

MAREK PŁONKA  
SYLWESTER RAJWA

## Utrudnienia w prowadzeniu sekcji obudowy zmechanizowanej obserwowane podczas pracy w dolnym zakresie jej wysokości roboczej

*W przypadku stosowania obudowy zmechanizowanej, która charakteryzuje się szerokim zakresem wysokości roboczych, w ostatnim czasie kilkakrotnie obserwowano istotne utrudnienia utrzymania stropu ścian podczas eksploatacji w przedziale niskich wysokości pracy sekcji. Utrudnienia te napotymano także w sytuacjach, gdy wyliczony wskaźnik nośności stropu  $g$  osiągał korzystne wartości. Zjawiska te występowały najczęściej podczas eksploatacji pod zrobami zawalowymi i przy utrzymywaniu ochronnej stropowej półki węglowej o wymaganej grubości. W artykule przedstawiono obliczenia i analizy zmierzające do wyjaśnienia i omówienia tych sytuacji.*

Słowa kluczowe: obudowa zmechanizowana, podporność, siły, ocena

### 1. WPROWADZENIE

Ze względu na warunki projektowanych eksploatacji wprowadzane do użytkowania w poprzednich latach obudowy zmechanizowane wyposażane są w stojaki o dużych średnicach, umożliwiające rozwijanie znacznych sił. Dąży się do uzyskania szerokich przedziałów rozpiętości wysokości roboczych sekcji, ponieważ kopalnie pragną dysponować uniwersalnymi obudowami, które można stosować w pokładach o różnych miąższościach. W rezultacie powstają konstrukcje charakteryzujące się większymi rozmiarami i podpornościami w porównaniu z dotychczas użytkowymi, co w naturalny sposób może wywoływać problemy i komplikacje, jakich wcześniej nie obserwowano. Zwiększenie rozmiarów sekcji obudowy zmechanizowanej skutkuje bowiem większymi gabarytami wyrobiska, wywołuje większe obciążenie ze strony górotworu i generuje większe siły w węzłach konstrukcji. W związku z taką sytuacją podstawowe znaczenie ma zapewnienie odpowiednich parametrów wytrzymałościowych obudowy oraz dobry projekt jej kinematyki, co w rezultacie powinno zapewnić

jej poprawną współpracę z górotworem, gwarantującą spełnienie wymagań wynikających z warunków geologiczno-górnich przyszłych rejonów eksploatacji.

W artykule przedstawiono wyniki obliczeń i analiz związanych z dwoma typami liniowych obudów zmechanizowanych o zakresie wysokości konstrukcyjnej od 2,4 m do 4,6 m, o średnicach wewnętrznych pierwszego stopnia stojaków 320 mm, nazywanych dalej OBUD-1 i OBUD-2, które zostały zastosowane w Kopalni Węgla Kamiennego Mysłowice-Wesoła, w warstwie przyspągowej pokładu 510 w ścianie 124, prowadzonej pod zrobami warstwy górnej. Na odcinku długości tej ściany i na fragmencie wybiegu, na którym znacznie obniżono wysokość eksploatacji, wystąpiły istotne trudności w utrzymaniu stropu oraz z korekcją położenia stropnic, która była wymagana ze względu na trudności zachowania ich równoległości względem spągnic. Sekcje miały tendencje do ustawiania się z uniesionymi stropnicami w niemal jednej linii z osłonami odzawałowymi. Zamieszczone rezultaty obliczeń modelowych, rysunki i wykresy stanowią próbę znalezienia przyczyny tej sytuacji.

## 2. CHARAKTERYSTYKA ŚCIANY 124

Ściana 124 prowadzona była w warstwie przyspągowej pokładu 510, na południe od Uskoku Morgi i na wschód od Uskoku Brzęczkowickiego. Pozostała miąższość pokładu 510 w tym rejonie, po wybraniu warstwy górnej wynosiła od około 3 m do 6,5 m. Pokład zalegał na głębokości 645–700 m, przy nachyleniu około  $6^\circ$  w kierunku południowo-zachodnim.

W pułapie ściany 124 występowały zroby zawałowe warstwy przystropowej pokładu 510, powstałe z piaskowców, zlepieńców, łupków ilastych i łupków piaszczystych, powyżej których w odległości 20–30 m zalegał pokład 501. Spąg stanowiła warstwa łupku ilastego.

Przed wybraniem warstwy górnej pokładu strop cechował się wytrzymałością na ściskanie z zakresu 32–52 MPa, węgiel około 22 MPa, natomiast spąg około 31 MPa. Przeprowadzone obliczenia wytrzymałości zastępczej zrobów, wykonane według metody GIG powstałej w wyniku realizacji projektu PROSAFECOAL 2007–2010 [1], określiły jej wartość na nieco powyżej 9 MPa, co w przyjętej klasyfikacji oznacza średni stopień rekonsolidacji (bliski już jednak słabemu  $<8$  MPa) [2].

W rejonie pola ściany 124, w odległości do 160 m nad warstwą przyspągową pokładu 510, eksploatowano warstwę przystropową tego pokładu, bezpośrednio nad ścianą 124 oraz pokład 405/2 oddalony o około 170 m. Poniżej pokładu 510 węgla jeszcze nie eksploatowano.

Ścianę 124 prowadzono z zawałem stropu, w obustronnym otoczeniu calizną węglową (w warstwie przyspągowej), na wysokość do 4,5 m, z pozostawieniem półki węglowej w pułapie ściany, której zadaniem były izolacja zrobów od przestrzeni roboczej oraz zapewnienie wskaźnika nośności stropu  $g \geq 0,8$ . W tym celu wyliczono minimalną jej grubość, która powinna wynosić 0,6–1,0 m, w zależności od odcinka wybiegu ściany oraz typu sekcji (łącznie w ścianie pracowało pięć typów sekcji).

Ściana rozpoczęła bieg z długością 130 m, która po około 325 m została zwiększona do 225 m, a jej wybieg osiągnął około 640 m.

Ze względu na pozostałą do wybrania ścianę 124 zmienną grubość węgla warstwy przyspągowej i konieczność pozostawiania ochronnej półki węglowej, na niektórych odcinkach wybiegu wysokość ściany była znacznie obniżana w stosunku do możliwej maksymalnej (4,5 m). Przy wysokościach ściany niższych

od około 3,4 m sekcje ustawiały się z podniesioną ku górze stropnicą i występowały istotne trudności z korekcją jej położenia w celu zapewnienia poprawnej geometrii, tj. uzyskania równoległości pomiędzy stropnicami i spągnicami. Notowane były liczne uszkodzenia między innymi stojaków sekcji, siłowników podpory i przesuwników sekcji, co skutkowało trudnościami w prowadzeniu ściany i koniecznością wymiany uszkodzonych elementów. Szerszy opis przypadku przedstawiono w [3].

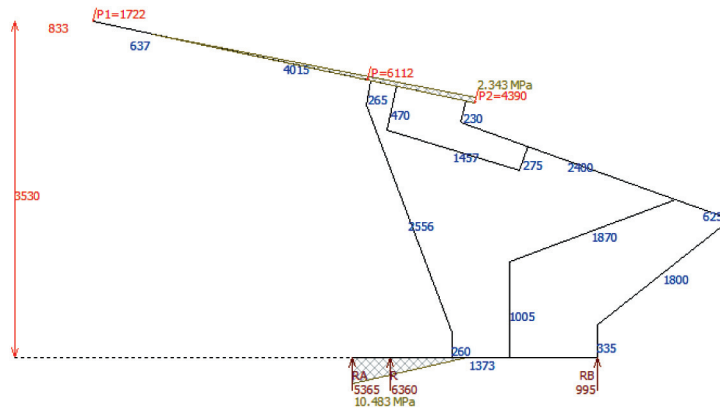
## 3. WYTYPOWANE MODELE GEOMETRII SEKCJI LINIOWYCH W ŚCIANIE 124

Na podstawie przeprowadzanych podczas biegu ściany bieżących obserwacji oraz wizji lokalnej dokonanej po zakończeniu jej biegu, w czasie likwidacji określono charakterystyczne przypadki postaci geometrii sekcji OBUD-1 i OBUD-2 na odcinkach występowania utrudnień.

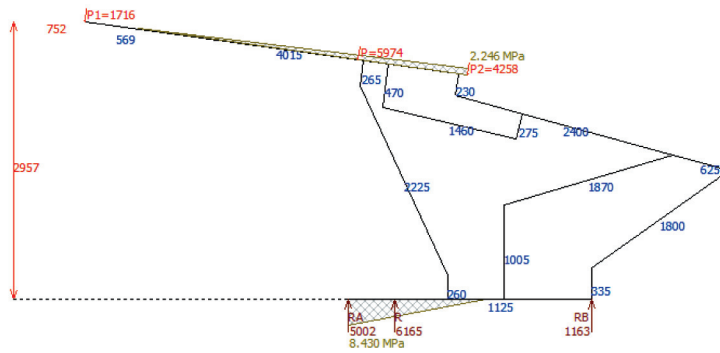
Uznano, że dla każdego z typów sekcji liniowych należy zbadać dwa przypadki modeli geometrii, dla często występujących wysokości w czole ściany około 3,0 m i 3,5 m. Wymiary geometryczne sekcji wskazywały, że dla uzyskania obserwowanego pod ziemią efektu niemal liniowego ułożenia stropnicy i osłony odzawałowej, układy lemniskatowe sekcji OBUD-1 i OBUD-2 muszą być wtedy usytuowane jak przy pracy na wysokości odpowiednio 2,4 m i 2,7 m (ze stropnicą poziomą), natomiast kąty nachylenia stropnic wynosić powinny około  $8^\circ$  i  $12^\circ$  [4].

Dla identyfikacji ułożenia sekcji posłużono się stosowaną w Zakładzie Technologii Eksploatacji i Obudów Górniczych GIG metodą i oprogramowaniem do analizy geometrii i rozkładu sił w węzłach sekcji [5], a cztery modele geometrii sekcji, dla opisanych wyżej wariantów, przedstawiono na rysunkach 1–4. Wyniki obliczeń sił w węzłach konstrukcyjnych sekcji postanowiono porównać z obliczeniami dla postaci geometrii prezentowanych zwykle w DTR, tj. dla maksymalnej wysokości roboczej, która dla analizowanych sekcji wynosi 4,5 m przy poziomym ułożeniu stropnicy i spągnicy, co przedstawiają rysunki 5 i 6.

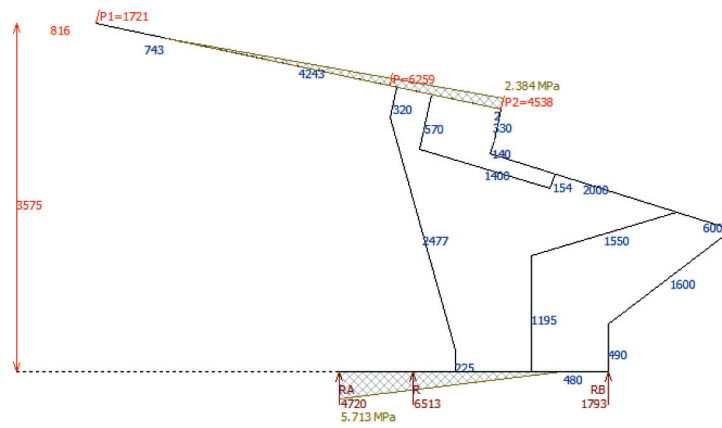
Na rysunkach 1–6 powierzchnie pokratkowane przedstawiają schematyczny rozkład nacisków powierzchniowych podczas nacisku górotworu na obudowę i dla założonego współczynnika tarcia między stalą a skałą o wartości  $\mu = 0,3$ .



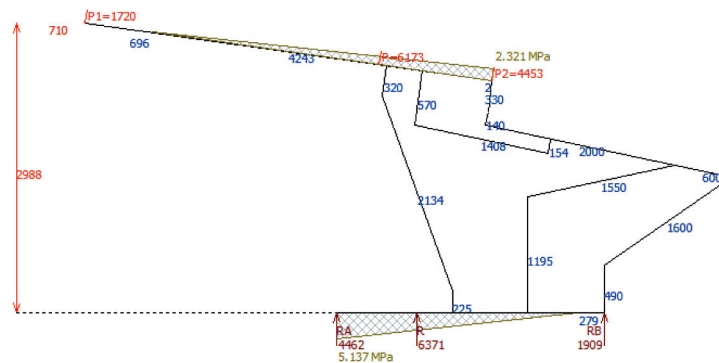
Rys. 1. Model 1, sekcja OBUD-1, wysokość wyrobiska około 3,5 m, stropnica podniesiona pod kątem 12°



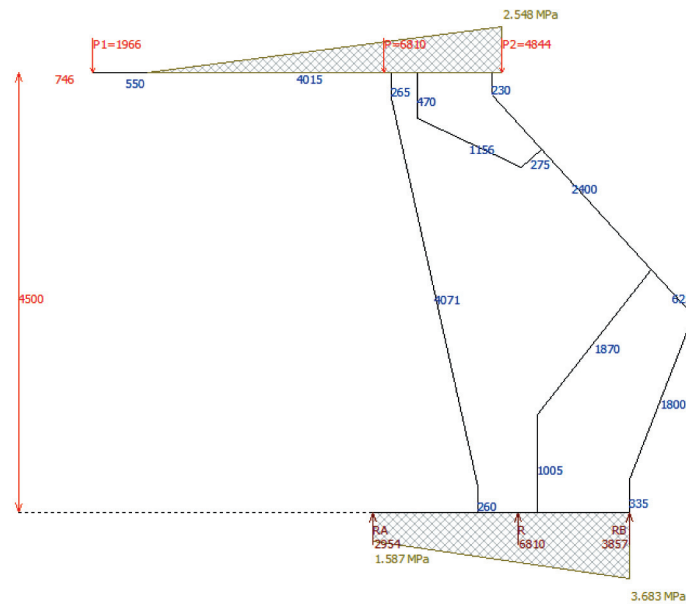
Rys. 2. Model 2, sekcja OBUD-1, wysokość wyrobiska około 3,0 m, stropnica podniesiona pod kątem 8°



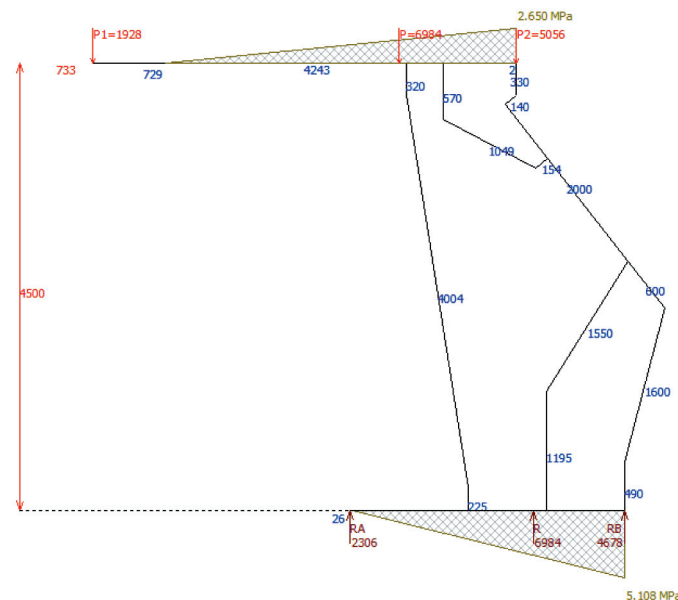
Rys. 3. Model 3, sekcja OBUD-2, wysokość wyrobiska około 3,5 m, stropnica podniesiona pod kątem 12°



Rys. 4. Model 4, sekcja OBUD-2, wysokość wyrobiska około 3,0 m, stropnica podniesiona pod kątem 8°



Rys. 5. Model 5, sekcja OBUD-1, wysokość wyrobiska 4,5 m, stropnica pozioma (kąt  $0^\circ$ )



Rys. 6. Model 6, sekcja OBUD-2, wysokość wyrobiska 4,5 m, stropnica pozioma (kąt  $0^\circ$ )

#### 4. OBLICZENIA ANALITYCZNE SIŁ W WĘZŁACH SEKCJI Z RÓŻNYM OBCIĄŻENIEM OSŁONY ODZAWAŁOWEJ I NACHYLENIEM STROPNICY

##### 4.1. Obciążenie sekcji przy niskich wysokościach roboczych

Ze względu na obserwowane pod ziemią zaleganie gruzowiska zawalowego na osłonach odzawałowych sekcji, w przeprowadzonych obliczeniach postanowiono zasymulować możliwość ich różnego obciążenia. Rozważono następujące warianty przypadków obciążenia ze strony górotworu sekcji OBUD-1 i OBUD-2,

często stosowane podczas analizy konstrukcji lub pracy obudów zmechanizowanych:

- 1) brak obciążenia osłony odzawałowej;
- 2) obciążenie o wartości  $100 \text{ kN/m}^2$  – taka wartość obciążenia osłony bywała zakładana w górnictwie niemieckim i wynikała z warunku stabilizacji przegubu stropnicy i osłony odzawałowej [6] (obciążenie takie odpowiada ciężarowi kamiennej kolumny o wysokości 4 m), co potwierdziły doświadczenia ruchowe;
- 3) obciążenie punktowe osłony zawalowej siłą pionową  $600 \text{ kN}$  umiejscowioną w środku długości osłony, jakie stosuje się w analizach wykonywanych przez konstruktorów sekcji.

Wartości tych obciążeń postanowiono porównać z rezultatami innych obliczeń, w tym przypadku z badaniami przeprowadzonymi według metody postępowania zaprezentowanego w [7].

Obliczenia wykonane z uwzględnieniem wymiarów sekcji OBUD-1 i OBUD-2 pokazały, że można spodziewać się obciążenia osłon odzawałowych o stosunkowo szerokiej zmienności wartości około 300–950 kN, w zależności od zakładanych parametrów, przy czym stosunek obciążenia osłony odzawałowej do obciążenia stropnicy, przy obniżaniu się wysokości sekcji (w zależności od rozpatrywanych warunków), może się zmieniać od około 41% do 73% dla sekcji OBUD-1 oraz od około 30% do 58% dla sekcji OBUD-2.

Rozważane wartości obciążeń są więc w dużej mierze porównywalne, niemniej jednak należy je oceniać z pewnym przybliżeniem, gdyż w interpretowanym schemacie obliczeń nie rozważano obciążeń dla stropnic nachylonych.

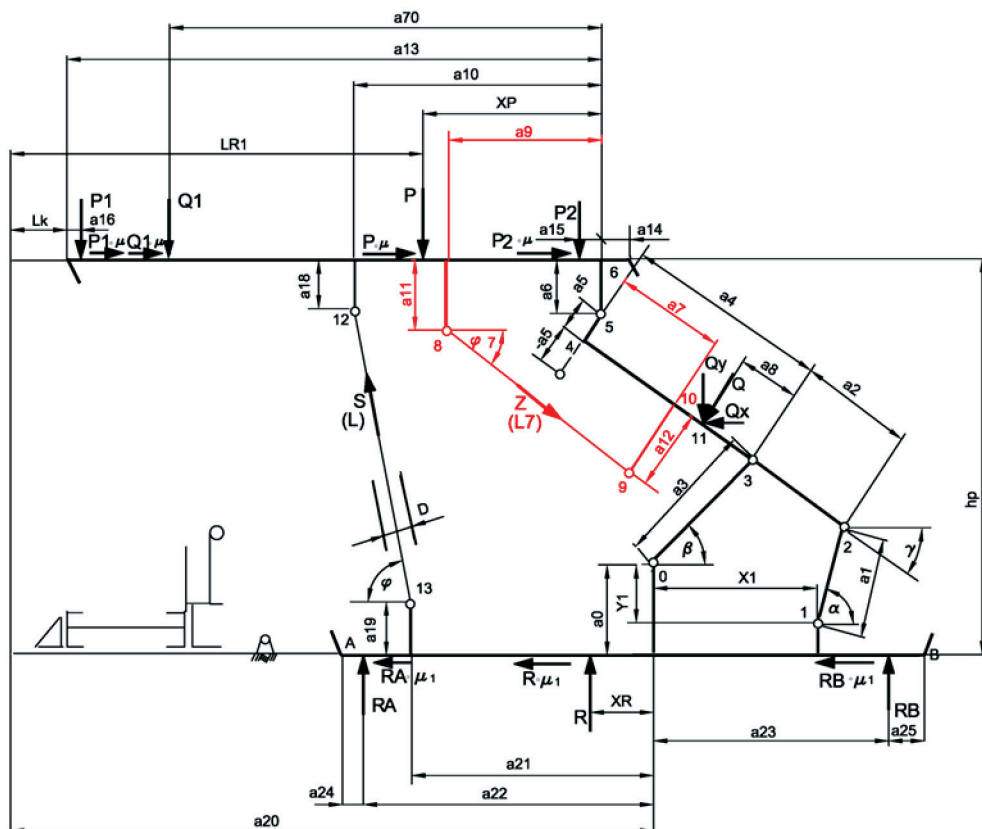
#### 4.2. Siły w węzłach konstrukcyjnych sekcji obudów zmechanizowanych

Wraz ze zmianą podporności sekcji wahaniom ulegają wartości sił występujących w jej węzłach konstrukcyjnych, wpływające na wartości naprężeń i decydujące o trwałości całej konstrukcji lub jej elementów.

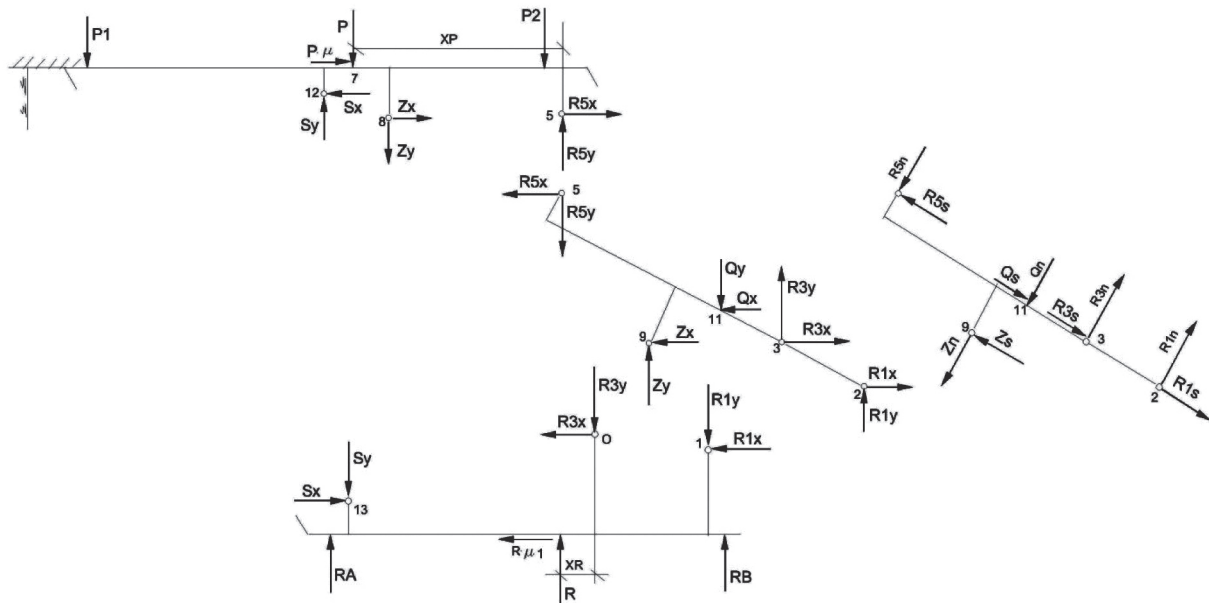
W celu przeprowadzenia analizy sił w węzłach konstrukcyjnych posłużono się modelem obliczeniowym, który umożliwia wyliczenie geometrii i sił w sekcji obudowy zmechanizowanej według schematów przedstawionych na rysunkach 7 i 8.

Opracowany w Zakładzie Technologii i Obudów Górniczych GIG model obliczeniowy obudowy zmechanizowanej, zawarty w postaci programu komputerowego, pozwala na analizę jej podporności w funkcji wielu różnych parametrów występujących podczas pracy [5]. Można prowadzić obliczenia dotyczące praktycznie wszystkich typów sekcji zawałowych i podszkawkowych, stosowanych w polskich kopalniach węgla kamiennego. Uwzględniane są siły tarcia pomiędzy obudową a górotworem, powstające podczas poziomego ruchu stropnicy po krzywej lemniskatowej przy zmianie wysokości roboczej. Praktyka pokazuje, że siły te należy uwzględniać w obliczeniach statycznych obudowy, gdyż generują wewnętrzne naprężenia w elementach obudowy i wpływają na jej stateczność, zwłaszcza w fazie rozpierania.

Obliczenia można prowadzić dla stropnic równoległych i nachylonych względem spągu wyrobiska ściannowego, a kierunek działania sił zewnętrznych jest prostopadły względem stropnicy. Zależności wyliczane są jak dla belek sztywnych.



Rys. 7. Schemat geometrii sekcji obudowy zmechanizowanej



Rys. 8. Schemat rozkładu sił w węzłach sekcji obudowy zmechanizowanej

Obliczenia wartości sił można prowadzić dla układów sił:

- pochodzących od nacisku górotworu na stropnicę obudowy, symulując występowanie dodatkowych sił zewnętrznych oraz nacisku skał zawałowych na osłonę odzawałową, przy zadanej podporności roboczej stojaków,
- występujących w czasie rozpierania obudowy, z podpornością wstępną wynikającą z ciśnienia zasilania stojaków, uwzględniając w tym przypadku zmianę zwrotu sił tarcia.

Opracowany model obliczeniowy umożliwia analizowanie sił tarcia: z badaniem i uwzględnieniem kierunku siły tarcia wynikającym z przebiegu krzywej lemniskatowej przy zmianie wysokości obudowy, a także

przy założeniu niezmienności kierunku siły tarcia przy zmianie wysokości obudowy.

Ze względu na wnioski wynikające z obserwacji dołowych oraz uzyskanych postaci geometrii sekcji obudów dla modeli przedstawionych na rysunkach 1–4, szczególną uwagę zwrócono na obliczenia sił:  $R5x$ ,  $R5y$ ,  $R5n$  i  $R5s$ , jako składowych siły  $R5$ , związanej z przegubem stropnicy z osłoną odzawałową.

Dla każdej z sekcji wykonano obliczenia wartości tej siły w zależności od wysokości roboczej sekcji, dla kątów nachylenia stropnicy:  $0^\circ$ ,  $8^\circ$  i  $12^\circ$  oraz dla trzech wariantów obciążeń.

Wyniki obliczeń przedstawiono w tabelach 1 i 2 oraz na rysunkach 9 i 10.

Tabela 1

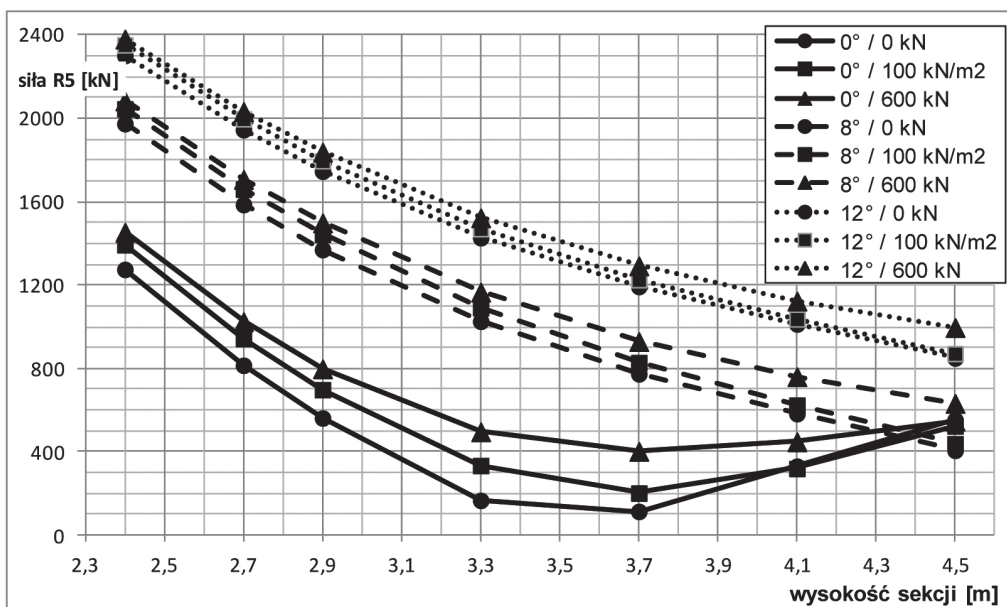
Wartości siły  $R5$  [kN] w węzle przegubu stropnicy z osłoną odzawałową dla sekcji liniowej OBUD-1

Wysokość sekcji (dla układu lemniskatowego) [m]	Nachylenie stropnicy								
	$0^\circ$			$8^\circ$			$12^\circ$		
	obciążenie osłony			obciążenie osłony			obciążenie osłony		
	0 kN	100 kN/m <sup>2</sup>	600 kN	0 kN	100 kN/m <sup>2</sup>	600 kN	0 kN	100 kN/m <sup>2</sup>	600 kN
2,4	1276	1394	1454	1975	2046	2084	2302	2353	2381
2,7	816	944	1025	1587	1661	1708	1946	1998	2033
2,9	563	699	799	1371	1444	1499	1747	1797	1838
3,3	168	335	497	1027	1092	1167	1428	1471	1523
3,7	115	203	403	775	829	930	1194	1226	1293
4,1	332	321	449	584	625	761	1014	1038	1124
4,5	554	525	548	408	440	633	851	872	997

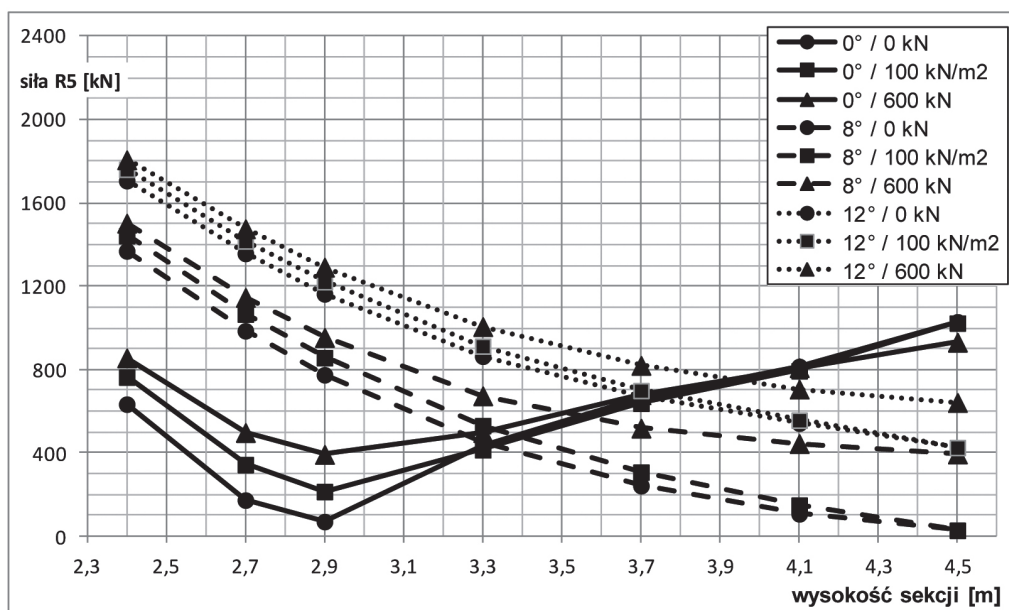
Tabela 2

Wartości siły R5 [kN] w węźle przegubu stropnicy z osłoną odzawałową dla sekcji liniowej OBUD-2

Wysokość sekcji (dla układu lemniskatego) [m]	Nachylenie stropnicy								
	0°			8°			12°		
	obciążenie osłony			obciążenie osłony			obciążenie osłony		
	0 kN	100 kN/m <sup>2</sup>	600 kN	0 kN	100 kN/m <sup>2</sup>	600 kN	0 kN	100 kN/m <sup>2</sup>	600 kN
2,4	635	765	857	1370	1443	1503	1707	1761	1807
2,7	175	345	499	987	1067	1147	1358	1417	1476
2,9	72	216	394	776	858	955	1164	1222	1292
3,3	439	416	499	454	532	675	865	913	1007
3,7	668	639	680	244	309	520	669	700	821
4,1	816	795	810	109	151	446	544	558	707
4,5	1030	1024	932	30	30	396	424	427	643



Rys. 9. Wartości siły R5 w węźle przegubu stropnicy z osłoną odzawałową dla sekcji liniowej OBUD-1



Rys. 10. Wartości siły R5 w węźle przegubu stropnicy z osłoną odzawałową dla sekcji liniowej OBUD-2

## 5. PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy zdefiniowanych modeli obliczeniowych sekcji obudów OBUD-1 i OBUD-2 oraz wariantowych wyliczeń obciążenia można stwierdzić, że wartości sił w węzłach konstrukcyjnych tych sekcji mogą znacznie się różnić od modelu przyjmowanego zwykle w DTR dla maksymalnej wysokości roboczej i poziomego usytuowania stropnicy i spągnicy.

Zmiany wartości siły w węźle przegubu stropnicy z osłoną odzawałową (R5 na rysunku 8), na podstawie przedstawionych obliczeń i wykresów, zależą przede wszystkim od konkretnej postaci kinematyki (wymiarów geometrycznych) sekcji, w tym przypadku OBUD-1 lub OBUD-2, następnie od nachylenia pomiędzy stropnicą a spągnicą i od obciążenia osłony odzawałowej sekcji.

Dla wysokości układu lemniskatowego sekcji OBUD-1 i OBUD-2 (2,4 m i 2,7 m) oraz kątów nachyleń ich stropnic ( $8^\circ$  i  $12^\circ$ ), wartości tej siły są wyraźnie większe od wartości wyliczonych dla wysokości 4,5 m i pracy ze stropnicą poziomą. W przypadku sekcji OBUD-1 mogą być one większe nawet o około 4,3 razy, natomiast w przypadku sekcji OBUD-2 o około 1,8 razy. Dodatkowe obliczenia wykazały ponadto, że przy rozpięciu sekcji siły te mogą jeszcze znacznie wzrastać.

Przy ułożeniu stropnicy i osłony w niemal jednej linii nachylenie siły R5 skierowane było często niemal zgodnie z kierunkiem składowej siły R5s (rys. 8) oraz linią podpory stropnicy. Biorąc pod uwagę fakt, że podpora charakteryzowała się maksymalną siłą 588 kN pod tłokiem lub 703 kN nad tłokiem, jej zmiany mogły mieć znikomy wpływ na możliwość korekcy położenia stropnicy. W takich warunkach operowanie podporą stropnicy było nieefektywne lub nawet wręcz niemożliwe, a sekcje wykazywały tendencję do tworzenia jednej płaszczyzny przez stropnicę i osłonę odzawałową, aż do położenia wynikającego z ograniczników podpory i/lub maksymalnego wysunięcia siłowników.

W warunkach ściany 124 powodowało to pracę sekcji z uniesioną stropnicą i efekt liniowego podpięcia stropu, przez co dochodziło do niszczenia jego struktury oraz opadu. W tym konkretnym przypadku przerywanie ciągłości ochronnej półki węglowej pozostawianej w pułapie wyrobiska skutkowało opadem gruzowiska zawałowego i istotnymi utrudnieniami podczas eksploatacji.

Można wyrazić przypuszczenie, że w przypadku prowadzenia tych sekcji w podobnej konfiguracji, lecz pod stropem naturalnym, gdzie półka węglowa nie jest wymagana do izolacji słabej warstwy w stropie bezpośrednim (np. zrobów zawałowych), może nie dochodzić do opadów o takiej intensywności, jeśli wy-

trzymałość mechaniczna stropu będzie wystarczająca, niemniej nadal panować będą warunki do jego „podcinania” na skutek trudności z korekcją położenia stropnic.

Zaprezentowane na rysunkach 9 i 10 wykresy wskazują, że dla sekcji OBUD-1 przyrost siły R5 w węźle łączącym stropnicę z osłoną jest większy od skali przyrostu obserwowanego dla sekcji OBUD-2, niekorzystne zjawiska mogą więc wystąpić dla innych, wyższych wysokości roboczych obudowy niż dla OBUD-2. Praktyka pokazała, że trudności w ścianie 124 ustępowały przy utrzymywaniu wysokości roboczych większych od około 3,5 m.

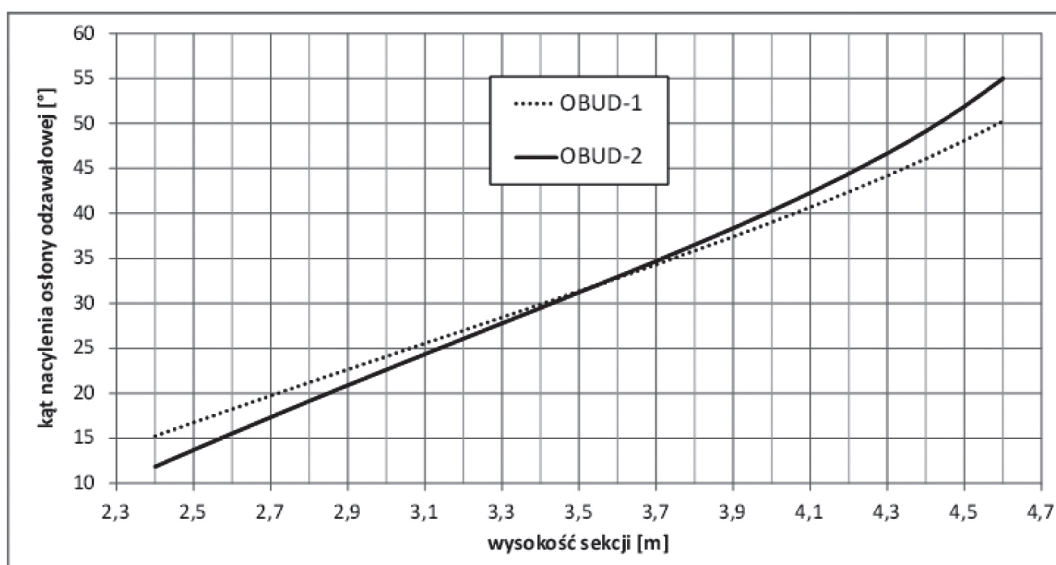
Praca sekcji z niewłaściwą geometrią (rys. 1–4) powoduje ponadto generowanie zwiększonych nacisków w przedniej części spągnicy, co w przypadku pracy na słabych spągach może powodować dodatkowe utrudnienia w prowadzeniu ściany.

Niekorzystnym zjawiskiem była także możliwość nadmiernego gromadzenia się gruzowiska zawałowego na osłonach wynikająca z niewielkich kątów ich nachylenia oraz dużych powierzchni osłon (z racji ich stosunkowo dużych długości).

Z wyliczeń przeprowadzonych na modelach wynika, że dla sekcji OBUD-1 dla modeli 1 i 2 (rys. 1, 2) kąty te przy wysokości ściany około 3,5 m i około 3,0 m wynosiły odpowiednio  $19,8^\circ$  i  $15,3^\circ$ . Dla porównania przy prawidłowej geometrii sekcji i wysokościach pracy 3,0 m, 3,5 m i 4,5 m kąty te uzyskują odpowiednio wartości:  $24,1^\circ$ ,  $31,2^\circ$  i  $48,1^\circ$  (rys. 11). Dla sekcji OBUD-2, w modelach 3 i 4 (rys. 3, 4) kąty nachylenia osłony odzawałowej w kierunku spągu wyrobiska wynosiły odpowiednio  $17,4^\circ$  i  $11,9^\circ$ . Podobnie jak wcześniej – dla porównania przy prawidłowej geometrii sekcji i wysokościach pracy 3,0 m, 3,5 m i 4,5 m kąty te uzyskują odpowiednio wartości:  $22,4^\circ$ ,  $27,5^\circ$  i  $51,9^\circ$  (rys. 11).

Małe wartości kątów nachylenia osłon odzawałowych przy niskich wysokościach pracy sekcji mogą w istotny sposób wpływać na obciążenie sekcji oraz ich prawidłową współpracę z górotworem w celu zapewnienia stateczności wyrobiska ścianowego. Kąty nachylenia osłon odzawałowych mniejsze niż  $30^\circ$  są często zbyt małe, aby pokonać siłę tarcia pojawiającą się przy kontakcie osłony odzawałowej z luźnymi skałami pochodzącymi z zawału [8], w przypadku możliwości ich zsuwania się. Przyczynia się to do nadmiernego gromadzenia się materiału zawałowego na sekcji, co w połączeniu z bardzo dużą powierzchnią osłon odzawałowych wynikającą z ich długości – determinowanej głównie szerokim zakresem wysokości pracy sekcji 2,4–4,6 m – powoduje zarówno dodatkowe istotne obciążenie analizowanych sekcji, jak i wzrost sił w węzłach konstrukcyjnych.





Rys. 11. Kąty nachylenia osłony odzawałowej w sekcjach OBUD-1 i OBUD-2 przy prawidłowej geometrii

W analizowanych przypadkach obciążenie osłon odzawałowych gruzowiskiem zawałowym, w przypadku niskich wysokości pracy sekcji i nieprawidłowej geometrii (modele 1–4, rys. 1–4), powodować mogło obniżenie podporności obudów wynoszące do 17,5% w stosunku do warunków określanych w DTR dla wysokości 4,5 m z poziomą stropnicą.

## 6. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji, obliczeń i analiz można sformułować następujące wnioski:

1. Główną przyczyną utrudnień w zapewnieniu stateczności wyrobiska ściany 124 (powstawania obwałowań) w przypadku prowadzenia sekcji OBUD-1 i OBUD-2 w dolnym zakresie wysokości roboczych, była niewłaściwa geometria sekcji, polegająca na utworzeniu się niemal jednej płaszczyzny pomiędzy osłoną odzawałową i stropnicą. W konkretnym przypadku ściany 124 powodowało to liniowe podparcie pułapu wyrobiska i jego uszkodzenie, w konsekwencji prowadząc do przerwania półki węglowej i opadu gruzowiska zawałowego z warstwy przystropowej.
2. Niewłaściwa geometria sekcji związana była z istotnym wzrostem sił w węźle przegubu stropnicy z osłoną odzawałową, które mogły praktycznie uniemożliwić skuteczną korekcję położenia stropnicy za pomocą podpory stropnicy.
3. Wartości sił w węźle przegubu stropnicy z osłoną odzawałową, w przypadku sekcji OBUD-1 i OBUD-2 zależą w analizowanych przypadkach niskich wysokości roboczych przede wszystkim od wymiarów geometrycznych sekcji, następnie od kąta nachylenia pomiędzy stropnicą a spągnicą oraz od obciążenia osłony odzawałowej sekcji.
4. Przeprowadzone obliczenia wskazują, że omawiane utrudnienia w analizowanych sekcjach są związane przede wszystkim z niskimi wysokościami pracy. Praktyka pokazała, że trudności w ścianie 124 ustępowały przy utrzymywaniu wysokości roboczych większych od około 3,5 m.
5. Praca sekcji z niewłaściwą geometrią, o której mowa w artykule, powoduje generowanie bardzo dużych wartości nacisków w przedniej części spągnicy, co także w przypadku pracy na słabych spągach może powodować dodatkowe utrudnienia w prowadzeniu ściany.

## Podziękowania

W artykule wykorzystano wyniki prac wykonanych w ramach realizacji projektu PRASS III: „Produktywność i bezpieczeństwo obudów zmechanizowanych” (Productivity and Safety of Shield Support), współfinansowanego przez Fundusz Badawczy dla Węgla i Stali (Research Fund for Coal and Steel) (kontrakt nr 752504) oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

## Literatura

- [1] Masny W., Prusek S., Walentek A.: *Pomiary konwergencji oraz obciążenia działającego na obudowę wyrobisk korytarzowych zlokalizowanych pod zrobami zawałowymi wraz z metodą oceny ich rekonsolidacji*, Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Górnictwo i Środowisko”. „Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko” 2011, 4/2: 297–304.
- [2] Płonka M. et al.: *Wykonanie pracy naukowo-badawczej określającej możliwości stosowania, upodatkowania i warunki współpracy sekcji obudów zmechanizowanych różnych typów dla ściany 124 w pokładzie 510, poz. 500 m w KHW SA KWK Mysłowice-Wesoła*, Praca badawczo-usługowa GIG o symbolu 581 07936-152, GIG, Katowice 2016 [praca niepublikowana].
- [3] Rajwa S., Prusek S., Szuścik J., Gąska R.: *Prowadzenie ściany pod gruzowiskiem zawałowym w warunkach zmiennej grubości pozostawionej warstwy przyspągowej*, „Przegląd Górniczy” 2017, 6: 33–37.
- [4] Płonka M. et al.: *Opracowanie dotyczące wykonania oceny współpracy z górotworem sekcji obudowy zmechanizowanej w zakresie roboczym tej obudowy*, Praca badawczo-usługowa GIG o symbolu 581 35956-152, GIG, Katowice 2016 [praca niepublikowana].
- [5] Płonka M., Rajwa S.: *Podporność i rozkład sił w węzłach sekcji obudowy zmechanizowanej*, „Wiadomości Górnicze” 2009, 10: 611–616.
- [6] Irresberger H., Gräwe F., Migenda P.: *Zmechanizowane obudowy ścianowe*, Wydawnictwo Tiefenbach Polska Sp. z o.o., Piekary Śląskie 2003.
- [7] Losiak S., Ptak J.: *Wpływ gruzowiska zawałowego na osłonę odzawałową i zachowanie się sekcji lemniskatowej obudowy ścianowej*, „Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa” 2010, 3: 35–41.
- [8] Frith Russell C.: *A holistic examination of the load rating design of longwall shields after more than half a century of mechanised longwall mining*, „International Journal of Mining Sciences and Technology” 2015, 25: 687–706.

dr inż. MAREK PŁONKA  
dr inż. SYLWESTER RAJWA  
Zakład Technologii Eksploatacji  
i Obudów Górniczych  
Główny Instytut Górnictwa  
pl. Gwarków 1, 40-166 Katowice  
{mponka, srajwa}@gig.eu