

Dr inż. Wojciech CHUCHNOWSKI  
 Dr inż. Jarosław TOKARCZYK  
 Mgr inż. Kamil SZEWERDA  
 Mgr inż. Andrzej TUREWICZ  
 Instytut Techniki Górniczej KOMAG

## **Wirtualne prototypowane kabiny operatora kolejki spągowej CLS-120 w świetle kryterium bezpieczeństwa**

### Streszczenie

W artykule przedstawiono metodę oceny rozwiązań konstrukcyjnych górniczej kolejki spągowej w świetle kryteriów bezpieczeństwa. Opracowana metoda ma charakter ogólny i może być stosowana do określania cech konstrukcyjnych szerokiej klasy rozwiązań środków transportu.

### Summary

A method of assessment of design solutions of mining floor-mounted railway in the light of safety criteria was presented in the paper. Developed method has a general character and it can be applied to determine design features of wide range of solutions of transportation means.

## 1. Wstęp

W przemyśle motoryzacyjnym w celu oceny oraz poprawy bezpieczeństwa od lat wykorzystuje się testy zderzeniowe. Znaczący wzrost mocy obliczeniowej komputerów oraz rozwoju metod analizy numerycznej zjawisk dynamicznych umożliwił zbudowanie numerycznego modelu cech antropometrycznych i przeprowadzenie tego typów testów w sposób numeryczny. Spowodowało to znaczne obniżenie kosztów testów doświadczalnych oraz możliwość przeprowadzenia dokładnej analizy dynamicznej ciała człowieka w sytuacjach awaryjnych, jakimi mogą być zderzenia. Analizy wpływu wymuszeń dynamicznych na ludzkie ciało nie odnoszą się tylko do sektora motoryzacji i wypadków komunikacyjnych. Z powodzeniem można także stosować je w sytuacjach awaryjnych w czasie transportu kolejkami w podziemnych wyrobiskach kopalń.

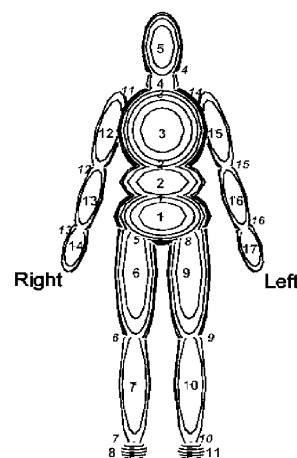
W chwili obecnej w czasie projektowania lokomotyw czy ciągników kolejek, uwagę zwraca się jedynie na akty prawne i wymagania normowe określające maksymalną drogę hamowania oraz maksymalne opóźnienie hamowania w sytuacjach awaryjnych. Kabiny operatorów kolejek z reguły charakteryzują się bardzo ograniczoną przestrzenią. W sytuacji, kiedy dochodzi do awaryjnego hamowania, bądź do uderzenia kolejki w przeszkodę znajdującą się na jej drodze, na operatora działają wymuszenia dynamiczne podobne jak w czasie wypadku komunikacyjnego. Do tej pory nie prowadzono jednak analizy bezpieczeństwa operatora w opisanej sytuacji.

Biorąc pod uwagę brak systemów zabezpieczających w kabinie kolejki, analiza numeryczna zachowania się operatora w czasie wymuszeń dynamicznych jest uzasadniona.

## 2. Modelowanie sylwetki ciała operatora

Badania modelowe zachowania się segmentów ciała ludzkiego są wciąż rozwijane i udoskonalane. Modele te głównie bazują na matematycznych równaniach opisujących ruch segmentów traktowanych, jako sztywne bryły, połączone węzłami i elementami sprężysto-tłumiącymi. Taką metodologię również zastosowano w prezentowanych badaniach.

Model kierowcy składa się z głównych segmentów struktury anatomicznej (głowa, klatka piersiowa, brzuch, kończyny górne oraz dolne), które połączone przegubami obrotowymi oraz elementami sprężysto-tłumiącymi, tworząc otwarty łańcuch kinematyczny. Masy i cechy geometryczne segmentów anatomicznych zostały dobrane na podstawie współczynników Dempstera [2]. Typowy model ciała składa się z 17 segmentów połączonych 16 więzami, rysunek 1.



Rys. 1. Segmenty ciała oraz ich połączenia zastosowane w modelu struktury anatomicznej

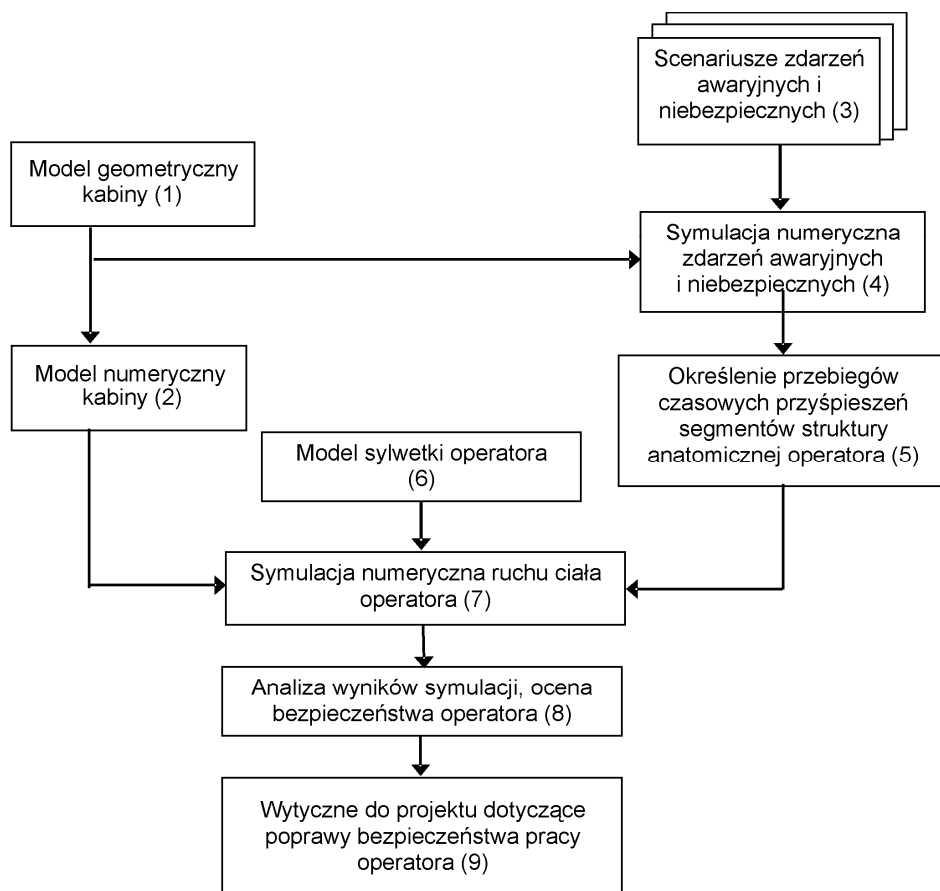
Więzy reprezentują rzeczywiste stawy, na przykład staw kolanowy. Każdemu segmentowi przypisana jest masa oraz moment bezwładności. Takie modele zastosowanie znajdują w testach zderzeniowych lub symulacjach sytuacji awaryjnych w lotnictwie, do modelowania manekinów używanych w tych testach.

### 3. Metoda oceny rozwiązań konstrukcyjnych górniczej kolejki spągowej w świetle kryteriów bezpieczeństwa

Celem pracy było opracowanie i zaproponowanie metody wspomagającej projektowanie postaci konstrukcyjnej kabin kolejek górniczych w świetle kryterium bezpieczeństwa pracy operatora. Metoda ta opie-

(1) Model geometryczny kabiny – parametryczny model geometryczny kabiny wykonany jest w programie typu CAD. Model CAD kabiny przekazany przez konstruktorów, przygotowano do analizy numerycznej poprzez scalenie oraz usunięcie zbędnych szczegółów, mogących powodować powstanie błędów numerycznych oraz wydłużenie czasu obliczeń.

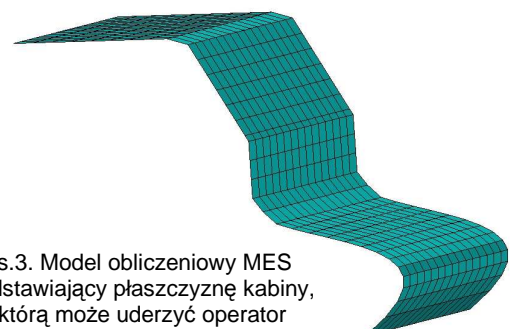
(2) Model obliczeniowy kabiny – na podstawie modelu geometrycznego utworzono model obliczeniowy kabiny, umożliwiający przeprowadzenie symulacji. Model numeryczny kabiny składa się z płaszczyzn ograniczających przestrzeń kabiny, w której znajduje się operator. Na rysunku 3 przedstawiono przykład modelu obliczeniowego MES, zawierający przednią część kabiny, w którą potencjalnie może uderzyć operator.



Rys.2. Ogólny schemat metody oceny rozwiązań konstrukcyjnych górniczej kolejki spągowej w świetle kryteriów bezpieczeństwa

ra się na analizie dynamicznej zachowania się ciała operatora w sytuacjach awaryjnych, jakimi są m.in. awaryjne hamowanie na upadzie lub zderzenie z przeszkodą znajdującą się na torowisku.

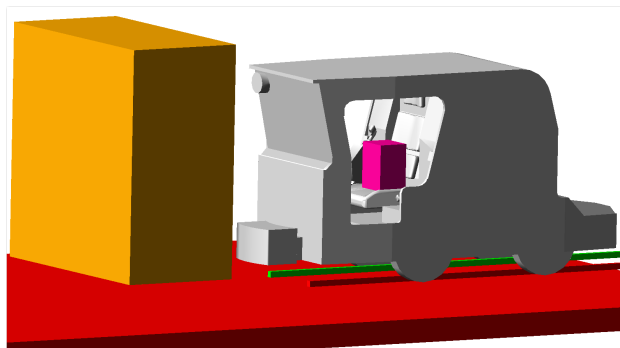
Proponowana metoda oceny postaci konstrukcyjnej górniczej kolejki spągowej w świetle kryteriów bezpieczeństwa, składa się z dziewięciu etapów głównych, w ramach których zrealizowane zostaną szczegółowe zadania. Ogólny schemat proponowanej metody został przedstawiony na rysunku 2.



Rys.3. Model obliczeniowy MES przedstawiający płaszczyznę kabiny, w którą może uderzyć operator

(3) Scenariusze zdarzeń awaryjnych i niebezpiecznych – zawierają opisy sytuacji stwarzających potencjalne zagrożenia dla operatora. W zbiorze scenariuszy znajdują się takie zdarzenia, jak: awaryjne hamowanie w czasie jazdy kolejki z pełnym obciążeniem na upadnie, hamowanie awaryjne kolejki podczas jazdy bez ładunku, kolizja kolejki z przeszkodą znajdującą się na torowisku. Scenariusze te zawierają wymagania prawne [3], takie jak maksymalna prędkość jazdy kolejki, maksymalna droga hamowania, a także minimalne opóźnienie, jakie musi zostać osiągnięte w czasie hamowania. W scenariuszach znaleźć można także informacje o stopniu nachylenia wyrobiska, po którym przemieszcza się kolejka oraz siłę z jaką działa hamulec awaryjny itp.

(4) Symulacja numeryczna zdarzeń awaryjnych i niebezpiecznych – symulacje numeryczne wykonane zostały w programie MSC.ADAMS [5]. Do symulacji zastosowano parametryczny model geometryczny kabiny. Warunki początkowe (prędkość początkowa, siły działające na kabinę) oraz brzegowe (kontakt pomiędzy poszczególnymi modelami geometrycznymi) symulacji wyznaczono na podstawie przygotowanych scenariuszy. W wyniku przeprowadzonych symulacji otrzymano przebiegi czasowe przyspieszeń, prędkości oraz przemieszczeń kabiny w czasie analizowanego zdarzenia awaryjnego. Na rysunku 4 przedstawiono przykład symulacji kolizji kolejki spągowej z przeszkodą.

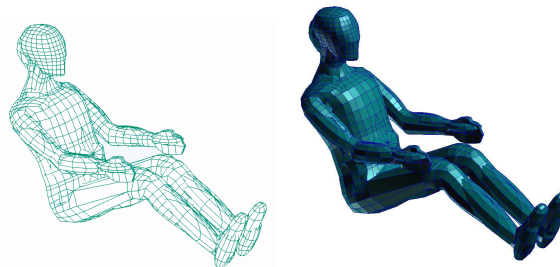


Rys.4. Symulacja kolizji kolejki spągowej z przeszkodą [program MSC.ADAMS]

(5) Określenie przebiegów czasowych przyspieszeń segmentów ciała operatora – na podstawie przeprowadzonych symulacji w programie MSC.ADAMS wyznaczono przebiegi czasowe przyspieszeń, wykorzystanych w dalszej analizie dynamicznej określającej zachowanie głównych segmentów (głowa, klatka piersiowa, brzuch, kończyny górne oraz dolne).

(6) Model cech antropometrycznych operatora – za pomocą programu gebodv1 [1] utworzono siatkę modelu ciała operatora wraz z parametrami masowymi oraz parametrami sprężysto-tłumiącymi poszczególnych par kinematycznych. W czasie tworzenia siatki ciała operatora zdefiniowane mogą być takie wartości, jak wzrost, ciężar oraz po-

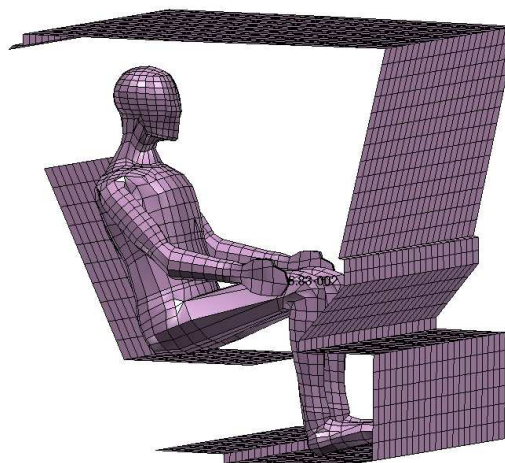
zycja wyjściowa ciała operatora. Siatka ciała poprzez zmianę kąta w poszczególnych stawach dopasowana zostaje do pozycji, jaką przyjmuje operator kolejki podczas pracy. Na rysunku 5 przedstawiono model numeryczny operatora w pozycji siedzącej.



Rys.5. Siatka elementów skończonych przedstawiająca model ciała operatora kolejki w pozycji siedzącej

(7) Symulacja numeryczna ruchu ciała operatora – na podstawie danych wejściowych opisanych w punktach (2),(5),(6) w programie MSC.DYTRAN [4] przeprowadzono symulację numeryczną zachowania poszczególnych segmentów ciała operatora pod działaniem wymuszeń dynamicznych. Modelowi siatki ciała operatora nadano początkowe przyspieszenie uzyskane w symulacji przeprowadzonej w punkcie (4). W wyniku symulacji otrzymano przemieszczenia wszystkich segmentów ciała operatora względem siebie oraz względem kabiny kolejki (rys. 6).

Patran 2008r1 16-Nov-09 10:08:25  
Deform: SLEDTTEST\_Hill\_0Step\_1\_to\_A1.Cycle 3240, Time 0.100004, Displacement... (NON-LAYERED)



default\_Deformation :  
Max 6.83-002 @Nd 22709

Rys.6. Model obliczeniowy ciała operatora ograniczony powierzchnią kabiny kolejki [MSC. DYTRAN]

(8) Analiza wyników symulacji, ocena bezpieczeństwa operatora – na podstawie przeprowadzonej symulacji wykonano wykresy przedstawiające przebiegi czasowe przyspieszenia, prędkości oraz przemieszczeń poszczególnych części ciała względem kabiny oraz względem siebie. Możliwe jest także przedstawienie w formie wykresów sił działających na każdy segment ciała operatora. Analizując wy-

niki symulacji ocenia się możliwość uderzenia głową lub inną częścią ciała operatora w element kabiny. Podczas symulacji uderzenia uwzględnia się wypadnięcie operatora z wnętrza kabiny. Na podstawie wyników symulacji określa się, które części ciała i w jakim stopniu narażone są na uraz dla wybranego scenariusza zdarzeń awaryjnych i niebezpiecznych.

Znając możliwe sytuacje niebezpieczne oraz zachowanie się poszczególnych elementów struktury anatomicznej operatora w takiej sytuacji, w razie potrzeby modyfikuje się postać konstrukcyjną kabiny kolejki w taki sposób, aby zwiększyć bezpieczeństwo operatora. Zmiany te mogą uwzględnić następujące modyfikacje:

- zwiększenie przestrzeni na nogi operatora,
- zmianę ustawienia fotela operatora,
- zastosowanie pasów bezpieczeństwa,
- zmianę nachylenia niektórych ścianek kabiny.

#### 4. Symulacja awaryjnego hamowania kolejki spągowej na upadzie o nachyleniu 30° z ładunkiem o masie 20 ton

Podczas zjazdu składu kolejki z ładunkiem o łącznej masie 20 ton na upadzie o nachyleniu 30 stopni

następuje wyzwolenie hamulców awaryjnych. Prędkość, przy której rozpoczyna się hamowanie wynosi 4,4 m/s. W symulacji założono minimalne opóźnienie, jakie musi występować w czasie hamowania, aby zatrzymać skład na wymaganym odcinku drogi. Opóźnienie to ma wartość 1,24 m/s<sup>2</sup>. Operator w pozycji siedzącej znajduje się w kabinie nie posiadającej pasów bezpieczeństwa.

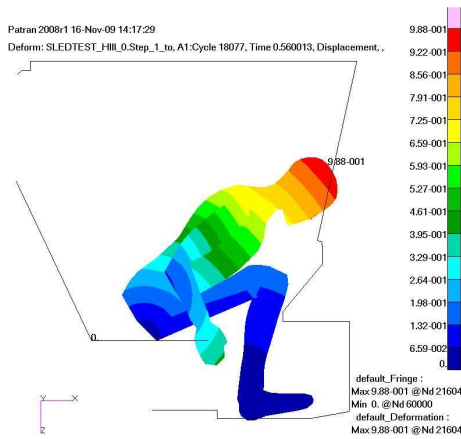
Na rysunkach 7 i 8 przedstawiono mapy przemieszczeń segmentów ciała operatora.

Celem analiz numerycznych było poznanie przemieszczeń, prędkości i przyspieszeń poszczególnych segmentów ciała operatora podczas awaryjnego hamowania. Przebieg zmienności tych wielkości przedstawiono w formie wykresów.

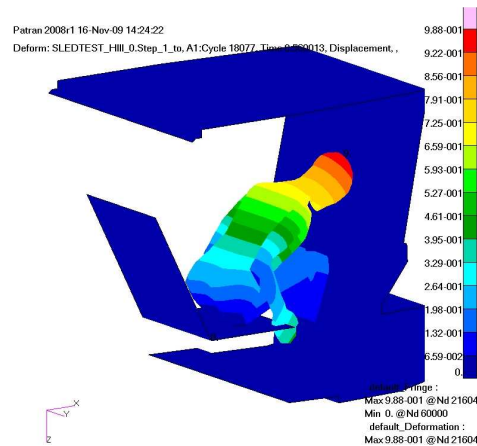
Na rysunkach 9 i 10 przedstawiono przebieg prędkości i przyspieszenia głowy operatora kolejki.

#### 5. Wnioski

W artykule przedstawiono metodę oceny rozwiązań konstrukcyjnych górniczej kolejki spągowej w świetle kryteriów bezpieczeństwa. Opracowana metoda ma charakter ogólny i może być stosowana do określania cech konstrukcyjnych szerokiej klasy rozwiązań środków transportu.



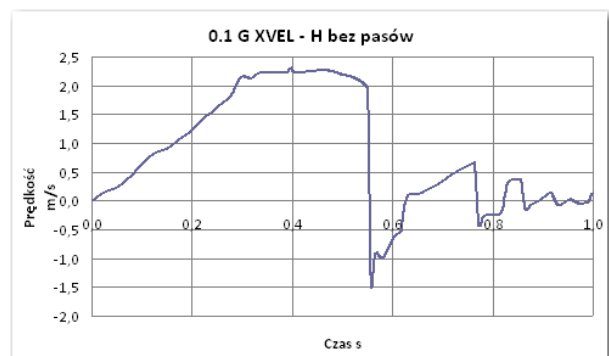
Rys.7. Mapa przemieszczeń segmentów ciała operatora po czasie 0,56 s. Widok z boku



Rys.8. Mapa przemieszczeń segmentów ciała operatora po czasie 0,56 s. Rzut izometryczny



Rys.9. Przebieg przyspieszenia głowy operatora



Rys.10. Przebieg prędkości dla głowy operatora

Przedstawiona w artykule metoda składa się z następujących elementów:

- sformułowanie modelu geometrycznego oraz numerycznego kabiny,
- identyfikacja scenariuszy zdarzeń awaryjnych i niebezpiecznych,
- symulacja numeryczna zdarzeń awaryjnych i niebezpiecznych,
- identyfikacja przebiegów czasowych przyśpieszeń elementów struktury anatomicznej operatora,
- sformułowanie modelu obliczeniowego segmentów ciała operatora,
- symulacja numeryczna ruchu ciała operatora,
- analiza wyników symulacji, ocena bezpieczeństwa operatora.

Opracowaną metodę oceny rozwiązań konstrukcyjnych górniczej kolejki spągowej w świetle kryteriów bezpieczeństwa zastosowano do weryfikacji postaci konstrukcyjnej kabiny kolejki CLS–120.

Z przeprowadzonych obliczeń numerycznych wynikają następujące wnioski:

- komputerowe metody analizy dynamiki modelu segmentów ciała operatora pozwalają na dokładną analizę kinematyki elementów struktury anatomicznej podczas sytuacji niebezpiecznej (hamowanie awaryjne, kolizja),
- badania symulacyjne układu antropotechnicznego: operator-kabina kolejki spągowej, umożliwiają ocenę niewłaściwego oddziaływania środka technicznego na człowieka,

- uzyskane wyniki potwierdzają, że prędkość, nachylenie trasy, masa oraz postać konstrukcyjna kabiny mają wpływ na kinematykę ruchu operatora, a więc i na rozmiar obrażeń doznanych wskutek kolizji czy też awaryjnego hamowania,
- wartości sił występujących w strukturach anatomicznych kręgosłupa są silnie powiązane z prędkością kolizji oraz opóźnieniem hamowania,
- zaleca się stosowanie bezwładnościowych pasów bezpieczeństwa dla operatorów kolejek.

## Literatura

1. Cheng H., Rizer A.: Articulated Total Body Model Version V. User's Manual. February 1998.
2. Gzik M.: Identyfikacja oraz analiza wpływu sił mięśniowych na oddziaływanie w kręgosłupie szyjnym człowieka. Modelowanie Inżynierskie 36, s. 119-128, Gliwice 2008.
3. Przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy dla podziemnych zakładów pracy. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 – znowelizowane w 2006.
4. MSC Dytran 2008 r1 Example Problem Manual
5. Wojtyra M., Frączek J.: Metoda układów wieloczłonowych w dynamice mechanizmów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2007.

*Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2010 r.*

*Recenzent: prof.dr hab.inż. Teodor Winkler*

Mgr inż. Jan GIL

Mgr inż. Ryszard KUBIESA

Kompania Węglowa S.A.

Prof.dr hab.inż. Kazimierz STOIŃSKI

Główny Instytut Górnictwa

## **Przyczyny uszkodzeń elementów hydrauliki sterującej i propozycje ich minimalizacji**

### *Streszczenie*

Niezawodna praca układów sterujących zmechanizowanej obudowy ścianowej ma istotny wpływ na efektywność pracy całego kompleksu ścianowego. Dokładne rozeznanie przyczyn powstawania uszkodzeń elementów układu sterującego i ich ograniczenie stanowi istotny kierunek działań podjętych w Zakładzie Remontowo-Produkcyjnym na potrzeby kopalń Kompanii Węglowej. W pracy przedstawiono zebrane na podstawie ankiety przyczyny uszkodzeń elementów hydrauliki sterującej i propozycje ich minimalizacji.

### *Summary*

Reliable operation of control elements of powered roof support is very important for the efficiency of the entire longwall system. Proper identification of failure reasons of control components and reduction of those failures are the core actions undertaken in Repair and Manufacture Works for needs of Coal Company. The reasons of failure of control and power hydraulics, collected from the questionnaires as well as suggestions for their minimization were presented.

## **1. Wprowadzenie**

Układy hydrauliki sterującej zmechanizowanej obudowy ścianowej pracują w bardzo niekorzystnych warunkach mechanicznych, hydraulicznych i klimatycznych. Niekorzystne warunki mechaniczne obejmują możliwość uszkodzeń wskutek opadów skał, jak również ciągłego przemieszczania się sekcji. Do niekorzystnych warunków hydraulicznych należy zaliczyć wysokie i zmienne ciśnienie robocze, nie zawsze odpowiednia ciecz robocza oraz bardzo wysokie wymagania w zakresie szczelności układów hydraulicznych.

Niekorzystne warunki klimatyczne to głównie atmosfera z bardzo dużą wilgotnością oraz znacznym zasoleniem. Uszkodzenia są zwykle pochodną wymienionych przyczyn. Uszkodzenia elementów hydrauliki sterującej usuwane są najczęściej w drodze wymiany podczas biegu ściany. Uszkodzenie hydrauliki sterującej stanowi jednak poważne zagrożenie bezpieczeństwa, a także wpływa na efektywność pracy. Poznanie przyczyn tych uszkodzeń na poziomie Kompanii Węglowej pozwoli na wdrożenie procedur, które zmniejszą ich ilość, co poprawi bezpieczeństwo i efektywność pracy kompleksu ścianowego.

Identyfikacja przyczyn uszkodzeń elementów hydrauliki sterującej przeprowadzona została na podstawie ankiety specjalnie przygotowanej do tego celu.

Ankieta została rozestana do kopalń Kompanii Węglowej. Wypełnione ankiety przez służby techniczne kopalń Kompanii Węglowej stanowiły materiały źródłowe dla podjętej analizy.

## **2. Materiały źródłowe dla przeprowadzonej analizy uszkodzeń elementów hydrauliki sterującej**

Kompania Węglowa eksploatuje w decydującej większości pokłady niskie i średnie. Stosowane są najczęściej obudowy w zakresie wysokości: 08/22; 12/28; 15/31; 17/37 i ich pochodne wyposażone w hydraulikę sterującą typu przyległego. Pokłady bardzo niskie i bardzo wysokie stanowią niewielki udział.

Podstawą umożliwiającą przeprowadzenie identyfikacji uszkodzeń hydrauliki sterującej jest specjalnie opracowana przez Zakład Remontowo-Produkcyjny Kompanii Węglowej ankieta. Powstała ona na bazie doświadczeń własnych zakładu. Zakład Remontowo-Produkcyjny wykonuje remonty i naprawy elementów hydrauliki sterującej na potrzeby Kompanii Węglowej. Posiada, zatem doświadczenie oraz dokładne rozeznanie problematyki. Opracowana ankieta (*wzór wypełnionej ankiety prezentuje rysunek 1*) zawiera najistotniejsze pytania dotyczące lokalizacji zmechanizowanej obudowy ścianowej, warunków górniczych i eksploatacyjnych oraz prawdopodobnych przyczyn uszkodzeń. Jako prawdopodobne przyczyny uszkodzeń przyjęto:

- korozję – rozumianą, jako przyczynę uszkodzeń elementów hydrauliki sterującej wskutek oddziaływania emulsji oraz czynników zewnętrznych – środowiska,
- uszkodzenia mechaniczne – powstałe w wyniku oddziaływania sił zewnętrznych np. zgniecenie, wyłamanie, itp.,
- brak szczelności – głównie spowodowany uszkodzeniem uszczelnień,



- utrata funkcjonalności – spowodowana przez zatkanie kanałów przepływowych wewnętrznych, podwieszenie sprężyn, uszkodzenie mechanicznych elementów wewnętrznych.

Ankiety zostały rozesłane do wszystkich kopalń Kompanii Węglowej. Wypełnione przez służby techniczne kopalń ankiety były podstawą analizy. Dotyczyły one 24 ścian eksploatowanych w latach 2003–2009. Ankiety zostały wypełnione w oparciu o książki obudowy [3].

### 3. Analiza przyczyn uszkodzeń hydrauliki sterującej na podstawie ankiet

Powstały z 24 ankiet zbiór danych został poddany analizie. Wynika z niego, że podstawowym typem sterowania jest sterowanie przyległe, wykonane ze stali konstrukcyjnej. Obudowy są wprowadzone do eksploatacji decyzją Prezesa WUG (90%), pracując w warunkach zagrożenia wstrząsami górotworu (80%) oraz zasolenia silnego i umiarkowanego (65%).

### Wykaz dominujących przyczyn uszkodzeń wybranych elementów hydrauliki sterowniczej

Tabela 1

Element	Ogółem	Korozja	Uszkodzenie mechaniczne	Utrata funkcjonalności	Brak szczelności
Rozdzielacze czterodrogowe	5815	1890	626	1428	1871
Bloki zaworowe	3142	1410	170	705	857
Zawory dławiająco-zwrotne	415	175	130	30	80
Zawory odcinające	665	270	119	74	202
	10037	3745	1045	2237	3010

W oparciu o tabelę 1 można stwierdzić, że awarie są spowodowane:

- korozją – 37% awarii,
- brakiem szczelności – 30% awarii,
- utratą funkcjonalności – 22% awarii,
- uszkodzeniami mechanicznymi – 11% awarii.

Przykładowe uszkodzenia bloków zaworowych prezentuje rysunek 2.

#### ANKIETA

ZG "PIEKARY" dnia 02.05.2009r.

POKLAD / NR ŚCIANY**	TYP OBUDOWY	IŁOŚĆ SEKCJI	WYSOKOŚĆ ŚCIANY	CZAS PRACY ŚCIANY	RODZAJ DOPUSZCZENIA	WARUNKI KLIMATYCZNE	ZAGROŻENIA TĄPIANIAMI	RODZAJ STEROWANIA	STOSOWANE OSŁONY	WARTOŚĆ FILTRACJI	Inne parametry
546/419	T15/35P02II	124 szt.	3,0- 3,4	Rozpoczęcie eksploatacji ściany mc/rok 30.08.07. Zakończenie eksploatacji ściany mc/rok do nadal	Dopuszczenie WUG tak Certyfikat brak typu WE	Brak zasolenia umiarkowane zasolenie silne zasolenie	zagrożone II stopień zagrożone	Przyległe tak pilotowe	Osłona czoła ściany tak Osłona pola przejścia	0,5 μm	

#### ELEMENTY HYDRAULIKI WYMIENIONE PO AWARII

Element	Rozdzielacz czterodrogowy typu RB	Płyta rozdzielacza	Rozdzielacz pilotowy	Blok zaworowy pojedynczy	Blok zaworowy podwójny	Zawór zwrotny	Zawór odcinający	Zawór dławiająco - zwrotny	Zawór upustowy	Filtr	Inne
Ilość	670 szt.	100 szt.	brak	105 szt.	120 szt.	115 szt.	123 szt.	80 szt.	brak szt.	brak.	..... szt.

#### PRZYCZYNA WYMIANY

KOROZJA	350 szt.	30 szt.	brak	50 szt.	60szt..	33 szt.	80szt.	45 szt.	..... szt.	..... szt.	..... szt.
USZKODZENIE MECHANICZNE	100 szt.	40 szt.	brak	15 szt.	15 szt.	47 szt.	8 szt.	25 szt.	..... szt.	..... szt.	..... szt.
UTRATA FUNKCJONALNOŚCI	90 szt.	10 szt.	brak	25 szt.	35 szt.	10 szt.	15 szt.	5 szt.	..... szt.	..... szt.	..... szt.
BRAK SZCZELNOŚCI	130 szt.	20 szt.	brak	10 szt.	10 szt.	25 szt.	20 szt.	5 szt.	..... szt.	..... szt.	..... szt.
inna	..... szt.	..... szt.	brak	..... szt.	..... szt.	..... szt.	..... szt.	..... szt.	brak	brak	brak

\* należy zakreślić właściwy kwadrat

\*\* ankieta dotyczy określonych ścian eksploatowanych w latach 2003 do dziś

PIEKARY  
Zakład Sterowania i Automatyki  
STANISŁAW KOSTON  
Dyrektor

KOMPANIA WĘGLOWA SA  
Oddział Zakład Sterowania PIKARY  
NADSZTYGAR MIECHANICZNY  
ds. remontów, sprężyn i smarów  
mgr inż. Zdzisław KOSTON

Rys.1. Wypełniona ankieta przez jedną z kopalń Kompanii Węglowej

Najczęściej uszkodzeniom ulegają cztery elementy:

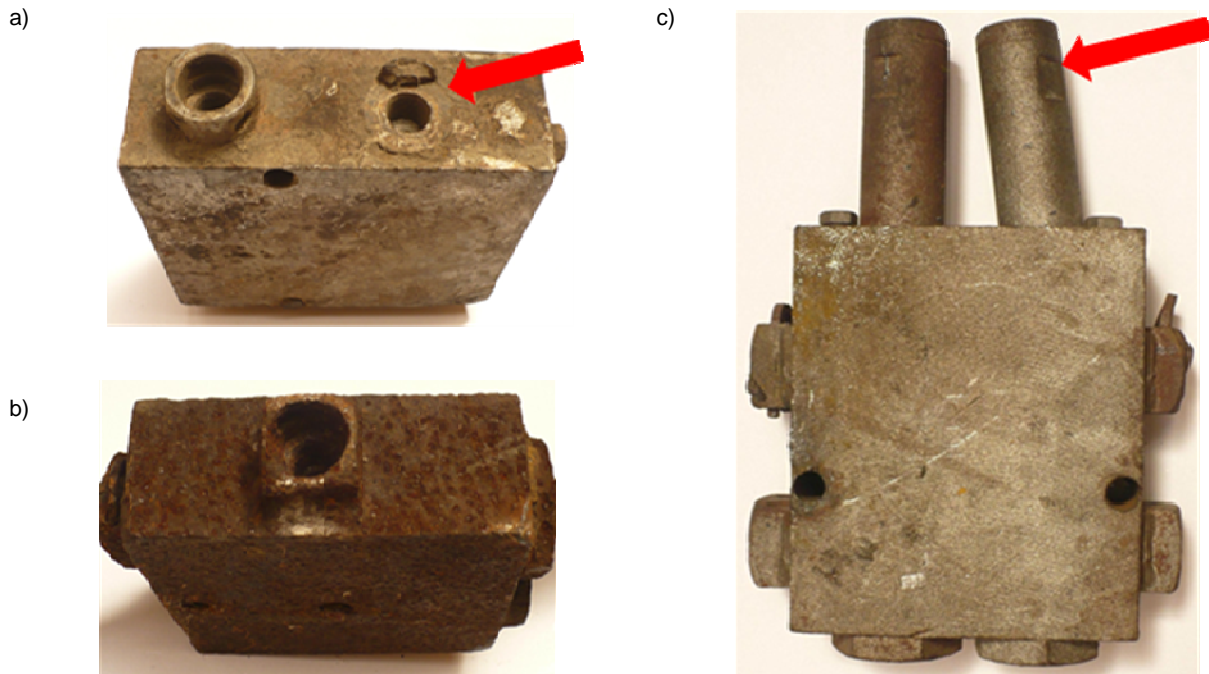
- rozdzielacze czterodrogowe,
- bloki zaworowe,
- zawory dławiająco-zwrotne,
- zawory odcinające.

Przyczyny awarii wymienionych elementów ujmuje tabela 1.

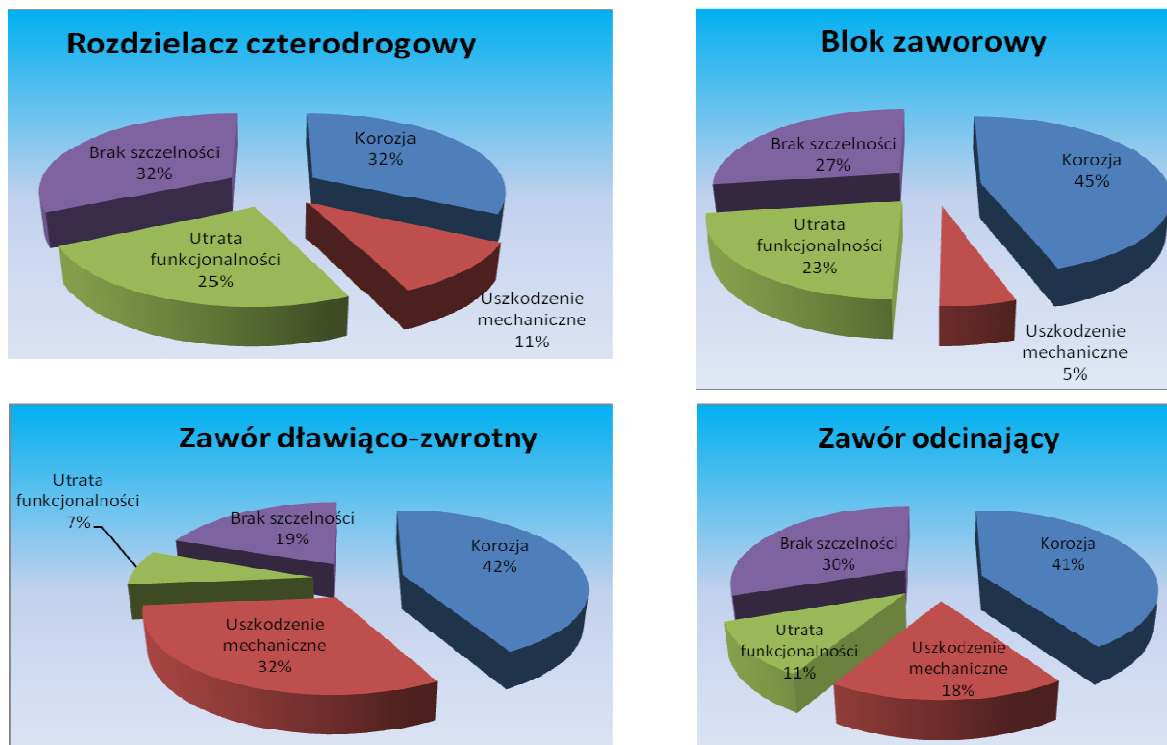
Udział procentowy przyczyn awarii dla poszczególnych elementów ujmuje rysunek 3. Wpływ poszczególnych przyczyn na licznosc awarii poszczególnych elementów zachowuje tendencję wskazującą na dominujący wpływ korozji oraz braku szczelności. Wiąże się to głównie z niekorzystnym działaniem czynników środowiskowych i cieczy hydraulicznej (jej czystości

i zawartości koncentratu) na konstrukcję i uszczelnienia. Zauważalny jest również wpływ umiejscowienia elementu na licznosc awarii (zawór dławiąco zwrotny – wpinany w przewód hydrauliczny i niemocowany do konstrukcji).

Jest również zauważalny wpływ agresywności środowiska (głównie zasolenia) na licznosc awarii spowodowanych nadmiernym wzrostem korozji. Wzrost ten w odróżnieniu od środowiska nieagresywnego kształtuje się na poziomie 23%.



Rys.2. Przykładowe uszkodzenia bloków zaworowych: a) wyłamane przyłącze, b) znaczne ubytki korozyjne, c) zgniecenia zaworu roboczego



Rys.3. Przyczyny uszkodzeń wybranych elementów hydrauliki sterującej



#### 4. Podsumowanie

Pomimo tego, że hydraulika sterująca stanowi niewielką część zmechanizowanej obudowy ścianowej tak pod względem masy (ułamek procentu), jak również wartości (kilka procent) ma ona istotne znaczenie dla niezawodności działania obudowy oraz bezpieczeństwa pracy w ścianie. Oczekuje się, że powinna bezawaryjnie pracować 1-3 lat, w tym co najmniej jeden bieg ściany. Aktualnie w zdecydowanej większości pracuje w systemie przyległym (taka była przedmiotem analizy) i wykonywana jest ze stali konstrukcyjnej niestopowej (S355, 45).

Stale nierdzewne (1H13,2H13,4H13,1H18N9) są stosowane w wykonaniach o podwyższonym standardzie na wewnętrzne elementy robocze decydujące o niezawodności, mniej licznie na cały element.

W tabeli 2 zebrano podstawowe gatunki stali stosowanych do produkcji hydrauliki sterującej.

traty powinny działać antykorozyjnie na metale oraz posiadać właściwości smarne. Tak więc, duże stężenie emulsji korzystnie wpływa na ochronę przed korozją. Niestety wysoki udział koncentratu w emulsji wpływa niekorzystnie na trwałość uszczelnień, powodując zmianę twardości i objętości materiału, z którego są wykonane. Z tego względu występuje konflikt między wymaganiami w zakresie ochrony antykorozyjnej, a oddziaływaniem na uszczelnienia [2]. Zasadne jest zatem stosowanie do produkcji elementów hydrauliki sterującej stali nierdzewnej, równocześnie zmniejszając do poziomu dopuszczalnego procentową zawartość koncentratu w emulsji.

Najczęściej, jako stale nierdzewne są stosowane stale martenzytyczne w gatunku 2H13 i 4H13 oraz stale austenityczne w gatunku 1H18N9 [4]. Wykonywane elementy z wymienionych gatunków stali nierdzewnej po dłuższym okresie pracy również wykazują oznaki niewielkich ubytków, co zaobserwowano w kopalniach,

Gatunki stali stosowane do produkcji hydrauliki sterującej

Tabela 2

Gatunek	Podstawowy skład chemiczny %							Wybrane właściwości			
	C max	Si max	Mn max	P max	S max	Cr	Ni	Re (Rp0,2) N/mm <sup>2</sup> min	Rm N/mm <sup>2</sup> max	A5 (%) min	uwagi
<b>S355</b>	0,2	0,55	1,6	0,04	0,04	-	-	355	490÷630	22	stal konstrukcyjna niestopowa
<b>45</b>	0,42÷0,5	0,1÷0,4	0,5÷0,8	0,04	0,04	0,3	0,3	320	580	14	stal do ulepszenia cieplnego
<b>1H13</b>	0,08÷0,15	1	1,5	0,04	0,015	11,5÷13,5	max 0,75	205	600	20	stale nierdzewne
<b>2H13</b>	0,16÷0,25	1	1,5	0,04	0,015	12÷14	-	345	700	15	
<b>4H13</b>	0,43÷0,50	1	1	0,04	0,015	12,5÷14,5	-	345	780	12	
<b>1H18N9</b>	0,05÷0,15	2	2	0,04	0,015	16÷19	6÷9,5	250	600-950	40	

Stosowanie stali nierdzewnej jest ograniczone z uwagi na wzrost kosztów produkcji, a obecne przepisy dotyczące przetargów przyjmują 100% ceny, nie uwzględniając parametrów technicznych. Jest to całkowicie niezrozumiałe wobec faktu, że koszt hydrauliki sterującej w odniesieniu do wartości sekcji jest niewielki. Wprowadzenie stali nierdzewnej wydłuża czas pracy elementów hydrauliki sterującej w oparciu o obserwacje własne o około 40%.

Dwie najbardziej istotne przyczyny awarii elementów hydrauliki sterującej wykonanej ze stali konstrukcyjnej, tj. korozję i brak szczelności posiadają wspólny czynnik wpływający na ich intensywność, jakim jest ciecz hydrauliczna. Stosowana w układach sterowania zmechanizowanymi obudowami ciecz hydrauliczna jest trudnopalną mieszaniną wody z koncentratami syntetycznymi tzw. emulsją. Stosowane w emulsji koncen-

tracji również w Zakładzie Remontowo-Produkcyjnym, podczas przeprowadzanych remontów. Przyczyną może być niewłaściwa obróbka elementów (stosowanie niewłaściwych materiałów szlifierskich lub polerskich) lub niewłaściwy dobór współpracujących materiałów.

Wskutek stosowania nieodpowiednich materiałów do obróbki stali nierdzewnej może zostać wprowadzony wolny węgiel, który po połączeniu się z chromem tworzy ziarna o obniżonej zawartości chromu. W przypadku spadku zawartości chromu poniżej 12% materiał staje się podatny na korozję [1, 5]. Przypadek taki może również wystąpić, jeśli producent w ramach oszczędności zastosuje materiał w gatunku 1H13. Stosowanie równocześnie stali nierdzewnych i stali konstrukcyjnej w jednym elemencie może prowadzić również do dyfuzji węgla ze stali konstrukcyjnej do stali nierdzewnej z niedobrym skutkiem.

## 5. Wnioski

Ograniczenie liczby uszkodzeń hydrauliki sterującej jest istotnym problemem mającym znaczący wpływ na niezawodną pracę zmechanizowanej obudowy ścianowej, jak również na jej bezpieczeństwo pracy. Rozpoczęte rejestracje tych uszkodzeń wraz z przyczynami ich powstawania pozwolą wprowadzić procedury, które ograniczą ich liczbę.

Podstawowe wnioski, które można przyjąć na podstawie zebranych materiałów ankietowych, jeszcze niepełnych, są następujące:

- korozja ma decydujący wpływ na niezawodną pracę elementów hydrauliki sterującej,
- liczebność uszkodzeń w zdecydowanej mierze można ograniczyć stosując w większym stopniu materiały nierdzewne, co najmniej na podstawowe elementy; ten kierunek powinien być utrzymany głównie w odniesieniu do zakupu nowych elementów,
- utrzymywać ciecze hydrauliczne zgodnie z zapisami w DTR hydrauliki siłowej, jak również sterowniczej, tak co do zawartości koncentratu jak i zanieczyszczeń; jest to szczególnie niezbędne w fazie rozruchu ściany,
- elementy hydrauliki sterującej powinny być trwale związane z konstrukcją sekcji z uwagi na mniejsze zagrożenie uszkodzeniami mechanicznymi.

Rozpoczęte rejestracje uszkodzeń hydrauliki sterującej będą kontynuowane, a wnioski z ich analiz będą wykorzystywane w bieżącej działalności zakładu.

## Literatura

1. Dobrzański L.A.: Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo. Materiały inżynierskie z podstawami projektowania materiałowego. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
2. Irresberger H., Gräwe F., Migenda P.: Zmechanizowane obudowy ścianowe. Podręcznik dla praktyków. Wydawca: Tiefenbach Polska sp. z o.o., Katowice 2008.
3. Książka zmechanizowanej j obudowy ścianowej – karta pracy obudowy zmechanizowanej wypełniana przez służby mechaniczne kopalń w trakcie eksploatacji – dokumenty wewnętrzne kopalń Kompanii Węglowej S.A.
4. PN-EN 10088-1: 2007 – Stale odporne na korozję. Wykaz stali odpornych na korozję.
5. Przybyłowicz K.: Podstawy teoretyczne metaloznawstwa. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1999.

*Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2010 r.*

*Recenzent: prof.dr inż. Włodzimierz Sikora*

Dr inż. Grzegorz SMOLNIK  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

## Ścianowy system eksploatacji pokładów węgla w Australii w 2008 roku

### Streszczenie

W artykule scharakteryzowano ścianowy system eksploatacji pokładów węgla z zawalem skał stropowych w kopalniach Australii. Przytoczono, podane głównie przez Kena Crama (2009), dane o liczbie ścian i ich wysokiej wydajności. Scharakteryzowano ścianowe przodki eksploatacyjne (długości, wybiegi i wysokości ścian, głębokość eksploatacji). Opisano cechy ścianowych obudów zmechanizowanych i własności najnowszych konstrukcji. Podano także podstawowe parametry kombajnów, przenośników ścianowych i systemów odstawy urobku.

### Summary

Longwall mining with roof caving in Australia in 2008 was presented. Number of longwalls and their high productivity, based mainly on Ken Cram report (2009), were given. Mining heights, longwall lengths and widths, depth of extractions. Properties of shields (hydraulic powered supports), cutting machines (shearers), AFC (armoured face conveyors) and coal transportation systems were shortly portrayed.

### 1. Wprowadzenie

Australijskie kopalnie eksploatujące pokłady węgla kamiennego systemem ścianowym uważane są powszechnie, obok kopalń Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej, za produkuje w świecie. Najnowocześniejsze wyposażenie, wysokie wydobycie i wydajność to wspólna cecha tych zakładów górniczych.

W artykule przedstawiono, dla polskiego Czytelnika, skróconą charakterystykę tego przemysłu na piątym kontynencie.

Węgiel kamienny był pierwszą kopalnią odkrytą (w 1791 roku w Newcastle) i eksploatowaną na kontynencie australijskim. Zmechanizowane kompleksy ścianowe wprowadzono po raz pierwszy do australijskich kopalń w latach 1963-64. Pierwsze wdrożenia systemu strugowego w kopalni „Coalciliff”, jak i kombajnowego w kopalni „Kemira” (obu położonych w Zagłębiu Południowym w Nowej Południowej Walii) skończyły się niepowodzeniem przede wszystkim ze względu na problemy z utrzymaniem stropu, wiele trudności sprawiało także znaczne zapylenie i duże bryły węgla w urobku [5].

Czwarty kompleks zmechanizowany zaimplementowany w Australii został zabudowany w kopalni „Appin” (działającej do dziś) – jednej z najbardziej gazowych kopalni węgla na świecie i mimo tego osiągnięto dobre wyniki produkcyjne (3,3-4,4 tys. ton na dobę przez wiele dni z rzędu), co dawało nadzieję, że system ścianowy może być skutecznym sposobem eksploatacji pokładów węgla także w Australii.

Jednym z powodów niewielkiego sukcesu systemu ścianowego w Australii w tamtym czasie było podejście polegające na tym, że technologię ścianową wdrażano dopiero wtedy, gdy wszystkie inne zawiodły; co, oczywiście, oznaczało że warunki geologiczno-górnicze

były dalekie od idealnych. Wprowadzenie hydraulicznych obudów zmechanizowanych o większej podporności w latach 70. spowodowało, że pod koniec tamtej dekady system ścianowy wybierania pokładów węgla został w końcu zaakceptowany przez australijskich przedsiębiorców górniczych, jako praktyczna i wydajna technologia eksploatacji.

Na początku lat 80. wydobywanie węgla systemem ścianowym skoncentrowane było ciągle w Zagłębiu Południowym w Nowej Południowej Walii, ale to implementacja kompleksu zmechanizowanego w kopalni „Angus Place” (działającej do dziś), położonej w Zagłębiu Zachodnim, w NPW, przyniosła przełom.

Średnie wydobywanie dobowe na poziomie 6,6 tys. ton, a szczytowe nawet 8,6 ton/dobę spowodowało, że wielu przedsiębiorców porzuciło filarowo-komorową metodę eksploatacji z systemem *continuous miner* na rzecz systemu ścianowego – siedem kompleksów zmechanizowanych zostało zakupionych wkrótce po sukcesie kopalni „Angus Place”. W latach 1989-1993 zanotowano duży wzrost wydajności, który z różnym nasileniem trwa do dziś.

W 2005 roku węgiel wydobywano w 27 przodkach ścianowych, a ich sumaryczne wydobywanie stanowiło wprawdzie zaledwie 18% całkowitej produkcji węgla kamiennego w Australii (łącznie z kopalniami odkrywkowymi i głębinowymi), ale aż 89% produkcji z kopalni podziemnych wynoszącej 80 mln ton rocznie [14]. Tendencja wzrostu wydobywania uzyskiwanego sposobem ścianowym w stosunku do innych metod eksploatacji podziemnej ciągle utrzymuje się, dla przykładu w roku fiskalnym 2007-2008, w Nowej Południowej Walii wydobywanie uzyskane w ścianach wydobywczych (57,5 mln ton) stanowi prawie 95% całkowitej ilości węgla pozyskiwanego w kopalniach podziemnych [15].

## 2. Podstawowe dane charakteryzujące ścianowe przodki eksploatacyjne w Australii

W 2008 roku wybieranie węgla kamiennego ścianowym systemem eksploatacji odbywało się w 29 kopalniach położonych w dwóch sąsiadujących ze sobą stanach: Nowej Południowej Walii i Queensland. W Nowej Południowej Walii eksploatacja odbywa się w czterech Zagłębiach: Zachodnim (4 kopalnie), Południowym (5), Hunter (6) i Newcastle (4), w stanie Queensland w dwóch Zagłębiach: Centralnym (6 kopalń) i Północnym (4).

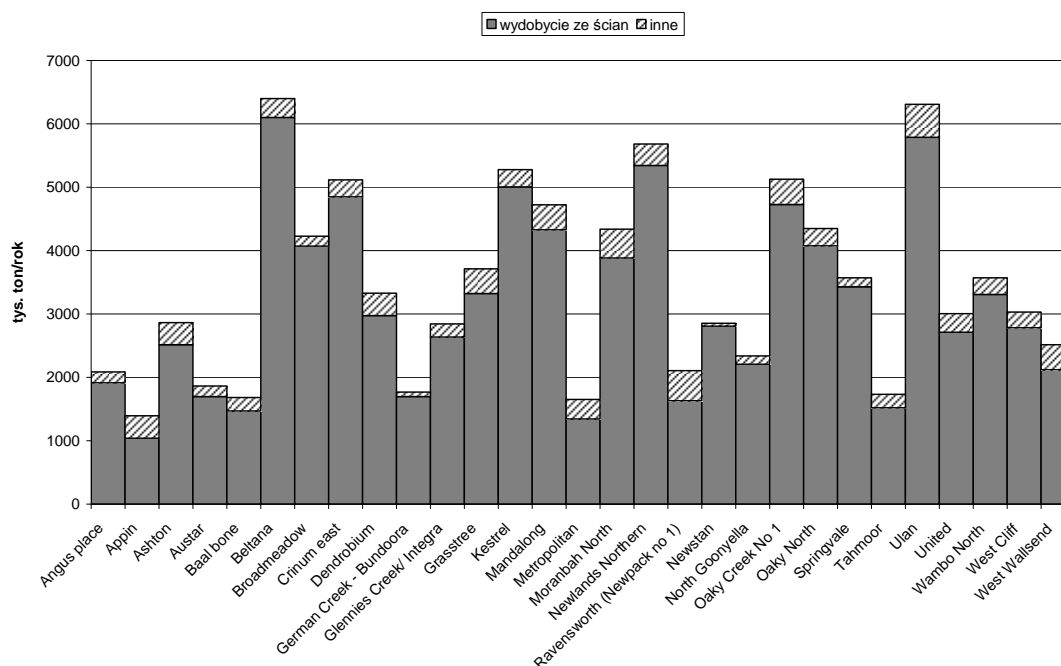
Prawie wszystkie kopalnie w Australii eksploatują tylko jeden wysoko wydajny przodek ścianowy w danej chwili produkując 1,4-6,4 milionów ton węgla rocznie (rys. 1); tylko w kopalni „Oak Creek” No. 1 wydobyte zostało w dwóch przodkach ścianowych<sup>1</sup>. W niektórych kopalniach znaczące ilości węgla (nawet ponad 0,5 mln ton rocznie w kopalni „Ulan”) uzyskiwane są z robót udostępniających i przygotowawczych (AL 1/2009).

172,75 mln ton węgla (zobacz raport US) górnictwo australijskie (jako całość) osiąga już tylko bardzo nieznacznie gorsze wydobyte średnie ze ściany.

Głębokość eksploatacji pokładów węgla w Australii jest zróżnicowana, zawiera się w przedziale od około 40 m do około 550 m (rys. 2). Średnia głębokość eksploatacji wynosi około 270 m, a więc jest o ponad 180 m mniejsza niż w amerykańskich kopalniach wydobywających węgiel kamienny systemem ścianowym [6, 9].

Wysokość ścian wynosi od 2 m do 4,8 m, a nawet 5,75 m<sup>2</sup> (rys. 3); średnia wysokość ściany (bez LTCC) wynosi 3,13 m i jest o około 1 m większa niż średnia w kopalniach USA.

Wielkości pól ścianowych (ilość węgla w jednym polu wybierkowym) wynoszą od około 0,9 mln ton (kopalnia „Metropolitan”) do około 9 mln ton (kopalnia „Newlands Northern”). Długości ścian wynoszą 150-400 m, przy czym najczęściej zawierają się w przedziale 200-320 m (rys. 4). Średnia długość ściany wy-



Rys.1. Wydobycie roczne w kopalniach australijskich w 2008 roku

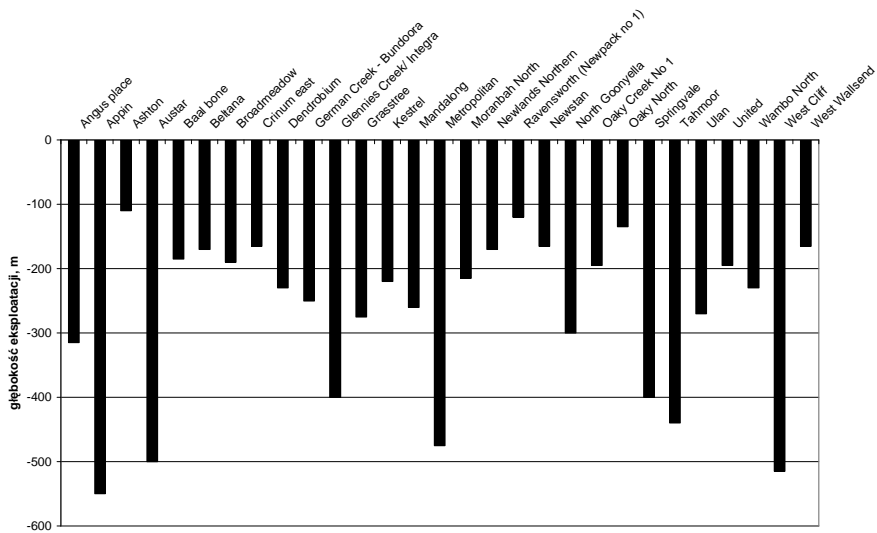
W kopalniach stanu Queensland wydobycie roczne sięgnęło prawie 42 mln ton, a w kopalniach działających w Nowej Południowej Walii około 57,5 mln ton. Górnicy Australijscy w 29 kopalniach (30 ścianach) wydobyli w sumie w 2008 roku 99,5 mln ton węgla, a więc o blisko 16 mln ton węgla więcej (19%) niż wszyscy polscy górnicy w ponad cztery razy większej liczbie ścian.

W porównaniu z górnictwem USA, gdzie w 40 kopalniach (około 50 ścianach) w 2008 roku wydobyto

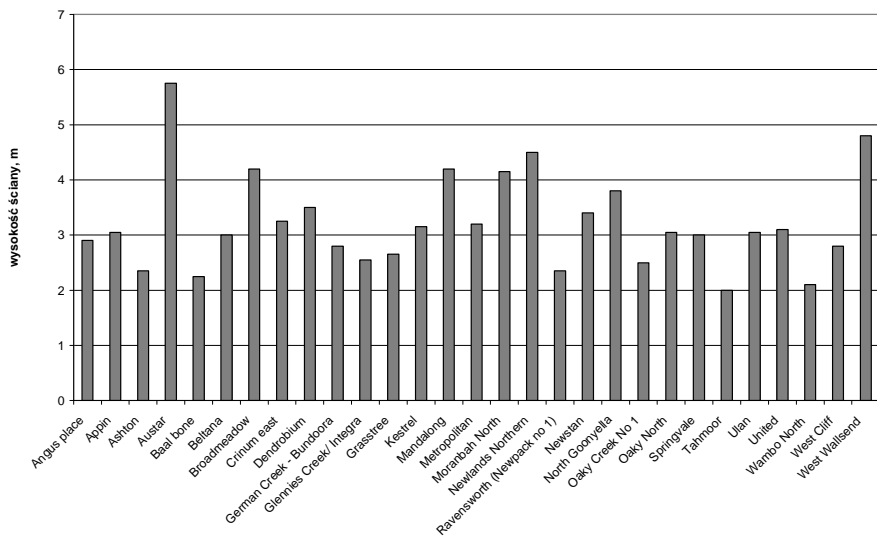
nosi 255 m i jest nieco ponad 40 m krótsza od, zazwyczaj niższych, ścian w kopalniach USA.

<sup>1</sup> Kopalnia „Oak Creek” No 1 z powodu kryzysu gospodarczego (braku zbytu na węgiel) wstrzymała produkcję w grudniu 2008 r.

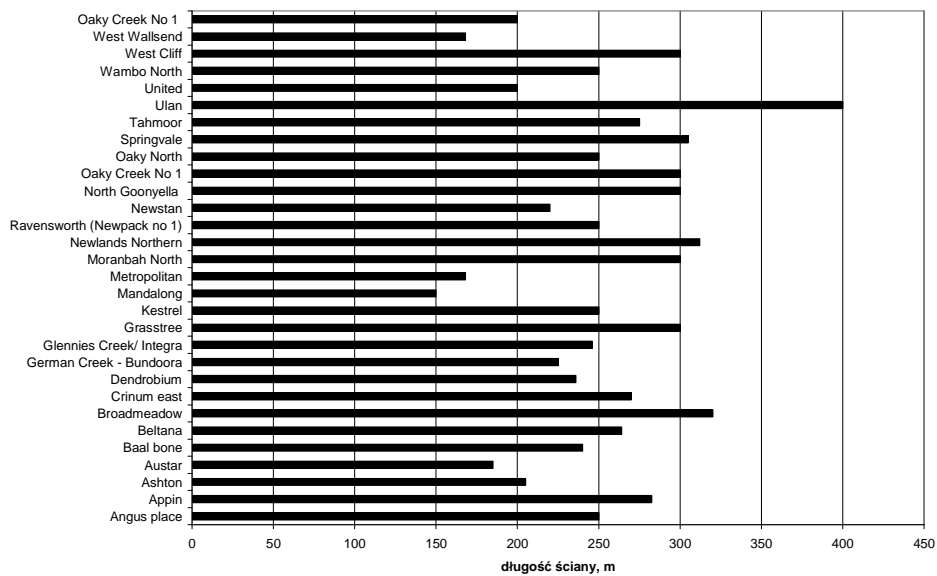
<sup>2</sup> W kopalni „Austar” należącej do koncernu Yancoal we wrześniu 2006 r. uruchomiono pierwszą w Australii (i zarazem w świecie poza Chinami) eksploatację pokładu węgla systemem Longwall Top Coal Caving (podbierkowym) w pokładzie Greta o średniej miąższości 5,75 m. W Boże Narodzenie 2003 r. wybuchł w tej kopalni pożar, który zdewastował zakład górniczy (wówczas o nazwie Southland Colliery) i doprowadził do bankructwa właściciela. Koncern Yanzhou Coal Mining kupił zniszczoną kopalnię za 23 mln dolarów amerykańskich w grudniu 2004 roku (AL June 2005).



Rys.2. Średnia głębokość eksploatacji w kopalniach Australii w 2008 roku



Rys.3. Średnia wysokość ścian w kopalniach Australii w 2008 roku.

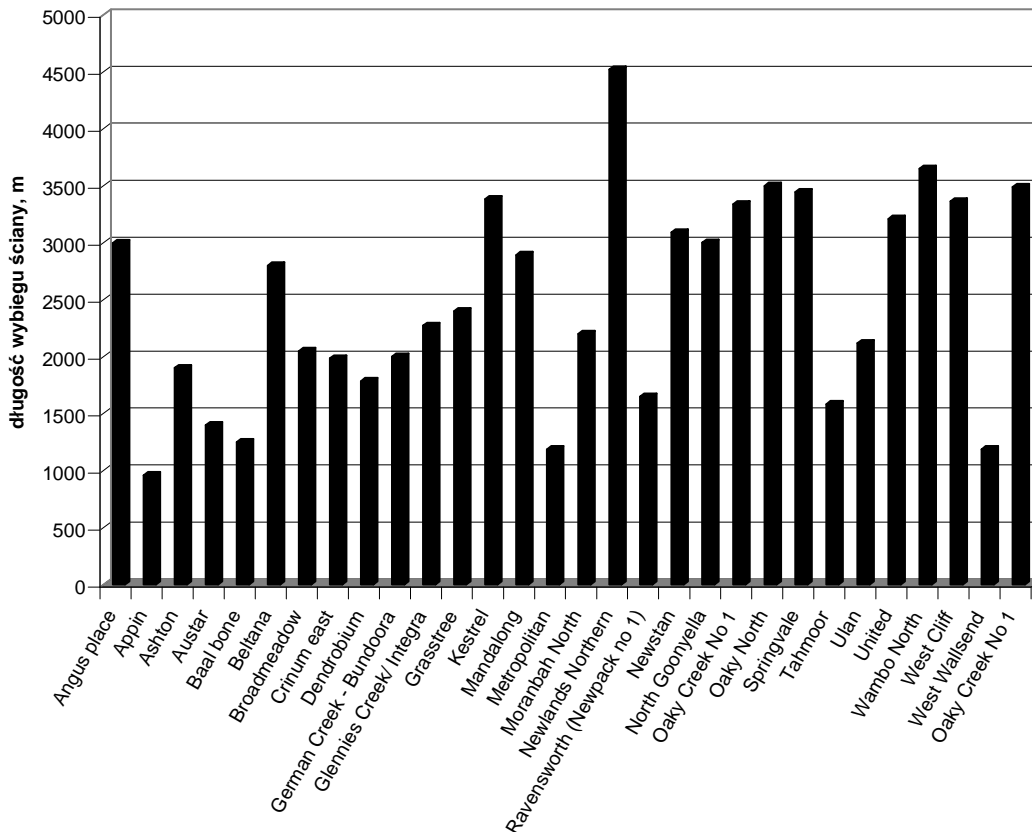


Rys.4. Długość ścian w kopalniach Australii w 2008 roku

Chodniki przyścianowe występują zawsze jako co najmniej podwójne i drążone są w australijskich kopalniach przy wykorzystaniu maszyn kompleksu *continuous miner*. Metoda udostępniania pola wybierkowego polega więc na drążeniu chodników w systemie filarowo-komorowym; głównym typem obudowy podstawowej jest, bez wyjątków, obudowa kotwowa (lub jej odmiany jak np. kotwowo-linowa).

szym przełamaniem całkowitej dominacji wspomnianych liderów (zob. np. AL 2/2008).

W Australii wprowadzono, po raz pierwszy w świecie, w kopalni „South Boulli” w 1974 roku obudowę kasztową wyposażoną w osłonę odzawałową [5]. Na piątym kontynencie – inaczej niż w USA, gdzie od 2002 roku stosowane są już tylko dwustojakowe (jednoszeregowe) obudowy osłonowe – ciągle



Rys.5. Długość wybiegów ścian w kopalniach Australii w 2008 roku

Wybiegi ścian mieszczą się w przedziale 960-4520 m, bardzo podobnie do górnictwa USA. W ponad trzech czwartych kopalń (około 83%) wybiegi pól wybierkowych mają długość ponad 1,5 km (rys. 5). Generalnie występuje tendencja wydłużania wybiegów i długości ścian tak, by w jednym roku fiskalnym konieczne było tylko jedno przezbrownienie ściany; średnia długość wybiegu ściany w 2008 roku wynosiła prawie 2,5 km (2490 m).

### 3. Wybrane dane techniczne wyposażenia ścianowego i systemów odstawy

#### 3.1. Obudowa zmechanizowana

Wszystkie obudowy zmechanizowane w australijskim górnictwie są produktami światowych potentatów Joya (17 ścian) i Bucyrusa (13 ścian). Zakup przez należącą do koncernu Vale kopalnię Carborough Downs obudowy z fabryki Tagor, z grupy Kopex, jest pierw-

wykorzystywane są, w niewielkiej wprawdzie liczbie, obudowy osłonowe dwuszeregowe. W 2008 roku pracowały 24 zestawy obudowy osłonowej dwustojakowej klasycznej i jeden dla systemu podbierkowego (LTCC).

Obudowy dwuszeregowe (czterostojakowe) występują zarówno jako klasyczne obudowy osłonowe, gdzie drugi rząd stojaków podpira osłonę odzawałową (w 4 kopalniach), jak i jako tzw. *chock-shield*, czyli obudowy kasztowe wyposażone w osłonę odzawałową, w których oba rzędy stojaków rozparte są między spągnicą a stropnicą sekcji (w 1 kopalni).

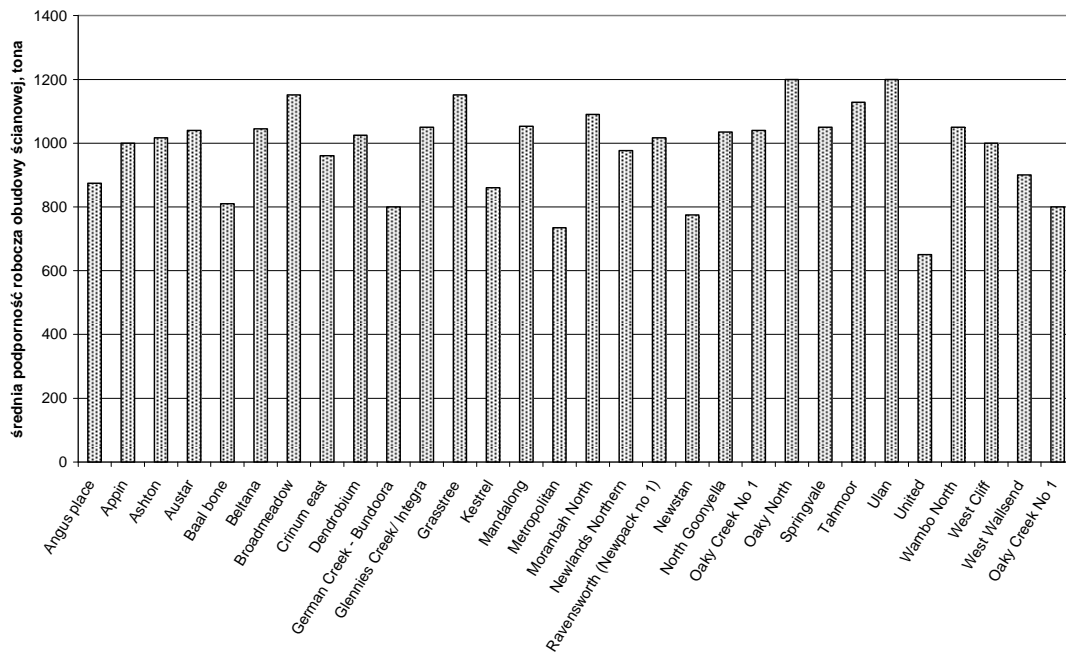
Podporność robocza sekcji obudowy ścianowej wynosi 6,5-12 MN, znakomita większość stosowanych obudów zmechanizowanych, poza trzema kompleksami, cechuje się podpornością w przedziale 8-12 MN (rys. 6).



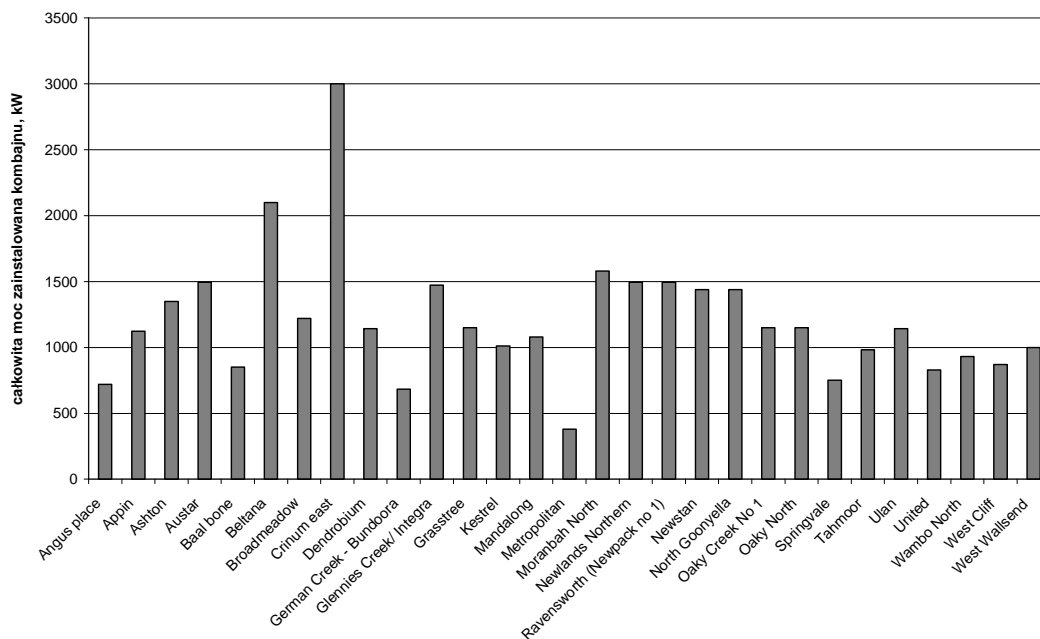
Średnia podporność robocza dla całego górnictwa australijskiego wynosi prawie 10 MN (9,83 MN).

Kopalnia „Moranbah North” należąca do koncernu Anglo Coal zamówiła u Joya najpotężniejszą na świecie obudowę zmechanizowaną, o podporności roboczej 17,5 MN i masie pojedynczych sekcji 61 ton (64 tony sekcje skrajne). Obudowa ostonowa jednoszeregową, o średnicy stojaków 480 mm, podziałce sekcji 2050 mm i zakresie pracy 2,4-5 m, ma za zadanie

ograniczyć liczbę cykli pracy z podpornością roboczą, w porównaniu do dotychczas stosowanych obudów. Przy stosowaniu obudowy o podporności roboczej 9,8 MN maksymalny poziom obciążenia osiągnąć można było przez aż 40-50% czasu pracy; zmiana obudowy na sekcje o podporności roboczej 12 MN przyniosła wprawdzie poprawę i zmniejszenie długości czasu pracy obudowy z podpornością roboczą, ale do wciąż wysokiego i nieakceptowalnego poziomu, 10-15%.



Rys.6. Średnia podporność robocza obudowy zmechanizowanej w wyrobiskach ścianowych w australijskich kopalniach węgla w 2008 roku



Rys.7. Całkowita moc zainstalowana kombajnów w australijskich kopalniach węgla w 2008 roku

W wyniku zaawansowanych analiz m.in. z użyciem krzywych reakcji górotworu (*Ground Responce Curves*) zdecydowano, że wprowadzenie tak potężnych obudów przyniesie rozwiązanie problemu [2].

W niektórych kopalniach węgla Australii, oprócz bardzo nowoczesnych obudów zmechanizowanych, występują także starsze konstrukcje. Dla przykładu w kopalni „Angus Place” w 2007 r. wycofano z użytku 4-stojakową obudowę kasztową z osłoną odzawałową, która pracowała w niej od 1984 roku, wykonując 32000 cykli pracy i pozwalając na wydobycie około 40 mln ton węgla. Podczas jej użytkowania wymieniono prawie wszystkie stojaki hydrauliczne, wszystkie zawory i węże. Spągnice i stropnice doznały niewielkich pęknięć (*minor cracks*) a system sterowania elektrohydraulicznego wprowadzony pozwalał tylko na sterowanie przyległe. Głębokość eksploatacji ścian z tą obudową w kopalni „Angus Place” wynosiła 200-370 m [10].

W kopalniach australijskich dominują obudowy o szerokości (podziałce) sekcji równej 1,75 m (19 ścian), obudowy półtorametrowe występują w sześciu ścianach, a dwumetrowe w pięciu.

We wszystkich zestawach obudowy, by skrócić czas przemieszczania sekcji, stosowane jest zaawansowane sterowanie elektrohydrauliczne, zautomatyzowane przesuwanie sekcji (związane z pozycją kombajnu) oraz kontrola osiągnięcia przez wszystkie sekcje określonej podporności wstępnej.

### 3.2. Kombajny

W Australii (podobnie jak w USA) stosowane są wyłącznie dwuorganowe bębnowe kombajny frezujące. Producentami zainstalowanych maszyn urabiających są wyłącznie Joy, Eickhoff i Bucyrus. Średnia całkowita moc zainstalowana kombajnów wynosiła 1208 kW (i jest nieco niższa niż w w kopalniach amerykańskich). Minimalna wynosiła 380 kW, maksymalna 3000 kW (rys. 7).

W prawie dwóch trzecich ścian stosowane jest urabianie dwukierunkowe, w pozostałych jednokierunkowe i specjalne jego odmiany, jak urabianie tylko z częściowym zawrębieniem (*half-web*); jedna kopalnia („Baal Bone”) stosuje zamiennie zarówno jednokierunkowe, jak i dwukierunkowe urabianie (rys. 8).



Rys.8. Rozkład sposobów urabiania calizny węglowej kombajnami w 2008 roku

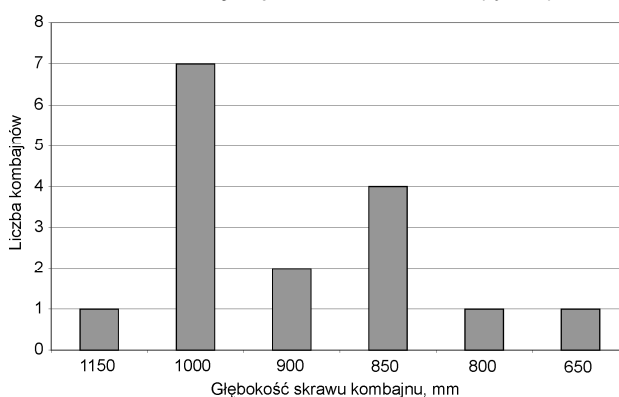
We wszystkich ścianach o długości poniżej 200 m (oprócz systemu LTCC w kopalni „Austar”) prowadzone jest urabianie jednokierunkowe, by zmniejszyć stosunek nieproduktywnego czasu zawrębienia kombajnu przy chodnikach pod- i nadścianowych do czasu efektywnego urabiania w środku ściany.

Niektóre kopalnie stosują ten rodzaj urabiania calizny węglowej także w dłuższych wyrobiskach ścianowych, np. kopalnie „West Cliff”, „North Goonyella” i „Moranbah North” w ścianach o długości 300 m, a kopalnie „Broadmeadow” i „Newlands Northern” w ścianach o długościach 320 m i 312 m, odpowiednio.

Kilka kopalń stosujących jednokierunkowe urabianie („Broadmeadow”, „Mandalong”, „Moranbah North”) uzyskuje około 4 mln ton węgla z jednej ściany rocznie, a kopalnia „Newlands Northern” nawet ok. 5,5 mln ton.

Kopalnia „Kestrel” stosująca w ścianie o długości 250 m system jednokierunkowego urabiania z częściowym zawrębieniem w środku ściany (podobnie jak światowa rekordzistka wydobycia - kopalnia „Twentymile” w Colorado, w USA) uzyskuje ponad 5 mln ton węgla rocznie ze ściany, co należy do najlepszych wyników w górnictwie australijskim.

Głębokość skrawu kombajnów zawiera się w przedziale 0,65–1,15 m; znakomita większość stosowanych zaborów mieści się w przedziale 0,8-1 m (rys. 9).



Rys. 9. Głębokości skrawów kombajnów zainstalowanych w ścianach w kopalniach węgla w Australii w 2008 roku

Wśród kopalń o największym wydobyciu (powyżej 4 mln ton węgla rocznie z jednej ściany) przeważają te, które stosują głębokość skrawu 1 m, ale np. kopalnie „Braodmeadow” i „Kestrel” uzyskują tak dobre wyniki przy zaborach równych 0,85 m i 0,9 m, odpowiednio. W Australii trwa dyskusja, czy konieczne jest zwiększanie głębokości zaboru np. z 0,8 m do 1 m do uzyskania większego wydobycia i są eksperci twierdzący, że jest to (urabianie z głębokością skrawu 1 m) nie tylko niepotrzebne, ale wręcz szkodliwe [12, 13].

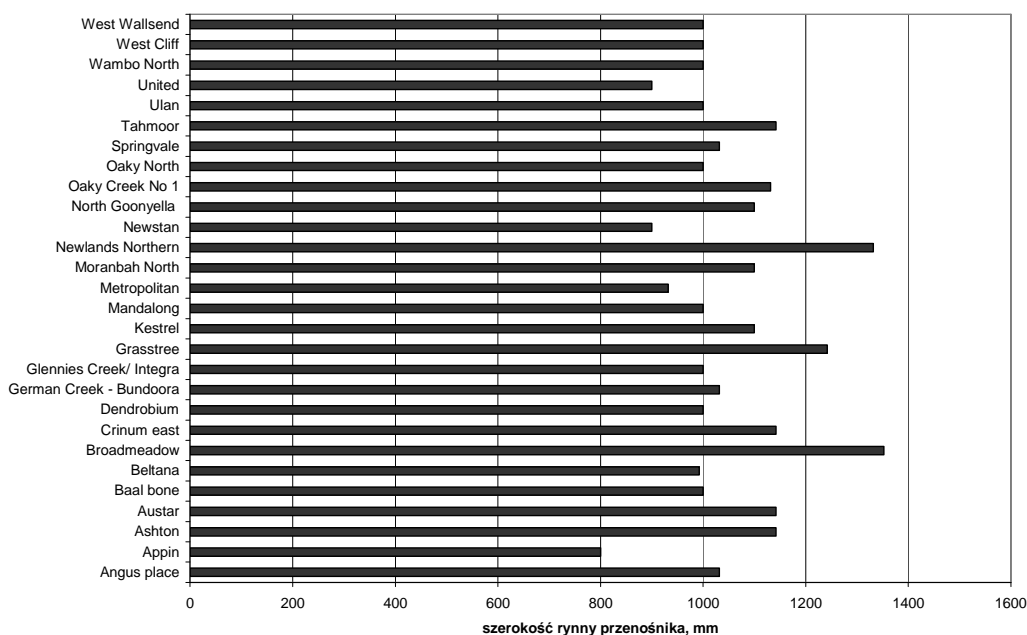
Kopalnia „Wambo North” użytkująca kombajn Joya o największym w Australii zaborze 1150 mm uzyskuje około 3,3 mln ton węgla ze ściany (rys. 1).

### 3.3. Odstawa urobku

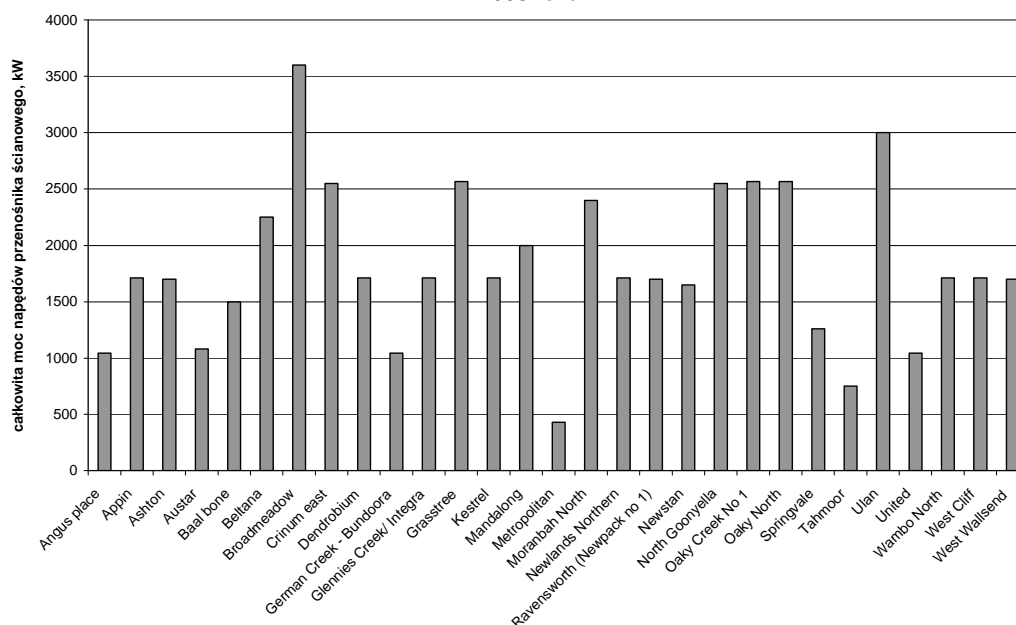
Szerokość rynien przenośnika zgrzeblowego ścianowego w 2008 roku wynosiła 800-1352 mm. Przedział szerokości rynien przenośnika zgrzeblowego jest prawie identyczny z tym dla kopalń USA, co nie dziwi, zwłaszcza że producentami przenośników ścianowych pracujących w kopalniach węgla Australii są Bucyrus i Joy, w kilku ścianach pracują także przenośniki australijskiej firmy z grupy Kopexu - Inbye. Najczęściej stosowana szerokość rynien to 1000 mm, a znakomita większość (poza czterema sztukami) cechuje się szerokością rynien pomiędzy 900 a 1142 mm (rys. 10).

Średnia całkowita moc napędów w 2008 roku wynosiła prawie 1825 kW, przy czym maksymalna 3600 kW, minimalna 430 kW. Sumaryczne moce napędów poniżej 1000 kW stosowane są już w zaledwie w dwóch ścianach (rys. 11).

Średnica łańcucha zawierała się w przedziale 30-50 mm w 2008 roku. Najczęściej stosowana średnica łańcucha to 42 mm i 48 mm, poza tymi najpopularniejszymi średnicami łańcuchów inne (zarówno mniejsze – 30, 34 i 38 mm, jak i największa – 50 mm) znalazły zastosowanie w pojedynczych przenośnikach ścianowych zgrzeblowych (rys. 12).



Rys.10. Szerokość rynien przenośnika ścianowego zgrzeblowego w kopalniach węgla w Australii w 2008 roku



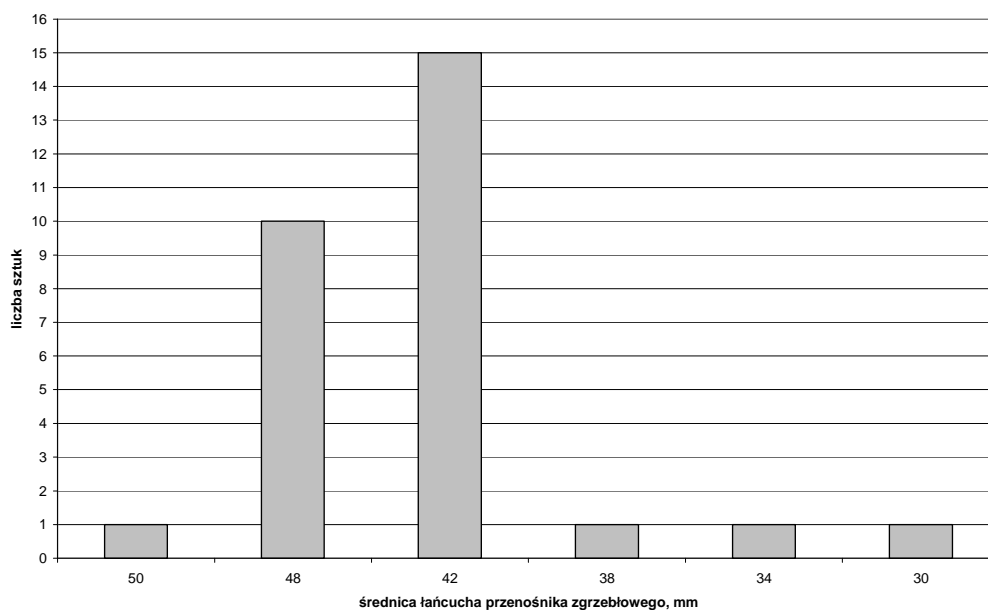
Rys.11. Całkowita moc napędów ścianowych przenośników zgrzeblowych w australijskich kopalniach węgla w 2008 roku (na podstawie ILN, 2009)

Prędkość ruchu łańcucha w 2008 roku mieściła się w przedziale 0,97–2,5 m/s; średnia prędkość ruchu łańcucha to prawie 1,5 m/s (1,48 m/s).

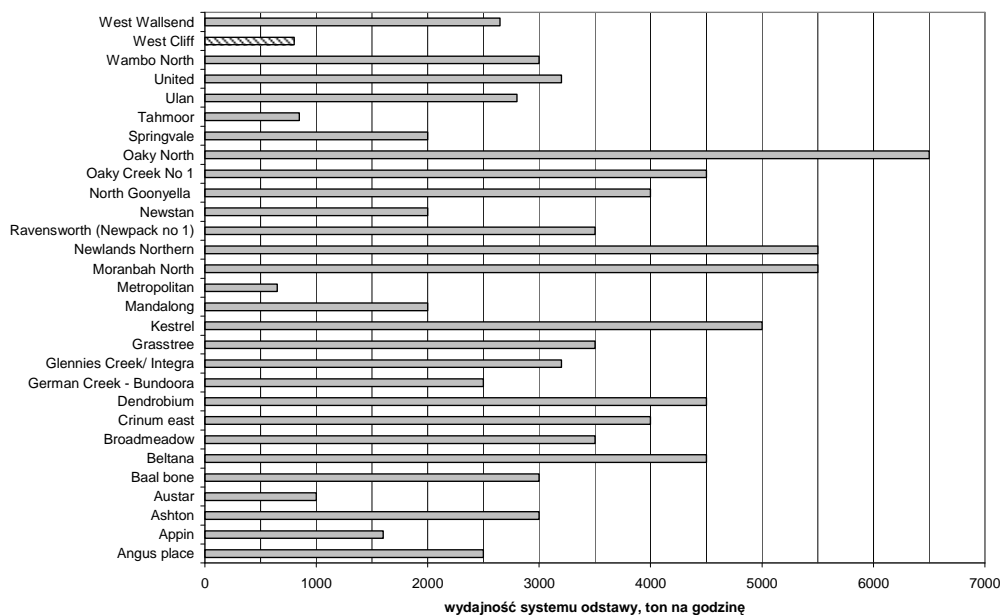
Tylko jedna kopalnia („West Cliff”) stosuje szybowe ciągnięcie urobku naczyniami skipowymi (o wydajności 800 ton urobku na godzinę), w pozostałych wprowadzono system transportu urobku tylko przenośnikami taśmowymi, od chodnika podścianowego aż do zakładu przerobczego na powierzchni, z wykorzystaniem upadkowej lub sztolni (rys. 13).

Nie znaczy to, oczywiście, że w kopalniach australijskich nie są wykorzystywane wyrobiska szybowe,

wręcz przeciwnie, tym nie mniej pełnią one głównie funkcje wentylacyjne. W ostatnich latach do głębszego szybów coraz powszechniej, zamiast klasycznego sposobu drążenia z wykorzystaniem robót strzałowych, wykorzystywana jest metoda wiercenia szybów z powierzchni (tzw. *blind boring*), w której na żadnym etapie jej stosowania nie ma potrzeby wprowadzania ludzi do szybu. Urobek, odspojony od calizny dzięki wierceniu głowicą z dyskowymi elementami urabiającymi, transportowany jest wraz z wodą, przez żerdzie wiertnicze na powierzchnię. Skierowanie silnego strumienia wody na dno szybu umożliwia taki sposób odstawy urobku; woda z fragmentami skał kierowana



Rys.12. Średnice łańcuchów zgrzeblowych przenośników ścianowych w ścianach w kopalniach węgla w Australii w 2008 roku



Rys.13. Wydajność systemów odstawy (przenośnikowych i jednego szybowego) w podziemnych kopalniach węgla stosujących system ścianowy w Australii w 2008 roku

jest do osadnika na powierzchni. Szyb podczas wszystkich operacji technologicznych wypełniony jest wodą lub wodą z dodatkami, takimi jak ily czy też różne środki chemiczne. Ciśnienie cieczy pozwala na bezpieczne wiercenie przez warstwy wodo- lub gazonośne, a także znacząco redukuje potencjalną niestateczność skał na konturze rury szybowej. Do stosowanych rodzajów obudów należą:

- zdalnie natryskiwany torkret (dla skał o niewielkim zawodnieniu),
- prefabrykowane tubingi żelbetowe,
- całkowicie szczelne tubingi stalowe wypełnione zbrojonym betonem.

Technologia ta znalazła zastosowanie do głębin szybów o średnicy (w wyłomie do 6,8 m), a maksymalna głębokość, do której szyb może zostać zgłębiony sięga 650 m. Technologia ta potwierdziła swoją przydatność przy drążeniu szybów w stanie Queensland w skałach tak różnych, jak bazyalty o wysokiej wytrzymałości i luźne piaski [1].

Wydajność przenośnikowych systemów odstawy urobku jest bardzo wysoka, poza czterema kopalniami, wynosi co najmniej 2000 tys. ton urobionego węgla na godzinę. W kopalniach: „Newlands Northern” i „Moranbah North” możliwe jest transportowanie 5500 ton urobku na godzinę, a w kopalni „Oak Creek” No 1 (jedyniej z dwoma ścianami) nawet 6500 ton na godzinę.

#### 4. Podsumowanie

Ścianowy system eksploatacji pokładów węgla w Australii – w czasie, gdy w Europie stosowany był już powszechnie z powodzeniem – dopiero zaczynał być stosowany z umiarkowanymi sukcesami. Niewielka wydajność australijskich przodków ścianowych – związana przede wszystkim z wdrażaniem technologii ścianowej dopiero, gdy wszystkie inne zawiodły – nie pozwalała na skuteczne konkurowanie z innymi technologiami eksploatacji. Milowym krokiem na drodze od porażki (zaprzestania eksploatacji lub co najwyżej niewielkiego wydobycia) do sukcesu, podobnie jak w USA, było wprowadzenie wysokopodporowej obudowy ścianowej w połowie lat 70.

Wzrost wydajności, sprzyjające warunki natury geologicznej i geomechanicznej, spowodowały, że wyniki ścianowego górnictwa węglowego w Australii ustępowały jedynie najlepszym w świecie kopalniom USA. W połowie lat 90. różnice w wydobyciu i wydajności kopalń w USA i Australii były jednak znaczące. W ubiegłych latach różnica ta maleje i oba kraje uważane są za liderujące pod względem technologii, efektywności i bezpieczeństwa eksploatacji pokładów węgla systemem ścianowym.

Wejście na rynek australijski polskiej firmy sprzętu górniczego jest sukcesem rodzimej myśli inżynierskiej, ale utrzymanie go (nie wspominając o ekspansji) wymaga nieustannego doskonalenia produktów, znajomości rynku, osiągnięć konkurencji, najnowszych metod doboru wyposażenia technicznego ścian (np. krzywych reakcji górotworu dla obudowy ścianowej).

Artykuł, w intencji autora ma za zadanie, choć w niewielkim stopniu przyczynić się do realizacji ambitnego celu przez przybliżenie Czytelnikowi aktualnej charakterystyki ścianowych przodków wybierkowych, pracujących w kopalniach Australii w 2008 roku.

#### Literatura

1. Australian Longwall Magazine. Blind boring with vision. June 2009, pp. 38-39.
2. Bahr A.: Carborough Downs' dawn. Australian Longwall Magazine. June 2008, pp. 12-13.
3. Bahr A.: Moranbah North's world first. Australian Longwall Magazine. September 2008. pp. 31-32, 34.
4. Cram K.: Production from Australian Longwall Mines January 2008 - December 2008. Australian Longwall Magazine, March 2009, pp. 49-56.
5. Kreilis O.: Longwall mining in Australia. Mining Engineering, 1/1995, pp. 46-49.
6. Peng S.S.: Longwall Mining. Syd S. Peng publisher, 2006, pp. 621.
7. Sikora W.: Scenariusz rozwoju technologii wydobycia węgla w warunkach utrudnień górnich. Maszyny Górnicze nr 4/2007 (112), s. 41-51.
8. Sikora W.: Wyzwania i tendencje rozwojowe w mechanizacji górnictwa węgla kamiennego. Maszyny Górnicze nr 1/2009 (117), s. 25-31.
9. Smolnik G.: Z marginesu na szczyt - rozwój ścianowego systemu eksploatacji pokładów węgla w USA w ciągu trzech dziesięcioleci. Maszyny Górnicze nr 1/2009 (117), s. 32-39.
10. Thuijs M.: Angus Place revitalised. Australian Longwall Magazine. September 2007. pp. 66-67.
11. Weir International Inc., US Longwall Mines – Production and Productivity Calendar Year 2008. Coal USA Magazine, March 2009, p. 40.
12. Wills N.: Wills on Walls. Australian Longwall Magazine. June 2007, p. 6.
13. Wills N.: Wills on Walls. Australian Longwall Magazine. June 2009, p. 6.
14. [www.uow.edu.au/eng/longwall/html/history.html](http://www.uow.edu.au/eng/longwall/html/history.html)
15. [www.coalservices.com.au/MessageForceWebsite/Sites/320/Files/](http://www.coalservices.com.au/MessageForceWebsite/Sites/320/Files/)
16. CoalServicesAnnualReport08.pdf

*Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2010 r.  
Recenzent: prof.dr inż. Włodzimierz Sikora*

Mgr inż. Jan CHOLEWA  
Mgr inż. Paweł HAŁUPCZOK  
Mgr inż. Jan MAŁECKI  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

## **Proces badania i oceny maszyn wyciągowych oraz urządzeń sygnalizacji szybowej zbudowanych w oparciu o sterowniki swobodnie programowalne**

### *Streszczenie*

Poniższy materiał jest prezentacją poglądów autorów. Myślą przewodnią artykułu jest wywołanie konstruktywnej polemiki zainteresowanych poruszonym problemem instytucji, jak: państwowego nadzoru górniczego, jednostek upoważnionych do przeprowadzania badań i oceny wyrobów, ośrodków rzeczoznawczych, projektantów, producentów i użytkowników maszyn wyciągowych oraz urządzeń sygnalizacji szybowej zbudowanych w oparciu o sterowniki programowalne. Polemika ta powinna doprowadzić do:

- doskonalenia procedur postępowania podczas:
  - badania i oceny przed wydaniem postanowienia do przeprowadzania prób,
  - badania i oceny przed wydaniem dopuszczenia do stosowania,
  - badań kontrolnych odbiorczych, okresowych lub doraźnych,
  - eksploatacji pracujących obiektów,
- modyfikacji niektórych przepisów górniczych dotyczących budowy i eksploatacji elementów górniczych wyciągów szybowych.

### *Summary*

The material shows the authors' opinion. Aim of the paper is to start with a constructive discussion as regards the following problems: state mining supervision, organization authorized to carry out testing and assessment of products, expert centers, designers, manufacturers and users of hoisting machines and shaft signaling devices with free-programmable controllers. The discussion should lead to:

- improvement of procedures for:
  - testing and assessment before a decision to carry out tests,
  - testing and assessment before issuing a decision of approval for use,
  - accepting, periodical and temporary control testing,
  - maintenance of operating objects.
- modification of some of mining regulations concerning manufacture and operation of components of mine shaft hoisting machine.

## **1. Wprowadzenie**

Pierwsze zastosowanie cyfrowych sterowników programowalnych do sterowania, regulacji, kontroli i zabezpieczeń układów maszyny wyciągowej górniczego wyciągu szybowego w polskich kopalniach podziemnych związane jest z przełomowym momentem, jakim było powstanie w kraju warunków wolnorynkowych. Był rok 1992, w którym to zaproszono polskie i zagraniczne firmy do składania ofert przetargowych na przebudowę maszyny wyciągowej szybu „Fortuna III” kopalni „Kleofas” w Katowicach.

Podczas modernizacji tej maszyny wyciągowej, która została zrealizowana w 1995 r., zastosowano pierwszy cyfrowy regulator jazdy zaś układy sterowania, regulacji i zabezpieczeń zbudowano z wykorzystaniem programowalnych sterowników mikroprocesorowych.

Producentami nowych obiektów lub wykonawcami modernizacji maszyn wyciągowych eksploatowanych w Polsce, podczas ostatnich kilkunastu lat były firmy zagraniczne oraz firmy polskie, takie jak:

- ABB ze Szwecji,
- INCO engineering spol. s r. o. z Czech,
- SIEMAG GmbH z Niemiec,
- GHH MAN z Niemiec wraz z AEG z Niemiec,
- Wilhelm Müller Maschinenfabrik z Niemiec,
- HAZEMAG & EPR GmbH z Niemiec,
- OPA-ROW sp. z o.o.,
- MWM ELEKTRO sp. z o.o.,
- PPHU ELCAM sp. z o.o.,
- ZUT ZGODA S.A.,
- PPW ELCON sp. z o.o.

Na podstawie posiadanych przez nas informacji szacujemy, że wyżej wymienieni producenci w latach 1996÷2009 w polskim górnictwie:

- Zbudowali 35 nowych maszyn wyciągowych. Liczba ta obejmuje kompleksowo zmodernizowane maszyny wyciągowe, do budowy których wykorzystano część istniejącego napędu maszyny. W tej liczbie jest 9 maszyn o prędkości do 2 m/s i dwa przewoźne wyciągi ratownicze.



- Zmodernizowali 44 maszyny wyciągowe w zakresie ograniczonym do układów napędowych, sterowania, regulacji, zabezpieczeń oraz sterowania hamulca.
- Zbudowali i kompleksowo zmodernizowali 46 urządzeń sygnalizacji i łączności szybowej oraz urządzeń sterowniczo-sygnałowych, z których 34 zostały wykonane z zastosowaniem techniki cyfrowej.

Inwestycje te były wykonywane z coraz większym udziałem techniki cyfrowej. Udział tej techniki w realizowanych modernizacjach wzrastał dzięki jej rozwojowi, dostępności oraz gromadzeniu doświadczeń przez projektantów i producentów.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że każda z wyżej wymienionych firm dysponowała lub dopracowała się własnych, indywidualnych rozwiązań technicznych. Szereg z tych rozwiązań jest stale udoskonalanych.

Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie dopuszczenia wyrobów... umożliwiła przeprowadzenie częściowej modernizacji maszyny wyciągowej lub innego elementu górniczego wyciągu szybowego w zakresie ograniczonym do tzw. „wyodrębnionego zespołu”. Modernizacje te obejmują na ogół podstawowe podzespoły maszyny wyciągowej (napęd elektryczny, zespoły sterownicze lub sterowniczo-zasilające hamulców, układy sterowania, zabezpieczeń, regulator jazdy, systemy monitoringu i wizualizacji pracy poszczególnych podzespołów, itp.) oraz urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej. Liczne są wdrożenia systemu łączności i sygnalizacji „ECHO”, który umożliwił budowę ruchomych stanowisk sygnałowych umieszczanych w naczyniach wyciągowych, stosowanych podczas rewizji szybu oraz podczas prac szybowych. Ich realizacja jest możliwa po uzyskaniu w drodze decyzji Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego dopuszczenia do stosowania w podziemnych zakładach górniczych, wydanej m.in. w oparciu o wyniki badań wraz z oceną takiego wyrobu sporządzoną przez upoważnioną jednostkę.

## **2. Badania i ocena maszyn wyciągowych oraz urządzeń sygnalizacji szybowej zbudowanych w oparciu o sterowniki swobodnie programowalne realizowane w KOMAG**

Udział sterowników i techniki cyfrowej w wyżej wymienionych modernizacjach, w okresie ostatnich kilkunastu lat stale wzrastał, aż osiągnięto poziom umożliwiający budowanie całej części sterowniczo-zabezpieczeniowej maszyny wyciągowej, a także urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej na elementach programowalnych z minimalną liczbą przekaźników. Oznacza to, że obecnie prawie wszystkie funkcje w zakresie sterowania i zabezpieczeń nowych oraz moder-

nizowanych maszyn wyciągowych i urządzeń sygnalizacji szybowej zrealizowane są programowo.

Tak więc, bezpieczeństwo i niezawodność funkcjonowania, sterowania oraz zabezpieczeń górniczego wyciągu szybowego zawarte jest między innymi w:

- strukturze funkcjonowania (współpracy) elementów cyfrowych,
- oprogramowaniu zaimplementowanym w zastosowanych sterownikach.

Stosowanie swobodnie programowalnych sterowników oprócz niezaprzeczalnych zalet, niesie też określone niebezpieczeństwa, nie zawsze właściwie doceniane, zarówno przez użytkowników jak i przez producentów modernizowanych lub budowanych obiektów, spowodowane:

- 1) niekompletnością zawartości archiwów w zakresie aktualnej wersji stosowanego oprogramowania sterowników,
- 2) dostępnością do oprogramowania i łatwością samowolnego wprowadzenia nawet bardzo istotnych zmian,
- 3) możliwością niezamierzonego wprowadzenia zmian,
- 4) brakiem procedur umożliwiających, kontrolowane i nadzorowane wprowadzanie zmian,
- 5) brakiem stosownych narzędzi do sprawowania kontroli nad właściwym korzystaniem z dopuszczonych wersji oprogramowania, itp.,
- 6) brakiem jasnego określenia minimalnych wymagań co do liczby zastosowanych sterowników oraz struktury ich połączeń i oprogramowania np.:
  - osobny sterownik dla układów sterowania i regulacji maszyny wyciągowej, osobny dla układów zabezpieczeń, osobny dla wizualizacji i rejestracji, jeszcze inny dla urządzenia sygnalizacji szybowej,
  - jeden sterownik dla całego wyciągu szybowego, lecz sterowany wydzielonymi podprogramami, np. dla: układu sterowania i regulacji, układów zabezpieczeń, wizualizacji i rejestracji, urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej, itp.

Aktualnie obowiązujące przepisy dotyczące dopuszczenia wyrobów do stosowania wymagają od jednostek upoważnionych w zakresie oceny i badania wyrobu zbudowanego z zastosowaniem sterowników programowalnych, uważnej kontroli tych elementów – „programy i zmiany programów w tych sterownikach powinny być przetestowane i odpowiednio udokumentowane” (pkt 1.1.3.11 zał. nr 2 do rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych z dnia 30 kwietnia 2004 r.).

Równocześnie w § 5.2 tego samego rozporządzenia wśród dokumentów dołączanych do wniosku o wydanie dopuszczenia wymieniony jest skład dokumentacji m.in. opis, rysunki, schematy, który umożliwi

rozpoznanie wyrobu szczególnie pod względem bezpieczeństwa jego stosowania, nie wyszczególnia się jednoznacznie jako załącznika do wniosku, oprogramowania na nośnikach czytanych maszynowo lub w formie wydruków, niezbędnych dla przedstawienia wyrobu zbudowanego z zastosowaniem PLC.

Aktualnie obowiązujące przepisy dotyczące prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych nakładają na kierownika ruchu zakładu górniczego obowiązek „szczególnego traktowania” górniczych wyciągów szybowych wyposażonych w sterowniki programowalne.

Paragraf 455 rozporządzenia Ministra Gospodarki w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych z dnia 28 czerwca 2002 r., precyzując skład dokumentacji górniczego wyciągu szybowego, nie przewiduje w jego składzie:

- oprogramowania zastosowanych sterowników na nośniku czytany maszynowo lub w formie wydruku,
- schematów obwodów zabezpieczeń, jak:
  - obwód bezpieczeństwa,
  - obwód blokady,
  - obwód sygnalizacji awaryjno-informacyjnej.

Z uwagi na zapisy w wyżej wymienionych obowiązujących rozporządzeniach dotyczące zasad stosowania urządzeń programowalnych, które są różnie interpretowane przez producentów i użytkowników, zaistniała konieczność spójnego i jednoznacznego uporządkowania wymagań w zakresie stosowania tych urządzeń, jako wyposażenia górniczych wyciągów szybowych.

Pracownicy Instytutu Techniki Górniczej KOMAG przez całe lata bardzo intensywnie współpracują ze swoimi klientami celem wypracowania poprawnej formy dokumentacji do wniosku o dopuszczenie do stosowania takich wyrobów.

W składzie dokumentacji załączanej do wniosku o dopuszczenie istotnego znaczenia nabierają należyte sporządzone szczegółowe opisy, odpowiednie schematy i algorytmy programu oraz inne formy dokumentowania, które w sposób pośredni identyfikują wyrób wraz z jego cechami i właściwościami, co umożliwia przeprowadzenie weryfikacji zgodności oprogramowania z funkcjami zadeklarowanymi w przedłożonych dokumentach.

Prezes Wyższego Urzędu Górniczego, począwszy od listopada 2007 r., w wydawanych postanowieniach zobowiązujących wnioskodawcę do przeprowadzenia prób nakazuje przekazywać, jednostce przeprowadzającej badanie i ocenę, kopię programów użytkowych zaimplementowanych w sterownikach, dla przeprze-

wadzenia ich weryfikacji w zakresie sprawdzenia zgodności tego oprogramowania z zadeklarowanymi funkcjami, opisanymi w dokumentach załączonych do wniosku o dopuszczenie.

KOMAG przeprowadza taką weryfikację, korzystając z zakupionych do tego celu programów narzędziowych od producentów sterowników. Od końca 2007 r. weryfikacja oprogramowania dokonywana jest na każdym etapie badań. Pierwszy raz przed zbudowaniem maszyny wyciągowej czy urządzenia sygnalizacji szybowej, czyli przed uzyskaniem postanowienia do prób oraz powtórnie po analizie ostatecznej wersji oprogramowania na zakończenie prób.

Analizując przedłożone oprogramowanie użytkowe swobodnie programowalnych sterowników logicznych stwierdza się, m.in. czy:

- aplikacje realizują wszystkie założone i deklarowane w dokumentacji funkcje użytkowe, zarówno sterujące, zabezpieczające, jak i informacyjne (wizualizacja stanów pracy),
- aplikacje są wykonane poprawnie, zgodnie z zasadami programowania,
- aplikacje podzielone są na przejrzyste bloki programowe i podprogramy – wydzielenie podprogramów sprawia, że aplikacje są łatwe do sparаметryzowania i bardziej odporne na ewentualne błędy w czasie wprowadzania zmian w oprogramowaniu,
- powiązania programów ze schematami i opisami są poprawne,
- aplikacje zawierają komentarze istotne dla użytkownika i ewentualnych przyszłych działań serwisowych,
- nazwy zmiennych użytych w programach opierają się na skrótach polskojęzycznych (pełne opisy nazw zmiennych są w pełni reprezentatywne dla określenia pełnionych funkcji, co ułatwi eksploatację, szkolenia i serwis).

### **3. Weryfikacja oprogramowania zaimplementowanego w sterownikach**

Maszyny wyciągowe, urządzenia sygnalizacji szybowej, czy też ich wyodrębnione zespoły zbudowane w oparciu o sterowniki programowalne są to wyroby o skomplikowanej strukturze, które muszą zapewniać odpowiednią niezawodność działania i wykazywać odporność na wszelkie próby ingerencji z zewnątrz w zakresie działania zabezpieczeń, a jednocześnie umożliwiać łatwy dostęp do korygowania częściowo zmiennych parametrów ruchowych w zakresie regulacji i sterowania. Nawet rzetelnie sporządzony opis działania oraz opis funkcji, jakie pełni taki wyrób, nie daje pełnej informacji m.in. na temat struktury jego budowy, pozyskiwania i obróbki informacji, wypracowywania sygnałów wyjściowych, uzyskania wymaganej niezawodności działania itp. oraz na temat sposobów zabezpieczenia przed ingerencją osób niepowołanych.

W wyniku zebranych doświadczeń stwierdzamy, że bez weryfikacji oprogramowania sterowników nie można prawidłowo ocenić wyrobu, ponieważ nie można zbadać np. niezawodności pracy układów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo bez rozeznania powiązań strukturalnych elementów inicjujących i wykonawczych, zarówno przekaźnikowych jak i tych, które zrealizowano programowo.

Nie twierdzimy, że weryfikacja ta jest pełną, wystarczającą i jedyną formą sprawdzania bezpieczeństwa i niezawodności ocenianego wyrobu. Jest ona jednak koniecznym elementem badań, pozwalającym wykryć defekty wyrobu, których wykrycie w drodze badań funkcjonalnych na gotowym obiekcie jest bardzo utrudnione lub niemożliwe.

Uważamy, że badania wyrobów, które wykonano bez przeprowadzania weryfikacji oprogramowania są badaniami niepełnymi.

Bez analizy oprogramowania nie ma możliwości oceny wymaganej przepisami niezawodności działania zabezpieczeń zrealizowanych programowo, jak również śledzenia, rejestracji i archiwizacji wprowadzanych zmian, co wydatnie utrudnia lub wręcz uniemożliwia skuteczny nadzór nad zachowaniem struktury dopuszczonego do stosowania oprogramowania, która jest bezpośrednio związana z bezpieczną eksploatacją wyciągów szybowych.

Jak wykazuje dotychczasowa praktyka uzyskana podczas weryfikacji aplikacji programowych sterowników w KOMAG-u, zmiany w oprogramowaniu występują we wszystkich wyrobach już na etapie prowadzenia ruchu w warunkach prób, czasem nawet kilkakrotnie. Uważamy, że nie ma możliwości weryfikowania programów podczas eksploatacji, w ramach aktualizacji, bez wcześniejszego przeanalizowania bazy, którą stanowi program dopuszczony wraz z wyrobem do stosowania.

Niewielką wartość przedstawiają badania i ocena wyrobu zidentyfikowanego tylko na podstawie opisu i schematów, będących ułomnymi odpowiednikami zastosowanych programów oraz deklaracji producenta, czyli na dokumentach, które utożsamiają wyrób jedynie w sposób pośredni.

Wyciąg szybowy jest „obiektem żywym”, programiści tworzący algorytmy sterowania, regulacji, zabezpieczeń i wizualizacji zdobywają nowe doświadczenia i modyfikują stosowane oprogramowanie dla obiektów:

- nowych, dostosowując je do przewidywanych potrzeb,
- będących już w eksploatacji, dostosowując je do powstających potrzeb.

Dla stosowanych już obiektów, przy modyfikacji zainstalowanego i uruchomionego już oprogramowania, szczególnie tego, które wpływa na bezpieczeństwo, powinny zostać ustalone sposoby kontrolowanego

wprowadzania zmian w tym oprogramowaniu oraz ich dokumentowania z wykorzystaniem programu dopuszczonego (wzorcowego).

Prezes Wyższego Urzędu Górniczego, począwszy od lutego 2007 r., w decyzjach dopuszczających do stosowania maszyny wyciągowe i urządzenia sygnalizacji szybowej oraz ich wyodrębnione zespoły zbudowane z zastosowaniem sterowników programowalnych nakłada na wnioskodawcę obowiązek tworzenia i zdeponowania kopii programów użytkowych zaimplementowanych w sterownikach, celem ich archiwizacji jako wzorca.

Nakaz archiwizacji oprogramowania w jednostce upoważnionej, pomyślany jako „wzorzec”, jest zabezpieczeniem formalnym, ale nie egzekwowanym i pozbawionym nadzoru, z tego powodu bardzo mało skutecznym, pomimo tego, że przechowywane w archiwum oprogramowania mogą być m.in.:

- bazą dla umożliwienia przeprowadzenia weryfikacji, badania i oceny w przypadku potrzeby wprowadzenia zamierzonych, celowych zmian w programie,
- bazą dla umożliwienia przeprowadzenia ewentualnej weryfikacji porównawczej na wypadek zaistnienia zdarzeń nieprzewidzianych np. awaria,
- skutecznym zabezpieczeniem, by w zaimplementowany program po badaniu odbiorczym i po uzyskaniu dopuszczenia nie ingerowały nieupoważnione osoby.

Jest wielce prawdopodobne, że nienaruszalność elementów realizujących funkcje bezpieczeństwa w programach sterowników będzie mogła stać się faktem dopiero po całościowym wdrożeniu systemu nadzoru i kontroli. Funkcjonowanie takiego systemu nadzoru i kontroli zezwoli na uporządkowanie tego zagadnienia, ponieważ w ostatniej dekadzie tylko część z producentów złożyła kopie programów użytkowych zaimplementowanych w programowalnych sterownikach logicznych po ich sparametryzowaniu. KOMAG nie jest jedyną jednostką upoważnioną do ich archiwizacji. Archiwa należy więc skompletować, zaktualizować i nadzorować, aby można było z nich korzystać.

Zabezpieczenie w postaci samej archiwizacji jest dotychczas niewykorzystywane, ponieważ:

- okresowe badania maszyn wyciągowych wyposażonych w sterowniki programowalne nie uwzględniają badania zgodności stosowanych aktualnie programów z programami dopuszczonymi do stosowania (wzorcowymi),
- brak ustalonych sposobów badania oprogramowania po zmianach wprowadzonych przez producenta, co umożliwi kontrolowanie i nadzorowanie, modyfikowanego oprogramowania sterowników maszyny wyciągowej lub urządzenia sygnalizacji szybowej w przypadku wykrycia błędów lub wad tego oprogramowania,

- brak jest określonych procedur umożliwiających wykonanie kontrolowanej i nadzorowanej modyfikacji oprogramowania przez użytkownika maszyny wyciągowej lub urządzenia sygnalizacji szybowej w przypadku konieczności aktualizacji tego oprogramowania.

#### 4. Podsumowanie

Wyżej wymienione przemyślenia były motywem przewodnim referatu wygłoszonego na konferencji pt. „Transport Szybowy 2009” zorganizowanej przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Referat wywołał ożywioną dyskusję, która koncentrowała się wokół problemu, czy programy zaimplementowane w sterownikach odpowiedzialnych za funkcjonowanie i kontrolę elementów górniczych wyciągów szybowych należy badać, czy jedynie próbom i badaniom poddawać gotowy obiekt (maszynę wyciągową, urządzenie sygnalizacji szybowej), sprawdzając istnienie i działanie zadeklarowanych funkcji, nie wnikając w tajniki pracy programistów.

Liczymy, że uczestnicy tej dyskusji postarają się kontynuować podjętą polemikę, a uzasadniając swoje podejście do problemu wyjaśnią, w jaki sposób:

- skutecznie przeanalizować budowę obiektów, mających pracować według programów zaimplementowanych w sterownikach, podczas ich badania i oceny, w związku z potrzebą wydania przez Prezesa WUG postanowienia zezwalającego na przeprowadzenie prób w ruchu zakładu górniczego?
- bez weryfikacji oprogramowania przeanalizować i ocenić niezawodność działania poszczególnych układów zabezpieczeń (struktury wzajemnych połączeń elementów inicjujących i wykonawczych), czy właściwą metodą jest dokonanie na gotowym pracującym obiekcie symulacji wszystkich możliwych uszkodzeń i usterek, by potwierdzić niezawodną pracę jego zabezpieczeń?
- bez badania oprogramowania, szczególnie struktury układów zabezpieczeń, sprawdzić czy błędy w programie lub błędy przetwarzania danych nie doprowadzą do stanów niebezpiecznych, w szczególności nie doprowadzą do utraty kontroli nad ruchem maszyny wyciągowej (pkt 1.1.3.11 zał. nr 2 do RRM z dnia 30 kwietnia 2004 r.)?
- oraz w jakim zakresie, dokonać korekty obowiązujących w górnictwie przepisów, by wymagania wobec badania zastosowanych programów użytkowych ograniczyć, nie obniżając poziomu bezpieczeństwa eksploatowanych wyciągów szybowych?

Z uwagą zapoznamy się również ze wskazówkami korygującymi nasz, przedstawiony w niniejszym artykule, sposób podejścia do problemu badania i oceny obiektów zbudowanych z zastosowaniem sterowników programowalnych, który według naszej oceny wydaje się mniej kłopotliwy i bezpieczniejszy niż poszerzanie prób i badań na pracującym obiekcie o wymyślone eksperymenty.

Oczekujemy, że zainteresowane instytucje po zapoznaniu się z problemami przedstawionymi w wyżej wymienionym artykule skoordynują działania w celu powołania zespołu ekspertów, który podejmie zadanie, uporządkowania zasad bezpiecznego stosowania sterowników swobodnie programowalnych do sterowania pracą i zabezpieczeniami elementów górniczych wyciągów szybowych.

#### Literatura

1. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych (Dz.U. nr 99, poz. 1003 z późn. zm.).
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. Nr 139, poz. 1169 z późn. zm.).
3. Szczygieł M.: Bezpieczeństwo maszyn wyciągowych górniczych wyciągów szybowych, których sterowanie zostało zbudowane z wykorzystaniem programowalnych sterowników logicznych. II Międzynarodowa konferencja: „Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie” Ustroń; 2006.
4. Meder A., Małecki J., Oleksy A.: Modernizacje maszyn wyciągowych realizowane na przełomie wieków w Rzeczpospolitej Polskiej. Międzynarodowa Konferencja: “Investigation, production and use of steel, wire ropes, conveyors and hoisting machines”, Podbanskie; 2008.
5. Cholewa J., Hałupczok P., Małecki J.: Współczesne maszyny wyciągowe i urządzenia sygnalizacji szybowej, a proces ich badania i oceny. Transport Szybowy, Ustroń 2009.

*Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2010 r.  
Recenzent: prof.dr hab.inż. Andrzej Tytko*

Dr hab.inż. Jan SIDOR  
 Mgr inż. Paweł TOMACH  
 Akademia Górniczo-Hutnicza

## Rozwój konstrukcji rurowych młynów wibracyjnych

### Streszczenie

Rurowe młyny wibracyjne stanowią dzięki dużym możliwościom technologicznym, mniejszym kosztom inwestycyjnym i eksploatacyjnym coraz częściej zastępują młyny kulowe. Praca zawiera opisy budowy oraz podstawowe parametry techniczne i technologiczne rurowych młynów wibracyjnych o wydajności od 5 do 60 Mg/godz. Podano także przykłady zastosowań młynów wibracyjnych oraz przykład młynowni wyposażonej w dwa młyny wibracyjne, które zastąpiły cztery młyny kulowe o ponad 40 razy większej pojemności komór.

### Summary

The vibratory tube mills, because of their great technological advantages, low investment and exploitation costs, are often replaced the ball mills. This article contains the construction describe and basic technological and technical parameters the vibratory tube mills of 5 to 60 Mg/h capacity. It was also shown the applications of vibratory mills. There is also the example of mill installation, where two vibratory mills replaced four balls mills of even 40 times large chamber capacity.

## 1. Wprowadzenie

Młyny wibracyjne stanowią bardzo ważną część grupy młynów z mielnikami swobodnymi, które energię wydatkowaną na proces rozdrabniania otrzymują od ruchomej komory. W młynach tych jest to ruch drgający. Cechuje je zróżnicowana budowa oraz szerokie możliwości technologiczne. Można przeprowadzać w nich proces mielenia w środowisku powietrza lub cieczy, z klasyfikacją ziarnową lub bez. Użytkuje się je jako młyny laboratoryjne o pojemnościach komór od kilku  $\text{cm}^3$  do  $5 \text{ dm}^3$ . Przemysłowe młyny wibracyjne, w zależności od gałęzi przemysłu, w której są stosowane, mają pojemność komór mielących od  $20 \text{ dm}^3$  do  $2 \text{ m}^3$  [3, 9, 15, 13]. Stosowane są we wszystkich rodzajach procesu mielenia, w aktywizacji wielu procesów technologicznych, mechano-chemicznej syntezie, w procesach wytwarzania mikroproszków, nanoproszków oraz nanostruktur [5, 6, 7], a nawet w procesach przygotowania materiałów biologicznych do badań genetycznych. Wydajność młynów przemysłowych, uwarunkowana ich zastosowaniem, rodzajem mielonego materiału, warunkami mielenia, uziarnieniem nady i produktu mielenia wynosi od kilkudziesięciu kg/godz do 60 Mg/godz.

Średnica komór przemysłowych młynów wibracyjnych mieści się w zakresie  $0,2 \div 0,8 \text{ m}$  [3, 9, 13, 15]. Długości komór, uwarunkowane ich średnicą, wynoszą od 0,5 do 4 m. Uzyskanie dużych wydajności młynów wymaga zastosowania w nich komór o średnicy powyżej 0,5 m.

Praktyka przemysłowa i badania eksperymentalne wykazały, że wzrost średnicy komory powoduje spadek szybkości procesu mielenia [3, 15]. Niekorzystny wpływ średnicy komory można ograniczyć na kilka sposobów [17]:

- wprowadzeniem do komory elementów konstrukcyjnych: w kształcie walca połączonego sztywno z komorą i usytuowanego w osi geometrycznej komory lub utworzonego z trzech płyt złączonych pod kątem  $120^\circ$  i umieszczonego luźnie w komorze [17],
- większą liczbą komór o mniejszej średnicy [3, 9, 13, 15],
- wprowadzeniem komory w dodatkowy ruch obrotowy [15],
- zwiększeniem amplitudy drgań powyżej 10 mm [8, 15],
- wprowadzeniem komory w ruch drgający o trajektorii eliptycznej [4, 10].

Z uwagi na zalety technologiczne oraz znacznie mniejsze koszty inwestycyjne i eksploatacyjne młyny wibracyjne mogą, z dobrymi rezultatem ekonomicznym, zastępować młyny grawitacyjne, czyli młyny kulowe i prętowe.

Przykładem takiego działania są dwa młyny wibracyjne o łącznej pojemności komór  $0,23 \text{ m}^3$  i mocy 20,5 kW, które w Zakładach Chemicznych „Alwernia” wyeliminowały z procesu produkcyjnego cztery młyny kulowe o pojemności komór  $10,4 \text{ m}^3$  i mocy 44 kW. Młyny wibracyjne oprócz o połowę mniejszego poboru energii na proces mielenia, uzyskiwania korzystniejszych rezultatów technologicznych – stabilnego uziarnienia poniżej 0,05 % p.n.s  $0,063 \text{ mm}$ , poprawiły istotnie warunki pracy w zakładzie, ponieważ poziom ciśnienia akustycznego generowanego przez te młyny był niższy o 15 dBA [14, 15] od poziomu ciśnienia akustycznego młynów kulowych.

W pracy podano opis działania młynów wibracyjnych, ich zastosowanie, klasyfikacje i przykłady roz-

wiązań konstrukcyjnych. Podano także przykład porównania podstawowych parametrów technicznych młynowni z młynami kulowymi zastąpionymi przez młyny wibracyjne oraz uzyskane korzyści wynikające z ich zastosowania w konkretnych warunkach przemysłowych.

## 2. Zastosowanie, klasyfikacje i sposób działania młynów wibracyjnych

Młyny wibracyjne znalazły zastosowanie w większości technologii wytwarzania proszków o znacznie zróżnicowanych własnościach fizycznych. Młyny te stosuje się we wszystkich rodzajach procesu mielenia, głównie jednak w procesach mielenia: drobnego – do uziarnienia produktu mielenia poniżej  $50\div 100\ \mu\text{m}$ , oraz bardzo drobnego – poniżej  $10\div 20\ \mu\text{m}$  i koloidalnego – poniżej  $1\div 5\ \mu\text{m}$ . W przemyśle stosuje się je w szerokim zakresie wydajności w technologiach [15]:

- masowych o wydajności  $20\div 60\ \text{Mg/godz.}$  – o ciągłym procesie mielenia w środowisku powietrza,
- średniej wydajności  $0,5\div 20\ \text{Mg/godz.}$  i małej wydajności  $0,01\div 2\ \text{Mg/godz.}$  o ciągłym procesie mielenia w środowisku powietrza lub cieczy,
- małej wydajności  $0,02\div 2\ \text{Mg/godz.}$ , w których proces mielenia zachodzi w sposób okresowy w środowisku powietrza lub cieczy,
- mikrotechnologiach i technologiach specjalnych o wydajności  $0,1\div 20\ \text{kg/godz.}$ , realizowanych w sposób okresowy w środowisku powietrza lub cieczy,
- procesach przygotowania – przez mielenie i homogenizację próbek o masie od  $0,1\ \text{g}$  do kilkuset g do celów analitycznych.

Zalety młynów wibracyjnych, w stosunku do młynów kulowych o tej samej wydajności i tym samym uziarnieniu tego samego produktu mielenia, podał Lowrison [11]. Są to:

- zdecydowanie większe możliwości technologiczne, w tym możliwość uzyskania produktu mielenia o znacznie drobniejszym uziarnieniu, węższej klasie ziarnowej, ziarnach o ostrych krawędziach, oraz możliwość mielenia materiałów o ziarnach płytkowych, np. miki,
- znacznie niższy ( $4\div 10$  razy) pobór mocy,
- znacznie niższa masa młyna ( $4\div 5$  razy) i koszt mielników ( $6\div 8$  razy),
- mniejsza powierzchnia zabudowy młyna ( $3\div 4$  razy) oraz kubatura młynowni ( $4\div 20$  razy),
- prostota łączenia komór młyna z dozownikiem nadawy i urządzeniem odbierającym produkt mielenia; co ułatwia prowadzenie w nich procesu mielenia w atmosferze gazu obojętnego, obniżonym ciśnieniu, a także w podwyższonej lub obniżonej temperaturze (nawet w temperaturze ciekłego azotu),
- możliwość mielenia materiałów tworzących z powietrzem mieszanki wybuchowe.

W stosunku do młynów mieszałowych (atrytorów), młyny wibracyjne wyróżniają się:

- niższym ( $6\div 10$  razy) jednostkowym zapotrzebowaniem energii na mielenie,
- mniejszym zużyciem mielników ( $2\div 4$  razy),
- większym ( $10\div 20$  razy) maksymalnym wymiarem ziaren nadawy,
- mniej skomplikowanym układem mielenia i łatwiejszą obsługą.

Klasyczne młyny wibracyjne mają także wady, to jest: szkodliwość oddziaływania na otoczenie – generowany poziom ciśnienia akustycznego  $95\div 110\ \text{dB}$  [12] i przenoszenie znacznych obciążeń dynamicznych na podłoże. Nie stanowi to jednak problemu, ponieważ wszystkie młyny wyposaża się w dźwiękochłonna-izolacyjne obudowy i odpowiednie fundamenty. Obciążenia dynamiczne występujące w konstrukcji zespołu roboczego młynów wibracyjnych wymagają stosowania monitorowania temperatury łożysk.

Wymagania BHP i ochrony środowiska oraz postęp w konstrukcji tych maszyn spowodowały, że obecnie wprowadzane do przemysłu tego typu młyny wibracyjne są przyjazne dla środowiska – spełniając stosowne normy poziomu ciśnienia akustycznego [14].

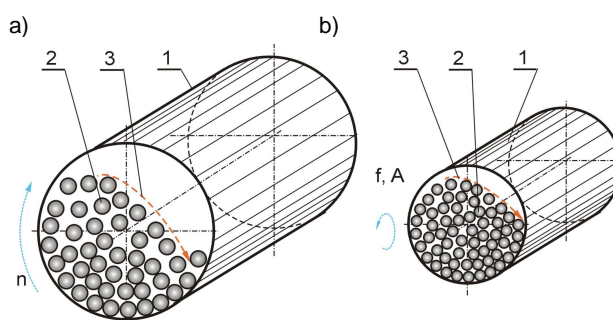
Ze względu na budowę komór różnią się młyny:

- rurowe – (jednorurowe, wielorurowe),
- korytowe,
- toroidalne.

Ze względu na trajektorię ruchu drgającego komory wyróżnia się młyny:

- o trajektorii kołowej (quasi-kołowej),
- o trajektorii eliptycznej,
- o ruchu złożonym (obrotowo-wibracyjnym).

Ze względu na sposób działania: młyny o działaniu ciągłym i okresowym,



Rys.1. Sposób działania młynów: a – kulowego (grawitacyjnego), b – wibracyjnego

1 – komora, 2 – mielniki, 3 – charakter ruchu mielników,  $n$  – prędkość obrotowa komory,  $f$  – częstotliwość drgań,  $A$  – amplituda drgań

Ze względu na cykl pracy układu mielenia: młyny o cyklu otwartym lub zamkniętym.



Sposób działania najczęściej stosowanego rurowego młyna wibracyjnego o quasi-kołowej trajektorii amplitudy drgań oraz młyna kulowego zamieszczono na rysunku 1.

Istotną różnicą działania młyna wibracyjnego, w porównaniu z młynem kulowym, jest sposób przekazywania energii mielnikom. W młynie kulowym mielniki otrzymują energię od obracającej się komory, a ich ruch powoduje siła grawitacji. Możliwość zwiększania energii mielników można realizować głównie przez zwiększanie średnicy komory mielącej, stąd średnice przemysłowych młynów grawitacyjnych mieszczą się w zakresie 3÷6 m. W młynach wibracyjnych mielniki uzyskują energię od drgającej komory i można ją łatwo zwiększać przez podwyższanie częstotliwości i amplitudy drgań, a średnice komór tych młynów nie przekraczają 1 m.

Proces mielenia w młynach wibracyjnych, podobnie jak w młynach kulowych, zachodzi pomiędzy swobodnymi mielnikami, zwykle kulami, rzadko prętami o długości zbliżonej do długości komory oraz pomiędzy mielnikami a wewnętrzną częścią komory. Mielniki o innych kształtach, takich jak na przykład cylpebsy, są rzadko stosowane. W rurowych młynach wibracyjnych komora ma kształt walca, zamkniętego z obu stron przegrodami sitowymi, zatrzymującymi mielniki, a przepuszczającymi mielony materiał. W niektórych rozwiązaniach młynów nadawa wprowadzana jest wprost do komory, wówczas komora ma tylko jedną przegrodę sitową, usytuowaną od strony wylotu zmielonego materiału. Zestaw mielników tworzą zwykle kule o jednakowych wymiarach. Podczas pracy młyna zróżnicowanie wymiarów mielników zachodzi samoczynnie, wskutek ich zużywania się.

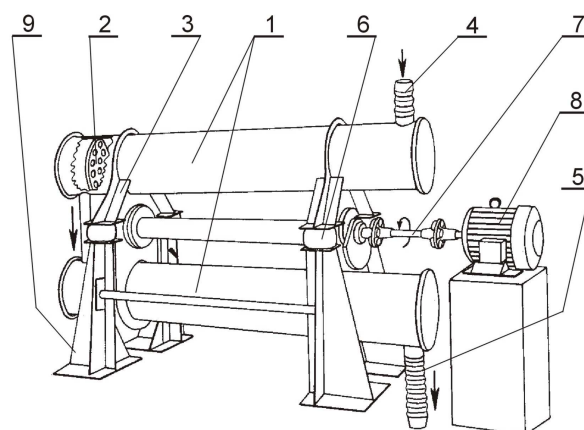
### 3. Rozwiązania konstrukcyjne i podstawowe parametry młynów wibracyjnych

Najczęściej stosowane są rurowe młyny dwukomorowe, z komorami usytuowanymi jedna nad drugą. Takie rozwiązanie czyni młyn konstrukcją uniwersalną, ponieważ zapewnia trzy warianty pracy komór: szeregowy, równoległy i środkowo-równoległy. Rozwiązanie konstrukcyjne tego typu młyna firmy Humboldt typ 35U przedstawiono na rysunku 2.

Na rysunku 3 zamieszczono schematy budowy dwóch rozwiązań konstrukcyjnych rurowych jednokomorowych młynów wibracyjnych.

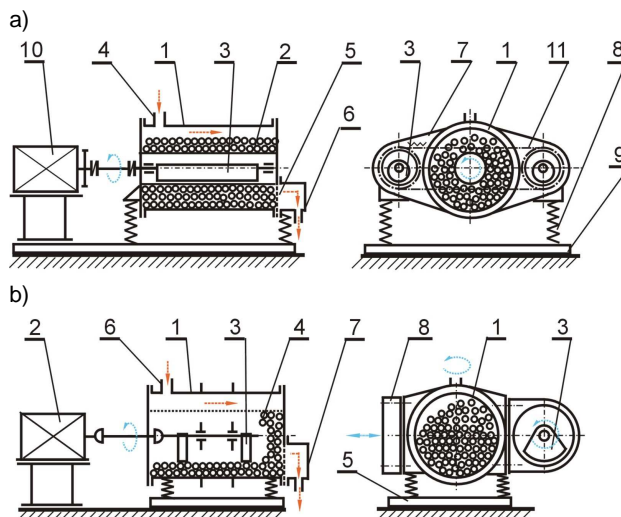
Rysunek 3a przedstawia schemat budowy młyna firmy Metso [24] wyposażonego w wibrator dwumasowy. Młyn ten produkowany tylko w dwóch wielkościach: o mocy 11 kW oraz 74 kW już ponad 40 lat. Rysunek 3b przedstawia schemat budowy młyna o eliptycznej trajektorii ruchu drgającego. Jest to jedna z najnowszych konstrukcji młynów [4] – opatentowana w 1996 r. (US Patent No 08/325.837) przez firmę Siebtechnik. Młyn ten produkowany jest w sześciu podstawowych

wielkościach, z wieloma odmianami o mocy od 1,1 kW do 45 kW.



Rys.2. Dwukomorowy rurowy młyn wibracyjny firmy Humboldt Palla 35U z szeregowym wariantem pracy komór [13]

1 – komora młyna, 2 – przegroda sitowa, 3 – konstrukcja wsporcza, 4 – wlot nadawy, 5 – wylot zmielonego materiału, 6 – elementy sprężyste, 7 – wał wiratora, 8 – silnik, 9 – rama młyna

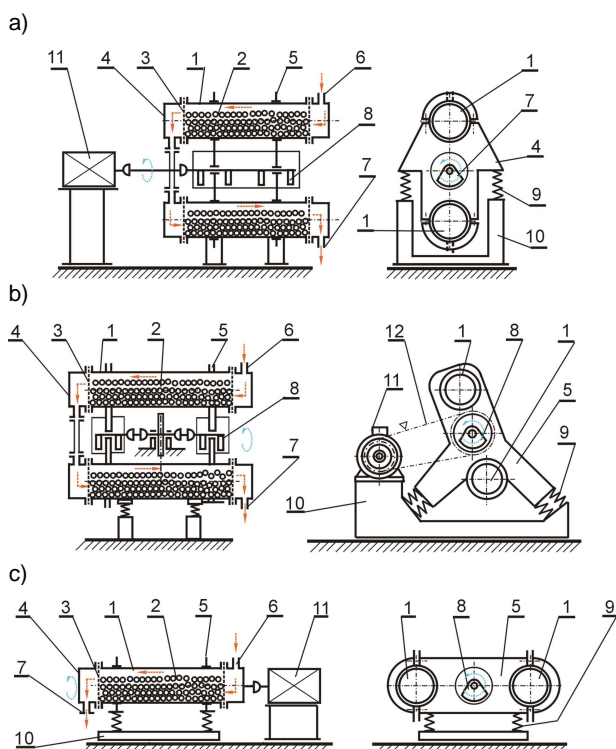


Rys.3. Jednokomorowe młyny wibracyjne: a - młyn o quasi-kołowej amplitudzie drgań [24], b - młyn o eliptycznej amplitudzie drgań [4]

1 – komora, 2 – ładunek, 3 – wibrator, 4 – wlot nadawy, 5 – przegroda sitowa, 6 – wylot produktu mielenia, 7 – konstrukcja wsporcza, 8 – podparcie sprężyste, 9 – rama, 10 – silnik, 11 – przekładnia synchronizacyjna, 12 – obciążnik

Na rysunku 4 zamieszczono trzy najbardziej popularne rozwiązania konstrukcyjne młynów dwukomorowych. Schemat budowy młynów produkowanych w RFN, w Czechach, Japonii, Chinach, Korei Południowej zamieszczono na rysunku 4a [21, 25, 24], młyna GSM 2502 firmy Gämmerler [6] na rysunku 4b oraz młyna Palla 50U [25] w wersji z komorami usytuowanymi obok siebie, w którym możliwa jest tylko równoległa praca komór.

Podstawowe parametry techniczne dużych przemysłowych młynów wibracyjnych, jedno i dwukomorowych podano w tabeli 1, a parametry technologiczne w tabeli 2.



Rys.4. Dwukomorowe młyny wibracyjne: a – młyn z napędem osiowym, b – młyn z napędem bocznym, c – młyn z równoległą pracą komór

1 – komora, 2 – ładunek, 3 – przegroda sitowa, 4 – pokrywa, 5 – konstrukcja wsporcza, 6 – wlot nadawy, 7 – wylot produktu mielenia, 8 – wibrator, 9 – podparcie sprężyste, 10 – rama, 11 – silnik, 12 – przekładnia pasowa

#### Podstawowe parametry techniczne młynów jedno- i dwukomorowych

Tabela 1

Parametr	Jednostki	ESM-656	ESM-856	VBM 3034	Palla 65U	3160/350
Średnica komory	m	0,62	0,81	0,76	0,65	0,6
Długość komory	m	1,23	1,8	0,86	4,0	3,5
Pojemność komory	m <sup>3</sup>	0,22	0,94	0,35	1,33	1,0
Liczba komór w młynie	sztuk	1	1	1	2	2
Łączna pojemność komór	m <sup>3</sup>	0,37	0,94	0,35	2,66	2,0
Prędkość obrotowa wału wibratora	obr/min	1000	1000	1150	1000	1000
Częstotliwość drgań komory	Hz	16,7	16,7	19	16,7	16,7
Amplituda drgań komory- synchron.	mm	6,5	9,5	9,5	---	---
Przyspieszenie ruchu drgającego	m/s <sup>2</sup>	64	64	--	---	---
Masa młyna	Mg	2,6	2,6	6,2	---	7,5
Masa mielników stalowych	Mg	1,4	1,31	1,31	11	6
Moc silnika wibratora	kW	22	74	74	160	75
Wymiary młyna, długość x szerokość x wysokość	m	2,25 x 1,7 x 1,4	2,75 x 2,1 x 1,7	2,75 x 2,1 x 1,7	6,2 x 1,8 x 2,7	5,5 x 2,0 x 2,4
Powierzchnia zabudowy	m <sup>2</sup>	7,5	6,3	6,3	18,5	14,0

#### Niektóre parametry technologiczne młynów jedno- i dwukomorowych

Tabela 2

Parametr	Jednostki	ESM-656	ESM-856	VBM 3034	Palla 65U	3160/350
Mielony materiał		żużel tlenku cynku	żużel tlenku cynku	piasek kwarcowy	kamień wapienny	kamień wapienny
Uziarnienie nadawy	mm	0-25	0-25	0-0,3	1-25	0-6
Uziarnienie produktu mielenia	μm	d <sub>max</sub> 250	d <sub>max</sub> 250	d <sub>80</sub> 75	d <sub>50</sub> 20	d <sub>50</sub> 120
Warunki mielenia	--	sucho	sucho	mokro	--	--
Wydajność całkowita	Mg/h	3	7,5	6,8	10	3,5
Jednostkowy pobór energii	kWh/Mg	17,5	17,5 <sup>a</sup>	10,2 <sup>a</sup>	16,0 <sup>a</sup>	21,4 <sup>a</sup>
Wydajność z 1 m <sup>3</sup> komór	Mg/h m <sup>3</sup>	13,6	13,6	19,4	3,8	1,75

<sup>a</sup> – wartości obliczone

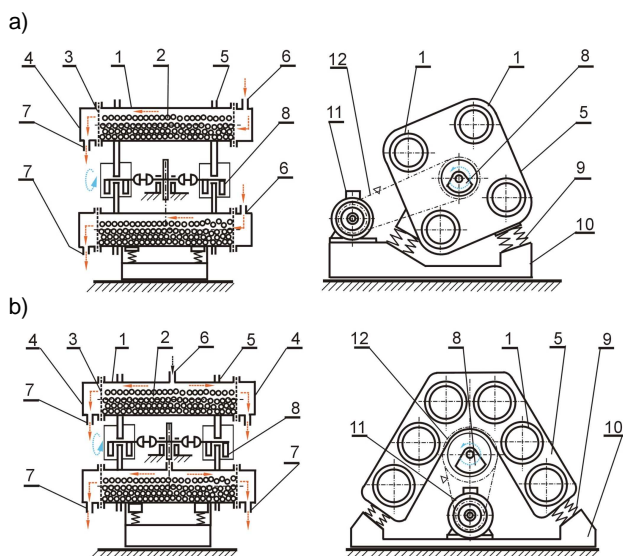
Wydajność młyna ESM-856 obliczono na podstawie wydajności młyna ESM-656. Duże zróżnicowanie wydajności oraz wydajności z 1 m<sup>3</sup> objętości komór, wynika z mielenia materiałów o bardzo różniących się właściwościach fizycznych oraz całkowicie różnych parametrach uziarnienia nadawy i produktu mielenia.

Uniwersalność technologiczna młynów wielokomorowych polega na dużej elastyczności w zakresie wydajności młyna oraz uziarnienia nadawy i produktu mielenia. Można to uzyskać przez zmianę czasu przebywania materiału w młynie tym samym czasie, w który zachodzi jego mielenie.

Taką możliwość zapewnia łatwa zmiana sposobu pracy młyna (przez odpowiednie połączenie komór z zasilaczem) z szeregową komór na równoległą, lub środkowo-równoległą z zasilaniem komór w środku. Jest to możliwe w młynach wielokomorowych. Stąd przy mieleniu materiału o „grubszym” uziarnieniu, niewielkiej podatności na mielenie, względnie konieczności uzyskania jak najbardziej drobnego produktu mielenia, komory łączy się szeregowo, to znaczy materiał po zmieleniu w komorze górnej jest domielany w komorze dolnej – rysunek 4a i b, a nawet w trzeciej, najniższej usytuowanej – w młynie sześciokomorowym – rysunek 5b. Przy „drobniejszym” uziarnieniu nadawy, materiale o średniej podatności na mielenie, względnie przy „grubszym” uziarnieniu produktu mielenia, komory mogą pracować w układzie równoległym – rysunek 4c i 5a – to znaczy każda z komór może być zasilana odrębnie. Ten wariant zwiększa znacznie wydajność młyna.

W przypadku mielenia materiałów o dużej podatności na mielenie i mniejszych wymaganiach odnośnie uziarnienia produktu mielenia, komory można zasilać w środku, a zmielony materiał odbierać z obu stron komory. Przykład takiego zasilania komór podano na

rysunku 5b. Taki sposób pracy komór zapewnia możliwość uzyskania największej wydajności młyna.



Rys. 5. Schematy konstrukcji młynów [5, 7]: a) czterokomorowy z równoległym połączeniem komór, b) sześciokomorowy ze środkowo-równoległym połączeniem komór

1 – komora, 2 – ładunek (mielniki z mielony materiałem), 3 – przegroda sitowa, 4 – pokrywa, 5 – konstrukcja wsporcza, 6 – wlot nadawy, 7 – wylot zmielonego materiału, 8 – wibrator, 9 – podparcie sprężyste, 10 – rama, 11 – silnik, 12 – przekładnia pasowa

#### Podstawowe parametry techniczne młynów trzy-, cztero- i sześciokomorowych

Tabela 3

Parametr	Jednostki	4220/05-30 [1]	GSM 2504 [5]	GSM 2506 [7]
Średnica komory	m	0,54	0,53	0,53
Długość komory	m	3,5	2,12	2,12
Pojemność komory	m <sup>3</sup>	0,74	0,47	0,47
Liczba komór	sztuk	3	4	6
Łączna pojemność komór	m <sup>3</sup>	2,23	1,88	2,82
Prędkość obrotowa wału wibratora	obr/min	1500	1000÷1500	1000
Moc silników	kW	132	110	160-200
Masa mielników	Mg	10,6	6÷7	10,8
Masa młyna z ramą (bez mielników)	Mg	8,5	10,9	24,5
Powierzchnia zabudowy	m <sup>2</sup>	27,5	12,5	14,5
Mielony materiał	--	kaolin	żwir	żwir
Uziarnienie nadawy	mm	< 8	< 30	< 30
Uziarnienie zmielonego materiału	mm	< 0,12	< 0,5	< 0,5
Wydajność młyna	Mg/h	20	35÷50	40÷60

Możliwość zmiany połączenia komór przewiduje większość firm produkujących wielokomorowe młyny wibracyjne. Oznacza to, że użytkownik może tę operację przeprowadzić w eksploatowanym przez siebie młynie. Jedyną trudnością jest odpowiednie dostosowanie układu zasilania młyna. Zabieg ten ma ważne

znaczenie, przy zmianie uziarnienia nadawy, uziarnienia zmielonego materiału oraz rodzaju mielonego materiału.

Podstawowe parametry techniczne i technologiczne dużych przemysłowych młynów wibracyjnych, trzy-, cztero- i sześciokomorowych podano w tabeli 3.

Wydajność młynów wibracyjnych przy ustalonych parametrach konstrukcyjnych i kinematycznych jest bardzo silnie uwarunkowana:

- rodzajem mielonego materiału,
- uziarnieniem nadawy,
- uziarnieniem produktu mielenia,
- warunkami mielenia (środowiskiem, budową instalacji mielącej).

Młyn o eliptycznej trajektorii amplitudy drgań, typ ESM 656, w zależności od podanych wyżej warunków, uzyskuje wydajność od 0,18 Mg/godz – przy mieleniu węgla krzemowego o twardości 9,5 w skali Mohsa (o uziarnieniu nadawy 100% poniżej 16 μm do uziarnienia 100% poniżej 8 μm). Przy mieleniu kwarcu o twardości 7 w skali Mohsa (o uziarnieniu nadawy 100% poniżej 100 μm do uziarnienia produktu mielenia 100% poniżej 40 μm) zdecydowanie większą – 2 Mg/godz. Natomiast przy mieleniu żużla tlenku cynku (o uziarnieniu nadawy 100% poniżej 25 mm do uziarnienia 100% poniżej 0,25) – wydajność 3 Mg/godz. [10].

W przypadku młyna Palla 50U przy uziarnieniu nadawy od 1 mm do 25 mm ten sam młyn uzyskuje produkt mielenia od 0,1 mm do 2 mm – pracując w cyklu otwartym oraz od 30 μm do 100 μm pracując w cyklu zamkniętym, uzyskując wydajność w zakresie od 0,1 Mg/godz do 25 Mg/godz. [25]. Przykładowo przy mieleniu kamienia wapiennego do uziarnienia d<sub>50</sub> 20 μm wydajność młyna wynosi 10 Mg/godz, a przy mieleniu bazaltu do uziarnienia d<sub>75</sub> 90 μm wydajność młyna wynosi 2 Mg/godz

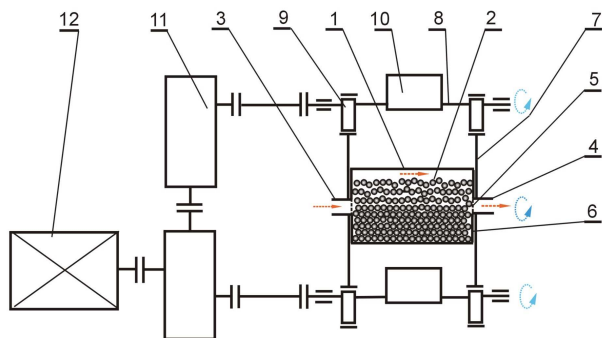
Nowa generacja młynów o eliptycznej trajektorii amplitudy drgań umożliwia obniżenie o ponad 50% jednostkowego poboru energii w stosunku do młynów o quasi-kołowej trajektorii amplitudy drgań oraz ma możliwość budowy jednostek modułowych [10].

Prototyp młyna wibracyjnego o kinematycznym wymuszeniu ruchu drgającego do mielenia kwarcytowej rudy złota opracowała firma Lurgi w Republice Południowej Afryki [8]. Młyn ten nazwano „centrifugal mill”, ze względu na kołową trajektorię amplitudy drgań i sposób wymuszenia ruchu drgającego. Młyn ten przy niewielkich wymiarach komory Φ1 x 1,2 m, ma zainstalowaną gigantyczną moc 1400 kW.

Największa moc młyna o bezwładnościowym wymuszeniu ruchu drgającego osiąga 200 kW [20]. Schemat budowy tego młyna zamieszczono na rysunku 6. W tej pracy podano także wyniki badań młyna doświadczalnego o zainstalowanej mocy 55 kW wypo-



sażonego w komorę o wymiarach  $\Phi$  0,25 x 0,35 m, o pojemności komory 17,2 dm<sup>3</sup>. Młyn ten ma największy wskaźnik mocy przypadającej na jednostkę pojemności komory jaki mają młyny wibracyjne. Przy tej niewielkiej komorze młyn osiągnął wydajność 1,12 Mg/godz. Ze względu na obciążenie termiczne komory, proces mielenia może być prowadzony w nim tylko w środowisku wody.



Rys.6. Schemat konstrukcji jednokomorowego młyna wibracyjnego z wibratorem kinematycznym [24]

1 – komora, 2 – ładunek, 3 – wlot nadawy, 4 – wylot produktu mielenia, 5 – przegroda sitowa, 6 – pokrywa, 7 – konstrukcja wsporcza, 8 – wał wibratora, 9 – mimośród, 10 – obciążnik, 11 – przekładnia synchronizacyjna, 12 – silnik

#### 4. Przykład zastąpienia młynów kulowych młynami wibracyjnymi

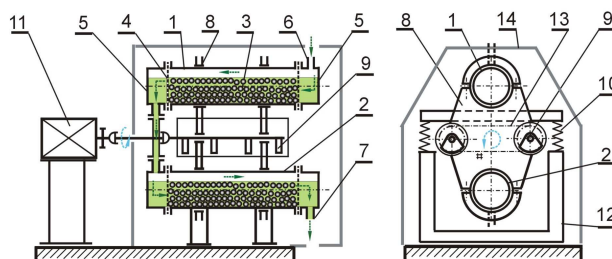
W Zakładach Chemicznych „Alwernia” produkowano tlenek chromu, który wymagał zmielenia do uziarnienia poniżej 0,05% p.n.s. 0,063 mm. Mielono go w czterech młynach grawitacyjnych o działaniu okresowym, w czasie 4 godzin. Młyny miały uciążliwą ręczną obsługę, wysoki poziom ciśnienia akustycznego 95÷100 dBA, przy trudnej do opanowania emisji pyłu oraz częstych problemów technologicznych związanych z uzyskaniem wymaganego uziarnienia mielonego materiału.

W 2000 roku młyny grawitacyjne zastąpiono początkowo jednym młynem wibracyjnym o niskiej częstotliwości drgań oznaczonym symbolem MW-A-150, o znacznie niższej szkodliwości na otoczenie – poziomie ciśnienia akustycznego 84 dB. Proces mielenia zachodził w nim w sposób ciągły, na sucho, w cyklu otwartym [15, 18]. Po roku pracy młyn zmodernizowano, przystosowując go do mielenia na mokro, a młynownie rozbudowano o młyn wstępny – również wibracyjny. Głównym zadaniem technologicznym tego młyna było rozdrobnienie zanieczyszczeń, które pojawiały w produkowanym tlenku chromu, a konkretnie kawałków wymurówki z pieca, bardzo twardych spineli wytworzonych w piecu wskutek dostania się do pieca części metalicznych.

Schemat budowy prototypowego młyna wibracyjnego MW-A-150m – do mielenia na mokro przedstawiono na rysunku 7, jego widok rysunku 8a i b. Schemat układu mielenia z obu młynami na rysunku 9.

Młyn ten może pracować z szeregowym lub równoległym połączeniem komór oraz dwoma wariantami trajektorii amplitudy drgań:

- quasi-kołową – przy napędzie obu wałów wibratora z obu silników i założonym na przekładni synchronizacyjnej łańcuchu,
- eliptyczną – przy napędzie jednego wału wibratora z jednego silnika i zdemonstrowanym łańcuchu.



Rys.7. Schemat budowy młyna wibracyjnego MW-A-150m

1 – komora górna, 2 – komora dolna, 3 – ładunek, 4 – przegroda sitowa, 5 – pokrywa, 6 – wlot zawiesiny, 7 – wylot zmielonej zawiesiny, 8 – konstrukcja wsporcza, 9 – wibrator, 10 – podparcie sprężyste, 11 – silnik, 12 – rama, 13 – przekładnia, 14 – obudowa

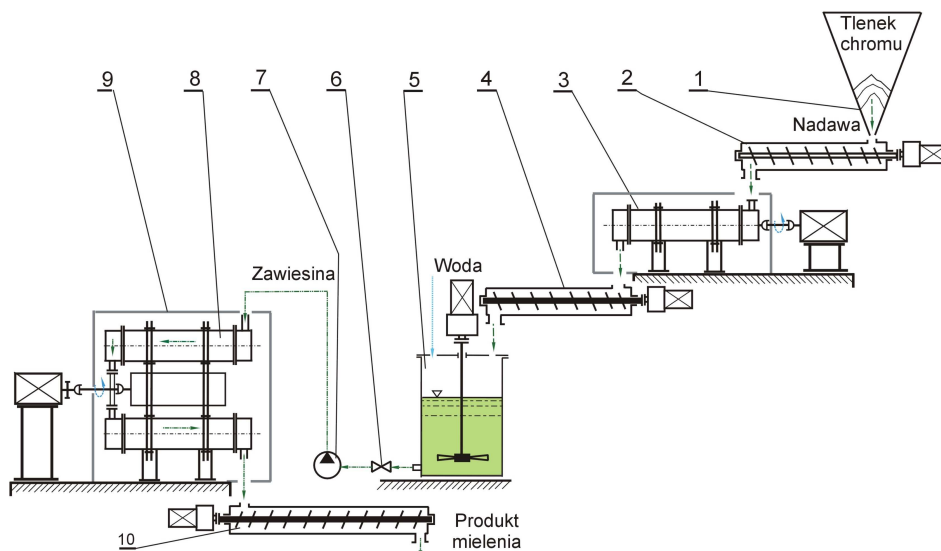
a)



b)



Rys.8. Młyn wibracyjny MW-A-150m: a) podczas przeglądu, b) podczas pracy



Rys.9. Schemat technologiczny młynowni tlenku chromu z młynami wibracyjnymi [19]

1 – zbiornik nadawy, 2 – dozownik ślimakowy, 3 – wstępny młyn wibracyjny MW-B-80, 4 – przenośnik ślimakowy, 5 – mieszalnik, 6 – zawór, 7 – pompa, 8 – finalny młyn wibracyjny MW-A-150m, 9 – obudowa młyna finalnego, 10 - przenośnik ślimakowy odbierający

W tabeli 4 podano parametry techniczne i technologiczne młynowni wyposażonej w młyny kulowe oraz alternatywnej młynowni wyposażonej w prototypowe młyny wibracyjne.

**Parametry młynów wibracyjnych i kulowych – grawitacyjnych do mielenia tlenku chromu w Zakładach Chemicznych [15, 17, 18]**

Tabela 4

Parametr	Jednostki	Młyny kulowe, PZBM MAKRUM	Młyny wibracyjne opracowane w AGH
Ilość	sztuk	4	1 + 1 = 2
Łączna pojemność komór	m <sup>3</sup>	4 × 2,6 = <b>10,4</b>	0,15 + 0,08 = <b>0,23</b>
Moc silników młynów	kW	4 × 11 = <b>44</b>	15 + 5,5 = <b>20,5</b>
Łączna masa mielników	Mg	2,8	0,36
Łączna masa młynów	Mg	4 × 4,0 = <b>16,0</b>	2,6 + 1,7 = <b>4,3</b>
Powierzchnia zabudowy	m <sup>2</sup>	10,5	42
Wydajność młynowni	Mg/h	0,20	0,20
Uziarnienie nadawy	% p.n.s. 0,5 mm	5÷8	5÷8
Uziarnienie zmielnego tlenku	% p.n.s. 63 μm	poniżej 0,05	poniżej 0,05
Sposób pracy	–	okresowy	ciągły
Poziom ciśnienia akustycznego	dB	95÷105	83÷84
Wydajność jednostkowa	Mg/godz m <sup>3</sup>	0,019	0,87

Na korzyść młynów wibracyjnych świadczy również całkowite wyeliminowanie ręcznej pracy przy obsłudze młynów oraz o ponad połowę niższe zapotrzebowanie energii na mielenie tlenku chromu – materiału o twardości 8 w skali Mohsa.

Ponad dziesięcioletnia eksploatacja młynowni potwierdziła jej dobre parametry użytkowe oraz pełną przydatność technologiczną.

Młynownia ta przy mieleniu innych materiałów, na przykład kamienia wapiennego, przy uziarnieniu nadawy do 10 mm, w zależności od uziarnienia produktu mielenia, miałaby znacznie większą wydajność około 0,5÷2 Mg/godz.

**5. Podsumowanie**

Wzrost wymagań technologicznych stawianych wytwarzanym proszkom, takich jak wysoki stopień dyspersji, odpowiednie uziarnienie, przy możliwie niskich kosztach wytworzenia proszku powoduje, że coraz częściej młyny kulowe zastępowane są przez młyny wibracyjne. Ma to miejsce w wielu przemysłach: ceramicznym – w bardzo wielu jego gałęziach, w szczególności ceramicznych materiałów budowlanych i ceramiki specjalnej, chemicznym, farmaceutycznym, hutnictwie, surowców mineralnych, inżynierii materiałowej – przy mieleniu wielu materiałów o specjalnych wymaganiach technologicznych, w tym wytwarzaniu nanoproszków i nanostruktur w zaawansowanych technologiach.

Postęp techniczny w zakresie nowych materiałów konstrukcyjnych i elementów maszyn – na przykład ceramicznych łożysk tocznych przeznaczonych do maszyn wibracyjnych, które mogą pracować w temperaturach do 400°C, umożliwiają budowę nowych konstrukcji młynów wibracyjnych o bardzo dobrych parametrach technicznych i technologicznych nie wymagających chłodzenia węzłów łożyskowania układami z medium ciekłym. Upraszcza to ich budowę i obsługę oraz obniża koszty wykonania młynów. Postęp ma

miejsce również w dziedzinie nowych tworzyw dźwiękochłonnych i dźwiękoizolacyjnych, co zapewnia budowę tanich obudów, spełniających stosowne normy BHP i ochrony środowiska.

Przykład zastosowania młynów wibracyjnych w Zakładach Chemicznych „Alwernia” oraz ponad dziesięcioletnie jego użytkowanie, wskazuje na konkretne korzyści uzyskane przez zastąpienie młynów kulowych młynami wibracyjnymi.

Pozytywne wyniki mielenia wielu materiałów pochodzenia mineralnego [8, 23, 24, 25], w tym otrzymywania paliw w postaci wodnych zawiesin lub suspensji węgla do celów energetycznych [20], wskazują na możliwość zastosowania tych młynów również w inżynierii mineralnej.

## Literatura

1. Aubema (Aulmann & Beckschulte Maschinenfabrik) 5275 Bergneustadt 1 – Materiały firmowe 2003.
2. Chichelnicky S.: Milling as a nanoparticle preparation technique. Ben-Gurion University of the Negev 2006.
3. Drzymała Z., Dzik T., Guzik J., Kaczmarczyk S., Kurek B., Sidor J.: Badania i podstawy konstrukcji młynów specjalnych. PWN, Warszawa 1992.
4. Exzenter-Schwingmühle ESM, Siebtechnik GmbH, Mülheim an der Ruhr, Niemcy, Materiały firmowe, 2002.
5. Gämmerler H.: Neuentwickelte Vierrohr-Schwingmühle, Aufbereitungs-Technik nr 4, 1972, s. 244-247.
6. Gämmerler H.: Neukonstruktion einer Zweirohr-Schwingmühle mit Mitteltrieb. Aufbereitungs-Technik Nr 12, 1972, s. 793-795.
7. Gämmerler H.: Einrohr- und Sechrohr-Schwingmühlen als Begrenzungen einer Typenreihe für den Produktionseinsatz. Aufbereitungs-Technik Nr 3, 1973, 173-175.
8. Grizina K., Meiler H., Rosenstock F.: Die Zentrifugalmühle – eine neuartige Zerkleinerungsmaschine für Erze und mineralische Rohstoffe. Aufbereitungs-Technik Nr 6, 1981, 303-308.
9. Höfl K. : Zerkleinerungs- und Klassiermaschinen. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. Leipzig 1985.
10. Kurrer K.E., Gock E.: Exzenter-Schwingmühlen für die Feinstzerkleinerung – eine kinematische Analyse, Zement-Kalk-Gips Nr 7, Vol. 50, 1997 pp. 362-373.
11. Lowrison G.Ch.: Crushing and Grinding. London, Butterworths 1974.
12. Palla-Schwingmühlen, Materiały firmowe KHD Humboldt Wedag 2-171-d, Niemcy, Köln 1982.
13. Schubert H.: Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe. Leipzig, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1989.
14. Sidor J., Majchrzak T.: Wstępne badania emisji hałasu przez przemysłowy młyn wibracyjny o niskiej częstotliwości drgań. Structural Acoustic and Mechanics for Environmental Protection 2000 Vol. IX. Ed. by Polish Acoustic Society, Dep. Cracow. Kraków 2000, 45-48.
15. Sidor J.: Badania, modele i metody projektowania młynów wibracyjnych. Rozprawy Monografie nr 150, UWND AGH, Kraków 2005.
16. Sidor J.: Mechanical devices used for production of metallic, ceramic-metallic alloys or nanomaterials, Archives of Metallurgy and Materials, vol. 52, 2007 p.407-414.
17. Sidor J., Jałowicz M.: Zwiększenie efektywności procesu mielenia młyna wibracyjnego przez zmianę konstrukcji komór. Problemy Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Monografie AGH nr 40, s. 227-239.
18. Sidor J.: Opracowanie konstrukcji młyna wibracyjnego do bardzo drobnego mielenia na mokro tlenku chromu. Inżynieria i Aparatura Chemiczna nr 4, 2009, s.114-115.
19. Sidor J.: Rozwój technologii wytwarzania proszków z zastosowaniem młynów wibracyjnych. Powder & Bulk Materiały Sypkie i Masowe (w druku).
20. Ślęczka A.: Zawiesinowe paliwa węglowo-wodne (ZPWW), mielenie węgla. Zeszyty Naukowe Górnictwo, Politechnika Śląska 2004 z. 260, s. 619-628.
21. Vibračni mlýny Přerovských stroíren, Informace technické Přerovské stroíreny, Stavivo 1971 nr 12, 32
22. www.metsominerals.co.uk, 2010
23. www.rtec.fr, 2010
24. www.jhwf.com/en/productshow, 2010
25. www.humboldtWedag.co.za/comminution, 2010

*Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2010 r.  
Recenzent: prof.dr hab.inż. Antoni Kalukiewicz*



## Badania laboratoryjne wpływu parametrów pokładu sitowego na rozdział materiału w osadzarce pulsacyjnej w zależności od charakterystyki nadawy

### Streszczenie

Parametry ruchu pulsacyjnego wody w osadzarce pulsacyjnej zapewniają odpowiednią skuteczność rozdziału wzbogacanego materiału oraz wydajność urządzenia. Jednym z wielu czynników mających wpływ na jakość parametrów wzbogacanego w osadzarce materiału jest rodzaj roboczego pokładu sitowego. W artykule zamieszczono wyniki badań wpływu wybranych parametrów pokładu sitowego na proces rozdziału wzbogacanego materiału w zależności od charakterystyki nadawy. Badania laboratoryjne wykazały, że istniejąca zależność pomiędzy oporami przepływu wody przez otwory sit a charakterystyką ruchu pulsacyjnego wody w osadzarce, pozwala na jej dostosowanie do charakterystyki wzbogacanego materiału między innym poprzez dobór odpowiednich parametrów pokładu sitowego w komorze roboczej osadzarki.

### Summary

Parameters of pulsating movement of water in a pulsatory jig ensure suitable efficiency of separation of processed material and suitable efficiency of equipment. Type of operational screen deck is one of many factors, which have an impact on quality of material parameters beneficiated in a jig. Results of tests of impact of selected parameters of screen deck on distribution of processed material depending on feed characteristics were presented in the paper. Laboratory tests showed that relationship between resistance of water flow through screen holes and characteristics of pulsating movement of water in a jig enables to adapt characteristics of pulsating movement to characteristics of processed material, among others by selection of suitable parameters of screen deck in a chamber of operational jig.

## 1. Wprowadzenie

Zasada pracy osadzarek opiera się na pulsacyjnym działaniu wody, doprowadzanej przez otwory pokładu sitowego, na warstwę rozdzielanego materiału, znajdującego się na tym pokładzie. Proces wzbogacania materiału nie przebiega w warunkach swobodnego opadania ciał stałych w ośrodku ciekłym ze względu na wzajemne oddziaływanie ziaren na siebie [1, 2]. Powoduje to występowanie w łożu różnic ciśnień statycznych oraz prądów wznoszących wywoływanych przez szybciej opadające ziarna. Dla uzyskania warunków technologicznych, umożliwiających prawidłowy rozdział ziaren materiału surowego charakterystyka ruchu pulsacyjnego wody powinna być dostosowana do charakterystyki nadawy oraz wymagań jakościowych produktów wzbogacania.

Występujące pomiędzy kolejnymi przedziałami osadzarki różnice w ilości oraz składzie granulometrycznym materiału powodują ograniczoną możliwość regulacji technologicznych charakterystyki ruchu wody w oparciu o nastawy pracy talerzowych zaworów pulsacyjnych. W związku z powyższym dla poprawy skuteczności procesu wzbogacania uzasadnione jest wprowadzenie dodatkowej regulacji parametrów pulsacyjnych przepływu wody na długości koryta roboczego osadzarki. Jednym z czynników mających wpływ na parametry pulsacji jest rodzaj roboczego pokładu sitowego, na którym odbywa się pulsacyjny ruch warstwy materiału.

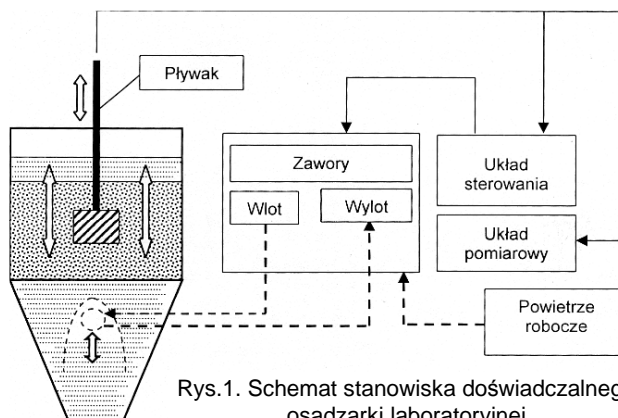
Zróznicowanie parametrów pokładów sitowych pomiędzy przedziałami oraz w obszarze pojedynczego przedziału może korzystnie wpłynąć na efektywność regulacji ruchu pulsacyjnego, a tym samym umożliwić wzrost skuteczności procesu wzbogacania.

Niniejszy artykuł przedstawia wyniki badań laboratoryjnych wpływu parametrów pokładu sitowego na rozwarstwienie materiału, w zależności od charakterystyki wzbogacanego materiału [3].

## 2. Badania laboratoryjne

### 2.1. Metoda badań

Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych na stanowisku badawczym osadzarki laboratoryjnej, którego schemat pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska doświadczalnego osadzarki laboratoryjnej

Do badań przygotowano dwie nadawy, w klasie ziarnowej 16–6 mm, złożone z różnych udziałów trzech frakcji gęstościowych:

- ziarna koncentratowe o gęstości  $< 1,5 \text{ g/cm}^3$ ,
- ziarna przerostowe o gęstości  $1,5\text{--}1,8 \text{ g/cm}^3$ ,
- ziarna odpadowe o gęstości  $> 1,8 \text{ g/cm}^3$ .

Dodatkowo przed wypełnieniem powyższym materiałem komory osadzarki, na pokładzie sitowym umieszczano warstwę żwiru o gęstości  $2,65 \text{ g/cm}^3$  i uziarnieniu 20–10 mm.

Przygotowano również dwa zbiory ziaren znakowanych w klasie ziarnowej 16–6 mm:

- koncentratowych o gęstości  $< 1,5 \text{ g/cm}^3$ ,
- przerostowych o gęstości  $1,5\text{--}1,8 \text{ g/cm}^3$ .

Doświadczenia prowadzono przy stałych parametrach pulsacji:

- częstotliwość  $60 \text{ min}^{-1}$
- faza wlotu powietrza 0–20% (cyklu pulsacji)
- faza wylotu powietrza 60–80% (cyklu pulsacji)
- średnie ciśnienie powietrza roboczego 11–14,0 kPa.

Przyjęto trzy czasy doświadczeń: 30, 45, i 60 s.

Po zakończeniu każdego doświadczenia rozwarstwiony materiał był dzielony na trzy warstwy o grubościach, w przybliżeniu odpowiadających wyliczonym wysokościami warstw frakcji materiału wyjściowego.

Skuteczność rozdziału była określana na podstawie zawartości ziaren znakowanych w kolejno analizowanych warstwach wzbogaconego materiału.

W badaniach wykorzystano cztery rodzaje sit perforowanych, o otworach okrągłych, których parametry zamieszczono w tabeli 1.

#### Zestawienie parametrów sit laboratoryjnych

Tabela 1

Typ sita	Numer sita	Wielkość otworu (mm)	Współczynnik prześwitu (%)
Blacha perforowana	1	4	22,8
	2	4	40,4
	3	10	22,8
	4	10	40,4

W trakcie przeprowadzania badań laboratoryjnych dokonano pomiaru ruchu pulsacyjnego wody w komorze roboczej osadzarki laboratoryjnej. Na podstawie rejestracji pomiarów krzywej pulsacji lustra wody, dla każdego badanego sita określono wartość skoku pulsacji oraz udziały poszczególnych faz w cyklu pulsacji. Zebrane wielkości zestawiono w tabeli 2.

#### Zestawienie parametrów pulsacji

Tabela 2

Parametry pulsacji		Numer sita			
		1	2	3	4
Skok pulsacji (cm)		5,47	5,95	5,84	5,91
Fazy pulsacji	Wznoszenie (%)	40,80	41,00	40,10	41,30
	Podtrzymanie (%)	26,40	26,30	26,60	26,70
	Opadanie (%)	32,80	32,70	33,30	32,00

## 2.2. Wyniki badań

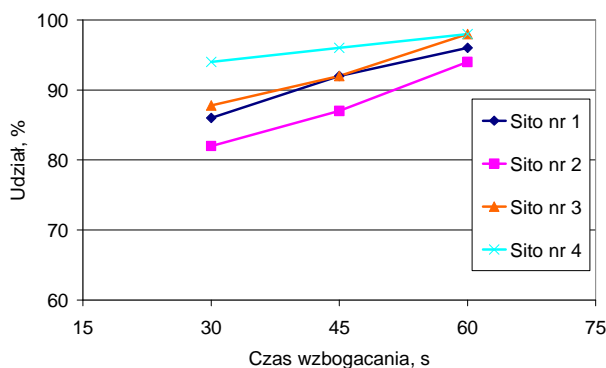
### Wzbogacanie nadaw z dużą zawartością frakcji odpadowych (nadawa I)

Badania laboratoryjne wzbogacania nadawy charakteryzującej się znacznym udziałem frakcji ciężkiej o gęstości większej  $> 1,8 \text{ g/cm}^3$ , wynoszącym 40,0% wykazały, że w zależności od rodzaju sita stosowanego w komorze roboczej, dającego zmianę parametrów przepływu pulsacyjnego wody przez rozdzielany gęstościowo materiał, uzyskiwano w trakcie rozwarstwiania materiału wysoką skuteczność rozdziału ziaren frakcji koncentratowych lub przerostowych. Wyniki rozdziału nadawy charakteryzującej się dużą zawartością frakcji odpadowych zebrano w tabelach 3 i 4 oraz zobrazowano graficznie na rysunkach 2 i 3.

#### Zestawienie udziałów frakcji $< 1,5 \text{ g/cm}^3$ w warstwie koncentratowej – Nadawa I

Tabela 3

Warstwa I	4 mm		10 mm		
	Współczynnik prześwitu, %				
	22,80	40,40	22,80	40,40	
Udziały frakcji $< 1,5 \text{ g/cm}^3$	30 s	86	82	87,8	94
	45 s	92	87	92	96
	60 s	96	94	98	98

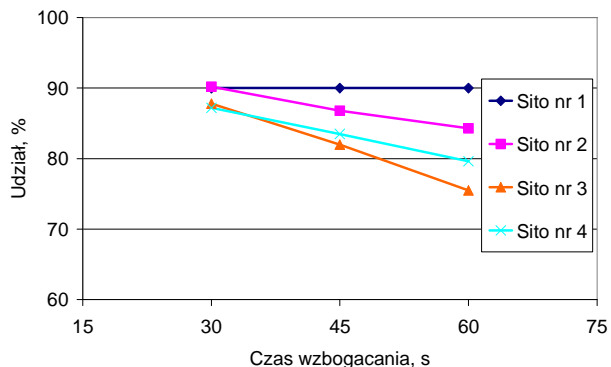


Rys. 2. Zestawienie udziałów frakcji  $< 1,5 \text{ g/cm}^3$  w warstwie koncentratowej – Nadawa I

#### Zestawienie udziałów frakcji $1,5\text{--}1,8 \text{ g/cm}^3$ w warstwie przerostowej – Nadawa I

Tabela 4

Warstwa II	4 mm		10 mm		
	Współczynnik prześwitu, %				
	22,80	40,40	22,80	40,40	
Udziały frakcji $1,5\text{--}1,8 \text{ g/cm}^3$	30 s	90	90,2	87,8	87,2
	45 s	90	86,8	82	83,5
	60 s	90	84,3	75,5	79,6



Rys. 3. Zestawienie udziałów frakcji  $1,5\text{--}1,8 \text{ g/cm}^3$  w warstwie przerostowej – Nadawa I

Dla przyjętego zakresu czasu wzbogacania od 30 do 60 s, największą skuteczność rozdziału frakcji koncentratowych o gęstości  $< 1,5 \text{ g/cm}^3$  uzyskano w próbach z sitem perforowanym nr 4. Wynosiła ona od 94,0 do 98,0%. Sito nr 4 charakteryzowało się dużymi otworami oraz znacznym prześwitem, co powodowało, że skok pulsacji wody należał do największych. Udział fazy wznoszącej był relatywnie duży, natomiast opadająca krótki.

Najmniejszą skuteczność rozdziału frakcji  $< 1,5 \text{ g/cm}^3$  w przedziale 82–96% odnotowano w próbach z sitami nr 1 i 2, charakteryzującymi się małymi otworami.

Jednocześnie zastosowanie sit nr 1 i 2 umożliwiało uzyskanie największej skuteczności rozdziału frakcji przerostowych o gęstości  $1,5\text{--}1,8 \text{ g/cm}^3$ , która w próbach z sitem nr 1 wyniosła 90,0% a z sitem nr 2 od 90,2% do 84,3%.

### Wzbogacanie nadaw z dużą zawartością frakcji koncentratowych (nadawa II)

Wyniki badań osadzkowego wzbogacania nadawy II charakteryzującej się znacznym udziałem ziaren frakcji koncentratowych o gęstości  $< 1,5 \text{ g/cm}^3$ , wynoszącym 54,0% wykazały (podobnie jak w przypadku prób z nadawą I), że stosując różne sита dla modyfikacji parametrów ruchu pulsacyjnego wody, możliwe jest uzyskanie wysokiej skuteczności rozdziału ziaren frakcji koncentratowych lub przerostowych.

Skuteczność rozdziału ziaren o gęstości  $< 1,5 \text{ g/cm}^3$ , dla większości sit, tj. nr 2, 3 i 4, była wysoka i mieściła się w zakresie od 98,0 do 100,0%. W przypadku sita nr 1 o małych otworach i prześwicie była niższa i wyniosła od 92,2 do 96,0%. Jednocześnie parametry sita nr 1 pozwalały na uzyskanie wysokiej skuteczności rozdziału ziaren frakcji przerostowych, o gęstości  $1,5\text{--}1,8 \text{ g/cm}^3$ , która wyniosła od 89,8 do 90,0%.

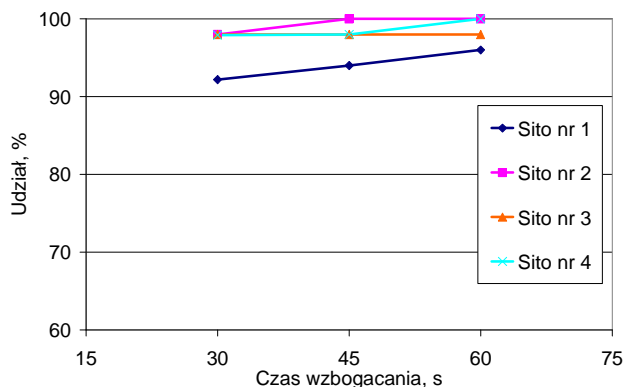
Uogólniając można stwierdzić, że im większy wskaźnik prześwitu, a więc im mniejsze opory przepływu strumienia pulsacyjnego wody przez sito, dające wzrost rozluźnienia łoża, tym szybciej następuje rozwarstwianie frakcji koncentratowych i jednocześnie, wraz z wydłużaniem czasu wzbogacania, zwiększa się rozproszenie ziaren przerostowych.

Wyniki rozdziału nadawy II zamieszczono w tabelach 5 i 6 oraz przedstawiono na rysunkach 4 i 5.

#### Zestawienie udziałów frakcji $< 1,5 \text{ g/cm}^3$ w warstwie koncentratowej – Nadawa II

Tabela 5

Warstwa I		4 mm		10 mm	
		Współczynnik prześwitu, %			
		22,80	40,40	22,80	40,40
Udziały frakcji $< 1,5 \text{ g/cm}^3$	30 s	92,2	98	98	97,9
	45 s	94	100	98	98
	60 s	96	100	98	100

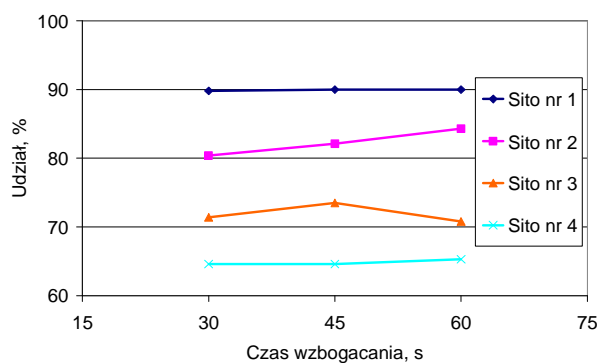


Rys.4. Zestawienie udziałów frakcji  $< 1,5 \text{ g/cm}^3$  w warstwie koncentratowej – Nadawa II

#### Zestawienie udziałów frakcji $1,5\text{--}1,8 \text{ g/cm}^3$ w warstwie przerostowej – Nadawa II

Tabela 6

Warstwa II		4 mm		10 mm	
		Współczynnik prześwitu, %			
		22,80	40,40	22,80	40,40
Udziały frakcji $1,5\text{--}1,8 \text{ g/cm}^3$	30 s	89,8	80,4	71,4	64,6
	45 s	90	82,1	73,5	64,6
	60 s	90	84,3	70,8	65,3



Rys.5. Zestawienie udziałów frakcji  $1,5\text{--}1,8 \text{ g/cm}^3$  w warstwie przerostowej – Nadawa II

### 3. Podsumowanie

Badania laboratoryjne skuteczności gęstościowego rozwarstwiania nadaw węglowych o zróżnicowanym składzie grawimetrycznym wykazały, że istniejąca zależność pomiędzy oporami przepływu wody przez otwory sit, a charakterystyką ruchu pulsacyjnego wody w osadzarce, pozwala na jej dostosowanie do charakterystyki wzbogacanego materiału, między innymi przez dobór odpowiedniego typu sita w komorze roboczej osadzarki.

Z przedstawionych badań wynika, że najistotniejszym parametrem sit był ich prześwit mający największy wpływ na opory przepływu wody. Stosowanie sit o dużym prześwicie pozwalało na najskuteczniejszy rozdział lekkich ziaren frakcji koncentratowej o gęstości  $< 1,5 \text{ g/cm}^3$ . Zmniejszanie prześwitu sit powodowało jednoczesny wzrost skuteczności rozdziału ziaren przerostowych o gęstości  $1,5\text{--}1,8 \text{ g/cm}^3$  oraz obniżenie skuteczności rozdziału lżejszych od nich ziaren koncen-

---

tratowych. Analogiczną tendencję wykazał wzrost wielkości otworów w sitach o porównywalnym prześwicie.

Wydłużenie czasu wzbogacania powodowało wzrost skuteczności rozdziału frakcji koncentratowych oraz obniżenie wychodu frakcji przerostowych w odpowiednich do ich gęstości warstwach. Zmniejszenie skuteczności rozdziału ziaren przerostowych w odpowiedniej do ich gęstości warstwie łoża, które nastąpiło po wydłużeniu czasu wzbogacania materiału wskazuje, że oprócz procesu gęstościowego rozdziału cząstek występowała również ich klasyfikacja wymiarowa.

Przedstawione w niniejszym artykule wyniki badań są częścią programu badawczego, którego celem jest opracowanie sposobu doboru parametrów pokładu sitowego dla zwiększenia skuteczności rozdziału ziaren materiału surowego podczas operacji ich rozwarstwiania i odprowadzania w osadzarce pulsacyjnej,

w oparciu o wyznaczone współzależności pomiędzy parametrami pokładu sitowego, charakterystyki pulsacji oraz nadawy.

### Literatura

1. Blaschke S.: Przeróbka mechaniczna kopalin. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1982.
2. Dietrych J.: Osadzarki. Państwowe Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1953.
3. Zwiększenie skuteczności rozdziału w osadzarce pulsacyjnych w oparciu o dobór parametrów konstrukcyjnych pokładu sitowego. Materiały nie publikowane ITG KOMAG.

*Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2010 r.  
Recenzent: prof.dr hab.inż. Aleksander Lutyński*

Mgr inż. Mariusz WOSZCZYŃSKI  
 Dr inż. Krzysztof STANKIEWICZ  
 Instytut Techniki Górniczej KOMAG

## Metody odzyskiwania i przetwarzania energii cieplnej

### Streszczenie

W artykule przedstawiono metody odzyskiwania i przetwarzania energii cieplnej pochodzącej z silników spalinowych. Przedstawiono wstępną analizę rynku paliw, z prognozą na najbliższe lata, a także zaprezentowano budowę i zasadę działania obecnie stosowanych systemów rekuperacji oraz bilans energii silnika spalinowego. Omówiono istniejące w świecie, wybrane rozwiązania w zakresie stosowania termogeneratorów i silników ciepłych. Zaproponowano koncepcję zabudowania systemu rekuperacji w maszynach górniczych i zaprezentowano korzyści wynikające z inwestycji w technologię rekuperacji oraz konwersji energii cieplnej.

### Summary

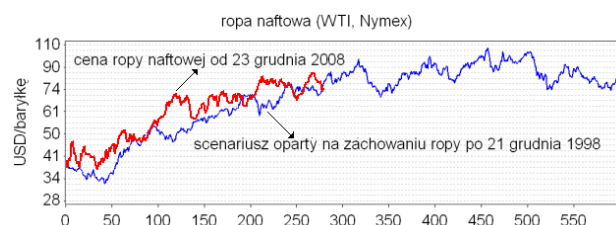
Methods of recovery and processing of thermal energy from diesel engines were presented in the paper. An initial analysis of fuel market with forecast for the next years, design and principle of operation of currently used heat recovery systems, as well as power balance of diesel engine were presented. Some present world solutions as regards use of thermo-generators and heat engines were discussed. A concept of installation of heat recovery system in mining machines was suggested, and benefits resulting from investing in a heat recovery technology and from conversion of thermal energy were presented.

## 1. Wstęp

Obecnie coraz większe znaczenie dla użytkowników urządzeń i maszyn napędzanych silnikami spalinowymi ma koszt paliwa. Nawet przy niewielkim jednostkowym wroście ceny baryłki ropy naftowej znacznie wzrastają koszty działania przedsiębiorstw. Firmy CDM Pekao i Reuters EcoWin opracowały scenariusz notowań cen ropy w ciągu najbliższych kilkunastu miesięcy (rysunek 1 przedstawia wahania cen ropy w latach 1996-2009, natomiast rysunek 2 prezentuje trendy przewidywane w scenariuszu).



Rys.1. Ceny ropy naftowej – źródło: CDM Pekao, Reuters EcoWin



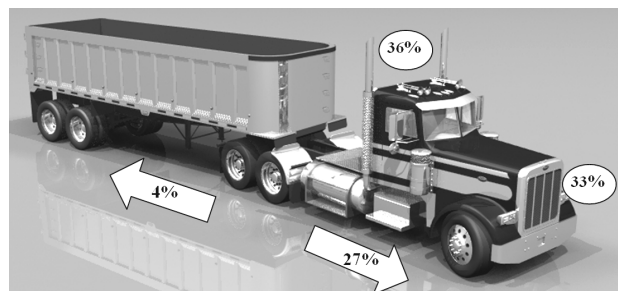
Rys.2. Symulacja cen ropy naftowej – źródło: CDM Pekao, Reuters EcoWin

Z bieżących notowań wynika, że scenariusz został opracowany trafnie. Jesienią 2010 należy spodziewać się cen ropy na poziomie 100 dolarów za baryłkę.

Sytuacja taka zmusza do poszukiwania nowych rozwiązań technicznych pozwalających na zwiększenie energooszczędności, szczególnie w sektorze transportu oraz w wielu dziedzinach przemysłu, gdzie masowo użytkowane są maszyny z silnikami spalinowymi.

## 2. Bilans cieplny silnika

Silniki spalinowe to urządzenia niskosprawne – jedynie około 31% energii pochodzącej ze spalania paliwa przekazywana jest do układu napędowego, z czego około 4% zużywane jest na pokonanie sił tarcia (rys. 3). Pozostała energia w postaci ciepła tracona jest w układzie chłodzenia (33%) i emitowana ze spalinami do atmosfery (36%).



Rys.3. Rozkład energii pochodzącej ze spalania paliwa [4]

Teoretyczny opis strat energetycznych silnika określa równanie bilansu energii silnika [1]:

$$Q_d = Q_e + Q_{ch} + Q_w + Q_n + Q_r \quad (1)$$

gdzie:

$Q_d$  – ciepło dostarczone do silnika [J],

$Q_e$  – ciepło użyteczne [J],

$Q_{ch}$  – straty chłodzenia [J],



$Q_w$  – straty wylotu [J],  
 $Q_n$  – straty niepełnego spalania [J],  
 $Q_r$  – reszta bilansu [J],

Ciepło  $Q_d$  dostarczone do silnika wraz z paliwem można obliczyć ze wzoru:

$$Q_d = G_e \cdot W_u \quad [kJ] \quad (2)$$

gdzie:

$G_e$  – zużycie paliwa [kg],  
 $W_u$  – wartość opałowa paliwa [kJ/kg].

Sprawność ogólna silnika spalinowego  $\eta_e$  wynosi:

$$\eta_e = \frac{Q_e}{Q_d} \quad (3)$$

przy czym ciepło  $Q_e$  zamienione zostaje na moc użyteczną  $N_e$ , a więc:

$$Q_e = N_e \quad [kW] \quad (4)$$

Zatem z równań (2), (3) i (4) wynika, że sprawność silnika spalinowego wynosi:

$$\eta_e = \frac{N_e}{G_e \cdot W_u} \quad (5)$$

gdzie:

$N_e$  – moc użyteczna w [kW],  
 $G_e$  – zużycie paliwa w [kg/s] lub [m<sup>3</sup>/s],  
 $W_u$  – wartość opałowa paliwa w [kJ/kg] lub [kJ/m<sup>3</sup>].

Do bilansu energii w silniku spalinowym można wprowadzić dodatkową wielkość  $Q_o$ :

$$Q_d = Q_e + Q_{ch} + (Q_w - Q_o) + Q_n + Q_r \quad (6)$$

gdzie:  $Q_o$  to ciepło odzyskane w [J/s].

### 3. Metody rekuperacji energii cieplnej

Proces rekuperacji energii cieplnej polega na jej odzyskiwaniu w celu dalszego przetworzenia. Do konwersji energii cieplnej na elektryczną wykorzystuje się termogeneratory – urządzenia, które produkują energię elektryczną korzystając z różnicy temperatur i wywołanego tą różnicą przepływu strumienia energii cieplnej.

Dzięki odzyskowi części traconej energii cieplnej i przetworzeniu jej na energię mechaniczną lub elektryczną, istnieje możliwość zasilania wybranych podzespołów pojazdu ze źródła alternatywnego. Umożliwia to z kolei odciążenie alternatora, a tym samym silnika spalinowego oraz wywołuje wzrost mocy efektywnej silnika, a co za tym idzie – zwiększenie jego sprawności. Przy utrzymaniu mocy nominalnej rekuperacja energii pozwala obniżyć ilość energii dostarczonej do silnika.

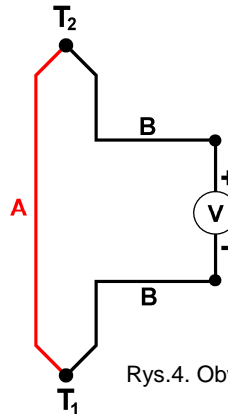
Główne metody pozwalające na rekuperację energii cieplnej oraz jej konwersję na energię elektryczną, to:

- *ogniwa Peltiera*, w których zgodnie ze zjawiskiem Seebecka, następuje bezpośrednia zamiana energii ciepła na energię elektryczną,

- *silniki Stirlinga*, gdzie następuje zamiana energii cieplnej na energię mechaniczną; aby otrzymać energię elektryczną, należy zastosować dodatkowo prądnicę,
- *Power Chips PLC*, które dzięki zastosowaniu nowoczesnych technologii, zamieniają bezpośrednio ciepło na energię elektryczną.

#### 3.1. Ogniwa Peltiera

Ogniwo Peltiera bazuje na zjawisku Seebecka. Polega ono na powstawaniu siły elektromotorycznej w obwodzie złożonym z dwóch różnych materiałów, których styki znajdują się w różnych temperaturach [3]. Napięcie kontaktowe powstaje na skutek dyfuzji przez powierzchnię kontaktu elektronów od jednego materiału do drugiego. W efekcie przy powierzchni styku w materiale posiadającym mniejszą koncentrację elektronów powstaje ich nadmiar, a po przeciwnej stronie styku ich niedobór. Różnica jest tym większa, im wyższa jest temperatura styku, ponieważ silniejsza jest wtedy dyfuzja elektronów przez styk.



Rys.4. Obwód ilustrujący zjawisko Seebecka

W obwodzie na rysunku 4 gałęzie A i B są wykonane z różnych metali lub półprzewodników,  $T_1$  i  $T_2$  to temperatury w miejscach styku metali. W obwodzie tym powstaje napięcie elektryczne określone wzorem [3]:

$$U = (S_B - S_A) \cdot (T_2 - T_1) \quad [V] \quad (7)$$

gdzie:  $S_B$  i  $S_A$  to współczynniki Seebecka charakteryzujące wybrane substancje.

Ogniwo Peltiera, składa się z dwóch płytek z termoprzewodzącego materiału izolacyjnego (ceramika tlenków glinu), pomiędzy którymi znajdują się „słupki” półprzewodników (typu „p” i „n”) połączone szeregowo dzięki miedzianym ścieżkom na wewnętrznych powierzchniach płytek stanowiących ceramiczną obudowę (rys. 5). Półprzewodniki wykonywane są z tellurku bizmutu domieszkowanego odpowiednio antymonem i selenem. Sprawność termogeneratora półprzewodnikowego określa się za pomocą zależności [3]:

$$\eta_{\max} = \frac{T_H - T_C}{T_H} \cdot \frac{\sqrt{1 + ZT} - 1}{\sqrt{1 + ZT} + \frac{T_C}{T_H}} \quad (8)$$

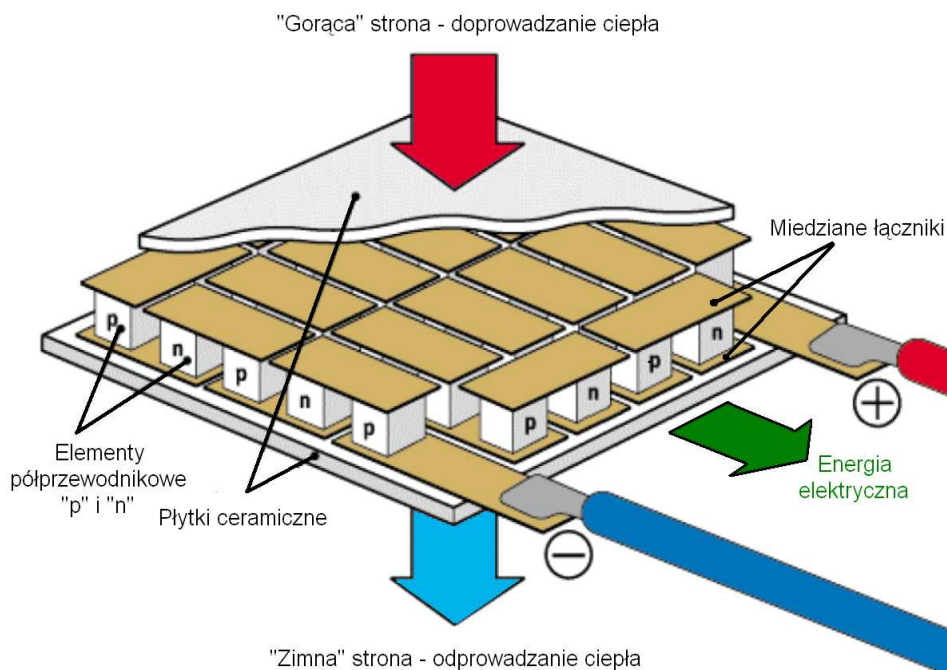
gdzie:

$T_H$  – temperatura strony „gorącej”,

$T_C$  – temperatura strony zimnej,

$ZT$  – współczynnik efektywności termoelektrycznej.

W przestrzeni roboczej silnika Stirlinga zamknięta jest stała masa gazu roboczego, która uczestniczy w kolejnych cyklach jego pracy. Wewnątrz znajdują się dwa cylindry z tłokami: większym – gorącym i mniejszym – zimnym. Tłoki połączone są ze sobą tak, że większy wyprzedza o 1/4 obrotu mniejszy w całym



Rys.5. Budowa i zasada działania ogniwa Peltiera [17]

Systemy bazujące na ogniwach Peltiera mają stosunkowo niedużą sprawność (około 5%), jednak umożliwiają czysty odzysk i bezpośrednie przetwarzanie odpadowej energii cieplnej na elektryczną bez pośrednictwa zużywających się układów mechanicznych. Wzrost sprawności do 10% możliwy byłby w sytuacji, kiedy temperatura po stronie gorącej złącza wynosiłaby 227°C oraz więcej niż 20% przy temperaturze 727°C. W tym zakresie temperatur pojawiają się jednak problemy materiałowe, gdyż obecnie do budowy modułów termoelektrycznych stosuje się stopy antymonu i tellurku-bismutu ze śladowymi ilościami innych pierwiastków.

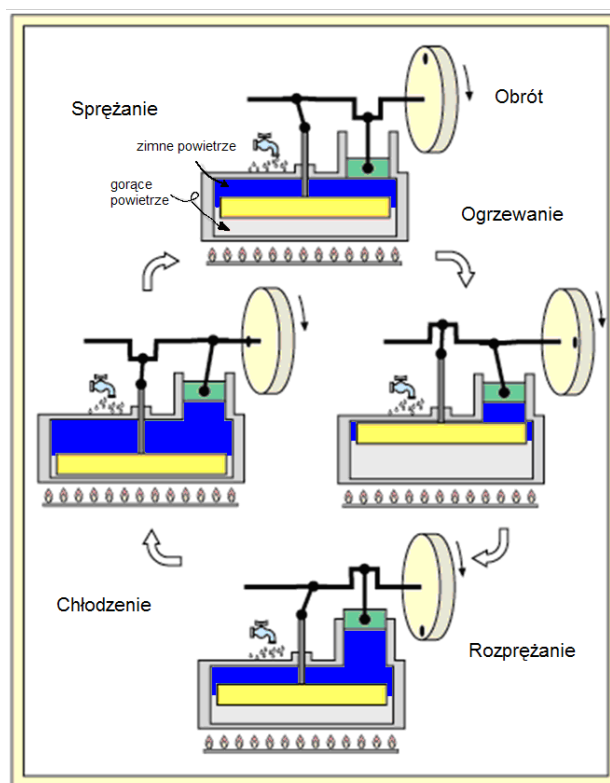
Dostępne handlowo moduły na bazie Bi-Te pracują przy maksymalnej temperaturze około 247°C i charakteryzują się liczbą  $ZT$  rzędu 1, przez co mogą w praktyce osiągnąć sprawność rzędu 5-7%.

### 3.2. Silnik Stirlinga

Drugim z przedstawionych rozwiązań umożliwiającym odzysk energii cieplnej jest Silnik Stirlinga. Jest to tłokowa maszyna robocza pracująca w obiegu zamkniętym z gazem roboczym (np. hel, wodór, neon, powietrze), dostarczającym energii mechanicznej.

Jedną z pierwszych wersji takiego silnika skonstruował i opatentował w 1816 r. Robert Stirling, wykorzystując powietrze jako gaz roboczy [7]. Schemat silnika Stirlinga przedstawiono na rysunku 6.

cyklu termodynamicznym. Całość jest wypełniona powietrzem i szczelnie zamknięta.



Rys.6. Zasada działania silnika Stirlinga [17]

W wyniku ogrzewania powietrza następuje jego rozprężanie, co powoduje ruch dużego tłoka w górę, a mniejszego w dół. W chwili, gdy duży tłok osiągnie najwyższe położenie, następuje ochładzanie gazu od górnej powierzchni i następnie jego sprężanie, co z kolei powoduje ruch dużego tłoka w dół.

Szereg zalet, jakie charakteryzują pracę silników Stirlinga, m.in. wysoka sprawność cieplna, niski poziom hałasu, niezawodność uruchamiania, niski poziom emisji szkodliwych składników spalin oraz różnorodność źródeł energii ciepłej, wskazuje na duże możliwości zastosowania tych silników w różnych gałęziach przemysłu [6, 7]. Wszystkie te czynniki powodują, że w różnych ośrodkach badawczych na świecie prowadzone są prace, zmierzające do opracowania i komercyjnego zastosowania maszyn z silnikami Stirlinga, które w najbliższej przyszłości mogą stać się bardzo konkurencyjne w stosunku do tłokowych silników spalinowych, tradycyjnych urządzeń chłodniczych, czy termogeneratorów.

Jedną z wad silnika Stirlinga jest to, że do rozpoczęcia pracy wymagają rozrusznika. Kolejną wadą są znaczne wymiary urządzenia, jednak w przypadku dużych maszyn ta cecha ma mniejsze znaczenie. Z racji tego, że silnik Stirlinga zmienia energię cieplną na energię mechaniczną, do otrzymania energii elektrycznej konieczne jest zastosowanie prądnicy, co dodatkowo zwiększa wymiary urządzenia.

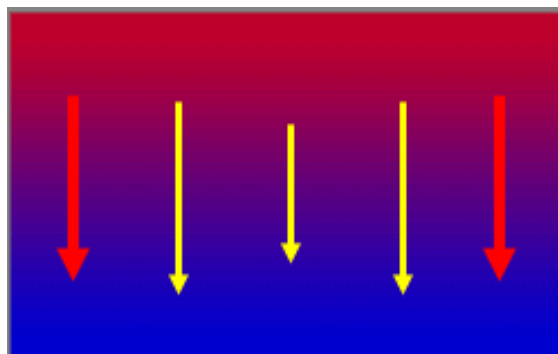
### 3.3. Power Chips

Power Chip to innowacyjne urządzenie termoelektryczne, służące do bezpośredniej konwersji energii cieplnej na elektryczną. Może ono być stosowane do odbierania ciepła z różnych źródeł stosowanych w przemyśle, budownictwie mieszkaniowym czy z naturalnych źródeł ciepła. Urządzenie to może konwertować energię cieplną na prąd elektryczny, wykorzystując zdolność przenoszenia elektronów z gorącej strony na stronę zimną. Nowa technologia pozwala na łatwą, nie wykorzystującą części mechanicznych oraz wysoko sprawną konwersję energii.

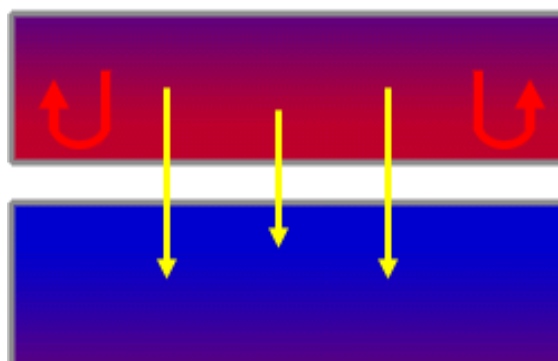
Największym problemem w działaniu standardowych termogeneratorów jest fakt, że przekazują one ciepło do otoczenia, zmniejszając różnicę temperatur między okładzinami, a przez to ograniczając sprawność konwersji. Różnica w budowie Power Chips, polega na zastosowaniu izolacji termicznej, która zatrzymuje ciepło, przepuszczając jedynie elektrony tworzące prąd elektryczny, przez co znacznie zwiększa się sprawność urządzenia (rys. 7 i 8).

Przepuszczanie elektronów przez szczelinę możliwe jest dzięki mechanizmom emisji termojonowej oraz efektowi tunelowania. Emisja termojonowa to zjawisko konwersji ciepła w elektryczność poprzez zwiększenie energii elektronów na gorącej powierz-

chni, a następnie gromadzenie ich na powierzchni chłodniejszej. Efekt tunelowy jest zjawiskiem kwantowym przejścia cząstki przez barierę potencjału o wysokości większej niż energia cząstki.



Rys.7. Typowy termogenerator [18]



Rys.8. Power Chip [18]

## 4. Termogeneratory TEG

W wielu ośrodkach badawczych na świecie prowadzone są badania nad zastosowaniem termogeneratorów elektrycznych (TEG – ThermoElectric Generator) w pojazdach spalinowych. Firmy BMW (termogenerator o mocy 200 W – rys. 9) oraz Volkswagen (termogenerator o mocy 600 W) planują wprowadzenie TEG za kilka lat do nowych modeli samochodów.



Rys.9. Wizualizacja budowy generatora termoelektrycznego konstrukcji BMW [15]

Prototypowe rozwiązanie termogeneratora do samochodu ciężarowego (rys. 10) bazującego na baterii ogniwi Peltiera, wprowadziła firma Hi-Z. W warunkach laboratoryjnych osiągnięto moc 1 kW, a w testach drogowych 500 W.



Jednym z twórców, który opracował prototyp silnika Stirlinga, był Dieter Viebach. Silnik ST05G, o maksymalnej mocy mechanicznej 500 W, został wyposażony w prądnicę elektryczną o mocy nie przekraczającej 425 W (rys. 11).

silnika, pomiędzy komorą spalania, a płaszczem cieczy chłodzącej (rys. 12). Zapewni to dużą różnicę temperatur po obu stronach ogniwa, co jest podstawowym warunkiem uzyskania jak największej wydajności modułu.



Rys.10. Generatory termoelektryczne konstrukcji Hi-Z o mocy 1kW [16]



Rys.11. Przykładowa realizacja 500 W silnika Stirlinga z kołem zamachowym oraz z prądnicą [14]

Konstrukcja to dwa cylindry, połączone ze sobą pod odpowiednim kątem. Cylinder „gorący” wyposażony jest w grzejnik ze specjalnie uformowanych rurek, natomiast cylinder „zimny” otoczony jest chłodnicą cieczą.

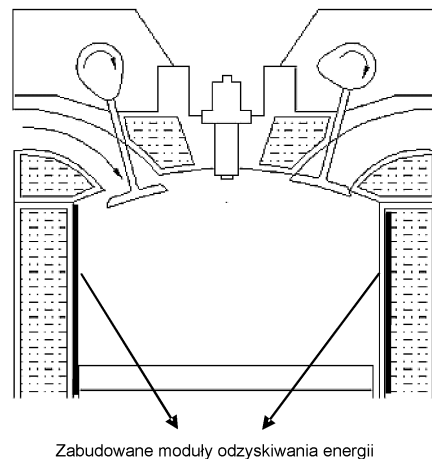
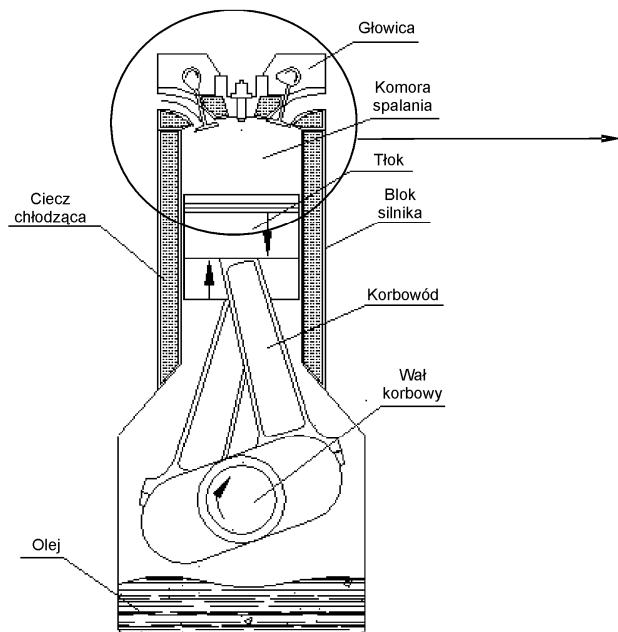
## 5. Koncepcja systemu rekuperacji energii cieplnej w odniesieniu do maszyn górniczych

Przeprowadzona analiza rozwiązań w zakresie odzyskiwania i przetwarzania energii cieplnej umożliwia opracowanie trzech koncepcji systemu rekuperacji przewidzianych do implementacji w maszynach górniczych napędzanych silnikami spalinowymi. Jedną z koncepcji systemu rekuperacji i konwersji energii cieplnej jest zabudowanie modułów Peltiera w bloku

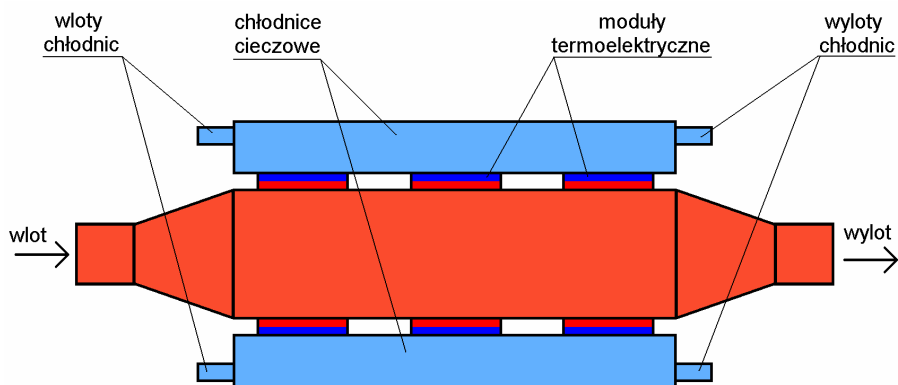
Grubość płaszczu wodnego waha się w granicach od 10 do 30 mm, w zależności od wielkości silnika. Jest to więc wystarczająca ilość miejsca do zabudowania ogniwa. Koncepcja ta wiązałaby się jednak ze zmianami konstrukcji bloku silnika.

Innym sposobem, nie wymagającym zmian w konstrukcji silnika, jest zabudowanie systemu w układzie wydechowym, np. na wylocie kolektora, gdzie temperatura osiąga około 600°C.

Baterię ogniw Peltiera można również zastosować za turbosprężarką. W układzie wylotowym, na kołnierzu łączącym turbosprężarkę z rurą wydechową, utrzymanie wymaganej (ze względu na środowisko pracy) temperatury wiąże się z dużymi trudnościami (w pojazdach dołowych temperatura maksymalna wynosi 150°C).



Rys.12. Koncepcja zabudowania termomodułów w bloku silnika [5]



Rys.13. Koncepcja zabudowania termoogniw w układzie wydechowym [5]

Proponowany system pozwoli na przetworzenie, wywołanego wyższą temperaturą, przepływu energii cieplnej na energię elektryczną. W przypadku implementacji takiego rozwiązania należy jednak zastosować dodatkowe chłodnice cieczowe, aby szybko odprowadzać temperaturę z „zimnej” strony ogniw Peltiera. Uproszczony schemat zabudowy termomodułów na rurze wydechowej pokazano na rysunku 13.

Kolejną koncepcją jest zastosowanie do konwersji energii silnika Stirlinga. Wdrożenie takiego silnika, ze względu na jego wymiary, może być zrealizowane jedynie w miejscu, gdzie jest wystarczająco duża przestrzeń, przez wprowadzenie jedynie cylindra „gorącego” do układu wylotowego. W celu utrzymania cylindra „zimnego” w niższej temperaturze, konieczne będzie zastosowanie chłodzenia cieczowego.

## 6. Przewidywane korzyści wynikające z wdrożenia systemu rekuperacji w maszynach górniczych

Silnik o mocy 100 kW, przy maksymalnym obciążeniu zużywa około 23 litry paliwa na godzinę [13].

Ciepło spalania paliwa można obliczyć jako iloczyn ilości zużywanego paliwa oraz jego wartości opałowej (wartość opałowa oleju napędowego wynosi 36 MJ/litr [9]):

$$\text{Energia spalania} = 25 \text{ l} \cdot 36 \text{ MJ/l} = 900 \text{ MJ}$$

Z bilansu energii w silniku [1, 4] można wyznaczyć ilość energii traconej w układzie wydechowym, która wynosi około 324 MJ (36% energii spalania paliwa). Przy sprawności systemu konwersji energii rzędu 5%, można odzyskać i przetworzyć około 16,2 MJ energii na godzinę pracy maszyny. Zwiększenie sprawności silnika, przy zachowaniu nominalnej mocy efektywnej ma znaczenie ekonomiczne i ekologiczne. Korzyści finansowe związane będą ze zmniejszeniem ilości spalnego paliwa, czyli istotnym zmniejszeniem kosztów eksploatacji, a aspekt ekologiczny stanowi mniejsza emisja energii cieplnej oraz efektywne ograniczenie emisji substancji toksycznych do otoczenia.

W kopalniach węgla kamiennego, w warunkach dołowych, wykorzystywane są standardowo silniki o mocy około 80 kW, takich firm, jak: Deutz lub Volvo-Penta, spełniające wymagania dyrektywy ATEX (stop-

niowo pojawiają się silniki o mocy 120 kW). Silniki spalinowe wykorzystywane są głównie w lokomotywach (np. Pioma, Energomechanik) do transportu ludzi i urobku [8]. W przypadku pracy pod dużym obciążeniem zużycie paliwa w takich silnikach wynosi około 20 l/h [11].

W roku 2008 w kopalniach węgla kamiennego eksploatowano około 450 kolejek podwieszanych oraz około 100 kolejek spagowych z silnikami spalinowymi. Przy założeniu średniego spalania na poziomie 15 l/h [11], trzech zmian, po około 4 godziny ciągłej pracy, maszyny te zużywają około:

$$\begin{aligned} \text{Dobowe zużycie paliwa} &= \\ &= 550 \text{ maszyn} \cdot 15 \text{ l/h} \cdot 3 \text{ zmiany} \cdot 4 \text{ h} = 99000 \text{ l} \end{aligned}$$

Wzrost cen paliwa jedynie o 10 gr/l powoduje zwiększenie kosztów o około 198000 zł w skali jednego miesiąca (20 dni roboczych).

Na powierzchni zakładów górniczych pracuje również wiele maszyn z silnikami wysokoprężnymi, np. dźwigi, lokomotywy czy samochody ciężarowe. Standardowo stosuje się silniki firm Andoria-Mot oraz Zetor o mocy 80 kW. Ilość spalonego paliwa w przypadku wymienionych silników jest nieco mniejsza niż w przypadku maszyn dołowych, ze względu na mniejsze opory na wylocie spalin z silnika (brak specjalistycznego układu dolotowo-wylotowego w wykonaniu ognioszczelnym z przerywaczami płomienia). Przyjmuje się, że średnie zużycie wynosi 9-13 l/h [12].

Aby maszyna została dopuszczona do użytkowania w warunkach dołowych, musi spełnić szereg warunków, które określają odpowiednie dyrektywy. Jednym z nich jest ograniczenie temperatury powierzchni silnika do 150°C [2]. Bardzo ważnym problemem wjazdach górniczych jest temperatura spalin w kolektorze wylotowym, sięgająca 700°C. System rekuperacji umożliwi częściowe ograniczenie temperatury w układzie wylotowym przez przetworzenie energii cieplnej na energię mechaniczną/elektryczną oraz tym samym uproszczenie rozwiązania oprzyrządowania układu wylotowego.

Korzyści wynikające z zastosowania systemu rekuperacji znacznie zwiększają się w przypadku górnictwa rud miedzi, gdzie eksploatuje się około 1600 maszyn z silnikami spalinowymi [10]. Są to silniki firm Deutz oraz Detroit-Diesel o mocach od 80 do 220 kW, w większości o mocy około 150 kW. Zużycie paliwa w silnikach 150 kW przy maksymalnym obciążeniu osiąga 35 litrów oleju napędowego na godzinę [13]. Zużycie średnie oscyluje na poziomie około 30 l/h. Z racji systemu pracy na 4 zmiany maszyny są użytkowane od 18 do 20 godzin na dobę. Dobowe zużycie paliwa we wszystkich maszynach w takich warunkach może wynieść:

$$\text{Zużycie dobowe} = 1600 \text{ maszyn} \cdot 30 \text{ l/h} \cdot 20 \text{ h} = 960000 \text{ l}$$

Szacuje się, że przy sprawności systemu rekuperacji na poziomie 5% (5% sprawności systemu z 36% energii traconej w układzie wylotowym, czyli 1,8% całkowitego ciepła spalania), można będzie zaoszczędzić około:

$$\text{Oszczędności dobowe} = 960000 \text{ l} \cdot 1,8\% \approx 17000 \text{ l}$$

Jednocześnie przewidywany jest korzystny wpływ na ograniczenie emisji ciepła i spalin do otoczenia, a tym samym na wymagania stawiane kopalnianym systemom wentylacji.

## 7. Podsumowanie

Rozwój systemów rekuperacji i konwersji energii cieplnej jest zagadnieniem perspektywnym, istotnym z punktu widzenia energooszczędności i ochrony środowiska. Znaczne ilości ciepła tracone są razem ze spalinami emitowanymi do atmosfery, podczas gdy istnieje możliwość jego odzyskania i przetworzenia na energię elektryczną, która może być wykorzystana do zasilania wybranych podzespołów maszyn.

Głównymi zaletami systemu odzyskiwania i przetwarzania odpadowej energii cieplnej są:

- zwiększenie energooszczędności maszyn z silnikami spalinowymi,
- redukcja emisji energii cieplnej do otoczenia – poprawa warunków klimatycznych,
- zmniejszenie emisji spalin,
- usprawnienie systemu chłodzenia silnika w przypadku zabudowy termogeneratorów w jego korpusie,
- zmniejszenie obciążenia alternatora.

## Literatura

1. Niewiarowski K.: Tłokowe silniki spalinowe. WKiŁ, Warszawa 1983.
2. Pieczora E.: Napęd spalinowy do pojazdów górniczych eksploatowanych w podziemnych wyrobiskach zagrożonych wybuchem pyłu i metanu. Materiały na konferencję: „Napędy i sterowanie 2001”, VII Seminarium towarzyszące VII Targom Producentów, Kooperantów i Sprzedawców Zespołów Napędowych i Układów Sterowania, Gdańsk, 8.02.2001, s. 69-78.
3. Poprawski R., Misiewicz J.: Zjawiska termoelektryczne – wstęp. Instytut Fizyki Politechniki Wrocławskiej.
4. Randerson J.: New steam technology to turn car engine's waste heat into power. guardian.co.uk.
5. Stankiewicz K., Woszczyński M.: Perspektywy rozwoju systemów rekuperacji i konwersji energii cieplnej w maszynach górniczych napędzanych

- 
- silnikami spalinowymi. KOMTECH 2009, Gliwice 2009, s. 325-338.
6. Żmudzki S.: Silniki Stirlinga. WNT, Warszawa 1993.
  7. Żmudzki S.: Tendencje w budowie i zastosowaniu silników Stirlinga. Materiały Sympozjum Naukowego „Problemy rozwojowe silników cieplnych”. Politechnika Szczecińska, Szczecin 1994.
  8. Drwięga A., Pieczora E., Suffner H.: Nowe rozwiązania górniczych urządzeń transportowych z napędem spalinowym. Masz. Gór. 2007 nr 3 s. 34-40.
  9. Baczewski K., Kałdoński T.: Paliwa do silników o zapłonie samoczynnym. WKiŁ, 2008.
  10. Koczwarą J., Wieczorek K.: Bezpieczeństwo operatorów samojezdnych maszyn górniczych na tle bezpieczeństwa w kopalniach KGHM Polska Miedź S.A. Wyższy Urząd Górniczy, Międzynarodowy Kongres Górnictwa Rud Miedzi, Lublin 2009.
  11. Dane techniczne silnika Volvo Penta D5AT.
  12. Dane techniczne silnika Andoria-Mot 4CT107.
  13. Dane techniczne silnika Deutz F10L413FW.
  14. [www.geocities.com/Viebachstirling](http://www.geocities.com/Viebachstirling)
  15. [www.greencar.com](http://www.greencar.com)
  16. [www.hi-z.com](http://www.hi-z.com)
  17. [www.noweenergie.org](http://www.noweenergie.org)
  18. [www.powerchips.gi](http://www.powerchips.gi)
- Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2010 r.  
Recenzent: prof.dr hab.inż. Jerzy Świder*

Mgr inż. Romana ZAJĄC  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG  
Mgr inż. Anna ZAJĄC  
Plastal sp. z o.o.

## Wybór dostawców w aspekcie procesów jakościowych na przykładzie wymagań normy PN-EN ISO 9001:2009

### Streszczenie

W artykule przedstawiono ogólne zasady oceny dostawców towarów i usług na tle wymagań normy PN-EN ISO 9001:2009. Zaprezentowano przykładowe czynniki wpływające na tryb wyboru oraz kryteria oceny dostawcy. Przybliżono systemowe podejście do oceny zarówno na etapie ich kwalifikacji, jak i okresowej oceny oraz opisano najważniejsze zjawiska ujawniane w trakcie współpracy z dostawcami.

### Summary

General principles for assessment the suppliers of goods and services on the background of PN-EN ISO 9001:2009 Standard were presented. Exemplary factors that impact mode of selection and the criteria of supplier assessment were given. System approach to the assessment both at the stage of the factors classification and periodical assessment were explained as well as most important phenomena that were revealed during collaboration with suppliers were described.

## 1. Wprowadzenie

Obecnie trudno sobie wyobrazić funkcjonowanie przedsiębiorstwa bez pozyskiwania materiałów związanych bezpośrednio z produkcją wyrobu, jak również dóbr niematerialnych, przeznaczonych do dalszego przetwarzania [2].

Praktyka dowodzi, iż zaopatrzenie przedsiębiorstw w konieczne zasoby staje się obecnie jednym z tych obszarów, który może tworzyć bardzo wysokie koszty, ale może być również źródłem sporych oszczędności.

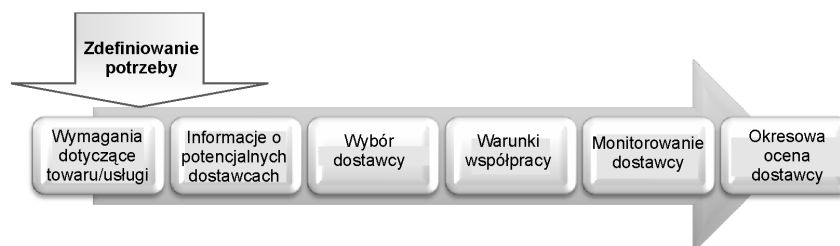
Analizy wskazują, że ponad 50% kosztów całkowitych stanowią koszty związane z zaopatrzeniem, stąd też coraz więcej polskich firm stara się doskonalić ten obszar [5].

- ustalenia w formie umowy warunków współpracy i zasad postępowania w kwestiach sporych,
- planowania i realizacji kontroli dostaw,
- monitorowania oraz okresowej oceny dostawców i doskonalenia współpracy.

Etapy te w formie graficznej przedstawiono na rysunku 1.

Obecnie dostawcy muszą liczyć się z tym, że coraz powszechniej ich klienci zwiększają swoje wymagania, a w warunkach konkurencji nie istnieją gwarancje utrzymania tradycyjnych więzi kooperacyjnych.

Powoduje to, że przedsiębiorca stale dokonuje analiz związków ze swoimi dostawcami, pod kątem korzystniejszych warunków dostaw poszukiwanych towarów i usług.



Rys.1. Proces zakupów w aspekcie wyboru dostawcy. Źródło: opracowanie własne

Niezależnie od formy prawnej przedsiębiorstwa oraz branży, w której działa, jej wielkości, proces zakupów składa się z kilku etapów [1]:

- zdefiniowania potrzeby,
- ustalenia wymagań dotyczących zamawianego towaru/usługi,
- zebrania informacji o potencjalnych dostawcach,
- wyboru dostawcy,

## 2. Ocena dostawców w świetle wymagań normy PN-EN ISO 9001:2009

Większość norm z obszaru zarządzania zawiera szczegółowe wymagania dotyczące zakupów, co świadczy o szczególnej wadze, jaką autorzy poszczególnych standardów przywiązują do tego aspektu działalności organizacji. Norma PN-EN ISO 9001:2009 stanowiąca bazę wszystkich wymagań jakościowych, w punkcie 7.4 omawia wspomniane zagadnienie [6].

Przytoczony punkt normy zawiera wymagania odnośnie postępowania z dostawcami, ich wyboru oraz okresowej ich oceny.

Wymagane jest, aby przedsiębiorstwo:

- opracowało i wdrożyło system wyboru dostawców, w aspekcie właściwego realizowania zamówień,
- regularnie oceniało wybranych dostawców pod kątem ich zdolności do dostarczania wyrobów i usług,
- posiadało zapisy dotyczące kwalifikacji i oceny dostawców.

Należy podkreślić, że norma pozostawia swobodę w kwestii wyboru kryteriów oceny dostawcy, jak również zasad wyboru dostawcy, wymaga natomiast, aby tryb postępowania był zawsze jednakowy oraz istniały zapisy potwierdzające realizację tych procesów.

Norma wymaga także, aby zamówienia precyzyjnie opisywały towar lub usługę tak, aby zminimalizować rozbieżności z dostawcami, a tym samym uchronić zamawiającego przed konsekwencjami w przypadku, gdy dostarczony wyrób jest niezgodny z wymaganiami.

ISO 9001 precyzuje również wymagania odnośnie zasad weryfikacji zakupionego towaru, metod kontroli, które mają zapewnić, że zakupiony wyrób lub usługa spełni wyspecyfikowane wymagania [6].

### 3. Definiowanie wymagań w aspekcie wyboru dostawcy

Do wytworzenia każdego wyrobu (lub dostarczenia usług) niezbędne jest zakupienie odpowiednich materiałów, narzędzi czy innych usług. Są one częścią składową wyrobu finalnego, wpływają na jego jakość, a w konsekwencji na opłacalność wytwarzania. Z tego też powodu do wyboru i oceny dostawców przedsiębiorstwa przywiązują coraz większe znaczenie.

Ponieważ jednym z podstawowych elementów, przesądzających o wyborze dostawcy jest jakość realizowanych przez niego dostaw, stąd odpowiedni dobór kooperanta można dokonać na podstawie szeregu czynników i przesłanek. Również stopień sprecyzowania wymagań w odniesieniu do pozyskiwanego towaru/usługi odgrywa kolosalne znaczenie i wpływa bezpośrednio na tryb oraz kryteria wyboru dostawcy.

Zamówienia powinny precyzyjnie określać zarówno wymagania najistotniejsze dla wyrobu finalnego, jak i te, które być może nie decydują o bezpośredniej jakości wyrobu, ale w sposób pośredni wpływają na poprawność procesu jego wytwarzania.

Zamówienia lub umowy dotyczące dostawy, szczególnie długoterminowe powinny zawierać zapisy między innymi w zakresie:

- ceny / upustów cenowych,
- wymagań technicznych dotyczących wyrobu względnie komponentów obejmujące, między innymi:

wymiary, skład, masę, współczynniki związane z wytrzymałością mechaniczną, właściwości cieplne, odporność na zmiany temperatury przewodnictwo elektryczne itp.,

- konieczności spełnienia wymagań określonych norm, przepisów prawnych lub przedstawienia wymaganych atestów i/lub certyfikatów,
- formy dostawy, sposobu pakowania i oznakowania, rodzaju i wielkości jednostki ładunkowej,
- zasad składania reklamacji,
- konieczności specjalistycznego przeszkolenia pracowników,
- współpracy przy rozwiązywaniu problemów jakościowych,
- możliwości serwisu i prowadzenia napraw i poprawek,
- zasad weryfikacji wyrobu na terenie dostawcy,
- prawa wykonania auditu u dostawcy.

Elementy wcześniej wymienione wskazują, że szereg z nich wpływa pośrednio na wybór dostawcy, chociażby ze względu na ograniczenia związane z możliwościami technicznymi dostawcy lub jego lokalizacją.

### 4. Poszukiwanie nowych dostawców, a ogólne kryteria wyboru

Interpretując punkt 7.4.1 normy ISO 9001 – wymaganie dotyczące podejmowania odpowiednich działań dotyczących oceny dostawców najczęściej sprowadza się do sporządzenia tzw. „Listy potencjalnych dostawców”, z których produktów lub usług dany producent decyduje się korzystać [6]. Lista ta po przeprowadzeniu tzw. preselekcji przekształca się w „Listę zakwalifikowanych dostawców”.

Praktyka wskazuje, że przedsiębiorstwa najczęściej tworzą jedną „Listę”, aktualizując ją w zależności od wyników przeprowadzonej okresowej oceny, względnie w związku z pojawieniem się nowego dostawcy, na przykład z powodu uruchomienia nowej produkcji lub zmian w istniejącym wyrobie.

Producent tworząc „Listę” i chcąc pozyskać informacje na temat potencjalnych dostawców wykorzystuje wszystkie możliwe dostępne źródła np.:

- kontaktuje się osobiście lub telefonicznie, składając zapytania ofertowe,
- uczestniczy w targach i wystawach,
- przegląda specjalistyczne pisma, katalogi, broszury, serwisy informacyjne,
- korzysta z porad specjalistów, konsultantów, instytucji specjalistycznych oraz doświadczeń innych użytkowników.

W dobie Internetu oraz prowadzonej w różnej postaci agresywnej reklamy – zdawałoby się, że znale-



zienie dostawcy to proces niezwykle prosty. Tymczasem okazuje się, że w przypadku, gdy definiowane są wysokie wymagania dotyczące parametrów technicznych wyrobu, sposobu dostaw, względnie poziomu obsługi oraz innych warunków, znalezienie dostawcy wcale nie jest takie proste. Dodatkowym utrudnieniem jest znalezienie dostawcy spełniającego wymagania nie tylko merytoryczne, ale także wymagania w zakresie posiadanego systemu zarządzania.

W trakcie analizy rynku, przy wyborze dostawców, uwzględniane są takie podstawowe czynniki, jak: wartość i częstotliwość zakupów oraz stopień ryzyka związanego z zastosowaniem określonych elementów z punktu widzenia bezpieczeństwa wyrobu [3, 4].

Nabywca, chcąc dokonać oceny (w kontekście ewentualnego zakupu) jakości wyrobu, komponentu, usługi definiuje zestaw kryteriów oceny.

Pozwala on nie tylko ocenić jakość, lecz także umożliwia porównanie jej poziomu u różnych dostawców. Analiza teorii i praktyki gospodarczej wyodrębnia trzy podstawowe grupy kryteriów pozwalających na ocenę dostawcy. Umownie określić je można mianem: kryteriów ogólnych, typowo techniczno-merytorycznych oraz pozostałych.

Przykładowy zestaw kryteriów ogólnych przedstawiono na rysunku 2.



Rys.2. Ogólne kryteria wyboru. Źródło: opracowanie własne

Warto podkreślić, iż podstawowym kryterium w wyborze dostawcy towarów i usług jest najczęściej cena, niemniej w trakcie analizy oraz wyboru uwzględnia się także inne czynniki, które wymieniono przykładowo w tabeli 1.

W tym miejscu należy podkreślić, iż wymienione kryteria wyboru dostawcy są bardzo zróżnicowane i zależne od zakresu i potrzeb oraz znaczenia poszczególnych materiałów komponentów. Inne kryteria są uwzględniane w przypadku zakupu materiałów stosowanych bezpośrednio w procesie produkcyjnym, a inne w przypadku usług np. transportowych.

## Elementy oceny oraz kryteria i środki oceny

Tabela 1

Elementy oceny	Kryteria oraz środki oceny i wyboru
Zdolność do spełniania wymagań jakościowych, także spełnianie wymagań prawnych	Ocenia się na podstawie ofert, katalogów, certyfikatów bezpieczeństwa, aprobat technicznych. Często wykorzystywane jest badanie próbek wyrobów
Posiadanie niezbędnych zasobów	Ocenia się na podstawie ofert dostawców oraz stosuje się badanie (audit) na miejscu u dostawcy
System jakości	Certyfikowany system jakości preferuje określonego dostawcę. Sprawdza się aktualność certyfikatów
Warunki handlowe - cena, warunki płatności, terminy dostaw	Korzystniejsze warunki ekonomiczne oraz terminowe preferują określonego dostawcę
Ciągłość spełniania wymagań	Kolejne reklamacje powodują zawieszenie współpracy do czasu przedstawienia przez dostawcę planu działań korygujących
Opinia rynkowa	Analizuje się opinię rynkową na podstawie publikacji listów referencyjnych
Zakres oceny, liczba i rodzaj wymienionych elementów zależy od wpływu dostawy na jakość końcową wyrobu	

## 5. Ocena dostawców oraz kryteria wyboru

Systemowe podejście do oceny dostawców, zarówno na etapie ich kwalifikacji, jak i przy podsumowywaniu dotychczasowej współpracy to jedna z cech wyróżniających nowoczesne firmy, które deklarują strategiczne zarządzanie zakupami. W przedsiębiorstwach takich system oceny dostawców traktowany jest jako jeden z głównych elementów zarządzania ryzykiem w zakupach [8].

Zgodnie z wymaganiami normy ISO 9001 ocena dostawców ma na celu nie tylko określenie ich zdolności do dostarczenia wyrobów (usług) zgodnych z ustalonymi wymaganiami, ale także ma za zadanie ich kwalifikację.

Oceny dostawców w praktyce można dokonać metodą [2]:

- punktową,
- graficzną,
- wskaźnikową.

Ocenę dostawców każde przedsiębiorstwo powinno dokonać za pomocą ustalonych przez siebie kryteriów, o czym wspomniano już wcześniej, a jej wyniki powinny być udokumentowane, poprzez notatki lub specjalne do tego przygotowane protokoły.

W trakcie dokonywania wstępnej oceny uwzględniane są wcześniej wymienione kryteria poszerzane o dodatkowe aspekty, takie jak:

- elastyczność dostawcy / terminy dostaw / dyspozycyjność,
- łatwy kontakt z dostawcą,
- wymagane dokumenty (atesty, świadectwa, etykiety, instrukcje),
- poziom cen, rabaty oraz terminy płatności,
- kompetencje personelu w przypadku oferowanych usług,
- szczególne warunki współpracy obejmujące przykładowo szkolenia lub montaż i instalację, możliwość serwisu,
- warunki reklamacji.

Wynikiem przeprowadzanej oceny jest najczęściej opracowana „Lista kwalifikowanych dostawców”, stanowiąca podstawę składania zamówień.

Warto podkreślić, że wprowadzenie nowego dostawcy na „Listę” rzadko potwierdza przeprowadzenie pełnej kwalifikacji dostawców i dokonanie pełnej oceny. Lista taka najczęściej stanowi zawężony wykaz dostawców, którzy spełnili tzw. „warunki brzegowe”, czyli takie, bez uwzględnienia, których nie można zawrzeć umowy i zapewnić sobie dostawy towarów.

Wprowadzenie nowych dostawców na „Listę” jest procesem trudnym, gdyż nie ma możliwości ich weryfikacji na podstawie własnych doświadczeń, a dokonana ocena jest zaledwie wstępem do rzeczywistego procesu nadzoru mającego zapewnić nie tylko rytmiczność dostaw, ale także odpowiednią jakość towarów.

## 6. Monitorowanie dostawców oraz jego okresowa ocena

Monitorowanie dostawcy przez przedsiębiorstwo może być realizowane w różny sposób, zależny od charakteru produktu, technologii produkcji oraz form dostawy.

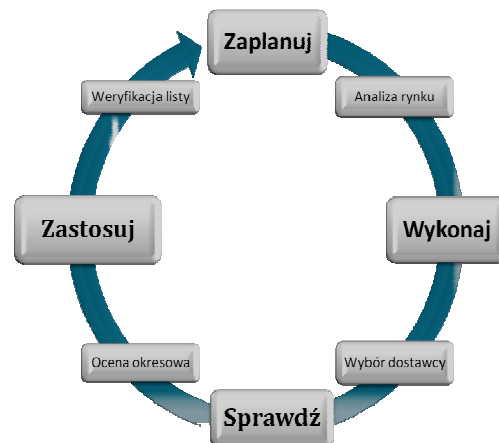
Bardzo często już w trakcie zawierania pierwszej umowy z dostawcą są uzgadniane działania pozwalające na okresową ocenę. Takie ustalenia są prawie regułą w przypadku branży motoryzacyjnej, gdzie często w umowach ustala się zasady dotyczące:

- okresowych dostaw próbnych,
- badań autokwalifikacji i rekwalfikacji,
- zasad przeprowadzenia auditów u dostawcy.

Ponieważ wszystkie elementy wpływające na sprawne funkcjonowanie przedsiębiorstwa powinny być doskonałe – dostawcy muszą być monitorowani w celu stałego zwiększania ich efektywności. Zasady doskonalenia współpracy z dostawcami mogą być realizowane zgodnie z kołem Deminga, co przedstawiono rysunku 3.

Umieszczenie nowego dostawcy na „Liście”; nigdy nie odzwierciedli wyników zaplanowanej okresowej oceny, która jest możliwa do przeprowadzenia dopiero

po wprowadzeniu do systemu dodatkowych elementów oceny, związanych z upływem czasu.



Rys.3. Model procesu doskonalenia współpracy z dostawcami. Źródło: opracowanie własne na podstawie [7]

Analizy ocen dostawców prowadzone przez firmy wskazują, że w pierwszej fazie współpracy dostawcy starają się, aby ich wyroby spełniały wszystkie wymagania, z czasem jednak wpadają w rutynę i często pojawiają się wady, pomyłki asortymentowe oraz problemy z terminowością. Dlatego też zaplanowane okresowe oceny dostawców są znakomitymi elementami ich kontroli.

Takie założenie potwierdza zasadność zapisu normy ISO 9001 dotyczącego konieczności przeprowadzania okresowych ocen dostawcy, efektem czego powinna być „Lista kwalifikowanych dostawców”, weryfikowana okresowo w przypadku negatywnych zdarzeń i incydentów np. związanych z niespełnieniem przez dostawcę uzgodnionych wymagań.

Ocena dostawców powinna być przeprowadzana na podstawie mierzalnych, udokumentowanych kryteriów, do których zaliczyć można:

- własne doświadczenia z poprzednich dostaw,
- oceny wynikające z kontroli próbek wyrobu,
- wyniki kontroli i ewentualne opinie użytkowników,
- badania ankietowe o potencjalnych dostawcach,
- audyty u dostawcy.

Okresowa ocena dostawców powinna być przeprowadzana przy współudziale wszystkich komórek (ogniw), mających styczność z dostawami. Oceny dostawcom wystawia nie tylko dział realizujący zakupy, ale przede wszystkim pracownicy, którzy mają z nimi styczność (na przykład dział logistyki, dział jakości, czy też sama produkcja) [8].

Na globalną, okresową ocenę dostawcy powinny wpływać między innymi takie elementy, jak:

- reklamacje jakościowe (np. niespełnienie parametrów technicznych lub wymagań materiałowych, tolerancji liniowych, względnie ujawnione wady materiałowe),



- reklamacje logistyczne (pomyłki asortymentowe, opóźnienia dostaw, niekompletność dostaw, złe opakowania, złe etykiety itp.),
- brak wymaganych certyfikatów i atestów (lub ich utrata),
- cena (różnice w cenach, kursach walutowych).

## 7. Podsumowanie

Zaprezentowane przez autorki wymagania dotyczące zasad wyboru dostawców, jak również ogólne propozycje w zakresie kryteriów ich oceny, które w przypadku konsekwentnego ich stosowania powinny znacząco wpływać na poprawność dostaw, a tym samym na jakość końcową wyrobu.

Należy jednak podkreślić, że podobnie jak w wielu innych obszarach zarządzania przedsiębiorstwem, tak i w tym przypadku zdarzają się problemy – wówczas często dwa zdarzenia sprowadza się do wspólnego mianownika: „zła jakość wyrobu = zły dostawca / złe komponenty”. Nie szuka się czynników wpływających na taki stan rzeczy, a tym samym nie eliminuje się przyczyn ich powstania.

Zdaniem praktyków szereg problemów związanych z dostawcami, które mają miejsce w przedsiębiorstwach wynika z niedbałości albo z braku należytego nadzoru nad wszystkimi etapami tego procesu.

Problemy z dostawcami mogą pojawiać się na wszystkich etapach współpracy a błędy, które wówczas ujawniają się związane są przede wszystkim z niewłaściwie zredagowaną umową z dostawcą. Umowy często są bardzo lakoniczne i nie zawierają istotnych zapisów, które w spornych przypadkach powodują, że odbiorcy nie mają podstaw do jakichkolwiek roszczeń. Nagminnie w umowach brak jest zapisów dotyczących zasad postępowania w przypadku niedotrzymania warunków umowy, w sytuacji gdy dostarcza on wyrób niewłaściwy lub wadliwy, albo gdy dostawy są nieterminowe. Zdarza się, że w umowach brak jest zapisów dotyczących dodatkowych kosztów związanych np. z badaniami kontrolnymi wyrobu.

Dla zagwarantowania dobrej współpracy z dostawcą umowa powinna zawierać, jak najwięcej szczegółów, zarówno tych dotyczących kwestii merytorycznych, jak i zasad współpracy.

Innym popełnianym błędem jest stosowany niewłaściwy dobór kryteriów oceny dostawcy.

Często jednym z podstawowym kryteriów oceny dostawcy jest cena, mimo, że nie powinna być decydująca. Zasada ta jest szczególnie widoczna w przypadku, gdy przedsiębiorstwo obowiązuje Prawo zamówień publicznych. Wówczas zamawiający ma do wyboru: wprowadzić cenę jako jedyne kryterium oceny albo obok ceny, wprowadzić dodatkowe kryteria oceny ofert.

Pomimo tego w SIWZ (Specyfikacja Istotnych Warunków Zamówienia) zamawiający często nie wykorzystują możliwości, w której za najkorzystniejszą ofertę można uznać ofertę przedstawiającą najkorzystniejszy bilans ceny i innych kryteriów odnoszących się do przedmiotu zamówienia.

Dla zagwarantowania właściwego doboru kryteriów oceny konieczne jest zatem ustalenie właściwych proporcji w zakresie wagi dla poszczególnych kryteriów, w zależności od zamawianego produktu / komponentu czy też wyrobu [9].

Kolejnym czynnikiem jest brak właściwego nadzoru nad dostawcą. Bieżące sprawdzanie stanu realizacji zamówienia nie zawsze może uchronić przedsiębiorstwo przed sytuacją, kiedy dostarczany materiał/komponent/wyrób nie spełnia wszystkich wymagań jakościowych. Niestety po wyborze dostawcy i po podpisaniu umowy, w momencie realizacji dostaw niezwykle rzadko prowadzony jest rzetelnie proces nadzoru dostawcy. Konieczne jest zatem systematyczne prowadzenie okresowych ocen z udziałem pracowników bezpośrednio współpracujących z dostawcą. Przy takiej ocenie powinny być uwzględniane takie kryteria jak: wyniki kontroli odbiorczej dostaw, terminowość dostaw, ogólne warunki współpracy. Informacje zwrotne o problematycznych dostawcach przekazywane do komórki odpowiedzialnej za proces oceny i wyboru powinny gwarantować eliminowanie z „List kwalifikowanych dostawców” przedsiębiorstwa nierzetelne, które nie gwarantują wzajemnie korzystnej współpracy.

Podsumowując, jednym z istotnych problemów w gospodarce rynkowej jest rzetelna ocena dostawców (zarówno istniejących, jak i tych potencjalnych).

Głównym celem oceny jest zapewnienie kupującemu obiektywnych informacji stanowiących bazę do podjęcia decyzji o wyborze dostawcy. Ocena ta ma również za zadanie zaprezentowanie dostawcy wyników osiągniętych przez niego wraz z ewentualnymi propozycjami usprawnień i udoskonaleń.

Stosowanie efektywnych praktyk biznesowych związanych z zakupami pozwala uczynić z tego procesu funkcję strategiczną. Doświadczenie przedsiębiorstw deklarujących właśnie takie podejście do zakupów dowodzi, że proces ten może w znaczącym stopniu przyczynić się do osiągnięcia zakładanych celów i efektywności systemu zarządzania

## Literatura

1. Dąbrowska-Mitek M.: Ocena dostawców i obsługa klientów w MAN Star Trucks & Busses sp. z o.o. Problemy Jakości nr 10, 2004.
2. Dąbrowska-Mitek M.: Ocena dostawców w przedsiębiorstwach handlowych. Problemy Jakości nr 2, 2007.

- 
3. Urbaniak M.: Doskonalenie relacji z dostawcami (studium badań empirycznych). *Problemy Jakości* nr 12, 2007.
  4. Ubych P., Wierzbic A.: Ocena spełniania wymagań normy ISO 9001:2000 – obserwacje w obszarze rozdziału 7. Realizacja wyrobu – Zakupy. *Zarządzanie Jakością* nr 1, 2007.
  5. *Praktyczne Zarządzanie Jakością*. Tom 3, Jakość w zaopatrzeniu. WEKA sp. z o.o., Warszawa 1997.
  6. PN-EN ISO 9001:2009 Systemy zarządzania jakością – Wymagania.
  7. PN-EN ISO 9004:2001 System zarządzania jakością. Wytyczne doskonalenia funkcjonowania.
  8. Kardasz H.: Osiem skutecznych praktyk w zarządzaniu zakupami. *Harvard Business Review Polska*. Materiał promocyjny przygotowany we współpracy z Marketplanet, maj 2008.
  9. Ustawa z dnia 29 stycznia 2004 r. – Prawo zamówień publicznych (Dz.U. z 2007 r. Nr 223, poz. 1655; z 2008 r. Nr 171, poz. 1058; Nr 220, poz. 1420 i Nr 227, poz. 1505 oraz z 2009 r. Nr 19, poz. 101; Nr 65, poz. 545; Nr 91, poz. 742; Nr 157, poz. 1241; Nr 206, poz. 1591; Nr 219, poz. 1706 i Nr 223, poz. 1778).

*Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2010 r.*

*Recenzent: dr inż. Antoni Kozieł*

Mgr Ewa HORDYNIAK  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

## **Działania Funduszu Badawczego Węgla i Stali na rzecz rozwoju innowacyjnych technik i technologii w górnictwie**

### Streszczenie

Od 2003 roku funkcjonuje w Unii Europejskiej Program Badawczy Funduszu Badawczego Węgla i Stali, mający na celu wspomaganie rozwoju tych dwóch ważnych gałęzi przemysłowych poprzez finansowanie badań naukowych na ich rzecz. W artykule przedstawiona jest próba oceny, czy Program ten spełnia pokładane w nim nadzieje i rzeczywiście wspomaga powstanie nowych technik i technologii w przemyśle wydobywczym węgla.

### Summary

From 2003 there is a Research Programme for Coal and Steel Fund aiming at supporting development of two important branches of industry through financing of research work. The paper presents assessment if the Programme meets expectations and if it really supports creation of new technologies in the mining industry.

### 1. Wprowadzenie

18 kwietnia 1951 r. 6 państw (Francja, NRF, Belgia, Holandia, Luksemburg i Włochy) podpisały tzw. Traktat Paryski, powołujący do życia Europejską Wspólnotę Węgla i Stali. Traktat ten zapewniał między innymi:

- swobodny przepływ produktów i swobodny dostęp do źródeł produkcji,
- stały nadzór nad rynkiem w celu uniknięcia zakłóceń, mogących wystąpić przy wprowadzeniu kontyngentów produkcyjnych,
- przestrzeganie zasad konkurencyjności i przejrzystości cen,
- wsparcie modernizacji sektora oraz jego restrukturyzacji.

Czas obowiązywania traktatu został ustalony na 50 lat. Była to pierwsza europejska inicjatywa zjednoczeniowa po II wojnie światowej.

Wspólnota w okresie 50 lat swego istnienia spełniła nie tylko cele gospodarcze, ale i polityczne – stała się podwaliną dzisiejszej Unii Europejskiej.

Pomimo, że finansowanie przez Europejską Wspólnotę Węgla i Stali badań w zakresie rozwoju technologicznego stanowiło nieduży procent całości środków finansowych przeznaczanych na badania naukowe i rozwój technologiczny w tych dziedzinach, osiągnięto wiele pozytywnych rezultatów naukowych. Gorzej było ze współpracą międzynarodową pomiędzy ośrodkami naukowo-badawczymi. Głównym czynnikiem hamującym była konkurencja, wymuszająca ograniczenia przepływu informacji [1].

Współpraca naukowa w ramach Europejskiej Wspólnoty Węgla i Stali ustała wraz z wygaśnięciem Traktatu w dniu 23 lipca 2002 r., ale już w 1997 roku przyjęto

pierwszą rezolucję torującą drogę do wykorzystania pozostałych po Europejskiej Wspólnocie Węgla i Stali środków na nowy Fundusz Badawczy.

Decyzja o przeniesieniu kapitału do Wspólnot i przeznaczeniu go na badania naukowe została podjęta w ramach traktatu Nicejskiego. Ta pozostała nadwyżka kapitału to około 1,6 miliarda euro. Kapitał ulokowany został na lokacie długoterminowej, a odsetki stanowią źródło finansowania nowego Funduszu Badawczego utworzonego w lutym 2003 roku pod nazwą Funduszu Badawczego Węgla i Stali. Podstawa prawna została określona w załączniku do Traktatu Nicejskiego oraz w decyzjach Rady z dnia 1 lutego 2003 r.

Decyzja 2003/78/EC szczegółowo omawia zasady powstania i funkcjonowania Programu Badawczego Funduszu Badawczego Węgla i Stali. Stał się on kontynuacją Programów Badawczo-Rozwojowych Węgla i Stali prowadzonych w ramach EWWiS. Głównym celem Programu Badawczego jest wspomaganie konkurencyjności europejskich sektorów związanych z przemysłem węgla i stali. Program jest zgodny z naukowymi, technologicznymi i politycznymi celami Unii Europejskiej i jest komplementarny do innych działań i programów podejmowanych przez Wspólnotę (takich jak Program Ramowy).

Jak już wspomniano fundusze przeznaczone na finansowanie projektów realizowanych w ramach Programu Badawczego pochodzą z odsetek od kapitału pozostałego po EWWiS. Jest to kwota różna w poszczególnych latach, ale jej alokacja pomiędzy główne sektory została dokonana procentowo, zgodnie z udziałem w gospodarce europejskiej obu sektorów. I tak, na projekty związane z węglem przeznaczono 27,2% funduszy, a na projekty związane z przemysłem stalowym 72,8%.

Proces dokonywania wyboru projektu jest inny niż stosowano w Programach Badawczych EWWiS. Z jednej strony Komisję wspiera Komitet ds. Węgla i Stali (COSCO) skupiający przedstawicieli państw członkowskich, a także członków grup doradczych ds. stali (SAG), grup doradczych ds. Węgla (CAG) wraz z przedstawicielami przemysłu. Z drugiej strony, ocen dokonują niezależni eksperci posiadający specjalistyczną wiedzę na temat potrzeb i priorytetów w przemyśle, poprzednich badań i ich wyników, a także umiejętności zainteresowanych partnerów – na przykład eksperci z grup technicznych. W sektorze węgla działają 3 takie grupy techniczne (TGC) utworzone ze specjalistów w następujących dziedzinach:

- TGC1 – technologie wydobywcze,
- TGC2 – technologie przetwarzania,
- TGC3 – technologie czystego węgla.

## 2. Priorytety Programu Badawczego

Decyzja Rady 2003/78/WE ustanawiająca wieloletnie wytyczne techniczne dotyczące Programu Badawczego określała szczegółowo czego Program dotyczy, jakie działania będą wspierane, jakie priorytety są wyznaczone i jakie zasady realizacji poszczególnych projektów muszą być zachowane. Priorytety naukowo-techniczne i społeczno-gospodarcze, których realizacją zainteresowana jest Wspólnota zawarte w powyższej Decyzji, zaczęto uszczegółowiać od 2006 roku. Początkowo takie uszczegółowione priorytety określono tylko dla projektów badawczych z dziedziny stali.

W dziedzinie badań dotyczących węgla obowiązywały nadal ogólne priorytety zawarte w Decyzji Rady 2003/78/WE [2].

### 2.1. Poprawa pozycji konkurencyjnej wspólnotowego węgla

Celem jest zmniejszenie kosztu całkowitego produkcji górniczej, poprawa jakości produktów i zmniejszenie kosztów używania węgla. Projekty badawcze obejmują cały łańcuch produkcji węgla, w tym:

- nowoczesne techniki badania złóż,
- zintegrowane planowanie kopalń,
- wysoko wydajne, w dużym stopniu zautomatyzowane technologie wyrobiskowe i eksploatacyjne odpowiadające geologicznym właściwościom europejskich złóż węgla kamiennego,
- właściwe technologie wspomagające,
- systemy transportowe,
- usługi w zakresie dostaw energii, systemy łączności i informacji, transmisji, monitoringu i kontroli procesów,
- techniki przeróbki węgla zorientowane na potrzeby rynków konsumenckich,
- konwersja węgla,
- spalanie węgla.

Przyznaje się pierwszeństwo projektom wspierającym co najmniej jeden z następujących celów:

- a) integracja poszczególnych technik w ramach systemów i metod oraz rozwój zintegrowanych metod wydobywczych;
- b) znaczące ograniczenie kosztów produkcji;
- c) korzyści w zakresie bezpieczeństwa górniczego i środowiska naturalnego.

### 2.2. Bezpieczeństwo i higiena pracy w kopalniach

Wymaganym udoskonaleniom wymienionym powyżej, muszą towarzyszyć właściwe działania w dziedzinie bezpieczeństwa górniczego, jak również w odniesieniu do kontroli gazów, wentylacji i klimatyzacji. Ponadto warunki pracy pod ziemią wymagają szczególnej poprawy w zakresie zawodowego bezpieczeństwa i higieny pracy.

### 2.3. Skuteczna ochrona środowiska naturalnego i ulepszenie wykorzystania węgla jako czystego źródła energii

Przyznaje się pierwszeństwo projektom wspierającym co najmniej jeden z następujących celów:

- a) zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, w szczególności metanu, ze złóż węgla;
- b) odsyłanie do kopalni odpadów górniczych, popiołu lotnego i produktów odsiarczania, którym towarzyszą inne formy odpadów;
- c) rekultywacja hałd odpadów i przemysłowe wykorzystanie pozostałości z produkcji i zużycia węgla;
- d) ochrona poziomu wód gruntowych i oczyszczanie wody drenowanej przez kopalnię;
- e) ograniczenie wpływu na środowisko instalacji wykorzystujących głównie wspólnotowy węgiel kamienny i brunatny;
- f) ochrona instalacji powierzchniowych przed skutkami osiadania gleby w perspektywie krótko i długoterminowej;
- g) ograniczenie emisji pochodzących z utylizacji węgla.

### 2.4. Zarządzanie uzależnieniem od zewnętrznych dostaw energii

Projekty badawcze realizujące ten cel związane są z perspektywami długoterminowych dostaw energii i dotyczą podnoszenia jakości – w kategoriach gospodarczych, związanych z energią i środowiskiem naturalnym – złóż węgla, które nie mogą być wydobywane rentownie za pomocą konwencjonalnych technik górniczych.

Projekty mogą obejmować badania, określenie strategii, badania podstawowe i stosowane oraz testowanie technik innowacyjnych, które oferują perspektywę podniesienia jakości wspólnotowych zasobów węgla.

Przyznaje się pierwszeństwo projektom integrującym komplementarne techniki, takie jak adsorpcja metanu lub dwutlenku węgla, wydobywanie metanu z pokładu węgla i podziemne zgazowanie węgla.

29 kwietnia 2008 roku Rada Europy opublikowała nową Decyzję w sprawie przyjęcia Programu Badawczego Funduszu Badawczego Węgla i Stali i wieloletnich wytycznych technicznych dotyczących tego programu. Zgodnie ze strukturą Programu Badawczego FBWiS zarządza nim Komisja, wspierana przez Komitet ds. Węgla i Stali, Grupy Doradcze ds. Węgla i Stali oraz Grupy Techniczne ds. Węgla i Stali. Zgodnie z nową Decyzją struktura ta została zachowana, zmianie uległy natomiast zadania grup doradczych.

Od początku istnienia Programu Badawczego FBWiS w skład Grup Doradczych wchodziłi eksperci w danej dziedzinie. Są to przedstawiciele producentów węgla i powiązanych z nimi ośrodków badawczych, producentów szczebla europejskiego, użytkowników węgla wraz z ośrodkami badawczymi, przemysłu przetwórczego węgla, a także przedstawiciele podmiotów reprezentujących pracowników oraz dostawców sprzętu [5]. Jest to zespół najwyższej klasy specjalistów, których decyzje oparte są na ogromnej wiedzy uwzględniającej najnowsze, najbardziej aktualne rozwiązania w dziedzinie górnictwa. Dlatego w zadaniach grupy doradczej pojawił się zapis o doradzaniu w zakresie „rocznych celów priorytetowych wymienionych w pakiecie informacyjnym, a także w razie potrzeby, celów priorytetowych szczegółowych zaproszeń”. I tak już w 2008 r. pojawiły się priorytety szczegółowe dla wniosków składanych przed 15 września 2008 r. Zostały one podzielone na grupy przyporządkowane poszczególnym Grupom Technicznym Węgla (TGC).

W 2008 najważniejszymi tematami okazały się [6]:

### **1) Dla TGC1 (Prace związane z wydobyciem, infrastruktura i zarządzanie kopalnią, niekonwencjonalne użycie pokładów węgla):**

- udoskonalenie automatyzacji procesów urabiania i technologii drażeniowych zgodnie z geologiczną charakterystyką europejskich złóż węgla kamiennego,
- geomechanika złóż górniczych, w tym analiza i kontrola ciśnienia, systemy modelowania i monitoringu, technologie obudów chodnikowych, wyrzuty skał i gazu,
- podziemne oprzyrządowanie, technologie komunikacyjne i informatyczne włączając technologie modelowania i symulacji,
- ograniczenie podziemnej emisji gazu i nowatorskie metody kontroli klimatu podziemia kopalń,
- predykcja i redukcja wpływu wód kopalnianych na poziom wód gruntowych i osiadanie gruntu na terenie opuszczonych kopalń.

### **2) Dla TGC2 ( Przeróbka węgla, uzdatnianie i ulepszenie):**

- zwiększenie wydajności i opłacalności gazyfikacji poprzez zmiany technologiczne procesu lub ulepszenie komponentów i ich integrację,

- opracowanie nowych smół węglowych i półproduktów dla specjalistycznych produktów pochodzenia węglowego,
- produkcja płynnych paliw z węgla, ze szczególnym wskazaniem na technologie spełniające wymagania technologii czystego węgla i wymogi redukcji gazów cieplarnianych.

### **3) Dla TGC3 (Spalanie węgla, czyste i efektywne technologie węgla, wychwytywanie CO<sub>2</sub>):**

- technologiczne udoskonalenia ukierunkowane na zwiększanie efektywności elektrowni opalanych węglem kamiennym,
- nowe technologie wychwytywania CO<sub>2</sub> możliwe do zastosowania w istniejących elektrowniach opartych na spalaniu węgla,
- zmniejszenie emisji zanieczyszczeń w powiązaniu z technologiami CCS (Carbon Capture and Storage).

Zauważalny jest wielki nacisk na zapobieganie efektowi cieplarnianemu. Stał się on motywem przewodnim wielu programów badawczych jakkolwiek teorie z nim związane nadal wzbudzają wiele kontrowersji i wątpliwości. Jednak dbałość o stan środowiska jako całości jest wyraźnie uwypuklona w kierunkach nadawanych badaniom z różnych dziedzin.

Tendencja ta została zachowana również w 2009 r. Priorytety szczegółowe ogłoszone na ten rok przedstawiają się następująco:

#### **1) Dla TGC1:**

- podniesienie stopnia automatyzacji dla zwiększenia efektywności maszyn podziemnych i procesów operacyjnych, na przykład poprzez wzmocnienie technologii informacyjnych i komunikacyjnych,
- geomechanika złóż węgla, zogniskowana na analizie i kontroli naprężeń, wyrzutach skał i gazu,
- technologie i metodologie oparte na innowacyjnych technikach dla niekonwencjonalnego wydobycia i późniejszego wykorzystania złóż węgla Unii Europejskiej z uwzględnieniem redukcji emisji GHG (Greenhouse gas emission),

#### **2) Dla TGC2:**

- poprawa efektywności i ekonomiki gazyfikacji węgla kamiennego poprzez dodatkowe komponenty oraz ich integrację z wychwytywaniem dwutlenku węgla (sekwestracja dwutlenku węgla),
- udoskonalenia technologii odgazowania węgla poprzez zastosowanie paliw alternatywnych w mieszankach węgla koksującego,
- produkcja paliw płynnych pochodzących z węgla kamiennego ze szczególnym uwzględnieniem technologii czystego węgla oraz redukcję gazów cieplarnianych.

#### **3) Dla TGC3:**

- udoskonalenia technologiczne ukierunkowane na zwiększanie efektywności elektrowni opalanych węglem kamiennym,

- nowe technologie wychwytywania CO<sub>2</sub> możliwe do zastosowania w istniejących elektrowniach opartych na spalaniu węgla,
- zmniejszenie emisji zanieczyszczeń w powiązaniu z technologiami CCS (Carbon Capture and Storage).

Jak widać Unia Europejska zintensyfikowała swoje działania ukierunkowane na zapobieganie zmianom klimatu. Globalne ocieplenie nie jest jedynie problemem europejskim, dotyczy całego świata i wymaga działań długofalowych poprzez realizację ściśle określonych celów w skali globalnej.

W obszarze górnictwa węgla kamiennego nakreślone zostały dążenia UE do przekształcenia gospodarki europejskiej w gospodarkę wysoce efektywną o niskiej emisji gazów cieplarnianych.

Unia Europejska zdecydowanie promuje CCS (Carbon Capture and Storage), pakiet technologii umożliwiający wychwytywanie i przechowywanie pod ziemią dwutlenku węgla emitowanego w procesach przemysłowych, w tym w górnictwie węgla kamiennego.

Znacząca redukcja emisji gazów cieplarnianych, niezbędna dla powstrzymania zmian klimatu nie powinna wpłynąć niekorzystnie na podtrzymanie wzrostu gospodarczego Unii Europejskiej. Budżet UE na badania i rozwój w dziedzinie opracowywania i wdrażania czystych ekologicznie technologii w latach 2007-2013 został znacznie zwiększony. Dostrzeżono niebezpieczeństwo, jakie się wiąże z ustanawianiem zbyt restrykcyjnych, nierealnych limitów, co prowadzi do

zwiększenia ryzyka energetycznego całej wspólnoty europejskiej poprzez wyprowadzenie ciężkiego przemysłu poza jej granice w uboższe regiony świata, gdzie kładzie się nacisk na rozwój gospodarki bez zważania na katastrofalne i czasem nieodwracalne dla człowieka skutki takiego niekontrolowanego rozwoju.

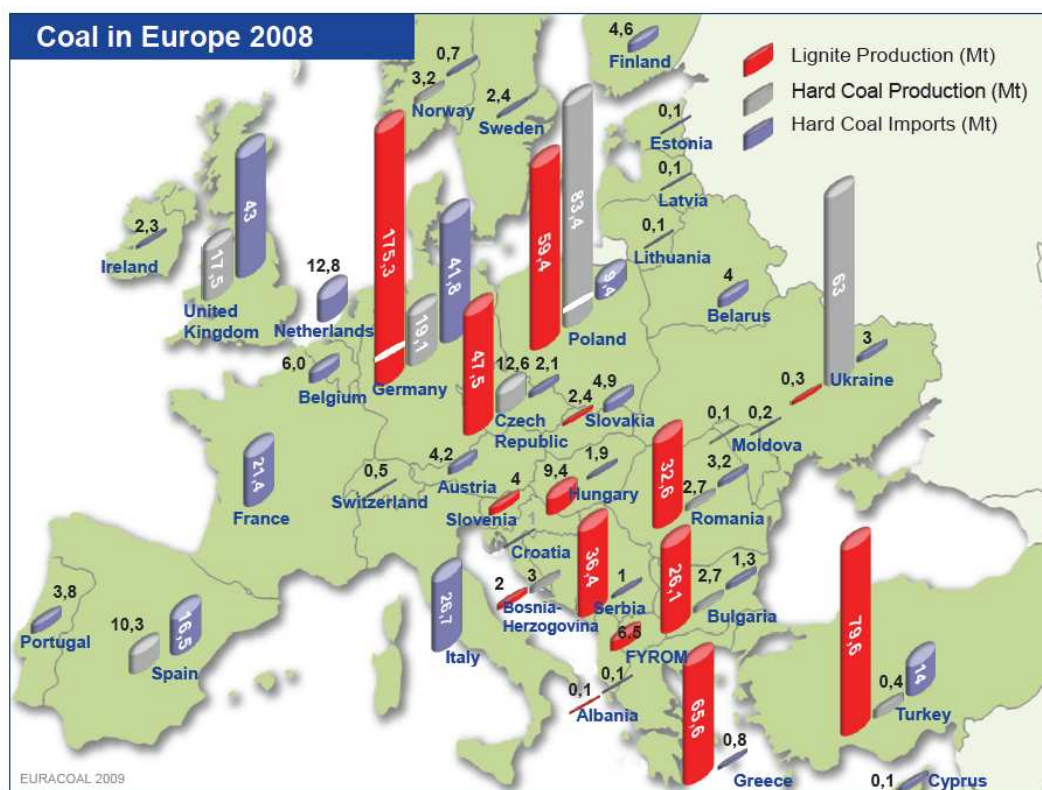
Jednocześnie Unia Europejska jest w wysokim stopniu zależna od zewnętrznych dostaw gazu, czy ropy naftowej i uzależnienie to wzrasta. Stąd tak silna tendencja do jak najefektywniejszego wykorzystania zasobów węgla kamiennego znajdujących się w Europie [7].

### 3. Udział polskich jednostek naukowo-badawczych w Programie Badawczym Funduszu Badawczego Węgla i Stali

Od momentu powstania w 2002 roku do chwili obecnej Program Badawczy Funduszu zatwierdził i przyjął do współfinansowania 364 międzynarodowe projekty, realizowane przez 2132 parterów [4, 9].

Polskie jednostki uczestniczyły w 43% wszystkich finansowanych projektów badawczych w tematyce węgla, których budżet stanowił 43,15% budżetu wszystkich „węglowych” projektów.

Biorąc pod uwagę, że Polska, mimo drastycznego ograniczenia wydobycia węgla, pozostaje potentatem węglowym na rynku europejskim, to należy intensyfikować wysiłki skierowane na opracowywanie nowych wniosków badawczych adresowanych do Programu



Rys.1. Węgiel w Europie [10]

Badawczego FBWiS, aby główne kierunki rozwoju technologii i technik górniczych odpowiadały potrzebom polskiego górnictwa jako największego w Europie.

W listopadzie 2005 roku Europejski Komitet Ekonomiczno-Społeczny opublikował opinię w sprawie europejskich prac badawczych w sektorze węgla i stali. Oceniono dotychczasową realizację Programu Badawczego FBWiS, dokonano analizy ogólnej sytuacji sektorów stalowego i węglowego, oraz przedstawiono perspektywy działań w tych sektorach.

Przede wszystkim wysoko oceniono opłacalność badań naukowych w dziedzinie węgla, współfinansowanych przez Komisję. Średnie czynniki zysku wahają się od 7 do 25 (zwrot wysokości 7-25 jednostek za każdą zainwestowaną jednostkę). Co więcej, badania i rozwój technologiczny w tej branży przynoszą często dodatkowe korzyści dla innych gałęzi przemysłu (np. metody miernicze, metody drążenia tuneli) [3].

Europa jest trzecim co do wielkości użytkownikiem węgla w świecie. Węgiel jest podstawowym paliwem do wyrobu żelaza i stali, a w sektorze elektroenergetycznym jest preferowany ze względu na bezpieczeństwo dostaw i konkurencyjność. Jednocześnie warunki geologiczne złóż węglowych w Europie są trudne, co wymusiło szybki postęp w technologiach wydobywczych. Obecnie z europejskich technologii wydobycia korzysta ponad połowa świata rozwijającego się.

Komitet Społeczno-Ekonomiczny bardzo wysoko ocenił europejski potencjał badawczy oraz współpracę na szczeblu międzynarodowym. Od 2002 do 2005 roku działała finansowana przez 5. Program Ramowy sieć dotycząca Zrównoważonych Europejskich Przemysłów Górniczo-Kopalnictwa – NESMI, skupiająca około 100 udziałowców europejskiego przemysłu górniczego i nauki (w tym 7 jednostek z Polski). Istotnym wynikiem działania NESMI jest Europejska Platforma Technologiczna ds. Zrównoważonych Zasobów Mineralnych.

W swej ocenie EKES wskazuje na cele strategiczne badań i rozwoju technologicznego w sektorze węgla, którymi są:

- zabezpieczenie przyszłych zasobów energetycznych Europy,
- tworzenie innowacyjnych technologii produkcyjnych,
- zwiększenie wydajności utylizacji węgla,
- zrównoważone wykorzystanie zasobów energetycznych,
- stworzenie europejskiej wartości dodanej poprzez wiodącą rolę technologii opartej na pracach badawczo-rozwojowych.

#### 4. Podsumowanie

W 2008 roku EKES wydał dodatkową opinię uzupełniającą, [8] zainspirowaną nową Decyzją w sprawie

przyjęcia Programu Badawczego Funduszu Badawczego Węgla i Stali i wieloletnich wytycznych technicznych dotyczących tego programu. Podkreślił raz jeszcze dobre rezultaty działania Funduszu osiągnięte do tej pory oraz bardzo pozytywnie zaopiniował zmiany wprowadzone tą Decyzją, zwłaszcza wprowadzenie corocznych priorytetów szczegółowych dla Programu Badawczego, umożliwiających szybkie reagowanie Programu na pojawiające się problemy i potrzeby górnictwa i przemysłu stalowego. Jednocześnie podkreślono konieczność dalszego trwania Programu Badawczego Funduszu Badawczego Węgla i Stali, jako niezależnego i komplementarnego do innych Programów, pozwalającego na szczególne traktowanie badań na rzecz tak niezwykle ważnych dziedzin przemysłu w Europie.

#### Literatura

1. Europejska Wspólnota Węgla i Stali Przechodzi do Historii. Global Economy – Wydawnictwo Instytutu Analiz i Prognoz Gospodarczych.
2. Decyzja Rady z dnia 1 lutego 2003 r. ustanawiająca wieloletnie wytyczne finansowe dotyczące zarządzania aktywami EWWiS w likwidacji i, po zakończeniu likwidacji, Majątkiem Funduszu Badawczego Węgla i Stali”, (2003/77/WE).
3. Opinia Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego w sprawie perspektywy europejskich prac badawczych w sektorach węgla i stali. Dziennik Urzędowy C294, 25/11/2005 P,0007-0013.
4. Synopsis of the coal and steel projects co-financed by the RFCS 2002-2005. Directorate-General for Research Fund for Coal and Steel, 2005.
5. Decyzja Rady z dnia 29 kwietnia 2008 r. w sprawie przyjęcia Programu Badawczego Funduszu Badawczego Węgla i Stali i wieloletnich wytycznych technicznych dotyczących tego programu. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L130/7.
6. Information package, Guidance for applicants: proposal preparation and submission. Directorate General for Research, Research Fund for Coal and Steel, 2008.
7. Działania UE przeciw zmianom klimatu. Komisja Europejska, Urząd publikacji, 2008.
8. Opinion of the European Economic and Social Committee on The Perspectives of European Coal and Steel Research. Dziennik Urzędowy CCMI/051.
9. Synopsis of the coal and steel projects co-financed by the RFCS 2006-2009. Directorate General for Research, Research Fund for Coal and Steel, 2009.
10. An Energy Strategy for Europe: Importance and Best Use of Indigenous Coal. European Association for Coal and Lignite, 2009.

*Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2010 r.*

*Recenzent: dr inż. Antoni Koziel*

## Tematyczny wykaz artykułów opublikowanych w 2009 roku

### PROJEKTOWANIE I BADANIA

#### 1/2009

Prostański D., Bałaga D., Rojek P., Sedlaczek J.: Powietrzno-wodna instalacja zraszająca do kombajnów górniczych – rozwiązanie ciągle doskonalone ..... 3

#### 2/2009

Gicala B., Lenartowicz M.: Symulacja numeryczna mieszania i napowietrzania zawiesiny flotacyjnej w komorze flotownika pneumomechanicznego ..... 3

#### 3/2009

Brodny J., Żołnierz J.: Analiza wytrzymałościowa pracy złącza ciernego odrzwi obudowy ..... 3

Bartoszek S., Jagoda J., Rogala J., Stankiewicz K., Woszczyński M.: System monitoringu stanu obciążeń konstrukcji wielkopowierzchniowych ..... 6

#### 4/2009

Kudźma Z., Palczak E., Rutański J., Stosiak M.: Wybrane problemy eksploatacji maszyn z napędem hydrostatycznym ..... 3

Doległo L., Gil J., Stoiński K.: Analityczna ocena wydajności objętościowej układu hydraulicznego stojaka zmechanizowanej obudowy ścianowej ..... 9

### OBUDOWY ŚCIANOWE

#### 4/2009

Labus J., Markowicz J., Szweda S.: Uszkodzenia połączeń spawanych w ostonie odzawalowej a bezpieczeństwo użytkowania sekcji obudowy zmechanizowanej ..... 19

Domagała Z.: Modelowanie i symulacja zjawisk zachodzących w zmechanizowanej obudowie ścianowej ..... 25

Smolnik G.: Najnowsze trendy w badaniu interakcji górotworu i ścianowej obudowy zmechanizowanej ..... 31

### PRZERÓBKA MECHANICZNA

#### 2/2009

Modrzewski R., Wodziński P.: Ruch drgający i proces przesiewania na sicie przesiewacza dwuczęstościowego ..... 8

Rolnik R.: Zastosowanie wysoko wydajnych przesiewaczy w technologii klasyfikacji oraz wzbogacaniu ziaren drobnych i bardzo drobnych ..... 17

### DESIGNING AND STUDIES

#### 1/2009

Prostański D., Bałaga D., Rojek P., Sedlaczek J.: Air-and-water spraying system for roadheaders and shearers – solution which is still improved ..... 3

#### 2/2009

Gicala B., Lenartowicz M.: Numerical simulation of mixing and aeration of flotation suspension in the chamber of pneumo-mechanical flotation machine ..... 3

#### 3/2009

Brodny J., Żołnierz J.: Strength analysis of operation of frictional joint of mining support frame ..... 3

Bartoszek S., Jagoda J., Rogala J., Stankiewicz K., Woszczyński M.: Monitoring system of loads of construction of large surfaces ..... 6

#### 4/2009

Kudźma Z., Palczak E., Rutański J., Stosiak M.: Selected problems of operation of machines with hydrostatic drive ..... 3

Doległo L., Gil J., Stoiński K.: Analytical assessment of volume capacity of hydraulic system of powered roof support leg ..... 9

### LONGWALL ROOF SUPPORTS

#### 4/2009

Labus J., Markowicz J., Szweda S.: Damages of welded joints in gob shield and safety of using of powered roof support ..... 19

Domagała Z.: Modelling and simulation of phenomena, which take place in powered-roof support ..... 25

Smolnik G.: Newest trends in testing the interaction between rock mass and powered roof supports ..... 31

### MECHANICAL MINERAL PROCESSING

#### 2/2009

Modrzewski R., Wodziński P.: Vibrating movements and screening process on two-frequency screen deck ..... 8

Rolnik R.: Use of sieves of high capacity in classification line as well as in beneficiation of fine and very fine grains ..... 17



**3/2009**

Łągódka M., Kowol D.: Wpływ uziarnienia nadaw zwirowych na skuteczność oddzielania zanieczyszczeń w procesie osadzarkowego wzbogacania kruszywa ..... 16

**OCHRONA ŚRODOWISKA****2/2009**

Augustyn A.: Analiza rozkładu pola akustycznego w środowisku wybranych obiektów energetycznych ..... 30

**FORESIGHT****1/2009**

Sikora W.: Wyzwania i tendencje rozwojowe w mechanizacji górnictwa węgla kamiennego ..... 25

Smolnik G.: Z marginesu na szczyt – rozwój ścianowego systemu eksploatacji pokładów węgla w USA w ciągu trzech dziesięcioleci ..... 32

Kiełtyka A.: Wykorzystanie krzyżowej analizy wpływów w projektach foresight na przykładzie kadr dla przemysłu maszynowego ..... 40

**JUBILEUSZE****3/2008**

Jubileusz 80-lecia urodzin doc. dr inż. Tadeusza Zmysłowskiego ..... 30

**WARTO PRZECZYTAĆ****1/2009**

Podgórska M.: Opis monografii ..... 58

Tematyczny wykaz artykułów opublikowanych w „Maszynach Górniczych” w 2008 roku ..... 59

**2/2009**

Podgórska M.: Opis monografii ..... 58

**3/2009**

Podgórska M.: Recenzje monografii..... 35

**4/2009**

Podgórska M.: Artykuły z czasopism ..... 58

**WENTYLACJA I KLIMATYZACJA****4/2009**

Jedziniak M.: Urządzenia odpylające typu mokrego stosowane w górnictwie – wady, zalety i perspektywy rozwoju ..... 46

**3/2009**

Łągódka M., Kowol D.: Impact of gravel feed grain size on effectiveness of separation of pollutants in the process of jig beneficiation of aggregate ..... 16

**ENVIRONMENT PROTECTION****2/2009**

Augustyn A.: Analysis of acoustic field distribution in the environment of selected power objects ..... 30

**FORESIGHT****1/2009**

Sikora W.: Challenges and development tendencies in mechanization of hard coal mining industry ..... 25

Smolnik G.: From the margin to the top – development of longwall mining system for coal seams in the usa within three decades ..... 32

Kiełtyka A.: Use of cross analysis of impacts in foresight projects on the example of human resources for machine industry ..... 40

**JUBILEES****3/2009**

80-Year Anniversary of Professor Tadeusz Zmysłowski ..... 30

**WORTH TO READ****1/2009**

Podgórska M.: Monography description ..... 58

List of papers published in “Mining Machines” in 2008 ..... 59

**2/2009**

Podgórska M.: Monography description ..... 58

**3/2009**

Podgórska M.: Monography description ..... 35

**4/2009**

Podgórska M.: Articles from the scientific papers ..... 58

**VENTILATION AND AIR CONDITIONING****4/2009**

Jedziniak M.: Dust collecting equipment of wet type used in mining industry – disadvantages, advantages and development prospects ..... 46

---

**JAKOŚĆ, CERTYFIKACJA, NORMALIZACJA,  
ZARZĄDZANIE****1/2009**

Zajac R., Figiel A.: Zapewnienie jakości produkcji urządzeń przeznaczonych do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem w aspekcie wymagań normy PN-EN 13980:2004 ..... 46

Skołud B., Dymarek E.: Zarządzanie komunikacyjne – ważność wewnętrznych sieci informacyjno-komunikacyjnych ..... 52

**2/2009**

Zajac R., Wojtaszczyk M.: Wymagania dotyczące wyposażenia pomiarowo-badawczego w akredytowanych laboratoriach badawczych ..... 47

**3/2009**

Zajac R.: Działalność normalizacyjna w obszarze bezpieczeństwa maszyn i urządzeń górniczych – Potrzeby i oczekiwania – Efekty prac Komitetu Technicznego nr 285 ..... 25

**PROGRAMY BADAWCZE****2/2009**

Hordyniak E., Dudziak M.: Nowe priorytety, zasady wnioskowania i realizacji projektów w programie badawczym funduszu badawczego węgla i stali w świetle decyzji Rady z dnia 29 kwietnia 2008 roku ..... 53

**TRANSPORT I ODSTAWA****1/2009**

Drwięga A., Janas S., Suffner H.: Zagadnienia bezpieczeństwa transportu kolejkami spagowymi i podwieszonymi w wyrobiskach nachylonych ..... 13

**URZĄDZENIA WIERTNICZE****3/2009**

Prostański D., Kalita M., Rawicki N.: Małogabarytowy wóz wiertniczy MWW-1 – pierwsze wyniki doświadczeń eksploatacyjnych ..... 11

**4/2009**

Marianowski J.: Zasilanie i sterowania pracą hydraulicznej wiertarki obrotowo-udarowej z wykorzystaniem układu LS ..... 38

**QUALITY, CERTIFICATION, STANDARDIZATION,  
MANAGEMENT****1/2009**

Zajac R., Figiel A.: Ensuring the quality of manufacturing of equipment designed for operation in areas of explosion hazard in the aspect of requirements of PN-EN 13980:2004 Standard ..... 46

Skołud B., Dymarek E.: Communication management – importance of internal information-and-communication networks ..... 52

**2/2009**

Zajac R., Wojtaszczyk M.: Requirements as regards measuring-and-research equipment at accredited testing laboratories ..... 47

**3/2009**

Zajac R.: Standardization activity in safety of mining machines and equipment – needs and expectations – results of work of Technical Committee No. 285 ..... 25

**RESEARCH PROJECTS****2/2009**

Hordyniak E., Dudziak M.: New priorities, rules for application and realization of projects in research programme of the Research Fund for Coal and Steel in the light of decision of Board dated 29<sup>th</sup> April 2008 ..... 53

**TRANSPORT AND CONVEYING SYSTEM****1/2009**

Drwięga A., Janas S., Suffner H.: Problems of safety of transportation with the use of floor-mounted railways and suspended monorails in inclined workings ..... 13

**DRILLING MACHINES****3/2009**

Prostański D., Kalita M., Rawicki N.: Small-size MWW-1 drilling jumbo – first results of field tests ..... 11

**4/2009**

Marianowski J.: Supply and control of operation of hydraulic drifter drill with use of LS system ..... 38

---

**BEZPIECZEŃSTWO I ERGONOMIA****2/2009**

Rozmus M.: Analiza procesu napraw serwisowych maszyn górniczych ..... 35

Firczyk W., Budzyński Z.: Modernizacja przemysłu górnictwa, a nowe zagrożenia zawodowe związane z emisją pól elektromagnetycznych ..... 42

**3/2009**

Pieczora E., Prostański D., Bałaga D., Rojek P.: Ocena skuteczności strumienia wytworzonego w dyszy dwuczynnikowej w aspekcie ograniczenia zagrożenia zapłonem metanu i wybuchu pyłu węglowego ..... 20

**SZYBY I MASZYNY WYCIĄGOWE****1/2009**

Wolny S.: Obciążenia zawieszonych naczyń podczas rozruchu górnictwa urządzenie wyciągowe na tle przeprowadzonego eksperymentu ..... 19

**4/2009**

Małecki J., Tytko A., Wróbel T.: Wpływ oddziaływań dynamicznych na trwałość eksploatacyjną lin nośnych górniczych wyciągów szybowych ..... 50

**WYSTAWY I KONFERENCJE****3/2009**

Stańczak L.: Sprawozdanie z Międzynarodowych Targów Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego KATOWICE 2009 ..... 32

Zaproszenie na konferencję KOMTECH 2009 ..... 34

**SAFETY AND ERGONOMICS****2/2009**

Rozmus M.: Analysis of process of servicing repairs of mining machines ..... 35

Firczyk W., Budzyński Z.: Modernization of mining industry and new occupational hazards associated with emission of magnetic fields ..... 42

**3/2009**

Pieczora E., Prostański D., Bałaga D., Rojek P.: Assessment of effectiveness of stream produced in two-medium nozzle in the aspect of limiting the methane ignition hazard and coal dust explosion hazard ..... 20

**SHAFTS AND HOISTING MACHINES****1/2009**

Wolny S.: Loading of suspensions of conveyances during start-up of mining hoisting machine against a background of conducted experiment ..... 19

**4/2009**

Małecki J., Tytko A., Wróbel T.: Impact of dynamic actions on operational life of hoisting ropes in shaft hoists ..... 50

**EXHIBITIONS AND CONFERENCES****3/2009**

Stańczak L.: Report from the International Fair of Mining, Power Industry and Metallurgy "KATOWICE 2009" ..... 32

Invitation for the KOMTECH 2009 Conference ..... 34