

Przyczyny asymetrii podporności stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej w świetle badań dołowych

dr inż. Arkadiusz Pawlikowski
Politechnika Śląska

Streszczenie:

Asymetryczne obciążenie sekcji obudowy zmechanizowanej może spowodować pogorszenie warunków utrzymania stropu wskutek jego zginania wzdłuż ściany oraz powoduje skręcanie stropnicy i osłony odzawałowej oraz zginanie łączników lemniskatowych. W artykule podjęto próbę, mającą na celu ustalenie przyczyn niesymetrycznego obciążenia stojaków sekcji obudowy. Na podstawie wyników badań dołowych przeanalizowano wpływ zróżnicowania podporności wstępnej na podporność stojaków sekcji obudowy oraz podporności sekcji sąsiednich na obciążenie stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej.

Abstract:

Asymmetric load on the powered roof support's may result in the deterioration of the roof bearing capacity conditions. This occurs due to bending along the longwall and causes the torsion of the canopy and the caving shield as well as the bending of the lemniscate connectors. The article is an attempt to determine the causes of the asymmetrical load exerted on the props of the support section. Based on underground tests results, the impact of different initial load bearing capacities on the bearing capacity of props of the support section has been analyzed. The article also provides the analysis of the impact of load bearing capacity of neighbouring sections on the load exerted on the props of the powered roof support.

Słowa kluczowe: sekcja obudowy zmechanizowanej, podporność wstępna, podporność

Keywords: powered support unit, setting load, load bearing capacity

1. Wprowadzenie

Na podporność sekcji obudowy zmechanizowanej istotnie wpływają czynniki eksploatacyjne, do których należą przede wszystkim uzyskiwana podporność wstępna, zróżnicowanie rozparcia stojaków w sekcji oraz w sekcjach sąsiednich. Czynniki te powodują również nierównomierne obciążanie stojaków sekcji obudowy. Asymetryczne obciążenie stojaków sekcji powoduje skręcanie stropnicy i osłony odzawałowej oraz zginanie łączników lemniskatowych. Może to skutkować uszkodzeniem lub nawet zniszczeniem tych elementów sekcji. Przykładem takiego uszkodzenia może być np. pęknięcie spoiny osłony odzawałowej [5]. Tak więc, wiedza w tym zakresie niezbędna jest zarówno do prawidłowego doboru sekcji obudowy zmechanizowanej do danych warunków geologiczno-górnictwowych, zapewniającego prawidłową współpracę sekcji obudowy z górotworem, jak również do maksymalnego ograniczenia niekorzystnego zjawiska jakim jest niesymetryczne obciążenie sekcji obudowy zmechanizowanej.

W aspekcie prawidłowego utrzymania stropu wyrobiska bardzo ważnym czynnikiem jest prawidłowy dobór podporności wstępnej [1, 8, 12], która ma za zadanie nie tylko nie dopuścić do rozwarstwienia skał stropowych, ale również spowodować scalenie już rozluźnionych skał stropu bezpośredniego, przez co zwiększa się ich samonośność [3, 7]. Stwierdzono, że podporność wstępna powinna być jednoznacznie określona do danych warunków stropowych, gdyż zbyt duża wartość podporności wstępnej powodować może niszczenie skał stropu bezpośredniego utworzonego ze skał słabych, a zbyt mała, prowadzi do wzrostu prędkości osiadania stropu i jego rozluźnienia [4].

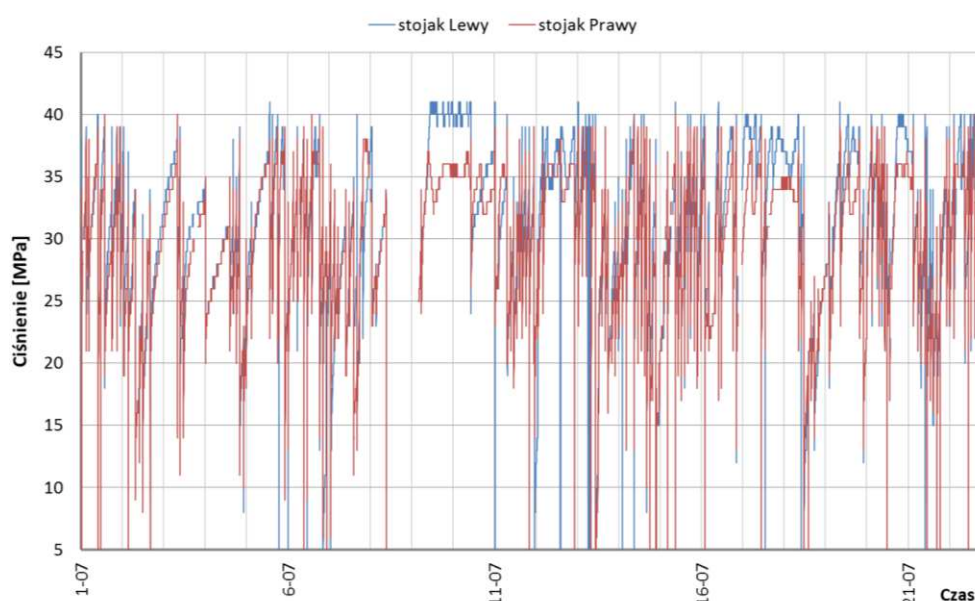
Równie ważnym problemem dotyczącym podporności wstępnej jest uzyskanie jej wymaganej wartości przez wszystkie sekcje obudowy zmechanizowanej w ścianie, jak i poszczególne stojaki danej sekcji. Dla zapewnienia jednakowej podporności wstępnej stosuje się układy sterowania z układem wtórnego doładowania stojaków, zapewniające uzyskanie w stojakach zadanej wartości ciśnienia wstępnego lub ciśnienia zasilania [2, 6]. Jednak w przypadku stropów kruchych uzyskanie ciśnienia wstępnego równego ciśnieniu zasilania może spowodować niszczenie warstw stropu bezpośredniego, dlatego operatorzy wyłączają układ wtórnego doładowania, co prowadzi do zróżnicowania podporności wstępnej wzdłuż długości ściany.

Błędy w sterowaniu sekcjami obudowy, które sprowadzają się głównie do rozparcia ich ze zbyt niskim ciśnieniem wstępnym, zróżnicowaniem rozparcia stojaków sekcji i sekcji sąsiednich, wynikają przede wszystkim ze zbyt krótkiej realizacji funkcji rozpierania stojaków i mogą prowadzić do asymetrii podporności stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej.

Biorąc pod uwagę powyższe, w artykule, podjęto próbę mającą na celu ustalenie przyczyn niesymetrycznego obciążenia stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej.

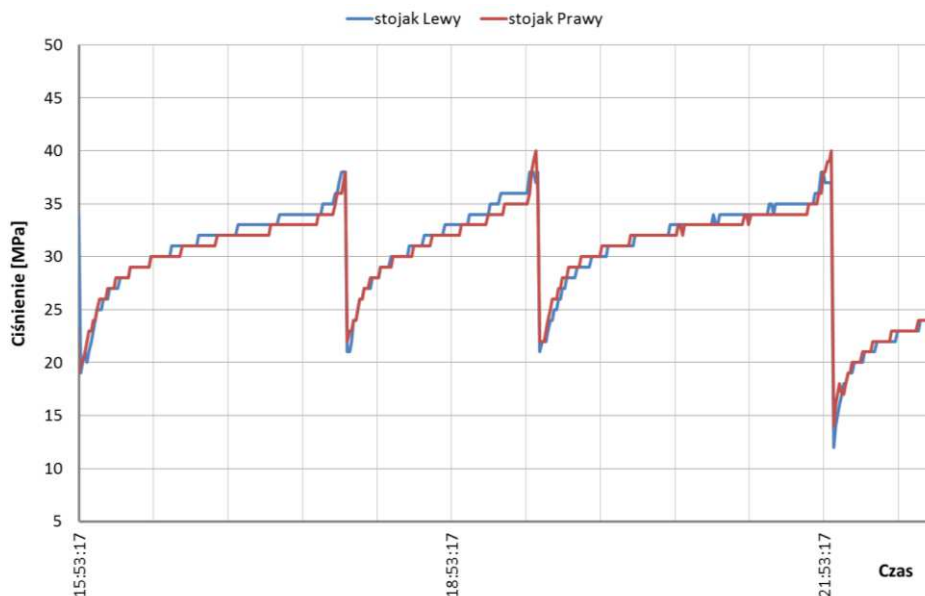
2. Metodyka postępowania badawczego [10]

Badania eksploatacyjne przeprowadzono w ścianie o wysokości $1,65 \div 1,85$ m prowadzonej z zawalem stropu. Ściana wyposażona była w sekcje obudowy zmechanizowanej XXX-10/20-POz i bezprzewodowy system monitorowania ciśnienia, który rejestrował ciśnienie we wszystkich stojakach. Na potrzeby analizy, spośród wszystkich sekcji obudowy stosowanych w ścianie, wybrano 80 sekcji zabudowanych w środkowej części ściany, położone w odległości większej od około 1/4 długości ściany od chodnika przyścianowego, celem uniknięcia wpływu wynikającego z sąsiedztwa chodników przyścianowych. Dzięki ciągłemu monitorowaniu ciśnienia w przestrzeniach roboczych stojaków uzyskano przebiegi czasowe zmiany ciśnienia, które posłużyły do dalszej analizy (rys. 1).

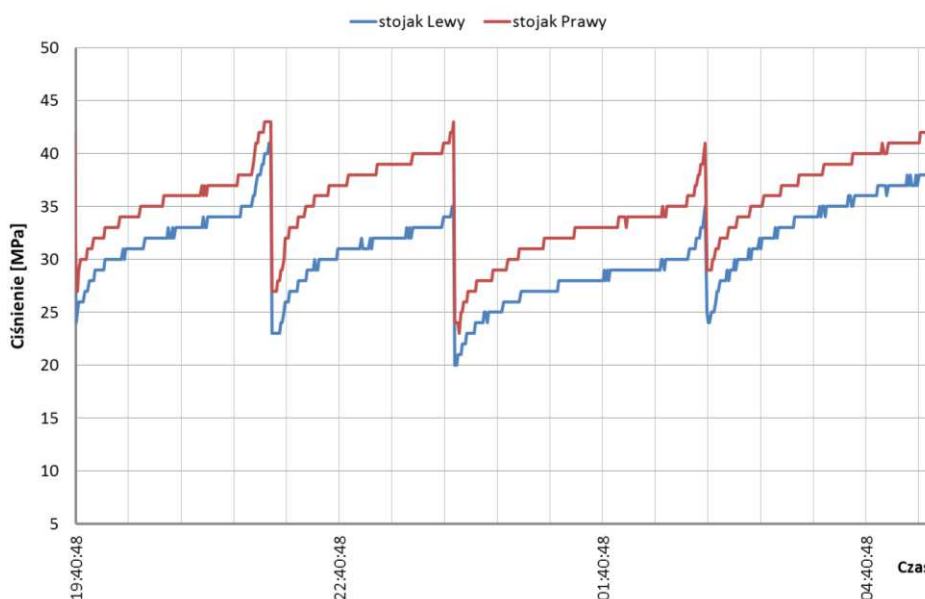


Rys. 1. Przykładowy przebieg zmian ciśnienia w przestrzeniach podłokowych stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej w kilku kolejnych dniach [opracowanie własne]

Każdy cykl obciążenia sekcji rozpatrywano oddzielnie, przy rozciągniętej osi czasu, co pozwoliło na szczegółową analizę zarejestrowanych przebiegów. Weryfikacja wstępna wyników polegała na odrzuceniu przebiegów czasowych zmiany ciśnienia, które wskazywały na stany awaryjne stojaków związane na przykład z ich nieszczelnością. Do dalszej analizy zakwalifikowano przebiegi czasowe cykli pracy sekcji, które charakteryzowały się wzrostem ciśnienia w obu stojakach sekcji obudowy zmechanizowanej, niezależnie od charakteru narastania ciśnienia w przestrzeniach roboczych obu stojaków (cykle obciążenia sekcji charakteryzujące się równomiernym – rysunek 2 lub nierównomiernym rozparciem stojaków – rysunek 3). Brano pod uwagę zarówno cykle obciążenia, w trakcie których sekcje rozpierane były prawidłowo (ustalonym dla danej sekcji obudowy ciśnieniem wstępnym), jak i te które rozpoczynały się ciśnieniem wstępnym mniejszym od ciśnienia dostępnego w magistrali zasilającej.



Rys. 2. Równomierne narastanie ciśnienia w przestrzeniach roboczych obu stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej [10]



Rys. 3. Cykle obciążenia sekcji charakteryzujące się nierównomiernym rozparciem stojaków [10]

Na potrzeby analizy wyznaczono czasy cykli obciążenia t_c sekcji zakwalifikowanych do analizy i sporządzono rozkład częstości ich występowania. Na podstawie uzyskanych rozkładów, stwierdzono, że zdecydowana większość cykli mieści się w przedziale $60 \div 180$ min. Cykle obciążenia sekcji mieszczące się w tym przedziale odpowiadają średniej prędkości posuwu kombajnu $1,3 \div 4$ m/min, przy długości ściany, w której zabudowane były analizowane sekcje, wynoszącej 235 m, a więc normalnemu przebiegowi procesu technologicznego w ścianie niskiej. Cykle te zostały podzielone na dwie grupy o różnej długości czasu ich trwania [10]. Pierwszą grupę stanowiły cykle, których czas trwania wynosił od 60 do 120 min, co odpowiada normalnemu przebiegowi procesu technologicznego w ścianie niskiej, dla którego średnia prędkość posuwu kombajnu wynosi $2 \div 4$ m/min. Natomiast drugą grupę stanowiły cykle o czasie trwania od 120 do 180 min. Grupa ta nie została odrzucona ze względu na to, że podczas badań często rejestrowano prędkości posuwu kombajnu wynoszące $1,3 \div 2$ m/min.

Cykle obciążenia sekcji krótsze od 60 min stanowiły około 4% wszystkich analizowanych cykli. W trakcie ich trwania realizowane były operacje pomocnicze związane głównie z wyrównywaniem ściany w celu uzyskania prostoliniowości. Natomiast cykle o czasie dłuższym od 180 min związane były z dłuższymi postojami wynikającymi z uszkodzeń wyposażenia technicznego lub ze względów organizacyjnych. Stanowiły one około 16% wszystkich analizowanych cykli obciążenia sekcji. Ponieważ przedmiotem analizy jest obciążenie sekcji w trakcie niezakłóconej realizacji procesu technologicznego, cykle o czasie krótszym od 60 min i dłuższym od 180 min nie były analizowane.

3. Analiza wpływu uzyskanej podporności wstępnej oraz zróżnicowania rozparcia stojaków na podporność stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej

Zróżnicowanie podporności wstępnej może wpływać na nierównomierne rozparcie stojaków danej sekcji obudowy, jak i poszczególnych sekcji wzdłuż długości ściany. W efekcie czego może dochodzić do pogorszenia warunków utrzymania stropu wskutek jego zginania wzdłuż ściany [9], co prowadzić może do niesymetrycznego obciążenia sekcji obudowy zmechanizowanej.

Na podstawie analizy przebiegów czasowych zmiany ciśnienia w stojakach sekcji obudowy zmechanizowanej zakwalifikowanych do analizy, zebrano dane dotyczące cykli pracy sekcji obudowy zmechanizowanej charakteryzujących się zróżnicowanym rozparciem bądź obciążeniem końcowym stojaków sekcji. Za kryterium nierównomierności przyjęto sytuacje, gdy różnica pomiędzy zmierzonymi wartościami ciśnienia w stojakach, w momencie rozpierania i w końcowej fazie cyklu obciążenia wynosiła więcej niż 4 MPa. Na rysunku 4 przedstawiono, dla poszczególnych sekcji obudowy, procentowy udział cykli, w których stojaki były nierównomiernie obciążone w końcowej fazie cyklu. Zaobserwować można, że w przypadku cykli pracy, o czasie trwania z przedziału $60 \div 120$ min, nierównomierne obciążenie stojaków na długości ściany, przedstawiało się następująco:

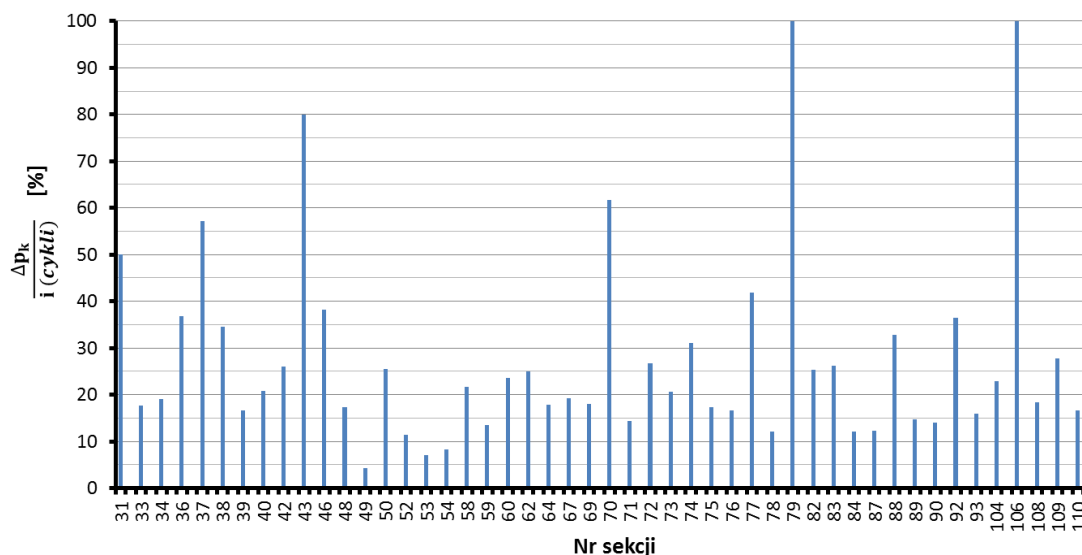
- 3 sekcje były nierównomiernie obciążone w mniej niż 10% analizowanych cykli,
- 26 sekcji było nierównomiernie obciążonych w $10\% \div 25\%$ analizowanych cykli,
- 14 sekcji było nierównomiernie obciążonych w $26 \div 50\%$ analizowanych cykli,

5 sekcji było nierównomiernie obciążonych w więcej niż 50% analizowanych cykli, z których 2 sekcje były nierównomiernie obciążone w każdym analizowanym cyklu.

W przypadku cykli pracy, o dłuższym czasie trwania ($120 \div 180$ min), nierównomierne obciążenie stojaków na długości ściany, kształtowało się następująco:

- 5 sekcji było nierównomiernie obciążonych w mniej niż 10% analizowanych cykli,
- 26 sekcji było nierównomiernie obciążonych w $10\% \div 25\%$ analizowanych cykli,
- 11 sekcji było nierównomiernie obciążonych w $26\% \div 50\%$ analizowanych cykli,
- 6 sekcji było nierównomiernie obciążonych w więcej niż 50% analizowanych cykli.

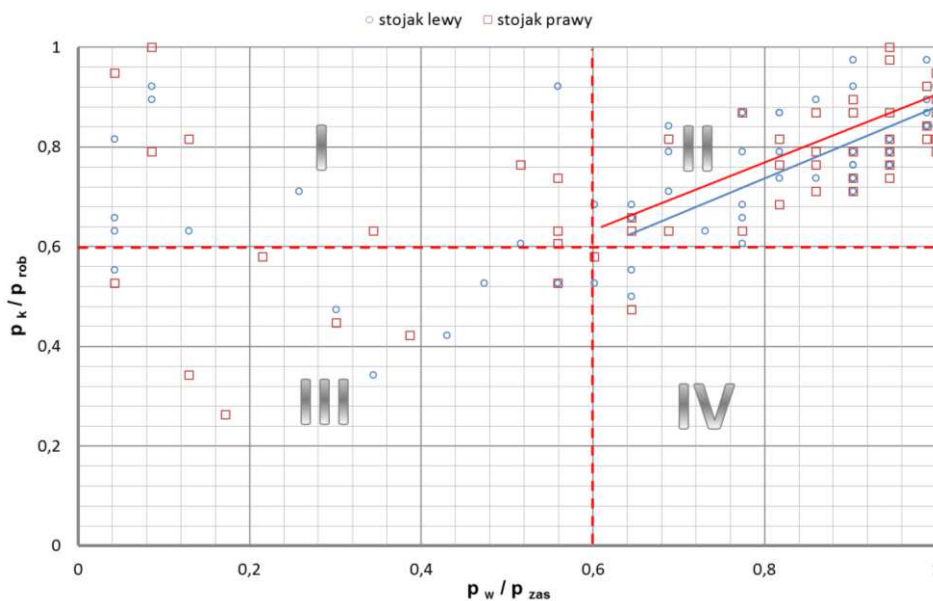
Przy doborze sekcji do analizy kierowano się oprócz kryterium położenia sekcji w ścianie także kompletnością danych pomiarowych. Kryterium kompletności dotyczyło uzyskania jak największej liczby prawidłowych przebiegów czasowych charakteryzujących się wzrostem ciśnienia w obu stojakach sekcji obudowy zmechanizowanej. Sekcje obudowy, dla których kompletność danych była znikoma, nie były analizowane, stąd na rysunku 4 widoczny jest brak numerów niektórych sekcji.



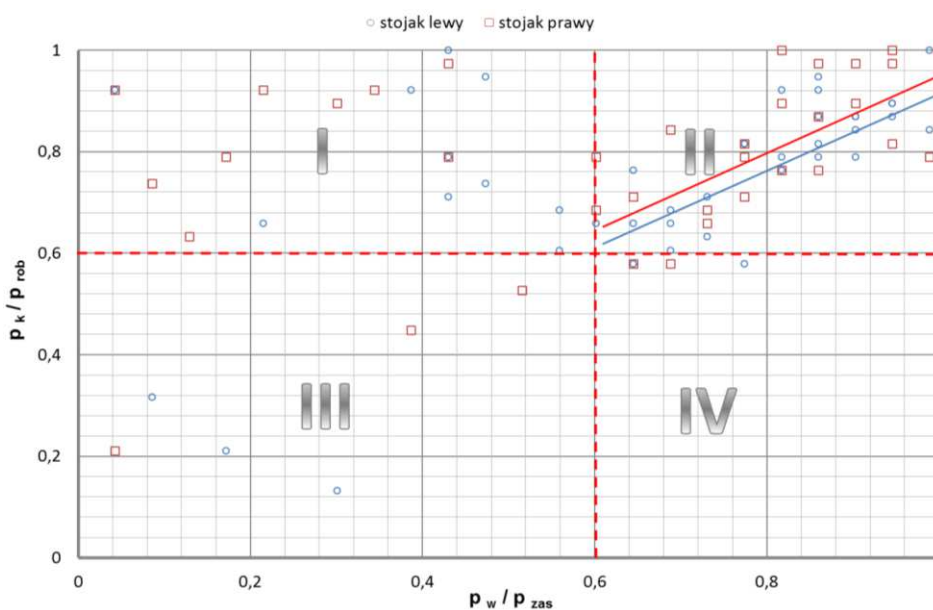
Rys. 4. Procentowy udział cykli, w których stojaki danej sekcji były nierównomiernie obciążone ($t_c = 60 \div 120$ minut) [13]

Na potrzeby analizy przeszedzono 1922 cykli pracy sekcji, z czego 1206 mieściło się w grupie cykli o czasie trwania $60 \div 120$ min, a 716 w grupie cykli trwających $120 \div 180$ min. Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że 12,5% rozpatrywanych cykli stanowią cykle, w których stojaki sekcji były nierównomiernie rozparte. Cykle, w których stojaki sekcji w końcowej fazie cyklu były nierównomiernie obciążone, stanowiły 24,6% rozpatrywanych cykli. Tak więc w rozpatrywanych cyklach często występowała sytuacja nierównomiernego obciążenia stojaków, pomimo jednakowego ciśnienia w przestrzeniach roboczych stojaków na etapie ich rozpierania. Nierównomierne obciążenie stojaków (gdy różnica ciśnienia w stojakach była większa niż 4 MPa) nie wynika więc tylko i wyłącznie z nierównomiernego rozparcia stojaków. Ponadto zauważono, że występowały sytuacje, w których stojaki były nierównomiernie rozparte, a w końcowej fazie cyklu obciążenia różnica wartości ciśnienia w stojakach nie występowała lub była mniejsza niż 4 MPa. Tak więc, nie można jednoznacznie określić czy nierównomierne rozparcie stojaków wpływa na niesymetryczne obciążenie stojaków w końcowej fazie cyklu pracy.

W związku z tym, podjęto próbę ustalenia wpływu uzyskiwanej podporności wstępnej stojaków na ich podporność. Do analizy posłużyły cykle obciążenia sekcji obudowy o numerze 72, których czas trwania mieścił się w przedziale $60 \div 120$ min oraz $120 \div 180$ min. Wartości ciśnienia wstępnego p_w i ciśnienia końcowego p_k stojaków w poszczególnych cyklach odniesiono odpowiednio do ciśnienia zasilania p_{zas} i ciśnienia roboczego p_{rob} . Ułatwiło to dalszą analizę poprzez podział obszaru względnych wartości ciśnienia końcowego p_k/p_{rob} i ciśnienia wstępnego p_w/p_{zas} na cztery części oznaczone odpowiednio I, II, III i IV (rys. 5 i rys. 6), z uwzględnieniem wartości progowych obu parametrów, ustalonych na podstawie rozproszenia punktów uzyskanych z analizowanych przebiegów czasowych. Na rysunkach zaobserwować można zbliżony rozkład punktów dla cykli obciążenia charakteryzujących się różnymi czasami ich trwania.



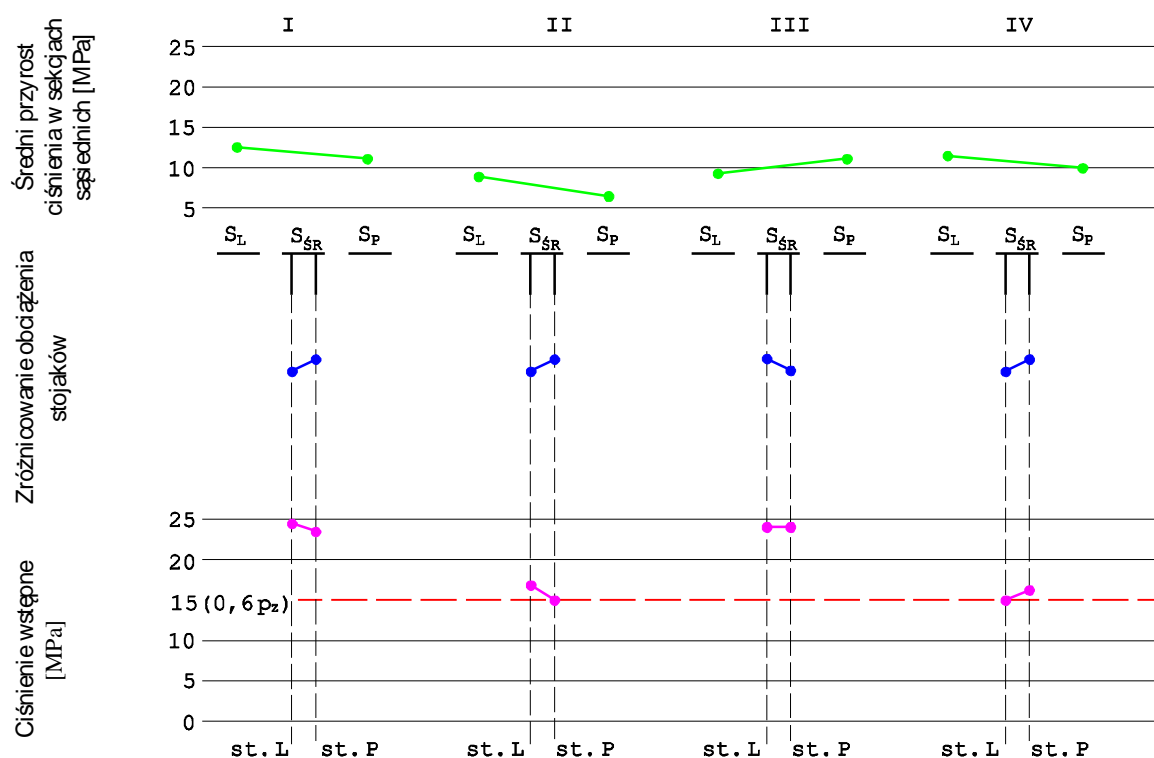
Rys. 5. Zależność podporności od podporności wstępnej $p_k/p_{rob} = f(p_w/p_{zas})$ stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej o numerze 72 dla $t_c = 60 \div 120$ min [10, 11]



Rys. 6. Zależność podporności od podporności wstępnej $p_k/p_{rob} = f(p_w/p_{zas})$ stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej o numerze 72 dla $t_c = 120 \div 180$ min [10, 11]

zielonego – w sekcji o numerze 71. Ponadto, dla sekcji środkowej o numerze 72, wyznaczono przyrost ciśnienia w stojakach: lewym – znacznik niebieski, prawym – znacznik czerwony. W celu uwzględnienia nierównomiernego rozparcia stojaków dla sekcji środkowej brano również pod uwagę wartości ciśnienia wstępnego w poszczególnych stojakach: stojak lewy – znacznik żółty, stojak prawy – znacznik fioletowy. Wartości ciśnienia wstępnego przedstawione zostały jako 10% rzeczywistej wartości, gdyż służą one jedynie do zobrazowania zróżnicowania ciśnienia wstępnego i sprawdzenia czy jego wartość była powyżej wartości progowej $0,6p_{zas}$, oznaczonej na rysunku linią przerywaną koloru czerwonego.

Analiza wpływu podporności sekcji sąsiednich na obciążenie danej sekcji ma charakter jakościowy. W związku z tym dane przedstawione na rysunku 7 posłużyły do sporządzenia schematu obrazującego stan obciążenia trzech kolejnych sekcji obudowy zmechanizowanej w fazie początkowej i końcowej rozparcia w trakcie kolejnych cykli obciążenia sekcji obudowy zmechanizowanej. Dla przykładu, na rysunku 8, przedstawiono cztery przypadki obciążenia trzech sąsiednich sekcji, dla cykli oznaczonych na rysunku 7 jako I ÷ IV.



Rys. 8. Rysunki przedstawiające obciążenie trzech sąsiednich sekcji obudowy, obciążenie stojaków sekcji środkowej i wartość ciśnienia z jakimi były rozpierane [10]

Dla każdego rozpatrywanego przypadku, stojaki sekcji środkowej rozpierane były ciśnieniem wstępnym powyżej wartości progowej. Na rysunku 8 obrazują to odcinki koloru fioletowego, a ich pochylenie pokazuje, który stojak był rozpierany z większym ciśnieniem wstępnym. Średnie przyrosty ciśnienia w sekcjach sąsiadujących z analizowaną sekcją różnią się, co wskazuje na zróżnicowanie obciążenia sekcji lewej i sekcji prawej. Pochylenie odcinków koloru zielonego pokazuje, która sekcja jest bardziej obciążona. W każdym z pokazanych przypadków obciążenia trzech sąsiednich sekcji mamy sytuację, w której mniejszy przyrost ciśnienia w sekcji sąsiedniej powoduje większy przyrost ciśnienia w stojaku sekcji środkowej od strony tej sekcji. Pochylenie odcinków koloru niebieskiego

obrazuje, w którym stojaku wystąpił większy przyrost ciśnienia. Dla przykładu w cyklu o numerze I sekcja prawa jest mniej obciążona, stąd stojak prawy w sekcji środkowej, jest bardziej obciążony niż stojak lewy.

Dla wszystkich przeanalizowanych cykli obciążenia sekcji obudowy zmechanizowanej z okresu jednego miesiąca, dla trzech sąsiednich sekcji obudowy o numerach 71, 72 i 73, w 70% przypadków występuje sytuacja, w której mniejsze obciążenie sekcji sąsiedniej powodowało większy przyrost ciśnienia w stojaku analizowanej sekcji sąsiadującym z daną sekcją. Stojak ten przejmuje wówczas dodatkowe obciążenie pochodzące od stropowej bryły górotworu, kompensując mniejsze obciążenie sekcji sąsiedniej. Nierównomiernie rozparcie sekcji sąsiednich ma zatem wpływ na obciążenie poszczególnych stojaków sekcji.

Ze względu na złożoność i losowy charakter wpływ ten jest jednak trudny do określenia w kategoriach ilościowych. Przeprowadzona analiza jakościowa stanowi uzupełnienie pozwalające na wykazanie istnienia dodatkowych czynników kształtujących podporność stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej.

5. Podsumowanie

Jednym z warunków prawidłowego utrzymania stropu wyrobiska jest uzyskanie w każdym cyklu pracy sekcji obudowy podporności wstępnej na poziomie założonego ciśnienia wstępnego. Im mniejsza jest wartość uzyskanej podporności wstępnej, tym większy jest zakres zmienności podporności odpowiadający danej wartości podporności wstępnej. Jak wykazały przeprowadzone badania, stojaki sekcji obudowy nie uzyskiwały wymaganej podporności wstępnej. Na podstawie przeprowadzonej analizy dotyczącej nieprawidłowej pracy sekcji obudowy zmechanizowanej, jaką jest rozpieranie stojaków ze zbyt niskim ciśnieniem wstępnym stwierdzono, że w 73,7% rozpatrywanych cykli pracy sekcji przynajmniej jeden stojak nie był rozpierany z wymaganą podpornością wstępną.

Rzeczywista wartość podporności wstępnej w dużym stopniu wpływa na szybkość przyrostu ciśnienia w stojakach. Im mniejsze jest ciśnienie wstępne (w zakresie poniżej ciśnienia równego $0,6 \cdot p_{zas}$) tym szybciej narasta ciśnienie w stojakach w wyniku osiadania stropowej bryły górotworu. Przy ciśnieniu wstępnym zbliżonym do ciśnienia zasilania występuje znacznie mniejszy rozrzut punktów pomiarowych charakteryzujących podporność końcową sekcji obudowy zmechanizowanej. Z powyższego wynika, że uzyskanie podporności wstępnej w zakresie zbliżonym do wartości ciśnienia zasilania, sprawia że narastanie ciśnienia w stojakach hydraulicznych jest przewidywalne i prowadzi do dobrego stanu utrzymania stropu wyrobiska. W związku z czym na długości ściany nie występuje, bądź jest ograniczone zginanie stropu, co korzystnie wpływa na symetrię obciążenia sekcji obudowy zmechanizowanej.

Nierównomiernie rozparcie sąsiednich sekcji obudowy zmechanizowanej ma wpływ na asymetryczne obciążenie stojaków poszczególnych sekcji. Ze względu na złożoność i losowy charakter wpływ ten jest jednak trudny do określenia w kategoriach ilościowych. Przeprowadzona analiza jakościowa wykazała, że w około 70% przypadków mniejsza podporność sekcji obudowy zmechanizowanej powoduje zwiększenie obciążenia stojaka sekcji z nią sąsiadującej znajdującego się po stronie tej sekcji.

Literatura

- [1] Gwiazda J. B.: Górnicza obudowa hydrauliczna odporna na tapania. Wydawnictwo „Śląsk”. Katowice 1997
- [2] Irresberger H., Gräwe F., Migenda P.: Zmechanizowane obudowy ścianowe. Tiefenbach. Katowice 2003
- [3] Jacobi O.: Praxis der Gebirgsbeherrschung. Verlag Glückauf GmbH. Essen 1981
- [4] Jacobi O., Everling G., Irresberger H.: Ausbrüche aus dem Strebhangenden unter Tage und im Modell Folgerungen für den schreitenden Ausbau. Glückauf 100/1964
- [5] Jaszczuk M., Markowicz J. (red.): Parametryczna metoda oceny stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 2011
- [6] Liduchowski L., Wojtas M.: Sposoby regulacji podpórności wstępnej zmechanizowanych obudów ścianowych. Wiadomości Górnicze 2004, nr 10
- [7] Linming D., Bei W.: Metoda kontroli jakości obudowy i zachowania stropu. Przegląd Górniczy 3/2001
- [8] Markowicz J.: Wpływ podpórności wstępnej obudowy zmechanizowanej na stan utrzymania stropu. XXI Zimowa Szkoła Mechaniki Górnotworu. Kraków 1998
- [9] Medhurst T.P.: Embracing the future. World Coal. March 2005
- [10] Pawlikowski A.: Wpływ podpórności wstępnej na podpórność stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej. Mining - Informatics, Automation and Electrical Engineering 04(528)2016
- [11] Pawlikowski A.: Ocena wpływu czynników konstrukcyjnych i eksploatacyjnych na podpórność sekcji obudowy zmechanizowanej. Rozprawa doktorska. Politechnika Śląska. Gliwice 2014
- [12] Szweda S.: Wpływ podpórności wstępnej sekcji na obciążenia obudowy zmechanizowanej spowodowane dynamicznym oddziaływaniem stropu. Maszyny Górnicze 2001 nr 85
- [13] Wawreczko G.: System ciągłego monitorowania stanu rozparcia sekcji obudowy zmechanizowanej w wyrobisku eksploatacyjnym jako narzędzie diagnostyki parametrów pracy. Praca dyplomowa. Gliwice 2016 (praca niepublikowana)

Czy wiesz, że

...ostrzejsza niż w poprzednich sezonach zima miała przynieść ciepłownikom większe zyski. Przyniosła kłopoty. U progu wiosny problem z paliwem zgłosiło już około 40% małych i średnich ciepłowni. Niektóre z nich właśnie ogłaszają przetargi na dostawy w kolejnym sezonie jesienno-zimowym i cały 2018 rok. I od dostawców węgla otrzymują odmowę. W Katowickim Holdingu Węglowym mającym połączyć się z Polską Grupą Górnictwem cały surowiec na 2017 rok został już praktycznie zakontraktowany. Ciepłownikom nie pomoże też import, który zawiódł już zimą. Poprawa koniunktury spowodowała, że Rosjanie przestali kierować węgiel do Polski. Teraz jedzie do Chin, Japonii i Turcji, gdzie można sprzedać go drożej. Problemów z dostępnością węgla nie ma energetyka, która zrobiła zapasy po niskich cenach w 2016 roku.

Rzeczpospolita 2017 22 marca s.B1