

Czynniki wpływające na postęp wyrobisk drażonych kombajnami chodnikowymi

Streszczenie

Postęp drażenia kombajnami chodnikowymi wyrobisk z wykorzystaniem wielu współdziałających ze sobą elementów często odbiega od wartości planowanych. Zaprezentowano porównanie planowanych i rzeczywistych postępów drażenia uzyskanych przez trzy kombajny klasy średniej, które były eksploatowane w tym samym okresie w jednej z kopalń w podobnych warunkach górniczo-geologicznych. Opracowano ankietę na temat wpływu różnych czynników na postęp drażenia, dla pracowników kopalń oraz firm wykonujących usługi drażenia wyrobisk dla kopalń. Analiza wyników ankiety wskazuje, że przy rozpoznaniu zagrożeń i prawidłowo prowadzonej profilaktyce, odpowiednim doborze maszyn i urządzeń oraz technologii drażenia, najważniejszym czynnikiem decydującym o postępie drażenia są ludzie, ich kwalifikacje i fachowość oraz zastosowany system motywacyjny.

Słowa kluczowe: kombajn chodnikowy, drażenie wyrobisk, postęp przodka, ocena ankietowa

Keywords: roadheader, drivage of roadways, face advance, questionnaire assessment

Summary

Advance of drivage of roadways by roadheaders with use of many other machines, cooperating with each other, often differs from the advance that was planned. Planned and real advance of drivage obtained by three roadheaders of middle class, which operated at the same time in one of mines in similar mining-and-geological conditions, were compared. The questionnaire on impact of different factors on advance of drivage was developed for mine personnel and companies responsible for drivage of roadways in mines. Analysis of questionnaire results shows that people, their qualifications and competences as well as system for their motivation are the most important factors deciding about the advance of drivage at known hazards, proper prevention, as well as proper selection of machines, equipment and drivage technology.

1. Wprowadzenie

Roboty przygotowawcze stanowią w kopalniach węgla kamiennego bardzo istotny czynnik mający wpływ na ciągłość wydobywania. Drażenie podziemnych wyrobisk korytarzowych w górnictwie węglowym prowadzone jest przy użyciu technologii konwencjonalnej, kombajnowej lub mieszanej. Dominująca w polskim górnictwie węglowym technologia kombajnowa, w której skały są skrawane za pomocą głowic urabiających kombajnów chodnikowych, polega na zastosowaniu maszyn zespołowych mechanizujących proces urabiania, ładowania i odstawy urobku. Możliwość wykonania zaplanowanego wyrobiska za pomocą kombajnu chodnikowego zależy w dużej mierze od doboru konkretnego typu kombajnu do warunków w jakich drażony ma być chodnik. Podstawowe ograniczenia dotyczą przy tym urabialności skał tworzących przekrój chodnika oraz gabarytów i nachylenia wykonywanego wyrobiska [1]. Kombajny chodnikowe stosowane w polskim górnictwie węglowym są różnej wielkości i mają zróżnicowane charakterystyki techniczne. Ze względu ze schodzeniem eksploatacji na coraz

większe głębokości i towarzyszące temu pogarszanie się warunków drażenia, coraz szerzej stosowane są kombajny chodnikowe klasy średniej i ciężkiej, o mocach zainstalowanych w układzie urabiania na poziomie 200 kW i więcej. Na uzyskiwane postępy drażenia ma wpływ bardzo duża liczba czynników górniczo – geologicznych, zagrożeń naturalnych, uwarunkowań technicznych i organizacyjnych [2].

2. Maszyny stosowane w technologii kombajnowej w polskich kopalniach węgla kamiennego

Główną maszyną stosowaną w technologii kombajnowej drażenia wyrobisk jest kombajn chodnikowy, który urabia czoło przodka, ładuje urobek na przenośnik wewnętrzny, odstawia urobek na dalsze środki transportu i wspomaga stawianie obudowy chodnikowej. Najprostszym, najbardziej popularnym i najtańszym w eksploatacji w polskich kopalniach jest nadal kombajn AM-50 z, z silnikiem w głowicy urabiającej o mocy 100 kW. W grupie kombajnów do urabiania nieco większych przekrojów i większej mocy w organie (130 kW) zdecydowanym liderem

w ostatnich latach stał się kombajn R-130. Jednak wymogi dotyczące zwiększenia przekrojów wyrobisk, z jednoczesnym zwiększeniem zakresu wytrzymałości urabianych skał dla $R_c \geq 100$ MPa, zmuszają kopalnie do coraz szerszego stosowania kombajnów klasy średniej, wykonujących przekrój powyżej 33 m² i wyposażonych w silnik o mocy co najmniej 200 kW do napędu głowic urabiających. Obecnie w polskich kopalniach najwięcej eksploatowanych kombajnów tej klasy to kombajny typu MR 340 (dawny AM 75), R-2000 i KTW-200 różnych producentów [5, 6, 7]. Kombajny te potrafią wykonać wymagane przekroje z jednego ustawienia, a ich podstawowe dane techniczne są do siebie zbliżone (tab.1). Różnią się między sobą rozwiązaniami technicznymi poszczególnych zespołów oraz wyposażeniem dodatkowym. Producenci kombajnów chodnikowych wychodząc naprzeciw oczekiwaniom klienta wprowadzają coraz to nowsze rozwiązania mające na celu ułatwić pracę górnika w przodku, a jednocześnie zwiększyć zakres stosowania kombajnu (rozkładane pomosty robocze, hydrauliczne mechanizmy do podnoszenia i montażu stropnic, układy zraszania pozwalające skutecznie zwalczać zapylenie i zagrożenie metanowe, możliwość podłączenia urządzeń małej mechanizacji, urządzenia do wiercenia i kotwienia, systemy wizualizacji procesu urabiania).

Kombajny chodnikowe podczas drażenia wyrobisk współdziałają z innymi maszynami i urządzeniami, tworząc kompleks chodnikowy przemieszczający się wraz z kombajnem w miarę postępu drażenia.

Urobek z kombajnu chodnikowego podawany jest na połączony z nim przegubowo podwieszony podajnik taśmowy lub zgrzeblowy. Obecnie, lekkie przenośniki

zgrzeblowe coraz częściej zastępowane są podajnikami taśmowymi o długości od 10 do 80 m lub zespołem podajników (krótki – 12 metrowy oraz długi – do 80 m), o szerokości taśmy 800 mm. Podajniki zwykle sypią urobek na lekkie przenośniki stacjonarne o szerokości taśmy 1000 mm, które są wydłużane w miarę postępu robót. Materiały do przodka dostarczane są kolejkami podwieszanymi. Kolejki linowe zastępowane są bardziej bezpiecznymi i bardziej mobilnymi kolejkami z napędem własnym. W pełni zmechanizowanym przodku ostatni etap transportu odbywa się za pomocą ciągnika manewrowego. Wybór systemu wentylacji zależy od wydajności kombajnu, postępu przodka, systemu zraszania na kombajnie, wydatku powietrza w przodku i wielu innych czynników. Sprężarki zapewniają w przodku odpowiednie parametry powietrza do zraszania powietrzno-wodnego kombajnu oraz wykorzystywane są do zasilania pomocniczych urządzeń wentylacyjnych, takich jak strumienice powietrzne. Odpowiednią czystość wody zapewniają filtry wodne montowane na końcu rurociągu przeciwpożarowego. W celu polepszenia warunków pracy w wielu wyrobiskach korytarzowych stosowane są urządzenia chłodnicze. W przypadku dopływu wody do przodka pompy przodkowe (lub szlamowe) wodę z przodka podają zwykle do zbiorników pomp stacjonarnych, a te do osadników wód dołowych.

Postęp drażenia wyrobiska z wykorzystaniem tak wielu współdziałających ze sobą elementów zależy od wielu czynników i często odbiega od wartości planowanych.

Podstawowe parametry techniczne kombajnów chodnikowych

Tabela 1

Parametr	KTW-200	MR 340	R-2000
Całkowita moc zainstalowana [kW]	380 - 455	357	380
Moc silnika organu urabiającego [kW]	200 (250)	200	200
Wytrzymałość urabianej skały na ściskanie [MPa]	110	100	110
Maksymalny przekrój wyrobiska [m ²]	35,5	34	33,7
Wysokość urabiania [m]	5	4,87	4,95
Szerokość urabiania [m]	6,9	7,45	7,45
Podcięcie spągu [m]	295	205	450
Pochylenie poprzeczne wyrobiska [°]	5	5	5
Pochylenie podłużne wyrobiska [°]	18	18	18
Nacisk na spąg [MPa]	0,13	0,14	0,14
Prędkość jazdy – robocza [m/min]	6	5	5
Prędkość jazdy – manewrowa [m/min]	10	8,8	10
Masa [t]	73	55	60

3. Porównanie rzeczywistych postępów drążenia z planowanymi

W jednej z kopalń eksploatowane były w tym samym okresie 2009 r. przedstawione wyżej kombajny klasy średniej różnych producentów w podobnych warunkach górniczo-geologicznych (chodniki węglowo-kamiennie z około 50% udziałem skały płonnej, wytrzymałość na ściskanie skały płonnej w granicach 30-35 MPa, przekrój wyrobiska 19 m²). Dla każdego wyrobiska pracownicy kopalni zaplanowali postęp, który był co miesiąc korygowany. Porównanie rzeczywistych postępów z planowanymi przedstawiono w tabeli 2 [3].

Zaprezentowane porównanie wskazuje na duże rozbieżności rzeczywistych postępów drążenia z planowanymi (wykonanie od 43% do 143% planu), pomimo korygowania planów co miesiąc. Po odrzuceniu maksymalnych i minimalnych procentowych wyników (ze względu na możliwość przeszacowania lub niedoszacowania planu) średni wskaźnik wykonanych postępów do planowanych wyniósł:

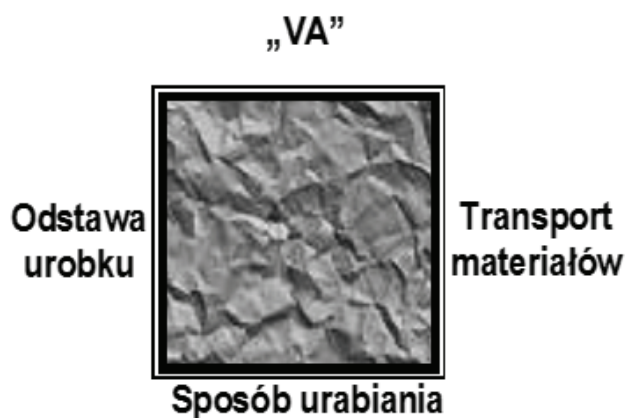
- Kombajn „X” 88,28 %,
- Kombajn „Y” 98,17 %
- Kombajn „Z” 66,00 %

Jak wynika z powyższego porównania żaden z kombajnów nie wykonał zaplanowanego postępu, chociaż różnica pomiędzy wykonaniem planów przez kombajny „Y” i „Z” wynosi ponad 30%.

4. Czynniki wpływające na postęp przodka

Wiele firm i instytucji naukowo-badawczych próbowało odpowiedzieć na pytanie, które z czynników mają największy wpływ na postęp przodka. Jedną z ciekawszych prób zmierzenia się z tym tematem była zaprezentowana w 2006 roku przez firmę Sandvik propozycja wprowadzenia pojęcia tzw. „Kwadratu przygotówek” (rys. 1), którego bokami są [4, 7]:

- wskaźnik „VA” oznaczany również jako „Ws”,
- odstawa urobku,
- transport materiałów,
- sposób urabiania.



Rys.1. Kwadrat przygotówek [4, 7]

Do wyznaczenia wskaźnika „VA” przyjęto następujące parametry:

- R_C [MPa] – wytrzymałość skał na ściskanie,
- N [°] – nachylenie wyrobiska,
- S [m] – strop (opad),
- B [m] – obudowa (rozstaw odrzwi),
- T – tąpnięcia (stopień zagrożenia tąpnięciami),
- M – metan (kategoria zagrożenia metanowego),
- W – woda (stopień zagrożenia wodnego),
- C – czynniki organizacyjne,
- P – przyczyny losowe,
- Z – zapylenie.

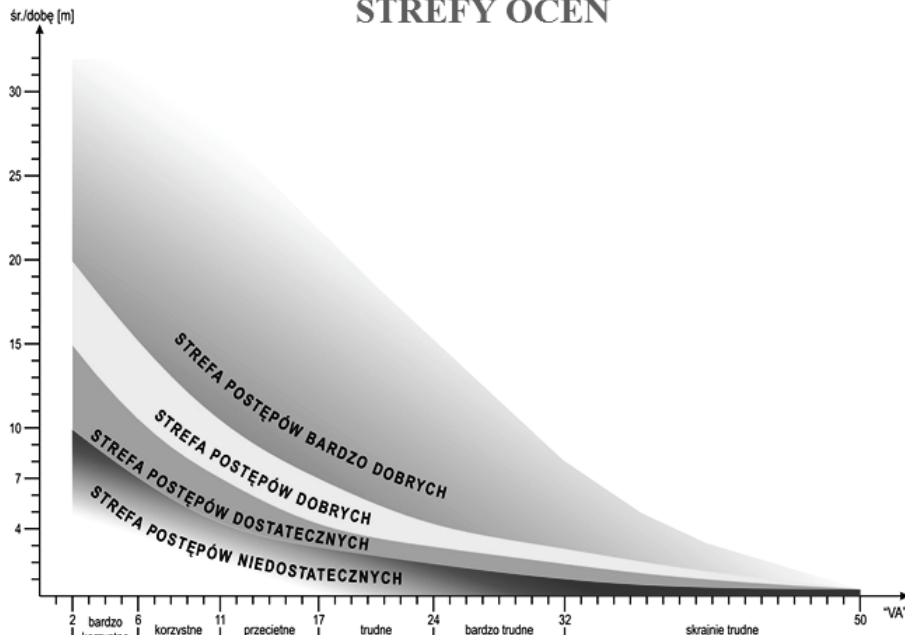
Powyższym parametrom przypisano odpowiednie wartości liczbowe charakteryzujące ich stopień wpływu na możliwość uzyskania zadowalającego postępu drążenia oraz podano wzór pozwalający wyznaczyć liczbową wartość wskaźnika „VA”:

Porównanie planowanych i rzeczywistych postępów przodków

Tabela 2

	Kombajn „X”			Kombajn „Y”			Kombajn „Z”		
	Plan [m]	Wykon. [m]	% planu	Plan [m]	Wykon. [m]	% planu	Plan [m]	Wykon. [m]	% planu
V	140	60	42,85	190	156	82,10	200	132	66,00
VI	140	79	56,42	150	135	90,00	200	135	67,50
VII	140	100	71,43	207	226	109,18	75	55	73,00
VIII	80	114	142,50	166	148	89,15	23	23	100,00
IX	120	141	117,50	220	162	73,63	160	92	57,50
X	130	120	92,30	180	210	116,66	150	72	48,00
XI	80	83	103,75	200	215	107,50	-	-	-
XII	-	-	-	90	100	111,11	-	-	-

STREFY OCEN



Rys.2. Strefy ocen postępów drążenia wyrobiska w funkcji wskaźnika „VA” („Ws”) [4, 7]

$$VA = 0,1 \left[\sum (R_c + N^2 + S^2 + B^2 + T^3 + M^3 + W^3 + C + P + Z) \right]$$

Wartość wskaźnika VA określała przy tym stopień trudności drążenia wyrobiska (im wyższa wartość wskaźnika VA tym trudniejsze warunki drążenia i mniejsze postępy robót). Strefy ocen uzyskiwanych postępów drążenia wyrobisk w funkcji wskaźnika VA obrazował wykres (rys. 2) pozwalający ocenić uzyskiwane postępy drążenia w kategoriach ilościowych w zależności od warunków.

Wskaźnik VA nie uwzględnia jednak wszystkich istotnych czynników mających wpływ na uzyskiwane postępy drążenia kombajnami chodnikowymi. Z tego względu wskaźnik ten wykorzystywany był głównie do oceny uzyskiwanego postępu rzeczywistego a nie do planowania postępu drążenia. Chcąc poznać opinię, na temat istotnych czynników wpływających na postępy drążenia, ludzi bezpośrednio kierujących drążeniem wyrobisk korytarzowych w kopalniach, opracowano ankietę i poproszono pracowników kopalń oraz firm wykonujących usługi drążenia wyrobisk dla kopalń o jej wypełnienie.

5. Ankieta dotycząca czynników wpływających na postępy drążenia wyrobisk korytarzowych kombajnami chodnikowymi

Opierając się na własnym doświadczeniu opracowano ankietę [3], w której czynniki wpływające na postępy drążenia podzielono na cztery grupy:

- zagrożenia naturalne,
- warunki górniczo-geologiczne,

- parametry technologiczne,
- pozostałe.

W każdej grupie zaproponowano do oceny czynniki, które według autorów ankiety mają największy wpływ na postępy drążenia (tab. 3).

Ankieta została opatrzona następującym tekstem: „Ankieta dotyczy czynników, które wpływają na postępy drążonych w kopalni przodków. Proszę poszczególnym czynnikom przypisać punktację od 1 do 10, w zależności od wpływu na postępy drążenia przodka według Państwa oceny”.

Ankietę wypełniło ponad 60 osób dozoru (sztygarzy zmianowi, sztygarzy oddziałowi, nadsztygarzy, kierownicy robót przygotowawczych) z kilkunastu kopalń i kilku firm zewnętrznych realizujących dla kopalń drążenie wyrobisk kombajnami chodnikowymi. W większości byli to pracownicy oddziałów górniczych oraz nieliczni przedstawiciele oddziałów maszynowych i elektrycznych. Pracownicy kopalń wypełniający ankietę wzięli pod uwagę głównie warunki drążenia we własnej kopalni, zaś pracownicy firm zewnętrznych przypisali odpowiednim czynnikom punktację według hierarchii opartej na swoim doświadczeniu wynikającym z pracy w różnych kopalniach. Kilka ankiet odrzucono uznając je za mało wiarygodne (np. ocena „1” wpisana w pozycji „Zagrożenia metanowe”, w kopalni w której jest IV kategoria zagrożenia metanowego lub ocena „10” w pozycji „Zagrożenia tąpnięciami” pracownika kopalni, w której określono I stopień zagrożenia tąpnięciami). W efekcie pod uwagę wzięto 60 ankiet.

Ankieta: „Czynniki wpływające na postęp przodka” [3]

Tabela 3

1. Zagrożenia naturalne

- 1.1. Zagrożenie tąpnięciami
- 1.2. Zagrożenie metanowe
- 1.3. Zagrożenie wodne
- 1.4. Zagrożenie wyrzutami gazów i skał
- 1.5. Skłonność węgla do samozapłonu
- 1.6. Zagrożenie wybuchem pyłu węglowego
- 1.7. Zagrożenie klimatyczne
- 1.8. Prawidłowe rozpoznanie zagrożeń
- 1.9. Prawidłowo prowadzona profilaktyka

2. Warunki geologiczno-górnice

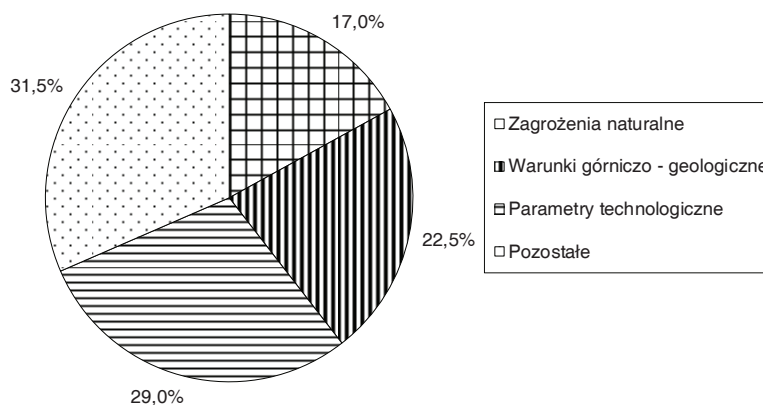
- 2.1. Wytrzymałość R_c urabianych skał
- 2.2. Zaburzenia tektoniczne
- 2.3. Stan stropu
- 2.4. Stan spągu
- 2.5. Nachylenie podłużne wyrobiska
- 2.6. Głębokość zalegania wyrobiska
- 2.7. Prawidłowe rozpoznanie złoża

3. Parametry technologiczne

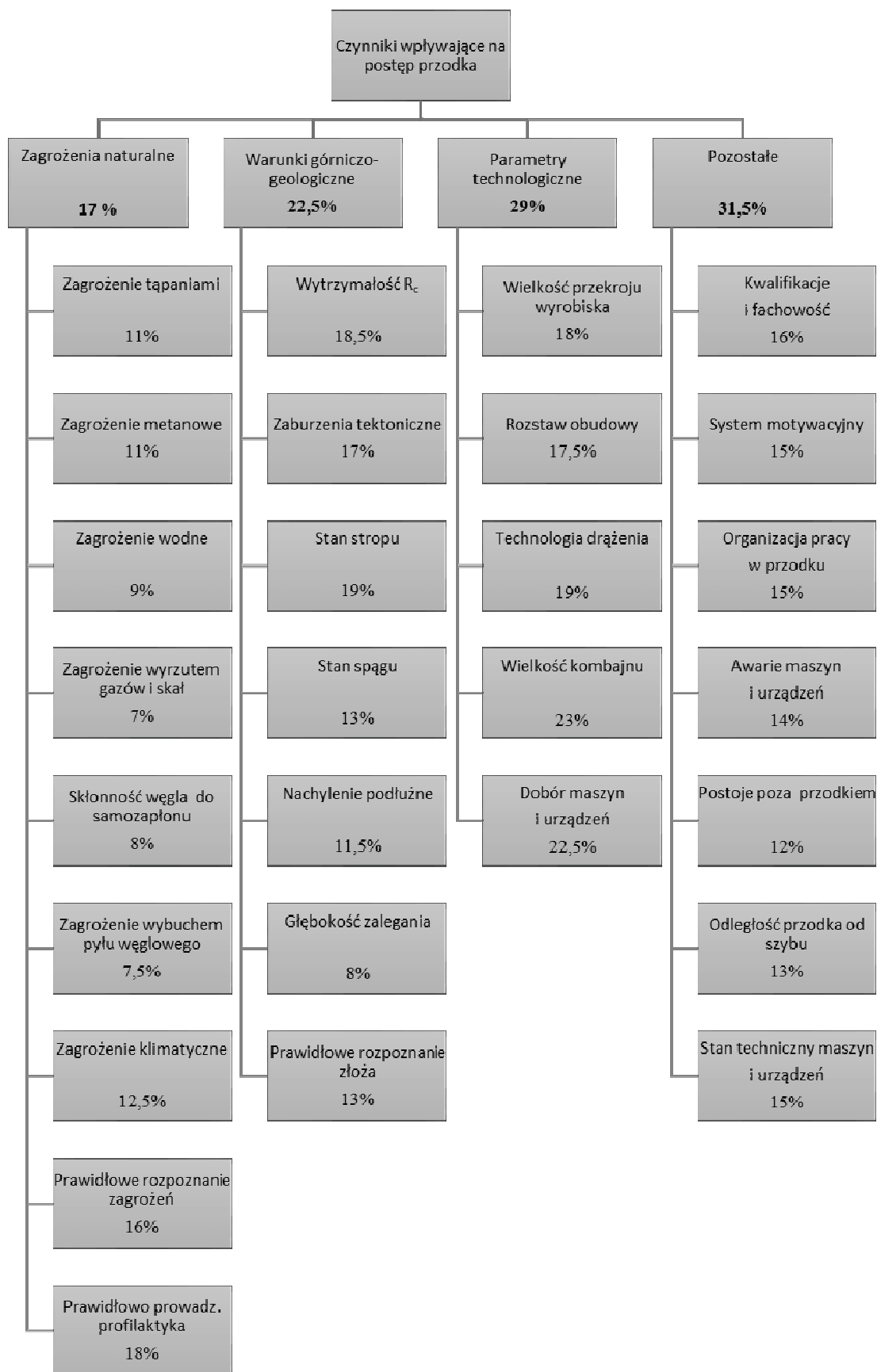
- 3.1. Wielkość przekroju urabianego wyrobiska
- 3.2. Rozstaw obudowy
- 3.3. Technologia drążenia
- 3.4. Wielkość kombajnu (moc silnika organu)
- 3.5. Dobór maszyn i urządzeń

4. Pozostałe

- 4.1. Kwalifikacje i fachowość pracowników
- 4.2. System motywacyjny załogi
- 4.3. Organizacja pracy w przodku
- 4.4. Awarie maszyn i urządzeń w przodku
- 4.5. Postoje poza przodkiem
- 4.6. Odległość przodka od szybu
- 4.7. Stan techniczny maszyn i urządzeń



Rys.3. Procentowy udział średnich wartości punktacji w poszczególnych grupach czynników



Rys.4. Procentowy udział wartości punktacji poszczególnych czynników w grupach

Ze względu na różną liczbę szczegółowych czynników zawartych w poszczególnych grupach, wyznaczono procentowy udział ważności każdej grupy czynników wpływających na postęp drążenia ze średniej wartości punktacji przypisanej do czynników w danej grupie (rys. 3). Wbrew obiegowym opiniom respondenci uznali za mniej istotne zagrożenia naturalne (17,0%) i warunki górniczo – geologiczne (22,5%), zaś za ważne parametry technologiczne drążonych wyrobisk i maszyn stosowanych w wybranej technologii drążenia (29,0%) oraz za najważniejsze czynniki z grupy „Pozostałe” (31,5%).

Udział procentowy ważności poszczególnych czynników w każdej grupie wyznaczono oddzielnie dla każdej grupy czynników (rys. 4). W uznanej przez respondentów za najmniej ważną ze względu na postęp drążenia grupie dotyczącej zagrożeń naturalnych za najistotniejsze uznano prawidłowe rozpoznanie zagrożeń (16%) i prawidłowo prowadzoną profilaktykę (18%), co przy spełnieniu tych warunków tłumaczy mniejszy wpływ samych zagrożeń na postęp drążonych wyrobisk. Wśród warunków górniczo – geologicznych za czynniki najbardziej wpływające na postęp drążenia uznano stan stropu wyrobiska (19%), wytrzymałość na ściskanie skał zalegających w przekroju wyrobiska (18,5%) i zaburzenia tektoniczne (17%). W grupach czynników o istotnym wpływie na postęp drążenia udział poszczególnych czynników jest bardziej równomierny. Wśród parametrów technologicznych za ważne uznano zarówno dobór odpowiednich maszyn i urządzeń (22,5%), wielkość kombajnu (23%) i technologię drążenia (19%), jak i parametry drążonych wyrobisk: wielkość przekroju wyrobiska (18%) i rozstaw odrzwi obudowy (17,5%). W grupie pozostałych czynników za równie ważne uznano kwalifikacje i fachowość załogi, stan techniczny maszyn i urządzeń, jak i organizację

pracy w przodku czy system motywacyjny załogi (od 15% do 16%).

Zdaniem autorów na szczególną uwagę zasługuje czynnik „System motywacyjny załogi” zamieszczony w ankiecie w kategorii „Pozostałe” uznany za mający istotny wpływ na postęp drążenia wyrobisk korytarzowych. Program motywacyjny dla pracowników spółki węglowej można przykładowo znaleźć w oficjalnym dokumencie zamieszczonym na stronie internetowej LW „Bogdanka” (rys. 5).

Przywileje w postaci „Motywacji” lub „Nagrody” mobilizują pracownika do wysiłku, gdyż w każdej sytuacji przekłada się to na możliwość zarobienia dodatkowych pieniędzy. Pracownik, który posiada akcje spółki staje się jednocześnie – w pewnym stopniu – jej współwłaścicielem i zmienia się całkowicie jego podejście do pracy.

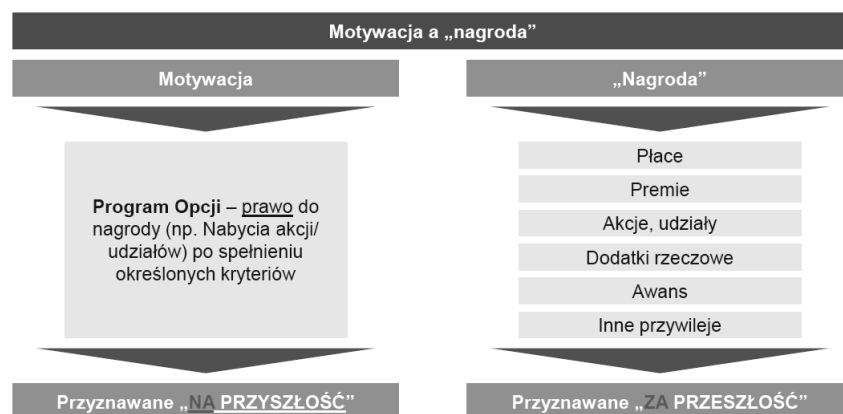
6. Podsumowanie

Na uzyskiwane postępy drążenia wyrobisk korytarzowych przy użyciu kombajnów chodnikowych wpływa bardzo duża liczba czynników górniczo – geologicznych, zagrożeń naturalnych, uwarunkowań technicznych i organizacyjnych. Postęp drążenia wyrobiska z wykorzystaniem wielu współdziałających ze sobą elementów często odbiega od wartości planowanych. Zaprezentowane porównanie rzeczywistych postępów drążenia uzyskanych przez trzy kombajny klasy średniej różnych producentów, które były eksploatowane w tym samym okresie w jednej z kopalń w podobnych warunkach górniczo-geologicznych, wskazuje na duże rozbieżności rzeczywistych postępów drążenia z planowanymi, pomimo korygowania planów co miesiąc.

POM to instrument nakierowany na długoterminowy wzrost wartości spółki



Program motywacyjny – wprowadzenie



Rys.5. Program motywacyjny LW Bogdanka [8]

Chcąc poznać opinię ludzi bezpośrednio kierujących drążeniem wyrobisk korytarzowych w kopalniach opracowano ankietę, którą wypełniło ponad 60 osób dozoru z kilkunastu kopalń i kilku firm zewnętrznych realizujących dla kopalń drążenie wyrobisk kombajnami chodnikowymi. Wbrew obiegowym opiniom respondenci uznali za mniej istotne zagrożenia naturalne i warunki górniczo – geologiczne, zaś za ważne parametry technologiczne drążonych wyrobisk i maszyn stosowanych w wybranej technologii drążenia oraz za najważniejsze często pomijane czynniki z grupy pozostałych. Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród fachowców zajmujących się na co dzień problematyką drążenia wyrobisk korytarzowych wskazują na konieczność uwzględniania, zarówno przy planowaniu postępów drążenia, jak i przy ocenie rzeczywistych wyników, czynników ujętych w ankiecie w grupie pozostałych, takich jak: system motywacyjny, kwalifikacje załogi czy organizację prac w przodku. Przy rozpoznaniu zagrożeń i prawidłowo prowadzonej profilaktyce, odpowiednim doborze maszyn i urządzeń oraz technologii drążenia najważniejszym czynnikiem decydującym o postępie drążenia są ludzie, ich kwalifikacje i fachowość oraz zastosowany system motywacyjny.

Literatura

1. Sikora W., Cheluska P., Giza T., Sobota P., Mann R., Osadnik J.: Określenie sił i energochłonności

urabiania nożami stożkowymi. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice, 2000.

2. Dolipski M., Jaszczuk M., Sobota P., Gruszczyk J.: Ocena efektywności drążenia wyrobisk korytarzowych kombajnami chodnikowymi. Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Energoszczędne i niezawodne maszyny górnicze”. Politechnika Śląska. Gliwice, 2000.
3. Feliks R.: „Dobór kombajnowego kompleksu chodnikowego w aspekcie uzyskania planowanych postępów w KWK”. Praca dyplomowa magisterska. Gliwice, 2014.
4. Jagiełło A. Pawełczyk H.: Metoda oceny efektywności drążenia wyrobisk korytarzowych w oparciu o analizę warunków górniczo-geologicznych – wskaźnik *Ws*. Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Nowoczesne metody urabiania węgla i skał zwięzłych – TUR 2007”. Kraków – Krynica 2007.
5. Materiały informacyjne firmy Famur
6. Materiały informacyjne firmy Kopex
7. Materiały informacyjne firmy Sandvik.
8. www.lw.com.pl

Artykuł wpłynął do redakcji w czerwcu 2014 r.