

# Teoretyczne a praktyczne możliwości produkcyjne ścian prowadzonych w pokładach nachylonych

## Theoretical and practical production possibilities walls in sloped decks



Dr hab. Patrycja Bąk\*



Mgr inż. Adam Lyczko\*\*



Mgr inż. Łukasz Matuszek\*\*

**Treść:** W niektórych kopalniach pokłady o nachyleniu podłużnym do 35° stanowią znaczącą część zasobów operacyjnych, w związku z tym, w celu zachowania odpowiedniej bazy zasobowej, zachodzi potrzeba ich eksploatacji. Artykuł został poświęcony zagadnieniu wybierania takich pokładów. Zaprezentowano teoretyczne aspekty dotyczące prowadzenia ścian w pokładach nachylonych. Następnie, w oparciu o wyniki produkcyjne trzech kopalń Polskiej Grupy Górniczej SA, wykazano, że po spełnieniu określonych wymogów dotyczących bezpieczeństwa pracy, wyposażenia maszynowego oraz odpowiedniej organizacji pracy, zwiększone nachylenie pokładu nie musi stanowić przeszkody w osiągnięciu zadowalającej wielkości wydobycia.

**Abstract:** In some mines, decks with longitudinal inclination up to 35° constitute a significant part of operational resources, therefore, in order to maintain an appropriate resource base, their need is needed. The article is devoted to the issue of choosing such decks. The theoretical aspects of wall guidance in inclined decks are presented. Next, based on the production results of the three mines of Polska Grupa Górnicza SA, it was demonstrated that after meeting certain requirements regarding safety at work, machinery and appropriate work organization, the increased inclination of the seam does not have to be an obstacle to achieving a satisfactory production volume

### Słowa kluczowe:

*pokłady nachylone, eksploatacja, wielkość wydobycia*

### Keywords:

*sloped decks, exploitation, extraction volume*

## 1. Wstęp

Na wielkość wydobycia uzyskiwaną z wyrobiska ścianowego ma wpływ wiele czynników. Do najważniejszych z nich można zaliczyć:

- uwarunkowania geologiczne, w szczególności: miąższość i nachylenie eksploatowanego pokładu, budowę skał stropowych i spągowych, urabialność węgla, występujące zagrożenia naturalne, zaszłości eksploatacyjne,
- stosowaną technologię urabiania oraz dobór odpowiednich maszyn i urządzeń,
- organizację pracy w ścianie.

Czynnikiem, któremu został poświęcony niniejszy artykuł jest nachylenie podłużne pokładu. Wybieranie pokładów o dużym nachyleniu generuje szereg utrudnień wpływających na osiągnięcie rezultaty produkcyjne. Szczególnie istotnym aspektem jest w tym przypadku zapewnienie jak najwyższego po-

ziomu bezpieczeństwa zatrudnionym pracownikom. Zostaną przeanalizowane teoretyczne aspekty związane z eksploatacją pokładów o dużym nachyleniu podłużnym, a w następnej kolejności będą opisane doświadczenia ruchowe dwóch kopalń węgla kamiennego, w których w latach 2016-2018 prowadzono eksploatację takich pokładów. Uzyskiwano w nich zadawalające postępy miesięczne wynoszące do 180 m, przy średnim wydobyciu dobowym przekraczającym 5100 Mg.

## 2. Eksploatowanie pokładów nachylonych

### 2.1. Informacje podstawowe

Z uwagi na wielkość kąta nachylenia podłużnego (mierzonego wzdłuż frontu wybierania), pokłady można zaliczyć do jednej z czterech grup:

- poziome lub prawie poziome, o kącie nachylenia do 5°,
- słabo nachylone, o kącie nachylenia 5°-35°,
- silnie nachylone, o kącie nachylenia 35°-45°,
- strome, o kącie nachylenia powyżej 45°.

\* AGH w Krakowie, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii

\*\* Polska Grupa Górnicza S.A., Katowice

Powyższy podział nie jest zdeterminowany przepisami i ma znaczenie umowne. Można spotkać się również z innymi wartościami (Turek 2010):

- poziome lub prawie poziome, o kącie nachylenia do  $10^\circ$ ,
- słabo nachylone, o kącie nachylenia  $10^\circ$ - $25^\circ$ ,
- silnie nachylone, o kącie nachylenia  $25^\circ$ - $45^\circ$ ,
- strome, o kącie nachylenia powyżej  $45^\circ$ .

Ściana: w długofrontowym systemie wybierania to wyrobisko eksploatacyjne o długości większej od 50 m, mające z jednej strony ocios węglowy, a z drugiej linię zawалу lub podsadzki. Charakteryzuje się znaczną długością wybiegu przodka, nawet do ponad 2000 m. Parcela ściany jest najczęściej ograniczona dwoma chodnikami służącymi do przewietrzania, transportu ludzi, urządzeń i materiałów, odstawy urobku oraz doprowadzania do niej niezbędnych mediów roboczych (Turek 2010). Rozróżnia się ściany:

- podłużne – wyrobisko wybierkowe długofrontowe, które na skutek urabiania przemieszcza się wzdłuż linii rozciągłości pokładu,
- poprzeczne – wyrobisko wybierkowe długofrontowe, którego front roboczy, na skutek urabiania, przemieszcza się po wzniosie lub po upadzie pokładu.

Wybieranie pokładu ścianą powoduje powstawanie pustek poeksploatacyjnych, które są zapełniane poprzez tzw. kierowanie stropem. Na podstawie kryterium sposobu kierowania stropem można wyróżnić następujące systemy wybierania:

- z zawalem stropu,
- z podsadzką:
  - hydrauliczną,
  - suchą,
- z ugięciem stropu.

Ze względu na uwarunkowania ekonomiczne obecnie praktycznie jedynie stosowanym w polskim górnictwie węgla kamiennego jest system ścianowy z zawalem stropu – jest bezpiecznym systemem eksploatacji, wymagającym najmniejszego wcześniejszego zakresu robót przygotowawczych. Jego wadą natomiast jest wywieranie niekorzystnego wpływu na powierzchnię (Turek 2010).

Proces wybierania węgla jest prowadzony z wykorzystaniem zmechanizowanych kompleksów ścianowych, w skład których wchodzi: obudowa zmechanizowana, maszyna urabiająca (kombajn ścianowy lub strug węglowy), zgrzeblowy przenośnik ścianowy. W chodniku podścianowym w sąsiedztwie ściany jest zabudowany zgrzeblowy przenośnik podścianowy, a często oprócz tego także hydrauliczne urządzenie przekładkowe oraz sekcje obudowy skrzyżowania ściana–chodnik. Zastosowanie zmechanizowanych kompleksów ścianowych determinuje technologię pracy – można wyodrębnić cykl ciągle powtarzających się czynności, do których należą:

- urabianie ociosu węglowego (dwukierunkowe lub jednokierunkowe), z jednoczesnym ładowaniem urobku na ścianowy przenośnik zgrzeblowy i jego odstawa,
- przesuwanie przenośnika ścianowego,
- obniżanie, przesuwanie i ponowne rozpieranie sekcji obudowy zmechanizowanej.

Oprócz tego w procesie wybierania realizuje się szereg innych czynności, takich jak wykonywanie i zabudowa wnęk ścianowych (chyba, że ściana jest prowadzona bezwnękowo), przebudowa, wzmocnienie i utrzymywanie skrzyżowań ściany z chodnikami przyścianowymi, likwidacja (lub utrzymywanie) wyrobisk przyścianowych za frontem ściany, przesuwanie urządzeń zabudowanych w chodnikach przyścianowych (Turek 2010).

Roboty są prowadzone w określonych systemach pracy. Systemem pracy nazywa się wydzielenie w dobowym bilansie czasu okresów wykonywania poszczególnych procesów produkcyjnych lub wyraźnie wyodrębniających się grup czyn-

ności i operacji (Przybyła, Chmiela 2007). Stosuje się trzy-, cztero-, a nawet pięciozmianowy system pracy (co umożliwia zmianę załogi bezpośrednio na stanowisku pracy, wydłużając przez to efektywny czas pracy urządzeń).

## 2.2 Uwarunkowania prawne dotyczące prowadzenia eksploatacji pokładów nachylonych

Duże nachylenie eksploatowanego pokładu może utrudniać poruszanie się w ścianie oraz być przyczyną tzw. samostaczania się urobku, co powoduje zagrożenie dla bezpieczeństwa pracy zatrudnionej załogi. Nie ma jednoznacznie ustalonej wartości nachylenia podłużnego, która determinowałaby sposób prowadzenia ściany. Ustawodawca, w celu zapewnienia bezpieczeństwa pracownikom zatrudnionym w nachylonych ścianach, dla dwóch granicznych wielkości określił wytyczne dotyczące zabudowanych w nich urządzeń i maszyn (Rozporządzenie ... 2016):

- powyżej  $18^\circ$ :
  - muszą być stosowane zabezpieczenia chroniące pracowników przed staczającym się urobkiem lub innymi przedmiotami i materiałami,
  - jeżeli ściana ma wysokość większą niż 1,7 m, jest wymagane, aby obudowa zmechanizowana była wyposażona w hydraulicznie sterowane osłony odgradzające pole przejścia od pola roboczego,
  - dolne wnęki powinny wyprzedzać front ściany,
- powyżej  $25^\circ$  – przedział obudowy zmechanizowanej przeznaczony do przejścia pracowników powinien być wyposażony w przegrody, stopnie i uchwyty, a odstęp między przegrodami nie może przekraczać 10 m.

Większość obudów zmechanizowanych oraz innych urządzeń wchodzących w skład zmechanizowanych kompleksów ścianowych jest dopuszczona do pracy przy nachyleniu podłużnym do  $35^\circ$ . Dwa szczegółowe wymagania dotyczące kombajnów ścianowych, to (Rozporządzenie ... 2016):

- w ścianach o nachyleniu podłużnym większym niż  $15^\circ$  muszą one być zabezpieczone przed zsuwaniem się przez zastosowanie dwóch niezależnych układów hamulcowych, z których każdy umożliwia zatrzymanie maszyny,
- w wyrobiskach ścianowych przy nachyleniu podłużnym większym niż  $18^\circ$  oraz w ścianach prowadzonych w pokładach zaliczonych do II stopnia zagrożenia tąpnięciami, po załączeniu zasilania muszą one być sterowane zdalnie bezprzewodowo.

## 2.3. Powody wybierania pokładów nachylonych

Stan zasobów operatywnych węgla kamiennego w złożach kopalń w Polsce na czas obowiązywania koncesji (stan na 31.12.2016 r.) wynosił 1560 mln ton, z czego na poziomach czynnych i w budowie zalegało 1187 mln ton (Program ... 2018).

Zasoby operatywne węgla kamiennego zalegającego w pokładach o nachyleniu  $25^\circ$ - $35^\circ$  stanowią około 4% krajowych zasobów operatywnych ogółem. W GZW są kopalnie, w których ilość takich zasobów stanowi znaczną część ogólnych zasobów kopalni. Na przykład, suma zasobów operatywnych węgla kamiennego zalegającego w pokładach o nachyleniu w przedziale  $25^\circ$ - $35^\circ$  w trzech kopalniach Polskiej Grupy Górniczej SA wynosiła na koniec 2016 roku prawie 34,0 mln ton, tj. ponad 30% ich zasobów operatywnych (tabela 1). Dodatkowo trzeba zaznaczyć, że węgiel ten cechuje się bardzo dobrymi parametrami jakościowymi.

**Tabela 1. Zasoby operatywne kopalń węgla kamiennego z podziałem na nachylenie pokładu**  
**Table 1. Operational resources of hard coal mines with a division into the slope of the seam**

Kopalnia	Kąt nachylenia podłużnego pokładu „α”								Razem (tys. ton)
	α ≤ 15°		15° < α ≤ 25°		25° < α ≤ 35°		α > 35°		
	[tys. ton]	%	[tys. ton]	%	[tys. ton]	%	[tys. ton]	%	
Kopalnia 1	4811	23%	5163	25%	5207	25%	5324	26%	20505
Kopalnia 2	21104	31%	24803	36%	22623	33%	0	0%	68530
Kopalnia 3	10 937	50%	3385	16%	6168	28%	1287	6%	21 777
<b>Razem</b>	<b>36 852</b>		<b>33 351</b>		<b>33 998</b>		6611		<b>110 812</b>

Źródło: opracowanie własne

Z powyższego zestawienia wynika, że w celu dalszego funkcjonowania, niektóre z kopalń są wręcz zmuszone (lub będą w niedalekiej przyszłości) do prowadzenia eksploatacji w pokładach nachylnych.

### 3. Planowanie wielkości wydobycia

Wielkość wydobycia (zmianowego, dobowego, miesięcznego), obok wydajności i kosztu jednostkowego wydobytego węgla jest powszechnie stosowanym miernikiem oceny przodka wybierkowego (Turek 2007). W celu prawidłowego określenia wielkości wydobycia uzyskiwanego ze ściany, w procesie planowania należy uwzględnić wiele czynników. Podstawowymi z nich są (Krause, Dziurzyński 2015; Kabiesz 2002; Bąk 2018):

- parametry eksploatacyjne – długość wyrobiska ścianowego, wysokość furty węglowej, wybieg wybieranej parceli,
- uwarunkowania geologiczne – wytrzymałość skał stropowych i spągowych, zmiany grubości i nachylenia eksploatowanego pokładu, występowanie zaburzeń tektonicznych na wybiegu ściany, prognozy występowania i przebiegu deformacji wyrobisk przyścianowych,
- występujące zagrożenia naturalne – dokładne rozeznanie ich nasilenia warunkuje konieczność stosowania odpowiednich profilaktyk narzucających często określone wymogi, z którymi powinna być skorelowana zakładana wielkość postępu frontu ścianowego. Szczęólnego znaczenia nabiera to w przypadku występowania zaburzeń skojarzonych;
- uwarunkowania związane z ochroną powierzchni oraz zlokalizowanych na niej obiektów budowlanych,
- dobór odpowiedniego wyposażenia maszynowego zapewniającego:
  - spełnienie wymogów dotyczących zapewnienia bezpieczeństwa załogi w wyrobisku o dużym nachyleniu,
  - odpowiednie postępy prowadzonego urabiania i niezakłóconą odstawę urobku,
  - możliwie najniższą awaryjność,
- organizacja pracy zapewniająca możliwie najdłuższy dyspozycyjny czas pracy w ścianie w ciągu zmiany i doby (na dyspozycyjny czas pracy ściany powinny składać się czasy trwania urabiania kombajnem, przebudowy skrzyżowań ściany z chodnikami, jeżeli jest taka potrzeba – zawrębiania kombajnu – oraz w przypadku urabiania jednokierunkowego – czyszczenia ścieżki kombajnowej.

Wszystkie powyższe czynniki mają wpływ na proces produkcyjny realizowany w przodkach ścianowych kopalń węgla kamiennego i są związane z występowaniem stosunkowo dużego ryzyka produkcyjnego (Snopkowski i in. 2015). Możliwie najbardziej szczegółowe informacje zebrane na ich temat pozwolą na przeprowadzenie analizy i oceny ryzyka dotyczącego uzyskiwania zaplanowanej wielkości wydobycia, a także na podjęcie działań korygujących, ograniczających skutki wystąpienia poszczególnych ryzyk. Po zidentyfiko-

waniu ryzyka możliwe jest zwymiarowanie poszczególnych ich czynników występujących w rejonie ściany za pomocą odpowiednich wskaźników, które następnie mogą zostać wykorzystane w obliczeniach nominalnych wielkości wydobycia planowanych do uzyskania. Odpowiednie formuły do przeprowadzenia takich wyliczeń zostały zaproponowane w artykule (Kloc, Gajda 2015).

Ryzyko związane z prowadzeniem ściany zostało zwymiarowane w oparciu o cztery czynniki mogące powodować utrudnienia w jej postępie:

- złoża i górotwór,
- zagrożenia naturalne – metanowe, tąpniętami, pożarowe, wodne i klimatyczne,
- awaryjność maszyn,
- organizacja.

Poszczególne czynniki ryzyka mogą powodować odchylenie realnej zdolności wydobywczej ściany od jej zdolności nominalnej. Wartości odchylenia stanowią o ryzyku uzyskania oczekiwanej wielkości wydobycia pod wpływem występowania danego czynnika. Opis i zwymiarowanie czynników za pomocą tzw. wskaźników ryzyka przedstawiono w tabeli 2. Ocena ryzyka ze względu na dany czynnik polega na przyporządkowaniu mu określonych wartości z odpowiedniego przedziału.

Wielkości przypisane poszczególnym wskaźnikom zostały określone w oparciu o doświadczenia wynikające z wpływu poszczególnych czynników na zakłócenia i utrudnienia w prowadzeniu eksploatacji – skutkiem wpływów uwarunkowań geologicznych i występujących zagrożeń naturalnych można tylko przeciwdziałać, natomiast w przypadku niekorzystnych wpływów z tytułu awaryjności maszyn i urządzeń oraz zakłóceń organizacyjnych można podjąć próby nawet ich całkowitego wyeliminowania.

Ze względu na wszystkie czynniki ryzyka oblicza się wielkość wskaźnika ryzyka  $C_{rs}$  dla ściany z następującej zależności:

$$C_{rs} = 1 - (1 - C_g) \times (1 - C_z) \times (1 - C_a) \times (1 - C_o) \quad (1)$$

Wyliczony wskaźnik  $C_{rs}$  może być następnie wykorzystany do obliczenia realnych wielkości wydobycia możliwych do uzyskania w ścianie.

Nominalna dobowo wielkość wydobycia możliwa do uzyskania ze ściany jest wyliczana zgodnie z wzorem:

$$W_{nom s} = [z \times L_s \times H_{sw} \times C_w] \times Z_m \times n \quad (2)$$

gdzie:

- $W_{nom s}$  – nominalna dobowo wielkość wydobycia [Mg/d],
- $z$  – zabiór organów kombajnowych (postęp ściany po wykonaniu jednego skrawu) [m],
- $L_s$  – długość ściany [m],
- $H_{sw}$  – wysokość ściany w węglu (urabianej furty węglowej) [m],
- $C_w$  – ciężar właściwy węgla (zazwyczaj przyjmuje się wielkość 1,3) [Mg/m<sup>3</sup>],
- $Z_m$  – liczba zmian w ciągu doby,
- $n$  – liczba cykli urabiania na zmianę.

**Tabela 2. Wskaźniki ryzyka dla poszczególnych czynników ryzyka**  
**Table 2. Risk ratios for individual risk factors**

Czynnik ryzyka	Elementy składowe czynników ryzyka	Wskaźnik ryzyka C
Złoże i górotwór	Kategoria rozpoznania złoża Uwarunkowania geologiczne Infrastruktura powierzchni	$0 \leq C_g \leq 0,15$
Zagrożenia naturalne	Zagrożenie metanowe Zagrożenie tąpnięciami Zagrożenie pożarowe Zagrożenie wodne Zagrożenie klimatyczne	$0 \leq C_z \leq 0,12$
Awaryjność maszyn i urządzeń	Awaryjność maszyn i urządzeń przodkowych oraz odstawy	$0 \leq C_a \leq 0,09$
Organizacja	Zakłócenia w organizacji pracy, obłożenia i przewozu załogi do ściany	$0 \leq C_o \leq 0,06$

Źródło: (Kloc, Gajda 2015)

Realną wielkość wydobycia można określić uwzględniając wskaźnik ryzyka wyliczony zgodnie z wzorem (1) (Kloc, Gajda 2015):

$$W_{rs} = W_{poms} \times (1 - C_{rs}) \quad (3)$$

Zaplanowanie realnej wielkości wydobycia możliwej do uzyskania ze ściany ma podstawowe znaczenie dla oceny jej efektywności. Koszty związane, na przykład, z dodatkowym wyposażaniem urządzeń kompleksu ścianowego z powodu występowania zwiększonych nachyleń eksploatowanego pokładu lub z prowadzeniem odpowiednich profilaktyk przeciwdziałających zagrożeniom naturalnym, często przy konieczności jednoczesnego ograniczania postępu ściany, mogą znacząco obniżyć opłacalność uruchomienia i prowadzenia eksploatacji.

#### 4. Wyniki produkcyjne uzyskane w ścianach prowadzonych w pokładach nachylonych

W Kopalni 1 i Kopalni 2 okresowo eksploatowano ściany zlokalizowane w pokładach nachylonych. W latach 2016-2018 prowadzono systemem podłużnym z zawałem stropu eksploatację ścian o nachyleniu do 35°. Ich parametry geologiczno-górnice przedstawiono w tabeli 3.

##### 4.1. Kompleksy zmechanizowane zabudowane w wyrobiskach ścianowych

Charakterystykę kompleksów zmechanizowanych, w które były wyposażone ściany, z podaniem wydajności poszczególnych maszyn i urządzeń przedstawia tabela 4.

**Tabela 3. Parametry geologiczno-górnice charakteryzujące analizowane ściany produkcyjne**  
**Table 3. Geological and mining parameters characterizing the analyzed production walls**

Lp.	Nazwa parametru	J.m.	Ściana			
			A	B	C	D
1.	Pokład		505	505	501/3	408/1
2.	R <sub>c</sub> węgla	[MPa]	20,7	19,2	20,7	15,4
3.	Długość	[m]	150	140	158	250
4.	Wysokość	[m]	2,0	2,9	2,7	2,6-3,2
5.	Wybieg całkowity	m	520	465	357	800
6.	Nachylenie podłużne	[°]	25-35	23-35	16-35	25-31
7.	Kategoria zagrożenia metanowego		III	III	III	III
8.	Klasa zagrożenia wybuchem pyłu węglowego		B	B	B	B
9.	Stopień zagrożenia tąpnięciami		nie występuje	nie występuje	nie występuje	nie występuje
10.	Stopień zagrożenia wodnego		I	I	I	I

Źródło: opracowanie własne

**Tabela 4. Wyposażenie ścian, wydajność ogniwa kompleksu ścianowego**  
**Table 4. Wall equipment, efficiency of a longwall system**

Lp.	Wyszczególnienie	Ściana			
		A	B	C	D
1.	Sekcje obudowy zmechanizowanej	Glinik 15/29 Poz. Pioma Jankowice 19/32.8 Oz	Hydrotech 15/36 Poz. Pioma Jankowice 19/32.8 Oz	Hydrotech 15/36 Poz. Pioma Jankowice 19/32.8 Oz	KW 08/22 Poz. Pioma Jankowice 19/32.8 Oz
2.	Kombajn ścianowy	JOY-4LS20	KSW-880 E	JOY-4LS20	KSW-460NE
3.	Przełożenie ścianowe	Rybnik 850 E260/850/45 1500 Mg/h	Rybnik 850 E260/850/45 1500 Mg/h	Rybnik 850 E260/850/45 1500 Mg/h	Rybnik 850 E260/850/45 1500 Mg/h
4.	Przełożenie podścianowe	Grot-850 1540 Mg/h	Grot-850 1380 Mg/h	Grot-850 1380 Mg/h	Grot-750 1500 Mg/h
5.	Kruszarka podścianowa	SBH 900 1500 Mg/h	SBH 900 1500 Mg/h	SBH 900 1500 Mg/h	Scorpion-1800P 1800 Mg/d
Minimalna wydajność ogniwa kompleksu ścianowego		1500 Mg/h	1380 Mg/h	1380 Mg/h	1500 Mg/d

Źródło: opracowanie własne

## 4.2. Sposób obłożenia ściany

Ustalając liczbę niezbędnych pracowników kierowano się dwoma zasadami (Czermiński i in. 1999):

- koncentracji planowanych działań,
- specjalizacji pracowników, mówiącej, że w przedsiębiorstwie każdemu stanowisku powinien być przypisany określony specjalista.

Stosowano cztero- i pięciomianowy system pracy ze zmianami załogi na stanowisku pracy. Średnie obłożenie produkcyjne ściany wynosiło 14 pracowników. Przykładowe obłożenie zmian produkcyjnych jednej ze ścian prowadzonej w pięciomianowym systemie pracy wraz z brygadą remontowo-konserwacyjną przedstawia tabela 5.

Powyższe obłożenie brygad ścianowych i remontowo-konserwacyjnych pozwoliło na utrzymywanie stałego, rytmicznego postępu ścian. Roboty konserwacyjne prowadzono wyłącznie na jednej, stałej zmianie. Brygada remontowo-konserwacyjna składała się z doświadczonych pracowników, którzy wykonywali prace związane z przygotowaniem ściany do ruchu.

W nachylnych wyrobiskach ścianowych zatrudniano wyłącznie brygady składające się z pracowników posiadających wieloletnie doświadczenie przy eksploatacji takich pokładów.

## 4.3. Wybrane technologie zastosowane w cyklu produkcyjnym

W związku z zagrożeniem wynikającym z nachylenia wyrobiska ścianowego (staczaniem się brył urobku po przenośniku zgrzeblowym ścianowym), w większości przypadków prowadzono jednokierunkowe urabianie ociosu węglowego. Cykl produkcyjny obejmował urabiający przejazd kombajnu w kierunku chodnika podścianowego, a następnie przejazd w kierunku chodnika nadścianowego, podczas którego była czyszczona ścieżka kombajnu.

### 4.3.1. Technologia zabudowy skrzyżowań ściany z chodnikami przyścianowymi

Zabudowa skrzyżowań ścian, to jeden z elementów cyklu produkcyjnego w ścianie. Od przyjętej technologii zabudowy oraz czasu potrzebnego na jej wykonanie zależą uzyskiwane wyniki produkcyjne: „jednym z powodów postojów kombajnu są niezbędne operacje technologiczne na końcach ściany na styku z chodnikami przyścianowymi. Problemy operacyjne i technologiczne związane z obudową chodników i obudową skrzyżowań oraz operacjami technologicznymi na końcach ściany są źródłem strat czasu.” (Korski 2017). Roboty te polegały na wykonywaniu obudowy indywidualnej na wlotach i wylotach ścian oraz dodatkowym wzmocnieniu obudowy

chodników przyścianowych w rejonach skrzyżowania ze ścianą.

Rodzaj oraz liczba stosowanych wzmocnień obudowy były uwarunkowane spodziewaną wielkością zaciskania obudowy i gabarytami wyrobiska koniecznymi do utrzymania. Wartość podporności obudowy wraz ze wzmocnieniami koniecznymi do zapewnienia stateczności wyrobiska wyznaczano w oparciu o obliczenia wspomagane programami komputerowymi. Najczęściej obudowę chodnika nadścianowego wzmocniano przez zabudowę dwóch podciągów stalowych, zabudowanych z minimalnym 10-metrowym wyprzedzeniem przed frontem ściany. Dodatkowo, pod podciągami zabudowanymi w osi wyrobiska budowano stojaki stalowe.

Rozwiązaniem przynoszącym wymierne korzyści było bezwnekowe prowadzenie ścian od strony chodnika nadścianowego, które eliminowało konieczność zabudowy końcowego odcinka ściany w obudowie indywidualnej. Umożliwiło to również ograniczenie liczebności zatrudnionych brygad ścianowych i skracало czas trwania jednego cyklu produkcyjnego. Sposób zabudowy skrzyżowania chodnika nadścianowego ze ścianą przedstawiono na rysunku 1.

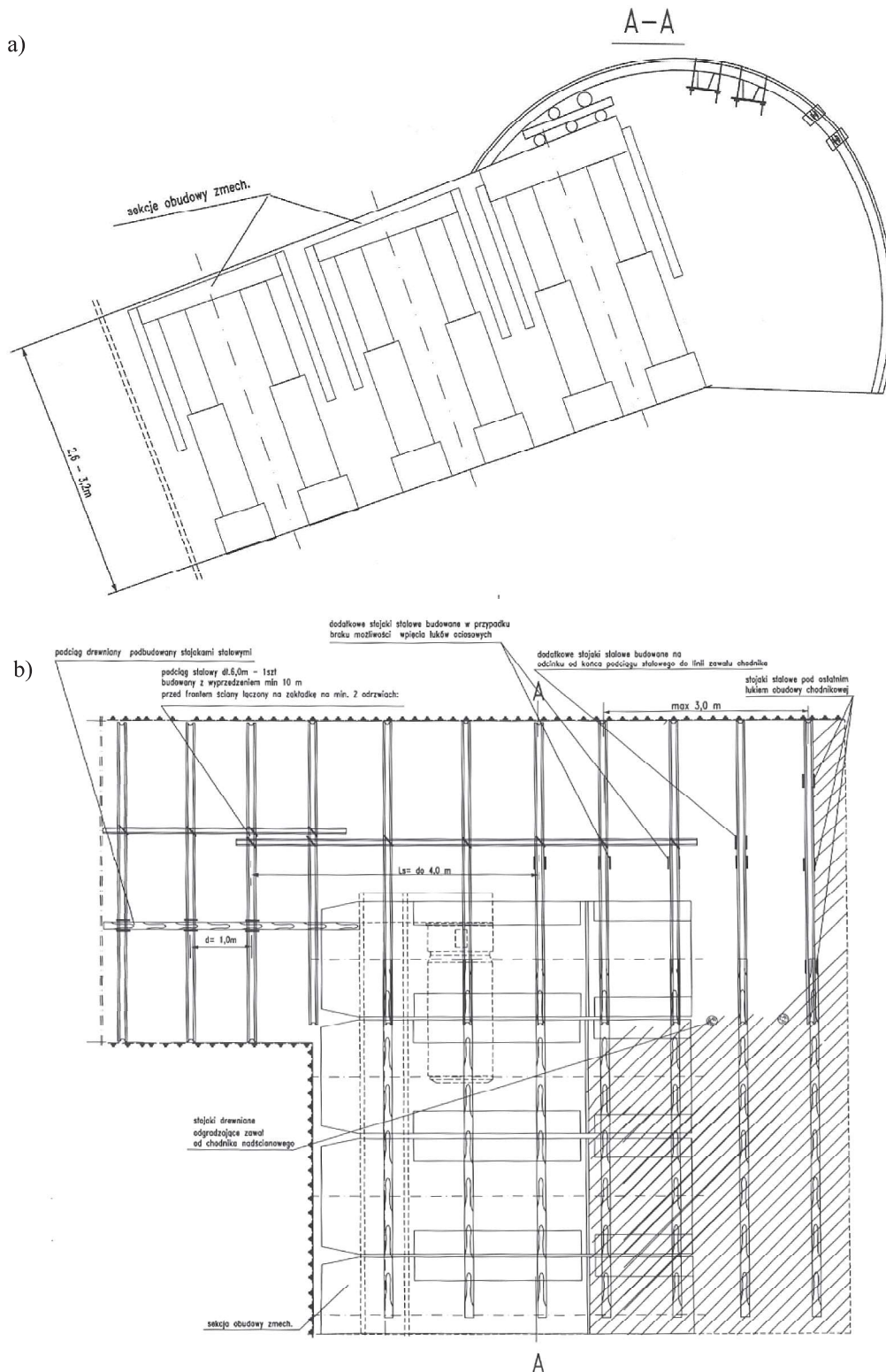
W zależności od warunków geologiczno-górnicych podczas prowadzenia eksploatacji w ścianach zawałowych mogą występować z różną częstotliwością utrudnienia w utrzymaniu stropu, przejawiające się opadami, obwałami czy też w najgorszym przypadku zawałami skał stropowych (Prusek 2014). W związku z występowaniem opadów skał stropowych i odpajania się ociosu węglowego od czoła ściany, w opisywanych ścianach stosowano poniższą profilaktykę:

- lokalne opady stropu, do wysokości ok 1,0 m, zabezpieczano przez wiercenie pod stropem pokładu otworów o średnicy  $\phi 42$  mm i długości min. 2,0 m. W wykonane otwory wprowadzano żerdzie stalowe na ładunkach klejowych, a drugim końcem zakładano je na stropnicę sekcji obudowy zmechanizowanej. Na tak zabudowanych żerdziach wykonywano sztuczny strop z drewna;
- opady stropu o wysokości powyżej 1,0 m zabezpieczano przez wiercenie pod stropem pokładu otworów o średnicy  $\phi 170$  mm i długości min. 1,5 m. W wykonane otwory wprowadzano korytka stalowe, które drugim końcem wspierano o stropnicę sekcji obudowy zmechanizowanej. Na tak zabudowanych korytkach wykonywano sztuczny strop z drewna;
- odpajanie się ociosu węglowego na odległość większą niż 1,5 m zabezpieczano poprzez zakładanie na stropnicę sekcji obudowy zmechanizowanej wysięgników drewnianych lub stalowych. W przypadku jednoczesnego odpajania się ociosu oraz opadu stropu, zakładano wysięgniki stalowe budowane po dwie sztuki na każdą stropnicę sekcji, a następnie zakładano nad nimi drewno budowane ażurowo, równoległe do ociosu ścianowego;

Tabela 5. Obłożenie produkcyjne ściany  
Table 5. The production load of the wall

Stanowisko lub czynność	Zmiana					Razem
	I	II	III	IV	V	
Przodowy	1	1	1	1		
Kombajniści	2	2	2	2		
Kablowy	1	1	1	1		
Sekcyjni	3	3	3	3		
Obsługa przenośnika	1	1	1	1		
Przebudowa skrzyżowań	6	6	6	6		
Konserwacja urządzeń					16	
Razem	14	14	14	14	16	72

Źródło: opracowanie własne



Rys. 1. Skrzyżowanie ściany z chodnikiem nadścianowym a – przekrój, b – plan  
 Fig. 1. Crossing the wall with a sidewalk

– odpajanie się ociosu węglowego zabezpieczano także kotwami drewnianymi o długości 3,0 m, utwierdzanymi w górotworze ładunkami klejowymi.

Ze względu na występujące w ścianie nachylenie podłużne, prace przy ociosie węglowym prowadzono po uprzedniej zabudowie zastawy zabezpieczającej. Chroniła ona pracowników przed staczającymi się bryłami skał lub węgla pochodzącymi z ociosu ścianowego.

#### 4.4. Przewóz ludzi i transport materiałów

Wydajność pracy jest jednym z kluczowych czynników determinujących efektywność ekonomiczną systemu produkcyjnego kopalni węgla kamiennego. Analizując czynniki wpływające na poziom wydajności pracy, należy podkreślić duże znaczenie wykorzystania czasu pracy zatrudnionych w kopalni węgla kamiennego (Gumiński 2011). Zapewnienie

**Tabela 6. Czas pracy zmian produkcyjnych w wyrobiskach ścianowych**

Ruch	Ściana/Pokład	Dojazd do przodka i powrót [min]	Dojście do przodka i powrót [min]	Czas pracy dla jednej zmiany		Wykorzystanie czasu pracy [%]
				normatywny [min]	dyspozycyjny [min]	
Kopalnia 1	A	76	10	450	329	73,1
	B	72	44	450	334	74,2
	C	40	26	450	354	78,8
Kopalnia 2	D	24	30	450	356	79,1

Źródło: opracowanie własne

**Tabela 7. Parametry techniczno-ekonomiczne ścian****Table 6. Working time of production changes in longwall excavations**

Wyszczególnienie	Ściana			
	A	B	C	D
Głębokość zabioru [m]	0,7	0,7	0,7	0,7
Liczba cykli na dobę	5,4	12,4	11,0	7,1
Postęp dobowy [m/d]	3,8	8,7	7,7	5,0
Wydobycie dobowe [Mg/d]	1220	5107	4323	3052
Wydobycie miesięczne [Mg/m-c]	23 180	107 247	95 106	70 196

Źródło: opracowanie własne

niezawodnego systemu transportu załogi, materiałów i urządzeń do oddziałów jest bardzo ważnym czynnikiem związanym z efektywnym prowadzeniem procesu technologicznego.

W omawianych rejonach eksploatacyjnych przewóz ludzi i transport materiałów prowadzono przy wykorzystaniu kolejek podwieszanych z napędem własnym. Zastosowanie jazdy ludzi wewnątrz rejonów eksploatacyjnych umożliwiło uzyskanie dyspozycyjnych czasów pracy w ścianach trwających od 329 do 356 minut (tabela 6).

#### 4.5. Uzyskane wyniki produkcyjne

Wybrane parametry produkcyjne analizowanych ścian przedstawia tabela 7. W analizowanym okresie ściany były prowadzone w normalnym biegu, tzn. po zakończeniu okresu ich rozruchu.

Maksymalne dobowe wydobywanie wynoszące 7660 Mg/d uzyskano w ścianie B. Maksymalne średnie miesięczne dobowe wydobywanie również osiągnięto w ścianie B – wyniosło 5107 Mg/d. Należy zwrócić uwagę na fakt, że w okresie luty-marzec 2016 roku w normalnym biegu w Kopalni 1 była tylko jedna ściana (pozostałe ściany borykały się ze znacznymi pogorszonymi warunkami geologicznymi). Tak sytuacja dodatkowo determinowała wszystkie służby kopalni do zapewnienia pełnej obsługi przy pracach związanych z prowadzeniem tej ściany.

Niska wielkość wydobywania w ścianie A w czasie jej normalnego biegu wynikała z ograniczenia jej dobowego postępu ze względu na konieczność ochrony powierzchni – ściana była obkładana tylko dwoma zmianami wydobywczymi w ciągu doby.

#### 5. Podsumowanie

Głównym zamierzeniem przeprowadzonych rozważań było wykazanie, że mimo występowania utrudnienia w prowadzeniu eksploatacji, jakim niewątpliwie są zwiększone nachylenia wybieranego pokładu, istnieje możliwość uzyskiwania zadowalających wielkości wydobywania. W celu optymalnego wykorzystywania posiadanych zasobów złoża, możliwe jest projektowanie i efektywne prowadzenie eksploatacji w pokładach o nachyleniu podłużnym przekraczającym 25° czy 30°.

Jest to jednak uwarunkowane wcześniejszym spełnieniem kilku uwarunkowań:

- bezwzględnie muszą zostać zachowane wszelkie rygory związane z zapewnieniem bezpieczeństwa zatrudnionej załodze,
- konieczne jest przeprowadzenie wcześniejszej analizy ryzyka dotyczącego uzyskiwania zakładanej wielkości wydobywania w zakresie utrudnień w prowadzeniu eksploatacji wynikających z warunków geologicznych wybieranego złoża, występujących zagrożeń naturalnych, awaryjności zabudowanych maszyn i urządzeń (w tym w szczególności zmechanizowanego kompleksu ścianowego) oraz przyjętej organizacji robót,
- wyniki przeprowadzonej oceny ryzyka powinny zostać wykorzystane w procesie planowania wielkości wydobywania.

#### Literatura

- BAK P. 2018 - Production planning in a mining enterprise – selected problems and solutions. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*, vol. 34, iss. 2.
- CZERMIŃSKI A., GRZYBOWSKI M., FICOŃ K., 1999 - Podstawy organizacji i zarządzania. Wyższa Szkoła Administracji i Biznesu, Gdynia.
- GUMIŃSKI A. 2011 - Czynniki obniżające efektywny czas pracy zatrudnionych w kopalni węgla kamiennego. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Seria: Organizacja i Zarządzanie*, z. 56.
- KABIESZ J. 2002 - Charakterystyka skojarzonych zagrożeń górniczych w aspekcie ich oceny oraz doboru metod prewencji. Wydawnictwo GIG, Katowice.
- KLOC L., GAJDA Ł. 2015 - Analiza ryzyka w planowaniu i realizacji produkcji węgla w kopalniach. „Wiadomości Górnicze” nr 4, s. 188-195.
- KORSKI J. 2017 - Obudowa skrzyżowania ściana–chodnik a możliwość zwiększenia efektywności procesu wydobywania węgla. „Maszyny Górnicze” nr 4.
- KRAUSE E., DZIURZYŃSKI W. 2015 - Projektowanie eksploatacji pokładów węgla kamiennego w warunkach skojarzonego zagrożenia metanowo-pożarowego. Wydawnictwo GIG, Katowice.
- Program dla sektora górnictwa węgla kamiennego. Dokument przyjęty przez Radę Ministrów 23 stycznia 2018 r.
- PRUSEK S. 2014 - Czynniki wpływające na powstawanie obwałów skał w ścianach prowadzonych z zawalem skał stropowych. „Przeegląd Górniczy” nr 3.

PRZYBYŁA H., CHMIELA A. 2007 - Organizacja i ekonomika w projektowaniu wybierania węgla. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.

**Rozporządzenie** Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych, Dz.U. 2017.1118.

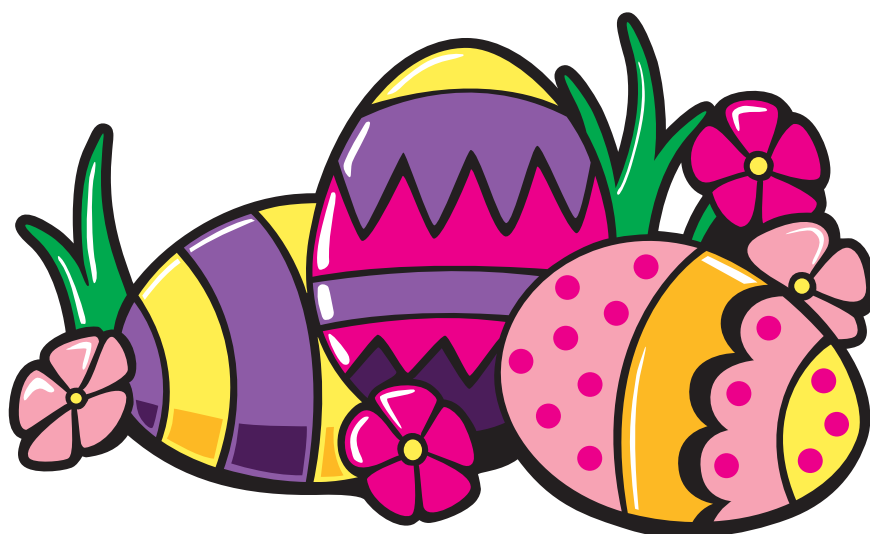
SNOPKOWSKI R., NAPIERAJA A., SUKIENNIK M. 2015 - Wybrane aspekty ryzyka w procesie produkcyjnym realizowanym w przodkach ścianowych kopalń węgla kamiennego. „Przeгляд Górnicy” nr 8.

TUREK M. 2007 - Wysokość ścian prowadzonych w kopalniach węgla kamiennego. Prace naukowe GIG, „Górnictwo i Środowisko” nr 1.

TUREK M. 2010 - Podstawy podziemnej eksploatacji pokładów węgla kamiennego. Główny Instytut Górnictwa, Katowice.

Artykuł wpłynął do redakcji – luty 2019

Artykuł akceptowano do druku – marzec 2019



Ciepłych i udanych Świąt Wielkanocnych  
oraz wszelkiej pomyślności i radości  
w życiu zawodowym i prywatnym  
życzy  
Komitet Redakcyjny