

## **Wirtualne prototypowanie obudów zmechanizowanych w stanach obciążeń zmiennych**

### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono zastosowanie programu MSC.Fatigue do wirtualnego prototypowania obudów zmechanizowanych w stanach obciążeń zmiennych, jakimi są poddawane obudowy zmechanizowane na stanowiskach badawczych. Wymogi normy PN-EN 1804-1 wymuszają między innymi przeprowadzenie stanowiskowych badań zmęczenia każdego nowego zestawu obudowy zmechanizowanej. Wykorzystanie programu MSC.Fatigue znacznie rozszerza zakres wirtualnego prototypowania, które coraz częściej jest stosowane przy budowie nowych maszyn i urządzeń górniczych.

### **Summary**

The paper presents an application of MSC.Fatigue software for the virtual prototyping of powered-roof supports in case of changeable loads, which are exerted on powered-roof supports in the test stands. According to the requirements of PN-EN 1804-1 Standard it is necessary to conduct fatigue stand tests for every set of new powered-roof support. Use of MSC.Fatigue software significantly broadens the area of virtual prototyping, which is more frequently used when new mining machines and devices are designed.

## **1. Wprowadzenie**

Głównym celem obliczeń wytrzymałościowych jest zapewnienie bezpiecznej pracy elementów maszyn i konstrukcji, przy zapewnieniu najniższych kosztów ich wytwarzania i eksploatacji. Warunek minimalizacji kosztów wytwarzania łączy się m.in. z doбором odpowiednich materiałów oraz nadawaniem właściwych kształtów projektowanym elementom.

Prawidłowe uwzględnienie wyżej wymienionych czynników jest szczególnie ważne, a zarazem trudne w przypadku występowania obciążeń zmiennych, będących przyczyną wielu uszkodzeń lub zniszczeń części maszyn. W przypadku występowania długotrwałego działania obciążeń zmiennych, elementy maszyn ulegają zniszczeniu przy naprężeniach znacznie niższych od wytrzymałości doraźnej danego materiału, wyznaczonej z prób statycznych. Tego rodzaju zjawisko obniżenia wytrzymałości w skutek działania naprężeń zmiennych nazywa się zmęczeniem materiału. Charakterystyczną cechą pęknięć zmęczeniowych jest ich nagłe pojawienie się bez widocznych odkształceń lub innych dostrzegalnych objawów, co utrudnia lub nawet uniemożliwia ich wcześniejsze wykrycie.

Z tych powodów odpowiednie kształtowanie i obliczanie elementów maszyn z uwzględnieniem zjawisk zmęczeniowych wysuwa się na czoło obliczeń wytrzymałościowych. W większości przypadków w elementach maszyn występują naprężenia o charakterze sinusoidalnym. Wynika to m.in. z tego, że taki charakter mogą mieć zmiany naprężeń, wywołane cykliczną zmianą wartości obciążeń czynnych działających dany

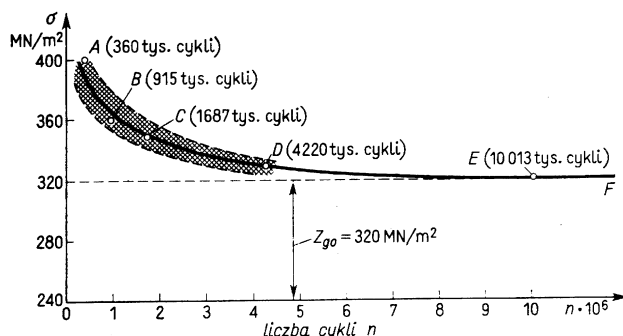
obiekt w czasie pracy. Cykliczne zmiany wartości obciążeń występują również podczas eksploatacji obudowy zmechanizowanej w warunkach dołowych. Wynikają one przede wszystkim z ciągłego rozpierania i robowania obudowy, przy tzw. przekładce, która jest stosowana przy wydobywaniu węgla systemem ścianowym. Dlatego też wymogi dla zestawów obudów zmechanizowanych, zawarte w [1], odnoszą się również do ich weryfikacji na stanowiskach badawczych w stanach obciążeń zmiennych.

## **2. Numeryczne obliczenia zmęczeniowe**

Warunkiem koniecznym do przeprowadzenia wiarygodnych obliczeń zmęczeniowych danej konstrukcji, jest prawidłowe zdefiniowanie zmęczeniowych własności materiału, z którego jest wykonana. Punktem wyjścia do takich obliczeń jest tzw. *wytrzymałość zmęczeniowa* określana na podstawie wykresu Wöhlera, (rys. 1). Aby wyznaczyć krzywą Wöhlera (np. dla zginania obustronnego  $Z_{go}$ ) dla danego materiału, należy wykonać serię prób zmęczeniowych. Próby te są wykonywane na specjalnych maszynach wytrzymałościowych i specjalnie do tego celu przygotowanych próbkach. Przed przystąpieniem do badań zmęczeniowych, przeprowadza się statyczną próbę rozciągania w celu wyznaczenia wytrzymałości na rozciąganie  $R_t$ , co ułatwia dobór naprężeń, przy których należy przeprowadzić badania pierwszej próbki [2]. Przejście z wyników z próby rozciągania na wytrzymałość próbki na zginanie wyznacza się z odpowiednich zależności podanych w tabeli 1.

Tabela 1

|          | Stal             | Staliwo         | Żeliwo                              |
|----------|------------------|-----------------|-------------------------------------|
| $Z_{go}$ | $(0,36-0,58)R_r$ | $(0,3-0,45)R_r$ | $(0,35-0,6)R_r$<br>$(0,043-0,07)HB$ |



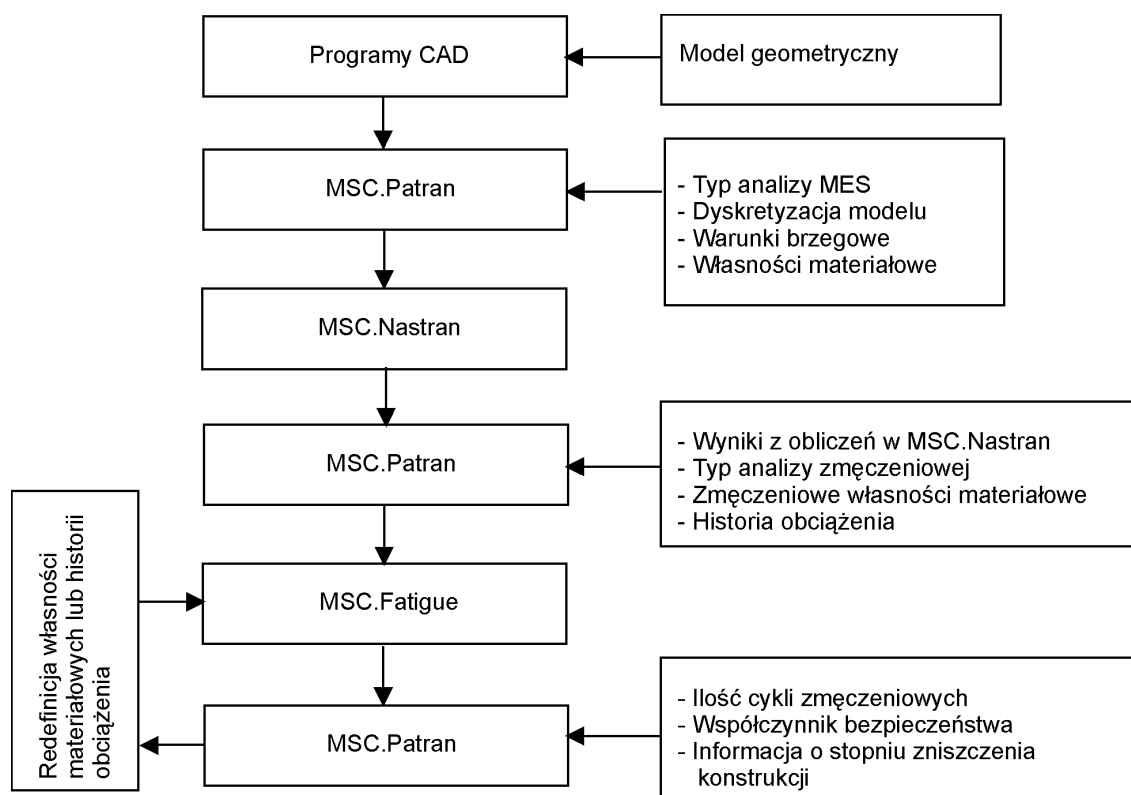
Rys.1. Krzywa Wöhlera stali niskostopowej 15H na obrotowe zginanie, uzyskana na podstawie wyników badań serii próbek [2]

Analizy zmęczeniowe obarczone są następującymi ograniczeniami:

- wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej są mniej precyzyjne od wyników obliczeń dotyczących wytrzymałości materiału, np. obliczenia statyczne,
- zmęczeniowe własności materiałów nie mogą być definiowane na podstawie statycznych, mechanicznych własności materiałowych,
- wymagane są długotrwałe i kosztowne badania stanowiskowe do zdefiniowania własności zmęczeniowych danego materiału,
- zalecane są pomiary zmęczeniowe na pełno wymiarowych obiektach.

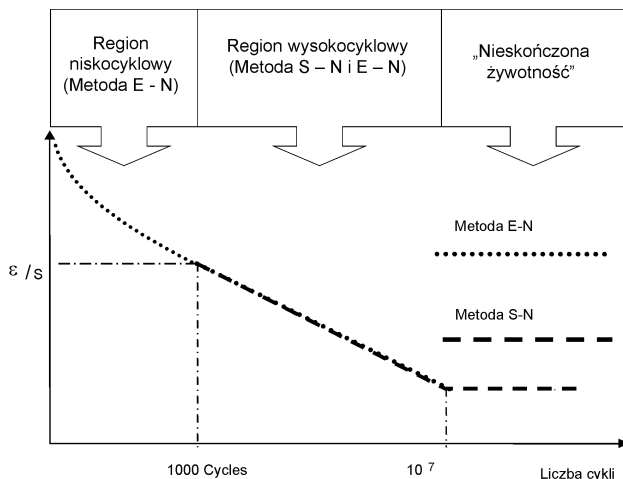
Do obliczeń zmęczeniowych zastosowano program MSC.Fatigue. Obliczenia te przebiegały dwuetapowo i wymagały danych wejściowych w postaci wyników obliczeń z programu MSC.Nastran, które były konieczne do określenia zakresu odkształceń w każdym miejscu weryfikowanej konstrukcji. Schemat przygotowania zadania obliczeniowego dla analiz zmęczeniowych, z wykorzystaniem programu MSC.Fatigue przedstawiono na rysunku 2.

Analiza zmęczeniowa, jak większość zadań obliczeniowych przy użyciu metody elementów skończonych rozpoczyna się od utworzenia modelu geometrycznego, który może być wykonany w programie CAD, lub bezpośrednio w preprocesorze. Za pomocą preprocesora buduje się model obliczeniowy, pod pojęciem, którego rozumie się: dyskretyzację modelu geometrycznego, poprzez podział na siatkę elementów skończonych, definiowanie warunków brzegowych oraz własności materiałowych. Tak przygotowane zadanie obliczeniowe jest przekazywane do programu MSC.Nastran. Otrzymane wyniki analiz wykonanych w programie MSC.Nastran są wczytywane do postprocesora MSC.Patran i są niezbędne do utworzenia modelu obliczeniowego dla analizy zmęczeniowej. W dalszej kolejności określany jest typ analizy zmęczeniowej, definiowanie zmęczeniowych własności materiałowych (krzywa Wöhlera) oraz historia obciążenia. Wyniki analizy wykonanej w programie MSC.Fatigue są wczytywane do postprocesora MSC.Patran gdzie są poddawane obróbce i wizualizacji.



Rys.2. Schemat przygotowania zadania obliczeniowego dla numerycznych analiz zmęczeniowych z wykorzystaniem programu MSC.Fatigue

Do obliczeń zmęczeniowych obudowy zmechanizowanej wykorzystano tzw. metodę *E-N* (*Crack Initiation Method*), czyli metodę odkształcenia lokalnego, charakteryzującą zależność pomiędzy lokalnym odkształceniem, do zapoczątkowania pęknięcia. Analiza *E-N* zwana jest metodą lokalnych odkształceń lub metodą zapoczątkowania pęknięcia. Metoda ta jest stosowana tam, gdzie w danych konstrukcjach dopuszcza się lokalne uplastycznienia podczas ich użytkowania, a ich dyskwalifikacja następuje po zapoczątkowaniu pęknięcia, tzn. szczeliny o długości 1–2 mm. Może być również stosowana do obliczania trwałości przy niskiej liczbie cykli (<1000) - rysunek 3.

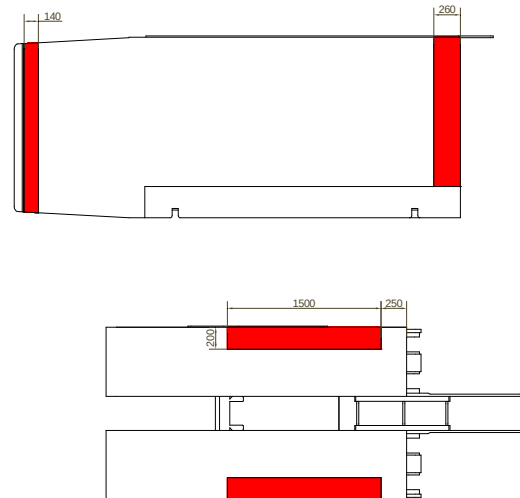


Rys.3. Zastosowanie metod E-N i S-N w zależności od liczby cykli obciążenia [3]

### 3. Obliczenia zmęczeniowe MES dla zestawu obudowy zmechanizowanej

W analizie zmęczeniowej uwzględniono wariant podparcia obudowy, zgodny z wymogami [1]: A.1.1a–

A.10, – symetryczne zginanie stropnicy w osi prostopadłej do osi wzdłużnej obudowy oraz symetryczne zginanie spągnicy w osi równoległej do osi wzdłużnej obudowy - rysunek 4.

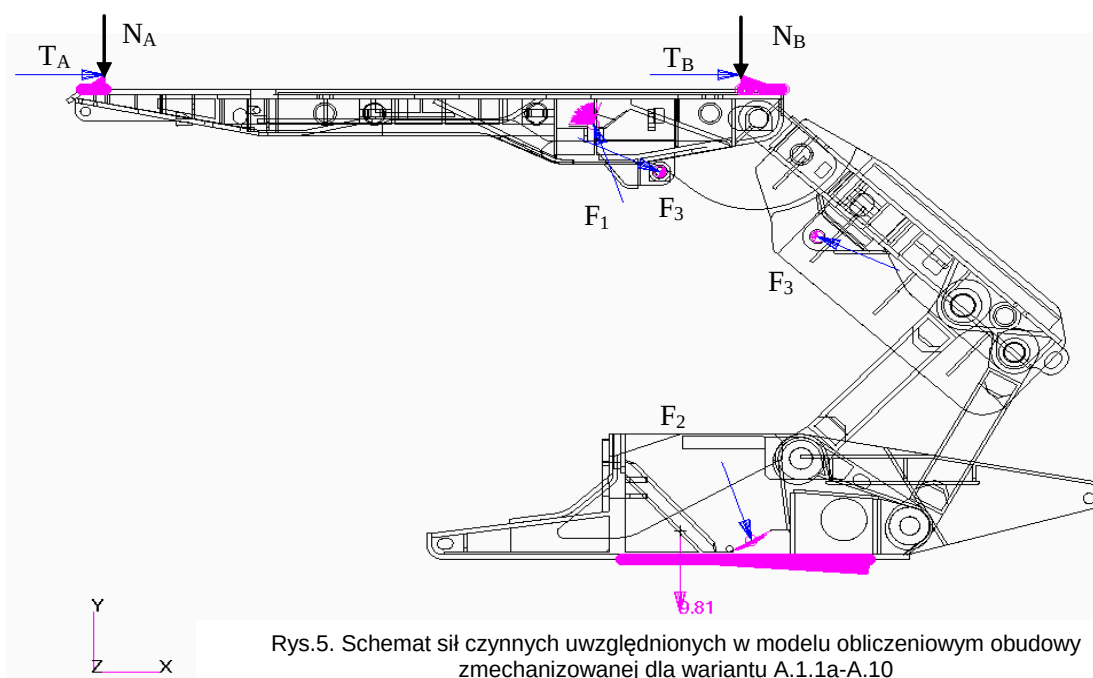


Rys.4. Sposób podarcia stropnicy i spągnicy dla wariantu A.1.1a–A.10

Obliczenia statyczne modelu obudowy przebiegały dwuetapowo. Pierwszy etap służył do wyliczenia reakcji w miejscach podparcia stropnicy. W drugim etapie przyłożono siły tarcia skierowane przeciwnie do kierunku przemieszczania się podpartych płaszczyzn. Wyjątkiem było podparcie spągnicy, uniemożliwiające jej przemieszczanie się. Schematyczny układ sił czynnych przyłożonych w modelu obliczeniowym pokazano na rysunku 5, gdzie:

$F_1$  – siła pochodząca od rozparcia jednego stojaka,

$F_3$  – siła wywołana działaniem podpory stropnicy,



Rys.5. Schemat sił czynnych uwzględnionych w modelu obliczeniowym obudowy zmechanizowanej dla wariantu A.1.1a-A.10

$T_A = N_A \cdot \mu$  – siła tarcia pomiędzy przednią belką podpierającą a stropem,

$T_B = N_B \cdot \mu$  – siła tarcia pomiędzy tylną belką podpierającą a stropem,

$N_A$  – nacisk przedniej belki podpierającej stropnicę na strop,

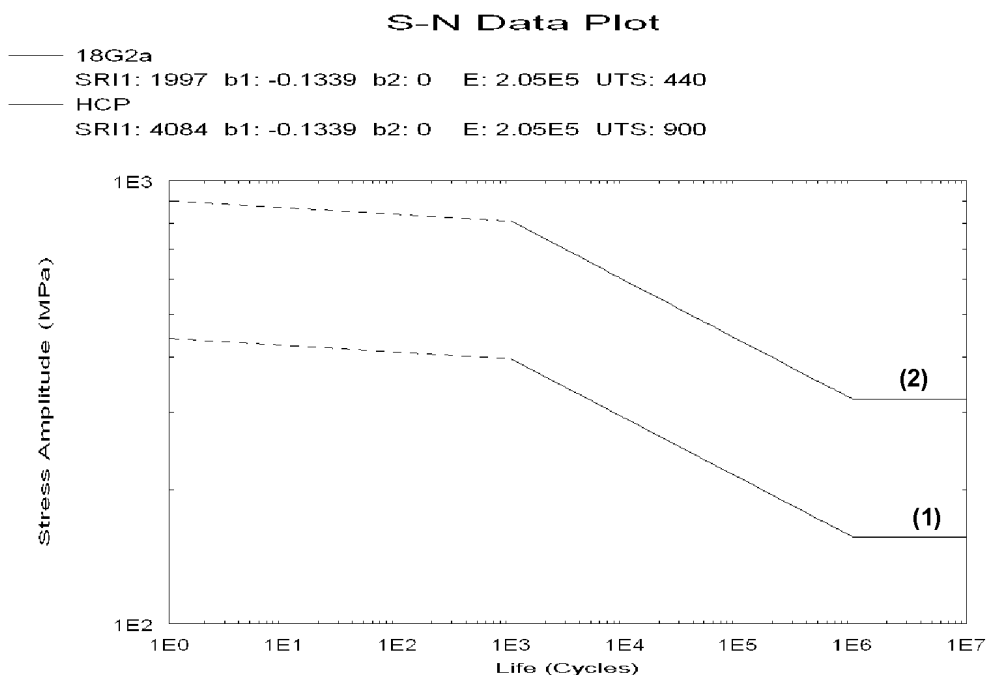
$N_B$  – nacisk tylnej belki podpierającej stropnicę na strop,

$\mu$  – współczynnik tarcia obudowy zmechanizowanej o strop na stanowisku badawczym ( $\mu = 0,1$ ),

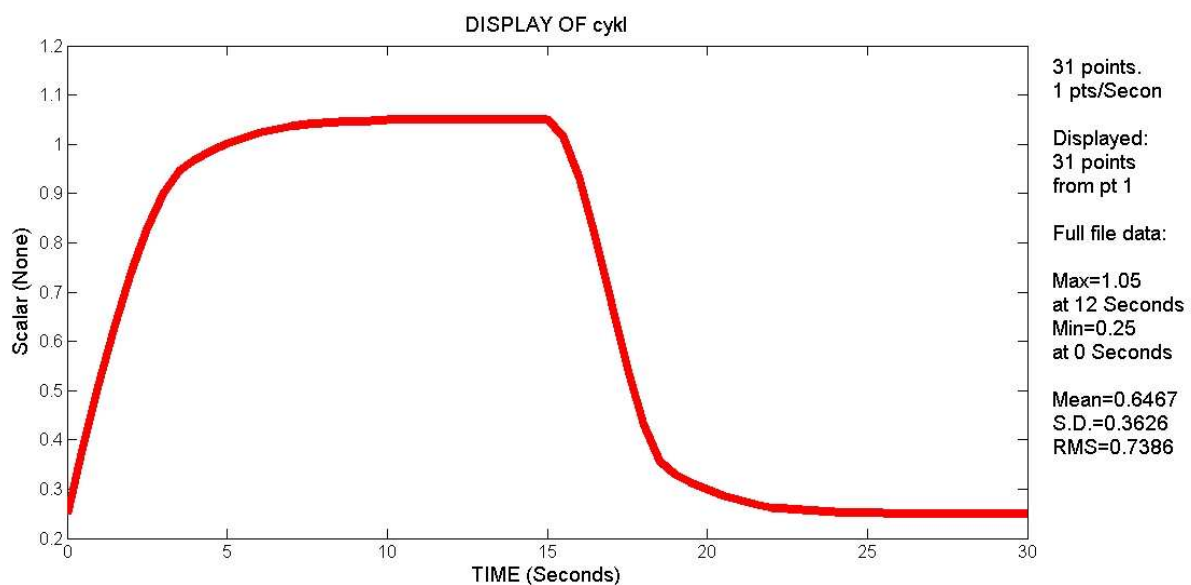
$g$  – przyspieszenie ziemskie.

Wyniki z analiz statycznych posłużyły jako dane wejściowe do analizy zmęczeniowej w programie MSC.Fatigue.

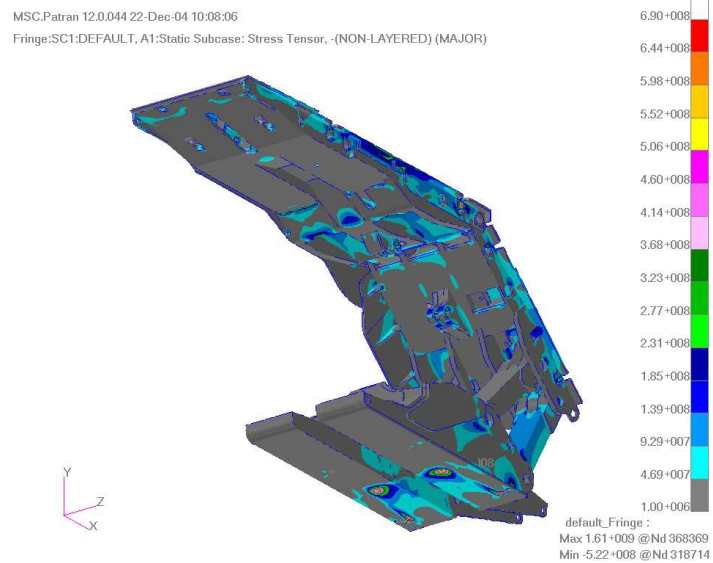
Podczas tworzenia modelu obliczeniowego do analizy zmęczeniowej w programie MSC.Fatigue, należy zdefiniować między innymi zmęczeniowe własności materiałów. Ponieważ wyznaczenie rzeczywistych własności zmęczeniowych jest kosztowne i czasochłonne, dlatego w programie MSC.Fatigue zastosowano zależności przedstawione przez Manson'a oraz rozwinięte przez Muralidharan'a, aproksymujące krzywą S–N. Program MSC.Fatigue posiada również metody esty-



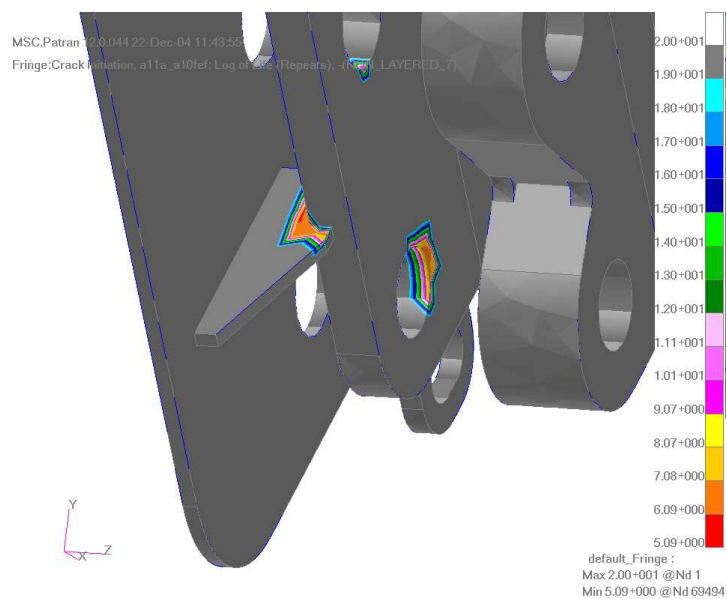
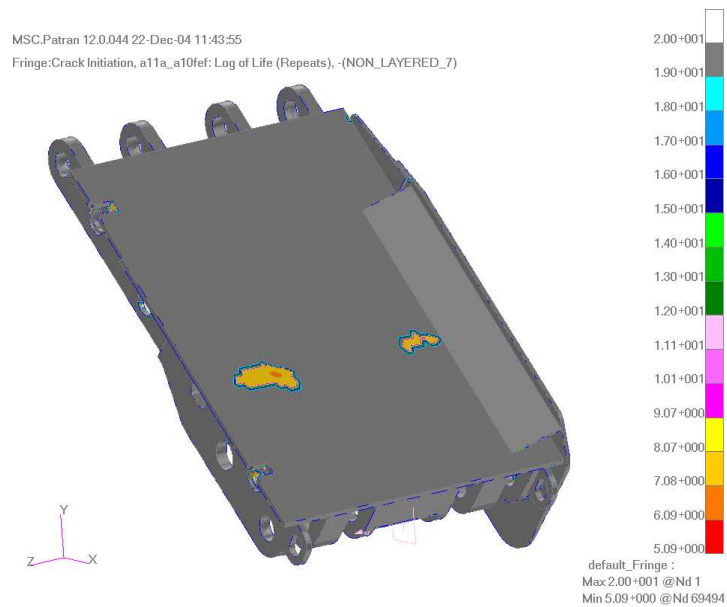
Rys.6. Krzywe Wöhlera dla stali 18G2a (1) i dla stali gatunku HCP (2)



Rys.7. Charakterystyka jednego cyklu obciążenia dla obudowy zmechanizowanej w przeprowadzonych obliczeniach zmęczeniowych



Rys.8. Mapa naprężeń głównych, rzut izometryczny



Rys.9. Mapa Log of Life dla osłony odzawałowej

macji zmęczeniowych własności materiałowych opracowane przez Baumel'a Jr. oraz Seeger'a, które są stosowane do stali, aluminium i stopów tytanu [4].

Na podstawie przytoczonych powyżej zależności, zdefiniowano zmęczeniowe własności materiałowe w odniesieniu do wartości granicy wytrzymałości, modułu Younga oraz liczby Poissona. Wyznaczoną krzywą Wöhlera dla stali 18G2a oraz dla stali gatunku HCP przedstawiono na rysunku 6.

Wymogi normy [1] określają stałą wartość amplitudy obciążenia cyklicznego obudowy, a jej zakres zmienia się od 0,25 do 1,05 wartości podporności roboczej. W związku z tym zdefiniowano jeden cykl obciążenia zmiennego dla obliczeń zmęczeniowych, przeprowadzanych w programie MSC.Fatigue, (rys. 7). Czas trwania cyklu wynosi 30 sekund i jest to wartość średnia sumy czasów rozparcia i rabowania zestawu obudowy na stanowisku badawczym.

Utworzony model obliczeniowy obudowy zmechanizowanej, składał się z 230 tys. elementów tet10 i obejmował wszystkie jej zasadnicze części (stropnica, łączniki lemniskatowe, spągnica), połączone ze sobą przegubowo. Zarówno obliczenia statyczne, jak i obliczenia zmęczeniowe przeprowadzono na całym modelu obliczeniowym. Na rysunku 8 pokazano wyniki z analizy statycznej (MSC.Nastran), które były danymi wejściowymi dla obliczeń zmęczeniowych.

Otrzymane wyniki obliczeń z analiz zmęczeniowych najczęściej mają postać barwnych map, naniesionych na siatkę elementów skończonych. Mapy te obrazują, w których miejscach i po jakiej liczbie cykli nastąpi, w tym wypadku (analiza E–N) zapoczątkowanie pęknięcia. Wyniki dotyczące trwałości zmęczeniowej (*Log of Life*) przedstawiono w skali logarytmicznej, (rys. 9).

Otrzymane wyniki z obliczeń zmęczeniowych wskazują na lokalne zapoczątkowanie pęknięć w różnych miejscach na osłonie odzawałowej oraz wokół gniazd spągnic po około  $10^4$  cykli zmęczeniowych. Norma PN–EN 1804–1 dla wariantu A.1.1a–A.10 przewiduje 2000 cykli zmęczeniowych.

#### 4. Podsumowanie i wnioski

Numeryczne analizy zmęczeniowe rozszerzają zakres możliwości wirtualnego prototypowania nowym maszyn i urządzeń w aspekcie trwałości i niezawodności danej konstrukcji. Otrzymane wyniki z takich analiz są czytelne i łatwe do interpretacji, co w znacznym

stopniu przyczynia się do modyfikacji i optymalizacji projektowanej maszyny. Choć wyniki z obliczeń zmęczeniowych obarczone są pewnym rozrzutem statystycznym, zawsze pozwalają stwierdzić czy kolejna modyfikacja tej samej konstrukcji jest trwalsza dla zadanej historii obciążenia. W przypadku obudów zmechanizowanych, cykliczne obciążenie jest ściśle określone wymogami normowymi i można łatwo szacować trwałość zmęczeniową wykorzystując do tego celu własności zmęczeniowe materiałów użytych do budowy poszczególnych części zestawu obudowy zmechanizowanej bez użycia oprogramowania MSC.Fatigue. Jednak definicja takich własności jest utrudniona, ze względu na wykorzystywanie coraz to innych materiałów wykorzystanych do budowy nowych obudów, a próby stanowiskowe pozwalające na definiowanie własności zmęczeniowych danego materiału są czasochłonne i wymagają przygotowania w tym celu wielu próbek.

Funkcje oprogramowania MSC.Fatigue pozwalają definiować zmęczeniowe własności materiałowe.

W przypadku obciążeń złożonych, jakie najczęściej są spotykane podczas eksploatacji danego urządzenia, program MSC.Fatigue ma możliwość wykorzystania zmienności odkształceń zarejestrowanych na zamontowanych tensometrach podczas normalnej pracy maszyny, co w znacznym stopniu ułatwia definiowanie warunków brzegowych w zmęczeniowej analizie numerycznej.

Program MSC.Fatigue stanowi nowoczesne narzędzie, wspomagające i ukierunkowujące stanowiskowe próby zmęczeniowe, które są niezbędne do celów atestacyjnych.

#### Literatura

1. PN-EN 1804–1: Maszyny dla górnictwa podziemnego. Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej. Część 1: Sekcje obudowy i wymagania ogólne.
2. Niezgodziński M.E., Niezgodziński T.: Obliczenia zmęczeniowe elementów maszyn. Polskie Wydawnictwa Naukowe, Warszawa 1973.
3. Materiały szkoleniowe kursu PAT318: Durability and Fatigue Life Analysis. MSC.Software, marzec 2002.
4. MSC.Patran Documentation, ver. 2004

*Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2005 r.  
Recenzent: prof.dr inż. Włodzimierz Sikora*

## **Nowoczesna metoda doboru urządzeń rozruchowych napędów górniczych przenośników taśmowych**

### *Streszczenie*

*W artykule opisano nowoczesną metodę doboru urządzeń rozruchowych napędów górniczych przenośników taśmowych. Skoncentrowano się przede wszystkim na przedstawieniu wskaźników oceny rozruchu związanych z obciążeniem taśmy i układu napędowego.*

### *Summary*

*State-of-the art method for selection of start-up devices for mining drives of belt conveyors is described. The paper focuses especially on a presentation of indicators for start-up assessment associated with load of the belt and the drive system.*

### **1. Wstęp**

Podczas procesu projektowania, po wyznaczeniu podstawowych parametrów pracy przenośnika obliczane są opory ruchu przenośnika, a następnie przeprowadza się dobór układu napędowego, typu taśmy oraz urządzenia napinającego. Kolejnym, ważnym etapem obliczeń projektowych przenośników jest analiza dynamiki ich rozruchu. Celem tej analizy jest określenie sił dynamicznych występujących w taśmie podczas rozruchu, determinujących obciążenie elementów konstrukcyjnych przenośnika oraz obliczenie czasu rozruchu przenośnika i przyspieszenia taśmy.

Charakter rozruchu przenośnika zależy od charakterystyki urządzenia rozruchowego i napinającego, mas wprowadzanych w ruch oraz od własności sprężystych taśmy. W przenośnikach krótkich, w których taśma jest obciążona w nieznacznym stopniu w stosunku do obciążenia dopuszczalnego, przebieg rozruchu nie ma istotnego praktycznego znaczenia dla doboru wytrzymałości taśmy. W długich przenośnikach przebieg rozruchu ma charakter falowy, a wartości sił występujących w taśmie mają zasadniczy wpływ na ustalenie parametrów układu napędowego, które należy dobierać umiejętnie, aby zapewnić niezawodną pracę przenośnika.

### **2. Wskaźniki oceny jakości rozruchu**

Właściwy dobór typu i parametrów urządzenia rozruchowego oraz pełna analiza przebiegu rozruchu powinny być przeprowadzone w oparciu o obiektywną ocenę zmiany wartości wskaźników jakości rozruchu przenośnika [4, 5].

Zaproponowano przyjęcie wskaźników określonych dla analizowanego przedziału czasu – (t) lub dla określonego punktu trasy przenośnika – (i).

Wyznaczenie niektórych wskaźników wymaga określenia czasu rozruchu. Dla przeprowadzenia analizy dynamicznej można wybrać dowolny przedział czasowy, niemniej można przyjąć, że czas rozruchu przenośnika jest to okres czasu od chwili włączenia napędów do momentu uzyskania przez taśmę przenośnika prędkości nominalnej.

Obliczenie odpowiednich wskaźników oceny rozruchu wymaga rejestracji przebiegu zmian sił w taśmie, które można uzyskać poprzez wykonanie pomiarów lub wykorzystanie dynamicznego modelu przenośnika.

### **3. Dynamiczny model przenośnika taśmowego**

Problemy związane z analizą rozruchu przenośnika, pracą urządzeń napinających można rozwiązać korzystając z dyskretnego modelu przenośnika taśmowego [1]. Badania symulacyjne przeprowadzone na takim modelu umożliwiają między innymi wyznaczenie wskaźników oceny jakości rozruchu:

- dla napędów z różnymi charakterystykami urządzeń rozruchowych, usytuowanych w wybranych miejscach trasy przenośnika,
- z zastosowaniem dowolnych typów urządzeń napinających.

W modelu przenośnika przedstawionym na rysunku 1, masy zredukowane napędów, czyli silników elektrycznych, sprzęgieł, przekładni i bębnow napędowych wraz z odpowiednimi odcinkami taśmy, materiałem transportowanym oraz masą zredukowaną odpowiedniej liczby kół skupiono w punktach zainstalowania napędów. Masy zredukowane związane z taśmą górną i dolną skupiono odpowiednio w punktach masowych rozmieszczonych na trasie przenośnika.

# Wskaźniki oceny jakości rozruchu

Tabela 1

| Wskaźnik                      | Definicja                                                                                                                                                                                                                    | Wzór                                                     | Zakres dopuszczalny                                  | Wartość zalecana                            |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| wytrzymałości taśmy<br>$w_1$  | stosunek siły maksymalnej do siły dopuszczalnej                                                                                                                                                                              | $w_1(i) = \frac{S_{max}(i)}{S_{dop}}$                    | $\leq 1$                                             | 1                                           |
| poślizgu<br>$w_2$             | stosunek wartości sił w taśmie nabiegającej do zbiegającej z bębnow napędowych pomnożonej przez wartość $e^{\mu\alpha}$ , zależnej od kąta opasania i współczynnika tarcia między taśmą a bębnem napędowym                   | $w_2(t) = \frac{S_n(t)}{S_z(t) \cdot e^{\mu\alpha}}$     | $\frac{1}{e^{2\mu\alpha}} \div 1$<br>$> 1$ - poślizg | $\frac{1}{k_p}$<br>$k_p \in [1.2 \div 1.3]$ |
| Vierlinga<br>$w_3$            | stosunek pola powierzchni zawartego pod krzywą przebiegu siły w taśmie podczas rozruchu do powierzchni uzyskanej, gdy siła w taśmie nabiegającej na bęben napędowy utrzymuje się na poziomie dopuszczalnej siły dla rozruchu | $w_3(i) = \frac{\int_0^{t_r} S_i dt}{S_{dop} \cdot t_r}$ | $\leq 1$                                             | 1                                           |
| energii potencjalnej<br>$w_4$ | stosunek sprężystej energii potencjalnej zgromadzonej w taśmie podczas analizowanego, nieustalonego czasu pracy do sprężystej energii potencjalnej zmagazynowanej w taśmie podczas pracy ustalonej                           | $w_4(t) = \frac{E_d(t)}{E_u}$                            | $> 1$                                                | -                                           |
| nadwyżki dynamicznej<br>$w_5$ | stosunek siły rozruchowej $P_d$ do siły ruchu ustalonego $P_u$ , równoważącej opory ruchu przenośnika                                                                                                                        | $w_5(t) = \frac{P_d(t)}{P_u}$                            | $1.1 \div 2.5$                                       | $1.2 \div 1.5$                              |

W przedstawionych zależnościach wykorzystano następujące wielkości i oznaczenia:

**S** - siła rozciągająca taśmę,

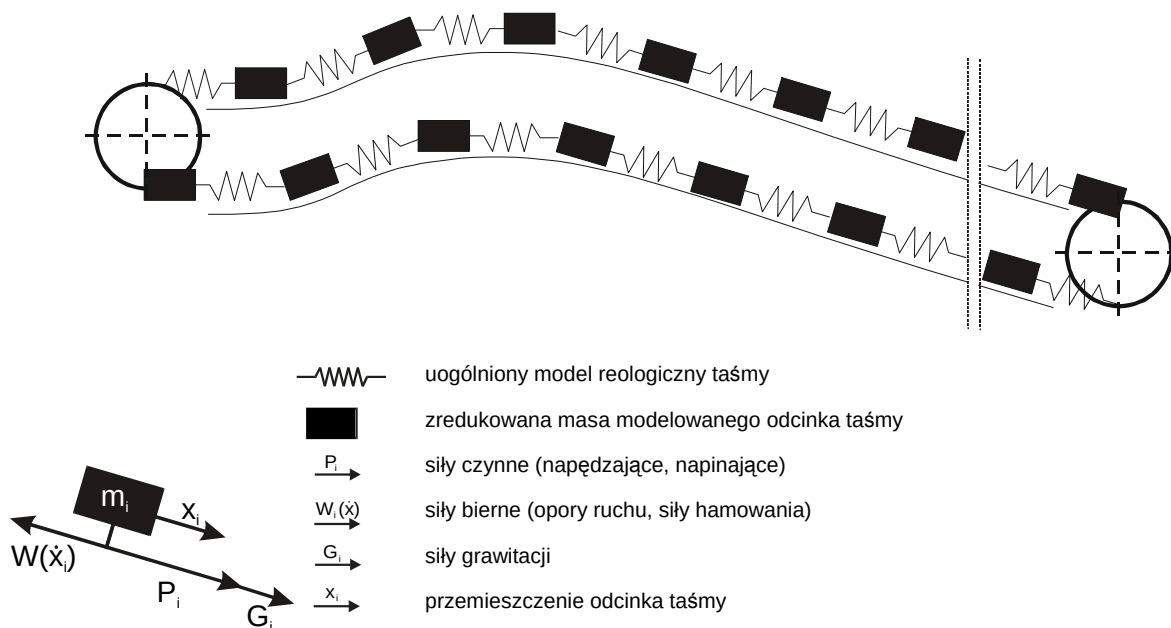
**E** - energia potencjalna zgromadzona w taśmie,

**i** - identyfikator miejsca, punktu na trasie przenośnika,

**n,z** - indeks oznaczający odpowiednio taśmę nabiegającą i zbiegającą z bębna napędowego,

**dop** - wartość dopuszczalna,

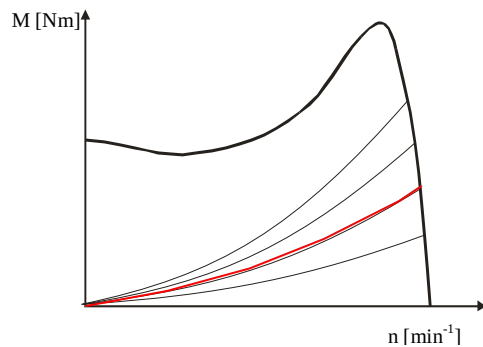
**min, max** - wartość minimalna, maksymalna parametrów w analizowanym okresie pracy.



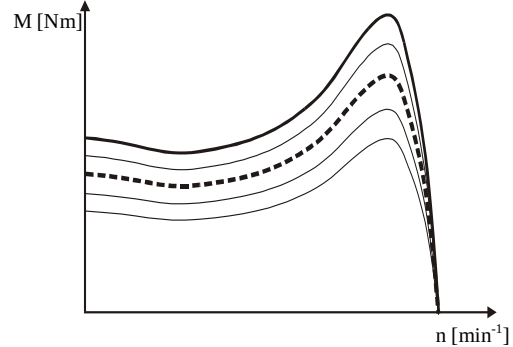
Rys.1. Fizyczny model przenośnika taśmowego



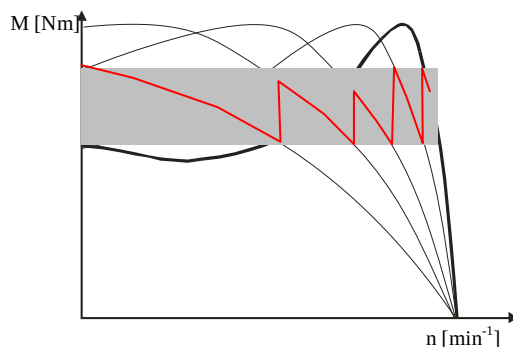
a) sprzęgło hydrokinetyczne



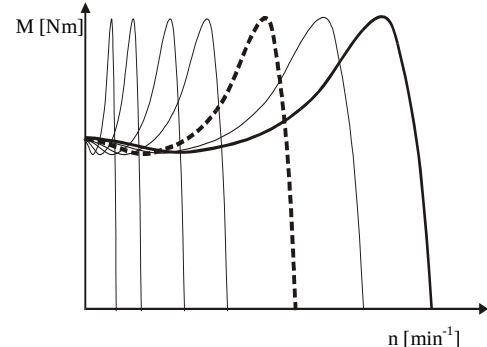
b) rozrusznik tyrystorowy



c) rozrusznik stycznikowo-rezystorowy



d) przemiennik częstotliwości



Rys.2. Przykładowe modele wybranych typów urządzeń rozruchowych

Przez  $x_i$ , gdzie  $i = 1, 2, \dots, n$  oznaczono przemieszczenia poszczególnych punktów.

$W_i$  oznacza opór ruchu taśmy na określonym odcinku przenośnika, przyjmując, że zwrot siły oporu jest zależny od kierunku przemieszczenia taśmy  $x_i$  i zależny od wartości prędkości  $v_i$ .

Składowe styczne (do kierunku ruchu taśmy) siły ciężkości taśmy i leżącego na niej materiału transportowanego oznaczono przez  $G_i$ , natomiast  $\delta_i$  jest kątem nachylenia modelowanego  $i$ -tego odcinka przenośnika.

Siły czynne działające na taśmę, pochodzące od napędu lub urządzenia napinającego oznaczono jako  $P_i$ . W przypadku występowania napędów pośrednich, urządzeń napinających, bębnow zrzutowych itp. w innych punktach trasy przenośnika niż w rejonie stacji napędowej lub zwrotnej, uwzględniono masy zredukowane elementów ruchomych tych urządzeń i skojarzono z odpowiednim punktem trasy. Jeżeli urządzenia te są źródłem występowania sił czynnych, to również należy uwzględnić je w modelu. Sposób modelowania siły napędowej  $P_i$  jest zależny od informacji dostarczonych przez producentów silników i urządzeń rozruchowych.

Opracowano modele napędów umożliwiające przeprowadzenie badań symulacyjnych rozruchu przenośnika z układami napędowymi wyposażonymi między innymi w:

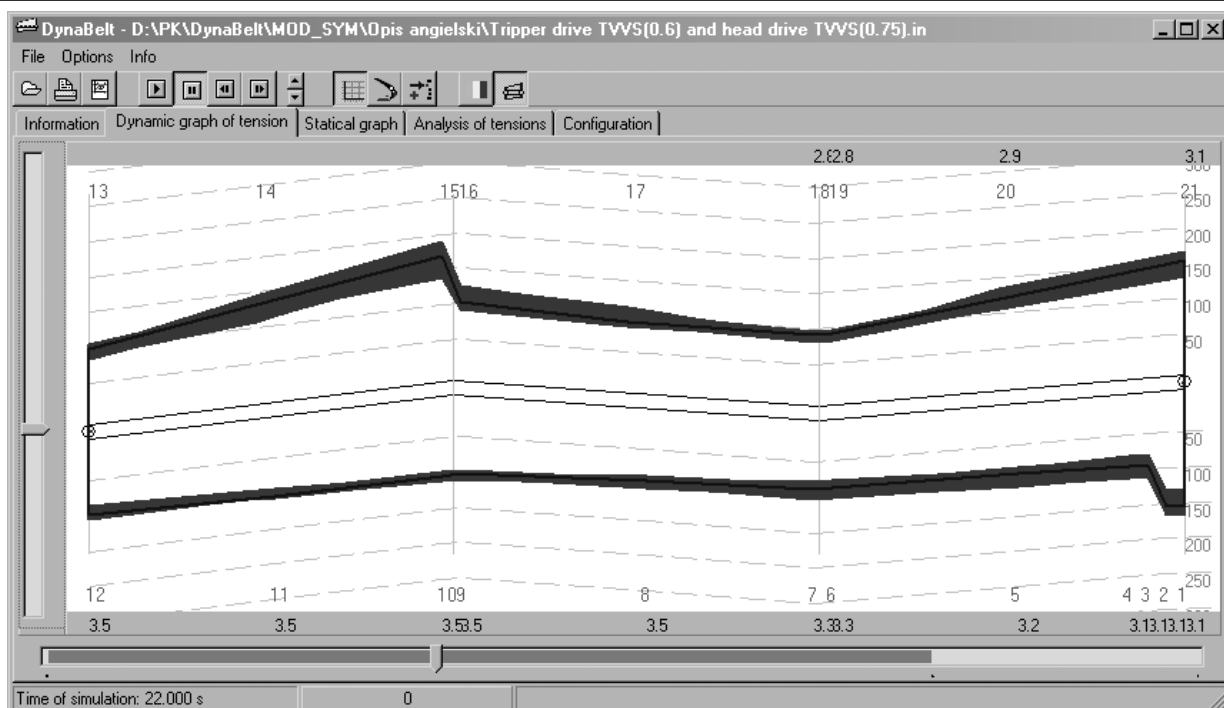
- silniki asynchroniczne klatkowe, realizujące rozruch tzw. „stycznikowy”,

- silniki **dwubiegowe**,
- sprzęgła hydrokinetyczne o **stałym** i **regulowanym** wypełnieniu (rys. 2a),
- **tyrystorowe** układy sterowania rozruchem (rys. 2b),
- silniki pierścieniowe z rozrusznikami **stycznikowo-rezystorowymi** (rys. 2c),
- układy sterowania rozruchem wykorzystujące **przemienniki częstotliwości** (rys. 2d).

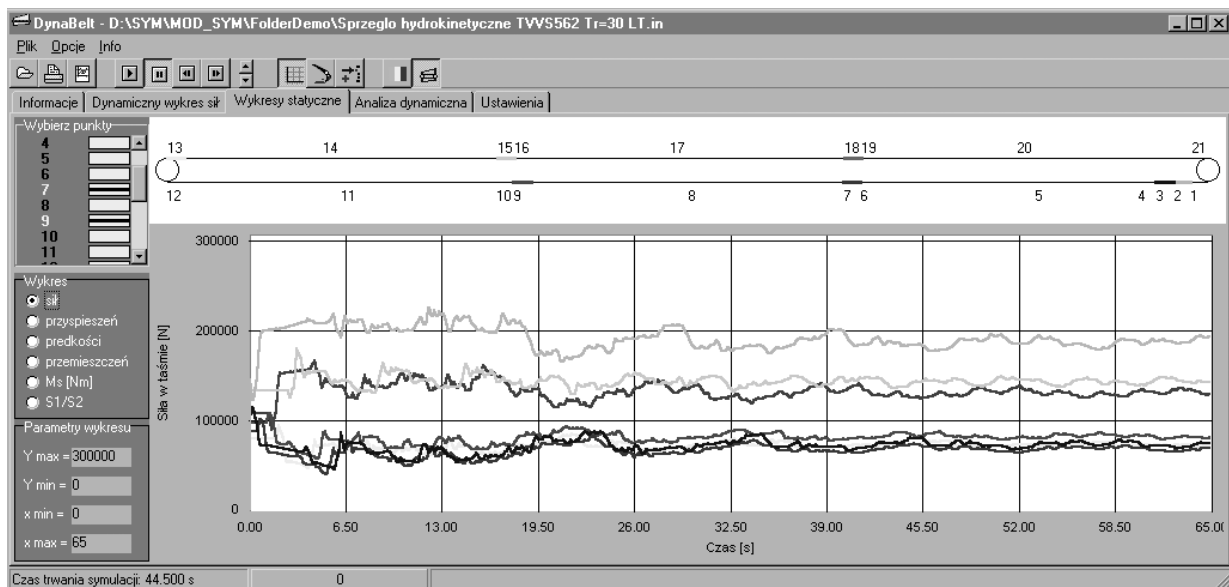
#### 4. DynaBelt – analiza nieustalonych stanów pracy przenośnika

Program DynaBelt jest przeznaczony do analizy wyników badań symulacyjnych przeprowadzonych na dyskretnym modelu przenośnika, zbudowanego za pomocą dowolnego programu komputerowego umożliwiającego rozwiązywanie układu równań różniczkowych i zachowywanie wyników obliczeń w postaci plików tekstowych [2]. Analiza wyników obejmuje cztery podstawowe, wynikowe parametry pracy przenośnika, wyznaczone dla wszystkich punktów masowych modelu przenośnika (rys. 1):

- siły w taśmie,
- przyspieszenia taśmy,
- prędkości taśmy,
- przemieszczenia taśmy,
- oraz trzy dowolnie wybrane wielkości określone podczas badań symulacyjnych, np. momenty obrotowe, pobór mocy, skok i prędkość wózka napinającego taśmę itp.



Rys.3. Dynamiczny wykres sił w taśmie - DynaBelt



Rys.4. Przebiegi zmian sił w taśmie w wybranych punktach trasy przenośnika - DynaBelt

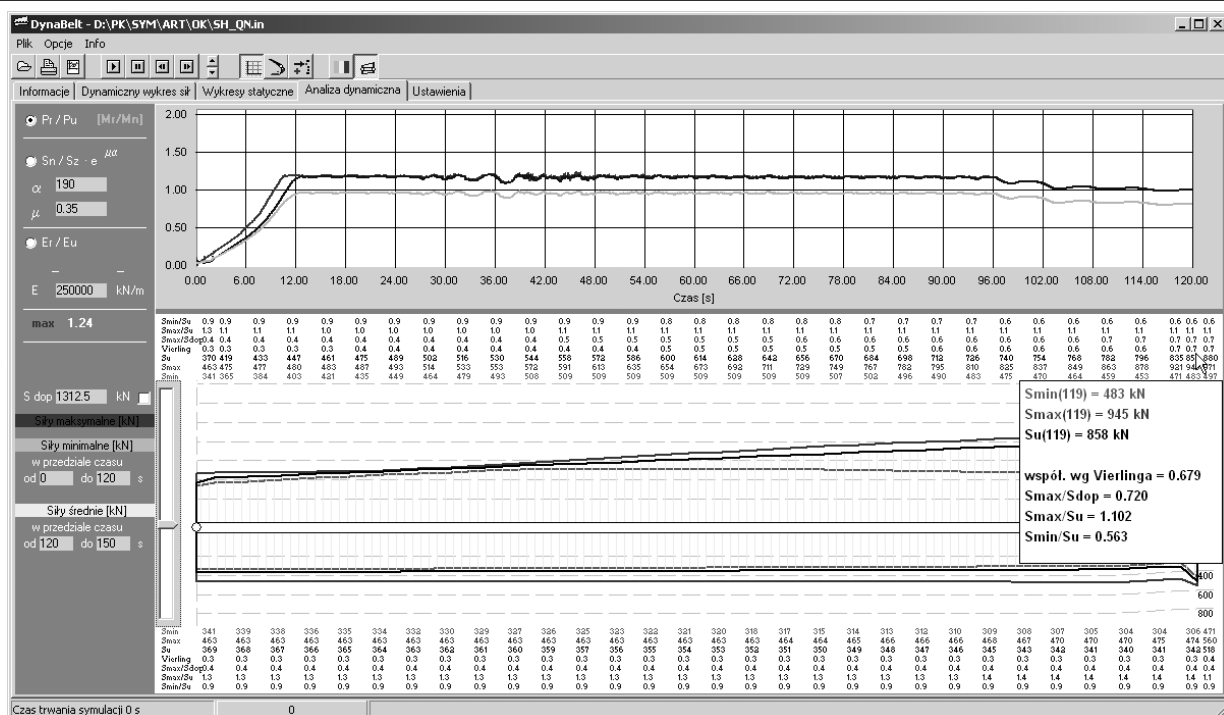
Zmiany tych wielkości można obserwować w wybranych, charakterystycznych punktach trasy przenośnika. Mogą to być punkty zmiany geometrii profilu trasy przenośnika, jego obciążenia oraz miejsca instalacji urządzeń napędowych lub napinających taśmę.

Analiza jest prowadzona w sposób wielowariantowy reprezentowany przez poszczególne opcje programu:

- dynamiczny (animowany) wykres sił - rys. 3,
- wykresy statyczne wybranych parametrów - rys. 4,
- analiza dynamiczna - siły minimalne, maksymalne i średnie oraz wskaźniki rozruchu - rys. 5,
- analiza poprawności budowy modelu przenośnika.

Program DynaBelt w szybki sposób pozwala na uzyskanie dokładniejszych informacji dotyczących zachowania się przenośnika podczas rozruchu, co umożliwi bardziej precyzyjny dobór wytrzymałości taśmy, układu napędowego i urządzenia napinającego taśmę.

Analiza dynamiczna prowadzona za pomocą programu DynaBelt obejmuje między innymi wyznaczenie wskaźników oceny jakości rozruchu. Ze względu na to, że informacje przedstawiane przez program mogą dotyczyć albo poszczególnych punktów trasy albo zmiany danego wskaźnika w funkcji czasu okno programu „Analiza dynamiczna” podzielono na dwie części.



Rys.5. Wskaźniki oceny jakości rozruchu - DynaBelt

W części górnej przedstawiono zmianę wartości wskaźników  $w_2$ ,  $w_4$ ,  $w_5$ , w analizowanym czasie symulacji, natomiast w części dolnej przedstawiono kontur trasy przenośnika z zaznaczonymi charakterystycznymi punktami, wykresem sił maksymalnych minimalnych i dla ruchu ustalonego oraz wyznaczonymi wartościami wskaźników  $w_1$  i  $w_3$ .

## 5. Podsumowanie i uwagi końcowe

W projektowaniu przenośników taśmowych o znacznych długościach i dużych mocach, prowadzenie symulacji komputerowych na modelach dynamicznych ułatwia wybór najwłaściwszego rozwiązania układu sterowania rozruchem i pozwala na wyeliminowanie niekorzystnych zjawisk, które mogłyby wystąpić podczas eksploatacji przenośnika.

W artykule skoncentrowano się na przedstawieniu wskaźników oceny rozruchu związanych z obciążeniem taśmy i układu napędowego, a należy pamiętać, że równie ważnym kryterium doboru taśmy, urządzeń rozruchowych i napinających są wskaźniki oceny kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych.

## Literatura

1. Kulinowski P.: Badania modelowe nieustalonych stanów pracy przenośników taśmowych. Praca doktorska, AGH KMGiUO, Kraków 1997.
2. Kulinowski P.: Metody analizy dynamiki rozruchu przenośników taśmowych. Sympozjum Naukowo-Techniczne Sempertrans Bełchatów Ustroń 2004.
3. Kulinowski P.: Analiza dynamiki rozruchu przenośników taśmowych z uwzględnieniem charakterystyk sprzęgieł hydrokinetycznych. Transport przemysłowy 1(15)/2004, s. 25-29.
4. Kulinowski P., Jabłoński R.: Wskaźniki jakości rozruchu w badaniach modelowych przenośników taśmowych. Konferencja Naukowa „Podstawowe Problemy Transportu Kopalnianego”, Szklarska Poręba 2002.
5. Żur T., Hardygóra M.: Przenośniki taśmowe w górnictwie. Wyd. „Śląsk”. Katowice 1996.

Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2005 r.

Recenzent: prof.dr inż. Włodzimierz Sikora

## **Bezpieczeństwo pracy w miejscu skrzyżowania ścian z wyrobiskami przyścianowymi**

### *S t r e s z c z e n i e*

*W artykule opisano bezpieczeństwo pracy w miejscu skrzyżowania ścian z wyrobiskami przyścianowymi. Dzięki zastosowaniu zmechanizowanych obudów skrzyżowań należy spodziewać się dużej poprawy bezpieczeństwa pracy, polegającej na wyeliminowaniu zagrożeń spowodowanych opadem skał i węgla oraz znacznego obniżenia nakładów pracy.*

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

*Work safety in face ends is described in the paper. Due to an implementation of face end powered roof supports we can expect a significant improvement of work safety, consisting in elimination of the hazards caused by falling rocks and coal blocks as well as in a reduction of work effort.*

## **1. Wstęp**

Dążenie do obniżenia przez zakłady górnicze kosztów wydobywania spowodowało, że dominującym systemem eksploatacji pokładów węgla kamiennego w Polsce jest i będzie system ścianowy. Stosowanie wysoko wydajnych zmechanizowanych kompleksów ścianowych odgrywa więc szczególną rolę w osiągnięciu wysokiej koncentracji i obniżenia kosztów wydobywania węgla, a także decydują o bezpieczeństwie załogi zatrudnionej w ścianie. Schodzenie z eksploatacją na coraz większe głębokości powoduje wzrost zagrożeń: metanowego, tąpnięć, temperaturowego i klimatycznego. Pogarszają się również warunki pracy na skrzyżowaniach ścian z chodnikami przyścianowymi.

W tej sytuacji niezwykle ważnym w procesie eksploatacji ścianowej, a jednocześnie powodującym najwięcej problemów jest prawidłowe utrzymanie skrzyżowania chodników przyścianowych ze ścianami. Wiąże się to ze specyfiką strefy chodnika przyścianowego, gdzie mamy do czynienia z występującymi, wzmożonymi naprężeniami związanymi z ciśnieniem górotworu, dużym nagromadzeniem sprzętu (odstawa urobku przenośnikami zgrzeblowymi ścianowymi i podścianowymi), oraz wykonywaniem robót górniczych związanych z utrzymaniem obudowy wyrobiska chodnikowego. Powszechnie stosowane wzmocnienia odrzwi obudowy w tej strefie, w postaci różnorodnych podciągów – mniej lub bardziej skutecznie spełnia warunek koniecznej podporności i stabilności obudowy, a pracochłonność jego realizacji powodowała i powoduje znaczne ograniczenie w prędkości postępu ścian. Problem ten jest ważny, ponieważ według stanu na grudzień 2004 roku w 39 kopalniach węgla kamiennego w eksploatacji było około 145 ścian wyposażonych w obudowy zmechanizowane.

## **2. Stan bezpieczeństwa**

Trudność utrzymania należytej i skutecznej obudowy skrzyżowania jest źródłem największego zagrożenia bezpieczeństwa pracy w rejonie skrzyżowania ściany z wyrobiskami przyścianowymi. Wynika ona z oddziaływania wzmożonego ciśnienia eksploatacyjnego na skrzyżowaniu i związanym z tym zmniejszaniem przekroju chodnika z jednej strony, a z drugiej usytuowania napędów przenośników o coraz większych gabarytach, co wymaga wypinania łuków ociosowych odrzwi obudowy chodnikowej powodując określone trudności w utrzymaniu właściwych gabarytów wyrobiska. Zatem dla bezpiecznego i funkcjonalnego, prowadzenia oraz utrzymania tej strefy, jak również zapewnienia wysokich postępów ścian – niezbędnym jest wprowadzenie nowych rozwiązań, w tym obudów zmechanizowanych skrzyżowań oraz wykonywanie wyrobisk przyścianowych o większych gabarytach.

O występujących zagrożeniach w rejonie skrzyżowania ścian z wyrobiskami przyścianowymi świadczą zaistniałe wypadki, których przykłady przedstawiono poniżej:

1. W dniu 11 maja 2000 r. w ZG „Piekary” nastąpił zawał skał stropowych na skrzyżowaniu ściany z chodnikiem przyścianowym na skutek wypięcia 9 łuków ociosowych na odcinku 6,7 m w wyniku równoczesnego prowadzenia urabiania w ścianie i wprowadzania do niej sekcji obudowy zmechanizowanej, co spowodowało śmierć 3 pracowników.
2. W dniu 5 września 2003 r. w KWK „Wujek” podczas dokręcania strzemiona obudowy chodnikowej górnik siedzący na rurociągu podszkawkowym dokręcający strzemiona obudowy chodnikowej został zrzuty w wyniku podrzucenia rurociągu przez filarówkę pochwyconą przez organ kombajnu ścianowego doznając śmiertelnych obrażeń.

3. W dniu 19 grudnia 2003 r. w KWK „Rydułtowy” w wyniku uderzenia organem kombajnu ścianowego w stropnicę stalową nastąpiło jej gwałtowne przemieszczenie i uderzenie górnika, w wyniku czego poniósł śmierć.
  4. W dniu 28 października 2004 r. w KWK „Ślask” w czasie rabowania chodnika przyścianowego nastąpił zawał skał stropowych, który spowodował przygniecenie elementami rabowanej obudowy i zasypanie górnika, w wyniku czego poniósł on śmierć na miejscu.
  5. W dniu 7 stycznia 2005 r. w KWK „Halemba” w Rudzie Śląskiej podczas transportu stojaków drewnianych z chodnika przyścianowego do ściany nad trasą przenośnika podścianowego, górnik został uderzony i dociśnięty transportowanym przez siebie stojakiem drewnianym, pochwyconym przez zgrzebło będącego w ruchu przenośnika podścianowego do konstrukcji przenośnika ścianowego.
- brak prawidłowo urządzonych przejść tak obok przenośników jak i przejść przez przenośniki,
  - brak lub nieprawidłowo zabudowane osłony trasy przenośników podścianowych,
  - brak lub nieprzestrzeganie ustalonych zasad wykonywania prac przy przenośnikach zgrzebłowych związanych np. z usuwaniem nagromadzonego urobku lub transportem materiałów w tym długich,
  - brak właściwego nadzoru tych prac,
  - wykonywanie czynności związanych z naprawami przenośników bez zabezpieczenia ich przed uruchomieniem,
  - zatrudnianie do obsługi przenośników pracowników nie zapoznanych z instrukcją i nie posiadających odpowiednich kwalifikacji.
- C. Związane z zawałem lub opadem skał:
- wykonywanie prac robót górniczych niezgodnie z projektem technicznym,

**Zestawienie wypadków ciężkich i śmiertelnych zaistniałych w miejscu skrzyżowania ścian z wyrobiskami przyścianowymi w górnictwie podziemnym w okresie od 1.01.1995 r. do 10.01.2005 r.**

Tabela 1

| Rok           | Związane z rabowaniem chodników przyścianowych (A) |          | Związane z ruchem przenośników zgrzebłowych (B) |           | Związane z wykonywaniem robót górniczych (C) |          | Związane z ruchem kombajnu (D) |          |
|---------------|----------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------|----------|--------------------------------|----------|
|               | Śmiertelne                                         | Ciężkie  | Śmiertelne                                      | Ciężkie   | Śmiertelne                                   | Ciężkie  | Śmiertelne                     | Ciężkie  |
| 1995          | 1                                                  | -        | 2                                               | 4         | 1                                            | -        | 1                              | -        |
| 1996          | -                                                  | -        | 3                                               | -         | 3                                            | 1        | -                              | -        |
| 1997          | 1                                                  | -        | 1                                               | -         | -                                            | -        | -                              | -        |
| 1998          | -                                                  | -        | -                                               | 2         | -                                            | 1        | 1                              | 1        |
| 1999          | 3                                                  | 2        | -                                               | 1         | -                                            | -        | -                              | -        |
| 2000          | 1                                                  | 1        | 1                                               | 1         | 3                                            | -        | 1                              | -        |
| 2001          | 3                                                  | -        | 2                                               | -         | -                                            | 1        | -                              | -        |
| 2002          | -                                                  | 1        | -                                               | 1         | -                                            | 1        | -                              | -        |
| 2003          | -                                                  | -        | 1                                               | -         | 1                                            | -        | 2                              | -        |
| 2004          | 1                                                  | -        | -                                               | -         | -                                            | -        | -                              | -        |
| do 10.01.2005 | -                                                  | -        | -                                               | 1         | -                                            | -        | -                              | -        |
| <b>Razem:</b> | <b>10</b>                                          | <b>4</b> | <b>10</b>                                       | <b>10</b> | <b>8</b>                                     | <b>4</b> | <b>5</b>                       | <b>1</b> |

**Razem, na skrzyżowaniu ścian z wyrobiskami przyścianowymi w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny w okresie od 1.01.1995 r. do 10.01.2005 r. zaistniało 33 wypadki śmiertelne i 19 ciężkich.**

Analizując zaistniałe wypadki ujęte w tabeli ustalono, że najczęstszymi ich przyczynami były:

**A. Związane z rabowaniem chodników przyścianowych:**

- wykonywanie rabunku niezgodnie z ustaleniami instrukcji rabunku,
- niedostosowanie instrukcji rabowania do istniejących warunków górniczo-geologicznych,
- tolerowanie przez osoby dozoru prowadzenie prac niezgodnie z instrukcją,

**B. Związane z ruchem przenośników zgrzebłowych:**

- wykonywanie innych prac w sąsiedztwie przenośników będących w ruchu (np. ręczny transport materiałów),
- przechodzenie przez trasę przenośnika będącego w ruchu,

- niedostosowanie technologii wykonywania robót górniczych związanych z wzmacnianiem obudowy chodnikowej.

**D. Inne:**

- przebywanie pracowników w pobliżu będącego w ruchu organu urabiającego kombajnu ścianowego,
- prowadzenie urabiania kombajnem miejscu zaizolacji w końcowym odcinku ściany w obudowie indywidualnej.

**3. Zmechanizowane obudowy skrzyżowań**

Biorąc pod uwagę prace wykonywane w obrębie skrzyżowań, a w szczególności przy wykonywaniu przebudowy, które nie są w żadnym stopniu zmechanizowane oraz pracochłonność tych robót, można stwierdzić, że powoduje to ograniczenie postępu ścian oraz stwarza duże zagrożenie dla pracującej załogi. Można tu wymienić budowę i przebudowę podciągów na wlocie do ścian, obudowę wnęk, wybudowę, a następnie ponowną zabudowę elementów obudowy chodnikowej

(łuki ociosowe, podpory boczne), budowę i likwidację podciągów przed ścianą i ich przebudowę nad napędem, układanie pasów podsadzkowych, kasztów, organów, spinanie i wiązanie łuków obudowy chodnikowej oraz likwidację chodników.

Nowoczesne obudowy skrzyżowań przeznaczone do zabudowania w chodniku (jako element podpierający skrzyżowanie ściany z chodnikiem przyścianowym), umożliwiają mechanizację wielu prac, między innymi:

- podtrzymywanie stropu chodnika ze stałą odpornością roboczą,
- przesuwanie napędu przenośnika ścianowego wraz z przenośnikiem podścianowym za postępem ściany.

Konstrukcja obudów umożliwia pracę w warunkach z utrzymaniem chodnika lub z jego likwidacją. Stosowane rozwiązania konstrukcyjne usprawniają pracę na skrzyżowaniach i podnoszą stan bezpieczeństwa w tym rejonie oraz powodują wzrost wydajności ściany.

Do chwili obecnej wyprodukowane zostały następujące typy zmechanizowanych obudów skrzyżowań:

1. Fabryka Zmechanizowanych Obudów Ścianowych „FAZOS” S.A. w Tarnowskich Górach:
  - podporowa obudowa skrzyżowań V 9,
  - obudowa skrzyżowań FAZOS-17/37,
  - obudowa skrzyżowań FAZOS-17/37-W.
2. Zakład Maszyn Górniczych „GLINIK” Sp. z o.o. w Gorlicach:
  - obudowa skrzyżowań typu 6L 420,
  - obudowa skrzyżowań typu GLINIK 18/34,
  - obudowa skrzyżowań typu GLINIK 23/38,
  - obudowa skrzyżowań typu GLINIK 28/46-Pz.
3. Firma SIGMA S.A. w Baraku (Lublin):
  - obudowa skrzyżowań „OSK-SIGMA” (uzyskała dopuszczenie do stosowania w zakładach górniczych (termin ważności decyzji do dnia 29 października 2008 r.).
4. Firma BeZeteN S.A. w Bytomiu (obecnie CMG KOMAG):
  - obudowa skrzyżowania KSK 18/37-Pz.
5. Zakład Obudów Górniczych CMG KOMAG w Gliwicach:
  - obudowa skrzyżowania GSW-17/36-Pz (prototyp).

Z przeprowadzonego rozpoznania wynika, że według stanu na dzień 5 stycznia 2005 r. w zakładach górniczych stosowane były następujące typy zmechanizowanych obudów skrzyżowań:

- KWK „Borynia” - 3 obudowy typu „OSK-SIGMA” (w tym jedna w przeobrażeniu),
- KWK „Staszic” - 5 obudów typu GLINIK 23/38 (w tym jedna w remoncie) oraz jedną typu FAZOS-17/37,
- KWK „Wesoła” – 4 obudowy typu FAZOS-17/37 (w tym 2 w remoncie).

W trzech wyżej wymienionych zakładach górniczych w eksploatacji znajduje się 9 obudów skrzyżowań (co stanowi 3,1% ogólnej liczby skrzyżowań ścian z chodnikami przyścianowymi według stanu na miesiąc grudzień 2004 r.).

**Z analizy przedstawionych powyżej danych wynika, że w zakładach górniczych stosujących obudowy skrzyżowań nie zaistniały wypadki związane z zawalaniem lub opadem skał, rabowaniem chodników i ruchem przenośników zgrzeblowych.**

Dzięki zastosowaniu zmechanizowanych obudów skrzyżowań spodziewać się można istotnych osiągnięć w zakresie poprawy bezpieczeństwa pracy, polegających na wyeliminowaniu zagrożeń spowodowanych opadem skał i węgla oraz znacznego obniżenia nakładów pracy i ograniczenia ilości transportu materiałów do ściany, drewna itp.

Ponadto, spowoduje to zwiększenie wydobywania ze ścian poprzez zmniejszenie liczby postojów urządzeń odstawczych oraz wydłużenie efektywnego czasu pracy maszyn i urządzeń.

#### **4. Przykotwianie obudowy wyrobisk przyścianowych**

Innym sposobem wzmocnienia obudowy chodnikowej w miejscu skrzyżowania ze ścianą jest przykotwianie obudowy podporowej. Sposób ten może eliminować konieczność stosowania tradycyjnego sposobu wzmocnienia obudowy skrzyżowania. Zastosowanie przykotwiania w odpowiednim czasie i z odpowiednim wyprzedzeniem powoduje utrzymywanie odpowiednich gabarytów wyrobisk, co poprawia w sposób zdecydowany bezpieczeństwo i komfort pracy na skrzyżowaniach. Należy również podkreślić, że w przypadku występowania silnego zagrożenia metanowego istnieje możliwość skuteczniejszego zabudowania urządzeń pomocniczych wentylacyjnych oraz pomiarowych. Stosowanie tego rodzaju obudowy musi być poprzedzone rozpoznaniem warunków górniczo-geologicznych i ujęte w projekcie technicznym ściany.

#### **5. Stosowane rozwiązania w KWK „Borynia”**

W celu obniżenia kosztów wydobywania z eksploataowanych ścian, wyeliminowania omówionych problemów, a także poprawy bezpieczeństwa ludzi zatrudnionych w miejscu skrzyżowania ścian z wyrobiskami chodnikowymi, KWK „Borynia” zastosowała zmechanizowaną obudowę skrzyżowań typu OSK-SIGMA, produkcji firmy SIGMA S.A.

Wyżej wymieniona obudowa wykonana według rys. OSK-77.00.00.00, uzyskała dopuszczenie do stosowania w podziemnych zakładach górniczych decyzją Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego z dnia 17.11.2003 r. o L.dz. GEM/ 4710/0024/03/13425/ZM, z terminem ważności do dnia 29 października 2008 r.

Zestaw obudowy przeznaczony jest do zabezpieczenia, lub zabudowy stropu chodników przyścianowych o wysokości od 2,25 do 3,36 m, o nachyleniu podłużnym do 12° i poprzecznym do 10°. Obudowa jest przystosowana do zabudowy na jej konstrukcji napędu przenośnika ścianowego za pośrednictwem obrotowej skrzyni.

Pozostałe dane techniczne obudowy:

|                                           |                |
|-------------------------------------------|----------------|
| – Ciśnienie nominalne                     | 38 MPa         |
| – Ciśnienie zasilania                     | 30 MPa         |
| – Ciśnienie robocze                       | 35 MPa         |
| – Podporność wstępna pojedynczego stojaka | 1030 kN        |
| – Podporność robocza pojedynczego stojaka | 1210 kN        |
| – Liczba stojaków                         | 4 szt.         |
| – Skok siłownika przekładkowego           | 1,5 m          |
| – Siła przekładania sekcji                | 1000 kN        |
| – Masa urządzenia                         | około 24000 kg |

O wybranym typie obudowy zdecydowały występujące w kopalni warunki górniczo–geologiczne oraz posiadane wyposażenie. W chwili obecnej sekcja obudowy skrzyżowania jest stosowana w chodnikach: F-23 i B-22 wykonanych w obudowie V29/9 w związku z eksploatacją ścian F-23 i B-22. Średnie wydobyte z tych ścian wynosi około 2600 t/dobę przy postępach odpowiednio 3,5 i 7,0 m/dobę. Ściana B-22 w ciągu miesiąca uzyskuje 120 m postępu. Trzecia sekcja obudowy stosowana w 2004 r. w chodniku E-22 (obudowa V29/9) po zakończeniu biegu ściany E-22 w pokładzie 405/1 przekazana została do przeglądu. Postęp ściany wynosił około 80 m/m-c (4,0 mb/dobę), a wydobyte kształtowało się na poziomie około 2500 ton/dobę.

## 6. Efekty zastosowania sekcji obudowy skrzyżowań SIGMA w KWK „Borynia”

Z dotychczasowych obserwacji i uzyskanych doświadczeń związanych z eksploatacją obudów skrzyżowań wynika:

- wyraźna poprawa bezpieczeństwa pracy załogi poprzez wyeliminowanie w sposób znaczący liczby pracowników zatrudnionych przy pracach w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem podścianowym,
- wyeliminowanie konieczności dodatkowego wzmocnienia chodnika podścianowego przed frontem ściany,
- uzyskanie stabilizacji obudowy chodnikowej na skrzyżowaniu ściany z chodnikiem podścianowym,
- dogodność przekładki napędu wysypowego przenośnika ścianowego,
- utrzymanie gabarytów ruchowych przy napędzie wysypowym przenośnika ścianowego,
- zmniejszenie liczby pracowników niezbędnych do ruchu ściany (zmniejszenie obciążenia załogi w rejonie dolnego skrzyżowania),

- wyeliminowanie kosztów związanych z materiałami (stropnice stalowe, drewniane, stojaki stalowe) koniecznymi do wzmocnienia skrzyżowania,
- zwiększenie postępu ściany, co przekłada się na ilość wydobytego węgla.

Należy tutaj odnotować fakt, że podczas dotychczasowej eksploatacji obudów skrzyżowań OSK-SIGMA nie odnotowano niebezpiecznych zdarzeń związanych z jej konstrukcją, jak również nie wystąpiły usterki i awarie wpływające w istotny sposób na postęp ściany, zwiększając tym samym komfort i bezpieczeństwo pracy załóg górniczych.

## 7. Podsumowanie

Jak wykazały doświadczenia uzyskane z eksploatacji, dzięki zastosowaniu zmechanizowanych obudów skrzyżowań spodziewać się można istotnych osiągnięć w zakresie poprawy bezpieczeństwa pracy, polegających na wyeliminowaniu zagrożeń spowodowanych opadem skał i węgla oraz znacznego obniżenia nakładów pracy przeznaczonych na budowę i przebudowę podciągów na wlocie do ściany, obudowę wnęk, wybudowę, a następnie ponowną zabudowę elementów obudowy chodnikowej (łuki ociosowe, podpory boczne), budowę i likwidację podciągów przed ścianą i ich przebudowę nad napędem, układanie kasztów oraz możliwość bezpiecznej likwidacji chodników, a także ograniczenia ilości transportu materiałów do ściany, drewna itp. Ponadto, spowoduje to zwiększenie wydobywania ze ścian poprzez zmniejszenie liczby postojów urządzeń odstawczych oraz wydłużenie efektywnego czasu pracy maszyn i urządzeń.

W celu zapobieżenia zdarzeniom związanym z zawaleniem lub opadem skał, rabowaniem chodników i ruchem przenośników zgrzeblowych należy podjąć działania polegające na:

1. Zwróceniu szczególnej uwagi na etapie projektowania ścian na możliwość stosowania zmechanizowanych obudów skrzyżowań. Projekt stosowania tych obudów powinien uwzględniać istniejące warunki górniczo–geologiczne.
2. Przestrzeganiu ustaleń zawartych w technologiach prac na skrzyżowaniach ścian z wyrobiskami przyścianowymi, dokumentacjach techniczno-ruchowych oraz w instrukcjach, technologiach napraw i konserwacji przez pracowników obsługi.
3. Okresowym szkoleniu pracowników w zakresie przepisów, instrukcji i technologii prac montażowych, konserwacji, napraw ze szczególnym uwzględnieniem najczęściej występujących awarii. W szkoleniach należy zwrócić uwagę na zagrożenia wynikające zarówno z technologii wykonywanych prac, jak również zagrożeń naturalnych. Należy także wykorzystywać wnioski i zalecenia wynikające po zdarzeniach w zakładach górniczych. W szkoleniu należy wykorzystywać plansze obrazujące przebieg zdarzenia lub środki audio wizualne.

Artykuł wpłynął do redakcji w czerwcu 2005 r.

Recenzent: prof.dr inż. Włodzimierz Sikora

**Posiedzenie Sekcji Mechanizacji Górnictwa Komitetu Górnictwa  
Polskiej Akademii Nauk w dniu 17 lutego 2005 r.  
w kopalni Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A. na temat  
” Zagadnienia bezpieczeństwa i ekonomicznej efektywności eksploatacji  
węgla kamiennego w warunkach wysokiej koncentracji wydobywania”**

Zagadnienia bezpieczeństwa i ekonomicznej efektywności eksploatacji węgla kamiennego są aktualne, szczególnie obecnie, gdy koniunktura na rynku węglowym uległa poprawie. Należy ten okres wykorzystać dla pozyskania środków i wypracowania metod obniżania kosztów procesu wydobywania, a przy tym zapewnić warunki do stałego podnoszenia standardów pracy w zakresie przede wszystkim bezpieczeństwa, ale również jej komfortu.

Dzięki trwającej restrukturyzacji polskiego górnictwa uczyniono w ostatnich latach duży postęp w wymienionym obszarze, ale pamiętać należy, że z uwagi na coraz trudniejsze warunki eksploatacji, jak też otoczenia rynkowego, działania w kierunku minimalizacji kosztów wydobywania i poprawy bezpieczeństwa pracy muszą być podejmowane permanentnie. Kierunkiem, który pozwolił uzyskać największy postęp był wzrost koncentracji wydobywania, a niewątpliwie najlepsze, wręcz rekordowe wyniki osiągnęła kopalnia LW „Bogdanka” S.A.

Nieprzypadkowo więc posiedzenie Sekcji Mechanizacji Górnictwa poświęcone tym tak istotnym dla rozwoju krajowego górnictwa węglowego zagadnieniom odbywało się w tej właśnie kopalni, a istotnym punktem programu było zapoznanie się z warunkami pracy w wysoko wydajnej ścianie, jak też z wdrożeniem wózka kołowego szynowego z zastosowaniem awaryjnego hamowania, które stanowi przykład konkretnego rozwiązania poprawiającego bezpieczeństwo transportu, bardzo newralgicznego, ze względu na to kryterium, węgla systemu produkcyjnego.

Z uwagi na zaplanowany zjazd na dół kopalni i konieczność dotarcia do bardzo odległego przodku eksploatacyjnego, uczestnicy posiedzenia poddani zostali kontroli lekarskiej i obowiązującemu szkoleniu BHP, a następnie pierwsza grupa uczestników udała się do

Oddziału Wydobywczego G III do ściany 9/I w pokładzie 382.

Członków grupy przetransportowano najpierw kolejką naspawową, a następnie podwieszaną do chodnika nadścianowego ściany 9/I. Grupa przeszła przez ścianę do chodnika podścianowego. Uczestnicy mieli możliwość zasięgnięcia informacji dotyczących przebiegu eksploatacji, oraz pracy maszyn zarówno u sztygara zmianowego, jak też operatorów maszyn i urzędników kompleksu.

W trakcie rozmów, jakie prowadzono w grupie uczestników zjazdu zwracano uwagę na rzadko spotykany w kopalniach podziemnych węgla kamiennego ład organizacyjny i porządek, tak na trasie przejazdu jak też w ścianie, niemal idealnie prowadzenie ściany z utrzymaniem prostej linii frontu, praktycznie brak zapylenia pomimo pracującego kombajnu. Na podkreślenie zasługiwał wysoki poziom kompetencji dozoru i załogi. Pracownicy Wyższego Dozoru podkreślali, iż duży nacisk kładzie się na właściwą motywację załogi i jednocześnie obdarza się załogę dużym zaufaniem pobudzając tym samym wśród ludzi poczucie odpowiedzialności.

Jako zasadę przyjęto przydział możliwie jak największych kompetencji począwszy od jak najniższych stanowisk. Przy właściwym doborze kadry i zapewnieniu odpowiedniego poziomu szkoleń dało to bardzo dobre efekty.

Druga grupa uczestników posiedzenia udała się do pola Nadrybie, gdzie na pochylni transportowej 6fN między poziomami 864 i 960 m zapoznała się z budową i zasadą działania zestawu do awaryjnego hamowania kolejek kołowo-szynowych, oraz mogła ocenić skuteczność tego rozwiązania.



---

Po wyjeździe obu grup rozpoczęto obrady plenarne, w trakcie których wygłoszono referaty opublikowane w części niniejszego kwartalnika. Opracowania te obejmują całokształt omawianej w trakcie posiedzenia problematyki, co umożliwi zainteresowanemu czytelnikowi wzięcie udziału w dyskusji na łamach tegoż czasopisma.

Warto podkreślić, że dyskusja jaka miała miejsce na posiedzeniu plenarnym nie ograniczała się do oceny też zawartych w wygłaszanych referatach. Uczestnicy dzielili się także wrażeniami z pobytu na dole kopalni. Wspólnym mianownikiem wystąpień była bardzo wysoka ocena osiągnięć kopalni zarówno organizacyjnych, jak też w zakresie dbałości o zapewnienie bezpiecznych warunków pracy załogi. Podkreślano też, że o rekordowych wynikach wydobywania nie decydowały korzystne warunki górniczo-geologiczne, ale przede wszystkim konsekwentna praca i wypracowane, jak to określił Dyrektor Centrum Mechanizacji Górnictwa dr inż. Andrzej Meder, nowej, wysokiej kultury organizacyjnej.

Fakt, iż Zarząd Spółki Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A. podjął trud organizacji wyjazdowego posiedzenia Sekcji Mechanizacji Górnictwa Komitetu Górnictwa Polskiej Akademii Nauk świadczy o tym, że firma ta przywiązuje dużą wagę do współpracy z jednostkami naukowo-badawczymi, co dobrze rokuje jej dalszemu rozwojowi. Podkreślić też trzeba, iż podzielenie się na takim forum własnymi doświadczeniami świadczy o właściwym pojmowaniu górniczej solidarności i powinno się przyczynić do dalszej poprawy stanu polskiego górnictwa.

Dlatego też za podjęcie się trudu organizacji posiedzenia należą się kopalni Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A. szczególne wyrazy uznania i podziękowania.

**Przewodniczący  
Sekcji Mechanizacji Górnictwa  
Komitetu Górniczego PAN**

**prof. zw. dr hab. inż. Adam Klich**

## Stan aktualny i perspektywy rozwoju kopalni „Bogdanka”

### Streszczenie

W artykule przedstawiono historię i perspektywy rozwoju kopalni „Bogdanka” oraz stan aktualny, a także zmiany organizacyjne i restrukturyzację przedsiębiorstwa o nazwie „Kopalnie Lubelskiego Zagłębia Węglowego w Budowie” (czyli obecnej KWK „Bogdanka”) w ciągu 30 lat istnienia firmy.

### Summary

The paper presents history and development prospective for the 'Bogdanka' Colliery as well as present condition, organizational changes and restructuring of the 'Kopalnie Lubelskiego Zagłębia Węgla w Budowie' Company (i.e. the 'Bogdanka' Colliery) within 30 years of the company existence.

### 1. Wstęp

W bieżącym 2005 roku obchodzimy 30 rocznicę utworzenia naszej firmy, a jednocześnie 30 lat obecności górnictwa węglowego w tej części Polski.

W styczniu 1975 roku Rada Ministrów podjęła decyzję o budowie kopalni pilotująco-wydobywczej w Bogdance. W lutym 1975 roku powołano do życia przedsiębiorstwo państwowe o nazwie „Kopalnie Lubelskiego Zagłębia Węglowego w Budowie”, którego prawnym i rzeczywistym następcą jest kopalnia „Bogdanka”, funkcjonująca obecnie pod nazwą Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A.

Najstarsze wzmianki o istnieniu węgla na obszarze Wołynia sięgają końca XIX wieku. Prawdziwa historia odkrycia oraz udokumentowanie złoża węgla kamiennego we wschodniej Polsce zwanego Lubelskim Zagłębiem Węglowym rozpoczyna się w latach 30. XX wieku i jest nierozdzielnie związana z osobą wielkiego polskiego geologa prof. Jana Samsonowicza.

W roku 1932 prof. Samsonowicz przedstawił koncepcję występowania karbonu na obszarze Wołynia Zachodniego i Południowego Polesia. W roku 1937 rozpoczynają się już geologiczne roboty poszukiwawcze, które przerwała II wojna światowa. Po II wojnie światowej, już w roku 1955 rozpoczęły się prace wiertnicze; najpierw w okolicach Chełma, gdzie nawiercono karbon na głębokości od 580 m.

Regularne prace geologiczne, prowadzone przez Instytut Geologiczny w Sosnowcu od 1959 roku, zakończone zostały pierwszym udokumentowaniem w roku 1972 złoża LZW, które dało podstawy planów budowy kopalń węgla kamiennego.

W czerwcu 1971 roku ówczesne Ministerstwo Górnictwa i Energetyki podjęło uchwałę o rozpoczęciu prac przygotowawczych do kompleksowego zagospodarowania LZW.

Pierwsze plany budowy LZW były bardzo ambitne i zakładały budowę, prawie jednocześnie, 7 kopalń wraz ze scentralizowanym zapleczem, drogami, nowymi miastami, lotniskiem, o łącznym wydobyciu 25 mln ton węgla na rok. Miasto Łęczna miało posiadać ponad 100 tysięcy mieszkańców.

Plany te były realizowane bez przeszkód tylko do października 1979 roku, kiedy to, do wykonanego pierwszego szybu S.1.1 w Bogdance, na głębokości 640 m, wdarła się w olbrzymiej ilości woda z piaskiem (kurzawka), zatapiając obydwie wykonane już szyby i podszybia. Szyb S.1.1., który miał być szybem wydobywczym kopalni, został ostatecznie stracony i zlikwidowany.

Później były długie lata mozolnej i konsekwentnej pracy nad opanowaniem zarówno kurzawki przy głębinieniu szybów, jak i zaciskania wyrobisk korytarzowych, gdyż słabe skały towarzyszące pokładowi węgla kamiennego bezlitośnie niszczyły, zastosowane na początku tradycyjne obudowy sprawdzone w warunkach górnośląskich.

W 1980 roku rozpoczęto w LZW głębinienie szybów drugiej kopalni (K-2), w Stefanowie.

Cały okres lat 80. to czas żmudnej budowy Kopalni Pilotująco-Wydobywczej i stopniowy wzrost jej produkcji. Pierwszą ścianę wydobywczą uruchomiono w listopadzie 1982 roku, uzyskując wydobycie 800 t/dobę.

Najważniejszym, a nawet przełomowym momentem w budowie kopalni było oddanie do użytku w listopadzie 1988 roku szybu wydobywczego S.1.3 w Bogdance, który pozwolił na usunięcie głównej bariery wzrostu wydobycia kopalni, jaką była zdolność wydobywcza szybów. Termin oddania do eksploatacji szybu S.1.3 był mocno opóźniony, gdyż w trakcie jego głębinienia wystąpiło wiele trudności technicznych. Ostateczne jego ukończenie było sukcesem, myśli technicznej i inżynierskiej oraz dało podstawy do dalszej budowy kopalni w latach następnych.

Z uwagi na narastające trudności gospodarcze z końcem lat 80. w Polsce, w lutym 1988 roku decyzją rządu wstrzymano budowę kopalni „Stefanów”, a w listopadzie 1989 roku zaprzestano finansowania ze środków centralnych budowy kopalni „Bogdanka”.

## **2. Zmiany organizacyjne i restrukturyzacja kopalni**

W styczniu 1975 roku powołana została do życia firma o nazwie „Kopalnie Lubelskiego Zagłębia Węglowego w Budowie”, której głównym celem było górnicze zagospodarowanie LZW. Przedsiębiorstwo to funkcjonowało do 31 grudnia 1984 roku, a więc prawie 10 lat. W 1985 roku utworzone zostało Lubelsko-Chełmskie Gwarectwo Węglowe w Budowie w Bogdance, jako jedno z kilku utworzonych wówczas gwarectw w górnictwie węglowym w Polsce.

W lutym 1988 roku wstrzymano budowę kopalni K-2 w Stefanowie. Z dniem 1 stycznia 1989 roku zlikwidowano LChGW, a kopalnię „Bogdanka” jako zakład włączono do nowo utworzonego Przedsiębiorstwa Eksploatacji Węgla „Wschód” w Sosnowcu.

Decyzją Ministra Przemysłu, 1 stycznia 1990 roku, ustanowiono samodzielne Przedsiębiorstwo Państwowe o nazwie KWK „Bogdanka”.

Samodzielność, w 1990 roku, kopalnia „Bogdanka” uzyskiwała w skrajnie trudnej sytuacji technicznej i ekonomicznej. Kopalnia osiągała wówczas dopiero około 50% docelowej zdolności wydobywczej, a cena sprzedawanego węgla wynosiła około 30% kosztu produkcji (niska jakość węgla z powodu braku zakładu przeróbki mechanicznej). W tym momencie „Bogdanka” znalazła się w grupie najbardziej nieefektywnych kopalń węgla kamiennego w Polsce i z bliską perspektywą likwidacji.

Konsekwentnie realizowany proces kompleksowej restrukturyzacji przedsiębiorstwa, połączony z dużą dozą wyrzeczeń (np. zwolnienia grupowe w roku 1993), doprowadził już w 1994 r. do uzyskania pierwszych poważnych efektów ekonomicznych - uzyskano dodatnią akumulację na węglu. Natomiast od roku 1995 kopalnia corocznie wypracowuje dodatnie wyniki finansowe zapewniające jej kilkuprocentową rentowność netto.

Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że wiele rozwiązań, sprawnie wprowadzonych przez kopalnię miało charakter zupełnie pionierski a unormowania prawne ułatwiające ich wdrożenie pojawiły się dopiero później. Wymienić tu należy sprzedaż 3 tys. mieszkań zakładowych, sprawne przeprowadzenie postępowania układowego i ugodowego oraz wiele innych.

Z innych istotnych w funkcjonowaniu firmy wydarzeń wymienić należy dokonane w marcu 1993 roku przekształcenie Przedsiębiorstwa Państwowego KWK „Bogdanka” w jednoosobową Spółkę Skarbu Państwa - KWK „Bogdanka” S.A.

Od marca 2001 roku kopalnia, chcąc być lepiej identyfikowaną z regionem, funkcjonuje pod nową nazwą firmy - jako Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A. Aktualnie jest to nadal spółka Skarbu Państwa z udziałem własności państwowej w wysokości około 96,8%.

W okresie 1990÷1995 kopalnia „Bogdanka” przeszła gruntowne przeobrażenia i dzięki wytrwałej i ofiarnej pracy całej załogi uratowała się, stając się jedną z najlepszych kopalń w Polsce, samodzielną i prężną firmą, o najniższych kosztach wydobycia węgla i najwyższej wydajności pracy, przynoszącą od lat zyski.

Ponad 20 lat wydobywania węgla w kopalni „Bogdanka”, to okres bogatych doświadczeń i zarazem intensywnych przeobrażeń w technice i technologii eksploatacji węgla. W okresie tym wydobyto w kopalni prawie 60 mln ton węgla. Kopalnia „Bogdanka” jako nowa – budowana od podstaw zawsze była nowoczesna, na miarę współczesnych możliwości. Najbardziej jednak dynamiczny rozwój techniki i technologii wydobycia nastąpił w latach 90.

Osiągnięta wysoka koncentracja wydobycia zapewniła wysoką wydajność pracy. Wzrost wydajności osiągnięty w latach 1990÷2004 jest ponad 4,5-krotny.

Efektom wysokiej wydajności są niskie koszty jednostkowe wydobycia i osiągnięta wysoka ekonomiczna efektywność.

Kopalnia „Bogdanka”, dowiodła, że eksploatacja węgla w Lubelskim Zagłębiu Węglowym jest nie tylko możliwa pod względem technicznym, mimo skał o niskich parametrach wytrzymałościowych i dużych ciśnieniach górotworu, ale także opłacalna pod względem ekonomicznym.

### 3. Wielkość wydobycia i udział w rynku

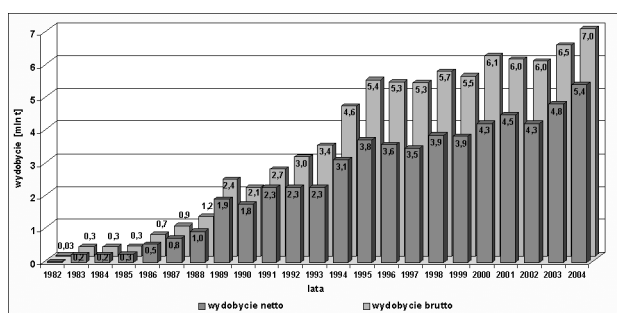
Eksploatację węgla kopalnia „Bogdanka” rozpoczęła w listopadzie 1982 roku, uruchomieniem pierwszej ściany badawczej o wydajności 800 ton/dobę. Znaczący rozwój wydobycia nastąpił od roku 1988, kiedy to oddano do eksploatacji szyb wydobywczy S.1.3, wyposażony w wyciąg skipowy.

Aktualnie kopalnia „Bogdanka” posiada ustabilizowaną wielkość produkcji na poziomie 23000 t/dobę brutto i około 16000 t/dobę węgla handlowego.

Wielkość produkcji w 2004 roku wyniosła:

- węgiel surowy - 7,0 mln ton,
- węgiel handlowy - 5,4 mln ton.

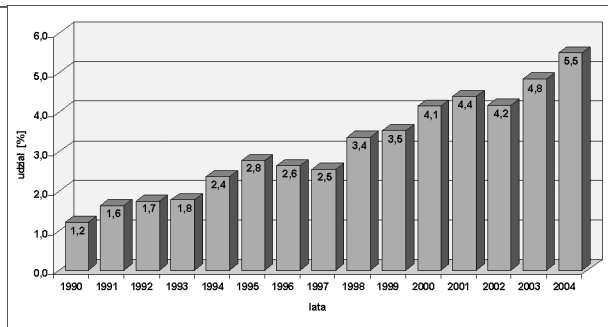
Wielkość produkcji węgla, w kopalni „Bogdanka”, w całym okresie prowadzenia eksploatacji przedstawia histogram na rysunku 2.



Rys.2. Wielkość wydobycia brutto i netto w kopalni „Bogdanka”

Udział wydobycia węgla z Bogdanki w całkowitej produkcji węgla w Polsce nieznacznie, ale systematycznie rośnie, głównie poprzez spadek produkcji całkowitej, do poziomu 4,8% w roku 2003. W roku 2004 udział w rynku wyniósł 5,5%. Udział węgla z „Bogdanki” w całkowitej produkcji węgla w Polsce od roku 1990 przedstawia wykres na rysunku 3.

Kopalnia „Bogdanka” zaopatruje odbiorców przemysłowych zlokalizowanych we wschodniej i północno-wschodniej Polsce, gdzie z uwagi na odległość występują znaczne oszczędności na transporcie węgla. Rynek odbiorców jest ustabilizowany, a sprzedaż realizowana jest głównie w oparciu o umowy wieloletnie.



Rys.3. Udział węgla z „Bogdanki” w całkowitej produkcji węgla w Polsce

### 4. Doświadczenia w zakresie prywatyzacji

Drogą do pełnej samodzielności gospodarczej kopalni „Bogdanka” miała być prywatyzacja. Opracowany, już w 1998 roku, rządowy program „Reforma górnictwa węgla kamiennego w Polsce na lata 1998÷2002” zakładał w swoich wytycznych prywatyzację kopalni „Bogdanka”. Minister Skarbu Państwa (MSP), już w styczniu 1999 r., na wniosek Zarządu Spółki, złożony przy aprobachie związków zawodowych, podjął decyzję o wszczęciu procedury prywatyzacyjnej kopalni. MSP prowadził trzykrotnie prywatyzację „Bogdanki”. Pierwszy raz przez giełdę, a później dwa razy przez ofertę publiczną.

Kadra i załoga kopalni „Bogdanka” poprzez stworzenie pracowniczej spółki akcyjnej, o nazwie „Korporacja Gwarecka”, uczestniczyła, oprócz innych inwestorów zewnętrznych, w ostatniej procedurze prywatyzacyjnej kopalni, zgodnie z regulaminem i harmonogramem Ministra Skarbu Państwa. Procedura, rozpoczęta w czerwcu 2002 roku, ostatecznie została jednak unieważniona w listopadzie 2003 roku, podobnie jak pierwsza w październiku 2001 roku. W uzasadnieniu MSP stwierdził, że potencjalni inwestorzy nie spełnili oczekiwań rządu.

Jesienią 2004 roku Ministerstwo Skarbu Państwa opracowało nową koncepcję prywatyzacji sektora paliwowo-energetycznego w Polsce. W ramach tej koncepcji powstał plan podwyższenia kapitału akcyjnego Elektrowni „Kozienice”, odbiorcy około 40% węgla z „Bogdanki”, poprzez wniesienie aportem akcji firmy Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A.

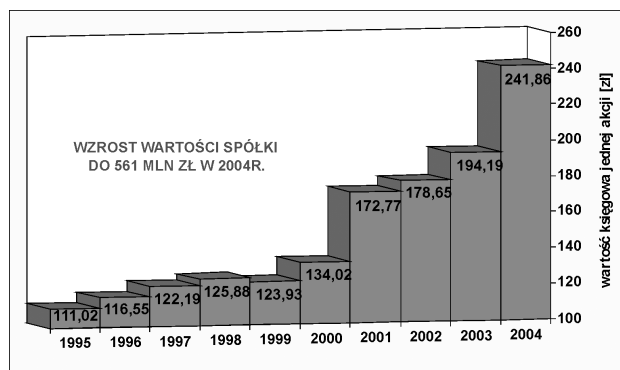
W drugim etapie „Kozienice” miały być prywatyzowane poprzez Giełdę Papierów Wartościowych w Warszawie. Projekt ten spotkał się ze sprzeciwem zarówno zarządu i załogi kopalni „Bogdanka”, jak i parlamentarzystów oraz władz samorządowych Lubelszczyzny. Istniały bowiem obawy, że taka prywatyzacja doprowadzi do utraty samodzielności kopalni i obecnej pozycji w regionie, oraz ograniczy szanse rozwoju w przyszłości, a zwłaszcza była obawa o możliwość transferu zysków, ograniczenie produkcji do wielkości

potrzeb „Kozienic” i związane z tym zmniejszenie zatrudnienia. Po rozmowach Minister Skarbu Państwa podjął decyzję o ponownym przeanalizowaniu różnych możliwych dróg prywatyzacji „Bogdanki” i zadeklarował dokonania wyboru rozwiązania optymalnego w porozumieniu z zarządem i załogą. Prawdopodobne są trzy scenariusze prywatyzacji kopalni „Bogdanka”:

- 1) „Bogdanka” uczestniczyć będzie w konsolidacji branży energetyczno-paliwowej na korzystnych dla niej warunkach, tzn. równorzędnych i partnerskich,
- 2) proces prywatyzacji zostanie wznowiony, z aktywnym udziałem Spółki, poprzez wprowadzenie kopalni na Giełdę Papierów Wartościowych w Warszawie,
- 3) kopalnia funkcjonuje jeszcze jakiś czas jako podmiot w aktualnej strukturze kapitałowej i organizacyjnej, a po kilku latach realizowany będzie jeden z dwóch ww. wariantów.

W chwili obecnej najbardziej prawdopodobny wydaje się wariant 2.

Pomimo tak krytykowanej i nieefektywnej w opinii publicznej własności państwowej – „Bogdanka”, może być ewidentnym przykładem, iż właściwe relacje pomiędzy władzami przedsiębiorstwa i akcjonariuszami Spółki, jasno określona strategia firmy, oraz doskonała załoga i kadra, nawet przy państwowej własności, może być wzorcem efektywnej ekonomicznie działalności produkcyjnej i handlowej - nawet dla wielu prywatnych przedsiębiorstw. Dowodem na to może być systematycznie wzrastająca, od roku 1995, wartość księgowa akcji, co obrazuje rysunek 4.



Rys.4. Wzrost wartości księgowej akcji Lubelskiego Węgla „Bogdanka” S.A.

## 5. Mocne posadowienie w regionie

Lubelski Węgiel „Bogdanka” jest częścią Lubelszczyzny. Jest jedną z nielicznych obecnie w regionie firm dużych zatrudniająca obecnie około 3200 pracowników. Ponadto w spółkach funkcjonujących w otoczeniu kopalni zatrudnionych jest kolejnych kilkaset osób.

W strategii „Bogdanki” - oprócz działań gospodarczych przestrzegamy zasady dzielenia się sukcesem z naszym otoczeniem społeczno-gospodarczym. Jest to

przez społeczność lokalną zauważane i doceniane. Kopalnia od szeregu już lat otrzymuje wiele nagród i wyróżnień, zarówno branżowych jak i ogólnogospodarczych, tak krajowych jak i regionalnych. Ze zdobytych ostatnio w roku 2004 najbardziej cenimy sobie; tytuł „Lubelskiego Orła Biznesu – Pracodawcy roku 2003”, oraz otrzymany w listopadzie ubiegłego roku tytuł „Filara Polskiej Gospodarki na Lubelszczyźnie”, w ogólnopolskim konkursie organizowanym przez Puls Biznesu. I takim filarem, w zakresie wspomagania instytucji społecznych, finansowania cennych inicjatyw gospodarczych, ochrony środowiska, czy wspierania kultury i sportu, rzeczywiście jest „Bogdanka” i chce być jeszcze dla Lubelszczyzny przez wiele lat.

Przykładem takich działań „Bogdanki”, jest współfinansowanie klubu sportowego GKS „Górnik” Łęczna, z I ligową drużyną piłki nożnej i mistrzostwem Polski w zapasach w stylu wolnym, czy odbudowa Teatru J. Osterwy w Lublinie, budowa szpitala powiatowego w Łęcznej, oraz darowizny: na rzecz wielu lokalnych szkół, ośrodków kultury i uczelni wyższych, domów pomocy społecznej, oraz na rzecz kultu religijnego niezależnie od wyznania.

Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A. jest, jednym z największych w regionie, płatnikiem z tytułu podatków, opłat, udziałów w zyskach do budżetu państwa oraz budżetów lokalnych, co przedstawiono w tabeli 1.

Wpłaty Lubelskiego Węgla „Bogdanka” S.A. do budżetu państwa, budżetów lokalnych i instytucji państwowych

Tabela 1

| Wyszczególnienie                           | 2001         | 2002         | 2003         | 2001÷2003    |
|--------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                            | [mln zł]     |              |              |              |
| <b>Skarb Państwa, instytucje państwowe</b> | <b>191,8</b> | <b>166,5</b> | <b>192,8</b> | <b>551,1</b> |
| w tym:                                     |              |              |              |              |
| - podatki dochodowe                        | 40,4         | 26,9         | 34,5         | 101,8        |
| - ubezpieczenia społeczne, fundusze        | 68,9         | 77,8         | 73,9         | 220,6        |
| - opłaty                                   | 4,1          | 3,3          | 3,2          | 10,6         |
| - VAT                                      | 76,8         | 52,9         | 77,1         | 206,8        |
| - dywidenda                                | 1,6          | 5,6          | 4,1          | 11,3         |
| <b>Samorządy</b>                           | <b>32,6</b>  | <b>11,8</b>  | <b>12,1</b>  | <b>56,5</b>  |
| w tym:                                     |              |              |              |              |
| - podatki dochodowe                        | 6,4          | 6,2          | 5,7          | 18,3         |
| - podatki od nieruchomości                 | 20,3         | 1,0          | 1,7          | 23,0         |
| - opłaty                                   | 5,9          | 4,6          | 4,7          | 15,2         |
| <b>Razem</b>                               | <b>224,4</b> | <b>178,3</b> | <b>204,9</b> | <b>607,6</b> |

## 6. Plany rozwoju

Pojawiły się również pewne realne szanse rozwoju dla kopalni „Bogdanka”. Korzystając z obecnej koniunktury na węgiel istnieją możliwości sprzedaży zwiększonej ilości tego paliwa.

Będziemy więc kontynuować prace przy rozszerzeniu obszaru górniczego poprzez udostępnienie pola „Stefanów”, następnie przyłączenie obszaru K-3, co umożliwi przedłużenie żywotności kopalni do 50÷60 lat. Zgodnie z planem inwestycyjnym, najpóźniej - do roku 2010, kosztem około 400 mln zł zamierzamy uruchomić szyby w Stefanowie i prawie podwoić zdolności produkcyjne kopalni do około 9 mln ton węgla na rok. Uzyskamy dzięki temu dalszy wzrost znaczenia Spółki na rynku węgla energetycznego, obniżkę jednostkowych kosztów wydobycia, przy wzroście zatrudnienia o około 700÷1000 pracowników. Nie jest to bez znaczenia dla Lubelszczyzny, która ma obecnie jeden z najwyższych w kraju wskaźników bezrobocia.

Zamierzamy także realizować inwestycje w zakresie modernizacji kotłowni w Bogdancie, w kierunku skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepłej na bazie kotła fluidalnego, który zagwarantuje nam samowystarczalność w zakresie dostaw energii elektrycznej dla kopalni.

## 7. Podsumowanie

Po 30 latach, jakie upłynęły od 1975 roku, kiedy to powołano do życia przedsiębiorstwo państwowe o nazwie „Kopalnie Lubelskiego Zagłębia Węglowego w Budowie”, którego celem było górnicze zagospodarowanie nowego zagłębia, Lubelskie Zagłębie Węglowe jest dziś żywe, w którym od 22 lat prowadzona jest górnicza eksploatacja. Obecna firma, która funkcjonuje z eksploatacji węgla LZW, Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A., posiada dobrą kondycję, silną i ustabilizowaną pozycję na rynku, przynosząc od 10 już lat zyski dla swojej załogi, regionu i państwa, dając pracę wielu mieszkańcom Łęcznej, Chełma, Lublina i innych miejscowości.

Kopalnia „Bogdanka” jako pierwsza w branży udowodniła, że również eksploatacja węgla może być działalnością dochodową. Najwyższy dotychczas zysk kopalnia wypracowała w 2001 roku (72 mln zł netto). Rok 2003 zapewnił zysk w wysokości około 50 mln zł netto. Rok 2004 był rekordowy. Zysk wyniósł około 135 mln zł netto przy przychodach na poziomie 920 mln. Są to bez wątpienia dobre wyniki, o czym świadczą również inne osiągnięte w ubiegłym roku wskaźniki ekonomiczno-finansowe Spółki. Wskaźnik rentowności

aktywów (ROA) osiągnął 19,7%, a rentowności sprzedaży netto 15,4%. O ile porównanie „Bogdanki” do spółek funkcjonujących na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie (tabela 2), uwzględniając dane za rok 2003, plasowało nasze przedsiębiorstwo w ocenie rentowności: kapitałów własnych, majątku, obrotu netto oraz marży EBITDA - na poziomie takich firm giełdowych jak KGHM czy PKN ORLEN, - to uwzględniając wyniki roku 2004, oraz skalę działania przedsiębiorstwa, można stwierdzić, że „Bogdanka” jest jedną z najlepszych inwestycji Skarbu Państwa.

### Porównanie kopalni „Bogdanka” do spółek funkcjonujących na Giełdzie Papierów Wartościowych na podstawie sprawozdań finansowych za rok 2003

Tabela 2

| Wskaźnik                      | Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A. | PKN Orlen S.A. | KGHM S.A.     |
|-------------------------------|---------------------------------|----------------|---------------|
| Rentowność kapitałów własnych | 11,53 %                         | <b>11,94 %</b> | 10,26 %       |
| Rentowność majątku            | <b>8,29 %</b>                   | 7,10 %         | 4,88 %        |
| Rentowność obrotu netto       | 5,81 %                          | 3,70 %         | <b>7,44 %</b> |
| Marża EBITDA                  | <b>16,43 %</b>                  | 7,98 %         | 13,79 %       |

## Literatura

1. Stachowicz S.: XX lat wydobycia węgla kamiennego w kopalni „Bogdanka”. Materiały Konferencyjne „XX Lat Wydobycia Węgla Kamiennego w Kopalni „Bogdanka” – Szanse i Zagrożenia”. Nałęczów, listopad 2002.
2. Krasowski Z.: Koncentracja wydobycia i wzrost wydajności pracy w kopalni „Bogdanka”. Materiały Konferencyjne „XX Lat Wydobycia Węgla Kamiennego w Kopalni „Bogdanka” – Szanse i Zagrożenia”. Nałęczów, listopad 2002.
3. Kozek B.: LW Bogdanka S.A., Poland, examines the machinery and methods implemented to optimise production at the Bogdanka Mine. World Coal, Kwiecień 2003.

*Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2005 r.*

**Artykuł został ogłoszony na posiedzeniu Sekcji Mechanizacji Górnictwa PAN w lutym 2005 r.**

## **Aktualne problemy eksploatacji węgla, w kopalni „Bogdanka”, wynikające ze specyfiki uwarunkowań górniczo-geologicznych i techniczno-organizacyjnych**

### *Streszczenie*

W artykule przedstawiono aktualne problemy eksploatacji węgla w kopalni „Bogdanka” wynikające ze specyfiki uwarunkowań górniczo-geologicznych i techniczno-organizacyjnych. Kopalnia „Bogdanka” wydobywanie ze ścian przyjęła jako główny kierunek obniżenia jednostkowych kosztów wydobywania węgla. Od początku lat 90. następuje sukcesywny wzrost postępów ścian, wielkości dobowego wydobywania z jednej ściany oraz wzrost wydajności.

### *Summary*

The paper presents problems of coal exploitation in the 'Bogdanka' Colliery resulting from specificity of mining-and-geological and technical-and-organizational conditions. Concentration of longwall mining is the main way to reduce the unit costs of coal mining in the 'Bogdanka' Colliery. Successive increase of face advances and of daily output from one face, as well as increase of efficiency take place since early 1990s.

### **1. Charakterystyka eksploatowanych pokładów i stosowanego systemu eksploatacji**

Według projektu zagospodarowania złoża do eksploatacji wytypowane jest osiem pokładów, przy czym w pierwszym etapie, tzn. do 2015 roku eksploatacja prowadzona będzie tylko w pokładach 382 i 385/2. Charakterystyka pokładów obecnie eksploatowanych przez Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A. jest następująca:

**Pokład 382** zalega w północnej i środkowej części obszaru górniczego. Miąższości pokładu zmieniają się od 2,00÷2,60 m w północno-zachodniej części do 2,2÷3,20 m we wschodniej części złoża. W północno-zachodnim narożniku złoża miąższość pokładu wynosi 1,30 m. Najniższe miąższości – poniżej 1,20 m pokład osiąga w południowej części swego występowania i w tej też części udokumentowany został jako pozabilansowy.

Podstawowe parametry jakościowe pokładu 382:

- |                          |                                      |
|--------------------------|--------------------------------------|
| – typ węgla              | 31, 32, 33,                          |
| – zawartość popiołu, %   | od 5,71 do 38,47,<br>średnio 13,12,  |
| – wartość opałowa, kJ/Kg | od 17107 do 28419,<br>średnio 26427, |
| – siarka całkowita, %    | od 0,72 do 2,16,<br>średnio 1,40.    |

Pokład eksploatowany jest od samego początku, tj. od 1982 roku i jest w znacznym już zakresie wybrany.

**Pokład 385/2** jest jednym z najbardziej regularnych i zasobnych pokładów występujących w obrębie pola górniczego Lubelskiego Węgla „Bogdanka” S.A. Charakteryzuje się miąższościami od 0,90 m do 2,25 m, średnio 1,55 m. Największe miąższości pokład osiąga w centralnej i zachodniej części obszaru górniczego.

Podstawowe parametry jakościowe pokładu 385/2:

- |                          |                                       |
|--------------------------|---------------------------------------|
| – typ węgla              | 32, 33, 34,                           |
| – zawartość popiołu, %   | od 3,59 do 35,19,<br>średnio 8,37,    |
| – wartość opałowa, kJ/Kg | od 19878 do 30226,<br>średnio 25.972, |
| – siarka całkowita, %    | od 0,52 do 2,72,<br>średnio 1,11.     |

Pokład eksploatowany jest od 1997 roku, dotychczas tylko i wyłącznie w polu V. Aktualnie czynna jest tu 5 ściana (5/V). W chwili obecnej realizowana jest rozcinka pokładu w polu IV, w którym w styczniu 2006 roku uruchomiona będzie ściana 1/IV.

Eksploatacja prowadzona jest systemem ścianowym „od pola”, z zawalaniem stropu i równoczesną likwidacją chodników przyścianowych wraz z postępem ściany. Z uwagi na intensywne zaciskanie chodników przyścianowych, ich utrzymywanie po przejściu ściany jest bardzo trudne i nieopłacalne. Ściany o długościach od 250 do 300 m i wybiegach rzędu 2000÷3000 m wyposażone są w wysoko wydajne zmechanizowane kompleksy ścianowe odpowiednio dobrane do parametrów pokładów i warunków geologiczno-górniczych.

Wydobywanie w kopalni na poziomie około 23000 ton/dobę uzyskiwane jest z 2 równocześnie czynnych ścian. Tylko w okresie przezbierania czynna jest trzecia ściana. Usytuowanie ścian jest dobierane tak, aby eksploatowane było złożo równocześnie w partiach o lepszych i gorszych parametrach jakościowych węgla. Eksploatacja długimi ścianami pozwala na uzyskiwanie wysokiej koncentracji wydobywania i wydajności pracy.

### **2. Podstawowe kompleksy mechanizacyjne ścian**

Podstawowym warunkiem osiągnięcia wysokiej koncentracji wydobywania jest wyposażenie ścian w wysoko wydajne kompleksy ścianowe. Po roku 1990 ko-



palnia „Bogdanka” zakupiła trzy nowe kompleksy ścianowe, a ponadto eksploatuje jeden zmodernizowany, oparty na starej obudowie ścianowej z przed roku 1990. Kompleksy te to:

1. Kompleks ścianowy – oparty na starej obudowie ścianowej **MOZ-Pioma-17/37 POz** (rys. 1) wyprodukowanej w 1989 roku (zmodernizowanej), kombajnie KSW-500/2A2V/2BP oraz przenośniku ścianowym Rybnik, później JOY. Kompleks przystosowany jest do ścian o wysokości do 3,5 m. Ostatnią modernizację przeprowadzono w roku 2004.



Rys.1. Widok ściany 7/II z obudową MOZ-Pioma-17/37 POz

2. Kompleks ścianowy z obudową **Tagor** (rys. 2) – dla którego założenia techniczno-eksploatacyjne opracowano od podstaw z zadaniem osiągania wydobywania 10 tys. ton/dobę. Pierwsza ściana, wyposażona w ten kompleks, uruchomiona została w styczniu 1995 roku.

W skład kompleksu wchodziło:

- obudowa ścianowa Tagor-13/25 POz/B ze sterowaniem pilotowym Fabryki Urządzeń Górniczych „Georyt”,
- kombajn ścianowy KSW-500-2A2V/2BP produkcji Zabrzeńskich Zakładów Naprawczych Przemysłu Węglowego z wąskimi ramionami i ładowarkami o zabiorze 950 mm, wyposażony w prototypowy układ sterowania i diagnostyki MAKS/Z-500,



Rys.2. Widok ściany 4/I z obudową Tagor-13/25 POz/B

- przenośnik ścianowy PF-4/932 firmy Westfalia DBT o wydajności 1300 t/h,
- przenośnik podścianowy typu B-225/750/1200 skonstruowanego w kopalni „Bogdanka”,
- ciąg przenośników odstawczych o szerokości taśmy 1200 mm, o wydajności do 1300 t/h, w tym przenośniki taśmowe z nadążnym układem napinającym.

3. Kompleks ścianowy z obudową **Glinik** (rys. 3) – przewidziany do warunków eksploatacji pokładu 385/2, o miąższości około 1,7 m, zaprojektowano i wykonano w roku 1997, a pierwsza ściana wyposażona w ten kompleks uruchomiona została w marcu 1998 r.



Rys.3. Widok ściany 4/V/385 z obudową Glinik-10/23 POz

Kompleks oparty jest na następujących głównych maszynach i urządzeniach:

- obudowa ścianowa Glinik-10/23 POz,
- kombajn JOY 4LS,
- przenośnik ścianowy PF-4/832,
- przenośnik podścianowy B-225/750/1200,
- kruszarka kęsów KRUK-1000P,
- ciąg przenośników taśmowych o szerokości 1200 mm.

4. Ostatni kompleks ścianowy (rys. 4) – najnowszy i najnowocześniejszy, wykonany w roku 2002, oparty jest na następujących głównych maszynach i urządzeniach:

- obudowa ścianowa Glinik-15/32 POz,
- kombajn ścianowy typu JOY 4LS8,
- przenośnik ścianowy firmy JOY typu Longwall AFC,
- przenośnik podścianowy JOY BSL,
- połączenie przenośnika ścianowego z podścianowym za pomocą stacji najazdowej VARAN, produkcji firmy „SIGMA” S.A.,
- aparatura elektryczna produkcji firmy „Elgór+Hansen”, na napięcie 3,3 kV, umieszczona na pociągu aparaturowym firmy „SIGMA”.





Rys.4. Widok ściany 10/II z obudową Glinik-15/32 POz

Podstawowe parametry techniczne wyżej wymienionych kompleksów ścianowych zestawiono w tabeli 1.

Obudowa ścianowa Tagor 13/25 POz/B w roku 2004 została sprzedana gdyż nie było możliwości dalszego jej użytkowania z uwagi na posiadany zakres wysokości.

### 3. Wyniki produkcyjne stosowanych kompleksów

Bardzo dobre wyniki produkcyjne osiągane były

**Charakterystyka kompleksów ścianowych stosowanych w kopalni „Bogdanka” po roku 1990**

Tabela 1

| Wyszczególnienie            | Kompleks                                                |                                        |                                        |                               |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|
|                             | 1                                                       | 2                                      | 3                                      | 4                             |
| <b>Obudowa ścianowa</b>     |                                                         |                                        |                                        |                               |
| - typ                       | MOZ-Pioma 17/37 POz                                     | Tagor 13/25 POz/B***                   | Glinik 10/23 POz                       | Glinik 15/32 POz              |
| - ilość stojaków w sekcji   | 4 szt.                                                  | 2 szt.                                 | 2 szt.                                 | 2 szt.                        |
| - podporność robocza sekcji | 1,15 MPa                                                | 0,90 MPa                               | 0,80 MPa                               | 1,10 MPa                      |
| <b>Przenośnik ścianowy</b>  |                                                         |                                        |                                        |                               |
| - typ                       | JOY Longwall AFC                                        | PF-4/932                               | PF-4/832 lub Rybnik 295/842WB          | JOY Longwall AFC              |
| - moc napędu                | 3×250 kW                                                | 3×400 kW                               | 3×400 kW                               | 3×500 kW                      |
| <b>Kombajn ścianowy</b>     |                                                         |                                        |                                        |                               |
| - typ                       | KSW 500/2A2V/2BP                                        | KSW 500/2A2V/2BP                       | JOY-4LS                                | JOY 4LS8                      |
| - zabiór                    | 750 mm                                                  | 950 mm                                 | 800 mm                                 | 1000 mm                       |
| <b>Przebieg pracy</b>       |                                                         |                                        |                                        |                               |
| Ściany, w których pracował  | 4N, 1/II, 6N, 5/II, 6/II, 4/V, 7/II, 9/II** w pokł. 382 | 4/I, 5N, 5/I, 7N, 1/IV, 9N w pokł. 382 | 1/V, 2/V, 3/V, 4/V, 5/V* w pokł. 385/2 | 10/I, 10/II, 9/I* w pokł. 382 |

\* - ściana aktualnie czynna, \*\* - ściana aktualnie w likwidacji, \*\*\* - obudowa sprzedana w roku 2004.

przez wszystkie wyżej wymienione kompleksy mechanizacyjne. Cechują się one także wysoką trwałością i niezawodnością. Wyniki osiągane przez te kompleksy były następujące:

1. **Kompleks z obudową MOZ-Pioma-17/37<sub>1</sub>** pracował w 8 ścianach w pokładzie 382. Po Modernizacji obudowy i wymianie przenośnika ścianowego na JOY Longwall osiągał dobre wyniki produkcyjne. Przykładem może być ściana 4/V oraz ściana 9/II w pokładzie 382, w której ostatnio ten kompleks pracował. W październiku i listopa-

dzie 2004 r. ściana 9/II osiągnęła miesięczne postępy po około 200 m, a wydobyte brutto wyniosło 260 tys. ton na miesiąc. Wydobyte dobowe z tej ściany wyniosło średnio, w tym okresie, około 11 tys. ton brutto. W okresie kilkunastoletniej pracy kompleks ścianowy z obudową MOZ-Pioma-17/37 uzyskał łączne wydobyte 17,4 mln ton. Łączny wybieg ściany wyniósł 12,6 km. Wyniki uzyskane przez ten kompleks, w poszczególnych ścianach, zestawiono w tabeli 2.

**Wydobyte ze ścian wyposażonych w kompleks mechanizacyjny z obudową MOZ-Pioma-17/37 POz**

Tabela 2

| Lp.          | Ściana    | Okres pracy ściany | Wybieg          | Wydobyte brutto |
|--------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------------|
|              |           |                    | [m]             | [tys. t]        |
| 1            | 4N/382    | III.1992÷X.1993    | 1.098,0         | 1.520           |
| 2            | 1/II/382  | IV.1994÷IX.1995    | 1.555,0         | 2.096           |
| 3            | 6N/382    | XII.2005÷XII.1996  | 1.135,0         | 1.555           |
| 4            | 5/II/382  | V.1998÷X.1999      | 2.022,0         | 2.758           |
| 5            | 6/II/382  | X.1999÷IV.2001     | 2.027,0         | 2.878           |
| 6            | 4/V/382   | VI.2001÷VII.2002   | 2.000,0         | 2.668           |
| 7            | 7/II/382  | V.2003÷VI.2004     | 2.092,0         | 3.032           |
| 8            | 9/II/382* | VIII.2004 i nadal  | 760,0           | 1.018           |
| <b>Razem</b> |           |                    | <b>12.689,0</b> | <b>17.524</b>   |

\* - stan na 1.02.2005 r.

2. **Kompleks mechanizacyjny z obudową Tagor-13/25** pracował w kopalni „Bogdanka” w 6 ścianach, w pokładzie 382, o łącznym wybiegu blisko 11 km, uzyskując łączne wydobyte 13,6 mln ton brutto. Wyniki uzyskane przez ten kompleks, w poszczególnych ścianach, zestawiono w tabeli 3.

**Wydobyte ze ścian wyposażonych w kompleks mechanizacyjny z obudową Tagor-13/25 POz/B**

Tabela 3

| Lp.          | Ściana | Okres pracy ściany | Wybieg          | Wydobycie brutto |
|--------------|--------|--------------------|-----------------|------------------|
|              |        |                    | [m]             | [tys. t]         |
| 1            | 4/I    | I.1995÷I.1996      | 1.730,5         | 2.373            |
| 2            | 5N     | III.1996÷V.1997    | 2.170,0         | 2.458            |
| 3            | 5/I    | IX.1997÷IX.1998    | 1.727,0         | 2.484            |
| 4            | 7N     | XI.1998÷III.2000   | 2.174,0         | 2.463            |
| 5            | 1/IV   | VII.2000÷XII.2000  | 790,5           | 1.060            |
| 6            | 9N     | II.2001÷XII.2001   | 2.225,0         | 2.801            |
| <b>Razem</b> |        |                    | <b>10.817,0</b> | <b>13.639</b>    |

3. **Kompleks z obudową Glinik-10/23** pracuje w pokładzie 385/2. Pokład ten cechuje się miąższością około 1,7 m. Wyniki uzyskane w tym pokładzie są także dobre. Aktualnie kompleks ten pracuje w 5 ścianie. Łączny wybieg tych ścian to około 11,5 km, a uzyskane łączne wydobycie 11,2 mln ton brutto. Wyniki produkcyjne uzyskane przez ten kompleks zestawiono w tabeli 4.

**Wydobycie ze ścian wyposażonych w kompleks mechanizacyjny z obudową Glinik-10/23 POz**

Tabela 4

| Lp.          | Ściana   | Okres pracy ściany | Wybieg          | Wydobycie brutto |
|--------------|----------|--------------------|-----------------|------------------|
|              |          |                    | [m]             | [tys. t]         |
| 1            | 1/V/385  | III.1997÷VI.1998   | 2.456,5         | 1.775            |
| 2            | 2/V/385  | VIII.1998÷XII.1999 | 2.458,0         | 2.258            |
| 3            | 3/V/385  | II.2000÷VI.2001    | 2.458,0         | 2.595            |
| 4            | 4/V/385  | I.2002÷X.2003      | 2.457,5         | 2.830            |
| 5            | 5/V/385* | V.2004 i nadal     | 1.845,0         | 1.814            |
| <b>Razem</b> |          |                    | <b>11.675,0</b> | <b>11.272</b>    |

\* - stan na 1.02.2005 r.

4. **Najnowszy kompleks ścianowy z obudową Glinik-15/32** osiągał najwyższe i rekordowe wyniki produkcyjne, zwłaszcza w pierwszej ścianie 10/I. Lipiec 2002 r. był miesiącem rozruchowym tej ściany. Postęp miesięczny wyniósł wówczas 135 m, co zapewniło średnie wydobycie dobowe około 6500 ton urobku. W sierpniu, wrześniu i październiku ściana realizowała już regularnie wysokie zadania wydobywcze w przedziale 14000÷20000 t/dobę. W miesiącach tych ściana uzyskała postępy odpowiednio 326 m, 340 m i 334,5 m. Są to największe z dotychczasowych postępów miesięcznych ścian w kopalni „Bogdanka”. Wcześniejszy maksymalny postęp miesięczny ściany wynosił 290 m i osiągnięty został w ścianie 1/V w pokładzie 385/2 (ściana o długości 200 m, pokład 1,8 m, sierpień 1997 r.). Średnie dobowe wydobycie ze ściany 10/I wynosiło:

- w sierpniu 15800 t/dobę, przy średnim postępie 12,1 m/dobę,
- we wrześniu 16700 t/dobę, przy średnim postępie 13,6 m/dobę,
- w październiku 15.950 t/dobę przy średnim postępie 13,9 m/dobę.

Przy postępie dobowym ściany 16,0 m, który był osiągany w niektóre dni, wydobyte dobowe wynosiło około 20000 t urobku. Później kompleks ten pracował w ścianie 10/II, a w grudniu 2004 roku uruchomiona została trzecia ściana 9/I. W ścianie 10/II wyniki produkcyjne były nieco niższe, gdyż priorytet wydobywania miała druga czynna jednocześnie ściana w kopalni. Wyniki produkcyjne osiągnięte dotychczas przez kompleks z obudową Glinik-15/32 zestawiono w tabeli 5.

**Wydobycie ze ścian wyposażonych w kompleks mechanizacyjny z obudową Glinik-15/32 POz**

Tabela 5

| Lp.          | Ściana    | Okres pracy ściany | Wybieg         | Wydobycie brutto |
|--------------|-----------|--------------------|----------------|------------------|
|              |           |                    | [m]            | [tys. t]         |
| 1            | 10/II/382 | VII.2002÷VI.2003   | 2.917,0        | 4.024            |
| 2            | 10/II/382 | VIII.1998÷XII.1999 | 2.562,0        | 3.091            |
| 3            | 9/I/382*  | XII.2004 i nadal   | 204,5          | 240              |
| <b>Razem</b> |           |                    | <b>5.683,5</b> | <b>7.355</b>     |

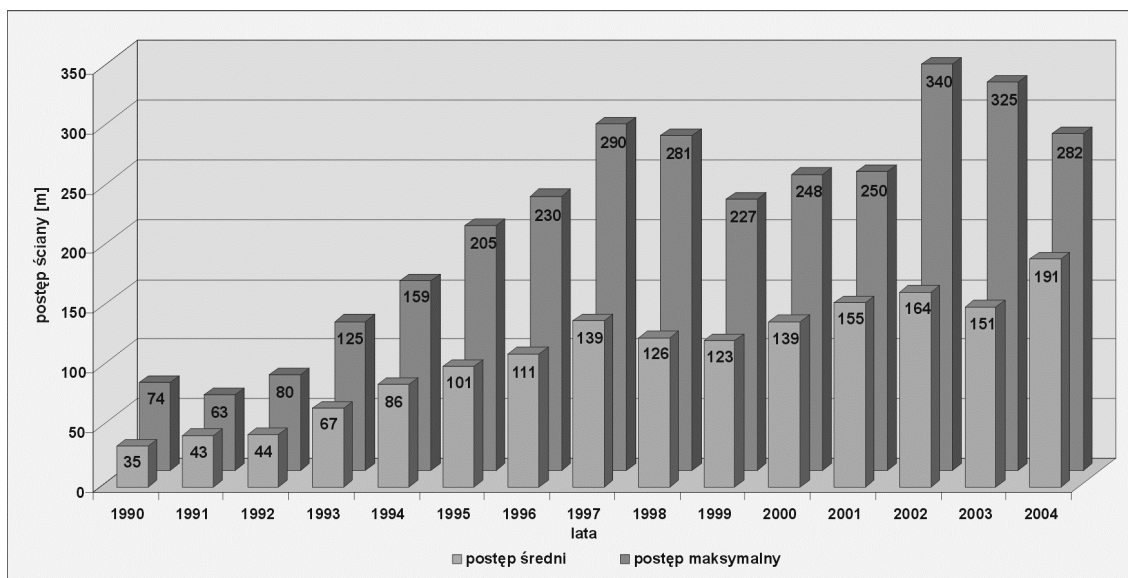
\* - stan na 1.02.2005 r.

#### 4. Koncentracja wydobywania w kopalni

Koncentracja wydobywania wiąże się z systematycznym zmniejszaniem ilości czynnych ścian, przy jednoczesnym zwiększaniu ich postępu. Średnioroczny postęp miesięczny ścian w latach 1990÷2004 wzrósł z 35 m do 191 m, a maksymalny miesięczny z 74 m do 340 m.

Zestawienie średnich z roku i maksymalnych w roku postępów miesięcznych ścian osiągniętych w kopalni „Bogdanka” w poszczególnych latach przedstawiono na rysunku 5.

Wzrost postępów ścian zapewniał szybką koncentrację wydobywania z jednej ściany. Wielkość wydobywania w kopalni, ilość czynnych ścian i osiągnięta koncentracja wydobywania jednej ściany w latach 1990÷2004 zestawiono w tabeli 6 i przedstawiono graficznie na rysunku 7.

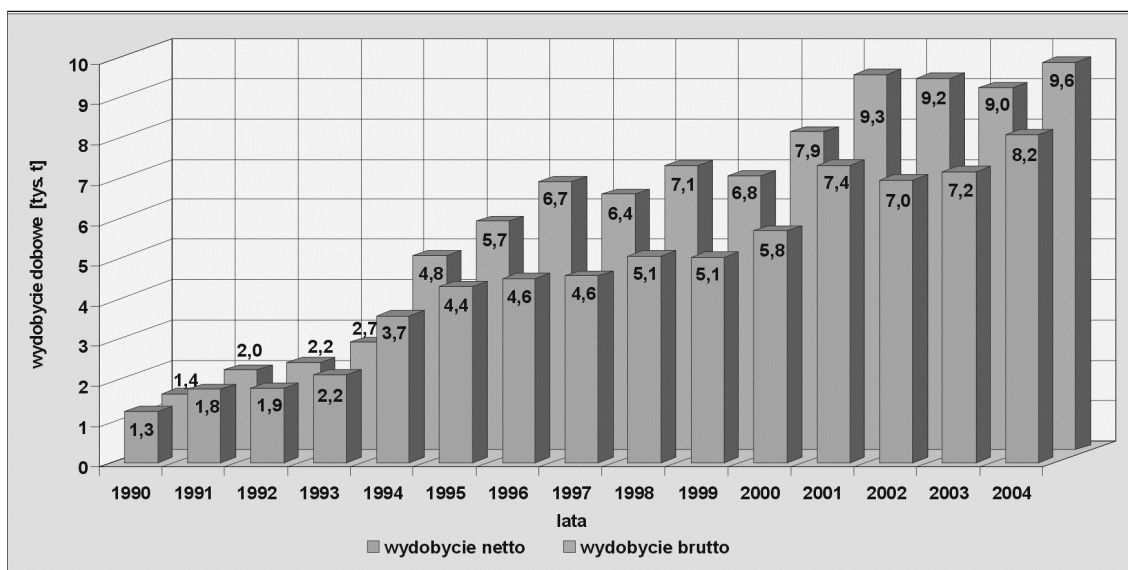


Rys.6 Średnie i maksymalne postępy miesięczne ścian w latach 1990÷2004

#### Dynamika wzrostu wydobywania z jednej ściany

Tabela 6

| Rok  | Wydobycie dobowe kopalni ze ścian |        | Liczba czynnych ścian | Średnie wydobywanie z jednej ściany |       | Dynamika wzrostu wydobywania netto |
|------|-----------------------------------|--------|-----------------------|-------------------------------------|-------|------------------------------------|
|      | brutto                            | netto  |                       | brutto                              | netto |                                    |
|      | tys. ton/dobę                     |        |                       | tys. ton/dobę                       |       | %                                  |
| 1990 | 7.887                             | 6.849  | 4,8                   | 1.397                               | 1.284 | 100                                |
| 1991 | 10.867                            | 9.319  | 4,6                   | 1.977                               | 1.834 | 143                                |
| 1992 | 12.420                            | 9.397  | 4,8                   | 2.166                               | 1.855 | 144                                |
| 1993 | 13.419                            | 9.125  | 4,2                   | 2.674                               | 2.181 | 170                                |
| 1994 | 17.306                            | 11.768 | 3,0                   | 4.828                               | 3.660 | 285                                |
| 1995 | 19.000                            | 13.301 | 2,8                   | 5.680                               | 4.388 | 342                                |
| 1996 | 18.926                            | 12.794 | 2,7                   | 6.671                               | 4.595 | 358                                |
| 1997 | 19.377                            | 12.731 | 2,6                   | 6.355                               | 4.645 | 362                                |
| 1998 | 20.051                            | 14.581 | 2,9                   | 7.069                               | 5.140 | 400                                |
| 1999 | 18.939                            | 14.211 | 2,9                   | 6.814                               | 5.113 | 398                                |
| 2000 | 19.119                            | 13.973 | 2,7                   | 7.903                               | 5.776 | 450                                |
| 2001 | 18.909                            | 15.028 | 2,3                   | 9.325                               | 7.411 | 577                                |
| 2002 | 18.594                            | 14.160 | 2,2                   | 9.233                               | 7.031 | 548                                |
| 2003 | 19.481                            | 15.674 | 2,3                   | 9.003                               | 7.244 | 564                                |
| 2004 | 20.207                            | 17.110 | 2,4                   | 9.644                               | 8.166 | 636                                |



Rys.7. Średnie wydobywanie dobowe brutto i netto z jednej ściany

## 5. Nowy kompleks ścianowy dla nowego pola w pokładzie 385/2

W roku 2004 rozpoczęto roboty przygotowawcze zmierzające do uruchomienia pierwszej ściany wydobywczej w nowym polu IV, w pokładzie 385/2, zlokalizowanym w południowo-zachodniej części obszaru górniczego kopalni. Ściana ta uruchomiona zostanie na przełomie roku 2005 i 2006. Dla eksploatacji tego pola wykonany zostanie nowy kompleks mechanizacyjny.

Podstawowe założenia dla nowej obudowy ścianowej zostały sformułowane następująco:

- długość ściany 296 m,
- podziałka obudowy 1,75 m,
- odporność 0,9 MPa,
- nacisk na spąg max 5 MPa,
- krok obudowy 1 m,
- zakres pracy:
  - dolny 1,2÷1,4 m,
  - górny 2,6÷2,7 m,
- kłapy ociosowe możliwe do zdemontowania,
- osłony boczne obustronnie aktywne - siłownik z jednej strony,
- szerokość przejścia 0,6÷0,7 m,
- sekcje specjalne do montażu chłodzi (łączniki),
- sposób podwieszania węży nie kolidujący z przejściem,
- spągница typ katamaran,
- oświetlenie schowane w stropnicy (nie ograniczające przejścia).

Inne przyjęte założenia dla nowego kompleksu dla ściany 1/IV/385 to:

- szczytowa wydajność kompleksu 1600 t/h,
- dobową wydajność kompleksu 10000÷18000 t/dobę,
- odstawa główna na bazie przenośników Pioma-1200,
- wydajność przenośników taśmowych 1600 t/h,
- moc przenośnika podścianowego 300 kW,
- moc przenośnika ścianowego 3×500 kW,
- napięcie zasilania 3,3 kV.

Nowy kompleks ścianowy będzie kolejnym zestawem maszyn, dla oddziału wydobywczego, przystosowanym do realizacji wysokich zadań wydobywczych i w odróżnieniu do kompleksu z roku 2002 przystosowanym do cieńszego pokładu 385/2, o miąższości około 2,0 m.

## 6. Podsumowanie

Złoże węgla LZW charakteryzuje się łatwością urabiania, prawie poziomym zaleganiem, bez zaburzeń i uskoków, przez co korzystny do lokalizacji ścian o

znacznych długościach i dużych wybiegach. Są więc sprzyjające warunki do osiągania wysokiej koncentracji wydobywania ze ścian. Kopalnia „Bogdanka” w koncentrację wydobywania przyjęła jako główny kierunek obniżenia jednostkowych kosztów. Od początku lat 90-tych następuje sukcesywny wzrost postępów ścian, wielkości dobowego wydobywania z jednej ściany oraz wzrost wydajności.

W roku 2004 osiągnięta wydajność dołowa w urobku wyniosła 16897 t/rbnd i była wyższa od osiągniętej w roku 2003 o 14%.

W okresie ostatnich 10 lat zaprojektowane i wykonane zostały, dla potrzeb kopalni, z wykorzystaniem zdobytych doświadczeń, 3 nowe kompleksy ścianowe. Każdy z nich stanowił pewien krok w zakresie wzrostu koncentracji wydobywania ze ścian. Kompleks z roku 1995 zakładał wydobywanie rzędu 10000 t/dobę, co osiągał bez problemu.

Później w roku 1997 nowy kompleks dla pokładu 385/2, zakładał podobne wydobywanie, ale z cieńszego pokładu. Również ten kompleks, w ścianach pola V w pokładzie 385/2, mimo miąższości około 1,7 m, zapewniał wydobywanie dobowe do 10000 t.

Wreszcie ostatni nowy kompleks ścianowy, wykonany w roku 2002, zakładał poziom wydobywania 15000÷20000 t/dobę. W ścianie 10/I, w której zapoczątkował pracę, realizował wydobywanie przyjęte w założeniach.

Rok bieżący przyniesie kolejny (już czwarty) nowy kompleks ścianowy. Tym razem dla ścian w polu IV w pokładzie 385/2. Zadaniem jego będzie postęp w zakresie wydajności, tym razem w pokładach o małej miąższości.

## Literatura

1. Krasowski Z.: Koncentracja wydobywania i wzrost wydajności pracy w kopalni „Bogdanka”. Materiały Konferencyjne „XX Lat Wydobywania Węgla Kamiennego w Kopalni „Bogdanka” – Szanse i Zagrożenia”. Nałęczów, listopad 2002.
2. Kasprzak J., Kozek B.: Ścianowy kompleks mechanizacyjny o wydajności 20000 Mg/dobę w kopalni „Bogdanka”. Materiały Konferencyjne Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Szczyrk, luty 2004 rok.
3. Kosiarski T., Kasprzak J., Kozek B.: Charakterystyka zmian wyposażenia mechanizacyjnego stosowanego w ścianach o wysokiej wydajności w warunkach KWK „Bogdanka”. Materiały Konferencyjne 5-letnie Doświadczenia w Zakresie Koncentracji Wydobywania Produkcji w Kopalniach Węgla Kamiennego. Ustroń 1996.

Artykuł wpłynął do redakcji w kwietniu 2005 r.

Recenzent:

## Nowoczesny system monitorowania procesu technologicznego dla KWK „Bogdanka”

### Streszczenie

Zapewnienie konkurencyjności polskiego węgla zmusza kopalnie do wprowadzania w ramach restrukturyzacji technicznej nowoczesnych rozwiązań w zakresie eksploatacji, nadzoru i zarządzania. Eksploatacja w kopalniach z kilkoma wysoko wydajnymi rejonami wydobywczymi wymaga pełnego monitorowania kompleksów wydobywczych i ciągów transportowych w celu m.in. wydłużenia czasu efektywnej pracy maszyn i czasu międzyawaryjnego. Niezbędne są również działania, które do minimum ograniczą konieczność wstrzymywania eksploatacji np. ze względów bezpieczeństwa. Kopalnia węgla kamiennego „Bogdanka”, której wyniki plasują ją w czołówce wśród polskich kopalń również jako pierwsza przystąpiła do wprowadzania najnowocześniejszych rozwiązań w omawianym zakresie. Przedstawione w artykule rozwiązania mają w pełni nowatorski charakter i zostały opracowane w ramach projektu celowego Nr 9 T12A 094 97 C/3716 finansowanego przez KBN oraz KWK „Bogdanka”.

### Summary

The need of competitiveness of Polish coal makes the coal mines to introduce state-of-the-art solutions in the field of mining, control and management within technical restructuring. Mining in the coal mines with several highly productive mining areas needs the full monitoring of mining machinery system and transportation lines to extend, among others, the effective operation time of the machine and time between the breakdowns. Also some activities which will minimize the necessity of stopping the mining operations, e.g. because of safety reasons, are necessary. The 'Bogdanka' Colliery, which has one of the best results in comparison with other Polish collieries, was the first coal mine which started to implement the presented state-of-the-art solutions. Described in the paper solutions have completely innovative character and were developed within the project No 9 T12A 094 97 C/3716 financed by the Scientific Research Committee and the 'Bogdanka' Colliery.

### 1. Wstęp

Kierunki restrukturyzacji polskiego przemysłu wydobywczego zacierają do ograniczenia rocznego wydobycia do poziomu poniżej 100 mln ton. Równocześnie dla zapewnienia konkurencyjności produkcji polskiego węgla podejmowane są przedsięwzięcia zacierające do poprawy efektywności wydobycia, wzrostu wydajności oraz zmniejszenia zatrudnienia. Prowadzone działania zacierają do ograniczenia liczby ścian poniżej 100, przy średnim wydobyciu ze ściany powyżej 4000 t/d, wzrostu mocy kombajnów ścianowych do rzędu 1000 kW oraz mocy przenośników zgrzeblowych, a całych kompleksów ścianowych nawet do 2500 kW. Powyższe parametry zdecydowanie wykraczają poza dotychczas osiągnięte wyniki w polskim przemyśle wydobywczym.

Poprawa efektywności wydobycia niezbędna w ramach restrukturyzacji technicznej kopalń wymaga działań m.in. w kierunku:

- koncentracji wydobycia,
- wysokiej sprawności i dyspozycyjności maszyn,
- wydłużenia efektywnego czasu pracy maszyn i urządzeń,
- wydłużenia okresów międzyremontowych,
- minimalizacji zużycia energii i kosztów eksploatacji,
- minimalizacji przerw wydobycia ze względów bezpieczeństwa,

- poprawy bezpieczeństwa i ochrony załóg górniczych przed zagrożeniami.

Osiągnięcie tych wskaźników wymaga nowego podejścia do zagadnień nadzoru procesu technologicznego i stanu bezpieczeństwa w kopalniach. Konieczne jest zaangażowanie nowych urządzeń i środków dla zarządzania majątkiem kopalń z uwzględnieniem gospodarki parkiem maszyn oraz minimalizacją kosztów (wydobycia, eksploatacji maszyn czy przewietrzania).

Stawiane urządzeniom oraz systemom kopalnianym coraz wyższe wymagania w zakresie efektywności oraz niezawodności wymuszają na producentach maszyn górniczych wyszukanych metod autodiagnostyki oraz wizualizacji i monitorowania stanu oraz parametrów pracy. Spełnienie tych wymagań pociąga za sobą gwałtowne zwiększanie się liczby danych dostarczanych na powierzchnię. Powoduje to, że systemy nadzoru oparte na dotychczas stosowanych rozwiązaniach z centralną bazą danych oraz prowadzeniem ruchu kopalni przez dyspozytora staje się niemożliwe chociażby z uwagi na percepcyjne zdolności człowieka.

Uznając, że zbliża się kres możliwości technicznych dotychczasowych rozwiązań opartych na bazie systemu ZEFIR oraz wykorzystując najnowsze osiągnięcia informatyczne opracowano system nowej generacji, pod nazwą SD 2000. Jest to rozproszony system hierarchicznego (wielopoziomowego) nadzoru procesu technologicznego oraz bezpieczeństwa w kopalni z wy-

korzystaniem kilku branżowych centrów zbierania danych szczegółowych o przebiegu kontrolowanych procesów oraz ich wizualizacji i monitorowania. Dyspozytor główny otrzymuje jedynie syntetyczne dane niezbędne do nadzoru nad ruchem kopalni.

Przełom w organizacji i sterowaniu wydobywaniem w nowoczesnej kopalni może spowodować zastosowanie, przez KWK „Bogdanka”, po raz pierwszy w polskim górnictwie urządzenia do kontroli jakości węgla pod ziemią w wyrobiskach kopalni. W ten sposób powstają możliwości sterowania wydobywaniem z poszczególnych rejonów kopalni w celu uzyskania wymaganych parametrów węgla wydobywanego na powierzchnię. Do rozwiązania tego zastosowano system RODOS wykorzystujący naturalną promieniotwórczość węgla, tzn. bez źródeł izotopowych, co w przypadku zastosowań pod ziemią nie jest bez znaczenia z punktu widzenia ochrony radiologicznej. Informację o zawartości popiołu, masie oraz wartości opałowej urobku transportowanych na taśmach z poszczególnych rejonów kopalni jest dostępna na bieżąco dla służb dozoru na powierzchni i może być wykorzystywana do sterowania pracą kompleksów wydobywczych.

## **2. Nowe podejście do monitorowania i wizualizacji procesów**

Prace nad systemem dyspozytorskim nowej generacji zapoczątkowano w Centrum EMAG w połowie lat dziewięćdziesiątych. Wykorzystując rozwój technik wizualizacji podjęto prace umożliwiające zastosowanie projekcyjnej tablicy synoptycznej o dużej rozdzielczości do wizualizacji i nadzoru przebiegu procesu oraz stanu bezpieczeństwa w kopalni [5]. W systemie wykorzystuje się jednolity schemat przestrzenny i mapy pokładowe dla odwzorowania struktury kopalni. Tablica łączy w sobie zalety statycznej tablicy synoptycznej, dając pogląd na stan całej kopalni z zachowaniem struktury i układu wyrobisk z możliwościami animacji obrazów i schematów jakie dają dynamiczne tablice synoptyczne. Pierwsze wdrożenie takiego systemu nastąpiło w KWK „Wesoła” w 1998 roku [3].

Pamiętając, że projekcyjna tablica synoptyczna stanowi jeden z ważnych elementów komputerowego systemu dyspozytorskiego, w Centrum EMAG kontynuowane są prace nad systemem nowej generacji [1]. W nowym rozwiązaniu o nazwie SD2000 opracowanym w ramach projektu celowego finansowanego przez KBN oraz KWK „Bogdanka” proponuje się odmienną od dotychczasowej koncepcję zarządzania kopalnią odstępując od centralnego systemu dyspozytorskiego na rzecz rozproszonej struktury branżowych podsystemów dedykowanych dla poszczególnych służb kopalnianych.

### **2.1. Poziomy monitorowania procesów**

Idea tego nowego rozwiązania wprowadza nową koncepcję monitorowania i kontroli procesu oraz prezentacji danych. System ma strukturę zdecentralizowaną, hierarchiczną (rys. 1) w zakresie monitorowania i sposobów prezentacji i wizualizacji stanu i parametrów procesu a także dostępu, uprawnień i odległości odbiorcy danych od monitorowanego obiektu czy procesu [4].

Operatorzy i służby obsługi maszyn kontrolują na bieżąco stan pracy urządzeń i kompleksów na panelach graficznych LCD bezpośrednio w wyrobiskach kopalni (poziom I). W branżowych działach kopalni (energomaszynowy, łączność, metanometria, wentylacja) połączone w sieć podsystemy (poziom II) zbierają szczegółowe dane o stanie kontrolowanych procesów oraz parametrach urządzeń i systemów podległych danemu działowi. W ten sposób specjaliści tych działów stają się aktywnymi użytkownikami systemu nadzoru, a nie tylko odbiorcami przetworzonej informacji. Napływające na bieżąco dane animują obiekty umieszczone na schematach kopalni pozwalając na analizę stanu nadzorowanego procesu oraz śledzenie parametrów pracy maszyn i urządzeń w celach diagnostyki i gospodarki maszynami. Na stanowisku dyspozytora głównego (poziom III), następuje konieczna synteza informacji z wszystkich podsystemów w celu globalnej oceny stanu kopalni. Dyspozytor wykorzystując zintegrowane dane oraz projekcyjną tablicę synoptyczną prowadzi nadzór parametrów technologicznych i stanu bezpieczeństwa w kopalni.

System SD2000 działający na platformie Windows NT wyróżnia się inteligentnym, graficznym interfejsem użytkownika, który podnosi wydajność i ułatwia dostęp do informacji służbom dyspozytorskim. Dzięki sieci intra i Internetowej system umożliwia zdalne diagnozowanie stanu maszyn i urządzeń oraz serwisowanie i uaktualnianie oprogramowania komponentów systemu także spoza terenu kopalni (poziom IV).

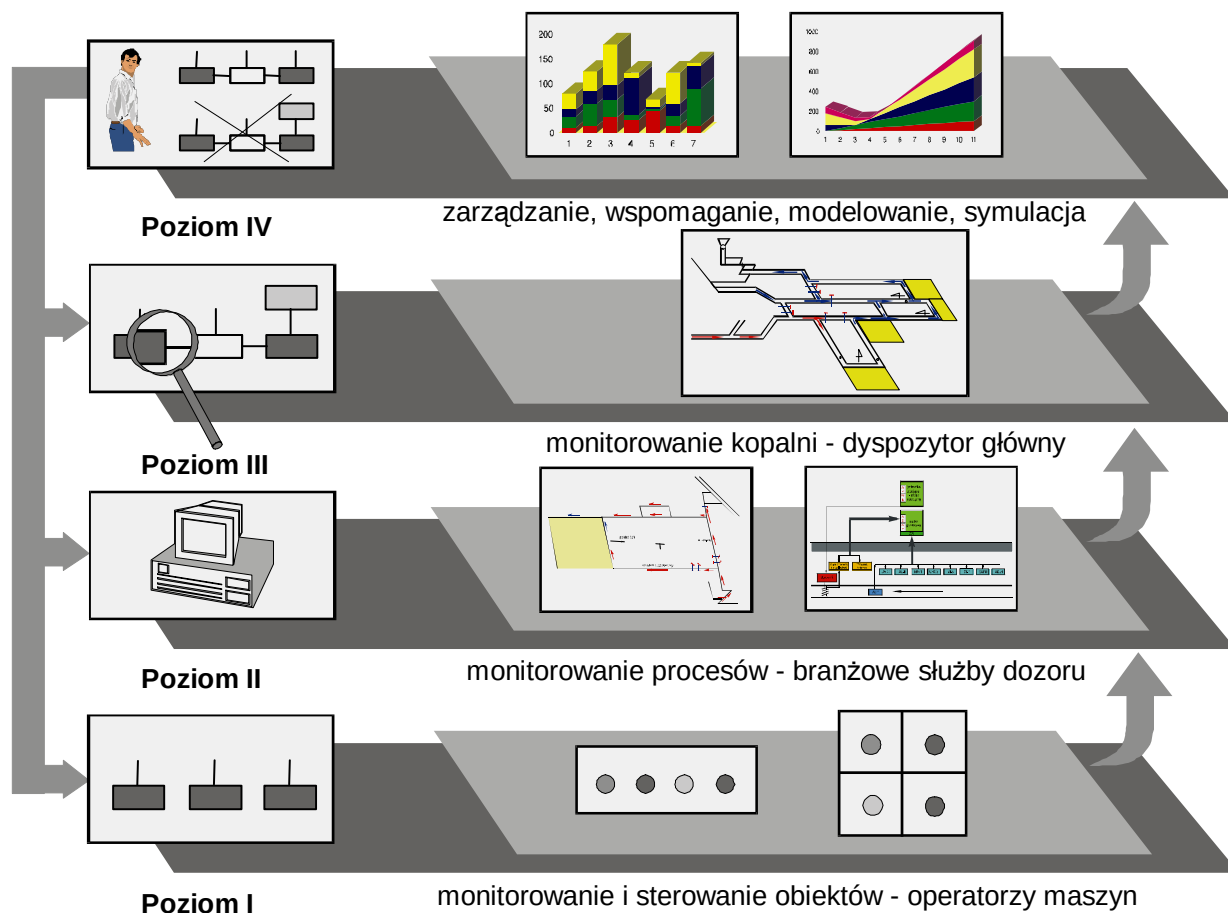
### **2.2. Komunikacja**

#### **Struktura systemu transmisji danych oraz sterowania urządzeniami dołowymi**

Transmisję danych dwustanowych i analogowych oraz sterowania urządzeń dołowych zrealizowano w oparciu o system ZIST wraz z urządzeniem UTS (rys. 2). System umożliwia przesyłanie informacji pomiędzy powierzchnią a monitorowanymi maszynami górniczymi, urządzeniami kontroli procesu technologicznego i parametrów bezpieczeństwa oraz łączności i alarmowania.

System transmisji składa się ze stojaka stacyjnego zlokalizowanego w dyspozytorni, wyposażonego w stację powierzchniową SP-ZIST o pojemności 2x30 kanałów z przepustowością 64 kbit/s i stację powierzchniową





Rys.1. Wielopoziomowa struktura systemu monitorowania

(8 czujników analogowych), osiem stacji dwustanowych (32 czujniki dwustanowe). Stacja powierzchniowa SP-ZIST współpracuje z dwoma stacjami dołowymi SD-ZIST o pojemności 30 kanałów.

Łącznie system transmisji pozwala obsłużyć 40 kanałów transmisji dwustanowej oraz analogowej wolnozmiennej wykorzystując zaledwie trzy 64 kbitowe kanały transmisyjne systemu ZIST. Pozostałe 57 kanałów 64 kbitowych może być wykorzystane do: rozbudowy układu transmisji UTS, do docelowej pojemności 768 czujników dwustanowych (32 kanały x 64 kbit/s). Istnieje również możliwość dołączenia stacji wykonawczych SDW do sterowania urządzeń z powierzchni (jedna stacja SDW posiada 4 niezależne wyjścia sterujące). Te tory transmisyjne wykorzystano również do podłączenia układów monitorowania kombajnów ściarnowych, układów monitorowania kombajnów chodnikowych, włączenia sygnalizatorów telefonów ZITG i telefonów TGI.

#### Struktura systemu transmisji danych w części powierzchniowej

Komunikacja pomiędzy poziomami - obiektywnym i procesowym oparta jest o łącza szeregowo z wykorzystaniem protokołu Modbus.

sieci o standardzie Ethernet i protokole TCP/IP. Na poziomie najwyższym wykorzystywane są dodatkowo połączenia telekomunikacyjne poprzez modemy.

#### 2.3. Interfejs graficzny

Zastosowanie interfejsu graficznego [2] zgodnego z Microsoft Windows czyni system przyjaznym oraz skraca czas dostępu do danych o nadzorowanych obiektach i procesach. Przyjęto zasadę standaryzacji interfejsu komunikacyjnego dla wszystkich stacji dyspozytorskich, co umożliwia jednolite korzystanie z informacji we wszystkich systemach lokalnych z dowolnie wybranego stanowiska. Wszystkie obrazy na ekranie mają znormalizowane rozmiary, wygląd i położenia wirtualnych przycisków co służy optymalnemu wykorzystaniu powierzchni ekranu, zwiększeniu czytelności ekranu, ułatwia orientację w przypadku potrzeby jednoczesnego monitorowania różnych procesów na stanowisku dyspozytora głównego.

Procesy przyporządkowuje się do jednej z dwóch grup tematycznych, dla których przyjęto różne zasady wizualizacji oraz metody prezentowania, ujawniania i dochodzenia do szczegółowej informacji. Oba sposoby wykorzystują mechanizmy graficznej prezentacji danych, w tym m.in.: animacje elementów graficznych ru-

chem, zmianą kształtu czy koloru w zależności od zmienności wartości mierzonej czy warunków przetwarzania danych.

Pierwszą grupę tworzą procesy związane z obiektami skupionymi na niewielkim obszarze (kompleksy wydobywcze i chodnikowe oraz systemy produkcyjno-odstawcze). W tym przypadku wizualizacja polega na przedstawianiu wielkości procesowych na tle nadzorowanej technologii w postaci szeregu plansz. Sposób dochodzenia do informacji szczegółowej wykorzystuje hierarchiczną strukturę plansz obrazujących (w sposób bit mapowy) różne obszary technologiczne z różną szczegółowością. Do wizualizacji wykorzystano mechanizmy systemów typu SCADA. I tę technikę zastosowano na poziomie II struktury.

Do drugiej grupy należą procesy, rozproszone na przestrzeni całej kopalni lub na znacznej jego powierzchni. Do nich należą procesy bezpieczeństwa i łączności, mające bezpośredni związek z budową przestrzenną kopalni (łączność, wentylacja, metanometria, pożary). Do tej grupy należą również urządzenia i instalacje im towarzyszące tzn. rurociągi przeciwpożarowe, sieć łączności alarmowo-rozgłoszeniowej, instalacje zasilające w energię itp. Dla wizualizacji tej grupy procesów przyjęto podejście bazujące na przestrzennym przedstawieniu struktury kopalni w różnych przekrojach z nałożonymi na nie warstwami reprezentującymi różne kontrolowane procesy wraz z informacjami pochodzącymi z tych procesów. W tym przypadku sposób dochodzenia do informacji szczegółowej polega na usuwaniu warstw procesów tematycznie nie związanych, technice powiększania (grafika obrazów na ekranie jest typu wektorowego) i wywoływaniu wcześniej zdefiniowanych okien informacyjnych. W tym przypadku wykorzystuje się mechanizmy stosowane w systemach typu GIS. Mechanizm ten wykorzystano na III poziomie struktury.

### **Baza danych**

Baza danych systemu ma strukturę mieszaną [4].

Lokalne procesowe bazy danych zlokalizowane w węzłach sieciowych są obrazem monitorowanego procesu w czasie rzeczywistym oraz w dłuższym okresie czasowym zależnym od typu procesu. Baza jednego węzła stanowi źródło danych dla innych węzłów. Stacje lokalne dzięki posiadaniu wbudowanego mechanizmu zabezpieczenia replikacji rozwiązują problemy wynikłe z utraty komunikacji sieciowej z serwerem globalnej bazy danych.

Globalna relacyjna baza danych wykorzystuje język zapytań strukturalnych używanych przez programy aplikacyjne w celu pobierania i analizy danych. Wykorzystując zaawansowane mechanizmy bazodanowe zapewniono odpowiednią wydajność, bezpieczeństwo i dostępność danych. Umożliwia udostępnianie danych poprzez sieć Internet/intranet. Gromadzi wybrane dane ze wszystkich węzłów, czyli lokalnych stacji dyspozytorskich w jednorodnej bazie. Spełnia rolę hurtowni danych, rozdzielając sferę informacji wykonawczej (operacyjnej) od sfery informacji decyzyjnej.

Oprogramowanie serwera bazy danych wykorzystuje oprogramowanie Microsoft Windows NT i SQL Server. Bardzo istotną cechą oprogramowania serwera jest dostęp do danych zebranych na serwerze. Podstawową formą jest dostęp bezpośredni z aplikacji węzłów poziomu lokalnego dla raportowania i analiz długoterminowych za pośrednictwem mechanizmów komunikacji sieciowej. Dostęp do danych realizowany jest również przez oprogramowanie przeglądarki Internetowej, która działa zgodnie z technologią klient-serwer w sieci intranetowej kopalni jak i zewnętrznych zdalnych sieciach lokalnych.

Opcjonalnie serwer bazy danych może być wyposażony w urządzenie archiwizujące typu nagrywarka CD. Tworzone archiwum pozwala na dostęp do danych po dowolnie długim okresie od momentu ich rejestracji.

## **3. Monitorowanie procesów technologicznych**

Zwiększenie efektywności i wydajności kompleksów ścianowych wymaga wydłużenia efektywnego czasu wykorzystania maszyn. Jednym z czynników jest tu wprowadzenie monitorowania kompleksów ścianowych i ciągów odstawy. System przeznaczony jest do sterowania i bieżącej diagnostyki kombajnów ścianowych dużej mocy z układami napędowymi i rozbudowanymi układami hydraulicznego sterowania oparty na idei systemu MAKŚ. Wymagania powyższe dotyczą zarówno kombajnów ścianowych oraz chodnikowych, jak i podstawowych układów odstawy typu przenośnik ścianowy i podścianowy ewentualnie kruszarka.

Monitorowanie parametrów technicznych prowadzi się w kierunku szeroko rozumianej diagnostyki zarówno w celu kierowania remontami i przeglądami urządzeń, jak i lepszego dopasowania parametrów maszyn i ich obciążeń do wymagań urabianego węgla. Systemy te muszą współpracować z wieloma czujnikami analogowymi m.in. prądów w silnikach elektrycznych, temperatury uzwojeń i mechanizmów, ciśnień w układach hydraulicznych i w obiegu wody oraz prędkości posuwu i położenia kombajnu w ścianie itp. Do tych rozliczeń mogą być również wykorzystywane wskazania wag systemu RODOS.

### **3.1. Monitorowanie kompleksów ścianowych**

Obiektem monitorowania w KWK „Bogdanka” są trzy kompleksy ścianowe (rys. 2), dwa z kombajnami KSW-500 produkcji ZSM S.A. z Zabrze i jeden z kombajnem produkcji firmy JOY. Kombajny zasilane są z wieloodpływowych wyłączników stycznikowych (stacji kompaktowych) produkcji firmy INVERTIM.

Źródłem informacji o stanie i parametrach pracy maszyn jest w przypadku jednego kombajnu KSW-500 systemu MAKŚ/Z-500, a dla kombajnu firmy JOY system sterowania i diagnostyki stanowiący jego standardowe wyposażenie.



Systemem monitorowania i wizualizacji w pełnym zakresie objęty został kompleks ścianowy wyposażony w kombajn KSW-500 z systemem MAKŚ. W tym przypadku wszystkie parametry dostępne w systemie MAKŚ oraz dodatkowo parametry elektryczne dostępne w dwóch stacjach kompaktowych są wizualizowane w stacji lokalnej oraz transmitowane na powierzchnię do serwera technologicznego skąd mogą być ujawniane w branżowej stacji dyspozytorskiej.

W przypadku kombajnu KWS-500 bez systemu MAKŚ monitorowane i wizualizowane są jedynie parametry elektryczne dostępne w stacjach kompaktowych kompleksu ścianowego (brak dostępu do parametrów kombajnu). Jeszcze bardziej uproszczone jest monitorowanie pracy kombajnu JOY, który rozwiązano w tradycyjny sposób wykorzystując informacje dwustanowe typu praca/postój.

W skrzyni aparatury elektrycznej monitorowanego kombajnu zainstalowano moduł interfejsu do współdziałania z kombajnowym systemem sterowania i diagnostyki MAKŚ pełniący jednocześnie funkcję modułu transmisji danych. Moduł ten współpracuje ze sprzęgiem transformatorowym, za pomocą którego sygnał danych jest przekazywany na żyłę sterowniczą przewodu kombajnowego. Przewód kombajnowy wprowadzony jest do wieloodpływowego wyłącznika stycznikowego (stacji kompaktowej) w chodniku. Odbioru sygnału dokonuje się za pomocą sprzęgu transformatorowego i modułu transmisji danych. Komputerowy Moduł sterujący znajdujący się w stacji kompaktowej uzupełnia sygnały z kombajnu o dane dostępne z każdego odpływu wyłącznika wieloodpływowego. Dane zbierane przez moduły pomiarowe dotyczą min. natężenia prądu poszczególnych silników przenośnika ścianowego, podścianowego i kruszarki oraz stanu zabezpieczeń na każdym odpływie (po 4 sygnały dwustanowe). Sygnał z wyłącznika wielostycznikowego (stacji kompaktowej) wprowadzony jest do stacji (skrzynki) lokalnej systemu monitorowania i wizualizacji kompleksu ścianowego znajdującej się w chodniku.

Chodnikowa stacja lokalna systemu monitorowania pełni trzy podstawowe funkcje:

- wizualizuje sygnały z kombajnu i wyłącznika stycznikowego,
- odbiera dodatkowe sygnały z czujników znajdujących się w obrębie ściany np. o wartości ciśnienia w magistrali zasilającej obudowę zmechanizowaną, stanie łączności głośno mówiącej itp.,
- przesyła informacje po przewodach telefonicznych na powierzchnię iskrobezpiecznym modemem transmisji danych.

Każda stacja lokalna kompleksu ścianowego, jedną parą przewodów telefonicznych, podłączona jest w stacji dołowej systemu ZIST. Połączenie jest realizowane poprzez modemy iskrobezpieczne.

### 3.2. Monitorowanie kombajnów chodnikowych

Monitorowanie kombajnów chodnikowych w KWK „Bogdanka” (rys. 2) obejmuje dwa kombajny AM-50 produkcji REMAG, które są wyposażone w opracowany w Centrum EMAG system lokalnego sterowania i diagnostyki typu SKD-1. Dla celów monitorowania i wizualizacji parametrów pracy systemu na powierzchni konieczne było, opracowanie i wykonanie zmodyfikowanego systemu SKD-1.

Zmodyfikowany system SKD-1 umożliwia kontrolę i monitorowanie następujących parametrów:

- temperatury silnika organu urabiającego,
- temperatury silnika hydrauliki,
- temperatury silnika ładowarki prawej,
- temperatury silnika ładowarki lewej,
- temperatury silnika gąsienicy prawej,
- temperatury silnika gąsienicy lewej,
- przepływu wody,
- poziomu wody odpylacza,
- stężenia metanu.

Ponadto mierzone są prądy pobierane przez silniki elektryczne: głowicy urabiającej i agregatu. Wszystkie wskaźniki i parametry są dostępne na wyświetlaczu operatora kombajnu, a dzięki systemowi transmisji na powierzchnię również poprzez serwer technologiczny na branżowym stanowisku dyspozytorskim.

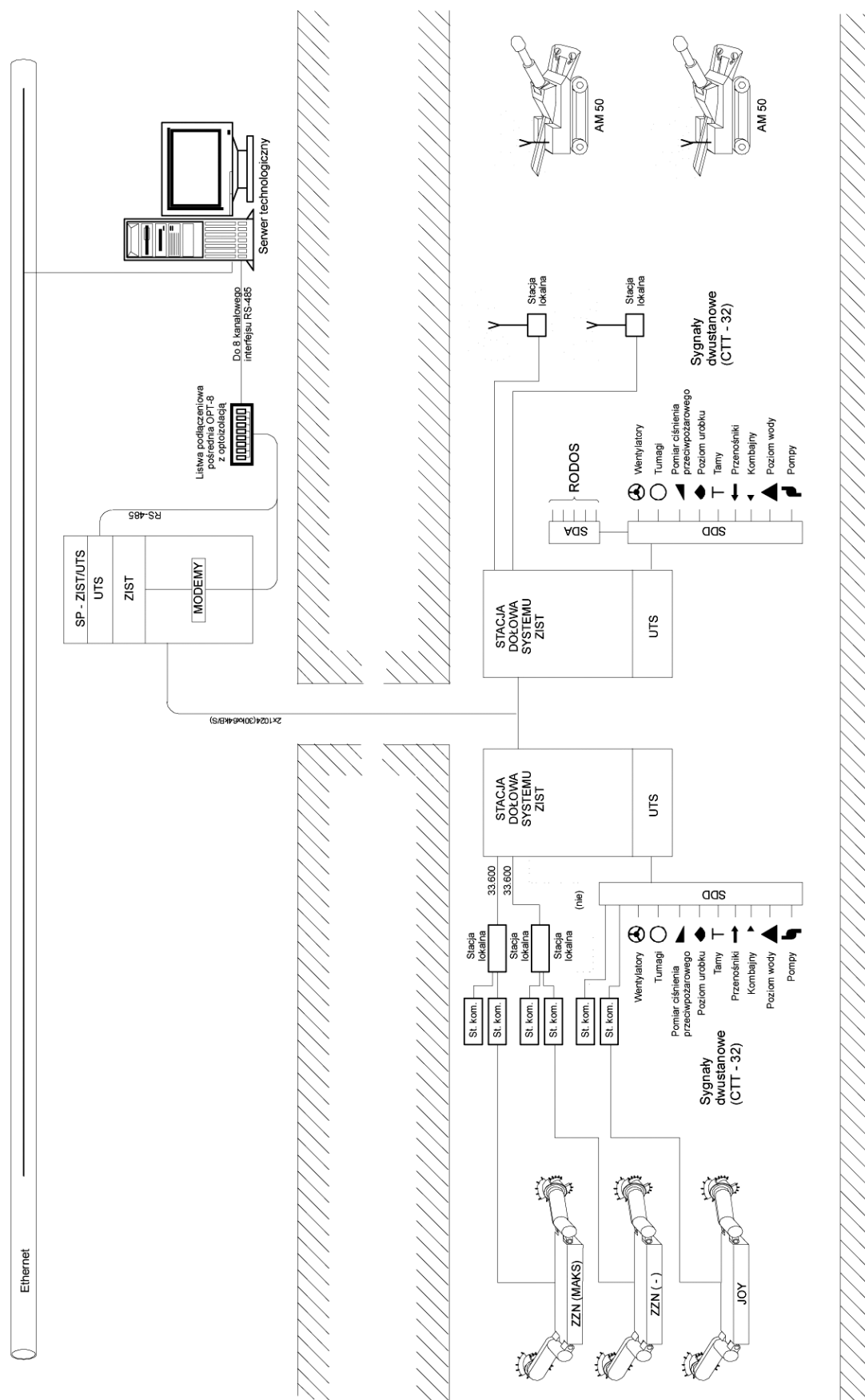
W tym przypadku istotą opracowania był sposób transmisji sygnałów pomiarowych z kombajnu. Przyjęto, że przesyłanie danych odbywać się będzie poprzez modem radiowy. Dane pomiarowe charakteryzujące prace kombajnów poprzez modem radiowy przekazywane są do zawieszanej na ociosie chodnika stacji lokalnej (koncentratora danych). Stacja lokalna zawiera odbiornik modemu radiowego oraz modem telefoniczny do przesyłania danych poprzez linię telefoniczną do stacji dołowej systemu ZIST. Pozostała część toru transmisji danych jest identyczna, jak w systemie monitorowania kombajnów ścianowych.

### 3.3. Monitorowanie sygnałów dwustanowych

Sygnały dwustanowe służące kontroli stanu pracy urządzeń są przyłączane poprzez stacje dołowe SDD urządzenia UTS (rys. 2).

Systemem kontroli objęte zostały następujące sygnały dwustanowe:

- wentylatory,
- ciśnienie w rurociągu przeciwpożarowym,
- poziom urobku,
- tamy,
- przenośniki,
- kombajny (JOY),
- poziom wody,
- pompy.



Rys.2. Procesy technologiczne

Stan pracy urządzeń kontrolowanych za pomocą sygnałów dwustanowych jest udostępniany na powierzchni w serwerze technologicznym.

### **3.4. System podziemnej kontroli parametrów urobku**

System przeznaczony jest do ciągłej kontroli strugi urobku wychodzącej z poszczególnych rejonów eksploatacji. Składa się on z układu ciągłej kontroli zawartości popiołu za pomocą popiolomierza typu RODOS oraz masy urobku za pomocą wagi taśmowej typu EWT-6 instalowanych w wyrobiskach kopalni bezpośrednio na przenośniku taśmowym. Istotą rozwiązania są iskrobezpieczne urządzenia, które mogą być instalowane w wyrobiskach kopalni w warunkach zagrożeń wybuchem metanu.

System podziemnej kontroli parametrów urobku obecnie pracuje autonomicznie. Istnieje możliwość włączenia tego systemu do centralnego systemu dyspozytorskiego poprzez stacje analogowe SDA urządzenia UTS (rys. 2). W tej sytuacji dane o parametrach jakościowych urobku na taśmociągach byłyby dostępne w serwerze technologicznym.

## **4. Monitorowanie i kontrola zagrożeń naturalnych**

Bezpieczna eksploatacja w kopalniach po restrukturyzacji z kilkoma wysoko wydajnymi rejonami wymaga profilaktyki, która ograniczy do minimum konieczność wstrzymywania eksploatacji także ze względów bezpieczeństwa. W kopalni „Bogdanka” z uwagi na występujące zagrożenia pożarowe przyjmuje się zabezpieczenie kopalni w oparciu o system SMP w zakresie monitorowania zagrożeń pożarowych i kontroli wentylacji (rys. 3). Bezpośredni wpływ na podniesienie bezpieczeństwa załóg górniczych ma zastosowanie systemów kontroli zagrożeń skojarzonych z systemami ostrzegania o powstałych niebezpieczeństwach oraz sprawna organizacja ewakuacji i prowadzenia akcji ratunkowych.

### **4.1. Dyspozytorski system monitorowania wentylacji kopalń typu SMP**

Idea automatycznego systemu kontroli wentylacji oparta jest na ciągłej kontroli parametrów powietrza kopalnianego. W tym celu w sieci wentylacyjnej kopalni rozmieszcza się czujniki parametrów powietrza, które dostarczają bieżącej informacji o zmianie składu powietrza kopalnianego. Informacje te stanowią podstawę do kontroli zagrożeń pożarowych. Warunki te spełnia system metanowo-pożarowy SMP, który zapewnia zdalne i ciągłe pomiary parametrów procesu, podstawowe przetwarzanie sygnałów pomiarowych oraz sygnalizację stanów nienormalnych, a także automatyczne wyłączanie energii elektrycznej w stanach awaryjnych.

Czujniki parametrów powietrza umożliwiają kontrolę rozpyłu powietrza w sieci oraz niepożądanych strat i ucieczek powietrza.

System ma strukturę hierarchiczną i modułową a w jego skład wchodzi czujniki analogowe i dwustanowe, lokalne stacje dołowe i powierzchniowa stacja centralna.

W systemie stosuje się szereg czujników parametrów, w tym m.in.:

- analizator tlenu węgla ACO-4B,
- czujnik dymu ACD-1,
- tlenomierz stacjonarny TS-2,
- anemometr stacjonarny AS-2,
- czujnik temperatury powietrza CT-2.

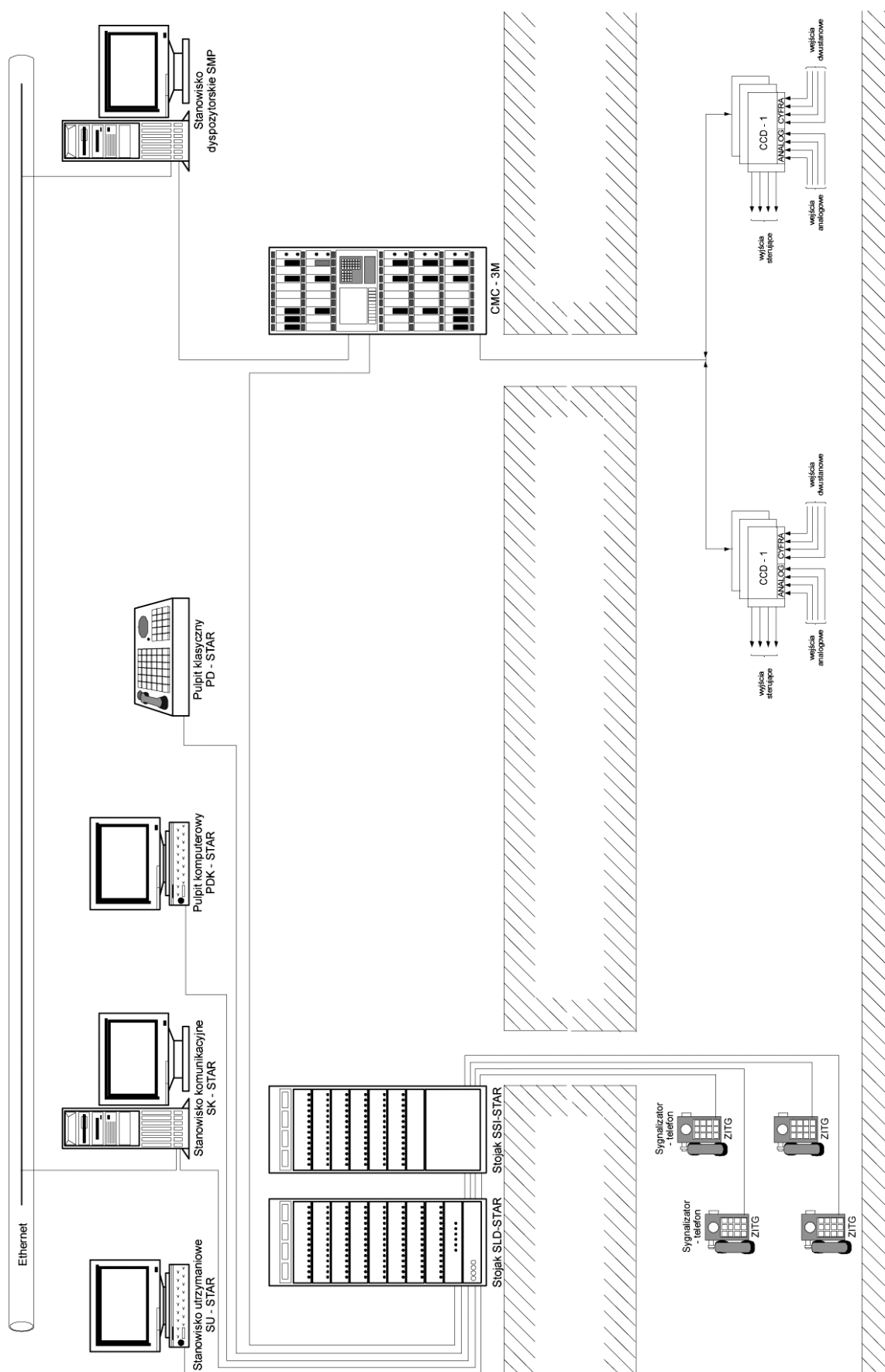
Konfiguracja systemu zależy od specyfiki zagrożeń w kopalni. Stąd z uwagi na występujące w kopalni „Bogdanka” zagrożenia pożarowe, system SMP dla tej kopalni skompletowano pod kątem monitorowania i wczesnego wykrywania pożarów. W tym celu wyloty z rejonów eksploatacyjnych zabezpieczono pod kątem kontroli zagrożeń pożarowych (tzw. CO-metria). Ciągi przenośników taśmowych zabezpieczono na wypadek pożaru czujnikami dymu. Główne drogi wentylacyjne zabezpieczono anemometrami dla kontroli rozpyłu powietrza, a tamy wyposażono w czujniki zamknięcia/otwarcia z sygnalizacją stanu na powierzchni.

Mikroprocesorowe lokalne stacje dołowe typu CCD-1 spełniają rolę koncentratorów danych. Stacja dołowa pośredniczy w wymianie danych pomiędzy czujnikami dołowymi i stacją powierzchniową oraz zapewnia zdalne zasilanie czujników. Stacja dołowa CCD-1 zasilana jest centralnie z powierzchni. Stacja umożliwia ciągły pomiar parametrów atmosfery kopalnianej, kontrolę sygnałów dwustanowych, a także sterowanie urządzeniami. Stacja ma 8 wejść analogowych, 16 wejść dwustanowych i 4 wyjścia sterujące.

Powierzchniowa stacja centralna realizując zasilanie urządzeń dołowych i transmisję danych, składa się z bloku układów transmisji danych i zasilania oraz nadrzędnego systemu komputerowego. Komputer centralny systemu SMP stanowi stanowisko lokalne dyspozytorskie o stanie bezpieczeństwa kopalni (rys. 3).

Dyspozytorski system SMP wdrażany w kopalniach węgla kamiennego gwarantuje, m.in.

- wczesne wykrywanie pożarów wraz ze wsporaniem służb kopalnianych w ratowaniu załogi i gaszeniu pożarów,
- monitorowanie i kontrolę wentylacji, a w szczególności:
  - ♦ monitorowanie rozdziału powietrza w sieci,
  - ♦ monitorowanie wentylatorów głównych.



Rys.3. Bezpieczeństwo i łączność

#### 4.2. Wspomaganie służb dozoru kopalni w czasie akcji ratowania załogi

Bezpieczeństwo pracy górników pod ziemią to również systemy ostrzegania ich w przypadku powstających zagrożeń np. w wyniku pożaru czy przemieszczających się domieszek gazowych (dymów). Takie systemy wymagają powiązania systemów kontroli zagrożeń gazowych oraz systemu łączności głośnomówiącej i rozgłoszeniowo-alarmowego. W przypadku wystąpienia stanu zagrożeń system wspomaga dyspozytora w wyprowadzeniu załogi z zagrożonych rejonów kopalni. System taki we współczesnych warunkach musi bazować na schemacie przestrzennym kopalni oraz wykorzystywać dane zbierane na bieżąco z systemu SMP.

Poprawa skuteczności systemu ratowania zagrożonej załogi jest możliwa przez szybką reakcję na powstałe zagrożenie i błyskawiczne przekazanie komunikatów słownych oraz sygnałów ewakuacyjnych. System ułatwia przegląd danych o stanie bezpieczeństwa i dostępu do danych bieżących w stanach krytycznych, np. w czasie akcji ratowania załogi. Stąd istotne jest wzbogacenie systemu SMP i zintegrowanego systemu łączności alarmowo-rozgłoszeniowej i dyspozytorskiej telefonicznej STAR o możliwość współdziałania z wielokierunkowymi ścianami graficznymi (rys. 3).

Powiązanie systemu monitorowania zagrożeń i kontroli wentylacji typu SMP z podsystemem STAR (rys. 3) umożliwia szybkie powiadamianie zagrożonej załogi o powstałym niebezpieczeństwie poprzez zainstalowane w wyrobiskach i na drogach ucieczkowych sygnalizatory, telefony ZITG. Istniejące w systemie STAR sygnalizatory alarmowe ZITG przystosowano do współpracy z transparentami optycznymi. Transparenty te w trakcie nadawania komunikatów słownych i sygnałów ewakuacyjnych informujących o zagrożeniu i drogach ucieczkowych oraz wskazują kierunki wycofania załogi.

#### 5. Część centralna systemu monitorowania i wizualizacji procesu

Dane z komputera stacji powierzchniowej systemu ZIST są przesyłane do serwera danych technologicznych. Komputer ten jest wyposażony w karty sieciowe, dysk twardy o dużej pojemności, monitor oraz drukarkę. Komputer pracuje pod kontrolą systemu Windows NT. Oprogramowanie aplikacyjne typu SCADA jest wykonane za pomocą oprogramowania narzędziowego iFIX firmy Intellution. Uruchomiony w komputerze stacji powierzchniowej program akwizycji danych tworzy lokalną bazę danych, które udostępnia różnym zewnętrznym użytkownikom poprzez karty sieciowe. Serwer lokalnej bazy danych pomiarowych charakteryzujących proces technologiczny (urabianie i odsta-

wa urobku) w tym kompleksów ścianowych i kombajnów chodnikowych, sygnałów dwustanowych znajduje się w centralnym pomieszczeniu obsługi komputerowej systemu SD 2000.

Dział Energomaszynowy wyposażony zostaje w lokalne stanowisko dyspozytorskie z pełnym dostępem do wszystkich danych systemu SD 2000. Dział Energomaszynowy jest jednym z klientów serwera danych w zakresie wizualizacji i rejestracji danych technologicznych. Komputer ten jest wyposażony w kartę sieciową, monitor kolorowy o dużej rozdzielczości oraz drukarkę, pracuje pod systemem Windows NT.

Oprogramowanie serwera technologicznego realizuje następujące funkcje:

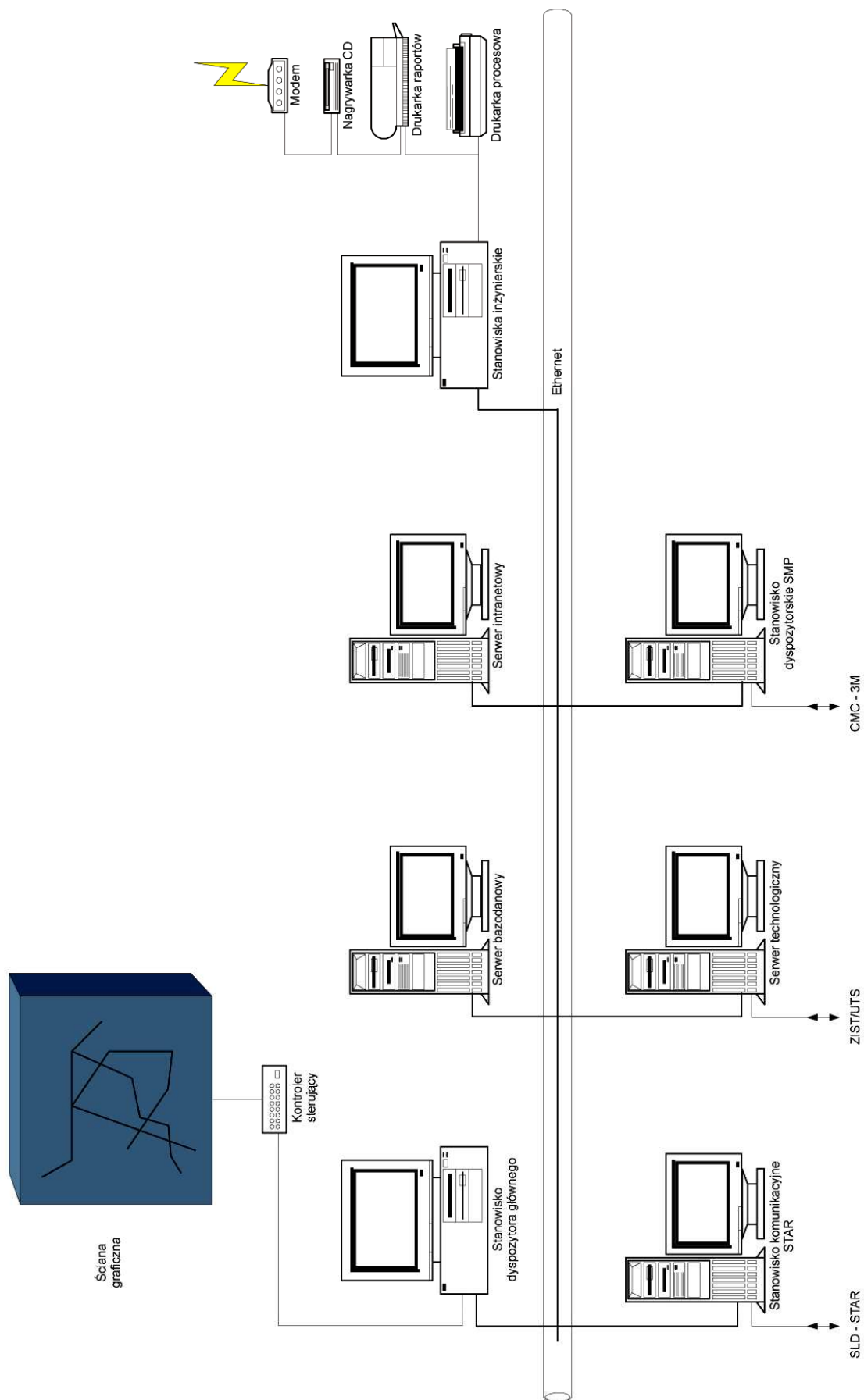
- archiwizacji danych pomiarowych,
- wizualizacji danych bieżących,
- uproszczonej wizualizacji danych historycznych,
- raportowania i monitorowania.

Dane z serwera technologicznego stacji STAR i SMP przekazywane są z wykorzystaniem technologii ADO i OPC do serwera bazodanowego systemu centralnego. System centralny (rys. 4) stanowi zespół serwerów, stacji roboczych i urządzeń wspomagających. Zastosowane rozwiązania techniczne w zakresie konfiguracji sprzętu oraz oprogramowania komputerów pozwoliły uzyskać wysoką funkcjonalność, wydajność przetworzeniową oraz niezawodność i bezpieczeństwo. Wielomonitorowe stanowisko dyspozytora głównego jest wspomagane ścianą graficzną o rozmiarach 2x1,5 m z możliwością dalszej rozbudowy. Ściana graficzna bazuje na systemie tylnej projekcji, wspomaganej przez Digital Light Processing (DLP), technologię mikrolusterek opracowanej przez firmę Texas Instrument. Dzięki niezwykle wyrafinowanej technologii uzyskano zaskakująco wysokie parametry techniczne.

#### 6. Podsumowanie

Po okresie restrukturyzacji polskiego górnictwa czyli na początku XXI wieku pozostaną silnie ekonomicznie, zakłady produkujące węgiel działające na zasadach rynkowych, które wymagać będą nowoczesnego nadzoru dyspozytorskiego.

Przedstawione rozwiązanie stanowi niewątpliwie najnowocześniejszy system nadzoru dyspozytorskiego w polskim górnictwie. Jest to rozwiązanie, które wykorzystuje nowe możliwości technik informatycznych i wizualizacji. System nowej generacji o nazwie „SD 2000” proponuje odmienną od dotychczasowej Koncepcję zarządzania kopalnią rozproszoną struktury branżowych podsystemów dedykowanych dla poszczególnych służb kopalnianych. Celem nadrzędnym tych systemów staje się zarządzanie pracą maszyn oraz organizacja służb technicznego nadzoru dla wydłużenia czasu ich efektywnej pracy.



Rys.4. Dyspozytornia centralna

---

Wdrożenie tego systemu komputerowego z projekcyjną tablicą synoptyczną w kopalni „Bogdanka”, wskazuje nowy kierunek rozwoju systemów dyspozytorskich nadzoru procesu technologicznego i stanu bezpieczeństwa w kopalni.

## Literatura

1. Mironowicz W.: Dyspozytornia kopalni nowej generacji. Materiały Konferencji nt. „Systemy dyspozytorskie monitorowania procesów technologicznych i bezpieczeństwa w przemyśle wydobywczym”. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa Nr 4-5 (344) 1999.
2. Mironowicz W., Wasilewski S., Wojciechowski J.: Kierunki rozwoju systemów dyspozytorskich na przykładzie systemu SD2000. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 3 (353) marzec 2000.

3. Mironowicz W., Surma A., Wiedyska C.: Nowa dyspozytornia w kopalni WESOŁA, WUG 1/2000.
4. Wojciechowski J. System dyspozytorski roku 2000 dla kopalń. Materiały konferencyjne, III Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna Telekomunikacja w Górnictwie, Szczyrk 15-18 wrzesień 1999.
5. Żymełka K.: Perspektywy wizualizacji przebiegu produkcji i stanu bezpieczeństwa w dyspozytorni kopalnianej. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 4 (332) 1998.

*Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2005 r.*

**Artykuł został ogłoszony na posiedzeniu Sekcji Mechanizacji Górnictwa PAN w lutym 2005 r.**

## Wybrane metody i środki poprawy bezpieczeństwa oraz obniżania kosztów eksploatacji górniczych wyciągów szybowych

### Streszczenie

W artykule podano ogólną charakterystykę polskiego górnictwa z punktu widzenia bezpieczeństwa systemów maszynowych transportu pionowego – SMTP. Omówiono wybrane wyniki poznawcze i praktyczne prac naukowo-badawczych Akademii Górniczo-Hutniczej z zakresu bezpieczeństwa górniczych wyciągów szybowych, które są jednym z trzech podsystemów SMTP. Stwierdzono, że najważniejszym osiągnięciem tych prac jest wykazanie słuszności tezy o istniejących możliwościach obniżenia kosztów transportu pionowego przy równoczesnym podnoszeniu niezawodności i bezpieczeństwa górniczych wyciągów szybowych. Prawdziwość tej tezy została wykazana na podstawie ruchomych belek odbojowych HWR, wykładzin modar® i układów prowadzenia naczyń z amortizatorem zespolonym PHH.

### Summary

The paper presents overall characteristics of mining industry in Poland from the safety of SMTP vertical transportation machinery systems point of view. Selected results of AGH cognitive and practical scientific-and-research studies on safety of mining shaft hoists, which are one of three SMTP sub-systems, are described. It has been found that the rightness of thesis about existing possibilities of vertical transportation cost reduction with simultaneous increase of reliability and safety of mining shaft hoists is the most important achievement. Thesis rightness has been proved on the basis of HWR movable stabilizing blocks, modar® lining and systems for the operation of vessels with combined PHH shock-absorber.

### 1. Wprowadzenie

Na skutek restrukturyzacji polskiego górnictwa podziemnego po 1990 roku zostało zlikwidowanych ponad 400 górniczych wyciągów szybowych.

W polskich kopalniach węgla kamiennego, rud miedzi, rud cynku i ołowiu, soli i innych minerałów oraz zakładach odwadniania kopalń pracuje nadal około 340 wyciągów szybowych i prawdopodobnie liczba ta w perspektywie co najmniej kilkunastu lat nie ulegnie istotnemu zmniejszeniu; węgiel kamienny jest i będzie nadal głównym surowcem do produkcji energii elektrycznej, również kopalnie rudy miedzi, funkcjonujące od lat w ramach gospodarki rynkowej, nie zamierzają ograniczać wydobycia.

W polskich kopalniach od wielu lat nieprzerwanie:

- zwiększa się średnia głębokość szybów, a tym samym pogarszają się warunki pracy lin nośnych i wyrównawczych, zbrojenia, naczyń, wież itd. oraz maleje udział masy użytecznej w stosunku do całkowitej sumy mas ruchomych poruszających się w szybie,
- pogarszają się warunki górniczo-geologiczne, a tym samym rośnie zanieczyszczenie urobku skałą płonną lub maleje zawartość metalu w rudzie,
- rosną ceny lin, naczyń, elementów zbrojenia, wykładzin itp. koszty materiałowe,
- rosną ceny energii elektrycznej, której zużycie potrzebne na wydobycie jednej tony urobku na powierzchnię rośnie znacznie szybciej niż głębokość szybów.

Pogarszające się warunki pracy, wzrost długości lin wyciągowych, malejący udział masy użytecznej w stosunku do całkowitej masy użytecznej, przyspieszone

zużycie korozyjne ciągów przewodniczych, lin nośnych i wyrównawczych, zawiesi, naczyń itd. nie tylko zwiększają koszty eksploatacji wyciągów szybowych, ale również wpływają na skrócenie czasu dyspozycyjnego z uwagi na konieczność częstszych i dłuższych napraw, remontów, badań i kontroli, obniżając dodatkowo zdolność wydobywczą szybów.

Wymienione niekorzystne czynniki i zjawiska są przyczyną nie tylko wzrostu kosztów pozyskiwania węgla, rud miedzi i innych minerałów **oraz obniżają bezpieczeństwo systemów maszynowych transportu pionowego – SMTP.**

### 2. Ogólna charakterystyka polskiego górnictwa z punktu widzenia bezpieczeństwa SMTP

Nie wnikając w przyczyny, stan polskiego górnictwa z punktu widzenia bezpieczeństwa SMTP **na początku 2005 r.** charakteryzują następujące fakty, wymuszenia i ograniczenia [1, 2, 3]:

- górnicze wyciągi szybowe pracujące w polskich kopalniach reprezentują stan techniki światowej sprzed co najmniej kilkunastu lat (ponad 60% wyciągów szybowych ma ponad 30 lat),
- kopalnie po 1990 roku „oszczędzały” nie tylko na budowie nowych szybów, które powinny udostępniać coraz niżej zalegające pokłady (w kopalniach węgla około 50% urobku uzyskuje się z pokładów zalegających poniżej dolnych poziomów szybów wydobywczych), ale również „oszczędzały” na modernizacji wyciągów istniejących,



- chociaż w najbliższych latach prawdopodobnie nie będą budowane nowe kopalnie to jednak niektóre najbardziej efektywne kopalnie będą „przechodziły” na większe głębokości,
- kopalnie będą się nadal ze sobą łączyły, tworząc nie tylko nowe organizmy gospodarcze, ale także nowe struktury technologiczne systemów transportowych,
- głębokość nowych lub pogłębianych szybów znacznie przekroczy 1200 m, co będzie miało istotny wpływ na pogorszenie warunków pracy lin, naczyń wyciągowych, prowadzenia i innych elementów górniczych wyciągów szybowych,
- nie zajdą jednak istotne zmiany w pojemnościach i prędkościach jazdy ustalonej naczyń wyciągowych oraz innych parametrów technicznych górniczych wyciągów szybowych,
- wszystkie prace w szybach, w tym prace modernizacyjne poprawiające bezpieczeństwo wyciągów, muszą nie tylko być tanie, ale również muszą być prowadzone zgodnie ze stanem prawnym obowiązującym w UE.

### 3. Wybrane wyniki prac naukowo-badawczych i wdrożeniowych

#### 3.1. Przykładowe wyniki poznawcze

Dorobkiem prac poznawczych Katedry Transportu Linowego AGH z zakresu bezpieczeństwa SMTP jest, między innymi, opracowanie nowych:

- metod i sposobów oceny stanu technicznego oraz warunków pracy elementów urządzeń wyciągowych w tym lin stalowych i stalowo-gumowych, układów prowadzenia naczyń, wież wyciągowych, jak również metod pomiarów rozkładów sił w linach nośnych urządzeń wielolinowych itd.,
- rozwiązań konstrukcyjnych przyrządów diagnostycznych, tj. między innymi: głowic i rejestratorów do badań magnetycznych lin stalowych, przewodnic pomiarowych, czujników do pomiaru sił w linach nośnych, systemów pomiarowych do pomiaru drgań naczyń, układów prowadzenia naczyń, wież itd.,
- metod projektowania naczyń wyciągowych, urządzeń do awaryjnego hamowania naczyń, zbrojenia szybowego, pomostów bezpieczeństwa, trzonów i całych wież wyciągowych, ruchomych belek odbojowych itd.,
- rozwiązań technologii produkcji lin wyrównawczych stalowo-gumowych, wykładzin kół pędnych i kierujących oraz innych elementów wyciągów szybowych.

Szczególnie istotne są wyniki 3-letniego projektu badawczego KBN nr 8 T12A 024 20, zakończonego w grudniu 2003 r. pt. „Budowa systemu zarządzania bezpieczeństwem procesów obsługiwanie górniczych wyciągów szybowych”. Do najważniejszych efektów poznawczych tego projektu można zaliczyć:

- przyjęcie, zdefiniowanie i podanie pod publiczną dyskusję kilkunastu terminów z zakresu bezpieczeństwa obiektów technicznych, w tym z zakresu procesów obsługiwanie górniczych wyciągów szybowych (w tym nadmiar bezpieczeństwa, poziom bezpieczeństwa, akceptowalny poziom ryzyka itd.),
- wyróżnienie i zdefiniowanie 12. nadmiarów bezpieczeństwa górniczych wyciągów szybowych (**nadmiar: wytrzymałościowy, strukturalny, funkcjonalny, parametryczny, czasowy, informacyjny, diagnostyczny, środków bezpieczeństwa, niezawodności człowieka, poznawczy, jakościowy, systemowy**),
- opracowanie podstaw budowy jednolitego w skali kraju systemu zarządzania bezpieczeństwem górniczych wyciągów szybowych, w tym bezpieczeństwem procesów obsługiwanie tych obiektów,
- opracowanie zasad tworzenia systemu komputerowego wspomagającego krajowy system zarządzania bezpieczeństwem górniczych wyciągów szybowych,
- opracowanie wzorów dokumentów (kart) związanych z oceną i kształtowaniem ryzyka zawodowego osób obsługujących górnicze wyciągi szybowe i inne.

Szersze omówienie wszystkich wyników projektu przekracza ramy tego artykułu. Wyniki te zostały opisane w 2-częściowej pracy zbiorowej (pod redakcją autora tego artykułu) zawierającej dwadzieścia kilka rozdziałów, których autorami jest kilkunastu wykonawców projektu [3].

#### 3.2. Osiągnięcie praktyczne

Najważniejsze osiągnięcia praktyczne wieloletnich prac Katedry Transportu Linowego z zakresu bezpieczeństwa SMTP to nowe, chronione, patentami, wzorami użytkowymi i rozwiązaniami typu know-how Akademii Górniczo-Hutniczej:

- metody i aparatura do badań magnetycznych lin stalowych i stalowo-gumowych, które produkowane są seryjnie i stosowane na wszystkich kontynentach,
- czujniki do pomiaru sił w linach nośnych urządzeń wielolinowych, oraz przystawki akcelerometryczne, prowadnice pomiarowe itd.,
- liny stalowo-gumowe produkowane seryjnie od 1989 roku w „Wytwórni lin stalowo-gumowych SAG” w Katowicach oraz liny stalowe o liniowym styku drutów do lin stalowo-gumowych produkowane seryjnie (również od 1989 roku) przez Fabrykę Lin i Drutu „Drumet” S.A. we Włocławku,
- znacznie tańsze i lżejsze, od tradycyjnych rozwiązań, pomosty bezpieczeństwa zabudowane już w kilkunastu polskich szybach,
- zbiorniki wyrównawcze wykonywane z likwidowanych szybów lub szybików,
- cierne układy awaryjnego hamowania HS2W-2 wraz z układami przechwytyjącymi naczynia wyciągowe,

pozwalające na wytracenie na wolnych drogach przejazdu 100% energii kinetycznej mas ruchomych największych polskich urządzeń wyciągowych,

- nowe rozwiązania konstrukcyjne i metody obliczania ruchomych belek odbojowych, głowic naczyń wyciągowych, trzonów wież itd. zastosowane po raz pierwszy w świecie w szybie „Bartosz II” KWK „Katowice-Kleofas”,
- wykładziny kół pędnych oraz kół kierujących i odiskowych z materiału typu modar®, produkowane seryjnie przez Chemiczną Spółdzielnię Pracy „SPOIWO” w Radomiu,
- układy prowadzenia naczyń z symetrycznym amortizatorem zespolonym typu PHH-1, PHH-2 i PHH-3 produkowane seryjnie od kilku lat przez Cuprum Busines Center, Sp. z o.o. we Wrocławiu oraz Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Usługowo-Handlowe Sp. z o.o. Coal Bud w Olkuszu i wiele innych rozwiązań.

### 3.3. Wyniki bezpośrednio związane z tezą artykułu

- A. W projekcie badawczym 8 T12A 024 20 [3] wykazano, na podstawie analizy i oceny przyczyn wszystkich wypadków śmiertelnych i ciężkich jakie zaistniały w polskich szybach w latach 1990-2003 (40 wypadków śmiertelnych i 28 ciężkich), że **ryzyko utraty życia osób obsługujących górnicze wyciągi szybowe jest znacznie (kilkadziesiąt procent) większe od ryzyka, na jakie są narażeni inni pracownicy kopalń podziemnych i kilkadziesiąt razy większe od ryzyka, na które narażane są osoby obsługujące obiekty techniczne eksploatowane poza górnictwem podziemnym.**

Z tego faktu wynikają dwa istotne wnioski związane z niniejszym artykułem:

- ryzyko utraty życia osób obsługujących górnicze wyciągi szybowe (w ocenie autora) przekracza akceptowalny poziom, należy zatem dążyć do obniżenia tego ryzyka,
- ryzyko utraty życia osób obsługujących górnicze wyciągi szybowe można zmniejszyć, między innymi, poprzez skracanie czasów przeznaczonych na usuwanie skutków uszkodzeń typu katastroficznego i parametrycznego elementów górniczych wyciągów szybowych, wymianę zużytych elementów, ocenę stanu technicznego układów prowadzenia, zbrojenia szybowego lin wyciągowych itd.

- B. **Wymienione w punkcie 3.2 tego artykułu metody i rozwiązania techniczne, które są stosowane nie tylko w polskich kopalniach potwierdzając prawdziwość tezy, że możliwe jest podnoszenie niezawodności i bezpieczeństwa górniczych wyciągów szybowych z równoczesnym obniżeniem kosztów eksploatacyjnych tych obiektów.**

Szersze uzasadnienie prawdziwości tej tezy zamieszczono w kolejnych punktach. Zostały w nich opisane:

- ruchome belki odbojowe HWR, których autorzy: Józef Hansel, Marian Wójcik i Tomasz Rokita zostali wyróżnieni w 2003 roku prestiżową nagrodą Premiera RP, złotym medalem na 52. Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technik Brussels Eureka 2003, nagrodą (pucharem) Ministra Nauki oraz dyplomem Ministra Nauki w 2004 r.,
- wykładziny modar®, których autorzy: Józef Hansel, Zbigniew Maj i Mieczysław Blecharz zostali wyróżnieni srebrnym medalem na 52. Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technik Brussels Eureka 2003 oraz nagrodą (pucharem) Ministra Nauki w 2004 r.,
- prowadnice krążkowe z symetrycznym amortizatorem zespolonym PHH, których autorzy: Józef Hansel, Marek Płachno i Jerzy Hildebrand zostali wyróżnieni srebrnym medalem na 53 Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technik Brussels Eureka 2004.

## 4. Ruchome belki odbojowe HWR

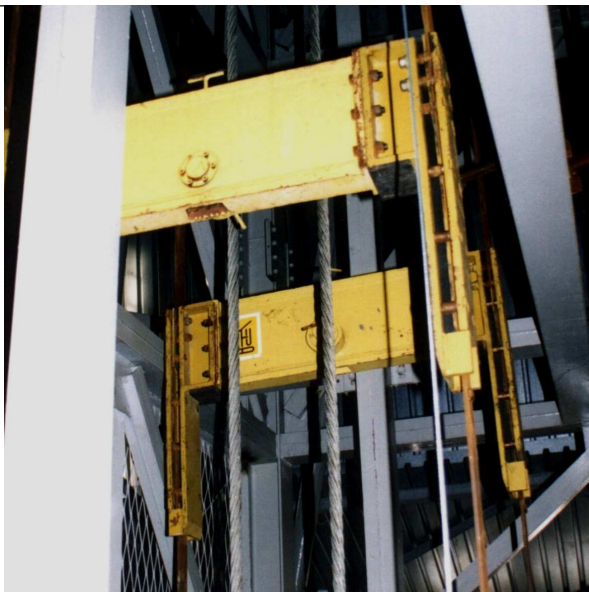
### 4.1. Opis rozwiązania

Ruchome belki odbojowe HWR w zasadniczy sposób różnią się od dotychczasowych rozwiązań konstrukcyjnych nieruchomych belek odbojowych, samoczynnych podchwytów i trzonów prowadniczych wież wyciągowych. Są one osadzone „suwliwie” na listwach hamujących ciernych układów do awaryjnego hamowania, na początku, a nie jak w tradycyjnych rozwiązaniach na końcu wolnych dróg przejazdu.

W ruchomych belkach odbojowych są zainstalowane podchwyt, które łączą naczynie z belkami odbojowymi i układ „ruchome belki–naczynie wyciągowe” ma możliwość przemieszczania się na całej długości wolnych dróg przejazdu. **Dzięki temu siły dynamiczne działające na głowicę naczyń, elementy trzonu wieży, w linach nośnych i innych elementach konstrukcyjnych wyciągu są znacznie mniejsze od sił dynamicznych występujących w chwili zderzenia o stałe belki odbojowe.**

Powstały zatem warunki do:

- obniżenia mas większości elementów konstrukcyjnych wyciągu szybowego, przede wszystkim: naczyń wyciągowych, lin nośnych i wyrównawczych, trzonów wież itd.,
- wykorzystania istniejących maszyn wyciągowych, wież wyciągowych i innych wyciągu szybowego przy „przechodzeniu” na większe głębokości ciągnięcia bez ograniczania pojemności naczyń wyciągowych,



Rys.1. Ruchome belki odbojowe

- zwiększania pojemności naczyń (wydajności wyciągów szybowych) bez zmiany silników i pędni linowych, średnic lin nośnych, kół kierujących, wzmacniania wież wyciągowych itd.

Ponadto ruchome belki odbojowe współpracujące z ciernymi układami do awaryjnego hamowania naczyń charakteryzują się następującymi zaletami:

- 100% skutecznością działania dla urządzeń wyciągowych o dowolnych parametrach technicznych co w sposób istotny wpływa na podniesienie bezpieczeństwa pracy w szybach górniczych,
- możliwością wielokrotnego użycia z krótkim czasem (40÷50 minut) potrzebnym na przywrócenie początkowych cech układu (**jest to jedyne na świecie tego typu urządzenie**),
- prostą konstrukcją, łatwością wykonania i montażu, niską ceną, łatwością konserwacji itp.

#### 4.2. Efekty ekonomiczne

Efekty ekonomiczne są wynikiem:

- wyeliminowania kosztów usuwania skutków przejechania skrajnych poziomów (położeń) technologicznych przez naczynia wyciągowe,
- wielokrotnego zmniejszenia sił dynamicznych powstających w momencie zderzenia naczynia wyciągowego o ruchome belki odbojowe w porównaniu ze zderzeniami z belkami nieruchomymi.

Koszty usuwania skutków zderzenia naczyń ze stałymi belkami odbojowymi wynoszą od kilkuset tysięcy do kilkunastu milionów złotych (nie licząc kosztów pośrednich nie będących wynikiem strat w wydobywaniu) [2]. Wyznaczone prawdopodobieństwo powstawania tego typu awarii, w przypadku nieskutecznych układów do awaryjnego hamowania np. przewodników zgrubionych występuje raz na 10 lat. Obliczone wartości rocznych efektów ekonomicznych są iloczynem prawdopodobieństwa zaistnienia tego zdarzenia oraz szacowanego kosztu usuwania skutków tego zdarzenia.

Licząc bardzo ostrożnie i uwzględniając tylko bezpośrednie koszty usuwania skutków, roczne efekty wynoszą w zależności od parametrów technicznych i przeznaczenia wyciągu od kilkudziesięciu tysięcy do 1,4÷1,6 mln zł rocznie na jedno urządzenie.

Znaczące efekty ekonomiczne można uzyskać również dzięki wielokrotnemu zmniejszeniu sił dynamicznych działających w elementach wyciągu szybowego w wyniku zderzenia naczynia w ruchomymi belkami odbojowymi, co stwarza nowe możliwości projektowania trzonów wież naczyń wyciągowych, lin nośnych i wyrównawczych itd. Ma to bez przesady ogromne znaczenie w przypadku budowy nowych szybów, przechodzenia na większe głębokości ciągnięcia, modernizacji wyciągów szybowych.

Szacunkowo, dzięki zastosowaniu niekonwencjonalnych rozwiązań transportu pionowego, można uzyskać jednorazowe efekty od 1 miliona do kilkunastu milionów złotych na jedno urządzenie w zależności od parametrów wyciągu [2]. Na przykład dzięki zastosowaniu ruchomych belek odbojowych w szybie Bartosz II KWK „Katowice-Kleofas” możliwe było wykorzystanie urządzenia wyciągowego do głębinienia jako urządzenia ostatecznego. Obniżyło to koszty budowy wyciągu szybowego o kilkanaście milionów złotych; trzy niezależne grupy specjalistów oceniały te efekty w granicach od 11,4÷17,3 mln zł [2].

#### 4.3. Poprawa bezpieczeństwa

Zastosowanie ruchomych belek odbojowych zwiększa bezpieczeństwo transportowanych osób oraz istotnie ogranicza bardzo niebezpieczne prace szybowe związane z usuwaniem skutków przejazdu naczyń poza poziomy technologiczne.

**Przykładem może być awaria wyciągu szybowego w szybie Fortuna III KWK „Kleofas” w czasie jazdy ludzi. Tylko dzięki zastosowaniu ciernych urządzeń hamujących typu AGH w tym szybie awaria ta skończyła się szczęśliwie dla 18 transportowanych osób a urządzenie można było szybko i bez strat przywrócić do ruchu.**

Przejazdy naczyń wyciągowych poza skrajne poziomy technologiczne są (w przypadku stosowania na wolnych drogach przejazdu jedynie przewodników zgrubionych) najczęstszymi przyczynami uszkodzeń katastroficzych tych wyciągów. Średni czas usuwania skutków takich przejazdów wynosi 48 godzin [2].

Zastosowanie ruchomych belek odbojowych HWR współpracujących z ciernymi układami awaryjnego hamowania w sposób istotny zmniejszają prawdopodobieństwo przejazdów skrajnych położeń technologicznych, a czasy potrzebne na przywrócenie układu do początkowego stanu (jak napisano poprzednio) nie przekraczają 1 godziny [2].

## 5. Wykładziny modar®

### 5.1. Opis rozwiązania

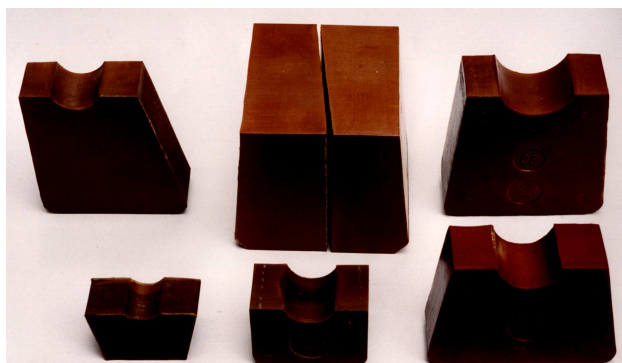
Wykładziny modar® a dokładniej składy chemiczne i technologie ich produkcji są wynikiem wieloletnich prac naukowo-badawczych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz Spółdzielni Pracy Chemiczno-Wytwórczej SPOIWO w Radomiu.

Wykładziny modar® są przeznaczone na koła i bębny pędne górniczych wyciągów szybowych, kolei linowych, kołowroty i bębny pędne w kolejkach linowych podwieszanych i spągowych, które są stosowane w podziemnych zakładach górniczych, koła kierujące i odciskowe stosowane w różnych urządzeniach transportu linowego itd.

Wyłącznym producentem wykładzin modar® jest Spółdzielnia Pracy Chemiczno-Wytwórczej SPOIWO w Radomiu.

Wykładziny oznaczone znakiem Modar R3/Mz przeznaczone są dla kół i bębnow pędnych: górniczych wyciągów szybowych, kolei linowych i wyciągów narciarskich i innych urządzeń transportu linowego. Charakteryzują się:

- dużymi i stabilnymi wartościami współczynników tarcia (sprężenia ciernego), przekraczającymi znacznie wymagane wartości  $\mu \geq 0,25$ ,
- dużą trwałością (odpornością na zużycie ścierną),
- dużą twardością i korzystnymi wartościami liczby Poisson'a.



Rys.2. Przykładowe kształtki wykładzin modar®

Wykładziny oznaczone znakiem **Modar R7/Wz** są przeznaczone dla kołowrotów i bębnow pędnych pracujących w atmosferze zagrożonej wybuchem, np. w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych. Charakteryzują się, poza właściwościami wykładzin **Modar R3/Mz**, korzystnymi właściwościami elektrostatycznymi i zwiększoną trudnopalnością.

Wykładziny oznaczone symbolem **Modar R5/Kk** są przeznaczone dla kół linowych, dla których nie są wymagane duże wartości współczynnika  $\mu$ , mogą być stosowane w większości urządzeń transportu linowego. Ich stosowanie zwiększa trwałość zmęczeniową lin

stalowych od kilkudziesięciu do kilkuset procent. Charakteryzują się:

- bardzo dużą twardością,
- dużą odpornością na naciski,
- wartościami współczynnika tarcia w granicach  $\mu \geq 0,12 \pm 0,2$ .

Badania laboratoryjne wykazały, że wykładziny **modar®** spełniają wszystkie wymagania określone w państwowych przepisach bezpieczeństwa. Mają wymagane prawem certyfikaty, dopuszczenia do stosowania w tym Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego w Katowicach oraz Głównego Instytutu Górnictwa.

### 5.2. Efekty ekonomiczne

Ceny polskich wykładzin zarówno Modar R3/Mz jak Modar R5/Kk i Modar R7/Wz są znacznie niższe od innych wykładzin o porównywalnych, a nawet gorszych właściwościach eksploatacyjnych.

Duże twardości wykładzin modar® i korzystne wartości liczby Poissona mają wpływ na wzrost trwałości bębnow pędnych maszyn wielolinowych. Wykładziny Modar R5/Kk mogą być stosowane zarówno jako wykładziny kół kierujących i odciskowych, tj. w górniczych wyciągach szybowych z maszynami umieszczonymi na zrębie szybu, jak i na wieży. Badania laboratoryjne wykazały, że ich stosowanie w przypadku maszyn zrębowych zwiększa trwałość zmęczeniową lin nośnych o co najmniej kilkadziesiąt procent.

Podsumowując, efekty ekonomiczne, związane ze stosowaniem wykładzin modar®, są wynikiem:

- dużej trwałości wykładzin Modar R3/Mz i Modar R5/Kk i stosunkowo niskiej ich ceny,
- zwiększenie trwałości bębnow pędnych maszyn wielolinowych,
- istotnego wzrostu trwałości lin nośnych górniczych wyciągów szybowych w przypadku stosowania wykładzin Modar R5/Kk na kołach kierujących wyciągów z maszynami umieszczonych na zrębie szybu.

### 5.3. Poprawa bezpieczeństwa pracy

Jak już napisano wykładziny Modar R3/Mz charakteryzują się dużymi i stabilnymi wartościami współczynnika tarcia i sprężenia ciernego pomiędzy liną koła pędnego jednolinowego lub linami nośnymi i wykładziną bębna pędnego w przypadku maszyn wielolinowych. Dzięki temu prawdopodobieństwo poślizgów, które są istotną przyczyną uszkodzeń typu katastroficznego wyciągów szybowych, jest małe. Z kolei wykładziny Modar R7/Wz, które charakteryzują się korzystnymi właściwościami elektrostatycznymi i zwiększoną trudnopalnością, mogą być stosowane w atmosferze zagrożonej wybuchem np. w podziemnych wyrobiskach górniczych (szybikach).



## 6. Prowadnice krążkowe z symetrycznym amortyzatorem zespolonym PHH

### 6.1. Opis rozwiązania

Prowadnice krążkowe z symetrycznym amortyzatorem zespolonym są mocowane do naczyń górniczych wyciągów szybowych. Służą do prowadzenia naczyń wzdłuż ciągów prowadniczych. Prowadniki są przymocowane do dźwigarów połączonych z obudową szybów.

Istotne problemy techniczne tego rodzaju prowadzenia polegają na oddziaływaniu nierówności ciągów prowadniczych na prowadnice naczyń podczas jego ruchu w szybie górniczym.

Celem rozwiązania jest ograniczenie wpływu masy i prędkości naczyń oraz nierówności ciągów prowadniczych na obciążenie dynamiczne prowadnic i prowadników. Cel ten osiągnięto przez uelastycznienie prowadnic naczyń.



Rys.3. Przykład rozwiązania prowadnicy krążkowej z symetrycznym amortyzatorem zespolonym PHH

### 6.2. Efekty ekonomiczne

Jak już wcześniej napisano ze wzrostem głębokości rosną koszty transportu pionowego. Obniżenie tych kosztów można osiągnąć między innymi przez koncentrację wydobywania, czyli przez budowę górniczych wyciągów szybowych z naczyniami o coraz większych pojemnościach poruszających się w szybach z coraz większymi prędkościami.

Obciążenia dynamiczne prowadnic i prowadników zależą od parametrów ciągów prowadniczych w tym ich nierówności oraz od mas i prędkości naczyń poruszających się w szybie.

Prowadnice z symetrycznym amortyzatorem zespolonym PHH w znacznym stopniu rozwiązują problemy prowadzenia górniczych wyciągów szybowych w tym w szybach o dużej głębokości. Dzięki ich zastosowaniu w istotny sposób ogranicza się wpływ masy i prędkości naczyń na obciążenia prowadnic i prowadników.

Efekty ekonomiczne wynikające z zastosowania w praktyce amortyzowanych prowadnic (tłumiących drgania naczyń i obniżających siły poziome) wynikają z istotnego zwiększenia trwałości nie tylko układów prowadzenia, ale również zbrojenia szybowego (prowadników i dźwigarów), naczyń wyciągowych, lin nośnych i innych elementów górniczych wyciągów szybowych. Dzięki temu nie tylko uzyskuje się znaczące obniżenie kosztów transportu pionowego urobku, ludzi i materiału.

### 6.3. Wzrost bezpieczeństwa

Jak już wcześniej wykazano, wzrost bezpieczeństwa SMTP można uzyskać poprzez skrócenie czasów przebywania ludzi w szybach górniczych, czyli przez skrócenie czasów przeznaczonych na naprawy, wymiany, diagnozowanie elementów górniczych wyciągów szybowych itd. Dzięki zastosowaniu prowadnic PHH rosną czasy pomiędzy wymianami zużytych elementów górniczych wyciągów szybowych np. prowadnic oraz maleją czasy przeznaczone na naprawy i remonty zbrojenia szybowego.

## 7. Wnioski końcowe

1. W ostatnich kilkunastu latach w polskich kopalniach podziemnych uzyskiwano wymagane bezpieczeństwo wyciągów szybowych przeznaczonych do transportu ludzi i wystarczające zdolności wydobywcze wyciągów nie dzięki ich modernizacji, ale głównie poprzez przedłużenie czasów na remonty, naprawy, diagnozowanie itp. elementów górniczych wyciągów szybowych. Ten sposób utrzymywania bezpieczeństwa i zdolności transportowych zwiększa jednak ryzyko utraty życia i zdrowia osób zajmujących się bezpośrednio procesami użytkowania, a zwłaszcza obsługiwania tych obiektów.
2. W najbliższych latach prawdopodobnie w polskich kopalniach węgla kamiennego i rud miedzi trzeba będzie wybudować co najmniej kilka nowych i pogłębić co najmniej kilkanaście istniejących szybów. Znaczna część z tych szybów przekroczy głębokość 1200 m.
3. Zastosowanie ruchomych belek odbojowych HWR, wykładzin modar® (zwłaszcza oznaczonych symbolem Modar R7/Kk) oraz prowadnic krążkowych z amortyzatorem zespolonym PHH, zwiększa bezpieczeństwo SMTP w tym przede wszystkim osób obsługujących górnicze wyciągi szybowe a także stwarza możliwości obniżenia kosztów eksploatacji górniczych wyciągów szybowych oraz budowy nowych i pogłębiania istniejących szybów.

---

## Literatura

1. Hansel J.: Metody i sposoby kształtowania bezpieczeństwa wyciągów szybowych. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie. Miesięcznik Wyższego Urzędu Górniczego. Wydanie specjalne, Katowice 1997.
2. Praca zbiorowa pod redakcją Józefa Hansla. Ruchome belki odbojowe. Zeszyty Naukowo-Techniczne AGH-KTL, Zeszyt 17 (stron 117), Kraków 2000.
3. Praca zbiorowa pod redakcją Józefa Hansla pt. „Budowa systemu zarządzania bezpieczeństwem procesów obsługiwanego górnictwa wyciągów szybowych”. Zeszyty Naukowo-Techniczne AGH-KTL, Cz. I - Zeszyt 27 (stron 95), Kraków 2002, Cz. II - Zeszyt 32 (stron 241), Kraków 2003.

*Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2005 r.*

**Artykuł został ogłoszony na posiedzeniu Sekcji Mechanizacji Górnictwa PAN w lutym 2005 r.**

## **Transport kołowo-szynowy w nachylonych wyrobiskach z zastosowaniem zestawu do awaryjnego hamowania**

### *Streszczenie*

Zjawisko niekontrolowanego przemieszczania się (samostaczania) kołowo-szynowych naczyni transportowych stanowi duży problem w czasie transportu mas użytecznych w nachylonych wyrobiskach korytarzowych. Możliwość przeciwdziałania temu zjawisku, przy wyeliminowaniu wad stosowanych w tym czasie rozwiązań, była przyczyną opracowania nowego sposobu transportu kołowo-szynowego z wykorzystaniem wózka hamulcowego, które zastosowano do transportu w LW „Bogdanka”. Pierwszym prototypem tego rozwiązania był wózek hamulcowy opracowany dla potrzeb KWK „Kazimierz-Juliusz”. Zebrane dotychczas doświadczenia oraz rachunek ekonomiczny przedsięwzięcia potwierdzają zasadność przyjętych założeń i uzyskanie przewidywanych efektów. Możliwość zastosowania zestawu hamulcowego pracującego w LW „Bogdanka” i w innych polskich kopalniach zostało potwierdzone decyzją Wyższego Urzędu Górniczego (GM-107/04).

### *Summary*

Phenomenon of uncontrolled movement (self-sliding) of wheel-and-rail transportation vessels is a big problem during the transport of payloads on the inclined roadways. The possibility of counteracting this phenomenon, when disadvantages of applied present solutions are eliminated, was the reason to develop a new way of wheel-and-rail transport with use of braking car, which was used for transportation in LW ‘Bogdanka’. Braking car developed to for requirements in the ‘Kazimierz-Juliusz’ Colliery was the first prototype of this solution. Experience gained so far as well as economical calculations of the undertaking confirm the rightness of assumptions and an achievement of planned effects. The possibility of implementation of braking system operating in LW ‘Bogdanka’ and in other Polish mines was confirmed by the State Mining Authority (GM-107/04).

## **1. Wprowadzenie**

Zgodnie z przepisami i zaleceniami Wyższego Urzędu Górniczego transport szynowy w wyrobiskach nachylonych powyżej 4° powinien posiadać zabezpieczenia uniemożliwiające samostaczanie się urządzeń transportowych. W chwili obecnej produkowane i stosowane zabezpieczenia nie spełniają wszystkich wymagań stawianych przez WUG i użytkowników. Dlatego też transport maszyn i urządzeń w wyrobiskach nachylonych do 45° stanowi i będzie stanowił duży problem, przede wszystkim z uwagi na bezpieczeństwo i wynikające z tego problemy techniczne. Wynika to głównie z nachylenia wyrobiska, w którym transportowane mają być maszyny i urządzenia o dużych masach.

W wyrobiskach nachylonych do 45° (upadowe – transport w górę, pochylnie – transport w dół) transport maszyn, urządzeń i materiałów może być realizowany tylko poprzez przewóz (kolejka podwieszana, kołowrót – lina – naczynie).

Realizacja transportu (przewóz) w wyrobiskach nachylonych do 45°, by mogła być prowadzona prawidłowo i bezpiecznie, musi spełnić wymagania określone przepisami górniczymi. Dlatego też wymaga się by w czasie przewozu w wyrobisku nie przebywała załoga, a sam fakt realizacji transportu oznaczony był sygnalizacją świetlną. Koniecznym również jest zapew-

nienie odpowiedniej łączności pozwalającej na komunikowanie się obsługi przewozu. Dla zapewnienia bezpieczeństwa w realizacji samego procesu transportu środki służące temu celowi muszą posiadać odpowiednie urządzenia do zabezpieczania przed samostaczaniem się wszystkiego co znajduje się w wyrobisku transportowym, tak na progu lub nachyleniu (widełki, zasawa, zapora). W czasie ruchu naczynia transportowego musi ono być również zabezpieczone przed niekontrolowanym wzrostem prędkości przemieszczania (regulator prędkości, łapacze, hamulce torowe).

Wszystkie wymienione wyżej zabezpieczenia, w które wyposażone musi być wyrobisko lub środek transportu mają za zadanie zapewnić prawidłowe i bezpieczne przemieszczanie się naczynia z transportowanymi maszynami, urządzeniami lub materiałami na określonym nachyleniu. Wynika z tego to, że przy określonym nachyleniu wyrobiska i wielkości transportowanych mas musi nastąpić w chwili awarii pewność zatrzymania środka transportu. Dlatego też przepisy górnicze wymagają od stosowanych zabezpieczeń pewności i niezawodności w ich działaniu, możliwości wielokrotnego ich użycia, braku destrukcji na wyrobisko górnicze (niszczenie obudowy) i środek transportu (niszczenie prowadzenia naczynia) oraz na samo zabezpieczenie (niszczenie np. hamulca).

Spełnienie tych wymagań jest oczywiście bardzo trudne i dlatego tylko kolejki podwieszane stosowane w

wyrobiskach nachylonych do  $30^\circ$  są dopuszczone do transportu mas powyżej 1000 kg. Zastosowanie natomiast środków transportu przemieszczających się po torowisku szynowym, ze względu na brak odpowiedniego hamulca torowego, jest ograniczone tak do wartości nachylenia, jak i wartości transportowanej masy.

W chwili obecnej stosowane są również kolejki spagowe z napędem linowym, elektrycznym lub spalinyowym, które mogą być stosowane do transportu mas powyżej 1000 kg. Jednak wymagają one specjalnego torowiska (linowe) i napędu posuwu (elektryczne, spalinyowe). Dlatego też wydaje się celowe polecenie do transportu kołowo-szynowego zestawu hamulcowego wykorzystywanego w LW „Bogdanka” ze względu na prostą i niezawodną konstrukcję oraz niski koszt inwestycyjny.

## 2. Wózek hamulcowy dla KWK „Kazimierz-Juliusz”

Wspomniano już wcześniej, że egzemplarzem prototypowym wózka hamulcowego, a następnie zestawu hamulcowego dla LW „Bogdanka” był wózek hamulcowy przeznaczony do transportu kołowo-szynowego w warunkach wyrobisk KWK „Kazimierz-Juliusz” [1].

W przypadku tej konstrukcji założono, że:

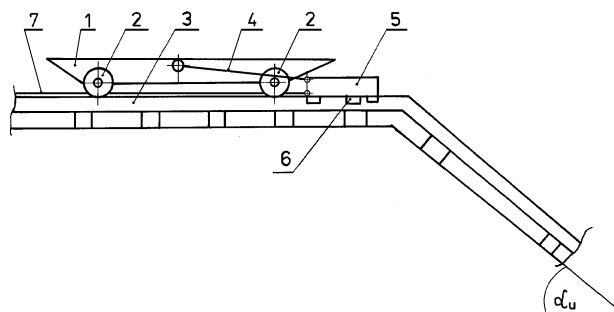
- urządzenie (środek) transportujące materiał w wyrobisku silnie nachylonym powinno współpracować z powszechnie stosowanymi kołowrotami,
- prowadzenie urządzenia w wyrobisku realizowane jest poprzez szyny (tor),
- urządzenie przeznaczone jest do wyrobisk nachylonych do  $45^\circ$ ,
- maksymalna masa własna urządzenia nie powinna przekraczać 2000 kg,
- maksymalna masa użyteczna transportowana tym urządzeniem nie przekracza 15000 kg,
- urządzenie transportujące powinno być wyposażone w mechanizm uniemożliwiający samostaczanie się,
- mechanizm (hamulce) powinien być prosty i pewny w działaniu,
- zadziałanie mechanizmu nie może uszkadzać wyrobiska oraz torowiska lub innego elementu toru jezdni i powinno zapewnić możliwość wielokrotnego jego działania,
- po przeprowadzonych badaniach eksploatacyjnych urządzenie prototypowe umożliwi opracowanie typoszereregu tych urządzeń dla różnych zakresów nachyleń i transportowanych mas.

W opracowanej koncepcji przedmiotowego urządzenia przewidziano:

- transport maszyn, urządzeń i materiałów za pomocą platformy wyposażonej w dwa zestawy kołowe współpracujące z torowiskiem zabudowanym na spągu wyrobiska,

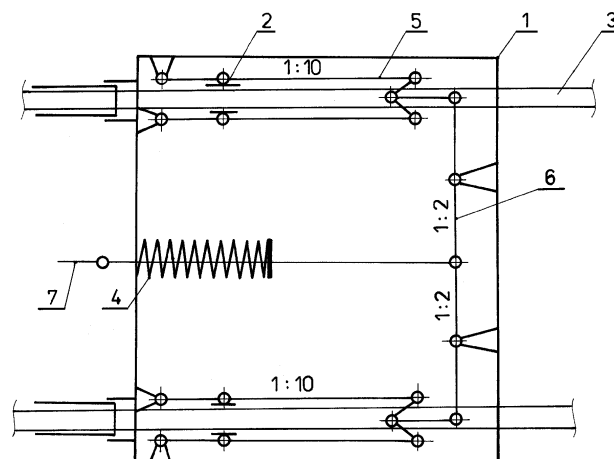
- platformę wyposażoną w wózek hamulcowy zwalniany liną kołowrotu,
- przegubowe zamocowanie wózka hamulcowego do platformy zapewniające stały jego kontakt z szynami,
- zanik siły w linie ciągnącej kołowrotu powoduje zadziałanie hamulca poprzez zacisk szczęk na główkach szyn wywołanych siłą sprężyny.

Koncepcję urządzenia do transportu w wyrobiskach nachylonych przedstawiono schematycznie na rysunku 1. Platforma 1 wyposażona w dwa zestawy kołowe 2 przemieszcza się po torowisku szynowym 3 na skutek działania siły ciężkości. Do platformy przymocowany jest przegubowo za pomocą sztywnego cięgna 4 wózek hamulcowy 5 ze szczękami 6. Zwalnianie hamulca wywołuje liną ciągnącą kołowrotu 7.



Rys.1. Schemat platformy z wózkiem hamulcowym

Prawidłową pracę platformy w czasie jej przemieszczania, zarówno w poziomie jak i w nachyleniu, zapewnia wózek hamulcowy i jego odpowiednie przegubowe połączenie za pomocą sztywnego cięgna z platformą. Schemat konstrukcyjny wózka hamulcowego zamieszczono na rysunku 2.



Rys.2. Schemat konstrukcyjny wózka hamulcowego

W obudowie skrzynkowej 1 znajdują się szczęki hamulcowe 2, których nacisk na szyny 3 wymuszony jest sprężyną 4 poprzez układ dźwigni 5 i 6. Zwalnianie szczęk hamulcowych 2 powoduje liną kołowrotu 7, która ugina sprężynę 4.



### 3. Wózek hamulcowy dla LW „Bogdanka”

Kontynuacją prac nad opracowaniem skutecznego rozwiązania hamulca dla transportu kołowo-szynowego w wyrobiskach nachylonych było opracowanie wózka hamulcowego dla LW „Bogdanka”. Koncepcja wózka hamulcowego dla KWK „Kazimierz-Juliusz” uległa modyfikacji poprzez wprowadzenie trzeciej szyny i szcęk samozaciskających się.

Wprowadzenie powyższych zmian spowodowane było przeprowadzeniem analizy metod hamowania i konstrukcji urządzeń do transportu w wyrobiskach o dużym nachyleniu stosowanych i opatentowanych oraz dokonane uzgodnienia, przy uwzględnieniu wymagań Urzędu Górniczego. Umożliwiło to opracowanie następujących założeń [2]:

- urządzenie transportujące powinno składać się z dwóch podzespołów (naczynia o podwoziu kołowo-szynowym o rozstawie kół 900 mm oraz wózka hamulcowego) połączonych rozłącznie,
- ruch naczynia i wózka wymuszany jest liną kołowrotów (tabela I) będących w posiadaniu LW „Bogdanka”,
- przewiduje się stosowanie przedmiotowego urządzenia w wyrobiskach o nachyleniu maksymalnie do 20° i przeznaczonego do transportu masy użytkowej do 20000 kg,
- przejście wyrobiska (spąg, torowisko) poziomego w nachylone i z nachylonego w poziome powinno być tak wyprofilowane by umożliwiało swobodny przejazd naczynia i wózka hamulcowego,
- działanie wózka hamulcowego nie może powodować destrukcji wyrobiska.

**Zestawienie typów i parametrów technicznych kołowrotów będących w posiadaniu LW „Bogdanka” (czas hamowania  $t = 1$  s, masa transportowana  $m = 20000$  kg)**

Tabela 1

| Typ kołowrotu    | Maksymalna prędkość opuszczania, m/s | Maksymalne opóźnienie, m/s <sup>2</sup> | Siła bezwładności, kN | Maksymalna średnica lin, mm |
|------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| KM-1/30          | 1,37                                 | 1,37                                    | 27,3                  | 16, 20                      |
| KBH-5/TM         | 0,20                                 | 0,20                                    | 4,0                   | 30, 32, 34                  |
| EKO-D<br>PNEKO-D | 1,40                                 | 1,40                                    | 28,0                  | 13, 18                      |

Powyższe wymagania określają warunki jakie powinna spełniać konstrukcja wózka hamulcowego, by spełnione były następujące założenia wynikające z przeprowadzanej analizy warunków pracy i możliwości różnych rozwiązań konstrukcyjnych (badania patentowe), symulacji ruchu wózka i przewidywanych środków transportu na krzywiznach i załamaniach pionowych torowiska oraz wstępnych obliczeń:

- wózek hamulcowy powinien zabezpieczać transport mas do 20000 kg na nachyleniach do 20°,

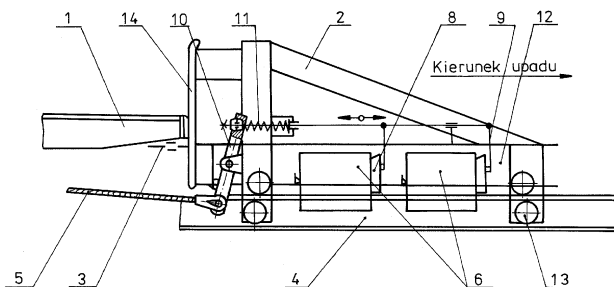
- wózek hamulcowy powinien w sposób natychmiastowy (czas hamowania 1 sekunda – tabela I) zatrzymać w każdym miejscu nachylonego wyrobiska środek transportowy w sytuacji awaryjnej (zerwanie lub wyczepienie się liny, awaria kołowrotu, błąd operatora, zanik zasilania).
- wózek hamulcowy winien być dostosowany do współpracy z następującymi środkami transportu (naczyniami):
  - platformą typu WOZ-20 o nośności 20 Mg i masie własnej 1638 kg,
  - wozem średnim do materiałów długich 950/900 według PN-90/G-46150, o nośności maksymalnej 3 Mg i masie własnej 590 kg,
  - wozem średnim resorowanym według PN-82/G-46060 o nośności do 3 Mg i maksymalnej masie własnej 1100 kg.
- wózek hamulcowy powinien być podłączony tak, by zabezpieczał środek transportu od strony upadu.

Natomiast konstrukcja układu hamowania wózka hamulcowego powinna spełnić następujące wymagania:

- jako impuls uruchamiający mechanizm hamowania należy przyjąć zanik napięcia w linie głównej lub spadek tego napięcia poniżej ustalonej wartości minimalnej, który dla warunków LW „Bogdanka” wynosi  $F_{l \min} \leq 1$  kN (dla kąta nachylenia  $\alpha = 8^\circ$  i opuszczania wozu do materiałów długich),
- hamowanie powinno być realizowane na dodatkowej szynie (dwuteownik), która jest jednocześnie torem jezdny szcęk hamulcowych i musi przejąć całą siłę hamowania,
- szcęki hamulcowe powinny działać w zamkniętym układzie sił,
- rozwiązanie konstrukcyjne szcęk hamulcowych opierać się powinno o mechanizm samo zakleszczający się w postaci klina o zróżnicowanym współczynniku tarcia na jego powierzchniach (roboczej i ślizgowej), gdyż taki układ daje możliwość uzyskania siły hamowania proporcjonalnej do składowej siły ciężkości naczynia wraz z ładunkiem,
- wózek hamulcowy powinien przenieść w momencie hamowania całość obciążenia od transportowanej masy, w tym i obciążenie dynamiczne, które dla warunków LW „Bogdanka” wynosi 80 kN (przy założonym ograniczeniu prędkości opuszczania dla ładunku o masie powyżej 15 Mg do 0,2 m/s),
- wózek hamulcowy należy wyposażać w samopowrotny mechanizm odblokowania hamulców, gdy siła w linie głównej jest mniejsza od  $F_{l \min}$  gdyż umożliwi to przemieszczanie wózka podczas prac załadunkowych i wyładunkowych,
- należy przewidzieć, prostą w realizacji, możliwość zmiany wartości  $F_{l \min}$  tak, aby konstrukcję wózka dostosować do innych warunków eksploatacji,
- sprzęg wózka hamulcowego ze środkiem transportowym powinien umożliwiać wzajemne przemieszczanie zderzaka wózka i zderzaka wozu lub platformy podczas pokonywania załamania toru w płaszczyźnie pionowej,

- w celu umożliwienia swobodnego pokonywania załamań toru w płaszczyźnie pionowej i krzywizn w płaszczyźnie poziomej oraz zapewnienia działania hamulców w tych miejscach należy konstrukcyjnie zapewnić tzw. pływanie szcęk w ramie wózka tzn. ich przemieszczanie się w płaszczyźnie pionowej i poziomej oraz ściśle określić wymagany profil przebiegu torowiska,
- dobór materiałów i technologii wykonania dostosować do produkcji jednostkowej czyli wykonania prototypu, na którym można będzie przeprowadzić procedurę atestacyjną.

Wymagania stawiane wózkowi hamulcowemu, wynikające z opracowanych wcześniej założeń skonsultowanych z LW „Bogdanka”, pozwoliły na przedstawienie kilku wersji koncepcji urządzenia do zabezpieczenia naczyń kołowo-szynowych przed samostaczaniem. Po analizie tych rozwiązań zdecydowano wspólnie o wyborze koncepcji wózka hamulcowego, którego schemat konstrukcyjny przedstawiono na rysunku 3.



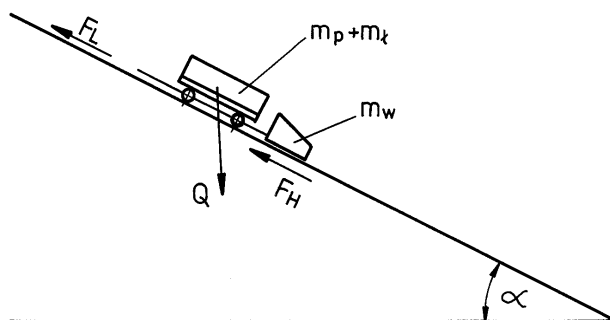
Rys.3. Schemat działania wózka hamulcowego

Zestaw jezdny składa się z naczynia (np. platformy) o podwoziu kołowym 1 przemieszczającego się po torowisku oraz wózka hamulcowego 2. Wózek hamulcowy 2 połączony jest z platformą 1 za pomocą sprężu 3. Platforma 1 przemieszcza się po szynach torowiska kopalnianego, do którego przymocowana jest oddzielna szyna 4 przeznaczona tylko dla wózka hamulcowego. Do wózka hamulcowego 2 doczepiona jest lina ciągnąca 5 kołowrotu górniczego, za pomocą której zespół transportowy jest opuszczony w dół lub podciągany w górę. Wózek hamulcowy 2 zaopatrzony jest w dwa zestawy szcęk hamulcowych 6, które obejmują główkę szyny 4. Pojedynczy zestaw hamulcowy składa się z odpowiednio ukształtowanej obudowy i ruchomego klina 8, połączonego cięgnem 9 i dźwignią 10 z liną kołowrotu 5. Dźwignia 10 wyposażona jest na jednym końcu w śrubową sprężynę 11. Oba zestawy hamulcowe 6 zabudowane są na wspólnej ramie 12 wyposażonej w dwa zestawy toczne 13 i zderzak 14.

W warunkach eksploatacyjnych zespół jezdny wykorzystywany jest tak, że platforma 1 wraz z wózkiem hamulcowym 2 porusza się po torowisku na skutek działania składowej siły ciężkości. Jednocześnie ze-

spół jezdny współpracuje z kołowrotem kopalnianym, którego lina 5 zaczepiona jest do wózka hamulcowego 2. Wywołanie siły w linie 5 większej od siły w sprężynie 11, powoduje jej zgniecenie i wysunięcie klinów 5 z obudów 7, a tym samym zluźnienie zestawów hamulcowych 6. Jeśli siła w linie 5 spadnie poniżej wartości siły w sprężynie 11, to za pomocą tej sprężyny następuje wsunięcie klinów 8 w obudowy 7 i automatyczne zahamowanie wózka hamulcowego 2 i platformy 1 na skutek kontaktu zderzaków tych zespołów. Wartość siły hamowania zależy od wielkości przemieszczenia się klinów 8 w obudowach 7, wywołanego składową siłą ciężkości.

Warunkiem zahamowania zespołu jezdnego jest, by siła hamowania wózka  $F_H$  była większa od sumy sił  $F_Q$  i  $F_b$ . Siła  $F_Q$  jest składową siły ciężkości  $Q$ , a  $F_b$ , siłą bezwładności wynikającą z opóźnienia (hamowania) – rysunek 4.



Rys.4. Schemat układu sił na nachyleniu

$$F_H \geq F_Q + F_b \quad (1)$$

$$m_c = m_p + m_i + m_w \quad (2)$$

$$F_Q = m_c g \sin \alpha \quad (3)$$

$$F_b = m_c \frac{v}{t} \quad (4)$$

$$F_Q + F_b = m_c \left( g \sin \alpha + \frac{v}{t} \right) \quad (5)$$

Jeżeli znana jest wartość siły hamowania  $F_H$  wózka hamulcowego dla określanych parametrów ( $m_c$ ,  $\alpha$ ,  $v$ ), to przy zmianie któregośkolwiek z nich wymagane jest wyznaczenie pozostałych wielkości. Oznacza to, że wózek hamulcowy o określonej sile  $F_H$  może być stosowany w innych warunkach, przy zmienionych i wyznaczonych nowych parametrach. Można to określić z następujących zależności:

- masa całkowita  $m_c$ :

$$m_c \leq \frac{F_H}{g \sin \alpha + \frac{v}{t}} \quad (6)$$

- kąt nachylenia wyrobiska  $\alpha$ :

$$\alpha \leq \arcsin \left( \frac{F_H - m_c \frac{v}{t}}{m_c g} \right) \quad (7)$$

- prędkość transportu  $v$ :

$$v \leq \frac{(F_H - m_c g \sin \alpha) t}{m_c} \quad (8)$$

Na przykład przy zmianie prędkości transportu z 0,2 m/s na 1,4 m/s oraz przy  $\alpha = 20^\circ$  i  $F_H = 80$  kN możliwe jest przemieszczanie masy  $m_c \leq 16824$  kg. Podobnie można postąpić, gdy występuje inny kąt nachylenia wyrobiska lub masa ładunku  $m_c$ . Powyższe uwagi są przydatne dla adaptacji wózka hamulcowego do innych niż założono warunków eksploatacji.

#### 4. Zabudowa i eksploatacja wózka hamulcowego w wyrobisku korytarzowym LW „Bogdanka”

Przeprowadzone badania laboratoryjne w Katedrze Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych AGH oraz próby ruchowe w KWK „Kazimierz-Juliusz” wózka hamulcowego dla LW „Bogdanka” oraz uzyskanie pozytywnych wyników pozwoliły na adaptację wyrobiska korytarzowego w celu wykorzystania przedmiotowej konstrukcji do awaryjnego hamowania. LW „Bogdanka” podjęła decyzję, że transport kołowo-szynowy z wykorzystaniem wózka hamulcowego będzie zrealizowany w pochylni o długości 350 m i nachyleniu do  $8^\circ$ . W pochylni tej zabudowane było torowisko z szyn S30 o rozstawie 900 mm, które dodatkowo wyposażono w trzecią szynę z dwuteownika I120 mm, posadowionego w osi torowiska (rys. 5).

Na dolnym, poziomym odcinku pochylni za zaporą (rys. 6) jak i na górnym poziomym odcinku przed zaporą (rys. 7) wykonano komory garażowe dla wózka hamulcowego, wózka linowego, rolki i wybieraka liny. Wymienione wcześniej podzespoły wraz z wózkiem hamulcowym i naczyniem (np. platformą) tworzą zestaw transportowy do nachylonych wyrobisk (rys. 8).

Należy zaznaczyć, że wózek linowy, rolka jak i wybierak liny zostały opracowane i wykonane specjalnie w celu ułatwienia realizacji czynności związanych z manewrowaniem i transportem naczyń z ładunkiem użytecznym. Podobnie zabudowanie kołowrotów pomocniczych ułatwia przetaczanie naczyń transportowych (rys. 9).



Rys.5. Pochylnia 5/1 z torowiskiem wyposażonym w trzecią szynę I120



Rys.6. Dolna komora garażowa przeznaczona dla wózka hamulcowego



Jak już wcześniej zaznaczono w skład zestawu transportowego wchodzi: wózek hamulcowy, wózek linowy, rolka i wybierak liny oraz dodatkowo kołowroty pomocnicze zabudowane w miejscach przetaczania naczyń transportowych. Wszystkie te elementy oraz komory garażowe i torowisko z trzecią szyną pozwalają na łatwy i bezpieczny transport naczyń z dużymi masami użytecznymi w nachylonych wyrobiskach.



Rys.7. Górna komora garażowa przeznaczona dla wózka linowego, rolki i wybieraka liny



Rys.8. Zestaw transportowy: wózek hamulcowy, wózek linowy, rolka i wybierak liny

Transport mas użytecznych w dół wyrobiska odbywa się następująco

- przeciągnięcie naczynia transportowego do miejsca postoju wózka hamulcowego za pomocą kołowrotu pomocniczego,
- przeciągnięcie zestawu transportowego na nachylenie za pomocą kołowrotu pomocniczego z samoczynnym wypinaniem haka,
- transport w dół,



Rys.9. Przetaczanie wozów za pomocą kołowrotu pomocniczego

- dojazd do dolnej komory garażowej z wjazdem do niej wózka hamulcowego,
- przetoczenie naczynia transportowego za dolną komorę garażową za pomocą kołowrotu pomocniczego,
- ciągnięcie zestawu transportowego do góry.

Transport mas użytecznych w górę wyrobiska odbywa się podobnie, przy zachowaniu odwrotnej kolejności działania.

Mając powyższe na uwadze, przyjęto określać wózek hamulcowy, wózek linowy, rolkę i wybierak jako zestaw hamulcowy. Natomiast pod pojęciem zestawu transportowego należy rozumieć dodanie do zestawu hamulcowego naczynia transportowego i trzeciej szyny.

## 5. Zakończenie

Wykonany dla LW „Bogdanka”, zgodnie z postawionymi wymaganiami, wykonanej dokumentacji rysunkowej i obliczeń sprawdzających, zestaw transportowy (wózek hamulcowy, wózek linowy, rolka, wybierak liny oraz naczynie transportowe) przeznaczony jest do transportu szynowego w wyrobiskach nachylonych pod kątem  $\alpha$ , którego wartość zależy od transportowanej masy i prędkości (lub odwrotnie). Tor, oprócz szyn jezdnych dla naczynia, musi posiadać dodatkową szynę (dwuteownik I120) dla przemieszczania wózka zestawu hamulcowego.

Ważnym jest, by krzywizna toru w płaszczyźnie pionowej była zgodna z przyjętymi założeniami (kąt nachylenia mniejszy od  $6^\circ$ ), by umożliwić swobodne przemieszczanie się wózka. Również ta uwaga dotyczy krzywizn w płaszczyźnie poziomej.

Dla warunków LW „Bogdanka” parametry techniczne wózka hamulcowego są następujące:

- prędkość transportowa do 0,2 m/s,
- kąt nachylenia wyrobiska do  $20^\circ$ ,
- masa naczynia transportowego do 1630 kg,
- masa użyteczna do 20000 kg,
- masa wózka do 200 kg.

Z uwagi na konstrukcję i zasadę działania wózka hamulcowego można go stosować bezpośrednio w innych warunkach z tym, że parametry jego pracy należy określić z zależności (6), (7) lub (8).

Wersję wózka hamulcowego dla potrzeb LW „Bogdanka” wykonała Górnicza Fabryka Narzędzi z siedzibą w Radzynie Podlaskim w ramach projektu celowego dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych. Również w ramach tego projektu wykonano wózek linowy, rolkę i wybierak liny, co w całości tworzy zestaw hamulcowy.

Porównując opisany wcześniej zestaw transportowy, a szczególnie zestaw hamujący do innych środków transportu możliwych do zastosowania w wyrobiskach nachylonych można stwierdzić, że spełnia on surowe wymaga-

### Zestawienie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych dla różnych środków transportu w wyrobiskach nachylonych

Tabela 2

| Kopalnia | Rodzaj transportu                    |                          |                                     |                          |                        |                          |                                       |                          |                                       |                          |
|----------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
|          | Kołowo-szynowy bez wózka hamulcowego |                          | Kołowo-szynowy z wózkiem hamulcowym |                          | Kolejka spągowa linowa |                          | Kolejka podwieszana z napędem linowym |                          | Kolejka podwieszana z napędem własnym |                          |
|          | Koszt                                |                          |                                     |                          |                        |                          |                                       |                          |                                       |                          |
|          | Inwestycyjny, zł/mb                  | Eksploatacyjny, zł/mies. | Inwestycyjny, zł/mb                 | Eksploatacyjny, zł/mies. | Inwestycyjny, zł/mb    | Eksploatacyjny, zł/mies. | Inwestycyjny, zł/mb                   | Eksploatacyjny, zł/mies. | Inwestycyjny, zł/mb                   | Eksploatacyjny, zł/mies. |
| I        | —                                    | —                        | 1 433                               | 57 061                   | —                      | —                        | —                                     | —                        | 5036                                  | 65275                    |
| II       | —                                    | —                        | —                                   | —                        | —                      | —                        | —                                     | —                        | 376                                   | 47900                    |
|          | —                                    | —                        | —                                   | —                        | —                      | —                        | —                                     | —                        | 501                                   | 47900                    |
| III      | —                                    | —                        | —                                   | —                        | —                      | —                        | 1063                                  | 159000                   | 1227                                  | 89950                    |
| IV       | —                                    | —                        | —                                   | —                        | —                      | —                        | 1710                                  | 97000                    | —                                     | —                        |
|          | —                                    | —                        | —                                   | —                        | —                      | —                        | 2131                                  | 100270                   | —                                     | —                        |
| V        | —                                    | —                        | —                                   | —                        | 1524                   | 187320                   | 1163                                  | 236100                   | 2154                                  | 313342                   |
| VI       | 315                                  | 4 100                    | —                                   | —                        | 730                    | 145180                   | 364                                   | 4100                     | 847                                   | 63000                    |

---

nia stosownych przepisów górniczych i wymagania użytkowników. Uwaga związana z wymaganiami użytkowników jest jeszcze bardziej uzasadniona, gdy weźmie się pod uwagę koszty inwestycyjne i eksploatacyjne (tabela 2). Porównując te koszty można stwierdzić, że przedmiotowy zestaw jest najtańszy w stosunku do pozostałych.

2. Krauze K., Sujecki K., Koza H., Kasprzak J.: Bezpieczny transport kołowo-szynowy dużych mas w nachylonych wyrobiskach korytarzowych KWK „Bogdanka”. Międzynarodowa konferencja TUR 2002, Kraków – Krynica, wrzesień 2002.

*Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2005 r.*

## **Literatura**

1. Krauze K., Jankowski Z., Bargieł A.: Koncepcja transportu szynowego w wyrobiskach nachylonych do 45°. Miesięcznik WUG nr 8, Katowice, 1998.

**Artykuł został ogłoszony na posiedzeniu Sekcji Mechanizacji Górnictwa PAN w lutym 2005 r.**