

Jan Rynik  
Marek Jaszczuk

## BADANIE NIEZAWODNOŚCI KOMPLEKSÓW ZMECHANIZOWANYCH

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono strukturę niezawodnościową kompleksu i założenia, przy których określa się jego niezawodność. Scharakteryzowano badania eksploatacyjne kompleksu zmechanizowanego i metody prowadzenia obserwacji. Naświetlono cele i konieczność prowadzenia badań niezawodnościowych i stworzenia systemu zbierania danych eksploatacyjnych, jako drogi podniesienia skuteczności działania kompleksu zmechanizowanego.

### 1. Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój sił wytwórczych prowadzi do powstania coraz to większych i bardziej złożonych układów technicznych, a wraz z nim postępuje proces wdrażania techniki we wszystkie dziedziny działalności człowieka.

Powstanie dużych, skomplikowanych, wieloelementowych układów technicznych (do których należą górnicze kompleksy zmechanizowane) uwarunkowane jest zapewnieniem odpowiedniej niezawodności elementów składowych przy optymalnej strukturze. Duża niezawodność układów technicznych zapewnia skuteczność działania przy wypełnianiu określonych zadań w danych warunkach oraz, co jest rzeczą bardzo ważną, gwarantuje bezpieczeństwo pracy. W związku z tym niezawodność w ujęciu ogólnym rozpatruje się jako jedną z podstawowych własności obiektów technicznych, a liczbowe wskaźniki niezawodności powinny być podawane jako jedna z głównych charakterystyk technicznych danego obiektu.

W ostatnich latach problem określenia niezawodności stał się przedmiotem intensywnych badań szerokich rzesz specjalistów, dzięki czemu powstała teoria niezawodności oraz opracowano metodykę określenia niezawodności konkretnych obiektów technicznych. Jednym z wielu zadań dziedziny niezawodności jest sformułowanie kryteriów rodzajowej i ilościowej oceny niezawodności oraz określenie efektywnych środków, zapewniających wysoką niezawodność. Osiągnięcie tego celu jest możliwe poprzez realizację szeregu badań w trakcie projektowania, wytwarzania i eksploatacji obiektów tech-

nicznych.

Wyposażenie przodków górniczych w wysoko wydajne maszyny i urządzenia, koncentracja wydobycia oraz zwiększone wymagania odnośnie bezpieczeństwa pracy powodują konieczność podniesienia niezawodności stosowanych i będących w fazie projektowania maszyn i urządzeń górniczych.

## 2. Struktura niezawodnościowa kompleksu zmechanizowanego

Kompleks zmechanizowany możemy traktować przy podanych niżej założeniach jako system trójelementowy, którego zadaniem jest urabianie węgla przez kombajn, odtransportowanie urobku przez przenośniki (ścianowy i podścianowy) oraz zabezpieczenie wyrobiska przez obudowę zmechanizowaną.

Niezawodność kompleksu powinniśmy rozpatrywać więc ze względu na wypełnienie poszczególnych jego funkcji:

- urabianie calizny węglowej,
- transport urobku,
- zabezpieczenie wyrobiska.

W przypadku pierwszym dotyczącym pracy kombajnu każdy jego przestój spowodowany uszkodzeniem któregośkolwiek urządzenia, wchodzącego w skład kompleksu (w tym także kombajnu), jest równoznaczny z uszkodzeniem całego kompleksu. Identyczne założenie przyjmujemy dla przypadku drugiego dotyczącego pracy przenośnika.

Obudowa zmechanizowana stanowi złożony system sekcji, agregatu pompowniczego i węży magistrali, pełniący dwie funkcje:

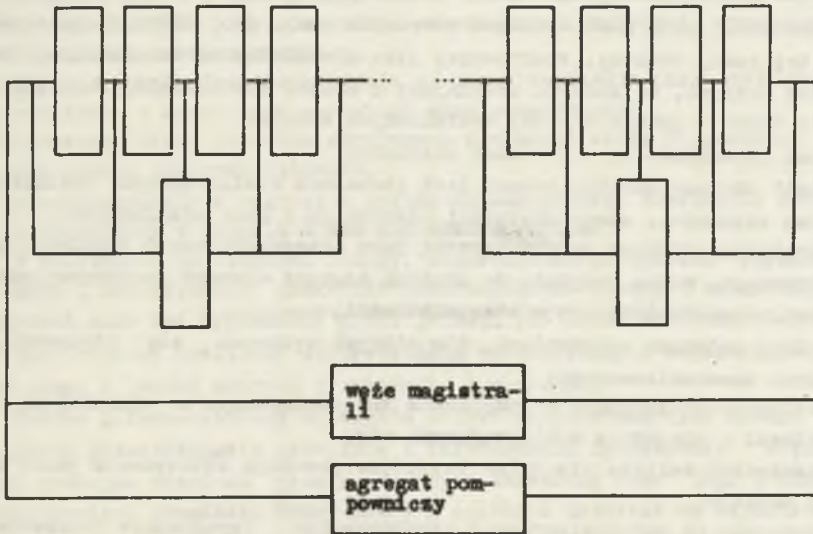
- zabezpieczenie wyrobiska,
- współpraca z kombajnem i przenośnikiem ścianowym w procesie urabiania i odstawy.

Pod pojęciem ogniwa obudowy rozumie się element, w skład którego wchodzi: sekcja obudowy, przesuwnik hydrauliczny wraz z węzłem połączenia z przenośnikiem, blok hydrauliczny sekcji, przewody łączące blok hydrauliczny ze stojakami, przesuwnikiem i magistralą. Strukturę niezawodnościową obudowy ustala się ze względu na wypełnianie podanych wyżej funkcji.

Przy zabezpieczeniu wyrobiska uszkodzenia agregatu pompowniczego czy węży magistrali hydraulicznej, a także uszkodzenie pewnej części ogniwa obudowy w ścianie nie umożliwia pełnienia tej funkcji. Struktura zatem obudowy zmechanizowanej z punktu widzenia zabezpieczenia wyrobiska ma strukturę przedstawioną na rys. 1.

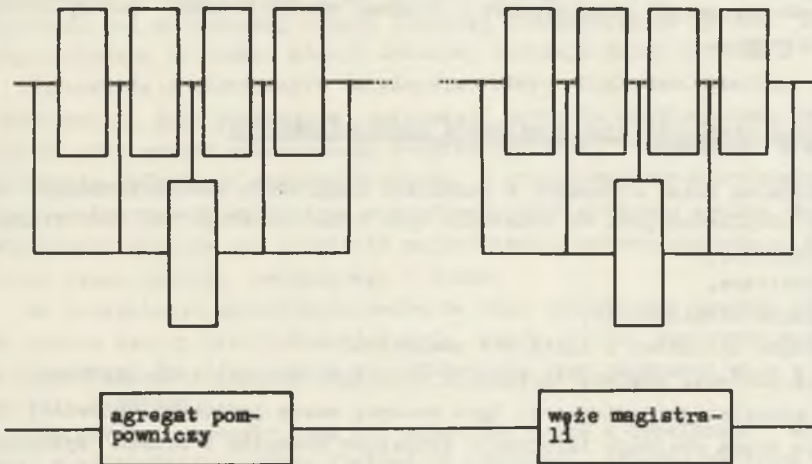
Przy rozpatrywaniu współpracy obudowy zmechanizowanej z przenośnikiem ścianowym i kombajnem uszkodzenie agregatu pompowniczego lub węży magistrali spowoduje przerwanie pracy kombajnu po zakończeniu urabiania w danym kierunku (niemożność dokonania przekładki przenośnika). Natomiast nie wszystkie uszkodzenia ogniwa obudowy zmechanizowanej będą powodowały zatrzymanie pracy kombajnu. Strukturę niezawodnościową obudowy zmechanizowanej ze względu na prawidłową pracę kompleksu przedstawia rys. 2.

## Ogniwa obudowy zmechanizowanej



Rys. 1. Struktura obudowy zmechanizowanej przy zabezpieczeniu wyrobiska

## Ogniwa obudowy zmechanizowanej



Rys. 2. Struktura obudowy zmechanizowanej przy współpracy z kombajnem i przenośnikiem ścianowym

Część uszkodzeń sekcji obudowy zmechanizowanej nie powoduje zatrzymania pracy maszyny urabiającej, uszkodzenia te mogą być usuwane w trakcie pracy kombajnu, lub w czasie zmiany konserwacyjno-naprawczej. Zatem nie



wszystkie uszkodzenia obudowy mają wpływ na pracę kompleksu. Tym samym niezawodność obudowy zmechanizowanej, rozpatrywanej jako integralną część całego systemu, jakim jest kompleks zmechanizowany, jest różna od niezawodności tej samej obudowy, traktowanej jako niezależny od kompleksu system.

Można przyjąć, że kombajn urabiający i zespół przenośników mogą znajdować się tylko w jednym z niżej wymienionych stanów:

0 - stan niezdatności, 1 - stan zdatności

Natomiast obudowa zmechanizowana jest elementem wielostanowym posiadającym stan zdatności, stany zdatności pośrednich i stan niezdatności.

Rozpatrując obudowę zmechanizowaną jako integralną część kompleksu zmechanizowanego, można przyjąć, że obudowa stanowi element dwustanowy, gdzie

0 - stan niezdatności, 1 - stan zdatności,

przy niżej podanych założeniach, dla których wyznacza się niezawodność kompleksu zmechanizowanego:

- uszkodzenia występujące w kompleksie zmechanizowanym są zdarzeniami niezależnymi i wzajemnie wykluczającymi się,
- do uszkodzeń zalicza się tylko te, które powodują zatrzymanie pracy danego obiektu,
- uszkodzenia są natychmiastowe i nieodwracalne (wymagające interwencji obsługi),
- uszkodzenie któregośkolwiek elementu kompleksu powoduje natychmiastowe zatrzymanie pracy pozostałych.

Kompleks zmechanizowany posiada strukturę niezawodnościową złożoną, przy czym kombajn, zespół przenośników i obudowa zmechanizowana tworzą strukturę szeregową.

### 3. Badanie eksploatacyjne kompleksów zmechanizowanych

Podstawową formą stosowaną w badaniach kompleksów zmechanizowanych są badania eksploatacyjne. Na podstawie tych badań uzyskuje się następujące grupy informacji:

- autonomiczne,
- dotyczące eksploatacji,
- dotyczące uszkodzeń i następstw uszkodzeń.

Grupa pierwsza zawiera informacje dotyczące miejsca i okresu badań, warunków górniczo-geologicznych, typu maszyn, nazwy jednostki badawczej itp.

Grupa druga obejmuje informacje dotyczące rodzajów i ilości wykonanej pracy, procesu technologicznego (systemu prowadzenia prac) przeprowadzonych przeglądów konserwacyjno-naprawczych, remontów itp.

Grupa trzecia zawiera informacje związane z czasami pracy maszyn i urządzeń między kolejnymi uszkodzeniami, czasami napraw i postojów wywołanych uszkodzeniami, rodzajami uszkodzeń, przypuszczalnymi przyczynami uszkodzeń itp.

Dane zbierane w czasie badań eksploatacyjnych dotyczą kombajnu, zespo-

łu przenośników: ścianowego i podścianowego, obudowy zmechanizowanej oraz ich elementów w stanie zdatności i niezdatności poszczególnych maszyn i urządzeń, czyli w stanie pracy, odnowy i rezerwy (podczas zmian konserwacyjno-naprawczych, przerw w pracy spowodowanych względami organizacyjnymi) kompleksu zmechanizowanego.

Badania eksploatacyjne polegają na przeprowadzeniu chronometrażu pracy kompleksu w normalnych warunkach eksploatacyjnych.

Chronometraż pracy przodków górniczych prowadzić można 3 sposobami:

- przy pomocy chronometrażystów,
- półautomatycznie w oparciu o system automatycznego sterowania produkcją,
- automatycznie w oparciu o ten sam system.

W zależności od długości ściany, zainstalowanego systemu łączności w ścianie i intensywności uszkodzeń poszczególnych maszyn i urządzeń, chronometraż może być prowadzony przez jednego lub dwóch obserwatorów. Istotną jest również możliwość wykorzystania automatycznych rejestratorów czasów pracy i liczby włączeń przenośnika i kombajnu.

System półautomatyczny zbierania danych eksploatacyjnych wymaga tylko ścisłego przestrzegania przepisów i informowania dyspozytora o przyczynach postojów urządzeń, przekraczających określony czas (np. 5 min.) i o uszkodzeniach urządzeń. Czasy pracy i postojów urządzeń są rejestrowane i wydrukowywane przez dany minikomputer (w dyspozytorni kopalni). Ostateczną wersję danych eksploatacyjnych otrzymuje się po konfrontacji i złożeniu wydruków minikomputera i notatek dyspozytora.

System automatycznej rejestracji danych eksploatacyjnych wymaga zainstalowania w chodniku podścianowym dodatkowej tarczy telefonicznej i przyłączenia jej do końcowej stacji lokalnej automatycznego systemu sterowania produkcją (w każdej stacji lokalnej istnieje wolny I kanał).

Informację o uszkodzeniu (elemente, który uległ uszkodzeniu, rodzaju uszkodzenia, jego przyczynie) wprowadzić można do minikomputera np. typu MKJ-25 przy pomocy opracowanego 6-cyfrowego kodu, używanego w systemie zbierania informacji eksploatacyjnych. Z przeprowadzonych doświadczeń oraz ze stosowanego dotychczas w minikomputerze programu wynika, że najważniejsze okazuje się przyjęcie najkrótszego, notowanego przez minikomputer czasu postoju, wynoszącego 5 minut.

Po zaistniałym uszkodzeniu osoba do tego upoważniona powinna przekazać za pomocą tarczy telefonicznej 6 cyfr, które zostaną zarejestrowane przez minikomputer (po odpowiednim zmodyfikowaniu jego programu) wraz z czasem postoju urządzenia.

Dwa ostatnie sposoby mogą być stosowane tylko w kopalniach wyposażonych w automatyczny system sterowania produkcją. Zebrane tą drogą informacje o zaistniałych uszkodzeniach, odchyleniach od normy i zakłóceniach są rejestrowane na kartach uszkodzeń poszczególnych elementów przez pracowników Działu Naukowo-Technicznego kopalni, a następnie przesyłane do jednostki prowadzącej badania, gdzie są weryfikowane i nanoszone na karty zbiorcze. Są to dane wejściowe służące do wyznaczenia wskaźników niezawodnościowych elementów kompleksu zmechanizowanego i całego kompleksu.

W każdym przypadku badań eksploatacyjnych powinno się starannie przestudiować naturalne czynniki zewnętrzne, żeby nie tylko ustalić trudności sprawdzenia badanego systemu w tych warunkach, ale również dokonać oceny odchyłeń lub uszkodzeń w czasie badań wskutek niemożności kierowania czynnikami zewnętrznymi (warunki górniczo-geologiczne, wszelkiego typu zakłócenia i zagrożenia).

Bardzo ważną sprawą jest zapewnienie odpowiedniej aparatury dla badań fizyki uszkodzeń, pozwalającej obiektywnie wykryć przyczyny wywołujące uszkodzenia i znaleźć środki wyeliminowania ich w przyszłości.

Same badania eksploatacyjne są niewystarczające i powinny być poparte dodatkowymi badaniami. Najprościej i najbardziej celowe jest połączenie badań eksploatacyjnych z badaniami laboratoryjnymi "najsłabszych ogniw" elementów systemu.

Wyniki opracowane na podstawie danych zebranych w trakcie badań eksploatacyjnych powinny być wykorzystane przez konstruktorów w celu:

- poprawy konstrukcji najsłabszych elementów i zespołów,
- wprowadzenia zmian konstrukcyjnych umożliwiających poprawę naprawialności poszczególnych elementów, podzespołów itp.,
- orientacyjnego określenia wskaźników niezawodności projektowanych maszyn i urządzeń,

producentów w celu:

- wyeliminowania błędów powstałych w procesie wytwarzania i montażu,
- weryfikacji procesu wytwarzania i montażu,

użytkowników w celu:

- poprawy organizacji pracy,
- uregulowania gospodarki częściami zamiennymi,
- wyeliminowania błędów eksploatacyjnych,

jednostki badawcze w celu:

- opracowania danych wyjściowych do badań symulacyjnych,
- udoskonalenia dalszych badań.

#### 4. Zakończenie

Instytut Mechanizacji Górnicstwa Politechniki Śląskiej prowadzi aktualnie badania eksploatacyjne kompleksu zmechanizowanego wyposażonego w kombajn KWB-3RDS, przenośnik "Rybnik 73", obudowę zmechanizowaną typu Hemscheidt pracującego w ścianie 502/I KWK "Moszczenica" Bejon Szybów Zachodnich.

Dotychczasowe obserwacje wykazały dużą zawodność podstawowych maszyn i urządzeń pracujących w przodku.

Wstępne opracowanie danych wskazuje, że najbardziej zawodnym elementem kompleksu jest przenośnik, którego uszkodzenia stanowią 48% liczby wszystkich uszkodzeń kompleksu, natomiast sumaryczny czas usuwania powstałych uszkodzeń jest największy dla kombajnu i stanowi 67% czasu postoju kom-



pleksu spowodowanego uszkodzeniami.

Przerwy technologiczne stanowią 19% sumarycznego czasu postoju kompleksu. Mała wartość współczynnika wykorzystania czasu pracy kompleksu ( $k_w = 0,3$ ) wskazuje na duże rezerwy tkwiące w odpowiedniej organizacji pracy i właściwej eksploatacji urządzeń. Dokładna analiza wskaźników niezawodnościowych będzie przedmiotem odrębnego opracowania.

Celem obniżenia kosztów, spowodowanych niewłaściwym wykorzystaniem drogich urządzeń przodka wybierkowego, należałoby wprowadzić zasadę stałych badań eksploatacyjnych oraz badań nad poprawą niezawodności działania i trwałości podstawowych zespołów i elementów kompleksu zmechanizowanego.

Powyższe badania winny być prowadzone z uwzględnieniem następujących czynników, decydujących o ekonomice pracy zastosowanych urządzeń:

- duży koszt uzbrojenia ściany (kompleksu zmechanizowanego) przekraczający nieraz kwotę 100 000 000 zł.
- mały stopień wykorzystania czasu pracy kompleksu,
- możliwość wyeliminowania elementów najbardziej zawodnych,
- możliwość zwiększenia skuteczności działania poprzez poprawę organizacji pracy w przodku oraz przestrzeganie terminów przeglądów konserwacyjnych i remontów planowych,
- właściwe zorganizowanie planowej gospodarki częściami zamiennymi.

Zapewnienie skuteczności działania kompleksu zmechanizowanego wymaga zastosowania maszyn i urządzeń o dużej niezawodności ze względu na szeregową strukturę niezawodności kompleksu. Zadanie to można zrealizować tylko przy ścisłej współpracy konstruktorów producentów i użytkowników.

Biorąc pod uwagę trudności oraz duże koszty związane z prowadzeniem badań eksploatacyjnych, powyższym badaniom powinny być poddawane przede wszystkim te maszyny i urządzenia, które są lub będą produkowane w dużych seriach.

W celu zebrania, uporządkowania i opracowania dużej liczby danych eksploatacyjnych powinien być utworzony skuteczny system zbierania danych o uszkodzeniach, występujących w trakcie eksploatacji oraz gospodarce częściami zamiennymi z dokładnym podaniem przyczyn powodujących reklamacje lub ewentualne uwagi. Działanie takiego systemu i określenie wskaźników niezawodnościowych elementów, podzespołów i zespołów maszyn górniczych jest jednym z warunków utworzenia planowanego systemu API (automatyzacji prac inżynierskich), ponieważ wskaźniki niezawodności są w tym systemie jedną z podstawowych charakterystyk technicznych.

#### LITERATURA

- [1] Reliability Handbook, Executive Head, Department of Industrial Engineering Stanford University, New York San Francisco Toronto London Sydney 1966.
- [2] Bojarski W.W.: Wprowadzenie do oceny niezawodności działania układów

technicznych. PWN Warszawa 1967.

- [3] Topszijew A.W.: Nadieźnost gornych maszin i kompleksów. Izdatielstwo "Niedra", Moskwa 1968.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ

##### Р е з ю м е

В статье представлены структуры надёжности комплекса и условия, определяющие его надёжность. Охарактеризованы эксплуатационные исследования механизированного комплекса и методы проведения наблюдений. Намечается задачи и указывается на необходимость осуществления испытаний на надёжность и создания системы отбора данных по эксплуатации как пути повышения эффективности работы механизированного комплекса.

#### INVESTIGATIONS CONCERNING THE RELIABILITY OF MECHANISED COMPLEXES

##### S u m m a r y

In the paper the complex reliability structure, as well as its brief for-designs which determine the reliability, have been presented. The exploitation investigations of the mechanised complex and some methods of observation have been characterized. The aims and necessity of conducting reliability investigations as well as the way of collecting exploitation data, which serve to improve the effectiveness of mechanised complex's activity, were discussed too.