



Czynniki wpływające na powstawanie obwałów skał w ścianach prowadzonych z zawałem skał stropowych

Factors influencing the formation of roof fall in longwalls with caving

Dr hab. inż. Stanisław Prusek, prof. GIG*)

Treść: Występujące w ścianach utrudnienia w utrzymaniu stropu, takie jak opady czy też obwały, negatywnie wpływają na wyniki ekonomiczne kopalń oraz pogarszają bezpieczeństwo pracy załogi górniczej. W artykule przedstawiono wybrane wyniki dotychczas prowadzonych badań w zakresie opadów i obwałów, występujących w ścianach prowadzonych z zawałem stropu w kopalniach polskich i zagranicznych. Podano wyniki badań ankietowych przeprowadzonych w polskich kopalniach węgla kamiennego, a dotyczących określenia przyczyn powstawania pogorszonych warunków utrzymania stropu w ścianach zawałowych. Badania ankietowe pozwoliły na określenie głównych czynników geologicznych, górniczych oraz technicznych, decydujących o stateczności skał stropowych w ścianach.

Abstract: Roof instabilities occurring in the longwalls, such as roof falls, have a negative effect on the economic performance of mines and deteriorate significantly the safety of miners. This paper presents the selected results of studies on roof falls, occurring in the longwalls with natural roof caving in Polish and foreign mines. The results of a survey on the causes of worse roof conditions occurring in the longwalls, conducted in Polish coal mines were presented. The survey allowed to determine the main geological, mining and technical factors which influence the stability of the roof in longwalls.

Słowa kluczowe:

ściana zawałowa, opad, obwał stropu, obudowa zmechanizowana

Key words:

longwall with roof caving, roof fall, powered support

1. Wprowadzenie

Podstawowym systemem eksploatacji stosowanym w polskich kopalniach węgla kamiennego jest system ścianowy. W zdecydowanej większości przypadków ściany prowadzone są od pola z zawałem skał stropowych. Podczas prowadzenia eksploatacji, w ścianach zawałowych w zależności od warunków geologiczno-górniczych, mogą występować z różną częstotliwością utrudnienia w utrzymaniu stropu, przejawiające się opadami, obwałami czy też w najgorszym przypadku zawałami skał stropowych. Zgodnie z Leksykonem Górniczym z 1989 roku [12]; opad to - *drobne fragmenty, łaty i kawałki skały opadające ze stropu*, obwał zdefiniowano jako - *opad skał stropowych do wyrobiska nie powodujący jednak jego niedrożności, zaś zawał to: nagłe, niespodziewane obsunięcie się rozluźnianych skał stropowych do wyrobiska, przebiegające w sposób gwałtowny i mogące spowodować wypadki i zaburzenia w produkcji*. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki, zawał to: *niezamierzone, grawitacyjne przemieszczenie się do wyrobiska mas skalnych lub kopaliny ze stropu albo ociosu w stopniu powodującym niemożność przywrócenia pierwotnej funkcji wyrobiska w czasie krótszym*

niż osiem godzin - paragraf 46, p. 2, [21]. Biorąc pod uwagę przytoczone definicje oraz uwzględniając praktyczne doświadczenia, stwierdzić można, że opady stropu są zjawiskami na ogół nieutrudniającymi prowadzenia ściany i występują z mniejszą, czy większą intensywnością praktycznie w każdej ścianie zawałowej. Zjawiskiem (zdarzeniem) poważniejszym jest obwał skał stropowych, który nie powoduje niedrożności wyrobiska ścianowego, zwykle jednak uniemożliwia normalny bieg ściany. Obwał najczęściej charakteryzuje się tak zwanym *otwarcie stropu do przodu*, spowodowanym obsunięciem się ociosu węglowego w ścianie. Ostatnim najpoważniejszym w skutkach zjawiskiem jest zawał (zawał ściany), kiedy to nie można przywrócić pierwotnej funkcji wyrobiska w czasie krótszym niż osiem godzin.

Obszarem, w którym najczęściej występują opady, czy też obwały, jest przyczółowa część wyrobiska ścianowego, gdzie otwarcie czasowo niezabudowanego stropu wynosi na ogół (w przypadku stosowania kombajnów ścianowych) od około 1,0 m do 1,3 m, zgodnie ze ścieżką kombajnową oraz wielkością zabioru.

Występowanie podczas prowadzenia ścian utrudnień w postaci opadów, obwałów, czy też w najgorszym przypadku zawału skał stropowych, stanowi zagrożenie dla pracującej w ścianie załogi. Zagrożenie zawałami jest jednym z podstawowych zagrożeń występujących w podziemnych kopalniach

*) Główny Instytut Górnictwa, Katowice

węgla kamiennego. W latach 2001 - 2010 odnotowano ogółem w polskim górnictwie węgla kamiennego 4522 wypadki związane z zawałami, w tym 22 śmiertelne [9]. Wśród przyczyn urazów w omawianej kategorii dominują trzy: spadnięcie, stoczenie się, obsunięcie mas i brył skalnych (2453 wypadki), oberwanie się skał ze stropu (1365 wypadków) oraz oberwanie się skał z ociosu (704 wypadki). W 2012 roku w podziemnych zakładach górniczych miały miejsce 4 zawały (2 w kopalniach węgla kamiennego i 2 w kopalniach rud miedzi), które spowodowały 1 wypadek śmiertelny. Ponadto w wyniku opadu skał ze stropu i ociosu zaistniało 326 wypadków, z czego 10 wypadków śmiertelnych [20].

Z powyższych powodów, aby zapewnić niezakłócone prowadzenie ścian oraz bezpieczeństwo pracy załóg kopalń, podjęto w ramach działalności statutowej GIG pracę wieloletnią, której celem jest opracowanie metody oceny ryzyka występowania obwałów w ścianach zawałowych [19]. Jednym z celów tej pracy było określenie głównych przyczyn powstawania obwałów w ścianach zawałowych. Dla realizacji tego celu przeprowadzono w kopalniach szerokie badania ankietowe. W artykule przedstawiono wyniki tych badań, a ponadto opisano wybrane, dotychczas prowadzone prace w zakresie oceny stateczności stropu w ścianach zawałowych.

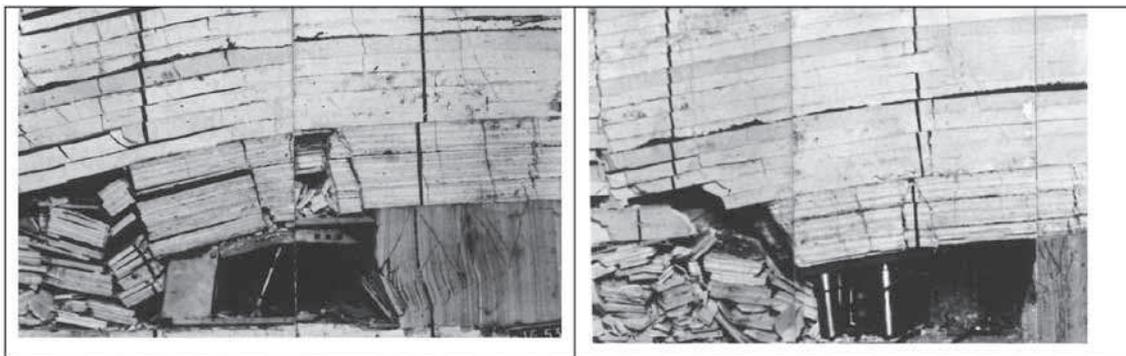
2. Wybrane metody badania stateczności stropu w ścianach zawałowych

Badania stateczności skał stropowych w ścianach prowadzone są od wielu lat w krajach, w których eksploatuje

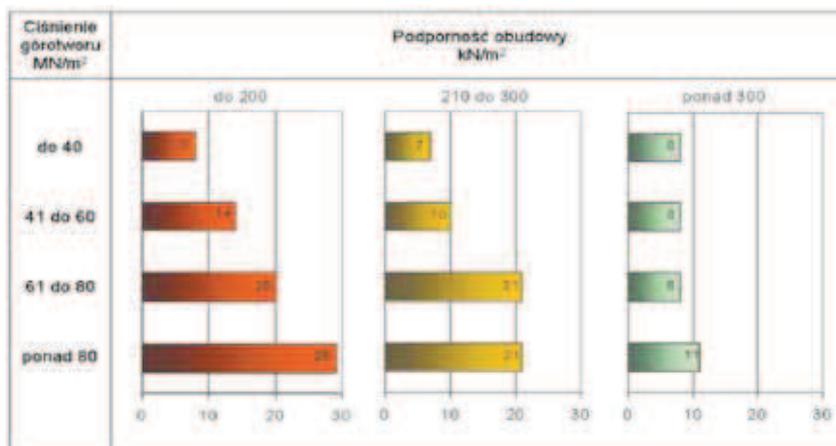
się pokłady węgla kamiennego. Szerokie badania dotyczące stateczności skał stropowych w ścianach oraz mechanizmów obwałów czy też zawałów prowadzono w Niemczech [6, 7, 8, 11, 22]. Obejmowały one badania modelowe oraz pomiary i obserwacje dołowe stateczności skał stropowych w ścianach zawałowych. Na rysunku 1 przedstawiono wyniki badań modelowych, których celem było określenie mechanizmów niszczenia się skał stopowych i ociosu węglowego w ścianie.

Na podstawie badań uczonych niemieckich stwierdzono, iż w przypadku skał o małej i średniej wytrzymałości, np. dla stropów zbudowanych z łupków ilastych, częstość występowania opadów skał stropowych, których wysokość jest wyższa niż 30 cm, można zmniejszyć przez odpowiednią podporność obudowy. Natomiast dla stropów o dużej wytrzymałości, np. dla piaskowca i łupków piaszczystych, podporność obudowy odgrywa podrzędną rolę, jeśli chodzi o występowanie opadów w ścianie. Powyższe stwierdzenia sformułowano na podstawie wyników badań i obserwacji wpływu ciśnienia górotworu oraz podporności obudowy, na częstotliwość występowania opadów o wysokości wyższej niż 30 cm. Na rysunku 2 przedstawiono wyniki badań wpływu podporności obudowy na powstawanie opadów w ścianie o wysokości powyżej 30 cm, przy różnych wartościach ciśnienia górotworu [6].

Występowanie opadów skał stropowych stanowi istotny problem dla górnictwa podziemnego w Stanach Zjednoczonych. Opady o różnej intensywności występują, zarówno w przypadku stosowania systemu filarowo-komorowego, jak i ścianowego, przy czym mniejsze zagrożenie stanowią w ścianach. W latach 1999-2008, w amerykańskich podziemnych kopalniach węgla kamiennego, opady i zawały



Rys. 1. Badania modelowe mechanizmów niszczenia skał stropowych oraz ociosu węglowego w ścianie [8]
Fig. 1. Scale model tests of roof strata and longwall coal face destruction mechanisms [8]



Rys. 2. Częstość występowania opadów o wysokości powyżej 30 cm przy różnym ciśnieniu górotworu i różnej podporności obudowy [6]

Fig. 2. Frequency of roof falls, of height over 30 cm, at different values of rock mass pressure and shield support capacity [6]

skał były przyczyną 75 wypadków śmiertelnych, a blisko 6000 górników zostało rannych. Wypadki śmiertelne wystąpiły podczas 66 zawałów, z których 19% wystąpiło podczas wybierania filarów, zaś 16% było związane z odspojeniem ociosu. Ostatnią dużą katastrofą były 2 zawały skał w kopalni Grandall Canyon w Utah, które wystąpiły 6 i 16 sierpnia w roku 2007 i spowodowały w sumie śmierć 9 ludzi [13].

Wiele przypadków zawałów w podziemnych wyrobiskach górniczych kopalń amerykańskich udokumentował w swojej pracy Peng [14]. Zwraca on uwagę m.in. na takie przyczyny powstawania opadów i zawałów jak *slabe* skały stropowe, przy czym określenia *slabe* nie zawęża jedynie do niskiej wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie, ale odnosi się także do występowania przerostów węgla lub łupków węglowych w skałach stropowych. Wśród zebranych studiów przypadków charakteryzujących obwały skał stropowych wyróżnione są także takie, których przyczyną powstania było odspajanie się calizny węglowej lub powstanie w skałach stropowych pionowych spękań przed frontem ściany, co skutkowało później wysuwaniem się do przestrzeni roboczej wyrobiska bloków skalnych. Przykład takiego obwału przedstawiono na rysunku 3 [14].

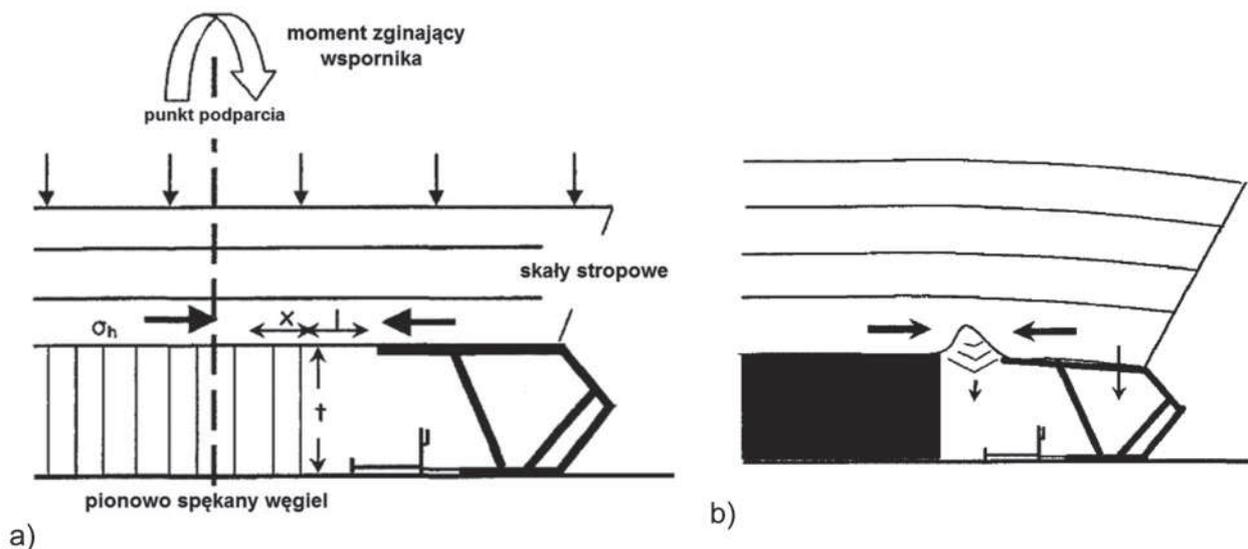


Rys. 3. Obwał skał stropowych w ścianie w jednej z kopalń w Stanach Zjednoczonych [14]
 Fig. 3. Roof fall in a longwall in one of the mines, USA [14]

Odnosząc się do technicznych przyczyn powstawania obwałów w wyrobiskach ścianowych Peng, w innej swojej publikacji, jako jeden z istotnych czynników wyróżnił konstrukcję obudowy zmechanizowanej. Przedstawił on dane, które wskazują, że prawdopodobieństwo wystąpienia obwałów w ścianie jest wyższe w przypadku stosowania czterostojakowych obudów podporowo-osłonowych, niż w przypadku obudów dwustojakowych [15]. Do identycznych wniosków w zakresie obudów dwu i czterostojakowych doszedł w swej pracy Barczak [1]. Wskazuje on, że w przypadku sekcji obudowy czterostojakowej brak jest podparcia stropu na początkowym odcinku stropnicy, co powoduje występowanie obwałów skał do wyrobiska. Sytuacja ta jest korzystniejsza w przypadku obudowy dwustojakowej, która zapewnia podparcie stropu na większej długości oraz bliżej ociosu ścianowego. Barczak w kilku swoich publikacjach dokonuje również szerokich analiz w zakresie współpracy sekcji obudowy zmechanizowanej z górotworem wykorzystując tzw. *krzywe reakcji górotworu* (*Ground Reaction Curve - GRC*). [2, 3]. Na tej podstawie stwierdza się między innymi, że od pewnych wartości wzrost podporności obudowy wydaje się nieuzasadniony, gdyż ograniczenie konwergencji stropu nie jest już znaczące, a koszt wykonania sekcji obudowy staje się bardzo duży.

Szerokie badania dotyczące obwałów i zawałów skał w ścianach zawałowych prowadzono w Australii. W kopalniach australijskich istotny problem stanowią mocne warstwy stropowe, które mają skłonność do zawisania i okresowego zwiększania obciążenia obudowy w ścianie. Na rysunku 4a przedstawiono model ściany dla takiej właśnie sytuacji, który bazuje na doświadczeniach badacza australijskiego. Rysunek 4b przedstawia opad skał stropowych, jako rezultat występowania naprężeń ściskających w uginającej się belce skał stropu bezpośredniego [5].

Oprócz występowania zwiększonych naprężeń ściskających w stropie bezpośrednim, efektem zawisania mocnych warstw stropowych, jest niszczenie struktury pokładu węgla i zwiększanie odległości końca stropnicy od czoła ściany (zwiększone otwieranie się ociosu w ścianie). W Australii prowadzone są również szerokie badania zjawisk zachodzących w otoczeniu prowadzonych ścian zawałowych, w oparciu o szczegółowe analizy ciśnienia w przestrzeni podłokowej



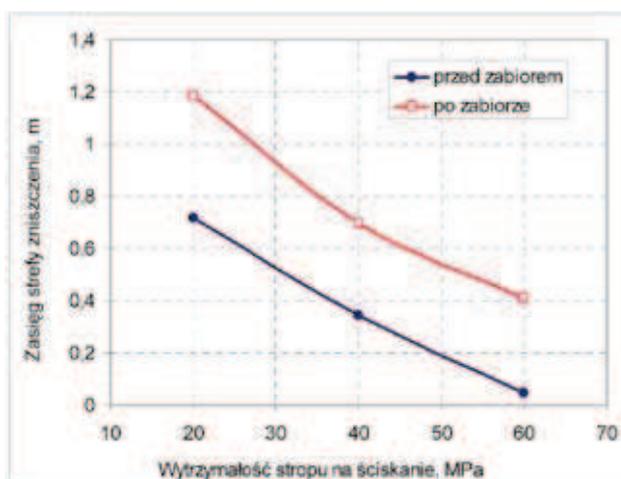
Rys. 4. Uproszczony model ściany w kopalni australijskiej; a - model koncepcyjny wspornika skał stropowych oddziałującego na obudowę, b - opad skał stropowych wskutek naprężeń ściskających [5]
 Fig. 4. Simplified model of a longwall in the colliery, Australia; a) conceptual model of the roof rock cantilever affecting the support b) roof fall in longwall resulting from compressive stress in the roof strata [5]

stojaków [23, 24]. Wartości ciśnienia, uzyskiwane najczęściej z systemów monitoringu obudów zmechanizowanych bądź też dane rejestrowane w przypadkach stosowania sterowania elektrohydraulicznego sekcji obudów zmechanizowanych, wykorzystywane są w wielu analizach, na przykład w zakresie: oceny obciążeń obudowy w trakcie pracy w ścianie, występowania uszkodzeń stojaków sekcji, czy też prognozy zagrożenia opadami skał stropowych. Obróbka i analiza danych zarejestrowanego ciśnienia wykonywana jest za pomocą programu LVA (Longwall Visual Analysis), który jest powszechnie stosowany w kopalniach australijskich.

W Polsce szerokie badania opadów i obwałów skał w ścianach prowadzono w latach siedemdziesiątych. W oparciu o wyniki pomiarów i obserwacji dołowych oraz badań laboratoryjnych, opracowano liczbę wskaźnikową stropu L , od wartości której uzależniono dopuszczalną szerokość otwarcia stropu w ścianie [10]. W innej publikacji, przedstawiono sposób oceny stateczności skał stropowych w przyczółkowej części ściany z wykorzystaniem zależności empirycznych [4].

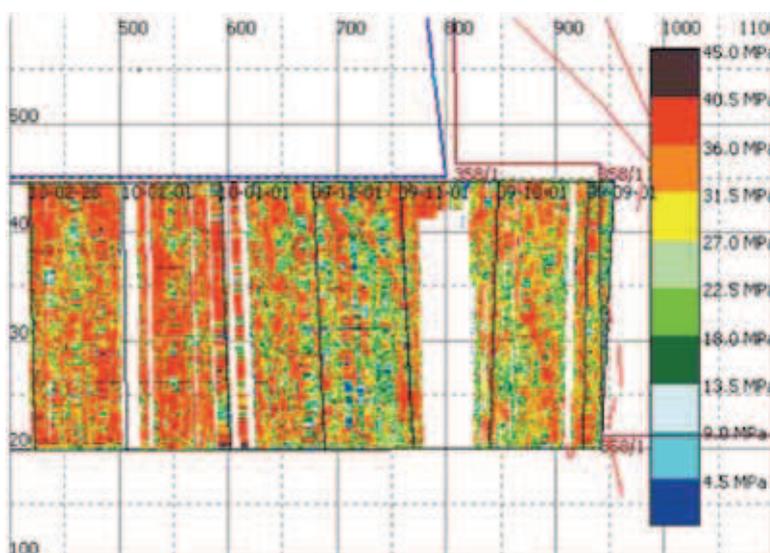
Dla oceny stateczności skał stropowych w przyczółkowej części ściany wykorzystywano również modelowanie numeryczne. Wykorzystując metodę elementów skończonych, przeanalizowano zasięg zniszczenia skał stropowych w zależności od: wytrzymałości skał stropowych na ściskanie R_c , podporności obudowy zmechanizowanej oraz szerokości odsłoniętego stropu w części przyczółkowej [18]. Na rysunku 5 przedstawiono wyniki analiz numerycznych określające zależność wytrzymałości na ściskanie skał stropu bezpośredniego oraz pionowego zasięgu strefy zniszczenia w stropie, w przyczółkowej części ściany, przed oraz po wykonanym zabiorze.

W Polsce prowadzi się również pomiary ciśnienia w stojakach hydraulicznych obudowy zmechanizowanej [16, 17]. Jest to możliwe, gdyż kopalnie coraz częściej stosują sterowanie elektrohydrauliczne obudowy lub systemy monitoringu ciśnienia w stojakach sekcji. Na rysunku 6 przedstawiono przykład zarejestrowanych wartości ciśnienia w przestrzeni podłokowej stojaków obudowy zmechanizowanej podczas prowadzenia ściany zawałowej.



Rys. 5. Maksymalny pionowy zasięg zniszczenia skał stropowych w przyczółkowej części ściany, w zależności od ich wytrzymałości na ściskanie [18]

Fig. 5. Maximum vertical range of roof rock failure depending on the roof strata compressive strength, the area between the tip of canopy and the coal face [18]

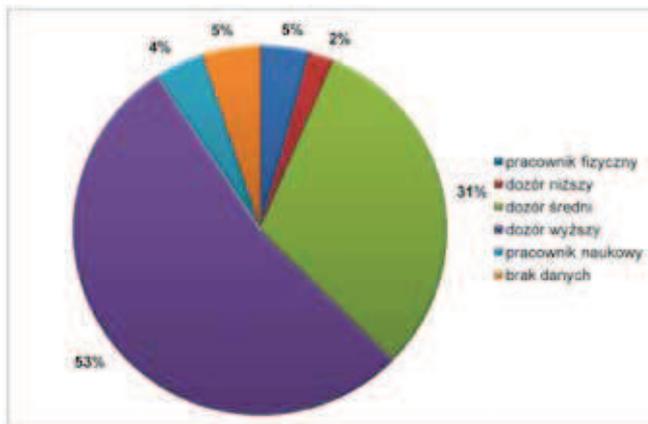


Rys. 6. Rozkład wartości ciśnienia w przestrzeni podłokowej stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej [16]

Fig. 6. Pressure distribution in the legs of the support shield [16]

3. Czynniki wpływające na występowanie obwałów w ścianach zawałowych

W ramach realizacji pracy statutowej w Głównym Instytucie Górnictwa, dla określenia czynników wpływających na występowanie obwałów w ścianach prowadzonych z zawałem stropu przeprowadzono badania ankietowe w kopalniach [19]. Badaniom poddano 139 respondentów, w większości pracowników kopalń (126 osób), z których przeszło 50% (74 osoby) stanowiły osoby dozoru wyższego, a 31% (43 osoby) osoby dozoru średniego - rys. 7.



Rys. 7. Stanowiska respondentów

Fig. 7. Interviewees by position (own elaboration)

Największa grupa ankietowanych (73 osoby) posiadała staż pracy w kopalni powyżej 20 lat, a średni staż wynosił 19 lat. Średni staż pracy na oddziale wydobywczym ankietowanych wynosił 13 lat. Pracownicy poddani badaniom reprezentowali wszystkie duże firmy (przedsiębiorstwa) górnicze, prowadzące eksploatację pokładów węgla kamiennego w Polsce.

Dla przeprowadzenia badań stworzono ankietę, w której wyodrębniono trzy podstawowe grupy czynników mogących mieć wpływ na powstawanie obwałów w ścianach zawałowych: czynniki o charakterze

- geologicznym,
- górniczym,
- technicznym.

Listę wyróżnionych czynników zestawiono w tablicy 1.

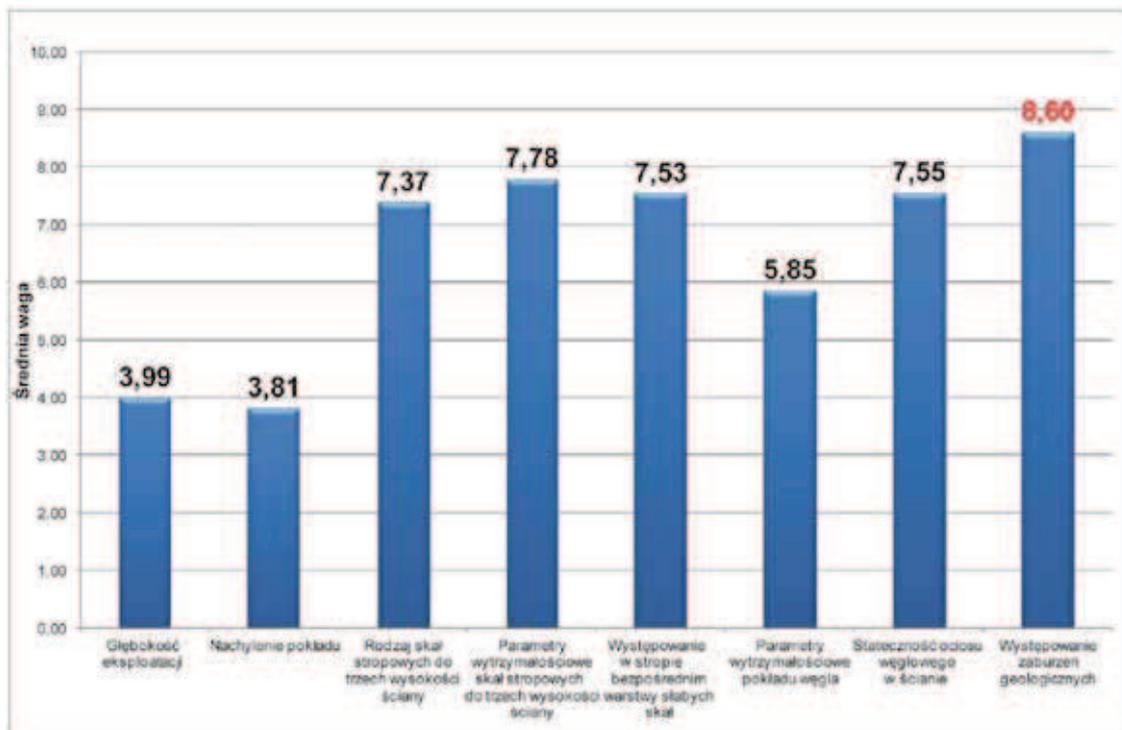
Jak wynika z danych przedstawionych na rysunku 8, spośród czynników geologicznych mogących wpływać na powstawanie obwałów w ścianach, ankietowani, jako najważniejsze uznali występowanie zaburzeń geologicznych (średnia przypisana waga dla tego czynnika wyniosła 8,60). Jako istotne czynniki w tej grupie, respondenci wymienili również: stateczność ociosu węglowego, parametry wytrzymałościowe skał stropowych w pakiecie do trzech wysokości ściany oraz występowanie w stropie bezpośrednim słabych skał (wagi odpowiednio 7,55, 7,78 i 7,53). Za najmniej istotne czynniki wpływające na zagrożenia obwałami uznano głębokość zalegania pokładu i jego nachylenie. Dodatkowo ankietowanym pozostawiono możliwość wpisania czynników niewystępujących na liście. Wśród nich jako wpływające na możliwość powstawania obwałów znalazły się: zawilgocenie skał, kliważ oraz stopień rekonsolidacji gruzowiska zawałowego. Wśród czynników górniczych wpływających na możliwość wystąpienia obwałów w wyrobiskach ścianowych respondenci wyróżnili jako najistotniejsze (rys. 9): występowanie zaszczości eksploatacyjnych (waga 7,74), usytuowanie ściany względem kierunku spękań w skałach stropowych (waga 7,21) i oddziaływanie wstrząsów górotworu (waga 6,86). Najniższą wagę przypisano długości ściany (waga 2,28) i jej wysokości (waga 4,11). W pytaniu otwartym ankietowani wyróżnili: brak prostoliniowości ściany, stare wyrobiska występujące na wybiegu, podebrania pokładu, eksploatację na warstwy oraz rekonsolidację zrobów. Ostatnią z analizowanych grup czynników były przyczyny o charakterze technicznym (rys. 10). W tej grupie ankietowani najwyżej ocenili zbyt niską podporność wstępną obudowy (waga 7,40), podporność roboczą obudowy (waga

Tablica 1. Czynniki wpływające na powstawanie obwałów skał stropowych w ścianach zawałowych

Table 1. Factors affecting the occurrence of roof falls in caving longwalls (own elaboration)

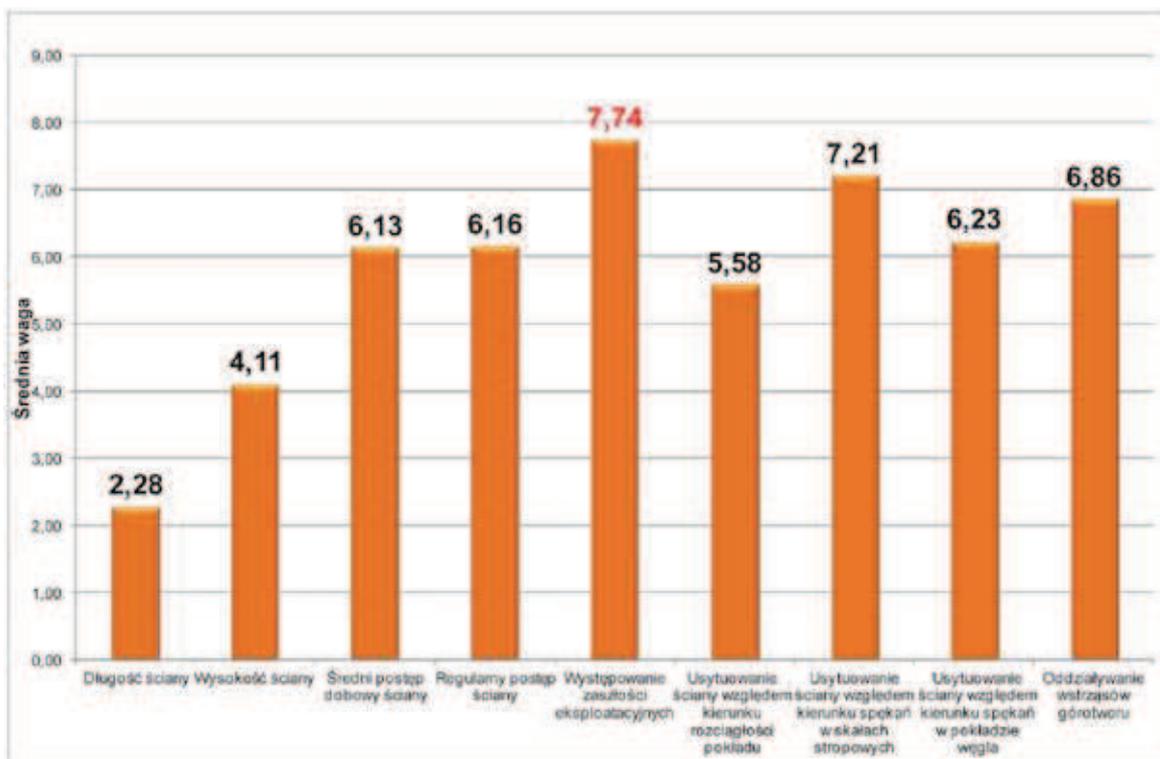
Geologiczne	Górnice	Techniczne
Głębokość zalegania pokładu	Długość ściany	Rozpiętość wyrobiska ścianowego
Nachylenie pokładu	Wysokość ściany	Wielkość ścieżki przyczolowej
Rodzaj skał stropowych do trzech wysokości ściany	Średni postęp dobowy ściany	Głębokość zabioru
Parametry wytrzymałościowe skał stropowych do trzech wysokości ściany	Regularny postęp ściany	Zbyt wysoka podporność wstępna obudowy (powodująca np. niszczenie (pompowanie) skał stropowych)
Występowanie w stropie bezpośrednim warstwy skał o miąższości do 0,5 m i niskich parametrach wytrzymałościowych np. łupek węglowy	Występowanie zaszczości eksploatacyjnych (krawędzie, resztki itp.)	Zbyt niska podporność wstępna obudowy (prowadząca np. do rozwarstwiania skał stropowych i nadmiernej konwergencji wyrobiska)
Parametry wytrzymałościowe pokładu węgla	Usytuowanie ściany względem kierunku rozciągłości pokładu (ściana podłużna, ściana poprzeczna, ściana przekątna)	Podporność robocza obudowy
Stateczność ociosu węglowego w ścianie (skłonność ociosu węglowego do odpajania się)	Usytuowanie ściany względem kierunku spękań w skałach stropowych	
Występowanie zaburzeń geologicznych (np. uskoki, wymycia pokładu itp.)	Usytuowanie ściany względem kierunku spękań w pokładzie węgla	
	Oddziaływanie wstrząsów górotworu	

Ankietowani przypisali poszczególnym czynnikom wagi od 1 do 10, gdzie: 1 oznacza brak wpływu czynnika, a 10 oznacza kluczowe znaczenie danego czynnika. Na rysunkach od 8 do 10 przedstawiono wyniki badań ankietowych dla każdej z grup czynników.



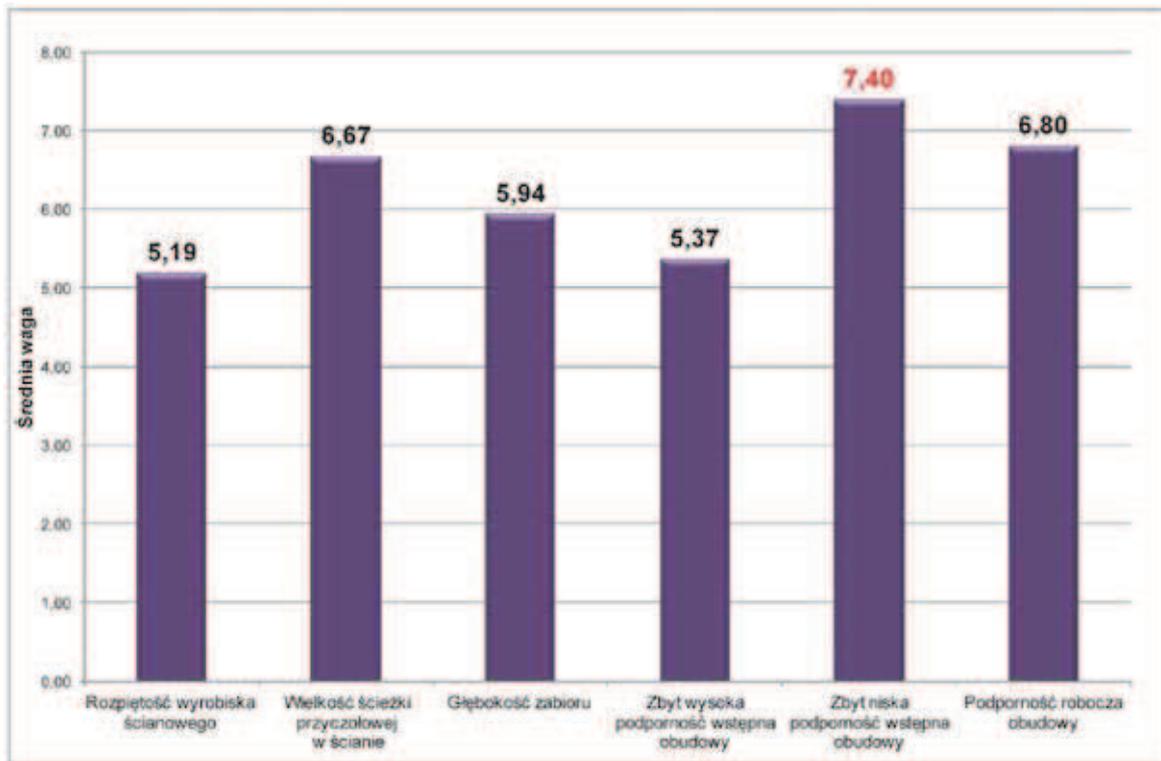
Rys. 8. Główne czynniki geologiczne wpływające na powstawanie obwałów

Fig. 8. Main geological factors affecting the occurrence of roof falls (own elaboration)

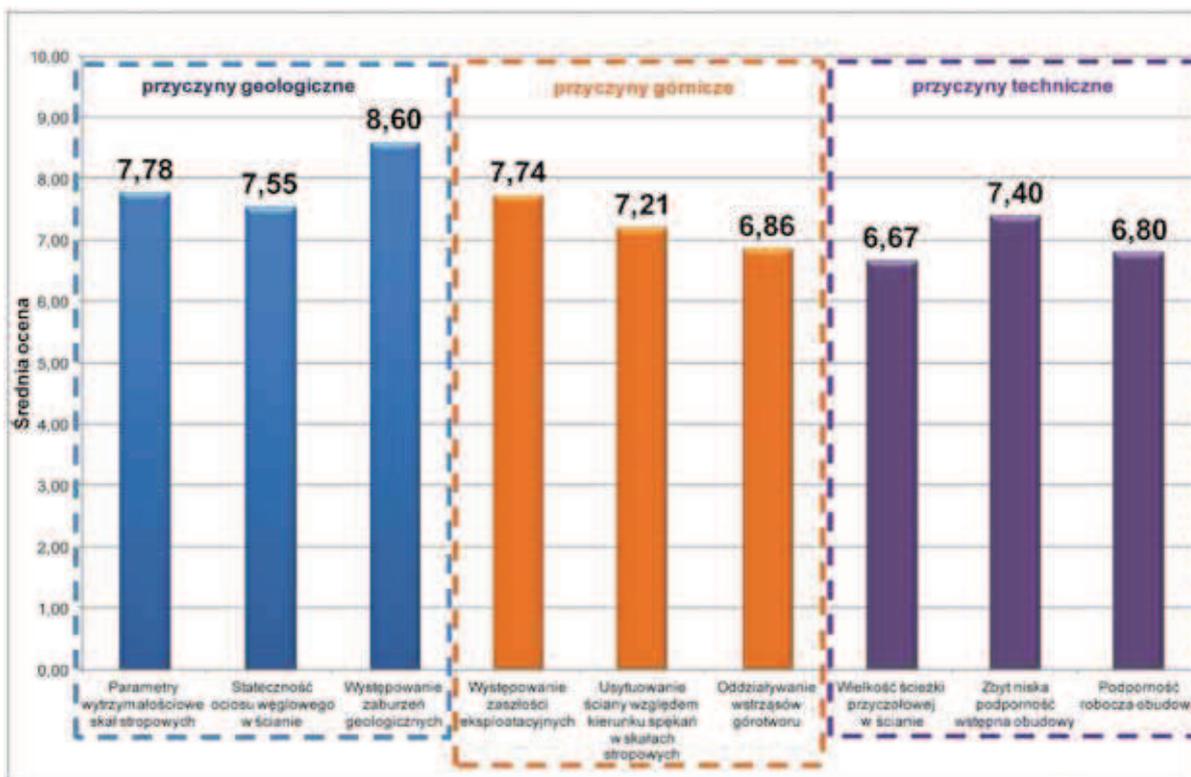


Rys. 9. Główne czynniki górnicze wpływające na powstawanie obwałów

Fig. 9. Main mining factors affecting the occurrence of roof falls (own elaboration)



Rys. 10. Główne czynniki techniczne wpływające na powstawanie obwałów
 Fig. 10. Main technical factors affecting the occurrence of roof falls (own elaboration)



Rys. 11. Główne czynniki wpływające na powstawanie obwałów skał stropowych w ścianach zawałowych
 Fig. 11. Main factors affecting the occurrence of roof falls in caving longwalls (own elaboration)

6,80) oraz wielkość ścieżki przyczółowej w ścianie (waga 6,68). Najniżej respondenci ocenili rozpiętość wyrobiska ścianowego (waga 5,19). Dodatkowo listę czynników w tej grupie ankietowani uzupełnili o awarie elementów obudowy, a także zapowietrzenie stojaków hydraulicznych.

Na rysunku 11 przedstawiono trzy czynniki z każdej z analizowanych grup, które uzyskały największe wagi, i które według respondentów w największym stopniu mogą wpływać na powstawanie obwałów w ścianach zawałowych.

4. Podsumowanie

Problemy ze statecznością stropu przejawiające się: opadami, obwałami, czy też zawałami skał pozostają nadal jedną z głównych przyczyn wypadków w podziemnych zakładach górniczych. Ponadto, każdy przestój ściany w przypadku takich zdarzeń prowadzi do znacznych strat przedsiębiorstw górniczych.

Na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych określono główne czynniki mogące mieć wpływ na powstawanie obwałów w ścianach zawałowych. Do najważniejszych czynników zaliczyć można: występowanie zaburzeń geologicznych, parametry wytrzymałościowe skał stropowych, stateczność ociosu węglowego, występowanie zaszczości eksploatacyjnych, usytuowanie frontu ściany względem głównych kierunków spękań w stropie, oddziaływanie wstrząsów górotworu, wielkość ścieżki w przyczółowej części ściany, zbyt niską podporność sekcji obudowy oraz wartość podporności roboczej sekcji obudowy. Część tych czynników wynika z naturalnych cech górotworu (na przykład zaburzenia geologiczne, parametry wytrzymałościowe skał stropowych, czy też węgla pokładu). Człowiek nie może tych czynników zasadniczo zmienić, lecz za celowe, dla ograniczenia przestojów w produkcji spowodowanych obwałami czy też zawałami skał stropowych, uznaje się dokonanie dokładnego rozeznania warunków geologicznych oraz parametrów wytrzymałościowych górotworu w danym polu ściany przed rozpoczęciem eksploatacji. Wśród głównych czynników decydujących o zagrożeniu obwałami skał stropowych w ścianach znalazły się również takie, na które możliwy jest bezpośredni wpływ i można je w odpowiedni sposób kształtować (usytuowanie frontu ściany względem głównych kierunków spękań w stropie, wielkość ścieżki w przyczółowej części ściany, podporność wstępna i robocza sekcji obudowy). W przypadku obudowy ważnym jest, aby dla określonych warunków eksploatacji dokonać doboru jej parametrów podpornościowych i geometrycznych. Podkreślić jednak należy, że niezwykle istotnym aspektem jest zachowanie tych parametrów podczas prowadzenia eksploatacji, o tym zaś decydować może na przykład utrzymanie odpowiedniego ciśnienia zasilania obudowy, stan techniczny sekcji, czy też umiejętności i doświadczenie załogi górniczej w ścianie.

Literatura

1. *Barczak T.M.*: Examination of design and operation practices for longwall shields. Department of the Interior, Bureau of Mines, Pittsburgh 1992.
2. *Barczak T.M.*: A Retrospective assessment of longwall roof support with a focus on challenging accepted roof support concepts and design premises. Morgantown, Proceedings of 25th International Conference on Ground Control in Mining 2006.
3. *Barczak T.M., Tadolini S.C.*: Longwall shield and standing gateroad support designs – is bigger better? Proceedings of Longwall USA, Pittsburgh, Pennsylvania 2006.
4. *Biliński A.*: Metoda doboru obudowy ścianowych wyrobisk wybierkowych i chodnikowych do warunków pola eksploatacyjnego. CMG Komag, Gliwice 2005.
5. *Frith R.*: Half a career trying to understand why the roof along the longwall face falls in from time to time? In Proceedings 24th International conference on ground control in mining, West Virginia 2005.
6. *Herwig H.*: Die Wirkung des Gebirgdruckes auf den Hangendzustand im Streb. Glückauf nr 117/1981.
7. *Irresberger H., Grawe F., Migenda P.*: Schreitausbau für den Steinkohlenbergbau. Verlag Glückauf nr 5/1994.
8. *Jacobi O.*: Praxis der Gebirgsbeherrschung. Essen, Verlag Glückauf 1976.
9. *Konopko W. i inni.*: Raport roczny (2010) o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego. Wyd. GIG, Katowice 2011.
10. *Kostyk T.*: Prognoza stateczności stropu ścian zawałowych. „Przeгляд Górniczy” 1974, nr 10.
11. *Langosch U., Ruppel U.*: State of the Art Dimensioning of Shield Support to Optimise Longwall Roof Control. Archiwum Górnictwa, vol 53, iss. 3/2008.
12. Leksykon Górniczy, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1989.
13. *Pappas D.M., Mark C.*: Roof and rib fall incident trends: a 10 years profile. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) 2008.
14. *Peng S.*: Ground Control Failures a Pictorial View of Case Studies, Morgantown, West Virginia University 2007.
15. *Peng S.*: Longwall minning. 2 edition, West Virginia University 2006.
16. *Plonka M.*: Ocena obciążenia obudowy zmechanizowanej w ścianach zawałowych w oparciu o pomiary ciśnienia w stojakach. Polski Kongres Górniczy – Kongres Górnictwa Podziemnego, Gliwice 2007.
17. *Plonka M., Rajwa S.*: Assessment of Powered Support Loadings in Plow and Shearer Longwalls. International Mining Forum 2011, Poland, Bogdanka, 24-26 listopad 2011.
18. *Prusek S., Rajwa S., Walentek A.*: Wykorzystanie modelowania numerycznego w ocenie stateczności przyczółowej strefy wyrobiska. Referat, XII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Górnicze Zagrożenia Naturalne, Ustroń 2005.
19. *Prusek S.*: Klasyfikacja obwałów skał stropowych w ścianach prowadzonych z zawałem stropu. Dokumentacja pracy statutowej GIG nr 11160133-150, Katowice 2013, (niepublikowana).
20. Raport WUG o stanie bezpieczeństwa, 2012.
21. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych. (Dz.U. Nr 139 poz. 1169 z późn zm. 2006).
22. *Samse V., Langosch U., Ruppel U.*: Verbesserung der Strebbeherrschung durch Berechnung des erforderlichen Schildausbaus. Glückauf nr 9/2003.
23. *Trueman R., Liman G., Cocker A.*: Managing roof control problems on a longwall face. Coal Operators' conference, The AusIMM Illawarra Branch 2008.
24. *Trueman R., Thomas R., Hoyer D.*: Understanding the Causes of Roof Control Problems on A Longwall Face from Shield Monitoring Data - a Case Study. Underground Coal Operators' Conference, The AusIMM Illawarra Branch 2011.