

DAWID SZURGACZ
ŁUKASZ BAZAN
KONRAD TRZOP
RYSZARD DIEDERICHS

Bezprzewodowy system wizualizacji parametrów ciśnienia zmechanizowanej obudowy ścianowej na przykładzie polskich kopalń

Wprowadzenie w ostatnich latach monitoringu ciśnienia zmechanizowanej obudowy ścianowej przez spółki węglowe było jednym z głównych celów realizacji programu Przemysł 4.0. Rozwój monitorowania parametrów pracy zmechanizowanej obudowy w kompleksie ścianowym miał na celu zwiększenie bezpieczeństwa pracy ludzi oraz poprawienie wyniku ekonomicznego związanego z przestojem ścian wydobywczych. Jednym z głównych celów monitoringu jest obserwowanie poprawności rozparcia sekcji w wyrobisku oraz diagnostyka uszkodzeń w układach hydraulicznych oraz powstawania nieszczelności wewnętrznej w siłownikach hydraulicznych. W tym zakresie został opracowany układ monitorowania parametrów pracy zmechanizowanej obudowy ścianowej. W prezentowanym artykule opisano zalety monitoringu DOH-DROPSY oraz jego wdrożenie na przykładzie ściany wydobywczej.

Słowa kluczowe: *monitoring ciśnienia, zmechanizowana obudowa ścianowa, podpora, poprawa bezpieczeństwa pracy*

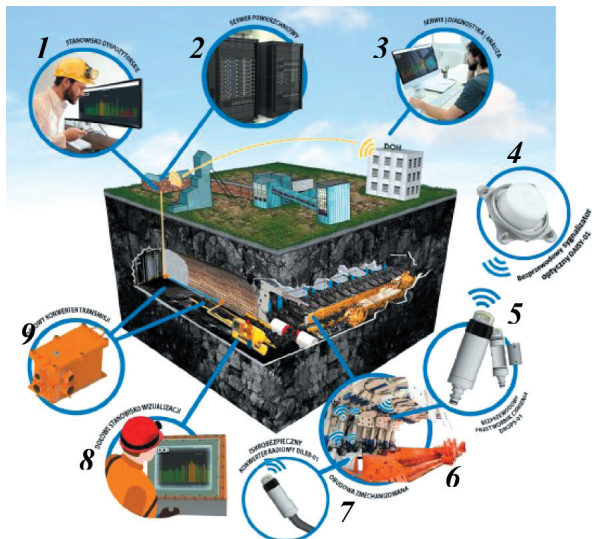
1. WPROWADZENIE

W polskim przemyśle wydobywczym sekcje zmechanizowanej obudowy ścianowej w porównaniu z pozostałymi urządzeniami kompleksu ścianowego do 2000 roku nie były objęte monitoringiem ciśnienia. Pierwsze informacje o wdrożeniu możemy znaleźć w literaturze [1]. Podstawowym zadaniem zmechanizowanej obudowy ścianowej jest jej współpraca z górotworem [2–4], aby to osiągnąć, wymagany jest odpowiedni dobór obudowy ścianowej [5–7] do warunków górniczo-geologicznych przed uruchomieniem eksploatacji. Odpowiednio dobrana zmechanizowana obudowa ścianowa wpływa prawidłowo na utrzymanie stropu, co ma znaczący wpływ na efektywność i bezpieczeństwo ludzi pracujących w ścianie [8, 9]. To z kolei przekłada się na bezpieczeństwo prowadzenia ściany oraz wyniki ekonomiczne spółek węglowych. W celu zapewnienia bezpieczeństwa i komfortu pracy, ograniczenia negatywnego wpływu górnictwa na śro-

dowisko oraz utrzymanie efektywności eksploatacji sięga się po nowoczesne technologie oraz niezawodne środki techniczne, a w szczególności zaawansowane maszyny i urządzenia. Przykładem takiego podejścia jest wdrażanie rozwiązań proponowanych w koncepcji czwartej rewolucji przemysłowej [10–12].

Widoczny rozwój monitoringu ciśnienia dla zmechanizowanej obudowy ścianowej można zauważyć w polskich spółkach węglowych [13–15]. W pracach [16–18] przedstawiono problemy związane z podpornością obudowy ścianowej oraz możliwości, jakie daje monitoring. Zastosowanie monitoringu do analizy parametrów pracy obudowy ścianowej wpływa znacznie na wcześniejsze wykrywanie nieszczelności oraz spadku wymaganego ciśnienia oraz nagłego przyrostu ciśnienia w przestrzeniach podłokowych stojaków hydraulicznych spowodowanych nagłym dociążeniem górotworu [9, 19]. Rozwój systemu monitoringu obudowy zmechanizowanej oraz jego zastosowanie w kompleksie ścianowym mają istotny wpływ na bezpieczeństwo

pozostałych maszyn i urządzeń [20, 21]. Celem niniejszej publikacji jest przedstawienie rozwoju systemu monitoringu DOH-DROPSY oraz jego wdrożenia w ścianach wydobywczych w polskich kopalniach węgla kamiennego. Na rysunku 1 przedstawiono koncepcję systemu bezprzewodowego monitoringu ciśnienia.



Rys. 1. Koncepcja wykorzystania systemu monitoringu dla zmechanizowanej obudowy ścianowej:

- 1 – stanowisko dyspozytorskie, 2 – serwer powierzchniowy, 3 – serwis diagnostyki i analizy, 4 – bezprzewodowy sygnalizator DAISY-01, 5 – bezprzewodowy czujnik ciśnienia DROPS-01, 6 – obudowa zmechanizowana, 7 – iskrobezpieczny konwerter radiowy DILER-01, 8 – dołowe stanowisko wizualizacji, 9 – dołowy konwerter transmisji

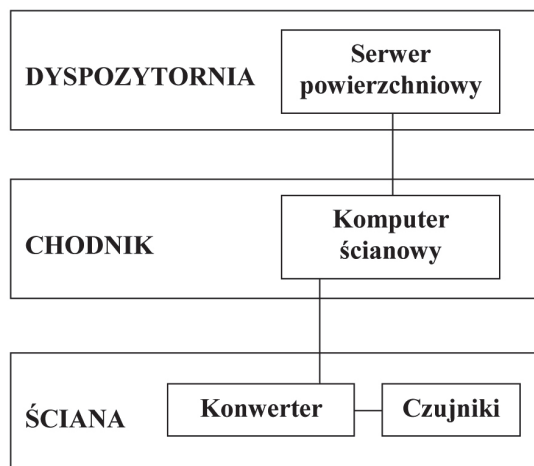
2. BUDOWA SYSTEMU MONITORINGU

System w swojej podstawowej edycji składa się z czujników ciśnienia, które dokonują pomiarów z dużą dokładnością i drogą radiową przesyłają je między sobą. Brak sąsiedniego czujnika nie powoduje przerwy w komunikacji, jak to ma miejsce w transmisji przewodowej. Ciągłość transmisji zapewniona jest w granicach zasięgu sygnału radiowego i może sięgać do dwóch sekcji przerwy pomiędzy kolejnymi czujnikami. Sensory, jako moduły autonomiczne, mają wysoko sprawne wymienne źródło zasilania zapewniające bezawaryjną pracę systemu przez okres około dwóch lat w zależności od parametrów konfiguracyjnych. Sygnał bezprzewodowy trafia finalnie do konwertera, który stanowi lokalną bazę danych dla systemu. Wyposażony jest w układy radiowe i interfejs kablowy do komunikacji z komputerem podścianowym, na którym apli-

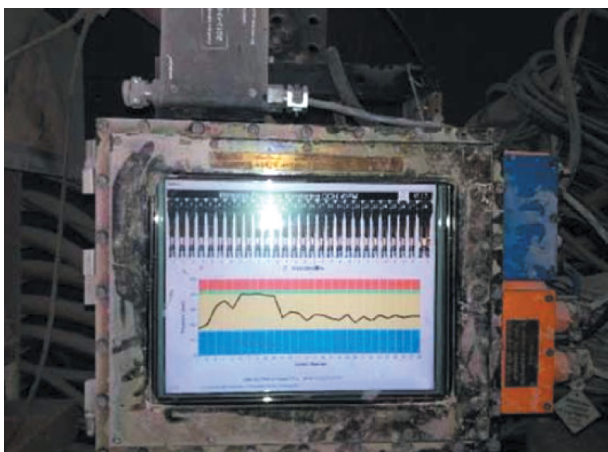
kacja wizualizacyjno-konfiguracyjna zapewnia stały podgląd wartości mierzonych w ścianie. Są to zarówno wartości ciśnienia w stojakach obudów zmechanizowanych na magistrali zasilającej czy spływowej, jak również wartości napięcia zasilania czujników, dzięki którym z wyprzedzeniem można zaplanować wymianę ogniw. Jest to realizowane w warunkach dołowych bez konieczności demontażu samego czujnika i wywożenia go poza strefę zagrożenia wybuchem. System w swojej architekturze jest systemem otwartym, co umożliwia monitorowanie innych parametrów, np. położenia elementów sekcji z czujników inklinometrycznych. Konfiguracja systemu odbywa się u klienta, dzięki czemu system staje się przyjazny dla użytkownika i nie jest hermetyczny. Czujniki przystosowane są do składowania magazynowego bez konieczności demontażu ogniw i wstępnej konfiguracji/rekonfiguracji.

Dodatkową opcją w systemie jest sygnalizator DAISY-01. Jest to urządzenie bezprzewodowe do emitowania sygnałów świetlnych. Jego montaż może odbyć się w dowolnym miejscu, co umożliwia wygodniejszą kontrolę prawidłowego rozparcia sekcji przez optyczną sygnalizację poziomu mierzonego ciśnienia względem zadanych wartości progowych.

Umieszczony w chodniku podścianowym komputer jest lokalnym serwerem danych (rys. 2). Za pomocą specjalistycznego oprogramowania na bieżąco wizualizuje i analizuje przesyłane dane. Dzięki niemu możliwa jest diagnostyka sieci, raportowanie i przeglądanie historii pomiarów przez uprawnionych użytkowników. Wszystkie dane zbierane przez system w ścianie, gromadzone w komputerze podścianowym przekazywane są do serwera na powierzchni, którego aplikacja zapewnia podgląd danych online, ich archiwizację z możliwością generowania raportów i przeprowadzania analiz. Zostało to zobrazowane na rysunku 3.



Rys. 2. Komponenty systemu



Rys. 3. Widok wizualizacji monitoringu ciśnienia obudowy zmechanizowanej z komputera umieszczonego w chodniku podścianowym

System bezprzewodowego monitoringu ciśnienia składa się z czujników które są zabudowane bezpośrednio do bloku stojaka hydraulicznego oraz siłownika podpory stropnicy. Na podstawie uzyskanych pomiarów oraz zebranych danych można zobrazować cykl pracy zmechanizowanej obudowy, a także można przeanalizować powstanie nieszczelności w układach hydraulicznych oraz hydraulicie siłowej. Dane pozyskiwane z systemu monitoringu zestawiane są w postaci mapy z rozkładem ciśnienia każdej sekcji obudowy. Jednym z celów tego systemu jest poprawa bezpieczeństwa i komfortu pracy.

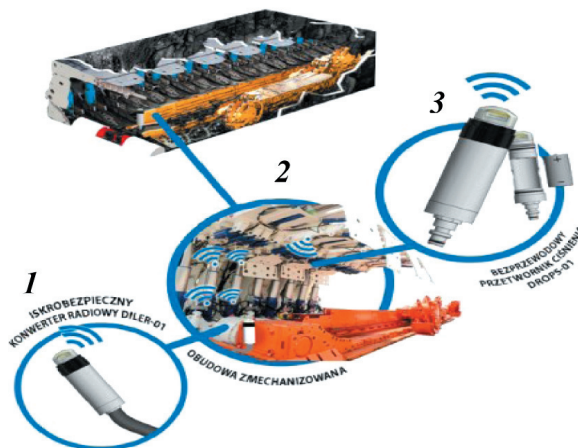
2.1. Bezprzewodowy przetwornik ciśnienia typu DOH DROPSY-01

Zadaniem bezprzewodowego przetwornika ciśnienia (rys. 4) jest pomiar ciśnienia co sekundę po podłączeniu go do układu hydraulicznego. Przedmiotowy przetwornik jest urządzeniem budowy iskrobezpiecznej. Elementem pomiarowym przetwornika jest piezorezystancyjny czujnik ciśnienia. Sensor czujnika wykorzystuje zjawisko piezorezystancyjne, polegające na zmianie rezystancji mostka pomiarowego proporcjonalnie do mierzonego ciśnienia. Bezprzewodowy przetwornik ciśnienia wykonuje następujące zadania (rys. 5):

- pomiar ciśnienia w stojakach sekcji, standardowo dla wszystkich sekcji w ścianie,
- pomiar ciśnienia w magistrali zasilającej i spływowej, standardowo w trzech punktach w ścianie,
- pomiar ciśnienia w podporze stropnicy, standardowo monitorowany jest podtłok oraz natłok podpory na wybranych sekcjach w ścianie, np. co dzieść sekcji.



Rys. 4. Widok bezprzewodowego przetwornika ciśnienia typu DOH DROPSY-01



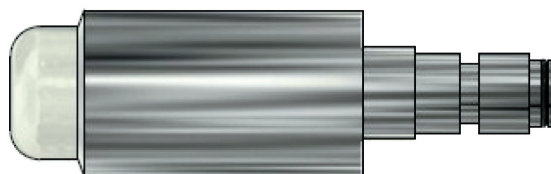
Rys. 5. Sposób pomiaru ciśnienia:

- 1 – iskrobezpieczny konwerter radiowy DILER-01,
- 2 – obudowa zmechanizowana, 3 – bezprzewodowy czujnik ciśnienia DROPSY-01

2.2. Iskrobezpieczny konwerter radiowy DILER-01

Jest to urządzenie (rys. 6) zapewniające połączenie pomiędzy urządzeniami w sieci bezprzewodowej a urządzeniami komunikującymi się przewodowo. Charakteryzuje się następującą pracą:

- konwersją sygnału bezprzewodowego na przewodowy,
- status bezprzewodowej komunikacji z przetwornikami DROPSY-01,
- status przewodowej komunikacji z komputerem dołowym,
- montaż w odległości od pierwszej do piątej sekcji obudowy zmechanizowanej.



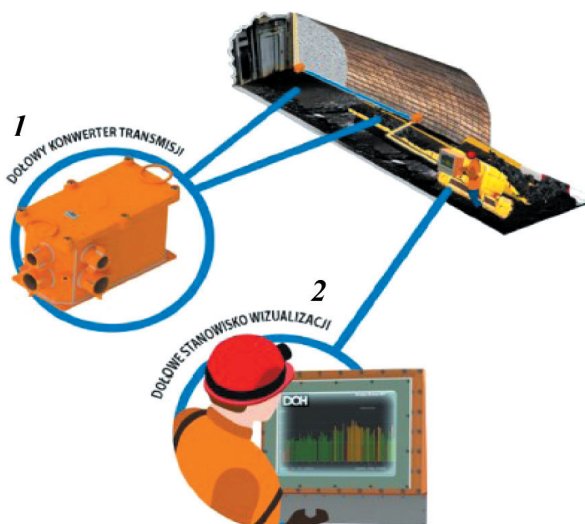
Rys. 6. Widok iskrobezpiecznego konwertera radiowego DILER-01

2.3. Dołowe stanowisko wizualizacji

Dołowe stanowisko (rys. 7) wizualizacji umieszczone jest w chodniku podścianowym – jest to komputer w osłonie ognioszczelnej Exd (rys. 6).

Do jego zadań należy:

- podgląd aktualnego rozkładu ciśnienia w ścianie dla stojaków, magistrali zasilającej oraz spływowej oraz siłownika podpory stropnicy,
- przegląd danych archiwalnych,
- generowanie mapy rozkładu ciśnienia w ścianie.



Rys. 7. Sposób komunikacji w obrębie ściany wydobywczej: 1 – dołowy konwerter transmisji, 2 – dołowe stanowisko wizualizacji

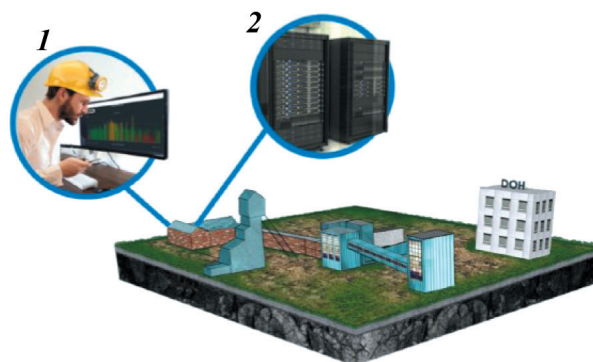
2.4. Transmisja danych pomiędzy wyrobiskiem a serwerem powierzchniowym

Transmisja danych uzyskanych z pomiarów ciśnienia odbywa się za pośrednictwem światłowodu bezpośrednio na powierzchnię lub skrętki teletechnicznej kopalni przy zastosowaniu mediakonwerterów sygnału DSL-OPTO.

2.5. Serwer powierzchniowy wraz ze stanowiskiem dyspozytorskim

Zadaniem serwera powierzchniowego (rys. 8) jest:

- udostępnianie danych pomiarowych poprzez stronę internetową,
- podgląd aktualnego rozkładu ciśnienia w stojakach obudowy zmechanizowanej w ścianie,
- przegląd danych archiwalnych,
- generowanie mapy rozkładu ciśnienia w ścianie,
- wizualizacja pracy systemu na dowolnej liczbie stanowisk komputerowych w kopalni.



Rys. 8. Sposób komunikacji na powierzchni: 1 – stanowisko dyspozytorskie, 2 – serwer powierzchniowym

3. PRZYKŁAD WYKORZYSTANIA

Ściana 7a, eksploatowana w pokładzie 402/K na głębokości od 913 m do 952 m, charakteryzuje się miąższością około 2,1 m do 3,1 m, jej nachylenie poprzeczne wynosi 2° , a nachylenie podłużne około 3° . W pokładzie występuje przerost łupka węglowego o miąższości od około 0,45 m do około 0,9 m. Ściana eksploatowana była na całą grubość pokładu bez zostawiania warstwy węgla w stropie lub spągu. W wykonanych wyrobiskach przygotowawczych dla ściany 7a nie występują zaburzenia geologiczne o charakterze nieciągłym w postaci uskoków nasunięć itp.

Średnie wytrzymałości na ściskanie wynoszą:

- dla skał stropu bezpośredniego:
 - łupek ilasty – 16,7–32,2 MPa,
 - łupek piaszczysty – 20,7–94,9 MPa,
 - piaskowiec – 40,2–79,1 MPa;
- dla skał spągu bezpośredniego:
 - łupek ilasty – 25,0–44,96 MPa;
- dla węgla pokładu 402 – 7,9–20,2 MPa.

Powyższe wyniki pozwalają zaliczyć skały stropowe do klasy od A(II), która określa stropy słabe opadające po ich odsłonięciu z pewnym opóźnieniem do klasy E(VI), która określa stropy bardzo mocne i trwałe. Natomiast skały spągowe pozwalają zaliczyć spągi do spągów bardzo zwięzłych [22].

Ściana 7a prowadzona była systemem podłużnym z zawałem skał stropowych na wybiegu około 750 m. Długość ściany wynosiła do 235 m.

W ścianie 7a kopalnia zastosowała sekcje obudowy zmechanizowanej typu KW-16/32-POz/ZRP o wysokości roboczej do 3,1 m z systemem monitoringu ciśnienia typu DOH-DROPSY. Obudowa ta stanowiła

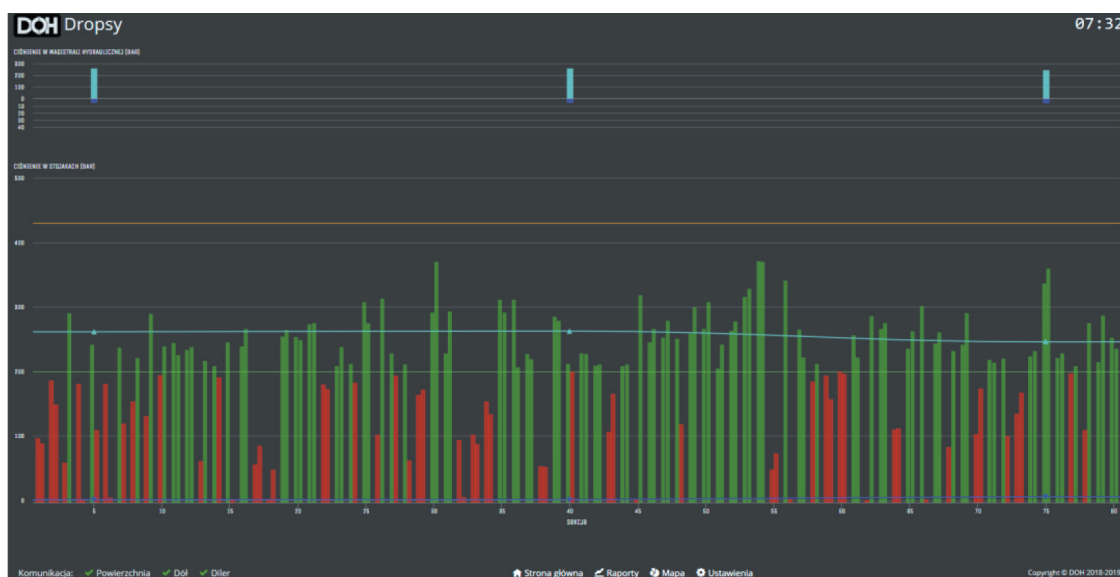
konstrukcję podporowo-osłonową opartą na czworoboku przegubowym z lemniskatowym układem stabilizacji stropnicy. Dobór zmechanizowanej obudowy ścianowej oraz jej upodatnienie przeprowadził Główny Instytut Górnictwa. Określono wtedy wskaźnik utrzymania stropu g (0,8 poprawne warunki utrzymania stropu) oraz możliwość przejmowania obciążeń jako wynik wstrząsu górotworu (według współczynnika dociążenia) $n_{tz} = 1,4$ [23].

System pomiarowy umożliwił wykonywanie pomiarów ciśnienia z dokładnością do 0,1 MPa z częstotliwością sekundy w każdym ze stojaków wszystkich sekcji obudowy zmechanizowanej. Parametry układu pozwalały więc na prowadzenie pomiarów ciśnienia w przestrzeniach podtłokowych stojaków w warunkach w zasadzie wyłącznie statycznych. Pomiarów ciśnienia objęły zakresem ilościowym 152 sekcje podczas 350 dni pomiarowych. Zmierzone wartości ciśnienia w przestrzeniach podtłokowych stojaków odniesiono do obszaru pola ściany, co przedstawiono na rysunkach 9 i 10.

Podstawą funkcjonowania kompleksu ścianowego w celu zapewnienia odpowiednich parametrów pracy zmechanizowanej obudowy ścianowej jest monitoring ciśnienia. Na podstawie monitoringu jesteśmy w stanie kontrolować cykl pracy zmechanizowanej obudowy, to znaczy rabowanie, przesuwanie i rozpięcie. Omawiany monitoring ciśnienia rejestruje wartości głównie w przestrzeniach podtłokowych stojaków hydraulicznych oraz w podporach stropnicy. System bezprzewodowego monitoringu DOH-DRPSY umożliwia wykonanie pomiarów ciśnienia z dokładnością 0,1 MPa i częstotliwością sekundy. Wartości ciśnień dla

zachowania wymaganego maksymalnego ciśnienia danej sekcji, aby mogła prawidłowo pracować, oznaczono kolorem zielonym. Natomiast kolorem czerwonym oznaczono wartości ciśnień wskazujące na nieuzyskanie wymaganego ciśnienia, które mogą być przyczyną między innymi niedostatecznego rozparcia sekcji, wystąpienia nieszczelności zewnętrznej lub wewnętrznej w przestrzeni podtłokowej stojaków. Na rysunku 9 przedstawiono rozkład ciśnienia dla sekcji zmechanizowanej obudowy ścianowej, a na rysunku 10 przedstawiono mapę rozkładu ciśnień w polu ściany.

Zmechanizowana obudowa ścianowa, jak podaje literatura [5, 24, 25], charakteryzuje się trzema podporównościami. Podporównością wstępną uzyskiwaną w momencie rozparcia wynikającą z ciśnienia zasilania w magistrali. Podporówność nominalna jest maksymalną, jaką może osiągnąć zestaw obudowy przy obciążeniu statycznym zależącą od otwarcia zaworu bezpieczeństwa. Podporówność, jaką osiąga sekcja w danej chwili pod wpływem nacisku górotworu jest podporównością roboczą, której wartość mieści się między podporównością roboczą a nominalną. Zapewnienie wymaganej podporówności, jaką rozwija zestaw obudowy zmechanizowanej, przedstawiono na rysunku 11, na którym też zinterpretowano cykl pracy sekcji zmechanizowanej obudowy ścianowej. Rozmieszczenie czujników ciśnienia w sekcji obudowy zmechanizowanej przedstawiono na rysunku 12, gdzie sygnalizator ciśnienia umieszczony jest na stropnicy w celu informacji świetlnej o stanie ciśnienia. Natomiast wykaz zastosowania pracującego monitoringu w polskich kopalniach zestawiono w tabeli 1.



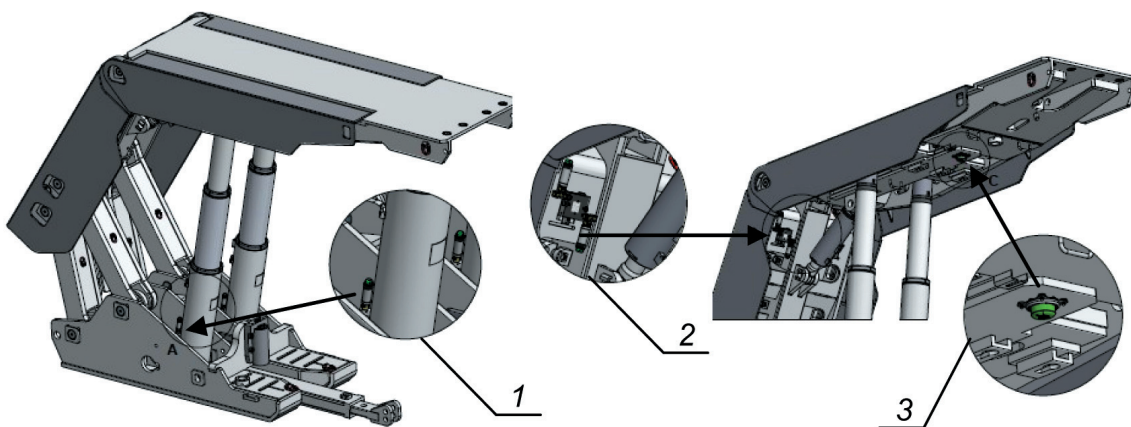
Rys. 9. Widok rozkładu ciśnienia w sekcjach zmechanizowanej obudowy ścianowej



Rys. 10. Mapa rozkładu ciśnienia sekcji zmechanizowanej obudowy ścianowej



Rys. 11. Przebieg pracy sekcji zmechanizowanej obudowy ścianowej: 1 – stojak lewy, 2 – stojak prawy, 3 – czas związany z cyklem rabowania, przestawiania oraz rozparcia, 4 – monitorowanie rozparcia sekcji w ścianie
5 – podporność wstępna, 6 – podporność nominalna, 7 – podporność robocza



Rys. 12. Rozmieszczenie czujników monitorujących parametry ciśnienia dla zmechanizowanej obudowy ścianowej: 1 – czujnik monitorujący ciśnienie dla stojaka hydraulicznego, 2 – czujnik monitorujący ciśnienie dla siłownika podpory stropnicy, 3 – sygnalizator ciśnienia umieszczony w stropnicy

Tabela 1
Wykaz zastosowań bezprzewodowego monitoringu ciśnienia typu DOH-DROPSY
w ścianach kopalń węgla kamiennego

| Kopalnia | Ściana | Pokład | Wybieg [m] | Długość [m] | Typ obudowy | Liczba sekcji w ścianie [szt.] |
|--|--------|---------|------------|-------------|--|--------------------------------|
| PGG S.A. KWK ROW Ruch Marcel I | C-3 | 507 | 448 | 180 | Hydromel-16/41-POz Glinik-14/34-POz | 118 3 |
| PGG S.A. KWK ROW Ruch Marcel I | W-7 | 505 | 1430 | 190 | Hydromel-16/41-POz Glinik-14/34-POz | 113 26 |
| PGG S.A. KWK ROW Ruch Marcel I | C-4 | 507 | 620 | 180 | Hydromel-16/41-POz | 125 |
| PGG S.A. KWK ROW Ruch Marcel II | C-3 | 505 | 1056 | 128 | Glinik-14/34-POz | 89 |
| PGG S.A. KWK ROW Ruch Marcel II | Z-2 | 502/1 | 650 | 160 | Glinik-14/34-POz | 109 |
| PGG S.A. KWK Ruda Ruch Halemba | 7a | 402/K | 730 | 230 | KW-16/32-POz/ZRP | 152 |
| PGG S.A. KWK Sośnica | tb103 | 414/2 | 860 | 235 | ZRP-15/35-POz | 156 |
| PGG S.A. KWK Piast-Ziemowit Ruch Piast | 393a | 209 | 440 | 165 | Glinik-21/46-POz | 109 |
| JSW S.A. KWK Knurów-Szczygłowice Ruch Szczygłowice | XXI | 405/1 | 825 | 210 | FRS-19/45-POz | 138 |
| PGG S.A. KWK Mysłówice-Wesoła | 411 | 416 | 980 | 142 | ZRP-15/35-POz | 95 |
| PGG S.A. KWK Murcki-Staszic | 3b-S | 510/III | 921 | 155 | KW-17/43-POzW1/ZRP | 103 |
| JSW S.A. KWK Budryk | Bw-1 | 402 | 1100 | 150 | BW JZR-13/37-POz | 98 |
| JSW S.A. KWK Knurów-Szczygłowice Ruch Knurów | 14 | 355 | 1400 | 250 | Glinik-08/25-POz | 158 |

4. PODSUMOWANIE

Monitoring ciśnienia sekcji obudowy zmechanizowanej jest jednym z elementów rozwiązań Przemysłu 4.0 w górnictwie. Zmiany zachodzące w sektorze energetycznym wymuszają na przedsiębiorstwach działania mające na celu zapewnienie rentowności, wzrost efektywności pracy oraz poprawę bezpieczeństwa. Jedynym rozwiązaniem, które umożliwi sprostanie tym wymaganiom, są inwestycje w innowacyjne metody oraz nowoczesny park maszyn i urządzeń.

Przemysł wydobywczy, który charakteryzuje się wysokim współczynnikiem wypadkowości oraz szeregiem zagrożeń naturalnych, to szerokie pole do inwestycji w innowacyjne rozwiązania. Dodatkowym elementem, który pozwoli przedsiębiorstwom energetycznym zapewnić sobie przyszłość na rynku, jest zwiększona kontrola i nadzór nad prowadzonymi ro-

botami za pomocą systemów monitoringu. W trakcie wykonywania robót górniczych niezbędny jest stały podgląd na zachodzące zmiany w wyrobisku – gwarancja zachowania ciągłości stropu wyrobiska oraz właściwego poziomu naprężeń pokładu węgla i skał stropowych. Monitoring umożliwi osiągnięcie niespotykanej dotąd efektywności operacyjnej oraz wzrostu bezpieczeństwa pracy. W trakcie prowadzenia eksploatacji z wykorzystaniem systemu monitoringu ciśnienia w sekcjach obudowy zmechanizowanej można pozyskać cenne informacje na temat prowadzenia procesów wydobywczych.

W artykule, opierając się na własnych doświadczeniach, opisano system monitoringu DOH-DROPSY oraz proces jego wdrożenia na przykładzie ścian wydobywczych. Głównym celem monitoringu jest możliwość wykrywania nieprawidłowego rozparcia sekcji w wyrobisku oraz diagnostyka uszkodzeń w układach hydraulicznych.

Literatura

- [1] Liduchowski L.: *Monitoring stanu obudowy zmechanizowanej przy zastosowaniu sterowania elektrohydraulicznego firmy Tiefenbach*, Prace Naukowe GIG, Seria „Konferencje”, 40: 123–128.
- [2] Krauze K., Rączka W., Stopka G.: *Project and test results of new solution for powered roof support for low seams*, „Mining, Informatics, Automation and Electrical Engineering” 2019, 1, 537: 29–34.
- [3] 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: 1–17.
- [4] Rajwa S., Janoszek T., Prusek S.: *Influence of canopy ratio of powered roof support on longwall working stability – A case study*, „International Journal of Mining Science and Technology” 2019, 29, 4: 591–598.
- [5] Stoiński K., red.: *Zmechanizowane obudowy ścianowe dla warunków zagrożenia wstrząsami górotowru*, Wydawnictwo GIG, Katowice 2018.
- [6] Szurgacz D.: *Sposób dostosowania obudowy ścianowej do warunków obciążeń dynamicznych*, „Przegląd Górniczy” 2016, 7: 57–62.
- [7] Świątek N., Szurgacz D.: *The identification of the damage causes of the hydraulic control system components in powered roof support by means of tests and calculations*, „AIP Conferences Proceedings” 2020, 2209: 020003.
- [8] Świątek N.: *Powered roof support in conditions of mining tremors in Upper Silesian Coal Basin – current state in terms of statistical analysis*, „Mining, Informatics, Automation and Electrical Engineering” 2019, 2, 538: 21–27.
- [9] Rajwa S., Lubosik Z., Płonka M.: *Bezpieczeństwo eksploatacji ścian zawalowych w świetle danych z systemów monitoringu*, „Maszyny Górnicze” 2019, 4: 24–34.
- [10] Brodny J., Tutak M.: *Analysing the Utilisation Effectiveness of Mining Machines Using Independent Data Acquisition System: A Case Study*, „Energies” 2019, 12, 3: 2505.
- [11] Pałka D., Paczesny B., Gurdziel M., Wieloch W.: *Industry 4.0 in development of new technologies for underground mining*, „E3S Web of Conferences” 2020, 174, 01002.
- [12] Szolc P., Stempniak M., Grudziecki R., Pałka D.: *A Survey on the potential of monitoring of longwall complex parameters based on industry 4.0*, „E3S Web of Conferences” 2020, 174, 01065.
- [13] Bazan Ł., Diederichs R., Garda W., Lubryka J., Ptak K., Zych K.: *Doświadczenia eksploatacyjne z wdrożenia systemu monitorowania ciśnienia EH-PressCater w kopalni soli*, „Napęd i Sterowanie” 2015, 3: 124–129.
- [14] Oset K., Juzwa J.: *Bezpieczeństwo pracy urządzeń hydraulicznej obudowy zmechanizowanej i osób w rejonie ściany wydobywczej na przykładzie innowacyjnego systemu X-MAN*, „Napęd i Sterowanie” 2015, 12: 110–114.
- [15] Kasprusz A., Mikuła S., Wojtas M.: *Sterowanie elektrohydrauliczne DOH-matic do automatyzacji pracy obudowy zmechanizowanej*, „Wiadomości Górnicze” 2013, 5, 64: 275–282.
- [16] Płonka M.: *Obraz podporności sekcji obudowy zmechanizowanej usytuowanych na pozycjach skrajnych na podstawie danych z systemu monitoringu*, „Przegląd Górniczy” 2018, 3: 34–40.
- [17] Płonka M., Rajwa S.: *Difficulties observed in operating powered support during work in lower range of its working height*, „Mining, Informatics, Automation and Electrical Engineering” 2018, 4, 536: 45–54.
- [18] Szurgacz D., Brodny J.: *Role and importance of pressure monitoring for elektro-hydraulic control system designed for powered roof supports*, „Conference proceedings, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining” 2018, 18, 1.3: 793–800.
- [19] Gil J., Kołodziej M., Szurgacz D., Stoiński K.: *Introduction of standardization of powered roof supports to increase production efficiency of Polska Grupa Górnicza S.A.*, „Mining, Informatics, Automation and Electrical Engineering” 2018, 4, 536: 33–39.
- [20] Jasiulek D., Bartoszek S., Lubryka J.: *Efektywność wykorzystania i bezpieczeństwo techniczne górnictwa zmechanizowanego – PRASS III*, „System Zasilania, Sterowania, Monitoringu i Diagnostyki” 2019, 1: 73–79.
- [21] Jasiulek D., Bartoszek S., Perutka K., Korshunov A., Jagoda J., Płonka M.: *Shield Support Monitoring System – operations during the support setting*, „Acta Montanistica Slovaca” 2019, 24, 4: 391–401.
- [22] Projekt techniczny eksploatacji pokładu 402 w partii „K” na poziomie 830 m ścianą 7a wraz z technologią wykonywania robót, 2019 [praca niepublikowana].
- [23] Sprawozdanie GIG nr 583 17039-152: Określenie warunków poprawności oraz współpracy różnych typów obudów zmechanizowanych w polu ściany 7a w pokładzie 402 w partii „K” dla KWK Ruda Ruch Halemba, Katowice 2019 [praca niepublikowana].
- [24] Krauze K.: *Urabianie skał strugami statycznymi, podstawy doboru i projektowania kompleksów strugowych*, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 2012.
- [25] Szurgacz D.: *Zmechanizowana obudowa ścianowa w zmieniających warunkach górnictwa-geologicznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2019.

dr inż. DAWID SZURGACZ
Polska Grupa Górnicza S.A.
KWK ROW Ruch Chwałowice
ul. Przewozowa 4, 44-206 Rybnik
dawidszurgacz@vp.pl

mgr inż. ŁUKASZ BAZAN
mgr inż. RYSZARD DIEDERICHS
Centrum Hydrauliki DOH Sp. z o.o.
ul. Konstytucji 148, 41-906 Bytom
{lukaszbazan, ryszarddiederichs}@doh.com.pl

mgr inż. KONRAD TRZOP
Polska Grupa Górnicza S.A.
KWK Ruda Ruch Bielszowice
ul. Halembaska 160, 41-711 Ruda Śląska
konrad.trzop.kt@gmail.com