

Przyczyny powstawania awarii elektrycznych kompleksu ścianowego i ich skutki

Głównym celem niniejszego artykułu jest ocena wpływu awarii elektrycznych na utrzymanie ściany wydobywczej. Analiza została przeprowadzona dla kompleksu ścianowego jednej ściany w czasie całego okresu jej eksploatacji. Wskazano na przyczyny powstawania awarii, skutki jakie one powodują oraz czas potrzebny do ich usunięcia. Jako kryteria klasyfikacji awarii przyjęto: awarie spowodowane przez czynnik ludzki, awarie spowodowane przez urządzenie, oraz inne, które nie powstały w wyniku wcześniej wymienionych kryteriów.

1. WPROWADZENIE

Awaria to stan niesprawności obiektu uniemożliwiający jego funkcjonowanie; powodujący jego unieruchomienie. Stwierdzenie tego stanu na ogół nie wymaga użycia aparatury badawczej. Moment wystąpienia awarii nie jest możliwy do określenia z góry, przeważnie nie sposób przewidzieć również jej zasięgu, jednak niekiedy można przewidzieć „zapowiedź” awarii. Objawia się to pewnymi oznakami (sygnałami), które w ostateczności skutkują awarią.

Najczęstsze przyczyny awarii to:

- błąd projektanta,
- wada produkcyjna (wykonania, montażu),
- wada materiałowa,
- niewłaściwa eksploatacja (niezgodna z warunkami podanymi przez producenta),
- fizyczne zużycie,
- niekorzystne (specyficzne) warunki otoczenia.

Możliwość wystąpienia awarii określa się najczęściej w skali roku, jako prawdopodobieństwo jej wystąpienia odniesione do liczby zdarzeń, lub czasem unieruchomienia obiektu.

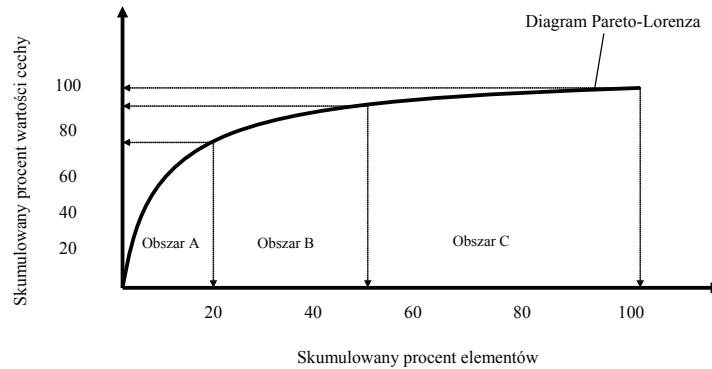
Z praktyki wiadomo, że absolutna doskonałość techniczna jest nieosiągalna – określa się zatem dopuszczalny stopień niedoskonałości. Skutki awarii wynikających z niedoskonałości ogranicza się poprzez zastosowanie odpowiednich zabezpieczeń.

We współczesnej kopalni węgla kamiennego mamy do czynienia ze złożonym procesem technologicznym, który wymaga zastosowania wielu urządzeń i maszyn. Te urządzenia i maszyny z kolei wymagają odpowiedniego ich zasilania oraz sterowania, aby zapewnić ciągłość procesu produkcyjnego (wydobywczego).

Środki te powinny być tak skonstruowane, produkowane i eksploatowane, aby zapewniały bezpieczną, niezawodną i wysoce wydajną pracę w spodziewanych, specyficznych warunkach środowiskowych, jakie panują w kopalni. Stąd wymagania, jakie są stawiane tym urządzeniom czy maszynom są bardzo wysokie.

Awaria urządzenia (maszyny) oraz długotrwałe oczekiwanie na jej naprawę niejednokrotnie oznacza dla użytkownika ogromne straty finansowe. Dotyczy to zwłaszcza przedsiębiorstw opierających działalność na wykorzystaniu urządzeń (maszyn), których zastąpienie w chwili wystąpienia awarii jest bardzo czasochłonne lub niemożliwe z uwagi na brak „rezerwowego” egzemplarza urządzenia (maszyny). Sytuacja taka ma miejsce w przypadku wielu urządzeń (maszyn) górniczych.

Pomimo bardzo ostrych kryteriów, które są stawiane środkom technicznym pracującym w kopalni, awarie się zdarzają, powodując niezaplanowane przerwy, a tym samym wpływają na ostateczne wyniki ekonomiczne kopalni. Na pewne rodzaje awarii mamy wpływ, inne są do przewidzenia. Dlatego należy



Rys. 1. Diagram Pareto-Lorenza

zwrócić szczególną uwagę na tę grupę awarii i doskonalić formy obsługi eksploatowanych urządzeń (maszyn), aby w wyniku prawidłowej obsługi zmniejszyć liczbę awarii, która wynika z pewnych zaniedbań czy niedociągnięć (niedoskonałości) czynnika ludzkiego.

1. WYKORZYSTANIE NARZĘDZIA ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ DO OCENY AWARYJNOŚCI

Do oceny awaryjności urządzeń (maszyn) górniczych wykorzystano jedno z tradycyjnych narzędzi zarządzania jakością – diagram Pareto-Lorenza.

Diagram Pareto-Lorenza jest narzędziem umożliwiającym uporządkowanie czynników wpływających na badane zjawisko. Za pomocą tego graficznego obrazu można przedstawić zarówno względny, jak i bezwzględny rozkład rodzajów błędów, problemów i ich przyczyn (Rys. 1) [4].

W diagramie Pareto-Lorenza pole pod wykresem jest podzielone na trzy obszary:

- obszar A – w przypadku 20% populacji grupujących 80% skumulowanych wartości cechy,
- obszar B – w przypadku kolejnych 30% populacji grupujących następną 10% skumulowanych wartości cech,
- obszar C – w przypadku pozostałej populacji 50%, która grupuje 10% skumulowanej wielkości cechy.

W praktyce diagram Pareto-Lorenza znajduje zastosowanie do grupowania poszczególnych problemów i ich przyczyn, tak aby w pierwszej kolejności rozwiązać te problemy, które dla danego przedsiębiorstwa są najistotniejsze [6].

Diagramy Pareto-Lorenza pokazują jasno, w jaki sposób należy podejmować działania naprawcze, by uzyskać maksymalny efekt, a także co należy pomijać, na czym zbędnie się nie koncentrować, które przyczyny nie mają istotnego wpływu na występują-

ce uszkodzenia czy niezgodności. Ich usunięcie nie wpłynie bowiem w sposób znaczący na ogólną liczbę usterek. Metoda ta jest uniwersalna i przydatna. Może być stosowana w różnych dziedzinach, ma szerokie zastosowanie w ogólnym zarządzaniu. Analiza z wykorzystaniem diagramu Pareto-Lorenza doskonale nadaje się do uporządkowania, a następnie do łatwiejszego przeanalizowania wcześniej zebranych danych. O jej przydatności decyduje system zbierania danych oraz ich wiarygodność.

Gdy mamy do czynienia z analizą złożonych grup czynników, wskazane jest dokonanie ponownej analizy dla podgrup tych czynników rozłożonych na części składowe i powtórna ich analizę. Takie działania mają na celu doprowadzenie do odnalezienia najistotniejszych czynników, mających wpływ na liczbę ujawnionych niezgodności lub na koszty, jakie te niezgodności powodują [5].

Diagram Pareto-Lorenza jest dobrym narzędziem do działań w celu podjęcia decyzji o rozwiązywaniu problemów. Umożliwia odnalezienie najistotniejszego, niekorzystnego czynnika do dalszej analizy, a nie wszystkich przyczyn. Porządkuje dane pod względem ich ważności. Z jednej strony akcentuje problemy, których rozwiązanie przyniesie największe korzyści, z drugiej zaś daje podstawę do pominięcia działań nieprzynoszących większych korzyści. Analiza diagramu przedstawia jednak największy problem. Kolejnym krokiem jest wykrycie, a później usunięcie przyczyn tych problemów.

Diagram Pareto-Lorenza:

- porządkuje dane pod względem ich ważności,
- umożliwia wykazanie źródeł powstawania niepotrzebnych kosztów, pozwalając na ich ograniczenie,
- pozwala wyciągnąć wnioski i opracować zalecenia odnośnie do podjęcia działań korygujących i zapobiegawczych,
- pomaga w natychmiastowym zauważeniu i skorygowaniu niezgodności,
- jest bardzo przydatny w funkcjonowaniu Systemu Zarządzania Jakością.

2. ANALIZA PROBLEMU

W przemyśle górnictwem diagram Pareto-Lorenza znajduje zastosowanie do monitorowania i kontroli urządzeń (maszyn) górniczych (kombajn ścianowy, przenośnik zgrzeblowy, przenośnik taśmowy, kruszarki oraz urządzenia zasilania i sterowania), które stanowią ważny element procesu wydobywczego w kopalni [2]. W przypadku tych urządzeń (maszyn) istotna jest ocena awaryjności i niezawodności, a także wykazanie, które z wykrytych przyczyn, powodujących awaryjność, powinny być jako pierwsze wyeliminowane [3].

Konstruowanie diagramu Pareto-Lorenza do kontroli i monitorowania urządzeń (maszyn) górniczych dzieli się na następujące etapy:

- zbieranie informacji (skompletowanie danych o awaryjności urządzeń górniczych w poszczególnych etapach procesu wydobywczego),
- uszeregowanie zebranych danych (przyporządkowanie poszczególnych awarii do konkretnych urządzeń (maszyn) górniczych, takich jak: kombajn ścianowy, przenośnik zgrzeblowy, przenośnik taśmowy, kruszarka, obudowa zmechanizowana),
- obliczenie skumulowanych wartości procentowych (ustalenie skumulowanych wartości procentowych dla poszczególnych wyróżnionych awarii),
- sporządzenie diagramu Pareto-Lorenza,
- interpretacja sporządzonego diagramu Pareto-Lorenza.

3. CHARAKTERYSTYKA ORAZ WYPOSAŻENIE TECHNICZNE ŚCIANY

Badania zostały przeprowadzone dla pełnego okresu eksploatacji ściany, w jednej z kopalń Kompani Węglowej S.A. Złóża, które przynależą do obszaru górnictwa kopalni to: warstwy orzeskie, rudzkie, siodłowe i porębskie. Złóża charakteryzują się intensywną tektoniką fałdowo-uskokową – nachylenie warstw w złożu waha się od 3° do 87° w rejonie fałdów.

Eksploatowana ściana znajdowała się na poziomie 850 m w pokładzie 407 o następujących parametrach górniczych:

- miąższość pokładu zmieniała się w granicach: 2,1-2,4 m,
- nachylenie podłużne ściany: 12° -23°,
- nachylenie poprzeczne ściany: 5° - +9°,
- zagrożenie metanowe: pokład II kat.,
- zagrożenie metanowe: ściana III kat.,
- zagrożenie pyłowe: klasa B,
- zagrożenie wodne: 1 stopień,
- zagrożenie tąpnięciami: brak zagrożeń,

- długość ściany: 185-300 m,
- wybieg ściany: 1100 m,
- system eksploatacji: ścianowy podłużny,
- system likwidacji: zawał stropu.

Awaryje jakie mogą wystąpić w procesie wydobywczym węgla kamiennego można z punktu widzenia przyczyn powstania podzielić na [1]:

- elektryczne,
- mechaniczne,
- górnicze.

Analiza awaryjności ściany wydobywczej przeprowadzona została w oparciu o zarejestrowane przez dyspozytora kopalni przerwy w wydobywaniu. Przeanalizowane zostały awaryje elektryczne w ciągu całego okresu wydobywczego ściany, tzn. od momentu uruchomienia do zakończenia eksploatacji.

W skład wyposażenia ściany wchodziły następujące urządzenia (maszyny):

- kombajn z elektrycznym napędem posuwu,
- obudowa zmechanizowana Glinik-08/29,
- obudowa zmechanizowana Glinik-17/36,
- przenośnik ścianowy Rybnik-850,
- przenośnik podścianowy Kobra III,
- kruszarka Kruk-2,
- przenośniki taśmowe Gwarek-B1000.

4. AWARIE ELEKTRYCZNE – PRZYCZYNY

Czas pracy analizowanej ściany od momentu jej uruchomienia do zakończenia eksploatacji wyniósł 381 dni. Wszystkie przerwy w pracy ściany, powstałe w wyniku awarii elektrycznych w ciągu całego okresu wydobywczego ściany, zostały zarejestrowane przez dyspozytora kopalni.

Rejestracja obejmowała następujące dane:

- godzina początku awarii,
- godzina końca awarii,
- czas trwania awarii w minutach,
- opis awarii,
- miejsce awarii.

Jako miejsce wystąpienia awarii przyjęto urządzenie (maszynę), w którym wystąpiła przerwa w pracy. Miejsca awarii to:

- kombajn,
- przenośnik (ścianowy, podścianowy, taśmowy),
- kruszarka,
- obudowa,
- inne.

W trakcie eksploatacji ściany nastąpiło 128 awarii z przyczyn elektrycznych (odnotowanych przez dyspozytora kopalni), których łączny czas wyniósł 5975 minut.

W celu usystematyzowania przyczyn powstawania awarii, przyjęto trzy kryteria awaryjności, a mianowicie:

1. spowodowane przez człowieka,
2. spowodowane przez urządzenie (maszynę),
3. inne, w tym górnicze.

Do awarii spowodowanych przez człowieka zaliczone zostały następujące przyczyny:

- uszkodzenie kabla,
- brak doziemienia kabla,
- uszkodzony lub zerwany układak kablowy,
- włączenie blokad,
- przegrzania (silników, bloku sterowań kombajnu),
- zerwania elementów (np. wtyczek),
- zwarcia i przerwy w obwodach.

Awarie spowodowane przez maszyny (urządzenia) to:

- niesprawne elektrycznie urządzenia (kombajn, przenośniki, kruszarka),
- brak sterowania urządzenia,
- zadziałanie czujników,
- wybudowanie lub wymiana uszkodzonych elementów (gdzie uszkodzenie nie zostało spowodowane przez człowieka),
- zadziałanie zabezpieczeń.

Ostatnia grupa awarii – przyjęta jako inne – to:

- brak wody,
- brak ciśnienia medium w ścianie,
- skracanie kabla,
- przekroczenie stężenia metanu,
- brak napięcia,
- wymiana węża wodnego na kombajnie, itp.

Do analizy awaryjności ściany wykorzystano jedno z tradycyjnych narzędzi zarządzania jakością – diagram Pareto-Lorenza.

Diagram Pareto-Lorenza został skonstruowany według następujących etapów:

1. Zebrano wszystkie dane związane z rodzajem awarii urządzeń (maszyn) górniczych: kombajnów ścianowych, przenośników zgrzeblowych, przenośników taśmowych, kruszarek oraz obudów zmechanizowanych,
2. Przyporządkowano poszczególne awarie do konkretnych urządzeń górniczych,

3. Obliczono skumulowane wartości procentowe dla poszczególnych wyróżnionych awarii.

Dokonano tego wykorzystując następujące wzory:

$$PIE_j = \frac{100}{IE} \quad (1)$$

$$SPIE_j = PIE_j + PIE_{j-1} \quad (2)$$

$$PIA_j = \frac{100 \cdot IA_j}{\sum_{i=1}^{IE} IA_i} \quad (3)$$

$$SPIA_j = PIA_j + PIA_{j-1} \quad (4)$$

gdzie:

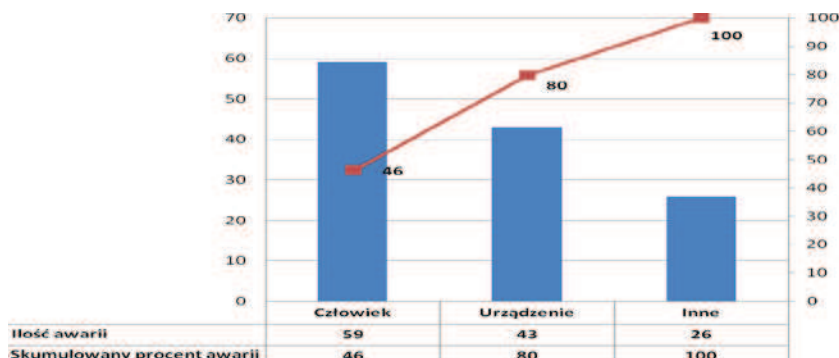
- PIE_j – procentowa liczba elementów,
- $SPIE_j$ – skumulowana procentowa liczba elementów,
- IE – liczba elementów,
- PIA_j – procentowa liczba awarii,
- $SPIA_j$ – skumulowana procentowa liczba awarii,
- IA_j – liczba awarii,
- j – kolejny element,
- $j-1$ – element poprzedni.

W tabeli 1 przedstawiono dane dotyczące przyczyn awarii, skumulowaną procentową liczbę poszczególnych przyczyn, liczbę awarii jakie wystąpiły, procentową liczbę awarii oraz skumulowaną procentową liczbę awarii [7].

Tabela 1
Awaryjność urządzeń górniczych

Przyczyna awarii	Skumulowana % liczba SPIE	Liczba awarii IA	% liczba awarii PIA	Skumulowana % liczba awarii SPIA
Człowiek	33,33	59	46	46
Urządzenie (maszynna)	66,66	43	34	80
Inne	100	26	20	100

Na rysunku 2 przedstawiono diagram Pareto-Lorenza ukazujący awaryjność ściany w analizowanej kopalni należącej do Kompani Węglowej S.A.



Rys. 2. Diagram Pareto-Lorenza dla analizowanej ściany

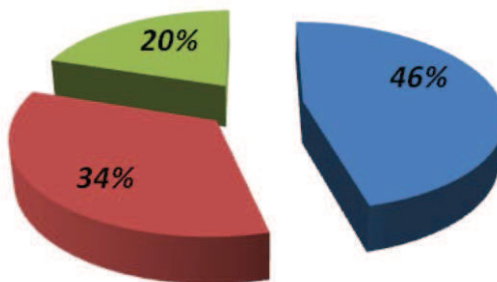
W tabeli 2 oraz na rysunku 3 przedstawiono liczbę i czas trwania awarii spowodowanych przez człowieka,

urządzenia (maszyny) oraz inne czynniki, które miały bezpośredni wpływ na przerwy w eksploatacji ściany.

Tabela 2

Liczba i czasy trwania awarii

Lp.	Przyczyny awarii	Wyszczególnienie	Liczba	% udział	Czas, min
1	Człowiek	Błąd, brak uwagi pracownika	59	46	2560
2	Urządzenie (maszyna)	Wady produkcyjne, trudne warunki pracy	43	34	1890
3	Inne	Przyczyny naturalne, lub trudne do przewidzenia	26	20	1525
Suma			128	100	5975



Rys. 3. Przyczyny awarii elektrycznych

4.1. Awarie spowodowane przez człowieka

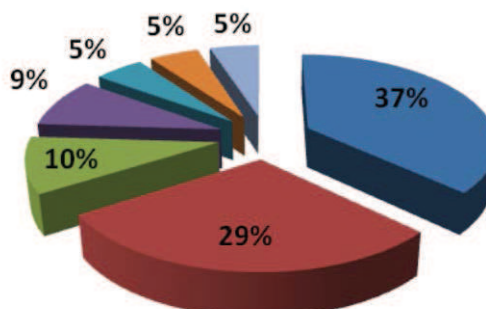
Jak wynika z wykresu (Rys. 3), największa liczba awarii, tak w ujęciu ilościowym jak i czasu przerw, spowodowana została z winy człowieka. Tabela 3

przedstawia awarie spowodowane przez człowieka, które wynikają z błędów lub braku uwagi, wraz z podaniem przyczyn tych awarii. Na rysunku 4 przedstawiono graficznie procentowy udział poszczególnych rodzajów awarii w ujęciu ilościowym.

Tabela 3

Liczba i czas trwania awarii z winy człowieka

Lp.	Rodzaj awarii	Przykładowe uszkodzenia	Liczba	% udział	Czas, min
1	Uszkodzony lub zerwany układak kablowy	Wyrwanie kabla z wtyczki przyłącza, rozerwanie kabla, itp.	22	37	910
2	Uszkodzenie kabla	Zwarcia np. poprzez przedostanie się wody do kabla	17	29	180
3	Zerwanie elementów	Silnika, wtyczek, czujników, zasilaczy lub innych elementów	6	10	240
4	Brak doziemienia na kablach/izolowanie		5	9	785
5	Włączenie blokad	Włączenie blokad przez pracownika	3	5	95
6	Przegrzanie silników	Przekroczenie temperatury pracy silników lub bloku sterowań kombajnu	3	5	140
7	Zwarcia lub przerwy w obwodach		3	5	210
Suma			59	100	2560



Rys. 4. Rozkład awarii spowodowanych przez człowieka

Bardzo często czas spowodowany przez przerwy w pracy nie ma bezpośredniego związku z ilością przerw. Czas usunięcia niektórych przerw wymaga większego nakładu czasu (np. brak doziemienia – poz. 4).

4.2 Awarye spowodowane przez urządzenia (maszyny)

Druga w kolejności liczba przerw, a także czas przestoju w pracy, które wywołane zostały awariami elektrycznymi, spowodowana była przez urządzenia (maszyny).

W tabeli 4 wyszczególniono przestoje, które powstały w wyniku awarii elektrycznych urządzeń (maszyn), zainstalowanych w analizowanej ścianie.

Procentowy rozkład awarii spowodowanych przez urządzenie (maszynę) przedstawiono na rysunku 5.

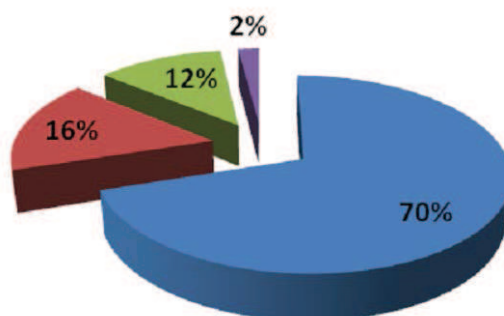
4.3. Awarye pozostałe

Zgodnie z przyjętym podziałem awarii, ostatnią grupę stanowią zdarzenia „inne”, które spowodowały przestoje ściany wydobywczej. W tabeli 5 podano rodzaj awarii oraz przyczyny wystąpienia przerwy.

Tabela 4

Liczba i czas trwania awarii urządzeń (maszyn)

Lp.	Rodzaj awarii	Przykładowe uszkodzenia	Liczba	% udział	Czas, min
1	Niesprawne elektryczne urządzenia (kombajn, przenośnik podścianowy, taśmowy)	Brak sterowania, brak napięcia, itp.	30	70	975
2	Wybudowa lub wymiana uszkodzonych urządzeń	Silniki, transformatory, przekaźniki, układy zabezpieczeń	7	16	755
3	Zadziałanie czujników i zabezpieczeń	Najczęściej zadziałały czujniki temperatury	5	12	115
4	„Zawieszenie” elektrozaworu		1	2	45
Suma			43	100	1890



Rys. 5. Awarye spowodowane przez urządzenie (maszynę)

Tabela 5

Liczba i czas trwania przerw w pracy ściany – inne

Lp.	Rodzaj awarii	Przykładowe uszkodzenia	Liczba	% udział	Czas, min	% udział
1	Brak ciśnienia medium w ścianie		16	62	865	57
2	Brak napięcia	Wyłączenie wskutek przekroczenia zawartości metanu w powietrzu	7	27	310	20
3	Brak wody	Wymiana uszkodzonego węża lub innych elementów	3	11	350	23
Suma			26	100	1525	100

Procentowy udział przerw w pracy ściany wydobywczej przedstawiono na wykresie (Rys. 6). W tym przypadku czas, jaki był powodowany przez te przerwy dość istotnie różnił się od liczby przerw.

Przykładowo: poz. 3, brak wody, pomimo że wystąpił tylko 3 razy, spowodował 23% udział w całkowitym czasie przerw. „Udział czasowy” jest dwukrotnie wyższy od udziału ilościowego (Rys. 7).

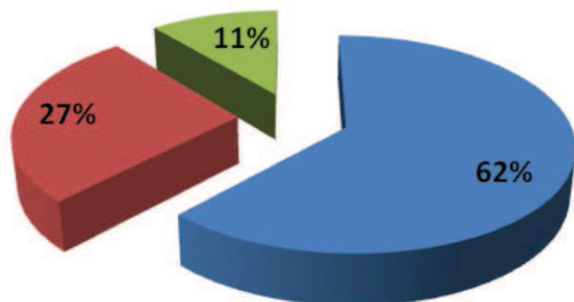
4.4. Awarie elektryczne kompleksu ścianowego

Sumaryczna awaryjność kompleksu ścianowego w rozbiciu na poszczególne elementy tego kompleksu przedstawiona została w tabeli 6.

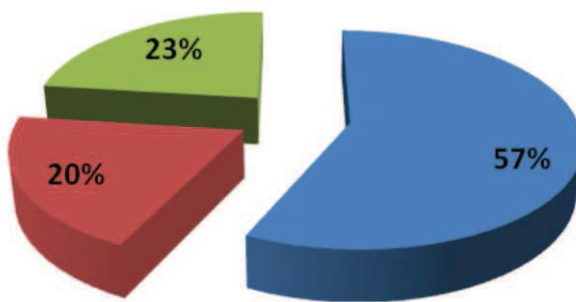
Podane zostały liczby awarii, ich procentowy udział w całkowitej liczbie awarii oraz czasy trwania awarii. Jak wynika z tabeli 6, w niektórych przypad-

kach mniejsza liczba awarii powoduje dłuższe czasy przestoju urządzenia (maszyny), czyli czas trwania awarii nie jest prostą zależnością w stosunku do liczby awarii (np. awarie obudowy).

Na rysunku 8 przedstawiono procentowy udział poszczególnych elementów kompleksu ścianowego w awariach elektrycznych, natomiast rysunek 9 przedstawia czasy trwania awarii poszczególnych urządzeń (maszyn).



Rys. 6. Awarie inne

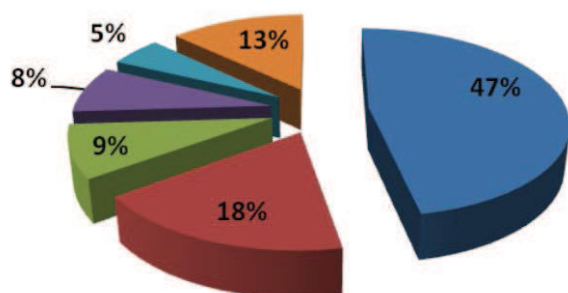


Rys. 7. Rozkład czasu awarii

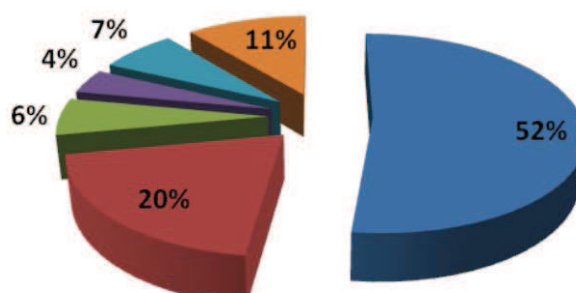
Tabela 6

Awaryjność elementów kompleksu ścianowego

Lp.	Miejsce powstania awarii	Liczba	% udział	Czasy trwania awarii, min	% udział
1	Kombajn	60	47	3100	52
2	Przewoźniki taśmowe Gwarek	23	18	1205	20
3	Przewoźnik ścianowy Rybnik-850	12	9	340	6
4	Przewoźnik podścianowy Kobra III	11	8	220	4
5	Obudowa Glinik	7	5	415	7
6	Inne	15	13	695	11
Suma		128	100	5975	100



Rys. 8. Awarie elektryczne elementów kompleksu ścianowego



Rys. 9. Udział elementów kompleksu ścianowego w czasach awarii

PODSUMOWANIE

W czasie trwania ponad rocznej eksploatacji ściany (381 dni) awarie elektryczne, które zostały zarejestrowane przez dyspozytora, spowodowały 128 przerw w pracy, o łącznym czasie trwania przerw 5975 minut. Należy mieć świadomość, że nie były to jedyne przerwy w pracy ściany wydo-

bywczej. Wystąpiły bowiem również przerwy z przyczyn mechanicznych oraz górniczych.

Operacyjny czas pracy jednej zmiany był równy 330 minut, tj. 5,5 godziny – ściana pracowała w systemie 4-zmianowym. W ujęciu zmianowym, wydobyte z analizowanej ściany w wyniku awarii elektrycznych uległo „wydłużeniu” o ponad 18 zmian ($5975:330 = 18,1$ zmiany).

Z przeprowadzonej analizy wynika, że najczęstszą przyczyną awarii była nieuwaga pracownika lub małe doświadczenie osób pracujących. Niewłaściwe wypełnianie obowiązków, zaniedbania, przyczyniły się do 46% awarii.

Wśród tych awarii największy udział miały:

- uszkodzony lub zerwany układak kablowy – stanowiły 37% (910 minut). Zdarzenie to wystąpiło 22 razy co w sumie wydłużyło prace o ponad 15 godzin. Na usunięcie tych awarii potrzebne były trzy zmiany wydobywcze ($910:330 = 2,75$ zmiany),
- uszkodzenia kabla – stanowiły 29% (180 minut). Awarye wystąpiły 17 razy, jednak czas przerw jaki spowodowały wyniósł 180 minut. Czas potrzebny na ich usunięcie to pół zmiany,
- brak doziemienia – 9% całkowitego czasu przerw w pracy, jednak czas jaki był potrzebny na usunięcie tych awarii to 785 minut, co w sumie wydłużyło czas pracy ściany o ponad dwie zmiany ($785:330 = 2,4$ zmiany).

Sumaryczne przerwy w pracy spowodowane nieuwagą pracowników spowodowały wydłużenie pracy ściany o 8 zmian wydobywczych ($2560:330 = 7,8$ zmiany). Aby nie dopuścić do wystąpienia ww. przerw w pracy, pracownicy winni większą uwagę zwrócić na stan kabla zasilającego kombajn, aby nie został wyrwany, rozerwany lub rozcięty. Należy również zwrócić uwagę na stan techniczny mocowania kabla (układak kablowy), aby nie został uszkodzony.

Do przestojów w pracy ściany przyczyniły się również urządzenia (maszyny), które spowodowały 34% przerw. Wpływ na te przerwy miały trudne warunki pracy (zapylenie, wilgotność, wysoka temperatura itp.). Główne przestoje spowodowane przez urządzenia to:

- niesprawne elektrycznie urządzenia (maszyny) – stanowiły 70% przerw w pracy. Najczęstszą przyczyną był brak napięcia sterowania, napięcia zasilającego, zadziałania zabezpieczeń. Odnotowanych zostało 30 takich sytuacji, co spowodowało 975 minut przerw w pracy tych urządzeń (maszyn). Łącznie awaryjne spowodowały wydłużenie czasu pracy ściany o trzy zmiany wydobywcze ($975:330 = 2,95$ zmiany),
- wybudowa, wymiana urządzeń – to 16% całkowitego czasu przerw w pracy. Czynność ta spowodowała 7 przestojów o łącznym czasie 755 minut, czyli ponad dwie zmiany ($755:330 = 2,3$ zmiany). Pomimo małego udziału procentowego, liczba przerw spowodowanych tymi czynnościami w całkowitej liczbie przerw, to czasowy udział tych przerw w odniesieniu do całkowitego czasu przerw spowodowanych przez urządzenia jest stosunkowo wysoki i wynosi prawie 40%.

W tej grupie awarii człowiek nie jest bezpośrednią przyczyną, ale może skutecznie zapobiegać powstawaniu niektórych z tych awarii. Można zmniejszyć

czas ich usunięcia poprzez częste szkolenia personelu dotyczące usuwania skutków awarii. Należy również przeprowadzać szkolenia związane z właściwą konserwacją urządzeń (maszyn), co przyczyni się do przedłużenia bezawaryjnej pracy urządzeń (maszyn).

Przyczyny awarii zaklasyfikowane jako „inne” spowodowały łączne przerwy w pracy ściany ponad 4 zmiany ($1525:330 = 4,6$ zmiany). Najistotniejszą przyczyną w tej grupie był brak ciśnienia medium (wody) w ścianie. Przyczyna ta spowodowała przerwę w pracy kombajnu poprzez zbyt duże zapylenie ($865:330 = 2,6$ zmiany). Innym czynnikiem wpływającym na przestoje w pracy ściany jest wpływ czynników naturalnych. Brak zasilania, które było wynikiem zadziałania czujników, związany był z wysokim stężeniem metanu.

Analizując elementy kompleksu ścianowego, najbardziej awaryjnym urządzeniem okazał się kombajn, tak co do liczby (47%), jak i w odniesieniu do czasu przerw (52%). Suma czasów przestoju kombajnu w całym czasie przerw to ponad 9 zmian wydobywczych ($3100:330 = 9,4$ zmiany). Wiąże się to z najcięższymi warunkami pracy, jakie ma ten element kompleksu ścianowego. Aby więc nie dochodziło do częstych przestojów (60), pracownicy związani z obsługą kombajnu winni być często szkoleni w zakresie obsługi i eksploatacji, w szczególności w takich zagadnieniach jak:

- przeznaczenie, budowa oraz zasada działania i zastosowanie systemu sterowania oraz diagnostyki,
- zasady działania i instalowania czujników systemu,
- struktura, budowa i zasada działania części składowych i podzespołów,
- metody instalacji, uruchamiania oraz obsługi,
- diagnostyka i analiza przyczyn awarii i ich usuwania,
- wytyczne eksploatacji,
- wymagania BHP.

Literatura

1. *Biały W., Bobkowski G.*: Nowoczesna gospodarka remontowa jako podstawa sprawnego funkcjonowania gómiczych systemów technicznych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Górnictwo, z. 260, 2004.
2. *Duży S.*: Elementy zarządzania jakością w procesie drążenia wyrobisk korytarzowych w kopalni węgla kamiennego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. Tom 23. Zeszyt Specjalny nr 4 2007.
3. *Franik T.*: Monitorowanie podstawowych parametrów procesów produkcyjnych w kopalni węgla kamiennego. w: Komputerowo zintegrowane zarządzanie, T. 1 pod red. Ryszarda Knosali, Opole: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2009.
4. *Krzemień E.*: Zintegrowane zarządzanie – aspekty towaroznawcze: jakość, środowisko, technologia, bezpieczeństwo. Wydawnictwo Śląsk Katowice, 2003.
5. *Łańcucki J.*: Podstawy kompleksowego zarządzania jakością TQM. Poznań, 2003.
6. *Wolniak R., Skotnicka B.*: Metody i narzędzia zarządzania jakością – teoria i praktyka. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej Gliwice, 2007.
7. Wykaz awarii ściany 2009, 2010. Materiały niepublikowane.