



Piotr GŁUCH*, Grzegorz MICHALIK**, Tomasz ŚLEDŹ**,
Piotr KLEIBERT**, Adam RATAJCZAK**, Jarosław SOBIK**

Doświadczenia ze stosowania obudów spłaszczonych typu ŁPrP, ŁPKO, ŁPSP, ŁPSPA i ŁPSP3R w warunkach KWK Knurów-Szczygłowice

Streszczenie: W artykule przedstawiono doświadczenia ze stosowania obudów spłaszczonych typu ŁPrP, ŁPKO, ŁPSP, ŁPSPA i ŁPSP3R dla rozcięć ścianowych rozruchowych w warunkach JSW S.A. KWK Knurów-Szczygłowice. W artykule skoncentrowano się na zastosowanych rozwiązaniach obudów rozcięć ścianowych rozruchowych i uzyskanych rezultatach w zakresie stateczności i użyteczności rozwiązań danej konstrukcji obudowy. Przeprowadzono analizę nośności i uwarunkowań technologicznych stosowania różnych rozwiązań obudów spłaszczonych ze szczególnym uwzględnieniem odrzwi obudowy ŁPSP i ŁPrPJ, z porównania których obudowa ŁPSP ma nośność większą o około 21% przy równoczesnym zmniejszonym zużyciu stali o około 31%. Praktyczne wyniki doświadczeń pozwoliły stwierdzić, że korzystnymi rozwiązaniami obudów dla rozcięć ścianowych są obudowy z typoszeregu ŁPSPA i ŁPSP3R.

Słowa kluczowe: eksploatacja, obudowa podporowa, dobór obudowy do rozcięć ścianowych rozruchowych

Experience of using ŁPrP, ŁPKO, ŁPSP, ŁPSPA i ŁPSP3R flattened supports in the conditions of Knurów-Szczygłowice coal mine

Abstract: The paper presents the experience of using the ŁPrP, ŁPKO, ŁPSP, ŁPSPA i ŁPSP3R types of flattened supports for longwall entries in the conditions of the JSW S.A. Knurów-Szczygłowice coal mine. The article concentrates on the support solutions applied in the conditions of the mine and the results in terms of stability and usefulness of the structures of the supports. An analysis of the load bearing capacity and technological conditions has been conducted for various flattened supports solutions, with special consideration given to the ŁPSP and ŁPrPJ support sets. Comparing these two, the ŁPSP exhibits a load bearing capacity that is 21%

* Dr inż., Politechnika Śląska, Gliwice; e-mail: piotr-gluch@wp.pl

** Mgr inż., JSW S.A. KWK „Knurów-Szczygłowice”, Knurów;
e-mail: gmichalik@jsw.pl, tsledz@jsw.pl, pkleibert@jsw.pl, aratajczak@jsw.pl, jasobik@jsw.pl

higher while using 31% less steel mass. The experiment results allowed to determine that the ŁPSPA and ŁPSP3R support types are an advantageous solutions in case of longwall set-up rooms.

Keywords: exploitation, supports, selection of supports for longwall's set-up rooms

Wprowadzenie

Rozcinki ścianowe rozruchowe należą do podstawowych wyrobisk przygotowawczych eksploatacyjnych, wykonywanych w systemie eksploatacji ścianowej dla uzbrojenia ściany wydobywczej w niezbędne urządzenia dla ciągłego urabiania, odstawy urobku i zabezpieczenia stropu.

W polskim górnictwie węgla kamiennego do charakterystycznych cech rozciniek ścianowych rozruchowych należą:

- krótkotrwały charakter istnienia wyrobiska,
- znaczna szerokość wyrobiska, często powyżej 6,0 m (dochodząca nawet do 8,7 m),
- lokalizacja w rejonach niekorzystnych w strefach oddziaływania krawędzi, uskoków,
- stosowanie obudowy o różnorodnych kształtach, wymagających wzmocnienia odrzwi na szerokości, co w znacznym stopniu utrudnia zbrojenie ściany.

W praktyce stosowanych jest wiele rozwiązań obudów specjalnych w rozcinkach ścianowych rozruchowych (Głuch i in. 2000; Bobek i in. 2012, 2013; Wardas i in. 2012, 2015; Kudela i in. 2013, 2015), w rozcinkach dla likwidacji ściany (Kamiński i in. 2015), poszerzeń wyrobisk (Kudela i in. 2015) i innych.

Doświadczenia ze stosowania obudów spłaszczonych są niezwykle ważne dla praktycznej oceny ich przydatności w złożonych warunkach geologiczno-górnictwowych.

1. Zastosowane obudowy w rozcinkach ścianowych rozruchowych

Złożone warunki geologiczno-górnictwowe, wynikające z długoletniej eksploatacji prowadzonej na znacznym obszarze górnictwem JSW S.A. KWK Knurów-Szczygłowice (dwa ruchy), wymusiły zastosowanie zróżnicowanych rozwiązań konstrukcji obudów do rozciniek ścianowych rozruchowych, które były dostępne w postaci rozwiązań katalogowych znanych producentów.

Doświadczenia kopalni Knurów-Szczygłowice w zakresie stosowania obudów podporowych rozciniek ścianowych rozruchowych obejmują typoszeregi obudów spłaszczonych, które zestawiono wraz z ich podstawowymi parametrami w tabeli 1.

Wykonywane rozcinki ścianowe rozruchowe w obudowie typoszeregu ŁPrP i ŁPKO wymagały w strefach koncentracji naprężeń pod krawędziami eksploatacyjnymi dodatkowego wzmocnienia za pomocą stojaków podporowych stalowych lub drewnianych, jak również podciągów przy stosowaniu rozstawu odrzwi 0,5 m i 0,75 m (rys. 1 i 2).

Obudowy wykazywały tendencję do przeginania stropnicy za złączem środkowym, a od dużego obciążenia obudowy stojaki podporowe drewniane ulegały złamaniu (rys. 3 i 4), co wymagało wprowadzenia stojaków podporowych stalowych typu SV29 – rysunki 5 i 6 (Bobek i in. 2013; Ratajczak i in. 2015).

TABELA 1. Zestawienie zastosowanych obudów rozcinek ścianowych rozruchowych w warunkach JSW SA. KWK Knurów-Szczygłowice

TABLE 1. The list of the supports applied in longwall's set-up rooms in the conditions of JSW S.A. Knurów-Szczygłowice coal mine

Lp.	Nazwa obudowy	Szerokość S [m]	Wysokość W [m]	Wskaźnik nośności dla stali 25G2 W_N [MN/m]	Wskaźnik nośności dla stali S480W W_N [MN/m]	Rozstaw odrzwi obudowy d [m]
1.	ŁPrP/V29/4/24	5,70	3,00	0,119	0,144	0,5–0,75
2.	ŁPrPJ/V32/5/6,6 x 2,8	6,60	2,80	–	0,1207	0,75
3.	ŁPrPJ/V32/5/6,6 x 3,6	6,60	3,60	–	0,1207	0,75
4.	ŁPKO/V32/8/8	6,10	3,38	0,1394	0,1674	0,75
5.	ŁPKO/V32/9/9	6,51	3,58	0,1224	0,1470	0,75–1,0
6.	ŁPKO/V32/10/10	7,19	3,80	0,1003	0,1205	0,75
7.	ŁPSp/V32/4/6,2 x 3,5	6,20	3,50	0,138	0,155	0,75
8.	ŁPSpA/V32/4/5,8 x 3,5	5,80	3,50	0,168	0,189	1,25
9.	ŁPSpA/V32/4/7,2 x 3,8	7,20	3,80	0,127	0,143	0,75
10.	ŁPSpA/V32/4/7,5 x 3,5	7,50	3,50	0,122	0,137	1,00
11.	ŁPSpA/V32/4/7,8 x 3,8	7,80	3,80	0,118	0,132	0,75
12.	ŁPSpA/V32/4/8,2 x 3,8	8,20	3,80	0,113	0,127	0,75
13.	ŁPSp3R/V32/4/8,2 x 3,8	8,20	3,80	0,127	0,143	0,75



Rys. 1. Widok rozcinkei ścianowej rozruchowej w obudowie ŁPrP podbudowanej stojakami stalowymi w rozstawie odrzwi obudowy co 0,5 m w rejonie wpływu krawędzi eksploatacyjnych

Fig. 1. View of a longwall set-up room with ŁPrP supports, reinforced with steel props and distance between support sets of 0.5 m in the region of exploitation edge influence



Rys. 2. Widok rozcinki ścianowej rozruchowej w obudowie ŁPrP z podciągami stalowym i podbudowanym stojakami drewnianymi w rozstawie odrzwi obudowy co 0,75 m

Fig. 2. View of a longwall set-up room with ŁPrP supports with steel horsehead and reinforced by wooden props and a distance between support sets of 0.75 m



Rys. 3. Widok rozcinki ścianowej rozruchowej w obudowie ŁPrP podbudowanej stojakami drewnianymi w rozstawie odrzwi co 0,75 m w rejonie wpływu krawędzi eksploatacyjnych

Fig. 3. View of a longwall set-up room with ŁPrP supports, reinforced with wooden props and a distance between support sets of 0.75 m in the region of exploitation edge influence



Rys. 4. Widok złamanych stojaków drewnianych w rozcince ścianowej rozruchowej w obudowie ŁPrP w rozstawie odrzwi obudowy co 0,75 m

Fig. 4. View of broken wooden props in a longwall set-up room with ŁPrP supports and a distance between support sets of 0.75 m



Rys. 5. Widok rozcinki ścianowej rozruchowej w obudowie ŁPKO/V32/8/8 wzmocnionej stojakami stalowymi w rozstawie odrzwi obudowy co 0,75 m w rejonie wpływu krawędzi eksploatacyjnych (Bobek i in. 2013)

Fig. 5. View of a longwall set-up room with ŁPKO/V32/8/8 supports reinforced with steel supports and a distance between support sets of 0.75 m in the region of exploitation edge influence



Rys. 6. Widok rozcinki ścianowej w obudowie ŁPKO/V32/10/10 wzmocnionej stojakami stalowymi w rozstawie odrzwi obudowy co 0,75 m w rejonie wpływu krawędzi eksploatacyjnych

Fig. 6. View of a longwall set-up room with ŁPKO/V32/10/10 reinforced with steel supports and a distance between support sets of 0.75 m in the region of exploitation edge influence

Mimo stosowanych wzmocnień nie udało się uniknąć trwałych deformacji obudowy w strefach wzmożonych ciśnień górotworu, objawiających się deformacją stropnic za zakładką, pękaniem kształtowników na łukach ociosowych – rysunki 7 i 8 (Ratajczak i in. 2015).

Powstające trwałe deformacje zniszczeniowe obudowy wymagały wprowadzania dodatkowego pracochłonnego jej wzmocnienia. Duże problemy ruchowe powstawały przy uruchomieniu ściany wydobywczej, które w przypadku obudowy ŁPrP wymagały mechanicznego obcinania stropnic od strony ociosu węglowego.

Występujące problemy z utrzymaniem rozcinek ścianowych rozruchowych udało się poprawić przez zastosowanie specjalnych nowych konstrukcji obudów spłaszczonych, takich jak:

- obudowa spłaszczona typu ŁPSp-V32/4 – normalna symetryczna,
- obudowa spłaszczona typu ŁPSpA-V32/4 – asymetryczna ze skróconą stropnicą,
- obudowa spłaszczona trzypromieniowa typu ŁPSp3R-V32/4 – symetryczna.

W praktyce zastosowano również zmodyfikowaną obudowę ŁPrP o nazwie ŁPrPJ o konstrukcji symetrycznej i niesymetrycznej.

2. Wykorzystanie obudowy ŁPSp, ŁPSpA i ŁPSp3R do rozcinek ścianowych rozruchowych

Korzystne zachowanie się obudów typu ŁPSp, ŁPSpA i ŁPSp3R wykonywanych z kształtownika V32 związane jest z szeregiem istotnych zmian konstrukcyjnych, które zastosowano dla uzyskania jej racjonalnego kształtu, pozwalającego uzyskiwać korzystne parametry wytrzymałościowe oraz technologiczne.



Rys. 7. Widok deformacji obudowy ŁPKO/V32/10/10 wzmocnionej stojakami stalowymi w rozstawie odrzwi obudowy co 0,75 m w rejonie wpływu krawędzi eksploatacyjnych

Fig. 7. View of a deformation of ŁPKO/V32/10/10 supports, reinforced with steel props and a distance between support sets of 0.75 m in the region of exploitation edge influence



Rys. 8. Widok pękniętych odrzwi obudowy ŁPKO/V32/10/10 wzmocnionych stojakami stalowymi w rozstawie odrzwi obudowy co 0,75 m w rejonie wpływu krawędzi eksploatacyjnych

Fig. 8. View of a fractured ŁPKO/V32/10/10 support set, reinforced with steel props and a distance between support sets of 0.75 m in the region of exploitation edge influence

W szczególności do korzystnych cech należy zaliczyć:

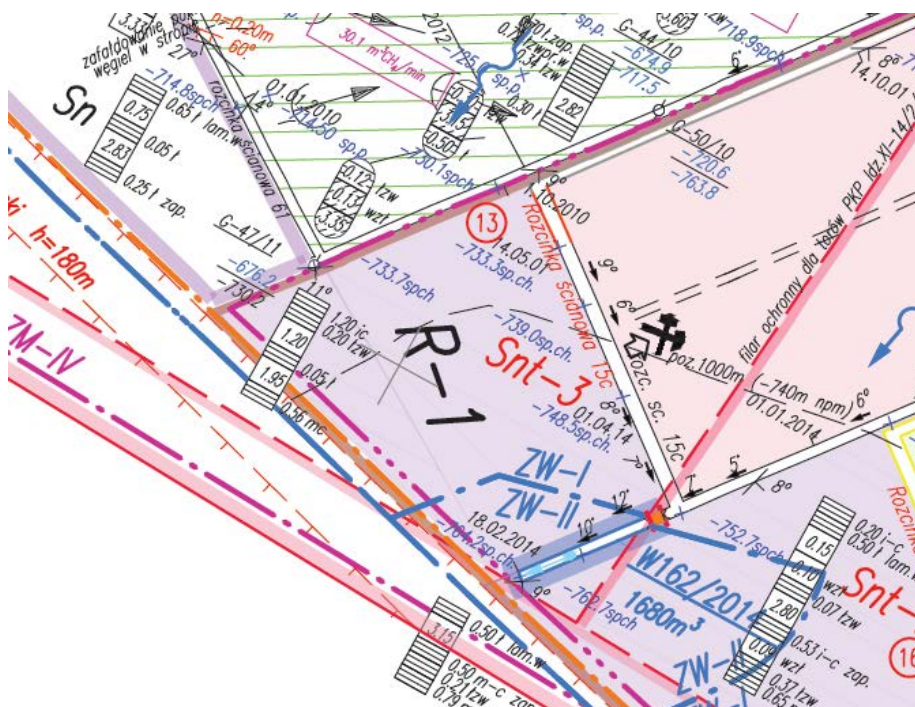
- cztery łuki tworzące typoszereg o znacznych gabarytach,
- zastosowanie zwiększonej zakładki złącza stropnicowego, które skręcone trzema strzemionami w odrzwiach ŁPSP oraz ŁPSPA i czterema strzemionami w odrzwiach ŁPSP3R zapewnia usztywnioną pracę łuków stropnicowych, a przez to wykorzystanie nośności kształtownika V32,

- przeniesienie złącza łuków ociosowych i stropnicowych w strefę dużego momentu zginającego na ociosie, co zapobiega jego przeginianiu i prowadzi do zwiększenia nośności zsuwnej odrzwi przez powstające poprzeczne odkształcenia przekroju kształtownika,
- zabudowę na złączach ociosowych dwóch strzemion zapewniających podatną pracę konstrukcji obudowy, która po usztywnieniu przenosi wysokie obciążenie, a deformacja trwała występuje na łuku stropnicowym wewnętrznym przed zakładką, która jest łatwa do wzmocnienia przez dodatkowe podparcie,
- technologicznie obudowa jest łatwa do bezpiecznego wykonania przy drażeniu oraz do zabudowy sekcji obudowy zmechanizowanej oraz ich wyjazdu.

Praktyczne doświadczenia ruchowe potwierdziły dużą przydatność obudowy spłaszczonej typu ŁPSp, ŁPSpA i ŁPSp3R, a tym samym korzystniejsze jej zachowanie w stosunku do obudów ŁPrP i ŁPKO (Bobek i in. 2013; Ratajczak i in. 2015; Wardas i in. 2015).

2.1. Zastosowanie obudowy ŁPSp3R-V32/4/8,2 × 3,8

Obudowę ŁPSp3R-V32/4/8,2 × 3,8 (S = 8,2 m, W = 3,8 m) zastosowano w rozcince ścianowej 15c dla ściany XV zlokalizowanej w pokładzie 405/1 poniżej poziomu 850 m.



Rys. 9. Lokalizacja rozcinki ścianowej rozruchowej 15c w pokładzie 405/1 (Wardas i in. 2015)

Fig. 9. Location of the 15c longwall set-up room in the 405/1 seam

Lokalizacje przecinki przedstawiono na rysunku 9. Na podstawie analizy warunków geologiczno-górnictwowych odrzwia obudowy ŁP3R-V32/4/8,2 × 3,8 budowano w rozstawie co 0,75 m, a dodatkowe wzmocnienie w postaci stojaków SV29t realizowano co 1,5 m (Wardas i in. 2015). Widok rozcinki ścianowej zazbrojonej w sekcji obudowy zmechanizowanej FRS19/45-2 × 3056 przedstawiono na rysunku 10 i 11.



Rys. 10. Zabudowana sekcja obudowy zmechanizowanej FRS19/45-2 × 3056 w rozcince ścianowej rozruchowej w obudowie ŁP3R-V32/4/8,2 × 3,8

Fig. 10. FRS19/45-2 × 3056 powered roof supports installed in the longwall set-up room with ŁP3R-V32/4/8,2 × 3,8 supports

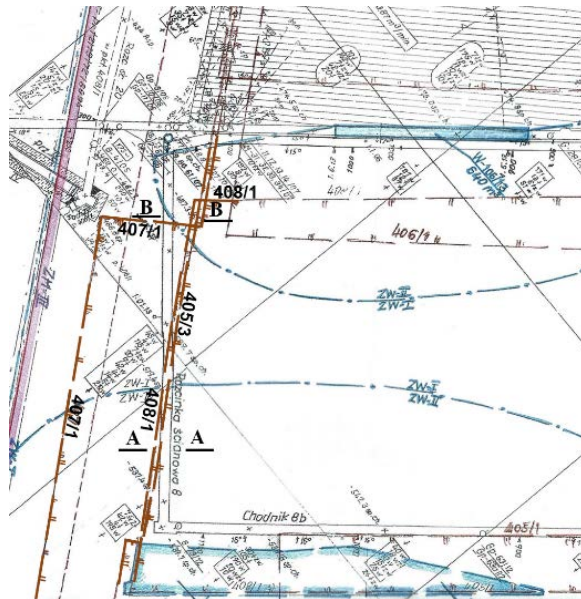


Rys. 11. Zabudowa sekcji obudowy zmechanizowanej FRS19/45-2 × 3056 w rozcince ścianowej rozruchowej w obudowie ŁP3R-V32/4/8,2 × 3,8

Fig. 11. Construction of FRS19/45-2 × 3056 powered roof supports in the longwall set-up room with ŁP3R-V32/4/8,2 × 3,8 supports

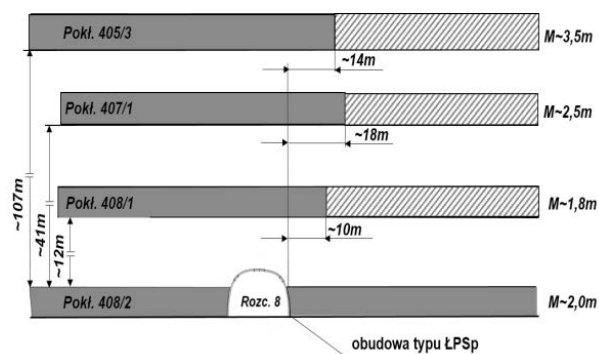
2.2. Przykład zastosowania obudowy ŁPSp-V32/4/6,2 × 3,6

Rozcinke ścianową rozruchową dla ściany nr 8 zaprojektowano w pokładzie 408/2, którego miąższość wynosiła 1,8–2,0 m, natomiast jego nachylenie wahało się w granicach 13–18°. Długość projektowanej rozcinke wyniosła 250 m (Bobek i in. 2015).



Rys. 12. Wycinek mapy pokładu 408/2 z naniesioną rozcinke ścianową 8 i zaznaczonymi zaszłościami eksploatacyjnymi (Bobek in. 2013)

Fig. 12. Map section of the 408/2 seam with the longwall set-up room 8 and former exploitation edges



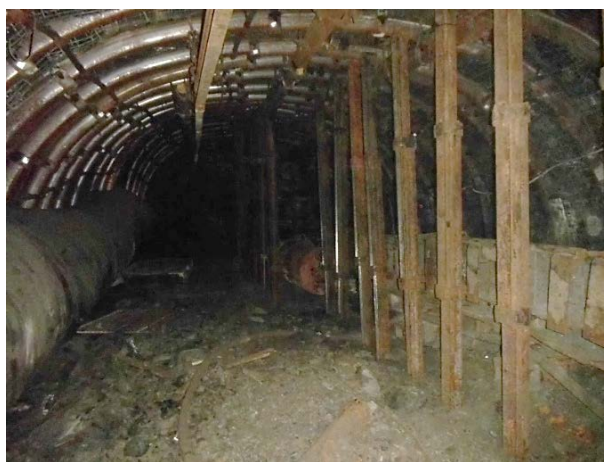
Rys. 13. Przekrój B-B – usytuowanie krawędzi pokładów względem rozcinke ścianowej 8 w pokładzie 408/2 (Bobek i in. 2013)

Fig. 13. B-B cross section – location of exploitation edges in relation to the longwall set-up room 8 in the 408/2 seam

Rozcinka rozruchowa ściany nr 8 została zaprojektowana na głębokości około 850 m w rejonie zaszczości eksploatacyjnych obejmujących następujące pokłady:

- pokład 405/3 w odległości pionowej około 107 m,
- pokład 407/1 w odległości pionowej około 41 m,
- pokład 408/1 w odległości pionowej około 12 m.

Przedmiotową rozcinkę wykonano w rozstawie odrzwi co 0,75 m, wzmacniając każde odrzwia podporami stalowymi. Wycinek mapy pokładu 408/2 przedstawia rysunek 12, a przekrój przez krawędzie – rysunek 13. Widok rozcinki ścianowej 8 w pokładzie 408/2 przedstawiono na rysunku 14.



Rys. 14. Widok rozcinki ścianowej 8 w pokładzie 408/2 w obudowie ŁPSp/V32/4/6,2 × 3,5 w rozstawie odrzwi co 0,75 m wzmocnionej stojakami stalowymi (Bobek i in. 2013)

Fig. 14. View of the longwall set-up room 8 in the 408/2 seam with ŁPSp/V32/4/6,2 × 3,5 supports and a distance between sets of 0.75 m, reinforced with steel props

2.3. Przykład zastosowania obudowy ŁPSpA-V32/4/7,2 × 3,8 i ŁPSpA-V32/4/7,8 × 3,8

Rozcinkę rozruchową dla ściany nr 8 zaprojektowano w pokładzie 405/3, którego miąższość wynosiła 3,5–4,0 m, natomiast jego nachylenie wahało się w granicach 10–18°. Długość projektowanej rozcinki wyniosła 150 m.

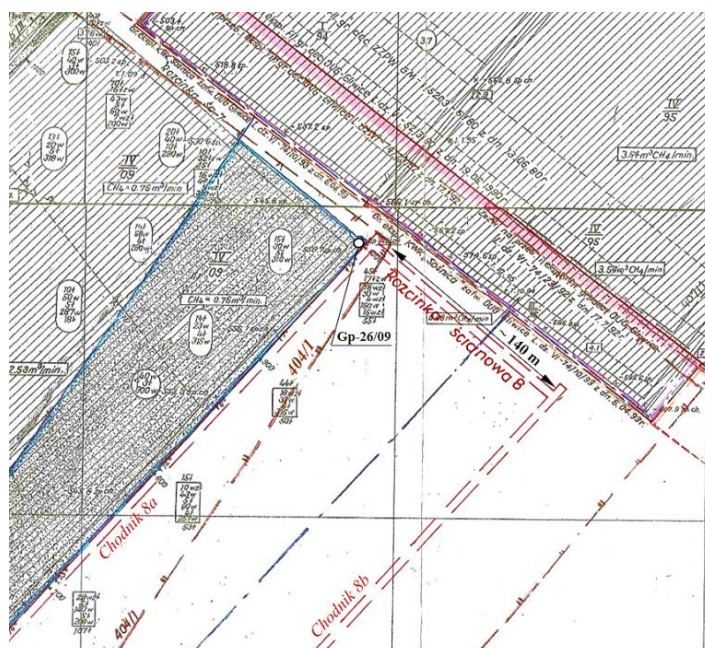
Rozcinka ścianowa 8 została zaprojektowana na głębokości około 850 m w rejonie zaszczości eksploatacyjnych pokładu 404/1 zalegającego w odległości pionowej około 100 m. Pokład 405/3 zaliczony został do I stopnia zagrożenia tapaniami, a prognozowaną energię wstrząsu na etapie robót przygotowawczych określono na wielkość 5×10^4 J.

Przecinkę wykonano w rozstawie odrzwi co 0,75 m. Odrzwia obudowy, do których podwieszona była trasa kolejki spalinowej podbudowano stojakami SV29t, co skutkowało zabudową wspomnianych podpór stalowych co drugie lub trzecie odrzwia.

Wykonane w rejonie rozcinki ścianowej 8 w pokładzie 405/3 badania wytrzymałościowe skał stropowych przy użyciu penetrometru otworowego określiły średnią wytrzymałość skał na ściskanie na poziomie $R_{C\dot{s}r} = 27,6$ MPa, natomiast wytrzymałość na ściskanie pokładu 405/3 wyniosła $R_{Cw} = 13,5$ MPa.

Dla umożliwienia komfortowej zabudowy kombajnu ścianowego w ostatnim etapie zbrojenia ściany, co wiąże się z wykonaniem dodatkowej wnęki przy użyciu robót strzałowych, odcinek rozcinki ścianowej przy chodniku nadścianowym (15 m) wykonano w obudowie ŁPSPA-V32/4/7,8 × 3,8.

Wycinek mapy pokładu 405/3 z naniesioną rozcinką ścianową 8 i zaznaczoną krawędzią pokładu 404/1 przedstawia rysunek 15, a widok rozcinki rysunek 16.



Rys. 15. Wycinek mapy pokładu 405/3 z naniesioną rozcinką ścianową 8 i zaznaczoną krawędzią pokładu 404/1

Fig. 15. Map section of the 405/3 seam with the longwall set-up room and the 404/1 seam edge

2.4. Przykład zastosowania obudowy ŁPSPA-V32/4/5,8 × 3,5 i ŁPSPA-V32/4/7,5 × 3,5

Rozcinkę ścianową 41 zaprojektowano w pokładzie 357+358 na głębokości około 850 m. Grubość pokładu 357+358 wynosiła około 2,7 m, natomiast jego nachylenie wynosiło około 12°. Długość rozcinki wyniosła około 210 m, przy czym odcinek 15 m od chodnika nadścianowego tworzyła obudowa o szerokości 7,5 m, pełniąc zadanie wnęki do zabudowy kombajnu ścianowego.



Rys. 16. Widok rozcinki ścianowej 8 w pokładzie 405/3 w obudowie ŁPSPA-V32/4/7,2 × 3,8 w rozstawie odrzwi co 0,75 m wzmocnionej stojakami stalowymi co drugie lub trzecie odrzwia

Fig. 16. View of longwall set-up room 8 in the 405/3 seam with ŁPSPA-V32/4/7,2 × 3,8 supports and a distance between sets of 0.75 m reinforced with steel props at each second or third set



Rys. 17. Wycinek mapy pokładu 357+358 z zaznaczoną rozcinką ścianową 41

Fig. 17. Map section of the 357+358 seam with the longwall set-up room 41



Rys. 18. Widok rozcinki ścianowej 41 w pokładzie 357+358 w obudowie ŁPSpA-V32/4/5,8 × 3,5 w rozstawie odrzwi co 1,25 m

Fig. 18. View of the longwall set-up room. 41 in the 357+358 seam with ŁPSpA-V32/4/5,8 × 3,5 supports and a distance between the sets of 1.25 m

Rozcinkę zaprojektowano w warunkach I stopnia zagrożenia tąpnięciami, gdzie prognozowaną energię wstrząsu określono na wielkość $5,0 \times 10^4$ J. W rejonie projektowanej rozcinki górotwór charakteryzował się wytrzymałością na ściskanie skał stropowych na poziomie około 39,5 MPa, natomiast wytrzymałość na ściskanie pokładu węgla wynosiła około 11 MPa. Rozcinkę zaprojektowano poza wpływem zaszłości eksploatacyjnych.

Analiza warunków geologiczno-górnicznych w rejonie projektowanej rozcinki ścianowej 41, doświadczenia ruchowe kopalni oraz założenia projektowe doboru obudowy, pozwoliły przyjąć zabudowę odrzwi obudowy ŁPSpA-V32/4/5,8 × 3,5 w rozstawie co 1,25 m, a odcinek wnętrza kombajnowej w obudowie ŁPSpA-V32/4/7,5 × 3,5 co 1,0 m. Obudowę na całej długości rozcinki stabilizowano podciąganiem stalowym, a mając na uwadze transport sekcji obudowy zmechanizowanej za pomocą podwieszanej kolejki spalinowej, obudowę rozcinki ŁPSpA-V32/4/7,5 × 3,5 podbudowano stojakami drewnianymi, wykorzystywanymi w dalszym etapie ustawiania sekcji obudowy zmechanizowanej do wypełniania przestrzeni między obudową zmechanizowaną a obudową podporową rozcinki.

Wycinek mapy pokładu 357+358 z naniesioną rozcinką ściany nr 41 przedstawia rysunek 17, a jej widok rysunek 18.

3. Analiza nośności i uwarunkowań technologicznych stosowania różnych rozwiązań obudów spłaszczonych

Nośność obudowy podporowej musi być rozpatrywana z uwzględnieniem jej współpracy z górotworem. Przy modelowaniu numerycznym istnieje możliwość doboru schematu obliczeniowego do warunków oddziaływania górotworu na obudowę. W podstawowym modelu

obliczeń przyjmuje się, że obciążenie ma charakter równomierny i działa na całej szerokości wyrobiska, a na odcinkach obudowy, gdzie łuki odkształcają się na zewnątrz modeluje się w postaci prętów sprężystych wykładkę za obudową. Z obliczeń numerycznych uzyskuje się przemieszczenia konstrukcji, wielkości sił wewnętrznych na obrysie odrzwi, wielkości naprężeń w przekrojach obudowy.

W analizie nośności obudowy powinno uwzględniać się:

- warunek wytrzymałości obudowy (czy nie dochodzi do przekroczenia naprężeń na granicy wytrzymałości materiału),
- warunek stateczności obudowy (rozpatrywany w schemacie płaskim jak i przestrzennym),
- warunek przemieszczeniowy (czy nie występują nadmierne niepożądane przemieszczenia).

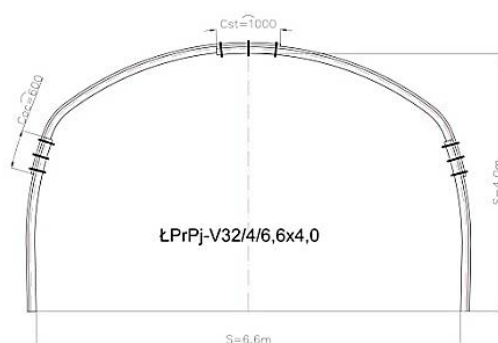
Niekorzystną cechą konstrukcji obudów spłaszczonych jest konieczność jej ukształtowania, w której dąży się do zmniejszenia jej wyniosłości ze stosowaniem małej krzywizny łuków stropnicowych z przejściem małym promieniem na łuki ociosowe. Rozwiązanie kształtu obudowy spłaszczonej ma podstawowe znaczenie dla uzyskania jej wysokich parametrów wytrzymałościowych, technologicznych oraz warunków bezpieczeństwa.

Na podstawie analizy numerycznej sił wewnętrznych i naprężeń dla dwóch konstrukcji obudowy o zbliżonych gabarytach:

- ŁPrPJ-V32/4/6,6 × 4,0 – rysunki 19, 21 i 23,
- ŁPSP-V32/4/6,4 × 4,1 – rysunki 20, 22 i 24,

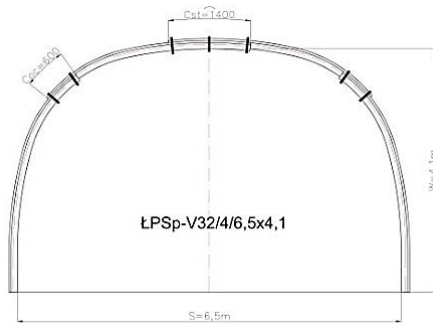
można sformułować następujące wnioski:

- kształt odrzwi ŁPrPJ z małym promieniem przejścia łuku stropnicowego w ociosowy prowadzi do wystąpienia wysokiego momentu zginającego $M_{gmaxoc} = 99,62$ kNm, a moment zginający stropnicowy wynosi $M_{gmaxst} = 89,02$ kNm, co daje stosunek momentów $M_{gmaxst}/M_{gmaxoc} = 0,894$ – w efekcie w odrzwiach w przekroju pojedynczego kształtownika na ociosie dochodzi do jego deformacji przez rozplaszczanie, a wzrost momentu w łukach stropnicowych prowadzi do wyrównania momentów i w efekcie przekształcenia konstrukcji obudowy w ustrój z trzema przegubami pla-



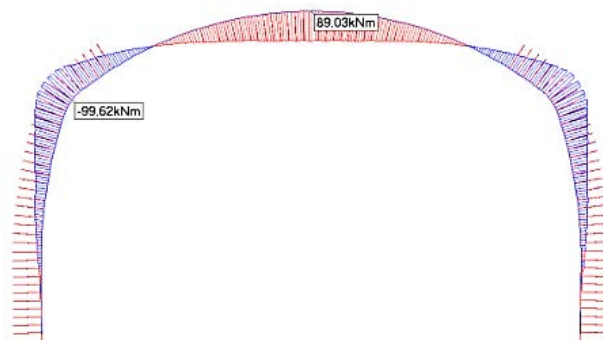
Rys. 19. Odrzvia obudowy ŁPrPJ-V32/4/6,6 × 4,0

Fig. 19. Support sets of the ŁPrPJ-V32/4/6,6 × 4,0 supports



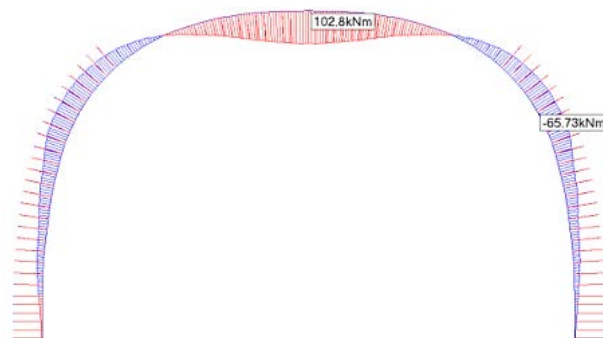
Rys. 20. Odrzwia obudowy ŁPSp-V32/4/6,5 × 4,1

Fig. 20. Support sets of the ŁPSp-V32/4/6,5 × 4,1 supports



Rys. 21. Wykres momentów zginających w odrzwiach obudowy ŁPrPJ-V32/4/6,6 × 4,0

Fig. 21. Diagram of bending moments in the support sets of ŁPrPJ-V32/4/6,6 × 4,0 supports

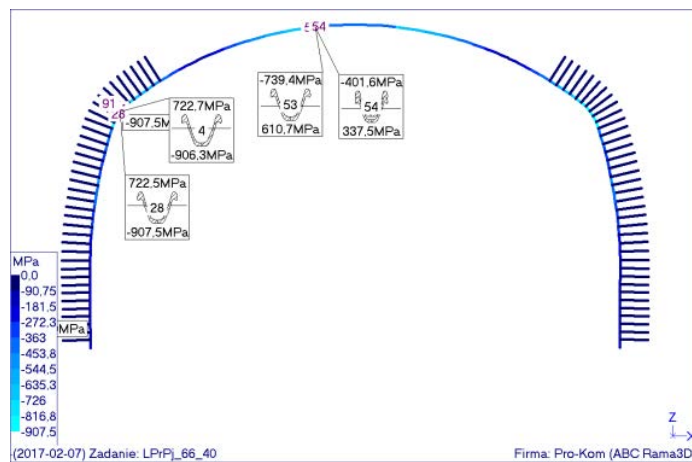


Rys. 22. Wykres momentów zginających w odrzwiach obudowy ŁPSp-V32/4/6,5 × 4,1

Fig. 22. Diagram of bending moments in the support sets of ŁPSp-V32/4/6,5 × 4,1 supports

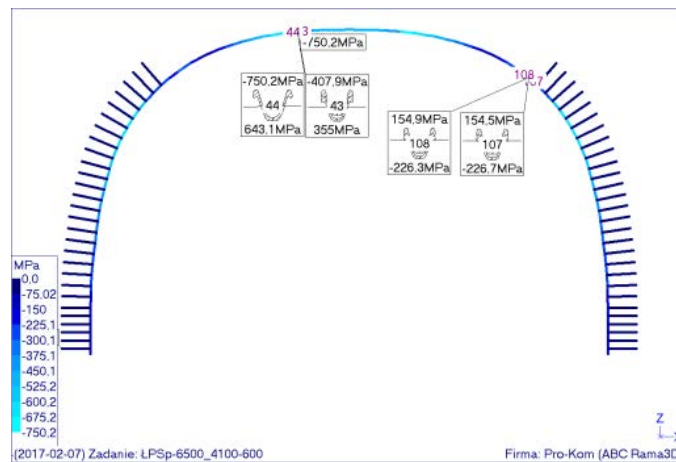
stycznymi, co często prowadzi do szybkiej utraty stateczności wyrobiska, a w praktyce górniczej – dla obudów tego typu przy braku podparcia stojakiem środkowym – do zawału wyrobiska,

- dla kształtu odrzwi ŁPSp moment maksymalny występuje w przekroju kluczowym o wielkości $M_{gmaxst} = 102,8 \text{ kNm}$, a moment maksymalny zginający ociosowy wynosi $M_{gmaxoc} = 65,73 \text{ kNm}$, co daje stosunek momentów $M_{gmaxst}/M_{gmaxoc} = 1,564$ – zwiększona długość zakładki łuków stropnicowych oraz korzystne przejście łuków stropnicowych w ociosowe daje maksymalne naprężenia w odrzwiach



Rys. 23. Naprężenia w odrzwiach obudowy ŁPrPJ-V32/4/6,6 × 4,0

Fig. 23. Stress in the support sets of the ŁPrPJ-V32/4/6,6 × 4,0 supports



Rys. 24. Naprężenia w odrzwiach obudowy ŁPSp-V32/4/6,5 × 4,1

Fig. 24. Stress in the support sets of the ŁPSp-V32/4/6,5 × 4,1 supports

równe $\sigma_{\max} = -750,2$ MPa, które są mniejsze w stosunku do naprężeń w odrzwiach obudowy ŁPrPJ i wynoszą $\sigma_{\max} = -907,5$ MPa; przy wykonaniu odrzwi z tych samych materiałów daje to zwiększoną nośność obudowy ŁPSP o około 21%,

- poza istotną różnicą w nośności konstrukcji obudów rozpatrywanych jako „sztywne”, w obliczeniach wytrzymałościowych również nośność odrzwi badana w stanie podatnym wykazuje znaczne różnice, wynikające z miejsc rozmieszczenia połączeń łuków – zbliżony do prostego odcinek złącza łuku ociosowego ze stropnicowym w odrzwiach obudowy ŁPrPJ w pierwszej fazie pracy doznaje pierwszej zsuwy przy sile rzędu do 300 kN (DTR GIG 2012) i dopiero po około 300 mm i zmianie krzywizny następuje jej wzrost, podczas gdy złącze łukowe łuków ociosowych ze stropnicowymi w odrzwiach obudowy ŁPSP posiada korzystną charakterystykę pracy, a średnia nośność zsuwna przekracza 550 kN (ETG 2016) i ma charakter narastający dzięki korzystnej deformacji kształtownika,
- od strony technologicznej konstrukcje obudowy ŁPrPJ w wykonaniu 4-elementowym są niekorzystne przy zbrojeniu ściany i wymagane jest obcinanie końca łuku stropnicowego przed uruchomieniem ściany, gdzie przykład takiego obcinania przedstawiono na rysunku 25,
- rozwiązanie poprawia zastosowanie dodatkowego łuku narożnikowego na przejściu łuku stropnicowego w ociosowy i powstanie odrzwi 5-częściowych; tworzy to niekorzystną konstrukcję niesymetryczną, wymagającą stosowania zwiększonej liczby łuków, strzemion oraz zwiększonej masy, co przedstawiono w tabeli 2,



Rys. 25. Widok uciętych łuków stropnicowych obudowy ŁPrP dla umożliwienia przejazdu kombajnu ścianowego

Fig. 25. View of the cut camber beams of the ŁPrP supports allowing the travel of the shearer

TABELA 2. Porównanie liczby łuków, strzemion oraz zwiększonej masy odrzwi obudowy

TABLE 2. Comparison of number of arches, stirrups and the increased mass of support

Lp.	Typ odrzwi	Szerokość odrzwi S [m]	Wysokość odrzwi W [m]	Przekrój poprzeczny odrzwi Fu [m ²]	Liczba łuków [szt]	Liczba strzemion [szt]	Masa odrzwi [kg]	Masa odrzwi ze strzemionami [kg]
1.	ŁPrPJ-V32/4/6,6 × 4,0	6,6	4,0	23,4	4	9	479,0	557,9
2.	ŁPrPJ-V32/5/6,6 × 4,0	6,6	4,0	23,4	5	12	492,0	637,2
3.	ŁPSP-V32/4/6,5 × 4,1	6,5	4,1	24,0	4	7	471,2	515,2

- uwzględniając, że praktycznie zastosowanie znajduje rozwiązanie odrzwi 5-elementowych ŁPrPJ-V32/5/6,6 × 4,0 uzyskuje się w porównaniu z obudową ŁPSP-V32/4/6,5 × 4,1 zmniejszenie ilości stali na jednych odrzwiach o około 21 kg (przy odrzwiach obudowy ze strzemionami o około 122 kg) – zwiększona nośność odrzwi ŁPSP o około 21% w stosunku do analizowanych ŁPrPJ teoretycznie zwiększa oszczędności w zużyciu stali, które przykładowo dla 100 m wyrobiska, przy założeniu rozstawu odrzwi co 1,0 m, mogą dochodzić do około 21 t, co stanowi około 31%,
- istotnym elementem w analizie uwarunkowań technologicznych stosowania obudów spłaszczonych jest zastosowanie bezpiecznych rozwiązań w zakresie ich transportu, montażu na kombajnie, bezpośredniej zabudowy w przodku, możliwości wzmocnienia – analiza kształtu łuków odrzwi obudowy ŁPrPJ wykazuje, że łuki stropnicowe (określane w DTR łukami ociosowo-stropnicowymi) mają niekorzystny kształt ze względu na położenie środka ciężkości, jak również po montażu szerokość zewnętrzna skrzęconych stropnic przekracza szerokość odrzwi po montażu i wymagany jest ich montaż bezpośrednio w czole przodka, co nie zapewnia warunków bezpiecznej pracy. Stosowanie konstrukcji obudów odrzwiowych, w których skrzęcone łuki stropnicowe mają większą szerokość od odrzwi jest niedopuszczalne ze względów bezpieczeństwa.

Podsumowanie

1. Wykonywanie rozcięć ścianowych rozruchowych w zróżnicowanych warunkach geologiczno-górnictwowych stawia coraz wyższe wymagania podpornościowe obudowom spłaszczonym przy zapewnieniu jak najkorzystniejszych rozstawów odrzwi.
2. Doświadczenia górnicze potwierdziły, że rozwiązania rozcięć ścianowych rozruchowych w obudowach ŁPrP, ŁPrPJ i ŁPKO w warunkach występowania zwiększonych obciążeń wymagają dodatkowego podpierania odrzwi stojakami stalowymi bądź drewnianymi, natomiast stosowanie obudów typoszeregu ŁPSP, ŁPSPA i ŁPSP3R w powyższych warunkach pozwala niejednokrotnie na zabudowę stojaków co drugie, a niekiedy

- co trzecie odrzwia. Ponadto obudowy ŁPrP wymagały w trakcie rozruchu ściany cięcia mechanicznego łuków stropnicowych, a obudowy typoszeregu ŁPrPJ w wariantcie 5-elementowym, aby uniknąć powyższego utrudnienia, są sporym problemem w trakcie zabudowy łuków stropnicowych składających się z trzech elementów.
3. Stosowanie obudowy typoszeregu ŁPSp, ŁPSPA i ŁPSP3R pozwala ograniczyć liczbę podpór stalowych stanowiących ich wzmocnienie, nie zmniejszając rozstawu odrzwi obudowy.
 4. Obudowy spłaszczone typoszeregu ŁPSp, ŁPSPA i ŁPSP3R mogą również być stosowane jako poszerzenia wyrobisk korytarzowych, obudowy skrzyżowań, obudowy wyrobisk przyścianowych, zapewniając stosowne gabaryty ruchowe (odpowiednia szerokość wyrobiska).

Literatura

- Bobek i in. 2012 – Bobek, R., Śledź, T., Ratajczak, A., Mąka, B. i Głuch, P. 2012. Doświadczenia ze stosowania obudów podporowych i podporowo-kotwiowych w przecinkach ścianowych w kopalni Knurów-Szczygłowie Ruch Knurów. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* nr 82, Kraków, s. 99–113.
- Bobek i in. 2013 – Bobek, R., Śledź, T., Ratajczak, A. i Głuch, P. 2013. Porównanie obudowy LPKO i LPSP w rozcinie ściany wydobywczej w trudnych warunkach geologiczno-górnictwowych w kopalni Knurów-Szczygłowie. *Budownictwo Górnicze i Tunelowe* nr 4, s. 1–9.
- Głuch, P. i Preidl, W. 2000. Nowy typoszereg obudów łukowych spłaszczonych OLS dla przecinek ścianowych. *Materiały konferencyjne: Nowoczesne Technologie Górnicze*, Gliwice-Ustroń, s. 241–257.
- Kamiński i in. 2015 – Kamiński, W., Bucza, J., Orzeł, P., Wróbel, A., Poznański, G. i Głuch, P. 2015. Zastosowanie obudowy łukowej podatnej spłaszczonej asymetrycznej LPSPA dla likwidacji ściany w warunkach pokładu 209. *Materiały Konferencyjne: XXIV Szkoła Eksploatacji Podziemnej*, CD-ROM, Kraków.
- Kudela i in. 2013 – Kudela, J., Kuch, M., Ożóg, A., Zachwieja, T. i Głuch, P. 2013. Przykłady zastosowania obudowy łukowej podatnej spłaszczonej LPSP w kopalni „Piaś”. *Górnictwo i Geologia* t. 8, z. 1, s. 53–63.
- Kudela i in. 2015 – Kudela, J., Kucz, M., Ożóg, A., Horst, R., Furtak, M. i Głuch, P. 2015. Rozwiązania poszerzeń chodników w obudowie spłaszczonej LPSP-V32/4 w warunkach KWK S.A. Oddział „Piaś”. *Materiały Konferencyjne. XXIV Szkoła Eksploatacji Podziemnej*, CD-ROM, Kraków.
- Ratajczak i in. 2015 – Ratajczak A., Bobek, R., Śledź, T. i Głuch, P. 2015. Doświadczenia w ograniczeniu skutków wpływu eksploatacji na wyrobiska górnicze. *Przegląd Górniczy* nr 10, s. 59–67.
- Wardas i in. 2012 – Wardas, A., Bobek, R., Piecha, M., Ratajczak, A. i Głuch, P. 2012. Konstrukcja obudowy górniczej przecinki rozruchowej ściany o dużych gabarytach w kopalni Knurów-Szczygłowie. *Budownictwo Górnicze i Tunelowe* nr 1, s. 43–49.
- Wardas i in. 2013 – Wardas, A., Bobek, R., Śledź, T., Ratajczak, A. i Głuch, P. 2013. Geologiczno-górnictwowe uwarunkowania doboru obudowy w warunkach KWK Knurów-Szczygłowie Ruch Knurów. *Materiały Konferencyjne: XXII Szkoła Eksploatacji Podziemnej*, CD-ROM, Kraków.
- Wardas i in. 2015 – Wardas, A., Bobek, R., Gabriel, D., Ferdyan, M., Sobik, J. i Głuch, P. 2015. Wariantowy dobór obudowy rozcinu ścianowej 15c w pokładzie 405/1. *Materiały Konferencyjne: XXIV Szkoła Eksploatacji Podziemnej*, CD-ROM, Kraków.
- DTR GIG 2012. *Wykonanie dokumentacji technicznej typoszeregu odrzwi do dowerzchni ścianowych (rozciniek rozruchowych) dla potrzeb ruchowych kopalń JSW SA*. Opracowanie GIG, Katowice.
- ETG 2016. *Katalog obudów specjalnych LPSP, LPSPA, LPSPW, LPSPP, LPSPN, LPSP3R*, Sławków.