy z górotworem – LMCPS, stanowiący główną innowację opracowanego rozwiązania. Oba systemy zostaną poddane badaniom w warunkach rzeczywistych w kopalni węgla kamiennego. Wdrożenie systemów planowane jest na 2020 rok.

W wyniku wdrożenia rezultatów projektu do praktyki przemysłowej, planowana jest poprawa bezpieczeństwa stanowiskowego w ścianie wydobywczej oraz poprawa bezpieczeństwa technicznego maszyn kompleksu ścianowego. System pozwoli na predykcję obwałów skał stropowych w rejonie ściany, a docelowo minimalizację tego zjawiska, poprzez wdrożenie dobrych praktyk w zakresie prowadzenia obudowy zmechanizowanej.

Literatura

- [1] Biliński A., Kostyk T., Prusek S.: Zasady doboru obudowy zmechanizowanej dla wyrobisk ścianowych. *Bezpieczeństwo i Ochrona Pracy w Górnictwie* nr 3.
- [2] Bronya Wiklund, Mehmet S. Kizil, Ismet Canbulat: Development of a cavity prediction model for longwall mining. *Coal Operators' Conference* 10-11 February 2011. s.48-59
- [3] Jendrysik S., Jasiulek D., Stankiewicz K.: Systemy sterowania ścianowym przenośnikiem zgrzeblowym. *Maszyny Górnicze* 1/2015. s. 29-32.
- [4] Hoyer D.: Early warning of longwall roof cavities using LVA software. *Coal Operators' Conference*. 16-17 February 2012. s. 69-77.
- [5] Langosch U, Ruppel U, Wyink U.: Longwall roof control by calculation of the shield support requirements. In: *Proceedings of the Coal Operators' Conference* (2003):162–172.
- [6] Latos M., Bartoszek S., Rogala-Rojek J.: Diagnostics of underground mining machinery *Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, 2014 19th International Conference s. 782-787.
- [7] Pawlikowski A.: Przyczyny asymetrii podpórności stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej. *Maszyny Górnicze* 2017 nr 1, s. 45 – 54.
- [8] Polnik, B. Latos, M.: Detection of worn cutting bits of longwall shearer *Pomiary Automatyka Kontrola*, nr 9/2013. s. 909-912.
- [9] Płonka M.: Zmienność obciążenia sekcji obudowy w ścianie zawałowej. *Prace naukowe GIG Górnictwo i środowisko*, kwartalnik, nr 1/2009. s. 41-49.
- [10] PN-EN 1804-2-2010 *Maszyny dla górnictwa podziemnego – Wymagania bezpieczeństwa dla obudów zmechanizowanych. Część 2: Stojaki, podpory i siłowniki pomocnicze.*
- [11] Prusek S., Płonka M., Walentek A.: Applying the ground reaction curve concept to the assessment of shield support performance in longwall faces. *Arab J Geosci* (2016) 9: 167.

- [12] Rajwa S., Pieszczyk M., Guzera J.: Dobór obudowy zmechanizowanej dla ściany prowadzonej w złożonych warunkach geologiczno-górnictwowych w KHW S.A. KWK „Wieczorek”. Przegląd Górniczy nr 5/2014. s. 58-63.
- [13] Rajwa S., Bulenda P., Masny W., Chowaniec A., Skrzyszowski P.: Określenie istotnych wymagań konstrukcyjnych dla obudowy zmechanizowanej przeznaczonej do pracy w warunkach silnego zagrożenia tąpnięciami. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona środowiska w Górnictwie. 2012, nr 4 (2012).
- [14] Szweda S., Szyguła M., Mazurek K.: "Czynniki wpływające na postać konstrukcyjną i parametry techniczne sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej. Część 1." Monografia Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2016.
- [15] Stankiewicz K.: A method for the self-organization of a sensor network in belt conveyor exploitation. Problemy Eksploatacji, 3/2016. s. 145 – 15.
- [16] Stankiewicz K.: Górnicze systemy sterowania i automatyzacji rozproszonej. Journal of Machine Construction and Maintenance. Nr 2/2018 (109), s. 117-122.
- [17] Szurgacz D., Kasprusz A.: Dobór stojaka hydraulicznego zmechanizowanej obudowy ścianowej do warunków zagrożenia wstrząsami górotworu. Prace naukowe GIG Górnictwo i środowisko, kwartalnik, nr 3/2011, s. 89-99.
- [18] Szyguła M.: Rozwój konstrukcji sekcji obudowy zmechanizowanej w górnictwie węgla kamiennego w Polsce. Maszyny Górnicze nr 2/2013, s. 30-38.
- [19] Trueman R., Thomas R., Hoyer D.: Understanding the causes of roof control problems on a longwall face from shield monitoring data - a case study. 2011 Underground Coal Operators' Conference, s. 40-47.
- [20] <http://www.becker-mining.com.pl/> (21.08.2018r.)

dr inż. Dariusz Jasiulek
djasiulek@komag.eu

dr inż. Sławomir Bartoszek
sbartoszek@komag.eu

Instytut Techniki Górniczej KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

mgr inż. Jan Lubryka
j.lubryka@becker-mining.com.pl
Becker Warkop Sp. z o.o.
ul. Przemysłowa 11, 44-266 Świerklany

Projekt PRASS III współfinansowany z Funduszu Badawczego Węgla i Stali (RFCS)

