

WOJCIECH SKOCZYŃSKI
CENTRALNY OŚRODEK
PROJEKTOWO-KONSTRUKCYJNY
MASZYN GÓRNICZYCH KOMAG
GLIWICE

PRZEGLĄD PRZEDSIĘWZIĘĆ NAUKOWO-TECHNICZNYCH
POPRAWIAJĄCYCH TRWAŁOŚĆ I NIEZAWODNOŚĆ
MASZYN GÓRNICZYCH

Realizując współczesne kierunki i wytyczne poprawy efektywności gospodarowania i jakości produkcji, COPKMG KOMAG podjął szereg opracowań z zakresu doskonalenia konstrukcji i budowy maszyn, zmierzających do wydajnej poprawy ich trwałości i niezawodności. Wykorzystując wyniki badań eksploatacyjnych, nowoczesne techniki obliczeń numerycznych oraz osiągnięcia inżynierii materiałowej, zrealizowano lub wydatnie zaawansowano prace podwyższające trwałość i niezawodność wszystkich grup maszyn ścianowych. Podjęto także prace wyprzedzające, zmierzające do stworzenia i zastosowania metodyk prognozowania niezawodności maszyn, dla potrzeb produkcji i eksploatacji.

1. Wprowadzenie

Ekstensywne metody rozwoju środków mechanizacyjnych, sprowadzające się do podwyższania parametrów znamionowych maszyn, głównie mocy i wydajności, zostały praktycznie wyczerpane. Ograniczenia wynikające ze specyfiki warunków eksploatacji górniczej, jak: wymiary wyrobisk, wymagania wentylacji, możliwości przemieszczania /montażu/ ciężarów itd. wymuszają zmianę koncepcji mechanizacyjnej w kierunku intensyfikacji pracy maszyn.

Intensyfikacja, polegająca na poprawie wskaźników wykorzystania parametrów znamionowych, wymaga wydajnej poprawy charakterystyk trwałościowych i niezawodnościowych systemów maszynowych /kompleksów/, jak i poszczególnych maszyn składowych. W artykule dokonano przeglądu prac z zakresu in-

formatyki o trwałości i niezawodności maszyn górniczych, jak również prac badawczych nad poprawą trwałości ich elementów i zespołów produkowanych seryjnie. Szczególną uwagę poświęcono pracom wyprzedzającym, zmierzającym do stworzenia i zastosowania metodyk prognozowania trwałości maszyn dla potrzeb eksploatacji.

Celem zilustrowania wpływu niezawodności na efektywność eksploatacji maszyn, można posłużyć się przykładem kompleksu ścianowego kombajnowego, złożonego z: obudowy typu FAZOS, kombajnu KWB-3RDU oraz przenośnika RYBNIK-73. Maszyny te produkowane są seryjnie, a ich znamionowe charakterystyki techniczne [5, 7, 8] można w skrócie przedstawić następująco:

Obudowa FAZOS

- wielkość III wysoka do wyrobisk zawałowych od 1,7 do 3,5 m.

Kombajn dwubębnowy ramionowy KWB-3RDU

- wydajność średnia $Q_k = 600$ /t/h/
- głębokość zabioru 0,63 m
- moc ciągną 2x135 kW
- napięcie zasilania 1000 V
- organ urabiający ślimakowy 1500 lub 1600 mm.

Przenośnik RYBNIK-73/I lub RYBNIK-73/II

- wydajność średnia $Q_p = 450$ /t/h/
- moc silników elektrycznych 3x90 kW lub 4x90 kW
- prędkość łańcucha 1,13 m/s

Pracując na kopalniach: Rozbark, Dymitrow, Pokój kompleks ten osiągnął następujące wydajności dobowe:

KWK Rozbark	1445 t/dobę
KWK Dymitrow	1089 t/dobę
KWK Pokój	2322 t/dobę

Jak łatwo stwierdzić, najwyższa wydajność rzeczywista stanowiła około 16,2% wydajności znamionowej, wynikającej z charakterystyki technicznej kombajnu.

Z prowadzonych na tych kopalniach badań niezawodnościowych [4] wynika, że przerwy w wydobywaniu, powodowane uszkodzeniami maszyn oraz wskaźniki gotowości K_g [4] wynosiły odpowiednio:

	<u>Przerwy w wydobywaniu</u>	<u>Wskaźnik gotowości K_g</u>
KWK Rozbark	4,1 h/dobę	0,825
KWK Dymitrow	1,6 h/dobę	0,879
KWK Pokój	2,7 h/dobę	0,821

Zmniejszenie czasów przerw wydobycia tylko o 10% dałoby efekty produkcyjne wyrażające się masą około 170 t/dobę urobku, łącznie z trzech wymienionych kopalń o wartości około 93 500,- zł. Przy tych samych proporcjach w przeliczeniu dla całego resortu MG efekt produkcyjny wyraziłby się masą około 5,61 mln ton węgla rocznie, uzyskaną bez nakładów inwestycyjnych i uruchamiania nowych oddziałów wydobywczych.

Możliwość realizacji takich przedsięwzięć zależy w głównej mierze od miarodajnego poznania przyczyn uszkodzeń maszyn oraz zrealizowania prac eliminujących lub wydatnie ograniczających takie uszkodzenia.

2. Krótka charakterystyka dominujących uszkodzeń maszyn ścianowych

Wykorzystując obszerne dane statystyczne banku informatycznego Vademecum MS za lipiec 1976 r. w tablicy 1 zestawiono syntetyczny wyciąg charakteryzujący udziały poszczególnych rodzajów maszyn ścianowych w globalnym czasie przerw w pracy spowodowanych uszkodzeniami, a w tablicy 2 wielkości te tylko dla stacji napędowych przenośników.

Tablica 1

Udział poszczególnych maszyn ścianowych
w przerwach wydobycia w skali PW
za miesiąc lipiec 1976 r.

Maszyny ścianowe	Liczba uszkodzeń	Czas postoju h	Udział zespołów w uszkodz. %
Kombajny węglowe typu: KB-125/z/ KWB-3DS KWB-3DF KWB-3RDS KWB-3RDU	2 091	4 491	61,94
Przenośniki zgrzeblowe typu: SAMSON-67A ŚLĄSK-67A GROT-67A SAMSON-NP RYBNIK-73	1 020	2 759	38,06
R a z e m:	3 111	7 250	100,00

Z tablicy 2 wynika, że dominującymi przyczynami powodującymi przerwy wydobycia są uszkodzenia: silników elektrycznych, przekładni zębatych i sprzęgieł hydrokinetycznych. Ze względu na ograniczenia obszerności publikacji niżej zestawiono jedynie najważniejsze przyczyny uszkodzeń wymienionych podzespołów, których obszerne analizy można znaleźć w pracach [1, 2, 3]. Pominięto także problematykę uszkodzeń silników elektrycznych, leżącą poza specjalizacją COPKMG KOMAG.

Tablica 2

Uszkodzenia stacji napędowych
przenośników zgrzeblowych w skali PW
w okresie VI-XII/76

Zespoły stacji napędowych przenośników zgrzeblowych typu: SAMSON-67A ŚLĄSK-67A GROT-67A SAMSON-NP RYBNIK-73	Orientacyjne miesięczne wartości średnie		
	liczba uszkodzeń	czas postoju h	udział zespołów w uszkodz. %
Silnik elektryczny	375	680	45,33
Sprzęgło hydrokinetyczne	83	142	9,47
Przekładnia zębata	65	215	14,33
Gwiazda łańcuchowa	45	103	6,87
Konstrukcja napędu	19	44	2,93
Inne uszkodzenia napędu	165	316	21,07
R a z e m:	752	1 500	100,00

- 2.1. Przyczyny uszkodzeń przekładni zębatych do napędu przenośników zgrzeblowych: SAMSON, ŚLĄSK, GROT, RYBNIK można scharakteryzować następująco:
- niewydolność układów smarowniczych zwłaszcza w warunkach eksploatacji pokładów nachylonych,
 - przeciążenie maszyny w porównaniu z parametrami założonymi,
 - niedostosowanie układów łożyskowych do rzeczywistych obciążeń,
 - błędy wykonawcze i montażowe.
- 2.2. Przyczyny uszkodzeń sprzęgieł hydrokinetycznych typów: SH-55, SH-100/75:
- ubytki oleju w sprzęgle na skutek nieszczelności,
 - przeciążenie maszyny roboczej i przegrzewanie sprzęgła,
 - nieprawidłowości kinematyczne.
- 2.3. Typowe uszkodzenia elementów sterowniczych obudów zmechanizowanych:
- uszkodzenia pierścieni uszczelniających,
 - uszkodzenia mechaniczne współpracujących powierzchni zaworów na skutek zanieczyszczeń,
 - pęknięcia elementów rozdzielaczy.
- 2.4. Uszkodzenia elementów złącznych łańcuchów ogniowych /ogniwa szybkozłączne i zamki boczne/:
- zerwanie połączenia kołkowego w obrębie widełek i otworów na kołki łączące.

3. Główne kierunki prac nad poprawą trwałości i niezawodności maszyn

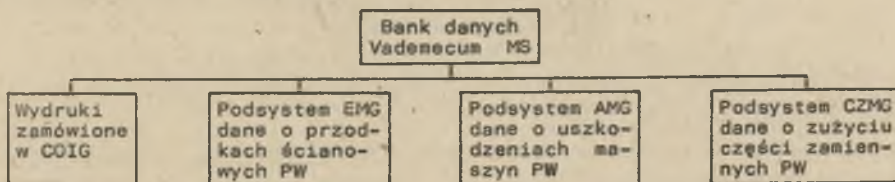
Z przeglądu uszkodzeń podstawowych maszyn górniczych, dokonanego w pkt.1, wynika konieczność wielostronnego, kompleksowego podejścia do prac nad poprawą ich trwałości i niezawodności. Problem komplikuje dodatkowo stan wiedzy w dyscyplinach podstawowych, streszczający się brakiem uniwersalnych związków pomiędzy charakterystykami niezawodnościowymi a parametrami technicznymi obiektów. Wynikiem tego stanu jest konieczność każdorazowych badań niezawodnościowych obiektów, poddanych zabiegom inżynierskim zmierzającym do poprawy niezawodności. W związku z tym uznano, że dla realizacji programu poprawy trwałości i niezawodności konieczne są równoległe przedsięwzięcia i organizacja systemu informatycznego o uszkodzeniach zespołów i elementów maszyn w eksploatacji oraz programowane badania modelowe i stanowiskowe różnych rozwiązań inżynierskich elementów i zespołów maszyn.

3.1. System informatyczny o uszkodzeniach zespołów i elementów maszyn.

Wieloletnie doświadczenia w eksploatacji maszyn górniczych wyłoniły potrzebę posiadania systemu informatycznego o uszkodzeniach tych maszyn. W zależności od przeznaczenia system informatyczny zawiera:

- szczegółowe analizy uszkodzeń poszczególnych typów maszyn górniczych, sporządzane i drukowane przez EMC dla potrzeb fabryk oraz jednostek zaplecza,
- globalne zestawienie uszkodzeń dla potrzeb zarządzania, obejmujące dłuższe okresy czasowe, zawierające czasy przerw spowodowane uszkodzeniami podstawowych typów maszyn.

W pierwszym etapie skoncentrowano się na podstawowych maszynach kompleksów ścianowych, tj. obudowach, kombajnach i przenośnikach ścianowych. Liczba występujących uszkodzeń oraz trudności z uzyskiwaniem wiarygodnych informacji wykluczają praktyczną możliwość objęcia systemem pozostałych urządzeń. Wiarygodność danych jest podstawowym warunkiem trafności podejmowania zarówno decyzji gospodarczych, organizacyjnych, jak również przedsięwzięć techniczno-ekonomicznych. Dotychczasowe prace nad organizacją systemu informatycznego podjęte były w KOMAG-u przez wdrożenie systemu Vademecum MS, którego strukturę pokazano na rys.1.



Rys.1. Struktura systemu Vademecum MS

System przystosowano do wykorzystania danych gromadzonych przez COIG w miesięcznych przedziałach czasowych na taśmach magnetycznych dla każdego zjednoczenia PW oddzielnie. System ten podzielono na 3 podstawowe podsystemy, wykorzystujące różne banki danych:

- EMG - analiz efektywności eksploatacji maszyn górniczych wykorzystujący dane źródłowe z systemu IOS-8 opracowanego przez COIG,
- AMG - analiz uszkodzeń wg systemu I-EAD1-4,
- CZMG - analiz zużycia części zamiennych z systemu I-ZGM.

Banki danych dla wszystkich trzech systemów są wykorzystywane za pomocą specjalnego programu ADP-1 z translatozem kodu ASC II na kod BCD. Jak dotychczas dane statystyczne otrzymywane z COIG-u odbiegają od rzeczywistości, co potwierdziły wyrywkowe analizy w trakcie prowadzonych obserwacji eksploatacyjnych.

Dla poprawy wiarygodności banków danych celowe wydaje się włączenie do systemu rejestracji uszkodzeń odpowiednich służb użytkownika, tj. służby magazynowej oraz dozoru technicznego kopalń. Stworzenie oddzielnych komórek organizacyjnych do wyłącznej obserwacji pracy kompleksów wymagałoby olbrzymich nakładów finansowych i kadrowych w jednostkach naukowo-badawczych. Proponowane włączenie odpowiednich służb kopalni jest rozwiązaniem zupełnie realnym, nie wymagającym większych nakładów i wysiłku.

3.2. Stanowiska badawcze do badań przyspieszonych przydatności rozwiązań inżynierskich z zakresu trwałości i niezawodności.

Zdając sobie sprawę z ograniczeń możliwości wnioskowania o niezawodności obiektów technicznych w eksploatacji na podstawie wyników badań przyspieszonych [6] zdecydowano się na prowadzenie tych badań metodą porównawczą.

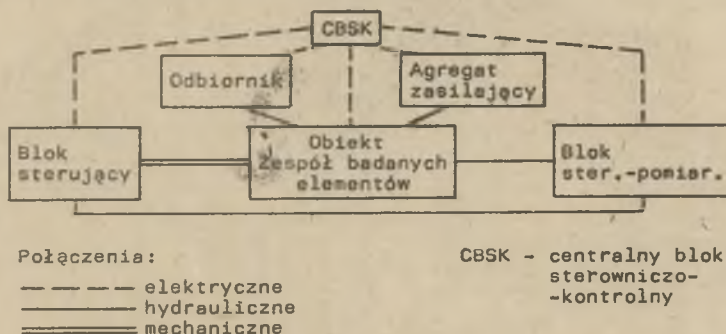
Stosunkowo najszerszy wachlarz trwałościowych badań stanowiskowych powstał dla zespołów obudów. Podjęte w COPKMG KOMAG badania trwałościowe elementów obudów umożliwiają przeprowadzenie całego cyklu w przedziale czasowym około 500 razy krótszym od rzeczywistego. Proces badań został prawie całkowicie zautomatyzowany, a czynności obsługi sprowadzają się do okresowej kontroli oraz montażu i demontażu zespołu.

Stanowisko do badań, o których mowa wyżej, składa się z kilku sekcji, które w wyniku niewielkich modyfikacji w oprzyrządowaniu i symulacji obciążeń przystosowano do badań takich zespołów obudowy, jak:

- siłowników hydraulicznych,
- stojakowych bloków zaworowych wszystkich typów badanych indywidualnie bądź ze stojakiem,
- rozdzielaczy stojakowych wszystkich typów badanych indywidualnie bądź ze stojakiem.

Stanowisko to jak dotychczas nadaje się do wykorzystania w zakresie obciążeń do 500 kN. Opracowano również dokumentację stanowiska rozszerzając zakres obciążeń do 2 MN, które jest w trakcie wykonawstwa.

Schemat blokowy uniwersalnego stanowiska do badań siłowników i elementów sterowania obudową przedstawiono na rys.2.



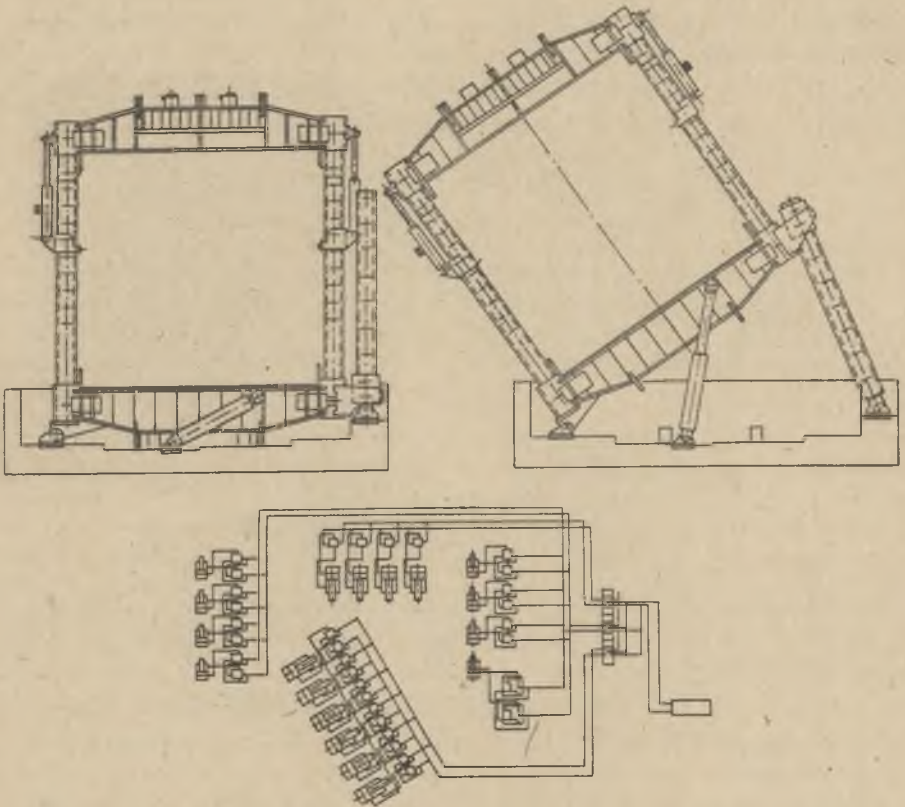
Rys.2. Schemat blokowy stanowiska do badań siłowników i elementów sterowania obudową

Stanowiska do badań nośności i trwałości całych sekcji wszystkich typów obudów oraz sekcji i zespołów indywidualnych zaprojektowano jako uniwersalne stanowiska do:

- badań kinematyki i nośności w pokładach nachylonych takich typów obudów, jak: FAZOS, GLINIK, SOW w wysokości $H = 1-4,5$ m; charakterystykę stanowiska podano na rys.3,
- badań niszczących obudów zmechanizowanych typu FAZOS, GLINIK, KRAB, SOW w sekcjach kompletnych przy obciążeniach do 10 kN; stanowisko to przystosowane jest również do badań nośności elementów łańcucha kinematycznego obudowy, tj. spęgnic, stropnic osłon odzawałowych oraz stojaków i siłowników hydraulicznych.

Przyjęta metodyka badań gwarantuje przeprowadzenie ich w sposób kompleksowy i obejmuje:

- sprawdzenie zgodności wykonawstwa z dokumentacją techniczną,
- sprawdzenie kinematyki układu co najmniej trzech sekcji, gdy konstrukcja nie przewiduje połączeń z sekcjami sąsiednimi lub co najmniej dwóch zestawów sekcji w wypadku istnienia takich połączeń,
- sprawdzenie układu sterującego,
- sprawdzenie układu podporowego,
- weryfikację naprężeń w poszczególnych węzłach układu kinematycznego /pomiaru tensometryczne/ przy podporności roboczej,



Charakterystyka techniczna

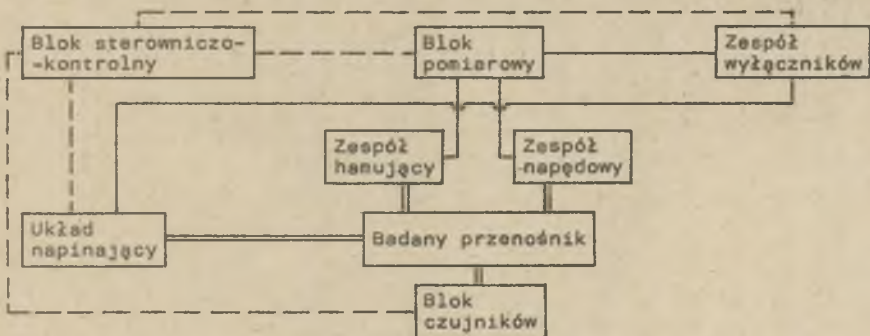
Maksymalny prześwit między belkami oporowymi	4,87 m
Minimalny prześwit między belkami oporowymi	1,02 m
Obciążenie stropowe na stoisku przy czterech siłownikach	4000 kN/ok.400 T/
Liczba siłowników w stropie	4
Skok siłownika stropowego	0,8 m
Ciśnienie zasilania	20 MPa/ok.200 kg/cm ² /
Medium układu hydraulicznego stoiska	hydraul 20.P
Dopuszczalne obciążenie jednej ramy	2500 kN/ok.250 T/.
Maksymalne nachylenie stoiska	33°

Rys.3. Stoisko do badań obudów zmechanizowanych

- weryfikację naprężeń elementów nachwytowych siłowników hydraulicznych pod ciśnieniem zasilania,
- określenie parametrów niszczących elementy sekcji obudowy.

Spośród badań pozostałych elementów kompleksu ścianowego na uwagę zasługuje jeszcze stanowisko do określania trwałości kół gwiazdowych i łańcuchów przenośników zgrzeblowych typu SAMSON i ŚLASK, którego schemat blokowy pokazano na rys.4. Stanowisko to pozwoliło wraz z przyjętą metodyką na pomiary:

- zużycia ogniw i wydłużenie łańcuchów,
- zużycia kół gwiazdowych i kontrolę poprawności wykonania.



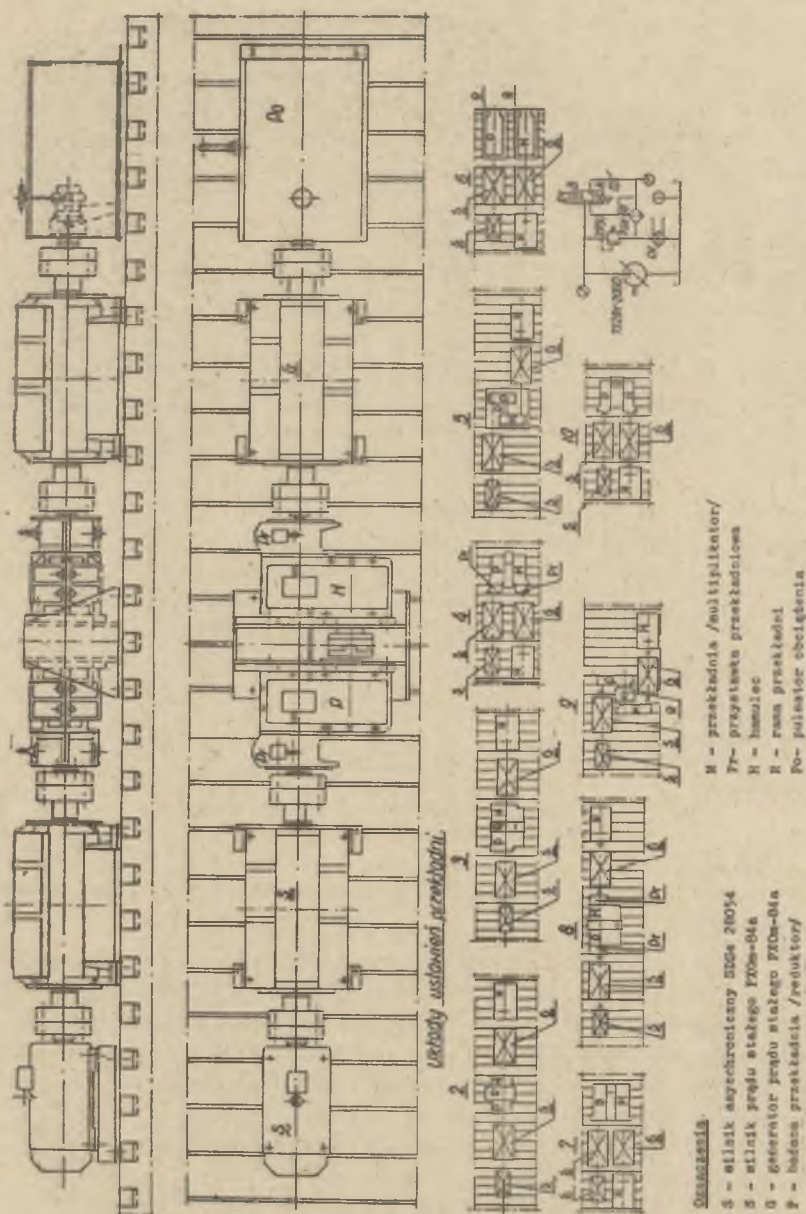
Połączenia:

- ==== mechaniczne
- .-.- elektryczne
- elektryczno-energetyczne

Rys.4. Schemat blokowy stanowiska do badań przenośników zgrzeblowych

Na rys.5 pokazano projekt wstępny stanowiska do badań przekładni zębatych obejmujących:

- badanie wszystkich typów przekładni klasycznych stosowanych w górnictwie i w innych resortach, jak również przekładni planetarnych,
- zapewnienie bezstopniowej symulacji obciążeń statycznych i dynamicznych wg zadanego programu,
- badanie wpływu termicznego oddziaływania sprzęgła hydrokinetycznego na trwałość elementów przekładni,
- badanie wpływu niskiej trwałości elementów podatnych sprzęgła elastycznego na trwałość elementów przekładni,
- wskazywanie najsłabszych ogniw łańcucha kinematycznego przekładni, a tym samym podjęcie badań specjalistycznych elementów i podzespołów, np.: uzębień i łożyskowań.



Rys. 5. Stanowisko badawcze przekładni zębatych przy obciążeniach stałych

Jak więc widać stanowisko przedstawione na rys.5 stanowi jedno z podstawowych ogniw w procesie wdrażania przekładni określonych jako nienaprawialne w warunkach dołowych o określonym zasobie pracy.

4. Podsumowanie

- 4.1. System informatyczny o uszkodzeniach maszyn w eksploatacji stanowi nieodzowne narzędzie w pracach nad poprawę trwałości i niezawodności maszyn górniczych, wymaga on jednak dalszego doskonalenia jakościowego i ilościowego.
- 4.2. Badania przyspieszone trwałości elementów, prowadzone metodami porównawczymi, mogą być wykorzystywane w pracach badawczo-rozwojowych jako zastępcze do czasu opracowania dokładnych, naukowo uzasadnionych metod programowania trwałości eksploatacyjnej obiektów na podstawie wyników badań stanowiskowych.
- 4.3. Ze względu na poważne efekty ekonomiczne i techniczne, wynikające z zastosowania badań przyspieszonych, należy rozwijać ten kierunek prac przez budowę stałych stacji prób dla różnych typów maszyn górniczych i ich elementów.
- 4.4. Należy uintensyfikować prace podstawowe, zmierzające do stworzenia naukowo uzasadnionych metod wnioskowania o zachowaniu się obiektu technicznego w eksploatacji na podstawie wyników stanowiskowych badań przyspieszonych.

Literatura

- [1] Analiza nr 9 Vademecum MS; Dane z systemu I-EAD COPKMG KOMAG, Gliwice 1976.
- [2] Analiza nr 11 cz.1 Vademecum MS; Dane z systemu I-EAD COPKMG KOMAG, Gliwice 1976.
- [3] Analiza nr 11 cz.2 Vademecum MS; Dane z systemu I-EAD COPKMG KOMAG, Gliwice 1976.
- [4] Atestowanie kompleksów kombajnowych pod względem trwałości i niezawodności; Opracowania wewnętrzne COPKMG KOMAG, Gliwice 1976.
- [5] Instrukcja montażu transportu i obsługi ścianowej obudowy zmechanizowanej FAZOS. COPKMG KOMAG, Gliwice 1976.
- [6] J.Orlacz: Zastosowanie badań przyspieszonych w ocenie niezawodności maszyn górniczych. Zeszyty Naukowe Górnictwa nr 78/77, Gliwice 1977.
- [7] Przenośniki zgrzeblowe. Informator techniczny COPKMG KOMAG, Gliwice 1976.
- [8] Ścianowe kombajny węglowe. Informator techniczny COPKMG KOMAG, Gliwice 1976.

ИНТЕРВЬ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ
ГОРНЫХ МАШИН

Резюме

Осуществуют современные направления повышения эффективности хозяйства и качества производства, институт КОМАГ предпринял ряд работ для совершенствования конструкции и машиностроения с целью улучшения надёжности и долговечности. Пользуясь результатами, новейшую вычислительную технику и достижения материаловедения покончено или подготовлено работы для улучшения надёжности и долговечности всех типов горных машин. Предпринимты тоже работы с целью применения методики прогноз надёжности машин нужни производству и эксплуатации.

REVIEW OF SCIENCE AND TECHNOLOGICAL ACTIVITY
FOR RELIABILITY AND LIFE IMPROVEMENT

Summary

Economical efficiency and product quality are the main subjects of KOMAG organization activity for to date design as well as research works upon reliability and life of mining machines. The results of operating tests, application of digital calculations and stuff engineering have given remarkable effects of reliability and life improvement of all types of long wall machines. Another advance works upon forecasting methodology of reliability have been introduced for manufacturing and operating use.