

22

SYSTEM MONITOROWANIA GEOMETRII SEKCJI OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ

22.1 WPROWADZENIE

Jednym z podstawowych oraz wysoce zaawansowanych systemów wydobywczych w górnictwie węgla kamiennego jest system ścianowy. Wydobywanie w tym systemie realizowane jest przez ścianowy kompleks zmechanizowany składający się, między innymi, z trzech głównych maszyn: obudowy zmechanizowanej, maszyny urabiającej oraz przenośnika ścianowego. Podstawową funkcją ścianowej obudowy zmechanizowanej jest zabezpieczanie pracującej tam załogi oraz pozostałych maszyn [4, 9, 10, 13, 14, 15]. 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 w pełni do analizy sytuacji w zakresie stanu stropu.

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) oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Projekt 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 Sp. z o. o.), 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 inżynieryjne z branży górniczej, producent maszyn i elektroniki górniczej oraz przedsiębiorstwo górnicze.

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 wydobycia. 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 przyczołowej, parametry podpornościowe sekcji obudowy zmechanizowanej (podporność wstępna i podporność robocza), układ sterowanie oraz wysokość urabiania [2].

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, 3]. Wyniki prac modelowych jednoznacznie wskazują, że prawidłowe prowadzenie sekcji odbudowy zmechanizowanej jest konieczne z punktu widzenia efektywności i bezpieczeństwa wydobycia. 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.

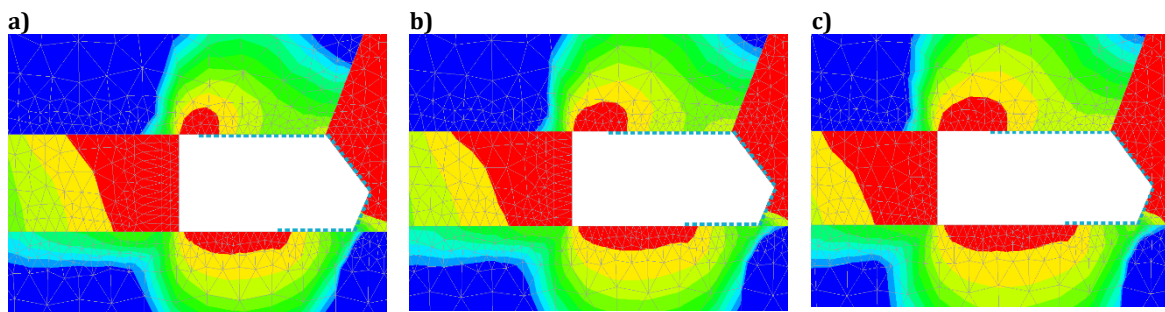
22.2 CEL PROJEKTU PRASS III

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. Do celów szczegółowych projektu zaliczono, między innymi: 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; 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; opracowanie systemu predykcji zagrożeń wynikających ze współpracy kompletu sekcji obudowy zmechanizowanej z górotworem (Longwall Mining Conditions Prediction System – LMCPs).

Założono, że poprzez monitorowanie i analizę w czasie rzeczywistym parametrów pracy sekcji obudowy zmechanizowanej przez SSMS możliwa będzie predykcja zagrożeń związanych z obwałami skał stropowych.

22.3 UZASADNIENIE MONITOROWANIA GEOMETRII

Prace realizowane w ramach projektu PRASS III zmierzają do stworzenia systemu monitoringu pozwalającego na wgląd i ocenę parametrów pracy sekcji obudów zmechanizowanych. Do najbardziej innowacyjnych funkcji systemu SSMS należy pomiar szerokości ścieżki przyczółkowej oraz monitoring geometrii pracy sekcji obudowy zmechanizowanej. Parametry te mają istotne znaczenie dla zapewnienia stateczności wyrobiska ścianowego oraz poprawnych warunków współpracy obudowy z górotworem, a w pewnych warunkach mogą wpływać na możliwość powstania uszkodzeń w określonych elementach sekcji obudów zmechanizowanych. Szerokość ścieżki przedczołowej ma bezpośrednie przełożenie na rozpiętość całego wyrobiska ścianowego, co z kolei wpływa na jego obciążenie ze strony górotworu [1, 7]. Obserwacje dołowe, poparte obliczeniami numerycznymi potwierdziły, że szerokość ścieżki przedczołowej przekłada się na zasięg strefy spękań wokół wyrobiska ścianowego. Zniszczenia górotworu nad obudową przyjmują kształt klina, który ma tendencję do wysuwania się bezpośrednio po urobieniu calizny węglowej. Strefa spękań górotworu jest obszarem gdzie realnie należy się liczyć z możliwością wystąpienia opadu skał, a tym samym pogorszeniem współpracy obudowy z górotworem. Przykład prognozowania zasięgu strefy spękań w zależności od szerokości ścieżki przedczołowej przedstawiono na rysunku 22.1 [8]. W przedstawionych obliczeniach wykorzystano program RS2.

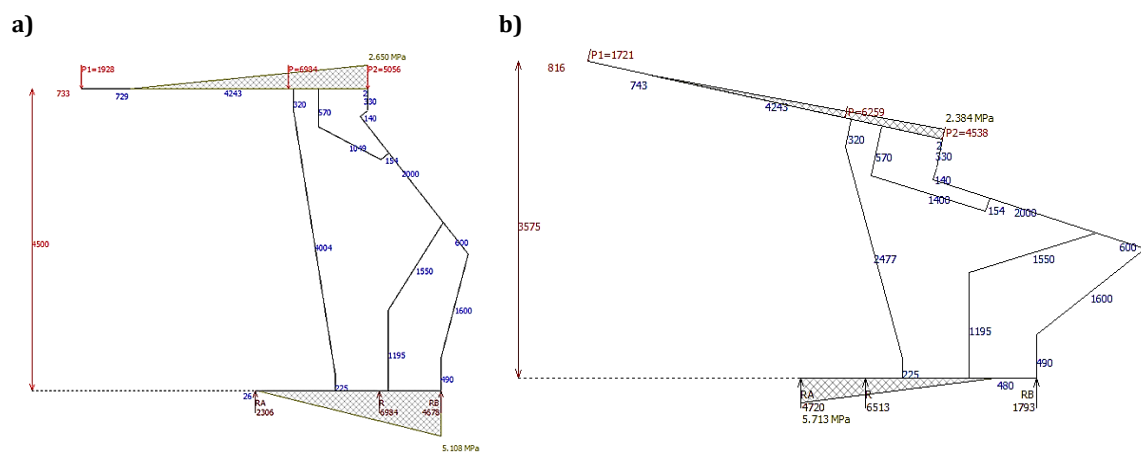


Rys. 22.1 Przykładowe obliczenia zasięgu strefy spękań wokół wyrobiska ścianowego, dla ścieżki o szerokości: a) 0,5m; b) 1,0 m; c) 1,5 m

Źródło: [8]

Prowadzenie sekcji z prawidłową geometrią rozumianą poprzez równoległość stropnicy i spągnicy jest istotne z punktu widzenia interakcji obudowy z górotworem. Fakt ten nabiera szczególnego znaczenia w przypadku zalegania w stropie ściany skał słabych, lub prowadzenia ściany pod gruzowiskiem zawałowym. W takich warunkach istotną kwestią jest umiejętne operowanie sekcjami obudowy zmechanizowanej tak, aby nie powodować liniowego kontaktu stropnicy ze stropem, który może powodować niszczenie struktury skał stropowych.

Prowadzenie sekcji z nieprawidłową geometrią ma wpływ także na rozkład nacisków spągnicy na spąg. Zagadnienie to zobrazowano z wykorzystaniem stosowanej w Zakładzie Technologii Eksploatacji i Obudów Górniczych GIG metodą i oprogramowaniem do analizy geometrii i rozkładu sił w węzłach sekcji [5]. Na rysunku 22.2 zobrazowano jak, uniesienie stropnicy sekcji obudowy zmechanizowanej wpływa na zmianę rozkładu nacisków na spąg wyrobiska ścianowego [6]. Z zaprezentowanych wyników obliczeń wynika, że w przypadku uniesienia stropnicy (rysunek 22.2b) największe naciski na spąg występują bliżej ociosu węglowego, to z kolei może przejawiać się tendencją sekcji do zatapiania w spągu, w skrajnym przypadku prowadząc do utraty jej stateczności.



Rys. 22.2 Rozkład nacisków na strop i spąg obudów w zależności od geometrii sekcji:
a) stropnica równoległa do spągnicy; b) stropnica podniesiona pod kątem 12°

Źródło: [6]

Odnosząc się do wpływu sposobu prowadzenia sekcji na jej potencjalne uszkodzenia należy odnieść się analizy sił powstających w węzłach konstrukcji obudowy.

Zagadnienie to zostało szczegółowo opisane w publikacjach [6, 11] gdzie w oparciu o przeprowadzone studium przypadku przedstawiono jak uniesienie końcówki stropnicy wpłynęło na wzrost wyężenia w miejscu połączenia stropnicy z osłoną odzawałową. Określono mianowicie, że wartości sił w węzłach konstrukcyjnych sekcji mogą znacznie różnić się od modelu przyjmowanego zwykle w DTR dla poziomego usytuowania stropnicy i spągnicy. Stwierdzono, że zmiany wartości siły w węzle przegubu stropnicy z osłoną odzawałową, zależą przede wszystkim od konkretnej postaci kinematyki, a następnie od nachylenia pomiędzy stropnicą a spągnicą i od obciążenia osłony odzawałowej sekcji.

W modelach obliczeniowych potwierdzono, że dla określonych kątów uniesienia stropnicy o 8° i 12° (nachylenia stwierdzone w konkretnym wyrobisku ścianowym), wartości siły na połączeniu stropnicy i osłony odzawałowej są wyraźnie większe od wartości wyliczonych dla pracy ze stropnicą poziomą [6, 11].

22.4 SYSTEM MONITOROWANIA PARAMETRÓW OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ SSMS

Głównym celem prac realizowanych przez ITG KOMAG w projekcie PRASS III jest opracowanie części systemu SSMS, związanej z monitorowaniem geometrii sekcji obudowy zmechanizowanej. Drugą część systemu SSMS, w postaci pomiarów ciśnienia w układzie podpornościowym sekcji zmechanizowanej oraz komunikacji bezprzewodowej 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). 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 artykule przedstawiono opracowane modele inklinometrów (rys. 22.3) dwuosiowych oraz czujników ciśnienia wchodzących w skład systemu SSMS.



Rys. 22.3 Model inklinometrów

22.4.1 Komponenty systemu monitorowania geometrii (inklinometry)

W ramach projektu PRASS III w ITG KOMAG opracowano inklinometry dwuosiowe, przeznaczone do zabudowy na sekcjach obudowy zmechanizowanej. Inklinometry są podstawowym komponentem systemu SSSMS i współpracują z jednostką centralną, odpowiedzialną za komunikację radiową z pozostałymi modułami systemu oraz za zasilanie (22.4). Inklinometry zasilane są bateryjnie, dzięki czemu nie ma konieczności prowadzenia przewodów pomiędzy sekcji obudowy. Dobre parametry zasilania zapewniają pracę systemu SSMS przez okres minimum jednego roku bez konieczności wymiany baterii. W zależności od konstrukcji sekcji obudowy ilość inklinometrów instalowanych może być różna. System SSMS umożliwia obsługę do 6 inklinometrów. Modele inklinometrów zostały zainstalowane na sekcji obudowy zmechanizowanej i przeprowadzone zostały testy funkcjonalne, potwierdzające prawidłowe działanie urządzeń.

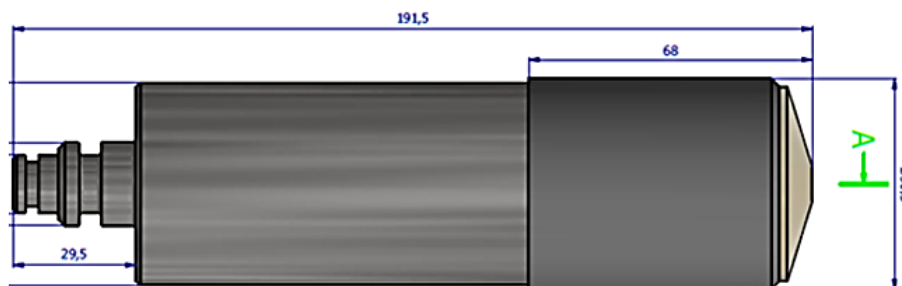


Rys. 22.4 Model inklinometrów zabudowane na sekcji obudowy zmechanizowanej

22.4.2 Komponenty systemu monitorowania geometrii (czujniki ciśnienia oraz system transmisji)

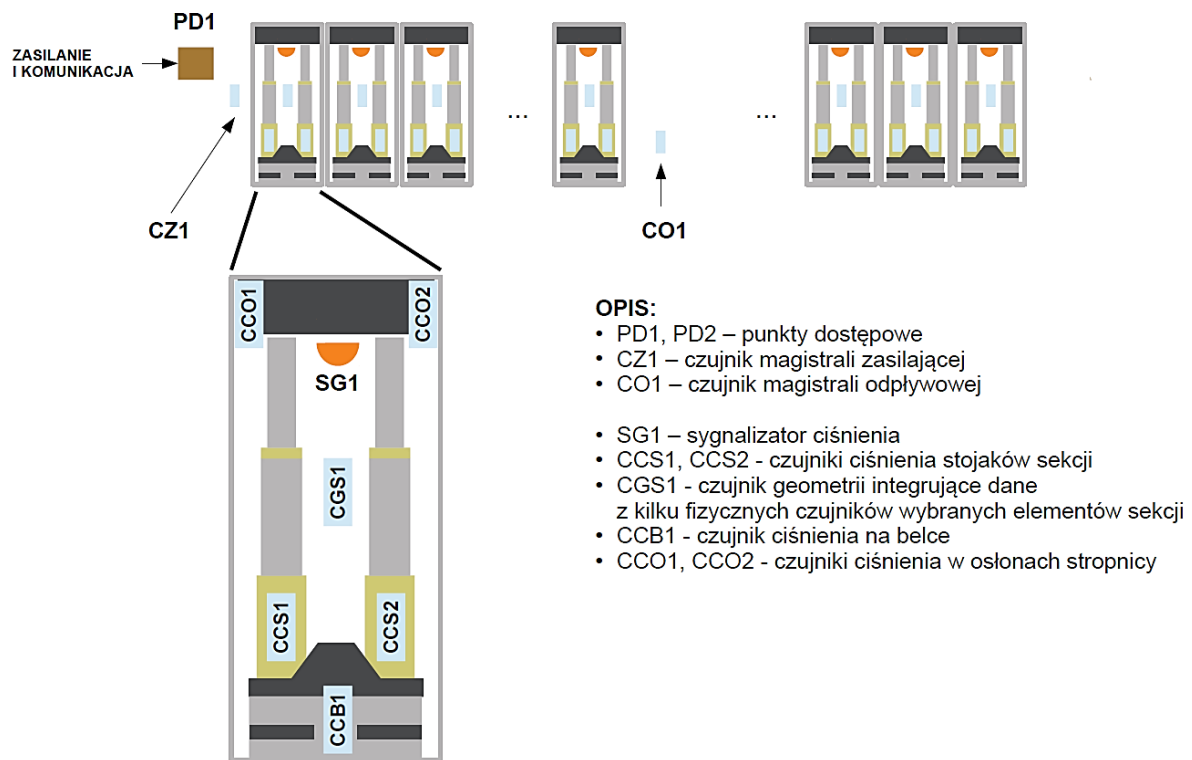
Zaprojektowany przez Becker Warkop czujnik ciśnienia składa się z 2 części elektronicznych: pakietu anteny (zawierający: antenę, diodę/diody sygnalizacyjne oraz czujnik pola magnetycznego) oraz pakietu elektroniki (zawierający: pozostałe elementy elektroniczne). Czujnik posiada konstrukcję tulejową, w skład której wchodzi przyłącze typu Stecko, tuleja osłaniająca moduł bateryjny i pakiety elektroniki oraz tuleja z tworzywa sztucznego stanowiącego osłonę anteny.

Korpus wyposażony będzie we wzornik umożliwiający identyfikację sygnałów optycznych generowany przez czujnik. Na rysunku 22.5 przedstawiono koncepcję konstrukcji mechanicznej iskrobezpiecznego czujnika ciśnienia.



Rys. 22.5 Koncepcję konstrukcji mechanicznej iskrobezpiecznego czujnika ciśnienia

Ogólny schemat rozmieszczenia czujników w ramach systemu monitorowania geometrii sekcji został przedstawiony na rys. 22.6.



Rys. 22.6. Schemat rozmieszczenia czujników

System komunikacyjny będzie optymalizował transmisję danych pomiarowych w celu ograniczenia zużycia energii oraz ilości transmitowanych danych. Zastosowane zostaną algorytmy inteligentnego zarządzania transmisją w rozproszonych systemach komunikacyjnych [16].

Punkt dostępowy (PD1, PD2 – rys. 22.6) posiada przyłącze światłowodowe, którym możemy się podłączyć do kopalnianej magistrali światłowodowej. W przypadku braku takowej magistrali poprzez różnego typu urządzenia BWSO dane mogą być przesłane poprzez zwykłe połączenia telefoniczne technologią DSL w miejsce gdzie występuje już magistrala światłowodowa lub na powierzchni.

22.5 PODSUMOWANIE

W wyniku realizacji projektu PRASS III powstanie system monitorowania parametrów obudowy zmechanizowanej – SSMS zintegrowanego z równocześnie opracowywanym systemem predykcji zagrożeń wynikających ze współpracy obudowy z górotworem – LMCPs. 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, Mahmet S. Kizil, Ismet Canbulat: Development of a cavity prediction model for longwall mining. Coal Operators' Conference 10-11 February 2011. s.48-59
3. 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
4. Małkowski P.: Zarządzanie monitoringiem zagrożeń w górnictwie, *Inżynieria Mineralna* 18/2017
5. Płonka M.: Zmienność obciążenia sekcji obudowy w ścianie zawałowej. Prace naukowe GIG Górnictwo i środowisko, kwartalnik, nr 1/2009. s. 41-49.
6. Płonka M., Rajwa S.: Utrudnienia w prowadzeniu sekcji obudowy zmechanizowanej obserwowane podczas pracy w dolnym zakresie jej wysokości roboczej, *Mining – Informatics, Automation and electrical Engineering* 4 (536) 2018 s. 55-64
7. Prusek S., Rajwa S., Wrana A., Krzemień A.: Assessment of roof fall risk in longwall coal mines, *International Journal of Mining, Reclamation and Environment* (2016), DOI: 10.1080/17480930.2016.1200897
8. 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.
9. 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.
10. 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).
11. Rajwa S., Prusek S., Szuścik J., Gąska R.: Prowadzenie ściany pod gruzowiskiem zawałowym w warunkach zmiennej grubości pozostawionej warstwy przyspągowej, *Przegląd Górniczy* 6/2017 s. 33-37
12. Stankiewicz K.: Górnicze systemy sterowania i automatyzacji rozproszonej. *Journal of Machine Construction and Maintenance*. Nr 2/2018 (109). s. 117-122.
13. Szweđa 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
14. Szyguła M.: Rozwój konstrukcji sekcji obudowy zmechanizowanej w górnictwie węgla kamiennego w Polsce. *Maszyny Górnicze* nr 2/2013. s. 30-38.
15. 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

Data przesłania artykułu do Redakcji: 03.2019

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 04.2019

SYSTEM MONITOROWANIA GEOMETRII SEKCJI OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ

Streszczenie: W artykule zaprezentowano wyniki realizacji projektu PRASS III związane z opracowaniem systemu monitorowania parametrów obudowy zmechanizowanej – SSMS. Przedstawione zostały koncepcje oraz modele urządzeń wchodzących w skład systemu SSMS. W wyniku wdrożenia rezultatów projektu do praktyki przemysłowej, planowana jest poprawa bezpieczeństwa stanowiskowego w ścianie wydobywczej oraz poprawa bezpieczeństwa technicznego maszyn kompleksu ścianowego. System SSSMS pozwoli na predykcję obwałów skał stropowych w rejonie ściany, a docelowo minimalizację tego zjawiska, poprzez wdrożenie dobrych praktyk w zakresie prowadzenia obudowy zmechanizowanej.

Słowa kluczowe: sekcja obudowy zmechanizowanej, pomiar geometrii sekcji, kompleks ścianowy

SYSTEM FOR MONITORING THE SHIELD SUPPORT GEOMETRY

Abstrakt: The article presents the results of the PRASS III project related to the development of a mechanized shield support monitoring system – SSMS. Concepts and models of devices included in the SSMS system were presented. As a result of implementing the project results into industrial practice, it is planned to improve the workplace safety in the mining wall and to improve the technical safety of the longwall system machines. The SSSMS system will allow for the prediction of roof falls in the longwall, and ultimately the minimization of this phenomenon, through the implementation of good practices in the field of mechanized roof support.

Key words: mechanized shield support, shield support section geometry measurement, longwall complex

dr inż. Dariusz Jasiulek

Instytut Techniki Górniczej KOMAG
Zakład Systemów Mechatronicznych
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice, Polska
tel.: +4832 2374443
e-mail: djasiulek@komag.eu

dr inż. Marek Płonka

Główny Instytut Górnictwa
Zakład Technologii Eksploatacji,
Tępań i Obudów Górniczych
Pl. Gwarków 1, 40-166 Katowice, Polska
tel.: +4832 259 2444
e-mail: m.plonka@gig.eu

mgr inż. Jan Lubryka

Becker Warkop Sp. z o.o.
ul. Przemysłowa 11,
44-266 Świerklany, Polska
tel.: +4832 432 9900
e-mail: j.lubryka@becker-mining.com.pl