

TOMASZ WYDRO

Badania sprawności ładowania frezującym organem ślimakowym przy nachyleniu podłużnym wyrobiska ścianowego

W artykule przedstawiono realizację oraz wyniki badań sprawności ładowania frezującymi organami ślimakowymi w funkcji nachylenia wyrobiska ścianowego. Badania zostały przeprowadzone przy różnych kątach nachylenia podłużnego wyrobiska ścianowego w zakresie od 0° do 9° po wzniosie. W warunkach rzeczywistych rozdzielenie dwóch podstawowych procesów, jakie zachodzą podczas pracy kombajnu ścianowego, czyli frezowania i ładowania nie jest możliwe, w związku z tym badania zostały przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych w Katedrze Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Badania wykonano na specjalnym stanowisku pozwalającym na skokową zmianę nachylenia podłużnego i poprzecznego wyrobiska ścianowego. Na podstawie ich wyników stwierdzono, że nachylenie wyrobiska ścianowego wpływa na sprawność ładowania, co oznacza, że wraz ze wzrostem kąta nachylenia podłużnego opory ładowania rosną, a sprawność ładowania maleje.

Słowa kluczowe: badania laboratoryjne, ładowanie urobku, organy ślimakowe

1. WSTĘP

Wydobycie węgla kamiennego w większości krajów europejskich, w tym także w Polsce, generalnie odbywa się metodami ścianowymi, a w szczególności kombajnowymi kompleksami ścianowymi. System ścianowy posiada wiele zalet, do których można zaliczyć: niewielkie straty eksploatacyjne, małą liczbę robót przygotowawczych, zmniejszenie niebezpieczeństwa wystąpienia tąpnięć (dzięki dogodnemu rozkładowi naprężeń w górotworze), zmniejszenie niebezpieczeństwa powstawania pożarów za sprawą czystego wybierania złoża oraz możliwość przewietrzania obiegowym prądem powietrza [1]. Jednak każde wyrobisko ścianowe charakteryzuje się indywidualnymi zagrożeniami i utrudnieniami w eksploatacji węgla. Do takich zagrożeń należą tak zwane zagrożenia skojarzone: pożarowe, tąpnięciami, temperaturowe i metanowe [1]. Natomiast do utrudnień z technicznego punktu widzenia należą niewątpliwie ściany o wysokości poniżej 1,5 m oraz nachylenie wyrobiska (kątem upadu po-

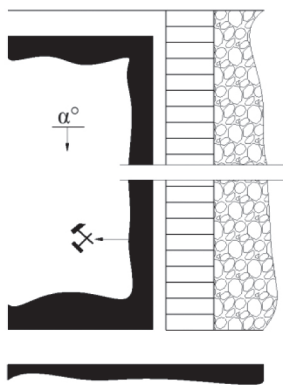
kładu). Tak jak w przypadku określenia zakresów wysokości ścian w poszczególnych kategoriach, nachylenie pokładu też jest kwestią umowną i do najczęściej spotykanych podziałów należy [2, 3]:

- ułożone poziomo <5°,
- ułożone prawie poziomo 5–15°,
- słabo nachylone 15–30°,
- silnie nachylone 30–45°,
- strome >45°.

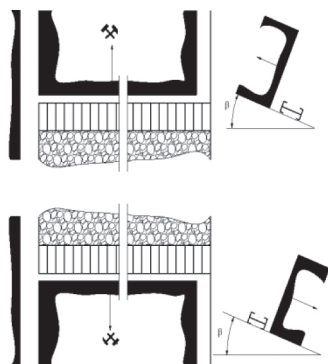
Mając na uwadze sposób prowadzenia wyrobisk ścianowych, ich odniesienie do nachylenia pokładu i kierunku eksploatacji, możemy wyróżnić nachylenie ścian podłużne i poprzeczne. Jeżeli czoło ściany przemieszcza się prostopadle do nachylenia pokładu (rys. 1), ścianę taką nazywamy ścianą podłużną. Natomiast gdy czoło ściany przemieszcza się równoległe po wzniosie lub upadzie do nachylenia pokładu, ścianę określa się jako ścianę poprzeczną (rys. 2) [4].

W praktyce górniczej w przypadku pokładów nachylonych dąży się do takiej orientacji wyrobiska, by

kąt nachylenia poprzecznego ściany był jak najmniejszy, dopuszczając większe wartości kąta nachylenia podłużnego – nawet 45° . Wynika to głównie z możliwości eksploatacyjnych maszyn i urządzeń pracujących w ścianie [4]. Przykładem kombajnów ścianowych pracujących przy dużym nachyleniu podłużnym są kombajny firmy Beijing HOT Mining Tech (rys. 3) [5, 6].



Rys. 1. Ściana nachylona podłużnie



Rys. 2. Ściana nachylona poprzecznie



Rys. 3. Klasyczny kombajn ścianowy do stromych pokładów na poligonie firmy Beijing HOT Mining Tech [5]

Jak wynika z literatury zakres dopuszczalnych nachyleń dla zmechanizowanych kompleksów ścianowych to: podłużnie do 45° , a poprzecznie do $\pm 20^\circ$. Należy zauważyć, że najlepsze wyniki uzyskują ściany zmechanizowane w poziomych lub słabo nachylonych pokładach, a wraz ze wzrostem nachylenia wydajność ścian znacząco spada [6].

Stąd mając na uwadze powyższe dane literaturowe, sprawdzono, w jakim stopniu kąt nachylenia podłużnego wyrobiska ścianowego ma wpływ na proces ładowania frezującymi organami ślimakowymi, a tym samym na uzyskanie wydajności tego procesu.

Proces ładowania jest kluczowy, ponieważ występuje konieczność ciągłego odprowadzania urobku powstającego w procesie urabiania na przenośnik ścianowy. Czyszczenie ścieżki kombajnowej umożliwia przestawienie kompleksu w nowe pole o pełny zabiór. Pozostawienie urobku na ścieżce kombajnowej może prowadzić do tak zwanego gubienia zabioru, czyli przesunięcia przenośnika o zabiór mniejszy od zakładanego (wymaganego). Taka sytuacja wpływa na to, że organy nie mogą pracować na całej szerokości, czego skutkiem jest nieosiągnięcie założonego wydobywania dobowego. Drugim niekorzystnym efektem jest tak zwane podbijanie przenośnika, polegające na jego podnoszeniu na pozostawionym urobku. To może powodować trudności w utrzymaniu pracy kombajnu na wysokości założonej dla danej ściany. Ponadto może prowadzić do zmniejszenia trwałości noży kombajnowych przez to, że organy urabiające wcinają się w skały stropowe [7].

2. CEL I ZAŁOŻENIA BADAŃ

Celem przedmiotowych badań było określenie wpływu kąta podłużnego wyrobiska ścianowego na sprawność ładowania. Jak znajdujemy w literaturze [3], maksymalne nachylenie podłużne ścian średnich może wynosić -35° , natomiast poprzeczne przy prowadzeniu ściany po wzniosie 20° , a po upadzie 15° . W związku z powyższymi wartościami kątów wybrane do badań będą reprezentatywne dla ścian prawie poziomych. Badania przeprowadzono dla czterech kątów nachylenia wyrobiska, jako że są to badania pilotażowe w temacie rozpoczęto od najniższych wartości kątów nachylenia. Dla wyrobiska poziomego o kącie 0° oraz trzech kątów nachylenia podłużnego: 3° , 6° , 9° . Również stanowisko, na którym zrealizowano pomiary sprawności ładowania, ma możliwości zastosowania tych kątów podczas badań.

Podczas badań uwzględniono wartości współczynników wypełnienia organu k_w i współczynnik rozluźwienia k_r urobku, które mają wpływ na sprawność ładowania. Zakres i wartość tych współczynników zostały określone na podstawie badań empirycznych i przyjmowane są w granicach $k_w = 0-1$, $k_r > 1$ [8]. Do interpretacji wyników badań został przyjęty model analityczny procesu ładowania frezującymi organami ślimakowymi [4, 9]. Zgodnie z przyjętym celem pracy założono, że proces ładowania zostanie rozdzielony od procesu frezowania, aby można było skupić się tylko na ładowaniu. To założenie możliwe było do zrealizowania tylko w warunkach badań laboratoryjnych.

W związku z powyższym badania procesu ładowania miały charakter laboratoryjny i zostały przeprowadzone na specjalnie do tego celu przygotowanym stanowisku badawczym. Stanowisko to umożliwi realizację procesu ładowania, a także zastosowanie różnych kątów nachylenia podłużnego i poprzecznego wyrobiska ścianowego. Do badań został wykorzystany specjalnie zaprojektowany frezujący organ ślimakowy o określonym kącie nawinięcia płatów ślimaka.

3. PLAN I METODYKA BADAŃ

Głównym założeniem badania sprawności ładowania ślimakowymi organami urabiającymi było sprawdzenie, w jakim stopniu nachylenie podłużne wyrobiska ścianowego ma wpływ na jakość (sprawność) procesu ładowania. Badania należało wykonać zgodnie z zależnościami określającymi prawidłowy przebieg procesu ładowania, czyli tak, by objętość wewnętrzna organu V_o , była większa od ilości urobku powstającego podczas urabiania V_u dla jednego lub dwóch organów. Zależności te zostały opisane w literaturze [4] dla pracy organów z ładowarkami i bez ładowarek. W równaniach (opisanych w literaturze w [4]) występują takie parametry, jak objętości organu przedniego i tylnego, które można opisać za pomocą zależności:

- objętość urobku dla organu przedniego:

$$V_{up} = V_u \frac{D_s z v_p k_r k_L}{n} \quad (1)$$

- objętość urobku dla organu tylnego:

$$V_{ut} = \frac{(H - D_s) z v_p k_r k_L}{n} \quad (2)$$

gdzie:

- V_u – wydajność urabiania organu [Mg/h],
- D_s – średnica organu [m],
- H – wysokość urabianej ściany [m],
- Z – zabiór [m],
- k_r – współczynnik rozluźwienia urobku [-],
- k_L – współczynnik określający ilość załadowanego urobku bez udziału organu [-],
- k_w – współczynnik wypełnienia organu [-].

W związku z powyższym do badań przeznaczono tylko jeden organ, przedni, gdyż on zawsze urabia całą średnicę. Współczynnik k_L został przyjęty równy 1. Oznacza to, że cały urobek zostanie załadowany za pomocą frezującego organu ślimakowego. Z zależności (1) wynika, że:

$$k_w \geq \frac{D_s \cdot z \cdot v_p}{v_o \cdot n} \cdot k_r \quad (3)$$

gdzie:

$$\frac{D_s \cdot z}{v_o} \quad \text{– parametry konstrukcyjne organu,}$$

$$\frac{v_p}{n} \quad \text{– parametry kinematyczne.}$$

Ze wzoru (3) ustalono wymagane dla danych warunków parametry konstrukcyjne organu, lecz bez układu nożowego.

Na potrzeby badań laboratoryjnych konieczne było utworzenie urobku o założonym wcześniej składzie ziarnowym. Zastosowanie urobku o określonym składzie ziarnowym pozwoliło na uzyskanie różnych wartości współczynnika rozluźwienia urobku k_r . Dla określonego urobku oraz danego organu ślimakowego, zmiana prędkości posuwu i prędkości obrotowej organu determinuje wartość współczynnika wypełnienia organu k_w .

Parametrami mierzonymi podczas badań będą:

- pobór mocy oporów ładowania N_p mierzony na silniku posuwu w funkcji sprawność ładowania organem η_t ,
- pobór mocy oporów ładowania N_o mierzony na silniku organu w funkcji sprawność ładowania organem η_t ,
- sprawność ładowania organem η_t mierzona jako przekrój poprzeczny przmy urobku [9, 11].

Tabela 1
Wartości współczynnika wypełnienia organu k_w i współczynnika rozluźnienia k_r

Lp.	Współczynnik rozluźnienia k_r (granulacja)	Prędkość obrotowa organu n [obr/min]	Prędkość posuwu v_p [m/min]							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,69 (0-45 mm)	40	0,322	0,644	0,967	1,289	1,611	1,933	2,256	2,578
2		80	0,161	0,322	0,483	0,644	0,806	0,967	1,128	1,289
3		120	0,107	0,215	0,322	0,430	0,537	0,644	0,752	0,859

Zakres wartości prędkości obrotowej n oraz prędkości posuwu v_p został ustalony na podstawie rzeczywistych parametrów konstrukcyjnych i kinematycznych organu ślimakowego użytego do badań.

Wartości tych parametrów (tab. 1) są odzwierciedleniem wartości parametrów stosowanych w warunkach rzeczywistych (prędkość obrotowa organu, prędkość posuwu). Do sporządzenia tej tabeli posłużyła zależność (3). Tabela ilustruje teoretyczne wartości współczynnika wypełnienia organu k_w w zależności od prędkości posuwu v_p i prędkości obrotowej organu n dla różnych współczynników rozluźnienia urobku k_r . Umożliwia ona łatwy i szybki dobór prędkości posuwu i prędkości obrotowej organu w celu otrzymania wymaganego w danym badaniu współczynnika wypełnienia organu.

Przedstawione w tabeli 1 wartości umożliwiają realizację badań dla trzech kątów nachylenia podłużnego wyrobiska ścianowego, a mianowicie dla 3° , 6° i 9° . Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników możliwe będzie dokonanie analizy i oceny wpływu kąta nachylenia wyrobiska na sprawność łado-

wania w funkcji prędkości obrotowej organu i prędkości posuwu przy uwzględnieniu współczynnika wypełnienia organu k_w i współczynnika rozluźnienia k_r .

4. STANOWISKO LABORATORYJNE DO BADANIA PROCESU ŁADOWANIA FREZUJĄCYMI ORGANAMI ŚLIMAKOWYMI

Stanowisko laboratoryjne (rys. 4a) przeznaczone do badania procesu ładowania składa się części konstrukcyjnej oraz układu pomiarowego. Część konstrukcyjną stanowiska stanowi rama przesuwna, z zabudowanymi na niej kadłubem organu urabiającego (rys. 4b). Napęd posuwu (koło zębate i listwa zębata) umożliwia ruch ramy po prowadnicach, realizując w ten sposób przemieszczanie się organu podczas pracy.

Silnik napędu posuwu pozwala na regulację prędkości liniowej ramy. Dwie prowadnice umożliwiają przesuw ramy na dystansie 1200 mm. Układ zasilania silnika napędu obrotów organu umożliwia zmianę kierunków oraz regulację prędkości obrotowej organu.

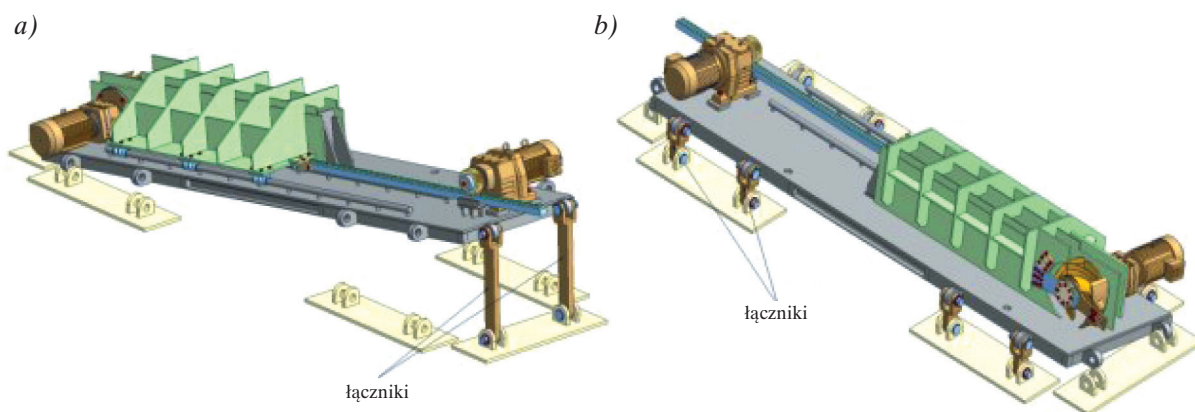
a)



b)



Rys. 4. Stanowisko do badań procesu ładowania: a) widok stanowiska badawczego od strony silnika posuwu i listwy; b) widok od strony organu: 1 – podstawa stanowiska, 2 – listwa zębata, 3 – prowadnice, 4 – silnik napędu organu, 5 – ślizgi, 6 – silnik napędu posuwu, 7 – koło zębate, 8 – organ urabiający, 9 – rama przesuwna



Rys. 5. Stanowisko do badania procesu ładowania: a) nachylenie podłużne; b) nachylenie poprzeczne

Konstrukcja ramy przesuwniej umożliwia usypanie pomiędzy jej blachami pryzmy ładowanego urobku [3]. Stanowisko umożliwia regulację podstawowych parametrów kinematycznych elementów stanowiska, takich jak:

- prędkości liniowej ramy nośnej (prędkość posuwu),
- prędkości obrotowej organu,
- kierunków obrotu organu,
- kierunku posuwu (ruch ramy).

Stanowisko umożliwia ustawienie kąta nachylenia podłużnego i poprzecznego, tak jak to przedstawiono na rysunku 5. Nachylenie stanowiska można uzyskać dzięki łącznikom, które mają różną długość i odpowiadają odpowiednim kątom.

Do badań został przeznaczony organ ślimakowy czterowchodowy o płatach normalnych bez ładowarki osłonowej. Dobór organu do badań został oparty o literaturę fachową oraz wcześniejsze badania, które zostały opisane w pozycji [10]. Przedmiotowy organ charakteryzuje się następującymi parametrami:

- $Z_U = 0,133$ m,
- $D = 0,334$ m,
- $d = 0,2$ m,
- $b = 0,012$ m,
- $i = 4$,
- $\alpha_2 = 28,33^\circ$,
- $k_{kp} = 1$,

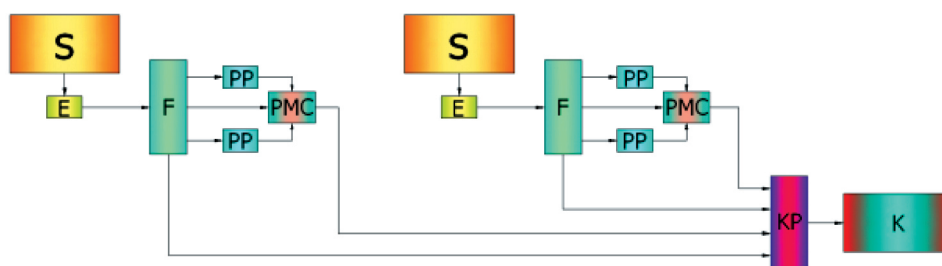
gdzie:

- Z_U – zabiór organu bez tarczy odcinającej (część urabiająco-ładująca) [m],
- D – średnica bębna organu z uwzględnieniem nakładek ładujących [m],
- d – średnica piasty organu [m],
- b – grubość płata [m],
- i – liczba płatów [–],
- α_2 – kąt nawinięcia płata [°],
- k_{kp} – współczynnik uwzględniający kształt piasty organu zdefiniowany jako stosunek objętości innej niż walcowa do objętości walca piasty d [–].

Część pomiarową stanowiska stanowił specjalnie zaprojektowany układ pomiarowy, który pozwala zmierzyć i zarejestrować pobór mocy na obu silnikach.

Zastosowany układ pomiarowy na stanowisku badawczym został wyposażony w przekładniki prądowe, przetworniki mocy czynnej, moduł pomiarowy i komputer pomiarowy (rys. 6).

Pomiar prędkości obrotowej na silnikach S, realizowany był przez enkodery E, z których sygnały przekazywane były do skrzyni zasilającej. W skrzyni zasilającej sygnał przekazywany jest do falownika F oraz przez przekładniki prądowe PP, przetworniki mocy czynnej PMC i kartę pomiarową KP (stacja dokująca) do komputera K, w którym następuje zapis danych.



Rys. 6. Schemat układu pomiarowego stanowiska badawczego [10]

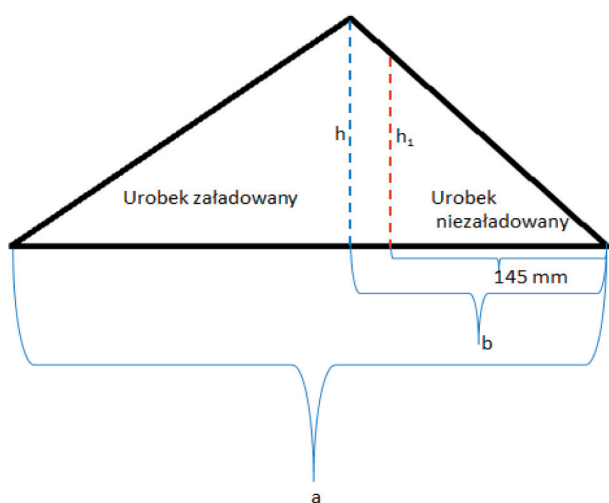
5. PRZEPROWADZENIE BADAŃ WSTĘPNYCH

Założono również, że badania będą miały charakter dwuetapowy, a mianowicie badania wstępne i zasadnicze. Badania wstępne miały na celu stwierdzenie, czy układ pomiarowy działa w sposób prawidłowy, czy przyjęte założenia do badań są słuszne oraz określenie niezbędnej liczby powtórzeń pomiarów podczas badań zasadniczych. W związku z powyższym dla stałych obrotów organu i prędkości posuwu wykonano trzy pomiary. Wyniki opracowano statystycznie według metody Steina [14]. Następnie z rozkładu t -Studenta przyjęto, że wystarczające jest wykonanie dwóch prób dla każdego zestawienia parametrów.

Na podstawie badań wstępnych sformułowano szereg wniosków. Podczas pracy organu bez ładowarki nie stwierdzono wzrostu poboru mocy na żadnym z silników. Zaobserwowano natomiast, że w miarę wzrostu wartości współczynnika wypełnienia k_w zmienia się kształt i położenie pryzmy urobku.

W związku z powyższym przyjęto, że głównym kryterium oceny procesu ładowania dla organu bez ładowarki będzie tylko sprawność ładowania.

Za sprawność ładowania uznano stosunek pola przekroju pryzmy urobku załadowanego do pola przekroju całkowitego pryzmy urobku przemieszczonego [8]. Przyjęto więc, że przekrój pryzmy będzie ilustrował trójkąt (rys. 7), którego wielkości a , b , h zostaną zmierzone, dzięki czemu można będzie wyznaczyć sprawność ładowania dla danego pomiaru. Widoczny na rysunku 7 wymiar 145 mm wynika z zabioru organu urabiającego i jest on rozgraniczeniem pomiędzy urobkiem załadowanym i niezaładowanym. Sprawność ładowania η_t dla wszystkich prób obliczono w ten sam sposób. Czyli jako iloraz pola przekroju urobku załado-



Rys. 7. Schemat przekroju pryzmy urobku

wanego $P_{t\text{średnie}}$ i średniego pola przekroju $P_{c\text{średnie}}$ całkowitego urobku pomnożone przez 100%. Dla obliczenia sprawności ładowania wykorzystano zależność:

$$\eta_t = \frac{P_{t\text{średnie}}}{P_{c\text{średnie}}} 100\% \quad (4)$$

6. REALIZACJA BADAŃ ZASADNICZYCH

Do badań wykorzystano węgiel z jednej z polskich kopalń. Węgiel przeznaczony do badań został dobrany pod względem własności i klasy ziarnistości do zaprojektowanego organu badawczego.

Przygotowanie urobku zostało przeprowadzone w Akredytowanym Laboratorium Badania i Własności Skał Wyrobów Kamieniarskich w Akademii Górniczo-Hutniczej. Celem przygotowania urobku było wyodrębnienie frakcji oraz określenie gęstości nasypowej w stanie luźnym. Na podstawie gęstości objętościowej ziaren węgla, czyli gęstości, jaką węgiel ma w całości oraz gęstości nasypowej jego granulacji należało określić tzw. współczynnik rozluźniania urobku k_r . Gęstość objętościową określono zgodnie z normą PN-EN 1097-6, a gęstość nasypową zgodnie z wymogami normy PN-EN 1097-3:2000. Podczas określania współczynnika k_r uwzględniono również parametry geometryczne organu użytego do badań [10]. Węgiel przeznaczony do badań miał granulację 0–45 mm oraz współczynnik rozluźniania urobku $k_r = 1,69$. Współczynnik k_r został przyjęty na podstawie badań eksperymentalnych i danych literaturowych [11–13]. Badania przeprowadzono zgodnie z następującym planem:

- miejsce, które znajduje się w ramie przesuwnej stanowiska, zostało zasypane urobkiem o określonej i znanej granulacji odpowiadającej współczynnikowi k_r ;
- ustawiono odpowiedni kąt nachylenia podłużnego wyrobiska ścianowego dzięki zastosowaniu łączników odpowiedniej długości (rys. 5);
- uruchomiono napęd posuwu i obroty organu (tab. 1);
- ramę po przebyciu 1200 mm zatrzymano, a następnie dokonano pomiaru ilości urobku załadowanego zgodnie z rysunkiem 7 (pomiar geometrii pryzmy).

Po wykonaniu wyżej wymienionych czynności procedura badań była powtarzana kolejno dwukrotnie dla wszystkich wartości parametrów określonych w tabeli 1.

7. OPRACOWANIE I ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Zgodnie z opisaną procedurą badaniom jako pierwszy został poddany organ bez ładowarki osłonowej, a stanowisko badawcze ustawiono poziomo (kątem nachylenia wyrobiska 0°). Następnie badania przeprowadzono przy trzech ustawieniach symulujących nachylenie wyrobiska ścianowego, dla kątów: 3° , 6° i 9° . Realizacja procesu ładowania odbywała się po wzniesieniu dla każdego z ustawionych kątów nachylenia wyrobiska. Wyniki badań otrzymane po przeprowadzeniu prób dla poziomego wyrobiska były odniesieniem dla pozostałych ustawień nachylenia.

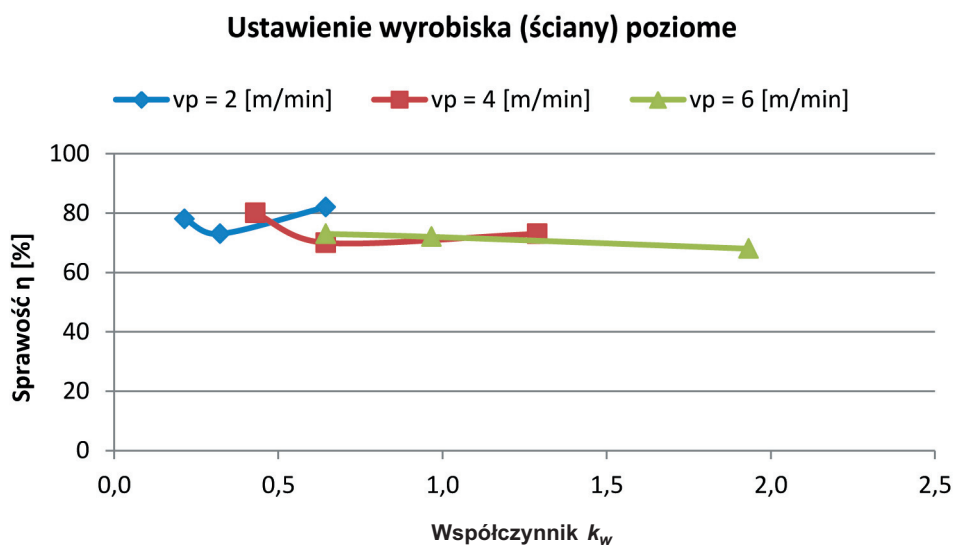
Po przeprowadzeniu całej serii badań dla każdego z parametrów kinematycznych (prędkość posuwu, prędkość obrotów organu) i każdego ustawienia kąta nachylenia wyrobiska wszystkie wyniki zestawiono w sposób graficzny i tabelaryczny. To pozwoliło na łatwiejsze porównanie i określenie zależności występujących pomiędzy nimi oraz oceny sprawności ładowania dla poszczególnych kątów nachylenia.

Poniżej przedstawiono wybrane zestawienia wyników badań. Na rysunku 8 i w tabeli 2 zestawiono wyniki badań dla stanowiska poziomego i organu bez ładowarki. Rysunek 8 przedstawia sprawność ładowania η_t w funkcji współczynnika wypełnienia organu dla różnych prędkości posuwu v_p . Jak można zauważyć, na poniższym wykresie największą sprawność ładowania uzyskano przy najmniejszej prędkości posuwu i przy

najniższym wypełnieniu organu. Ponadto przy prędkości posuwu $v_p = 2$ m/min sprawność ładowania jest największa. Natomiast dla prędkości posuwu $v_p = 6$ m/min sprawność maleje wraz ze wzrostem współczynnika wypełnienia organu. W związku z powyższym można przyjąć, że wraz ze wzrostem wypełnienia organu wzrastają opory ładowania, a tym samym spada sprawność ładowania.

Porównując wyniki zestawione w tabeli 2, możemy stwierdzić, że najwyższe sprawności ładowania uzyskano dla prędkości posuwu $v_p = 2$ m/min i najniższego współczynnika wypełnienia organu k_w . Natomiast najniższą sprawność ładowania odnotowano dla najwyższego współczynnika k_w i najwyższej wartości prędkości posuwu $v_p = 6$ m/min.

Kolejnym etapem badań było przeprowadzenie ich dla różnych nachyleń ściany. Poniżej dla przykładu przedstawiono wykres sprawności ładowania (rys. 9) w funkcji współczynnika wypełnienia organu i prędkości posuwu. Wykres przedstawiony na rysunku 9 wyraźnie wskazuje, że wraz ze wzrostem prędkości posuwu v_p , gdy organ uzyskuje coraz większe wypełnienie, następuje zdecydowane zmniejszenie sprawności ładowania. Podobne zależności otrzymano w przypadku pozostałych nachyleń stanowiska (ściany), czego przykładem jest rysunek 10. Na wykresie przedstawionym na rysunku 10 również widać, że przy pochyleniu ściany 9° i dla większych prędkości posuwu zwiększa się współczynnik wypełnienia organu, a tym samym znacząco zmniejsza się sprawność ładowania.

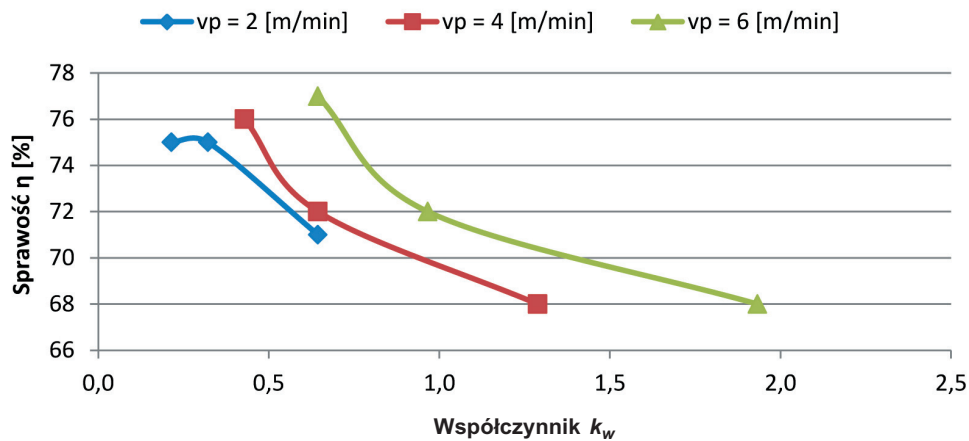


Rys. 8. Sprawność ładowania η_t w funkcji współczynnika wypełnienia organu k_w dla różnych prędkości posuwu v_p dla ściany poziomej

Tabela 2
Wyniki badań dla różnych parametrów kinematycznych nastawianych
podczas realizacji badań

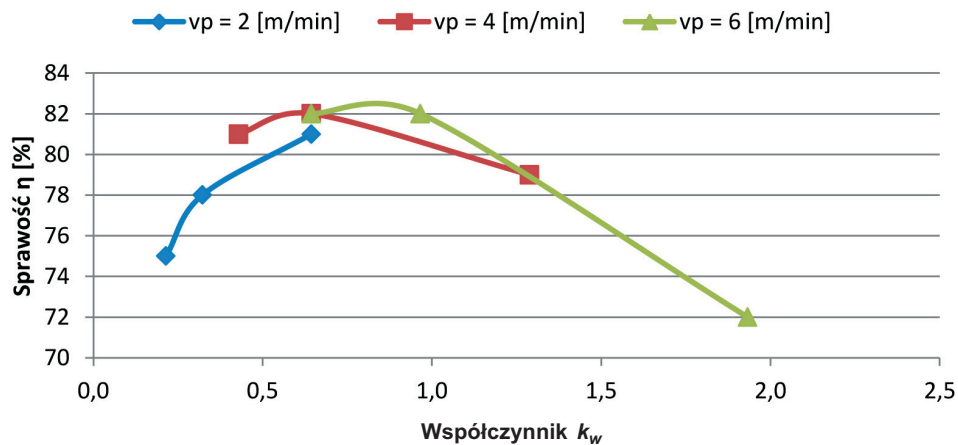
Lp.	v_p [m/min]	n [obr/min]	k_w	a [mm]	b [mm]	h [mm]	h_1 [mm]	P_{c_2} [cm ²]	P_{z_2} [cm ²]	η [%]
1	2	40	0,644	48	24,2	15	9	357	292	82
2	2	80	0,322	42,3	18,6	19	15	396	290	73
3	2	120	0,215	45,8	21,1	18	12	407	319	78
4	4	40	1,288	42,2	18,5	14	11	306	223	73
5	4	80	0,644	41,1	17,1	14	12	294	206	70
6	4	120	0,429	46,5	22,2	11	8	267	213	80
7	6	40	1,933	39,2	17	15	13	301	206	68
8	6	80	0,966	41,7	18,2	14	11	290	210	72
9	6	120	0,644	43	17,9	14	12	307	223	73

Nachylenie ściany 3°



Rys. 9. Sprawność ładowania η_t w funkcji współczynnika wypełnienia organu k_w dla różnych prędkości posuwu v_p przy nachyleniu ściany 3°

Nachylenie ściany 9°



Rys. 10. Sprawność ładowania η_t w funkcji współczynnika wypełnienia organu k_w dla różnych prędkości posuwu v_p przy nachyleniu ściany 9°

8. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania, jak już wspomniano, należy uznać za badania pilotażowe w temacie ładowania urobku ślimakowymi organami dla nachylonych wyrobisk. Badania laboratoryjne i późniejsza analiza ich wyników pozwoliły na sprecyzowanie wniosków i wskazały co do dalszych prób (badań) w tym temacie. Głównym wnioskiem wynikającym z badań jest to, że nachylenie wyrobiska ma wpływ na proces ładowania, gdyż wraz ze wzrostem nachylenia sprawność ładowania organem bez ładowarki nieznacznie spada. Wszystkie próby eksperymentu były przeprowadzone dla zasymulowania kombajnu poruszającego się po wzniosie. Badania również wskazują na to, że wraz ze wzrostem prędkości posuwu i kąta nachylenia ściany rośnie wypełnienie organu, a tym samym ma to wpływ na sprawność ładowania.

Badania te były pierwszymi badaniami procesu ładowania przy nachyleniu podłużnym ściany w Katedrze Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych AGH. Wcześniej były przeprowadzane tylko badania dla ścian poziomych. W związku z powyższym badania powinny być kontynuowane dla nachylenia podłużnego stanowiska dla większych kątów oraz dla organów z ładowarkami osłonowymi. Być może dla większych nachyleń ściany i przy zastosowaniu ładowarki osłonowej będzie widoczny podczas badań wzrost mocy na silniku organu i posuwu. Proponuje się również wprowadzenie układu odbioru urobku na stanowisku, co lepiej obrazowałoby proces ładowania.

Literatura

- [1] Szlązak N., Szlązak J.: *Wentylacja wyrobisk ścianowych w kopalniach węgla kamiennego, w warunkach zagrożenia metanowego i pożarowego*, „Górnictwo i Geologia” 2013, 8, 2: 115–131.
- [2] Borówka B.: *Próba oceny technicznych możliwości eksploatacji zasobów pozabilansowych w kopalni węgla kamiennego*, „Górnictwo i Geoinżynieria” 2010, 34, 3: 169–185.

- [3] Jaszczuk M.: *Ścianowe systemy mechanizacyjne*, Wydawnictwo Naukowe „Śląsk”, Katowice 2007.
- [4] Krauze K.: *Urabianie skał kombajnami ścianowymi*, Wydawnictwo Naukowe „Śląsk”, Katowice 2000.
- [5] Bołoz Ł.: *Maszyny urabiające w ścianowych systemach eksploatacji cienkich pokładów węgla kamiennego*, „Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji. Górnictwo – Perspektywy i Zagrożenia: Węgiel, Tania Czysta Energia i Miejsca Pracy” 2018, 7, 1: 143–154.
- [6] Bołoz Ł.: *Longwall shearers for exploiting thin coal seams as well as thin and highly inclined coal seams*, „Mining – Informatics, Automation and Electrical Engineering” 2018, 2: 59–72.
- [7] Korski J., Bednarz R.: *Kombajnowy system ścianowy jako efektywna alternatywa dla strugów węglowych*, „Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa” 2012, 50, 9: 31–38.
- [8] Krauze K., Wydro T., Bołoz Ł.: *Problemy związane z procesem ładowania frezującymi organami ślimakowymi*, w: *Problemy bezpieczeństwa w budowie i eksploatacji maszyn i urządzeń górnictwa podziemnego. Monografia*, red. K. Krauze, Łędziny 2010: 124–133.
- [9] Krauze K., Wydro T.: *Badania laboratoryjne procesu ładowania frezującymi organami ślimakowymi*, w: *Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Monografia*, red. nauk. A. Klich, A. Kozieł, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2010: 387–404.
- [10] Hamala K., Wydro T.: *Stanowisko do badań procesu ładowania frezującym organem ślimakowym*, „Maszyny Górnicze” 2005, 1: 17–21.
- [11] Wydro T.: *Badania laboratoryjne procesu ładowania frezującymi organami ślimakowymi przy różnym stopniu ich wypełnienia i granulacji urobku*, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Kraków 2011 [praca doktorska].
- [12] Jaszczuk M.: *Kombajnowe systemy mechanizacyjne*, „Skrypty Uczelniane” nr 1224, Gliwice 1986.
- [13] Krauze K., Wydro T.: *Analiza wyników badań procesu ładowania frezującymi organami ślimakowymi*, w: *Zagadnienia mechaniki pęknięcia i skrawania materiałów. Monografia*, red. J. Jonak, Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin 2010: 140–156.
- [14] Krysicki W. et al.: *Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna w zadaniach. Część 2*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999.

dr inż. TOMASZ WYDRO
Katedra Maszyn Górniczych,
Przeróbczych i Transportowych
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
im. St. Staszica w Krakowie
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
wydro@agh.edu.pl