

AUGUSTYN WIANECKI  
LEONARD POZOR

GŁÓWNE BIURO STUDIÓW I PROJEKTÓW GÓRNICZYCH  
BIURO STUDIÓW I TYPIZACJI  
KATOWICE

BADANIA NUMERYCZNE WPŁYWU NIEZAWODNOŚCI PRACY ELEMENTÓW  
SYSTEMU MASZYNOWEGO Z TRANSPORTEM CIĄGŁYM NA ZDOLNOŚĆ  
WYDOBYWCZĄ I PRZEPUSTOWOŚĆ TRANSPORTOWĄ KOPALNI

W Głównym Biurze Studiów i Projektów Górniczych w Katowicach przeprowadzono badania numeryczne wpływu niezawodności pracy głównych elementów projektowanego na poz. 830 m kopalni XXX-Lecia PRL systemu maszynowego z transportem ciągłym, na zdolność wydobywczą i przepustowość transportową.

W szczególności przedmiotem badań był wpływ niezawodności pracy następujących elementów systemu:

- przodków ścianowych wyposażonych w kombajny,
- przenośników transportu głównego,
- urządzenia wyciągowego.

Badania przeprowadzono na maszynie cyfrowej ODRA-1305, wykorzystując opracowany w GBSiPG program TG-10 do obliczania systemów maszynowych z transportem ciągłym.

W rezultacie badań określono wpływ awaryjności głównych elementów systemu na zdolność wydobywczą przodków oraz maksymalną przepustowość systemu i wykorzystanie zaprojektowanej ładowności zbiorników wyrównawczych.

## 1. Wstęp

Od 1971 roku w Głównym Biurze Studiów i Projektów Górniczych w Katowicach prowadzone są prace nad cyfrowym odwzorowaniem i badaniami numerycznymi systemów maszynowych z transportem ciągłym w głębinowych kopalniach węgla kamiennego. Badania realizowane są na maszynach cyfrowych z wykorzystaniem metody symulacji. Opracowano kilka programów, które etapowo rozwiązują coraz trudniejsze zagadnienia procesu wydobywczo-transportowego kopalni. Poprzednie etapy prac opublikowano w [1], [2], [3].

Obecnie przedstawiony zostanie wykonany w 1978r. program TG-10 na maszynie cyfrowej Odra 1305 w języku FORTRAN. Program ten służy przede wszystkim do wykonywania analiz projektowych różnego rodzaju układów transportu ciągłego w celu doboru typu i wydajności przenośników oraz określenia potrzebnej ładowności zbiorników wyrównawczych. Program TG-10 może być jednak wykorzystany również do symulacyjnego badania wpływu niezawodności pracy elementów systemu na jego wydajność. Poza ogólnymi zasadami budowy programu, omówiono tu również zrealizowane z jego pomocą obliczenia numeryczne dla projektowanego układu transportu ciągłego na poz.830 m kop.XXX-Lecia PRL /wydobycie 21500 Mg/d brutto w 1991r/. Obliczenia te zrealizowano w ramach badań weryfikacyjnych programu [4], które oprócz wst. układu obejmowały:

- istniejący układ transportu na poz.705 m w I półroczu 1978 roku o wydobyciu 12000 Mg/d brutto,
- układ transportu na poz.705 m projektowany na okres osiągnięcia docelowego wydobycia 15000 Mg/d netto /z wariantowaniem procentowego udziału zanieczyszczeń węgla w granicach 25-50 %/.

## 2. Ogólna charakterystyka programu /TG-10/ symulacji procesu wydobywco-transportowego kopalni

Program TG-10 obejmuje swoim zakresem analizę przebiegu procesów wydobywco-transportowych kopalń jednopoziomowych z ciągłym transportem poziomym od przodków do szybu i zbiornikami wyrównawczymi o ograniczonej ładowności.

Poprzednie wersje programów analizowały proces magazynowania urobku w zbiorniku przyszybowym o nieograniczonej jego ładowności i mogły być wykorzystane do celów projektowych. Wprowadzenie możliwości analizy procesu magazynowania urobku w zbiorniku przyszybowym o ograniczonej ładowności rozszerza zakres zastosowań programu do celów analizy funkcjonowania istniejących systemów wydobywco-transportowych w KWK, zwłaszcza w przypadkach rozwoju i przy zmianach frontu eksploatacyjnego.

Wymagało ono całkowicie odmiennego niż dotychczas podejścia do budowy całego programu. W szczególności zadawana ograniczona ładowność zbiornika przyszybowego wymagała algorytmicznego ujęcia "sprzężeń zwrotnych", czyli uwzględnienia skutków przepełnienia zbiornika na pracę przenośników transportu głównego, polowych zbiorników wyrównawczych, przenośników odstawy oddziałowej i na pracę przodków.

Przepełnienie zbiornika przyszybowego może spowodować łańcuch następujących skutków w elementach systemu:

- postój przenośników transportu głównego,

- w konsekwencji postoju przenośników transportu głównego napełniają się połowe zbiorniki wyrównawcze,
- przepełnienie połowych zbiorników powoduje postój przenośników odstawy oddziałowej i bezpośrednie postoje przodków eksploatacyjnych oraz związane z tym straty w produkcji przodków.

Program TG-10 odwzorowuje ww. sprzężenia między elementami systemu. Dla algorytmicznego ujęcia i rozwiązania zagadnienia w programie przyjęto wykonywanie analizy stanów pracy i postojów każdego elementu systemu maszynowego w minutowych przedziałach czasu /przez elementy systemu rozumie się kombajny, strugi, przenośniki taśmowe, zbiorniki wyrównawcze, urządzenie wyciągowe/.

Do postojów elementów systemu wliczone są postoje awaryjne lub technologiczne. Do postojów technologicznych zalicza się np. postój kombajnu spowodowany wykonywaniem przekładki przenośnika lub postój przenośnika z powodu przepełnienia się zbiornika.

W wyniku szczegółowej analizy stanów pracy i postoju każdego z elementów systemu oraz ujęcia wpływu ich wzajemnego oddziaływania uzyskuje się z programu zmianowe charakterystyki:

- spływu masy urobku z przodków,
- natężenia przepływu masy urobku przez zadane węzły sieci transportowej,
- poziomów napełnienia zbiorników wyrównawczych,

w minutowych lub 5 minutowych przedziałach czasu. Poza tym program oblicza straty w produkcji przodków, spowodowane przepełnieniem zbiorników oddziałowych lub postojem przenośników.

Ww. charakterystyki stanowią podstawę do identyfikacji ilościowej i jakościowej każdego elementu systemu maszynowego oraz systemu jako całości.

W szczególności program TG-10 określa zdolność wydobywczą przodków i przepustowość transportową systemu maszynowego z transportem ciągłym.

### 3. Badania zdolności wydobywczej i przepustowości transportowej kopalni XXX-Lecia PRL

#### 3.1. Założenia

Badania zdolności wydobywczej przodków i przepustowości transportowej przeprowadzono dla projektowanego systemu maszynowego z transportem ciągłym na poz.830 m kop.XXX-Lecia PRL.

Badany układ transportowy przedstawiono na rys.1. Zaprojektowany on

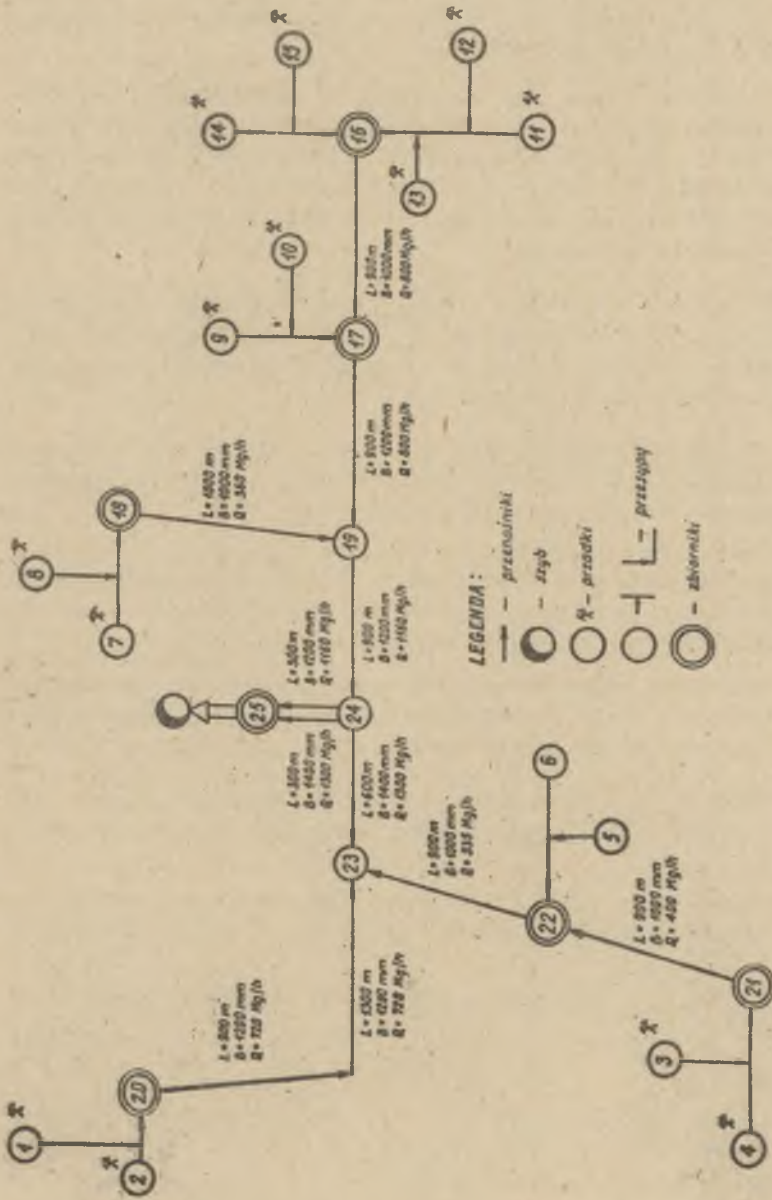


Fig. 1 Schemat systemu maszynowego z transportem ciągłym na poz. 870m krp. XXX-Lecia PHL

został na etap osiągnięcia docelowego wydobycia 21500 Mg/d brutto z poziomu w 1991 roku. Charakteryzuje się on wyposażeniem w przenośniki taśmowe typu Gwarek, sześcioma polowymi zbiornikami wyrównawczymi o ładowności 500 Mg każdy i przyszybowym zbiornikiem o ładowności 1500 Mg. Wydajność godzinowa szybu wynosi 1800 Mg/h /czas pracy szybu 16,5 h/d/. Organizacja pracy transportu trzymianowa, po 6 godzin/zm.

Badano, jaki wpływ na zdolność wydobywczą i przepustowość transportową wywiera niezawodność pracy głównych elementów systemu, takich jak:

- kombajny,
- przenośniki magistralne,
- urządzenie wyciągowe.

Badania numeryczne przeprowadzono na emc Odra 1305 z wykorzystaniem programu TG-10. Przedmiotem wariantowania były następujące zmienne parametry:

- wskaźnik gotowości przodków do pracy zmieniany dla każdego z 15 przodków w zakresie  $k = 0,3-1$  z krokiem równym 0,1,
- średni czas trwania awarii przenośników magistralnych podających urobek do przyszybowego zbiornika wyrównawczego, zmieniany w granicach 0-1 godz. z krokiem równym 0,1, /przy "stałym" średnim czasie bezawaryjnej pracy przenośników równym 18 godz./,
- średni czas trwania awarii urządzenia wyciągowego, zmieniany w granicach 0-1 godz. z krokiem równym 0,1 /przy "stałym" średnim czasie bezawaryjnej pracy urządzenia, równym 2.5 godz./;

Badania każdej z ww. zmiennych przeprowadzono oddzielnie. Pozostałe parametry techniczne i organizacyjne systemu nie były zmieniane w trakcie obliczeń. W celu skrócenia czasu trwania obliczeń na maszynie cyfrowej założono w każdym wariancie analizę pracy systemu w okresie 9 zmian wydobywczych.

### 3.2. Cel badań

Celem przeprowadzonych w BSiT badań numerycznych było określenie wpływu niezawodności w pracy głównych elementów systemu maszynowego z transportem ciągłym, takich jak: przodki, przenośnik magistralny i urządzenie wyciągowe, na zdolność wydobywczą i przepustowość transportową kopalni. Niezawodność elementów systemu wyrażona jest tu poprzez wskaźnik gotowości przodków do pracy, a w przypadku przenośników i urządzenia wyciągowego - poprzez wskaźnik awaryjności.

### 3.3. Metoda badań

W obliczeniach numerycznych kopalnianych systemów maszynowych z transportem ciągłym zastosowano metodę symulacji. Charakterystyki natęże-

nia spływu masy urobku z przodków i natężenia przepływu masy urobku przez węzły sieci transportowej tworzone są tzw. metodą "cięć czasu" w pięciominutowych przedziałach czasu na zmianach wydobywczych.

### 3.4: Badania zdolności wydobywczej przodków

Za cel badań postawiono sobie określenie wpływu niezawodności w pracy przodków na ich zdolność wydobywczą.

W obliczeniach wariantowych posłużono się wskaźnikiem gotowości przodków do pracy. Wyraża się on ilorazem  $T_p/T_p+T_a$ ,  
gdzie:

$T_p$  - średni czas nieprzerwanej pracy kombajnu /między dwoma kolejnymi postojami awaryjnymi/

$T_a$  - średni czas trwania postoju awaryjnego.

Badane przodki /15 szt./, wyposażone w kombajny, charakteryzowały się następującymi parametrami:

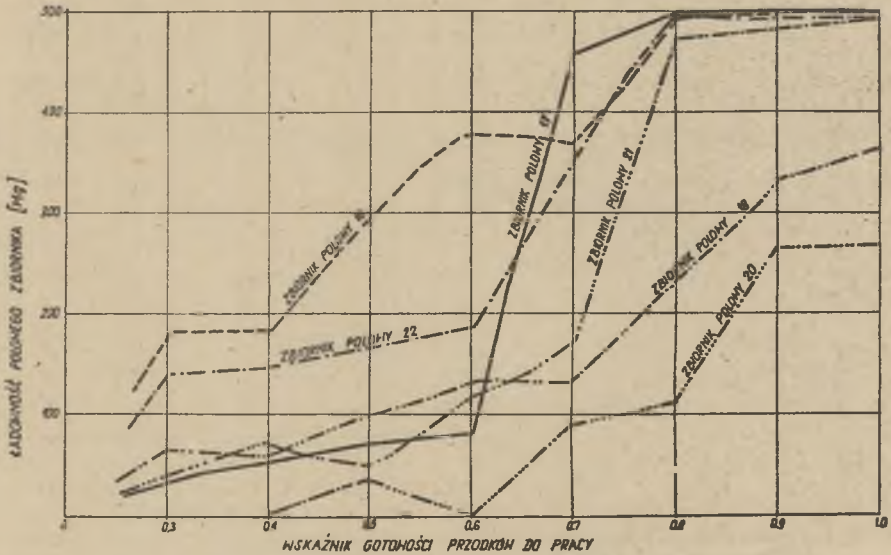
- długość ściany 185 m,
- wysokość ściany 1,5 m,
- zabiór kombajnu 0,6 m,
- ciężar wł.urobku 1,5 Mg/m<sup>3</sup>,
- czas trwania zmiany 6 godz.,
- średni czas trwania postoju w dolnej lub górnej wnęcie 58 min.,
- średni czas trwania urabiania w cyklu 62 min.,
- średni czas trwania postoju kombajnu w cyklu wariantowany w granicach 0-144 min.

Badania numeryczne wykazały, że zmiana wskaźnika gotowości przodków do pracy w granicach 0,3-1 powodowała wahania w zdolności wydobywczej odpowiednio w granicach 300-700 Mg/zm.

Dobowe wydobyte z całego poziomu /15 przodków/ wahało się w granicach 19743-27100 Mg/dobę.

Przy czym system maszynowy jak na rys.1 osiąga graniczną przepustowość równą 26310 Mg/dobę, przy projektowanym wydobyciu kopalni wynoszącym 21500 Mg/dobę. Na rys.2 zilustrowano kształtowanie się maksymalnych stanów napełnienia zbiorników polowych w zależności od wskaźnika gotowości przodków do pracy. Z rysunku widać, że ze wzrostem tego wskaźnika rośnie wykorzystanie zaprojektowanej na 500 Mg ładowności polowych zbiorników wyrównawczych.

Przy wartości 0,8 wskaźnika wykorzystanie to osiąga 100 % w większości zbiorników.



Rys. 2. Zależność maksymalnych stanów napełnienia zbiorników polowych od wskaźnika gotowości przodków do pracy

Należy podkreślić, że w kopalniach osiągających wysokie wyniki produkcyjne wskaźnik gotowości przodków do pracy osiąga właśnie tę wartość. A więc w analizowanym przypadku świadczy to o racjonalnie zaprojektowanych ładownościach zbiorników polowych.

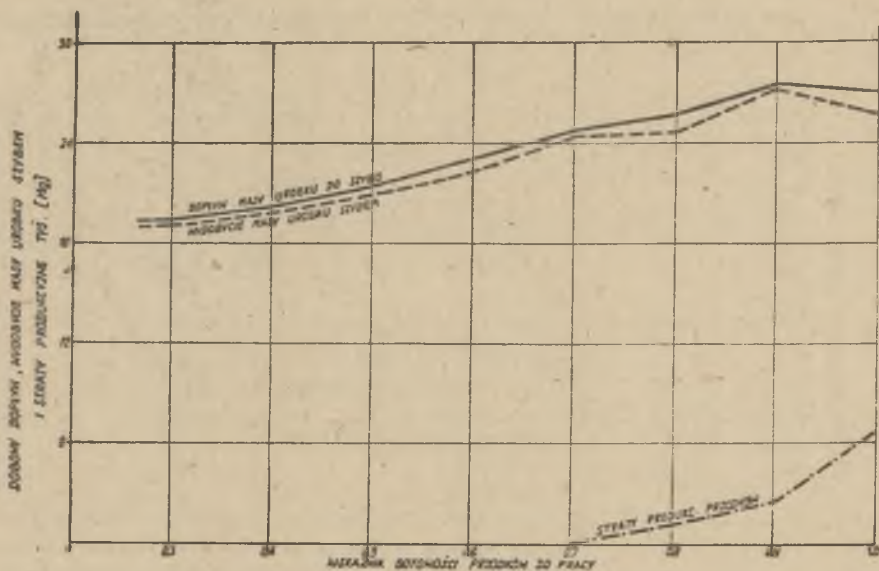
Nierównomierny wzrost ładowności zbiorników, zilustrowany na rys.2, tłumaczy się wpływem generowanych zmiennych losowych na pracę elementów systemu, który w krótkim, [9/] zmianowym okresie czasu, może być dość znaczny.

Na rys.3 przedstawiono zależności dobowego dopływu i wydobywania masy urobku szybem oraz strat produkcyjnych przodków w zależności od współczynnika gotowości przodków do pracy:

Z rysunku widać, że najpewniejszą realizację i przekroczenie planowanych dobowych zadań wydobywczych można również osiągnąć przy wartościach wskaźnika, wahających się w granicach 0,7-0,8.

W tym zakresie poszczególne elementy systemu pracują na granicy swoich zdolności przepustowych.

Dowodem tego jest wystąpienie strat w produkcji przodków, które powstają w wyniku wymuszenia ich postojem przez następujące po nich elementy ciągu technologicznego kopalni:



Rys. 3. Zależność dobowego dopływu, wydobywania masy urobku szybem i strat produkcyjnych od wskaźnika gotowości przodków do pracy

### 3.5: Badania przepustowości transportowej systemu

Celem badań było określenie wpływu czasu trwania awarii przenośników magistralnych /zainstalowanych pomiędzy polowymi, a przyszybowym zbiornikiem wyrównawczym, oraz urządzenia wyciągowego na przepustowość systemu maszynowego i na zaprojektowaną ładowność zbiorników wyrównawczych:

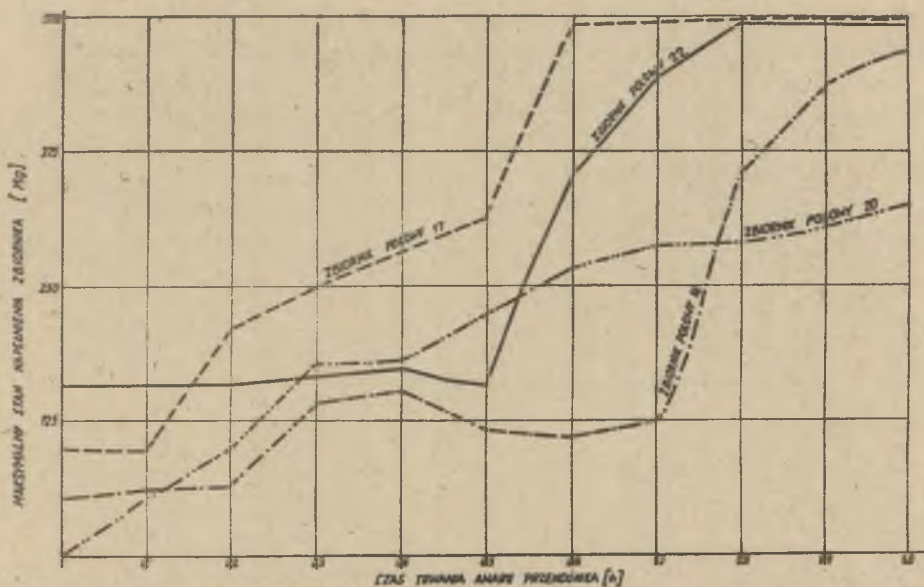
Z uzyskanych rezultatów wynika, że możliwe jest osiągnięcie wydobywania zaplanowanego na 21500 Mg/dobę nawet przy granicznym średnim czasie trwania awarii przenośników magistralnych równym 1 godz. Przy wartościach tego czasu od 0,7 - 1 godz. wystąpiły nieznaczne straty w produkcji przodków w granicach 0 - 500 Mg.

Powstały one w wyniku przepełnienia się zbiorników polowych zlokalizowanych w węzłach 17 i 22 rys.1:

Rys.4 ilustruje kształtowanie się zbiorników polowych, z których wprost odbierały urobek przenośniki magistralne z analizowaną ich awaryjnością.

Awaryjność w pracy przenośników magistralnych w analizowanym zakresie nie wywiera decydującego wpływu na ładowność przyszybowego zbiornika wyrównawczego:





Rys. 4. Wykresy stanów napełnienia polowych zbiorników w zależności od czasu trwania awarii przesyłnika odbierającego urobek

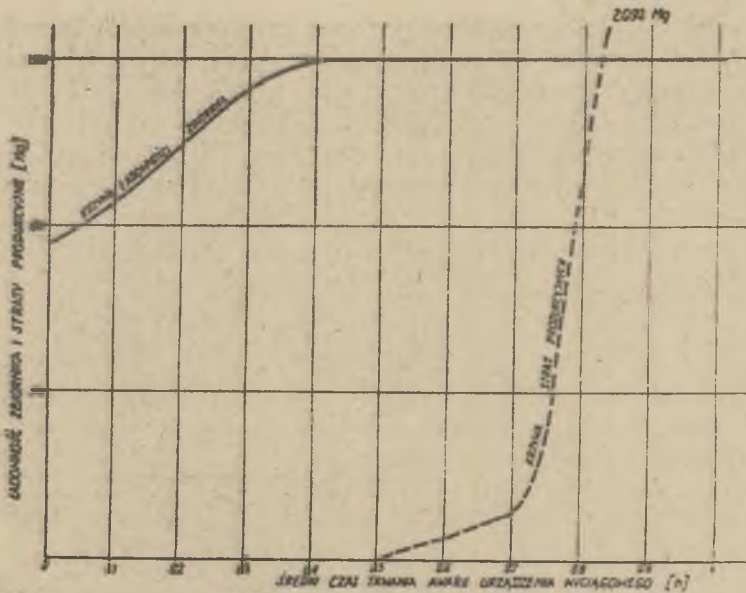
Kształtuje się on w granicach 960–1500 Mg. Z rys.4 widać pewne niestabilności w kształtowaniu się stanów napełnień zbiorników wyrównawczych. Wynikają one z przyjętego krótkiego czasu analizy /9 zmian/.

W tym czasie nie wygenerowały się wszystkie możliwe przypadki rozkładu wydobywania z przodków i awarie przesyłników.

W wyniku badań numerycznych wpływu awaryjności w pracy urządzenia wyciągowego na pracę systemu maszynowego uzyskano następujące rezultaty:

- ze wzrostem średniego czasu trwania awarii urządzenia wyciągowego rośnie ładowność przyszybowego zbiornika wyrównawczego, a przepełnienie wystąpiło już przy czasie trwania awarii równym 0,5 godz.,
- zmiany awaryjności w zakresie 0 – 1 godz.powodują wahania wydobywania w analizowanym okresie w granicach 22210–20088 Mg/d,
- przy czasie trwania awarii urządzenia wyciągowego w zakresie 0,6–0,8 godz.występuje przepełnienie polowych zbiorników wyrównawczych,
- w granicach analizowanej awaryjności możliwe jest osiągnięcie projektowanego wydobywania kopalni 21500 Mg/dobę brutto:

Na rys.5 przedstawiono zależność maksymalnych stanów napełnienia zbiornika przyszybowego i strat produkcyjnych przodków od czasu trwania awarii urządzenia wyciągowego.



Rys. 5. Zależność maksymalnych stanów napełnienia zbiornika przy-  
szybowego i strat produkcyjnych przodków od średniego czasu trwania  
awarii urządzenia wyciągowego

#### 4. Podsumowanie

Przeprowadzone w BSIT badania wykazały możliwości szerokiego stosowa-  
nia programu TG-10 do określania zdolności wydobywczej przodków i prze-  
pustowości transportowej kopalnianych systemów maszynowych z transportem  
ciągłym i zbiornikami wyrównawczymi o ograniczonej ładowności. Do tych  
celów program może być wykorzystywany zarówno na etapie projektowania  
systemów, jak i przy analizach funkcjonowania, istniejących w KWK, syste-  
mów. Ponadto badania wykazały, że :

- a/ każdy system maszynowy należy analizować indywidualnie - nie da się  
na podstawie jednego systemu wyciągnąć wniosków ogólnych obowiązują-  
cych w warunkach innych kopalń,
- b/ w każdym przypadku istnieje określony związek między niezawodnością  
/awaryjnością/ elementów systemu, a jego wynikami produkcyjnymi /nie-  
wykorzystaniem zainstalowanego potencjału produkcyjnego/.

Przeanalizowanie tego związku już na etapie projektowania systemu  
pozwala na racjonalny dobór poszczególnych maszyn i urządzeń.

## LITERATURA

- [1] Pozor L. Wianecki A.: Projektowanie transportu taśmowego na poziomie wydobywczym kopalni metodą symulacji na emc Odra 1204. Projekty - Problemy nr 4 1973.
- [2] Pozor L. Wianecki A.: System optymalizacji transportu taśmowego w kopalni. Projekty - Problemy nr 5 1974.
- [3] Wianecki A., Pozor L.: Badania i modelowanie procesu drążenia chodników. Projekty-Problemy nr 9 1976.
- [4] Wianecki A.: Badania weryfikacyjne programu obliczania transportu taśmowego ze zbiornikami wyrównawczymi o ograniczonej ładowności. Dokumentacja BSiF zlecenie nr 7005/32 1978r.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ НАДЕЖНОСТИ  
РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИННОЙ СИСТЕМЫ С ПОСТОЯННЫМ  
ТРАНСПОРТОМ НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ МОЩНОСТЬ И  
ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ШАХТЫ

## Резюме

В Главном бюро исследований и горных проектов в Катовицах, производились числовые исследования влияния надежности работы главных элементов, проектируемой в гор. 830 м шахты XXX-летия ПНР машинной системы с непрерывным транспортом на производственную мощность и пропускную способность транспорта.

В особенности, предметом исследований являлось влияние надежности работы следующих элементов системы:

- сплошных забоев оборудованных комбайнами,
- конвейеров, транспорта по главным откаточным выработкам,
- подъемной установки.

Исследования производились при помощи цифровой вычислительной машины ОДРА-1305, пользуясь разработанной в ГБСИП программой Т6-10 для расчета машинных систем с непрерывным транспортом.

В результате исследований определилось влияние аварийности главных элементов системы на производственную мощность забоев и максимальную способность системы, а также использование грузоподъемности уравнивательных бункеров.

NUMERICAL CALCULATIONS OF THE EFFECT OF RELIABILITY  
OF ELEMENTS OF MACHINE SYSTEM WITH CONTINUOUS TRANSPORT  
ON PRODUCTION AND TRANSPORT CAPACITIES

S u m m a r y

Research work concerning the effect of the reliability of the main elements of a machine system with continuous transport on the production capacity has been done in the Chief Mining Studies and Design Office /GBSiPG/ in Katowice. Numerical calculations for the transportation system on the 830 m horizon of the "XXX-Lecia PRL" coal mine have been carried out.

The reliability of following elements of the system have been particularly investigated:

- coal faces with combines,
- main haulage conveyors,
- winding devices.

Calculations have been performed on the Odra 1305 computer, using the TG-10 simulation program of machine systems with continuous transport, developed by the GBSiPG's Computer Centre.

As the result of that research the effect of the reliability of the main elements of the system, on the production capacity of coal faces, on the maximum transport capacity of the system, and on the utilization of the bunker capacity available, has been determined and described in this paper.