

1

NARZĘDZIA ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ W OCENIE AWARYJNOŚCI GÓRNICZYCH URZĄDZEŃ TECHNICZNYCH

1.1 WSTĘP

Efektywność Kopalń Węgla Kamiennego zależy między innymi od bezawaryjnej pracy produkcyjnej w układzie technologicznym zakładu górniczego. Aby zrealizować cel, jakim jest efektywność przedsiębiorstwa górniczego, muszą zostać określone zasady które doprowadzą do ograniczenia jego kosztów. Rozwój technologiczny w górnictwie, zwiększająca się kompleksowość, wydajność, oraz moc stosowanych urządzeń i maszyn górniczych stawia coraz większe wymagania odnośnie kultury ich użytkowania. Urządzenia te muszą spełniać warunki energooszczędności, niezawodności, wysokiej trwałości oraz bezpieczeństwa pracy.

Maszyny i urządzenia górnicze są złożonymi obiektami technicznymi, które powinny charakteryzować się odpowiednio wysoką trwałością i niezawodnością działania w stosunkowo długim czasie eksploatacji. Na kształtowanie się tych cech znaczący wpływ ma proces ich projektowania, konstruowania i montażu, ale również (a może przede wszystkim), niedopuszczenie do awarii podczas procesu użytkowania poprzez dbałość o stan techniczny [7, 12].

W polskim górnictwie węglowym eksploatacja pokładów węglowych odbywa się systemami ścianowymi za pomocą maszyn urabiających pracujących na zasadzie skrawania. Dlatego też, jednym z istotnych obszarów działalności Kopalń jest eksploatacja maszyn/urządzeń. Działanie to powinno polegać na między innymi na kontroli racjonalnego oraz efektywnego użytkowania i obsługiwanie maszyn i urządzeń w procesie eksploatacji [2, 5, 6].

Systemy techniczne kopalń węgla kamiennego charakteryzują się:

- znacznym rozproszeniem,
- złożonością,
- ograniczeniem obszaru pracy wielkością wyrobisk podziemnych.

Głównym zadaniem służb utrzymania ruchu jest zapewnienie ciągłości pracy eksploatowanych (w danej chwili) maszyn/urządzeń. Konsekwencją tych działań jest ograniczenie kosztów utrzymania ruchu maszyn/urządzeń, a tym samym obniżenie kosztów produkcji, czyli działania zakładu górniczego. W przypadku wystąpienia zakłóceń w tym procesie generowane są ogromne straty [3, 9].

W procesie wydobywania kopaliny, głównym elementem jest ciąg urabiania, w którym można wyszczególnić następujące etapy [1, 2]:

- proces urabiania,
- transport poziomy,
- transport pionowy.

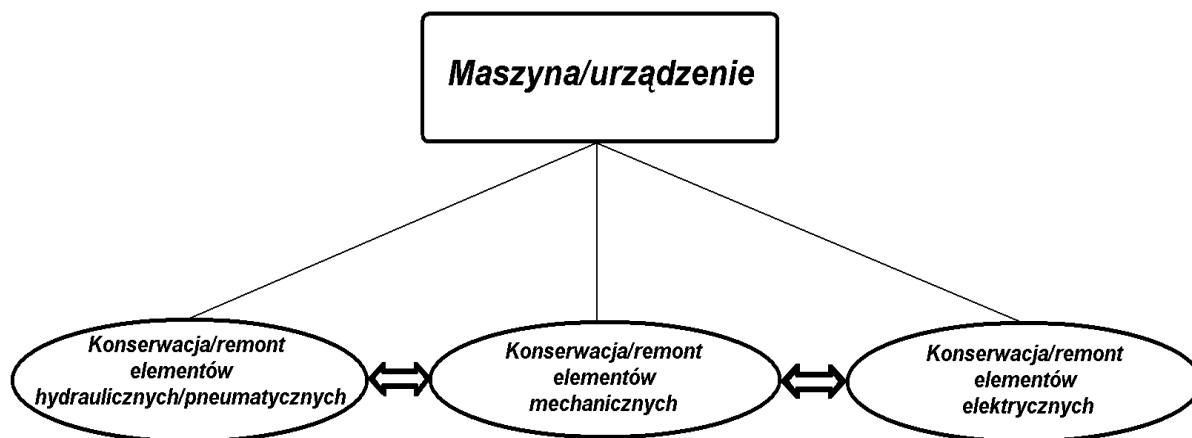
Śledząc ciąg urabiania możemy stwierdzić, że jest to system szeregowy. Awaria jednego z wymienionych ogniw powoduje „wyłączenie” pozostałych elementów tego ciągu [6, 12].

1.2 UTRZYMANIE RUCHU CIĄGU URABIANIA

Zadania związane z utrzymaniem ruchu maszyn/urządzeń górniczych realizowane są tak przez służby związane z kopalnią jak również przez firmy zewnętrzne. W przypadku firm zewnętrznych są to najczęściej producenci danej maszyny/urządzenia.

Każde urządzenie w kopalni, które podlega działaniom konserwacyjno-naprawczym można rozłożyć na czynniki lokalizujące je w strukturze napraw (rys. 1.1):

- - remonty/konserwacja elementów hydraulicznych (pneumatycznych),
- - remonty/konserwacja elementów mechanicznych,
- - remonty/konserwacja elementów elektrycznych.



Rys. 1.1 Struktura napraw

Na dzień dzisiejszy w polskich kopalniach węgla kamiennego nie został opracowany jednolity system zarządzania utrzymaniem ruchu maszyn górniczych, tak w procesie eksploatacji jak i remontów. System ten powinien uwzględniać [2, 4, 11]:

- obserwację, rejestrację oraz analizę poszczególnych czynności,
- harmonogramowanie czynności,
- sposób gromadzenia informacji o maszynach i urządzeniach,
- tryb uzgadniania zakresu prac serwisowych pomiędzy użytkownikiem a wytwórcą,
- kształtowanie właściwych kompetencji pracowników realizujących czynności z zakresu utrzymania ruchu,
- gromadzenie i przetwarzanie informacji prowadzenia prac z zakresu utrzymania ruchu.

1.3 KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA NARZĘDZI ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ

Narzędzia zarządzania jakością są wykorzystywane do zbierania, przetwarzania informacji, nadzorowania procesów, wykrywania błędów, wad i nieprawidłowości w przebiegach procesów, produktach lub usługach.

Do dobrego skutecznego zarządzania jakością, potrzebne są informacje, które muszą być rzetelne, aktualne i prawdziwe.

Narzędzia zarządzania jakością przez badaczy zostały podzielone na tradycyjne (stare) i nowe [8, 14]. Tradycyjne narzędzia są nazywane wielką siódmką – są one najczęściej wykorzystywane i mają podstawowe znaczenie. Mogą być stosowane samodzielnie, ale często używa się ich jako składniki metod zarządzania jakością – wykorzystują prosty aparat matematyczny oraz statystykę matematyczną [8, 13, 14]. Do podstawowych narzędzi statystycznego sterowania procesami zalicza się:

1. Diagram procesu,
2. Kartę procesu,
3. Arkusz analityczny,
4. Wykres Ishikawy,
5. Diagram Pareto,
6. Histogram,
7. Punktowy diagram korelacji.

Wraz z rozwojem zarządzania jakością powstało siedem nowych narzędzi. Mają one na celu wspomaganie narzędzi podstawowych – dzięki nim usprawniony został przebieg informacji w przedsiębiorstwie oraz ich porządkowanie. W przedsiębiorstwach są wykorzystywane we wczesnym stadium tworzenia jakości – są bardzo ważne przy rozwiązywaniu problemów. Zalicza się do nich:

1. Diagram pokrewieństwa (affinity diagram),
2. Diagram relacji (interrelationship diagram),
3. Diagram macierzowy (matrix diagram),
4. Macierz analizy danych (matrix data analysis),
5. Diagram strzałkowy (Barrow diagram),
6. Drzewo decyzyjne (tree diagram),
7. Wykres programowy procesu decyzji (process decision programme chart).

W niniejszym artykule do oceny awaryjności urządzeń górniczych wykorzystano jedno z tradycyjnych narzędzi zarządzania jakością – diagram Pareto-Lorenza.

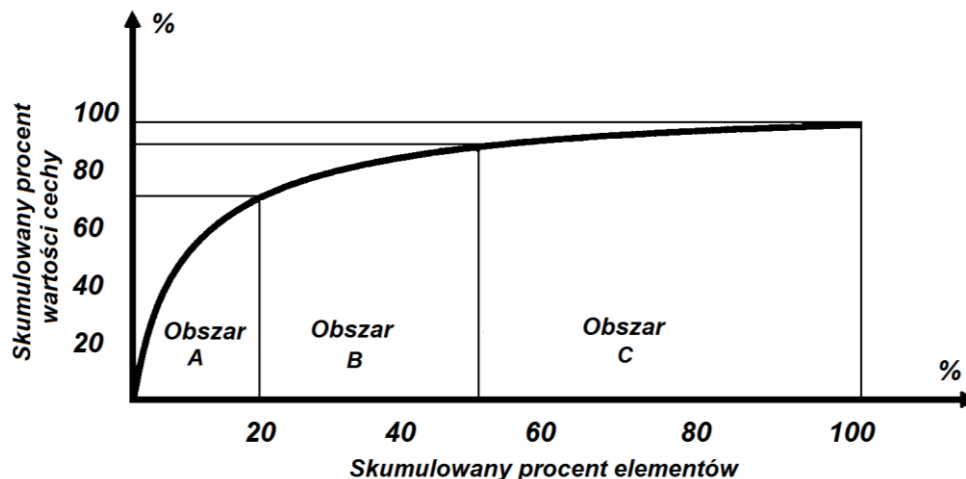
Diagram Pareto-Lorenza nadaje się do uporządkowania i przeanalizowania wcześniej zebranych danych. Stosuje się wtedy, kiedy naszym celem jest przeciwdziałanie [13]:

1. Zjawiskom negatywnym o największej częstotliwości występowania,
2. Zjawiskom przysparzającym największych kosztów.

Diagram Pareto-Lorenza jest narzędziem umożliwiającym hierarchizację czynników wpływających na badane zjawisko. Pozwala on, przedstawić dane na wykresie kolumnowym uwzględniając elementy dające największy wkład do problemu, przedstawia zarówno względny jak i bezwzględny rozkład rodzajów błędów, problemów i ich przyczyn (rys. 1.2) [14].

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

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



Rys. 1.2 Diagram Pareto-Lorenza

W praktyce diagram Pareto-Lorenza znajduje zastosowanie do grupowania poszczególnych problemów i ich przyczyn, aby w pierwszej kolejności rozwiązać te problemy, które dla danego przedsiębiorstwa są najistotniejsze [13].

1.4 ANALIZA PROBLEMU

W przemyśle górniczym diagram Pareto-Lorenza może znaleźć zastosowanie do monitorowania i kontroli urządzeń górniczych (maszyna urabiająca, przenośnik zgrzeblowy, przenośnik taśmowy, kruszarki oraz urządzenia zasilania i sterowania), które stanowią ważny element procesu wydobywczego w kopalni. W przypadku tych urządzeń istotna jest ocena awaryjności i niezawodności, a także wykazanie które z wykrytych przyczyn powodujących awaryjność powinny być jako pierwsze wyeliminowane.

Konstruowanie diagramu Pareto-Lorenza do kontroli i monitorowania urządzeń 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 górniczych takich jak: maszyna urabiająca, 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.

1.4.1 Charakterystyka awaryjności maszyn i urządzeń górniczych

Awarie występujące w kopalniach węgla kamiennego można podzielić ze względu na przyczyny ich powstania, na:

- górnicze – gdzie główną przyczyną są: wstrząsy górotworu, odpad stropu, pompowanie wody, rozbijanie brył, przekroczenie CH_4 itp. Ogólnie można stwierdzić, że są one niezawinionie przez człowieka,
- techniczne – powstają wówczas, gdy uszkodzeniu ulegną maszyny/urządzenia pracujące w procesie wydobywczym – do takich maszyn zaliczamy: kombajny/strugi węglowe, przenośniki, zmechanizowane obudowy ścianowe oraz kruszarki,
- organizacyjne – niezależne od panujących warunków górniczych i eksploatacji maszyn. Do tych awarii zalicza się np.: brak doprowadzenia wody, brak zasilania elektrycznego.

Ze względu na rodzaj awarii, możemy wyróżnić [3, 12]:

- mechaniczne,
- elektryczne,
- hydrauliczne.

Dla dokładniejszej analizy zaistniałej awarii w danej maszynie górniczej (urządzeniu), można jeszcze dokonać podziału na konkretne miejsce powstania tej awarii np.: ramiona, organy urabiające, układy trakcyjne, układy hydrauliki, układ elektryczny oraz kadłub [3, 12].

Jako że, w procesie wydobywania węgla kamiennego (kopalni użytecznych) ciąg urabiania jest podstawowym elementem wpływającym na wielkość wydobycia, a tym samym związane z tym procesem koszty, przeanalizowano awaryjność tego podstawowego elementu [2, 3]. Przeanalizowana została awaryjność dwu systemów wydobywczych stosowanych w polskim górnictwie węglowym (również światowym):

1. system strugowy,
2. system kombajnowy.

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

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

Wszelkie przerwy w pracy (przyczyny postojów przodka ścianowego) usystematyzowane zostały wg następującego algorytmu [3, 12]:

- uszkodzenia kombajnu,
- uszkodzenia przenośników (ścianowego, podścianowego oraz taśm odstawy oddziałowej),
- uszkodzenia obudowy oraz brak zasilania w medium,
- awarie górnicze (opad stropu, strzelanie wstrząsowe, pompowanie wody, rozbijanie brył, przekroczenie CH_4 , pobierka spągu),
- inne przyczyny postojów (uszkodzony wąż wodny w ścianie, brak wody, brak napięcia elektrycznego).

Dla każdego z systemów (strugowy/kombajnowy) przeanalizowano jedną ścianę (w

całym okresie jej eksploatacji) o zbliżonym czasie pracy oraz zbliżonych warunkach geologiczno-górnicych.

1.5 PRAKTYCZNE WYKORZYSTANIE DIAGRAMU PARETO-LORENZA DO OCENY AWARYJNOŚCI URZĄDZEŃ GÓRNICZYCH

Analizę awaryjności urządzeń górniczych przeprowadzono korzystając z diagramu Pareto-Lorenza.

Diagram Pareto-Lorenza został skonstruowany według następujących etapów:

1. Zebrano dane związane z rodzajem awarii następujących urządzeń (maszyn) górniczych: maszyny urabiającej, przenośników (zgrzeblowych, taśmowych), obudów zmechanizowanych,
2. Przyporzędковано poszczególne awarie do konkretnych urządzeń (maszyn) górniczych,
3. Obliczono skumulowane wartości procentowe (ustalenie skumulowanych wartości procentowych dla poszczególnych wyróżnionych awarii).

W celu skonstruowania diagramu Pareto-Lorenza skorzystano z następujących wzorów:

$$PIE_j = \frac{100}{IE} \quad (1.1)$$

$$SPIE_j = PIE_j + PIE_{j-1} \quad (1.2)$$

$$PIA_j = \frac{100 \cdot IA_j}{\sum_{i=1}^{IE} IA_j} \quad (1.3)$$

$$SPIA_j = PIA_j + PIA_{j-1} \quad (1.4)$$

gdzie:

PIE_j – procentowa liczba elementów,

$SPIE_j$ – skumulowana procentowa liczba elementów,

IE – ilość elementów,

PIA_j – procentowa liczba awarii,

$SPIA_j$ – skumulowana procentowa liczba awarii,

IA_j – liczba (czas) awarii,

j – kolejny element,

$j-1$ – element poprzedni.

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

1.5.1 Ścianowy system strugowy

Analizę awaryjności dla ściany strugowej w jednej z kopalń Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A., przeprowadzono dla całego czasu jej eksploatacji. Ściana strugowa była eksploatowana od miesiąca sierpnia 2009 do marca 2010 [15, 16].

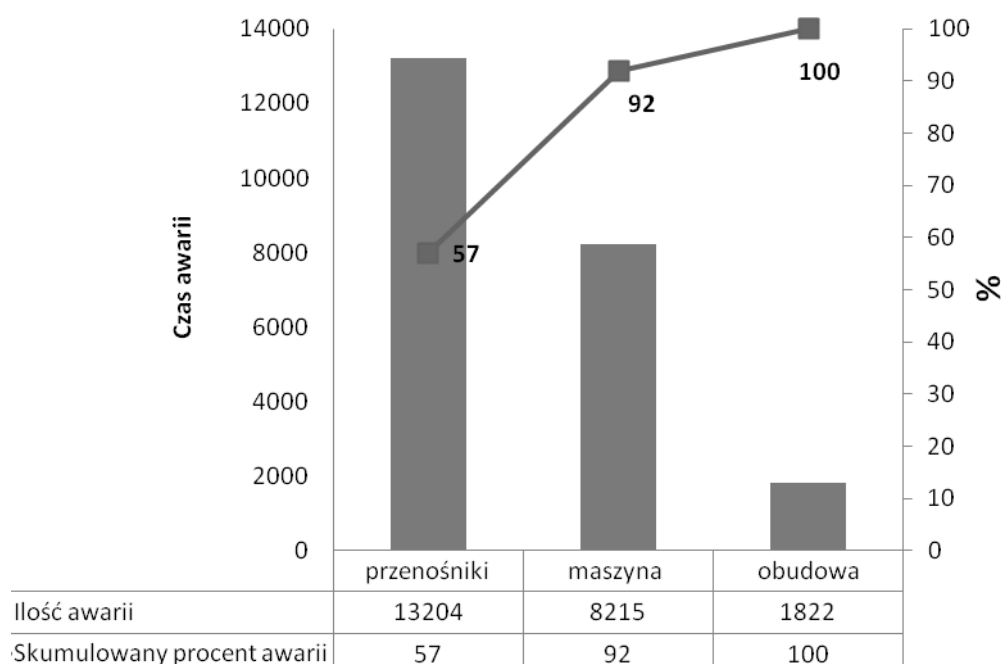
W tabeli 1.1 przedstawiono dane dotyczące przyczyn awarii, skumulowaną procentową

liczbę poszczególnych urządzeń (maszyn), czasy awarii jakie wystąpiły dla poszczególnych elementów kompleksu wydobywczego, procentową liczbę awarii oraz skumulowaną procentową liczbę awarii [12].

Tabela 1.1 Awarie ścianowego kompleksu strugowego

<i>Rodzaj urządzenia</i>	<i>Skumulowana liczba procentowa elementów</i>	<i>Liczba awarii</i>	<i>Procentowa liczba awarii</i>	<i>Skumulowana procentowa liczba awarii</i>
	SPIE	IA	PIA	SPIA
Przeñośniki	33,33	13204	57	57
Strug węglowy	66,66	8215	35	92
Obudowa zmechanizowana	100	1822	8	100

Na rys. 1.3 przedstawiono diagram Pareto-Lorenza ukazujący awaryjność analizowanej ściany strugowej.



Rys. 1.3 Diagram Pareto-Lorenza dla kompleksu strugowego

1.5.2 Ścianowy system kombajnowy

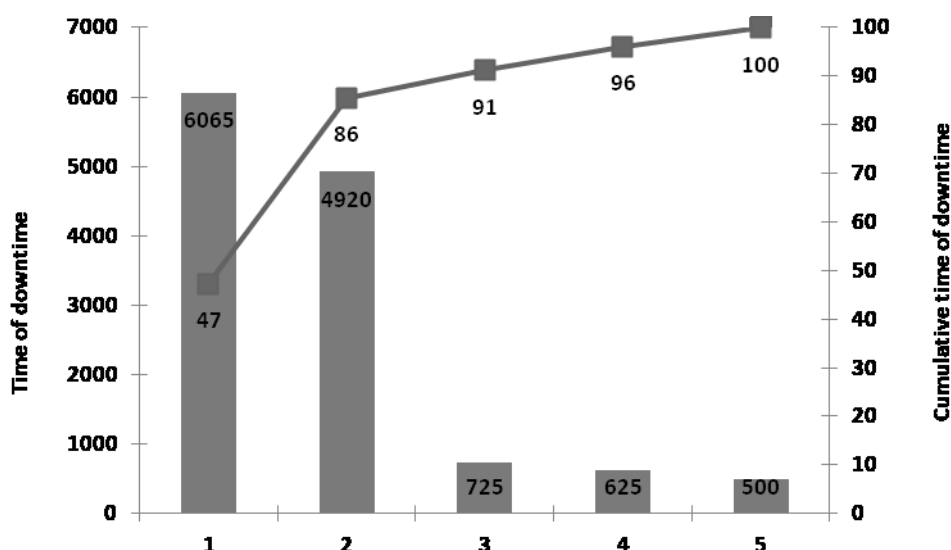
Podobną analizę przeprowadzono dla ściany kombajnowej w której zainstalowany był kombajn wydobywczy (roboczo nazwany „AE”), dla jednej z kopalń należących do Kompanii Węglowej SA. W tabeli 1.2 przedstawiono dane miejsc wystąpienia awarii, natomiast na rys. 1.4 przedstawiono diagram Pareto-Lorenza ukazujący awaryjność analizowanej ściany kombajnowej.

Sumę wszystkich przerw w pracy kompleksu ścianowego przedstawia tabela 1.2 oraz diagram Pareto-Lorenza (rys. 1.4).

Tabela 1.2 Awarie ścianowego kompleksu kombajnowego

<i>Rodzaj urządzenia</i>	<i>Skumulowana liczba procentowa elementów</i>	<i>Liczba awarii</i>	<i>Procentowa liczba awarii</i>	<i>Skumulowana procentowa liczba awarii</i>
	SPIE	IA	PIA	SPIA
Kombajn	20	6065	47	47
Przenośnik	40	4920	39	86
Górnice	60	725	6	91
Obudowa zmechanizowana	80	625	5	96
Inne	100	500	4	100

Uwzględniając czasy przerw w pracy ścianowego kompleksu kombajnowego, największy wpływ miały przerwy w pracy kombajnu, a następnie przenośników [15, 16].



Rys. 1.4 Diagram Pareto-Lorenza dla kompleksu kombajnowego

PODSUMOWANIE

Analizując elementy ścianowego kompleksu strugowego (tabela 1.1), najbardziej awaryjnym urządzeniem okazały się przenośniki, w odniesieniu do czasu przerw (57%). Natomiast w przypadku ścianowego kompleksu kombajnowego (tabela 1.2), najbardziej awaryjnym elementem był kombajn (47%).

Awaryjne poszczególnych elementów ciągu wydobywczego, a w szczególności przenośników dla kompleksów strugowych oraz kombajnów dla kompleksów kombajnowych, powodują duże straty ekonomiczne dla kopalni, dlatego zasadnym wydaje się zaproponowanie działań, które pomogły by ograniczyć ilość potencjalnych awarii tych maszyn/urządzeń górniczych.

Wynika stąd, że te dwa elementy w kompleksach wydobywczych powinny być poddane szczególnej analizie. Analiza powinna wskazać na główne przyczyny wystąpienia awarii oraz jakie należy podjąć sposoby i środki a także działania zapobiegawcze aby zdecydowanie

zmniejszyć awaryjność tych elementów w kompleksach wydobywczych.

Osoby monitorujące i kontrolujące pracę maszyn/urządzeń, powinny w szczególności sposób zadbać o stan techniczny tych maszyn/urządzeń i starać się zapobiegać wystąpieniu awarii. Ponadto, naczelne kierownictwo kopalni powinno zweryfikować zasady doboru ludzi na newralgiczne stanowiska zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami zarządzania kadrami (zasobami ludzkimi) [10]. Niewłaściwe zasady doboru ludzi na poszczególne stanowiska pracy, mogą przekładać się na zmniejszenie (lub zwiększenie) awaryjności.

Aby więc nie dochodziło do częstych przestojów, pracownicy związani z obsługą maszyn/urządzeń, 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,
- diagnostyki i analizy przyczyn awarii i ich usuwania,
- wytyczne eksploatacji,
- wymagania BHP.
- usprawnienie procesu eksploatacji poprzez wprowadzenie kart pracy.
- harmonogramowanie czasu pracy pracowników co pozwoli lepiej zaplanować czas na konserwację maszyn górniczych.
- stworzenie bazy danych awarii maszyn górniczych na kopalni pozwoli to na lepsze na lepszą analizę przyczyn i skutków poszczególnych awarii

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 maszyn/urządzeń co przyczyni się do przedłużenia bezawaryjnej pracy maszyn/urządzeń.

*Artykuł powstał w ramach pracy statutowej pt. „Innowacyjność w Inżynierii Produkcji”
o symbolu BK 249/ROZ3/2012 realizowanej w Instytucie Inżynierii Produkcji
na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej.*

LITERATURA

1. Biały W., Bobkowski G.: *Wprowadzenie systemów CMM w celu obniżenia kosztów eksploatacji węgla kamiennego*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie z. 22/2004 Gliwice 2004.
2. Biały W., Bobkowski G.: *Nowoczesna gospodarka remontowa jako podstawa sprawnego funkcjonowania górniczych systemów technicznych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Górnictwo z. 260/2004 Gliwice 2004.
3. Biały W., Czerwiński S.: *Analiza pracy maszyny urabiającej w wyrobisku ścianowym*. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 4(482)/2011.

4. Cozzucoli P. C.: *Proces Monitoring with Multivariate – Control Chart*. Journal of Quality Statistics and Reliability Volume 2009 (2009).
5. Duży S. *Elementy zarządzania jakością w procesie drążenia wyrobisk korytarzowych w kopalni węgla kamiennego*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi 2007; 23 (Zeszyt Specjalny nr 2).
6. Franik T.: *Monitorowanie podstawowych parametrów procesów produkcyjnych w kopalni węgla kamiennego*. Komputerowo zintegrowane zarządzanie. Praca zbiorowa pod red. R. Knosali, Opole, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2009.
7. Jonak J, Gajewski J.: *Wybrane problemy diagnostyki i monitorowania pracy górniczych przenośników taśmowych*. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, nr 4/2006.
8. Łuczak J, Matuszak-Flejszman A.: *Metody i techniki zarządzania jakością. Kompendium wiedzy*. Poznań: Quality Progress, 2007.
9. Kandananond K.: *Effectively monitoring the performance of Integrated process control systems under nonstationary disturbances*. Journal of Quality Statistics and Reliability Volume 2010 (2010).
10. Kołodziej S.: *Wykorzystanie badań ankietowych do wspomaganie zarządzania zasobami ludzkimi*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Organizacja i Zarządzanie, z. 22, Gliwice 2004.
11. Maruszewska E, W.: *Implementation of Enterprise Resource Planning system and change in accountant's role – Polish perspective*. Management Systems in Production Engineering 2/2012.
12. Skotnicka-Zasadzień B., Biały W.: *Zastosowanie narzędzi zarządzania jakością do oceny awaryjności urządzeń górniczych*. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability nr 3/2011.
13. Skotnicka-Zasadzień B.: *Wykorzystanie narzędzi zarządzania jakością w zakresie analizy niezgodności wyrobu w przedsiębiorstwie przemysłowym*. Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą nr 45 Bydgoszcz 2011.
14. Wolniak R, Skotnicka B.: *Metody i narzędzia zarządzania jakością – teoria i praktyka*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
15. Książki raportowe działu Głównego Mechanika ds. dołu.
16. Raporty dzienne dyspozytora głównego kopalni.

NARZĘDZIA ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ W OCENIE AWARYJNOŚCI GÓRNICZYCH URZĄDZEŃ TECHNICZNYCH

Streszczenie: *Na przykładzie dwu Kopalń Węgla Kamiennego, przedstawiona została awaryjność w procesie wydobywczym, ze szczególnym uwzględnieniem maszyny urabiającej. Analiza poddane zostały dwa kompleksy wydobywcze: kombajnowy oraz strugowy. Aby obniżyć koszty generowane przez awarie, służby utrzymania ruchu powinny na bieżąco prowadzić kontrolę racjonalnego oraz efektywnego użytkowania i obsługiwanie maszyn. Konsekwencją tych działań będzie zmniejszenie przerw w pracy, a tym samym obniżenie kosztów produkcji, czyli zwiększenie efektywności działania zakładu górniczego. W niniejszym opracowaniu do oceny awaryjności urządzeń górniczych wykorzystano jedno z tradycyjnych narzędzi zarządzania jakością – diagram Pareto-Lorenza.*

Słowa kluczowe: *awaryjność, narzędzia zarządzania jakością, maszyna urabiająca, diagram Pareto-Lorenza*

QUALITY MANAGEMENT TOOLS THE ASSESSMENT FAILURE RATES MINING EQUIPMENT OF TECHNICAL

Abstract: *Failure frequency in the mining process, with a focus on the mining machine, has been presented and illustrated with an example of two coal-mines. Two mining complexes have been subjected to analysis: a combined cutter-loader and a plough system. In order to reduce costs generated by failures, maintenance teams should regularly make sure that the machines are used and operated in a rational and effective way. Such activities will allow breaks in work to be reduced, and in consequence will increase the effectiveness of a mining plant. The evaluation of mining machines failure frequency contained in this study has been based on one of traditional quality management tools – the Pareto chart.*

Key words: *failure frequency, quality management tools, mining machine, Pareto chart*

dr hab. inż. Witold BIAŁY prof. Pol. Śl.,
dr inż. Bożena SKOTNICKA-ZASADZIEN
Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Inżynierii Produkcji
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze
tel. +4832 277 7349; e-mail: Witold.Bialy@polsl.pl; bozena.skotnicka@polsl.pl