

## Zakres kontroli stanu technicznego stojaka hydraulicznego z akumulatorem gazowym, przeprowadzonej w wyrobisku ścianowym

### Streszczenie

W pracy omówiono układy pomiarowe służące do kontroli ciśnienia gazu oraz systemy umożliwiające uzupełnienie jego ubytków w akumulatorze gazowym stojaka. Przedstawiono metodę oszacowania wpływu zapowietrzenia stojaka na jego właściwości sprężyste.

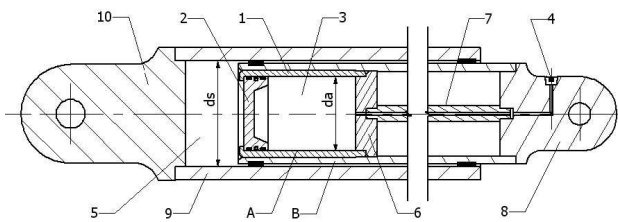
### Summary

Measurement systems for the gas pressure control as well as systems which enable to make up gas losses in the leg's gas accumulator were discussed in the paper. Methodology of evaluation of influence of getting air to the leg on its elastic properties.

## 1. Wprowadzenie

Jedną z metod zabezpieczenia stojaka hydraulicznego przed skutkami dynamicznego oddziaływania górotworu polega na zastosowaniu akumulatora gazowego. Znane i opatentowane rozwiązania konstrukcyjne akumulatorów gazowych [1, 4, 5, 6, 7] nie znalazły jednak szerszego zastosowania w praktyce, głównie ze względu na brak możliwości bieżącej kontroli stanu technicznego akumulatora gazowego oraz konieczność demontażu stojaka hydraulicznego celem uzupełnienia zawartości gazu w komorze akumulatora. Trwające obecnie w CMG KOMAG prace nad prototypem akumulatora gazowego stwarzają możliwość wyeliminowania wielu niedogodności charakteryzujących dotychczasowe prototypy akumulatorów gazowych.

Opracowany w CMG KOMAG stojak hydrauliczny wyposażony w akumulator gazowy A zamontowany w rdzenniku B stojaka, składa się z cylindra 1 i tłoka 2 (wyposażonego w pierścienie uszczelniające i prowadzące), zamocowanego wewnątrz rdzennika B (rys. 1). W głowicy stojaka 8 znajduje się zawór gazowy 4, którym przez kanały i rurę 7 zasilana jest komora gazowa 3 akumulatora. Ciecz 5 znajduje się w przestrzeni ograniczonej tłokiem, ściankami cylindra 9 i stopą stojaka 10.

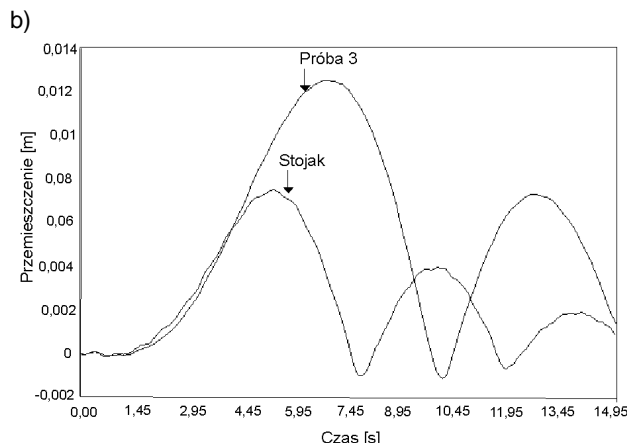
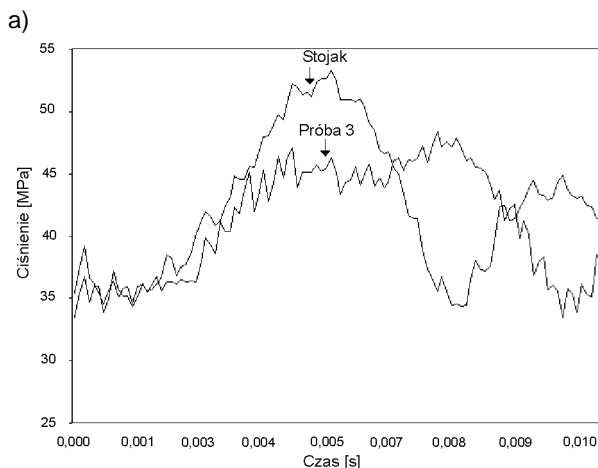


Rys.1. Schemat stojaka hydraulicznego wyposażonego w akumulator gazowy

Przeprowadzone w CMG KOMAG wstępne prace nad określeniem podstawowych parametrów akumula-

tora gazowego przeprowadzono na przykładzie stojaka hydraulicznego  $\varnothing 200$ , stosowanego np. w sekcjach obudowy typu FAZOS-12/28-Oz. Przeprowadzono szereg testów numerycznych oddziaływania przyjętego obciążenia dynamicznego na stojak hydrauliczny w wykonaniu standardowym oraz na stojak z akumulatorem napełnionym gazem o zadanym ciśnieniu. Stwierdzono, że zmieniając wartość ciśnienia początkowego gazu w komorze akumulatora można kształtować odpowiedź układu mechanicznego na zadane wymuszenie. Najkorzystniejsze właściwości układu stojak-akumulator gazowy – charakteryzowane wartością maksymalnego ciśnienia medium w przestrzeni podtłokowej stojaka oraz maksymalnego przemieszczenia rdzennika – uzyskano przy ciśnieniu gazu wynoszącym 40 MPa. Na rysunku 2a porównano przebiegi czasowe ciśnienia medium roboczego w przestrzeni podtłokowej modelu stojaka bez akumulatora, oznaczonego na rysunku etykietą – „stojak”, z przebiegiem czasowym medium roboczego w stojaku wyposażonym w akumulator gazowy, o ciśnieniu początkowym gazu 40 MPa – etykieta „próba 3”. Na rysunku 2b przedstawiono porównanie wykresów przebiegów czasowych zsuwu stojaka, spowodowanego tym samym dynamicznym obciążeniem, obu analizowanych modeli stojaków (stojak z akumulatorem – próba 3 i bez zabezpieczenia – stojak).

Ponieważ wartość ciśnienia gazu w komorze akumulatora znacząco wpływa na właściwości stojaka, to zagadnienie kontrolowania parametrów technicznych akumulatora w trakcie użytkowania stojaka jest szczególnie istotne. Przedstawiono propozycję układów pomiarowych oraz urządzeń, których zastosowanie umożliwi kontrolę ciśnienia oraz ewentualne uzupełnienie ubytków gazu w komorze akumulatora, jak również oszacowanie wpływu zapowietrzenia medium roboczego na właściwości sprężyste stojaka.



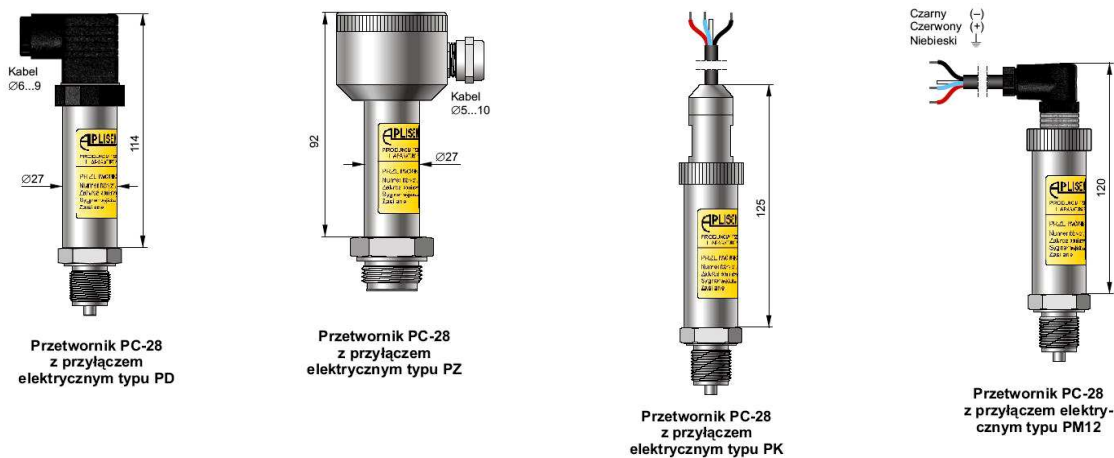
Rys.2. Zestawienie wyników obliczeń numerycznych: a) przebiegi czasowe ciśnienia cieczy, b) przebiegi czasowe przemieszczenia rdzennika [2, 3]

## 2. Kontrola stanu technicznego akumulatora gazowego w warunkach panujących w wyrobisku ścianowym

Podstawowym parametrem charakteryzującym stan techniczny akumulatora gazowego jest ciśnienie gazu w jego komorze. Opracowując prototyp akumulatora gazowego przewidziano, że system kontroli ciśnienia gazu będą tworzyły przetworniki ciśnienia, przedstawione przykładowo na rysunku 3, zamontowane na

zasilająco-pomiarowego, którego schemat przedstawiono na rysunku 4. W tym celu można wykorzystać iskrobezpieczny zasilacz firmy APLISENS serii ZS-30EEx lub ZS-31EEx.

Rejestracja wyników pomiarów ciśnienia gazu będzie dokonywana za pomocą ręcznego urządzenia, tzw. komunikatora, zapewniającego komunikację z przetwornikiem ciśnienia.

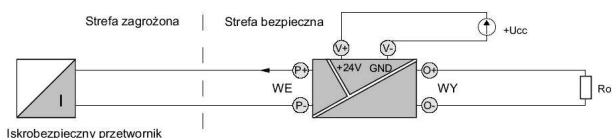


Rys.3. Przetworniki ciśnienia firmy APLISENS serii PC-28 [9]

stałe w dnie akumulatora oraz przenośne urządzenie pomiarowo-rejestrujące (np. komunikator) łączone z przetwornikiem poprzez gniazdo przyłącza zamontowane na głowicy stojaka.

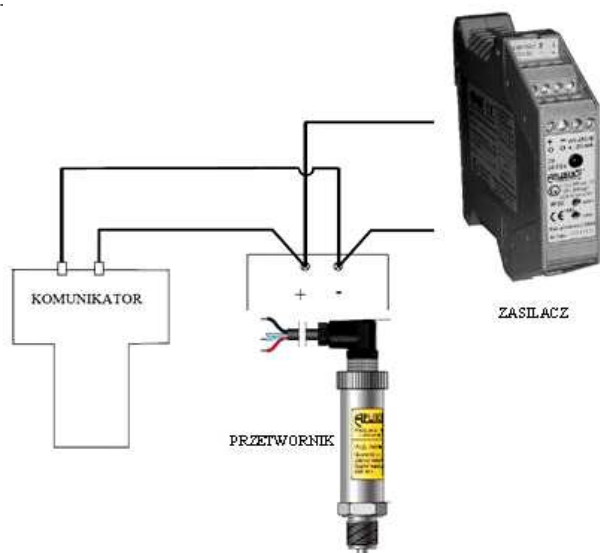
Obecnie, oprócz przetworników przedstawionych na rysunku 3, na rynku dostępne są również przetworniki ciśnienia miniaturowe i subminiaturowe, charakteryzujące się podobnymi parametrami pomiarowymi oraz znacznie mniejszymi wymiarami geometrycznymi, lecz ich stosowanie w tym konkretnym przypadku jest ekonomicznie nieuzasadnione.

Instalacja przetworników w strefie zagrożonej wymaga również zapewnienia iskrobezpiecznego obwodu



Rys.4 Schemat połączeń elektrycznych [9]

W przypadku zastosowania inteligentnych przetworników ciśnienia komunikator ma możliwość, oprócz odczytu aktualnie mierzonej wartości ciśnienia, przeprowadzenia identyfikacji czujnika oraz konfiguracji i kalibracji jego parametrów. Schemat układu pomiarowego składającego się z przetwornika ciśnienia, zasilacza oraz urządzenia rejestrującego np. komunikatora przedstawiono na rysunku 5.



Rys.5. Schemat układu pomiarowego

Dostępne na rynku urządzenia rejestrujące ciśnienie gazu są przeznaczone do stosowania w instalacjach o ciśnieniu nominalnym do 10 MPa. Ponieważ ciśnienia gazu, w komorze akumulatora, może mieć wartość do 40 MPa, to istnieje potrzeba opracowania nowego urządzenia rejestrującego odpornego na warunki panujące w wyrobiskach eksploatacyjnych podziemnych zakładów górniczych.

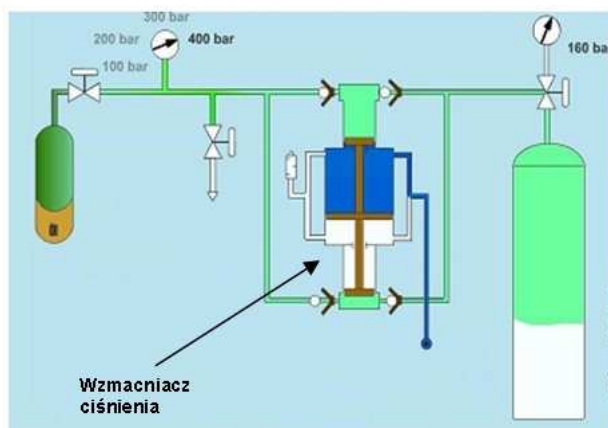


Rys.6. Wzmacniacz ciśnienia MP05 firmy MAXIMATOR

Zmniejszenie początkowego ciśnienia gazu w komorze akumulatora sprawia, że to samo obciążenie zewnętrzne powoduje większy przyrost ciśnienia medium roboczego. Tym samym ochrona stojaka przed działaniem obciążenia dynamicznego jest mniej skuteczna. Uzupełnienie poziomu ciśnienia gazu w akumulatorze może być dokonywane w warunkach panujących w wyrobisku ścianowym przy użyciu np. jednostki wzmacniającej ciśnienie MP05 firmy MAXIMATOR (rys. 6).

Urządzenie to, w przeciwieństwie do wzmacniaczy hydraulicznych lub elektrycznych, umożliwia budowę przenośnego, kompaktowego i łatwego w obsłudze systemu napełniania akumulatorów azotem. Dodatkowo nowa generacja tej jednostki charakteryzuje się wysoką wydajnością i wygodą w użyciu, zarówno w hali

fabrycznej, jak i przy pracach serwisowych. Mobilność urządzenia zapewniają kółka oraz dwa wygodne uchwyty. Wymiary gabarytowe jednostki MP05 są niewielkie i wynoszą: 850x400x400 mm. Jednostka MP05 nie wymaga zasilania energią elektryczną. Celem napełnienia akumulatora azotem o ciśnieniu do 400 bar wystarczy zasilić wzmacniacz ciśnienia sprężonym powietrzem o ciśnieniu zaledwie 5 bar. Schemat działania wzmacniacza ciśnienia oraz jego dane techniczne przedstawiono na rysunku 7.



Rys.7. Schemat działania oraz dane techniczne wzmacniacza ciśnienia MP05 firmy MAXIMATOR [10]



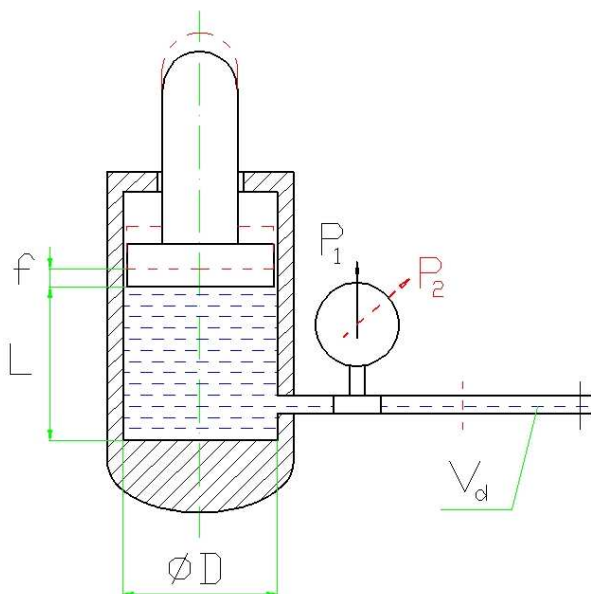
#### Dane techniczne:

Maksymalne dopuszczalne ciśnienie pracy pB	400 bar
Ciśnienie sprężonego powietrza pL	1-10 bar
Stopień sprężania (DLE75)	1:75
Ciśnienie azotu pA min.	10 bar
Ciśnienie azotu pA max	200/300 bar
Zużycie powietrza	0,4 do 1,9 Nm <sup>3</sup> /min
Przyłącze N2 wejście	W24,32x1/14 (Ermeto)
Przyłącze N2 wyjście	8S (M14x1,5) (Ermeto)
Przyłącze powietrza	1/2 BSP
Wymiary WxDxH	850x410x400 mm
Waga netto	62 kg
Kolor	MAXIMATOR Design

Jednostka MP05 jest wręcz idealnym rozwiązaniem umożliwiającym zarówno napełnienie akumulatora gazem, jak i kontrolę jego ciśnienia poprzez odpowiednie przyłącze testowe, będące na wyposażeniu urządzenia. Ze względu na gabaryty i wagę całego systemu napełniania akumulatorów azotem, wykonanie napraw serwisowych akumulatora gazowego będzie możliwe wyłącznie w czasie postoju ściany np. na zmianie remontowej. Transport wzmocniacza, wraz z butlami gazowymi, wzdłuż ściany mógłby się wówczas odbywać przy wykorzystaniu przenośnika ścianowego.

Zmniejszenie ciśnienia gazu w komorze akumulatora gazowego może być spowodowane ulatnianiem się gazu do wyrobiska, bądź też jego migracją do przestrzeni podtłokowej stojaka. To drugie zjawisko powoduje zmianę właściwości sprężystych stojaka – ściślej zmniejszenie wartości modułu sprężystości objętościowej cieczy – wpływającą niekorzystnie na współpracę sekcji obudowy zmechanizowanej z górotworem przy obciążeniu statycznym. W związku z powyższym celowe staje się opracowanie metody kontrolnych pomiarów modułu sprężystości objętościowej medium roboczego w stojaku rozpartym w wyrobisku. Metoda ta polegałaby na pomiarach objętości medium roboczego dopływającego do przestrzeni podtłokowej stojaka podczas jego rozpierania, wysunięcia rdzennika oraz osiągniętego przyrostu ciśnienia.

W obliczeniach modułu sprężystości objętościowej cieczy pominięto ściślność medium roboczego doprowadzonego do przestrzeni podtłokowej przy wzroście ciśnienia od  $p_1$  do  $p_2$  (rys. 8) oraz odkształcenie ścianek cylindra stojaka spowodowane tym wzrostem ciśnienia.



Rys.8. Metoda wyznaczania modułu sprężystości objętościowej medium roboczego w warunkach panujących w wyrobisku

Wskutek doprowadzenia do przestrzeni roboczej stojaka o średnicy wewnętrznej cylindra  $D$  dodatkowej objętości  $V_d$  medium roboczego, nastąpił wzrost wartości ciśnienia w przestrzeni podtłokowej od  $p_1$  do  $p_2$ . Równocześnie odcinek rdzennika o długości  $f$  wysunął się z cylindra. Moduł  $B$  sprężystości objętościowej cieczy wyznacza się z zależności:

$$B = \frac{\pi D^2}{4} \frac{L(p_2 - p_1)}{V_d - \frac{\pi D^2}{4} f} \quad (1)$$

gdzie:

$B$  – moduł sprężystości objętościowej cieczy,

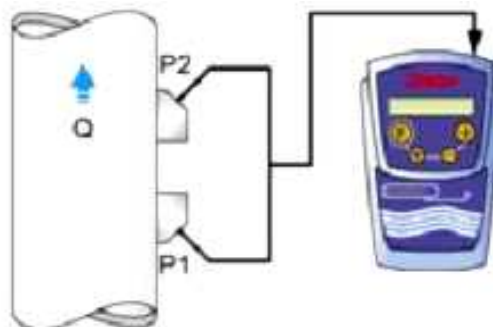
$D$  – średnica wewnętrzna cylindra stojaka,

$L$  – początkowa wysokość słupa cieczy pod tłokiem,

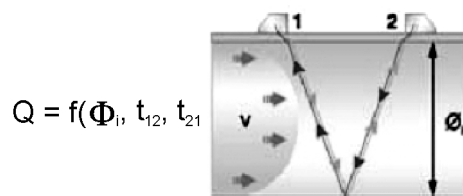
$f$  – wysunięcie rdzennika,

$V_d$  – objętość medium dodatkowo wtłoczonego do przestrzeni podtłokowej stojaka.

Pomiaru objętości medium doprowadzanego do stojaka w trakcie jego rozpierania można dokonać za pomocą ultradźwiękowych przepływomierzy bezinwazyjnych typu Fluxus ADM8027 lub MINISONIC P, dzięki którym wykonanie pomiaru nie wymaga ingerencji w przewody zasilające stojak (rys. 9). Do wyznaczania objętościowego natężenia przepływu cieczy za pomocą tych przepływomierzy wykorzystano metodę Transit Time – schematycznie przedstawioną na rysunku 10. Metoda Transit Time bazuje na pomiarze czasu przejścia fali ultradźwiękowej przez poruszającą się ciecz.



Rys.9. Przenośny przepływomierz ultradźwiękowy typu MINISONIC P [8]



**Uwagi:**

- Medium musi umożliwiać przejście fali ultradźwiękowej.
- 1 - 2 = sondy pomiarowe nieinwazyjne.
- $\phi$  = średnica wewnętrzna rurociągu.

Rys.10. Metoda Transit Time [8]

Przepływomierze firmy Fluxus są standardowo przystosowane do pomiaru przepływu cieczy w strefach zagrożonych wybuchem. Elektronika oraz zaciski przyrządu są umieszczone w trwałych ognioszczelnych obudowach, których otwieranie nie jest konieczne do uruchomienia, czy kalibracji przepływomierza.

Przykładowo przyjmując następujące dane  $L = 0,6$  m,  $D = 200$  mm,  $p_1 = 11$  MPa,  $p_2 = 16$  MPa,  $f = 16$  mm,  $V_d = 570$  cm<sup>3</sup> z zależności (1) otrzymano:

$$B = 1399 \text{ MPa}$$

Przyjmuje się, że moduł sprężystości objętościowej  $B_c$  odpowietrzonego medium roboczego wynosi:

$$B_c = 2000 \text{ MPa.}$$

W związku z tym, zaniehbując zjawisko rozpuszczalności azotu w medium roboczym można oszacować, iż zmniejszenie modułu sprężystości objętościowej medium roboczego z 2000 MPa do 1399 MPa spowodowała obecność w przestrzeni podtłokowej stojaka gazu o objętości wynoszącej  $7,12 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup> przy ciśnieniu 0,1 MPa.

Zawartość gazu w przestrzeni podtłokowej stojaka nie jest spowodowana wyłącznie migracją gazu z komory akumulatora do przestrzeni podtłokowej. Ponieważ stojaki mogą być po ich napełnieniu częściowo zapowietrzone, to podczas użytkowania stojaków z akumulatorami gazowymi istotnym parametrem charakteryzującym stan techniczny akumulatora będzie odnotowana zmiana wartości modułu sprężystości objętościowej cieczy. Przyjmując niedokładności wyznaczania wielkości mierzonych wynoszące:  $\Delta L = 1$  mm,  $\Delta f = 10^{-3}$  mm,  $\Delta p = 0,06$  MPa,  $\Delta V_d = 5$  cm<sup>3</sup> można, korzystając z zależności (1) oszacować, iż moduł sprężystości objętościowej medium będzie wyznaczony z dokładnością wynoszącą  $\Delta B = 135$  MPa. Dokładniejsze pomiary wartości tego parametru możliwe są w warunkach laboratoryjnych.

### 3. Podsumowanie

Prototyp akumulatora gazowego przeznaczonego do stojaków hydraulicznych o średnicy cylindra 200 mm, opracowywany aktualnie w CMG KOMAG jest przystosowany do przeprowadzenia pomiarów kontrolnych ciśnienia gazu w warunkach panujących w wyrobisku eksploatacyjnym.

W niniejszej pracy przedstawiono propozycję układu pomiarowego umożliwiającego przeprowadzenie okresowych badań kontrolnych poziomu ciśnienia gazu w komorze akumulatora oraz system napełniania akumulatorów gazowych opracowany przez firmę Maximator.

Omówione systemy są produkowane w wersji umożliwiającej ich zastosowanie w wyrobiskach eksploatacyjnych podziemnych zakładów górniczych.

Metoda oszacowania wartości modułu sprężystości objętościowej cieczy, przedstawiona w niniejszej pracy, umożliwi kontrolę czy następuje migracja gazu z akumulatora do przestrzeni podtłokowej stojaka i w jakim zakresie powoduje ona zmianę właściwości sprężystych stojaka.

### Literatura

1. Gwiazda J.B.: Górnicza obudowa hydrauliczna odporna na tapania. Wydawnictwo Śląsk, Katowice, 1997.
2. Mazurek K.: Modelowanie urządzeń zabezpieczających stojak hydrauliczny przed nadmiernym obciążeniem dynamicznym. Konferencja Użytkowników Oprogramowania MSC.Software, Mszczonów, 2006.
3. Szyguła M., Mazurek K. i inni: Badania symulacyjne przyjętej postaci konstrukcyjnej urządzenia absorbującego energię. Opracowanie CMG KOMAG o symbolu ES/BDO-8899/OR8. Gliwice, 2005 (nie publikowane).
4. Patent 204231 Stojak z tłokowym amortyzatorem gazowym.
5. Patent 286210 Górnicza obudowa zmechanizowana do pokładów tąpających.
6. Patent 289490 Hydrauliczno-pneumatyczny stojak obudowy górniczej.
7. Patent 293524 Siłownik hydrauliczny z amortyzatorem pneumatycznym.
8. Karta katalogowa: Przenośny przepływomierz ultradźwiękowy MINISONIC P.
9. Karta katalogowa: Przetworniki ciśnienia firmy APLISENS serii PC-28.
10. Karta katalogowa: Wzmacniacz ciśnienia MP05 firmy MAXIMATOR.

*Artykuł wpłynął do redakcji w sierpniu 2006 r.*

*Recenzent: prof.dr inż. Włodzimierz Sikora*

## Wirtualne prototypowanie a prototypowanie fizyczne

### Streszczenie

W artykule omówiono fragment obszernego zagadnienia, jakim jest wirtualne prototypowanie środków technicznych. Podano definicję wirtualnego prototypowania. Przedstawiono cel tworzenia oraz trudności związane z budową fizycznych prototypów (FP), w szczególności maszyn górniczych. Porównano prototypowanie fizyczne i wirtualne. Omówiono zakresy zastosowań i ograniczenia obydwu metod.

### Summary

Part of an extensive problem which is virtual prototyping of technical means was discussed in the paper. Official definition of virtual prototyping was given. The objective of creation of physical prototypes (FP) and difficulties associated with its construction were presented, especially those of mining machines. Physical and virtual prototyping were compared. Scope of use and limitations of both methods were discussed.

### 1. Prototypowanie fizyczne

Termin *prototyp* oznacza pierwszy wykonany według dokumentacji model maszyny lub urządzenia, stanowiący podstawę do dalszej seryjnej produkcji, (fr. *prototype*, z p.-łac. *prototypus*, z gr. *protos týpos* pierwsze uderzenie (odbicie)) [24].

Budowa FP maszyn jeszcze do niedawna była jedynym sposobem weryfikacji rozwiązań konstrukcyjnych przed rozpoczęciem produkcji. Budowa FP jest czasochłonna i kosztowna. Wynika to zarówno z zakresu przeprowadzanych na nich badań jak i z tego, że znaczny procent podzespołów dla FP jest wykonywany na zamówienie.

W przemyśle AGD, oraz innych, nakierowanych na masowego odbiorcę, FP jest niezbędny do wstępnej oceny przyszłego produktu przez użytkownika. Istotnym czynnikiem tego typu produktów jest wygląd zewnętrzny. W tej klasie produktów stosowane są techniki szybkiego tworzenia FP, takie jak Rapid Prototyping czy Rapid Tooling [5]. Pomijają one tradycyjne technologie wytwarzania, takie jak odlewnictwo czy

obróbka skrawaniem. Przykład FP utworzonego za pomocą techniki druku przestrzennego 3D Printing (3DP) pokazano na rysunku 1.

Niestety technologie te nie mają zastosowania w przemyśle górniczym ze względu na ograniczenia gabarytowe – maksymalny wymiar FP wykonany techniką warstwowego wytwarzania obiektów LOM (ang. *Laminated Object Manufacturing*) wynosi około 0,8 m.

Odmianą prototypowania fizycznego są badania stanowiskowe, które zgodnie z wymogami normowymi dopuszczają dany produkt do użytku. W przemyśle górniczym przykładem są struktury chroniące operatorów pojazdów samojezdnych typu FOPS (ang. *Falling Object Protective Structures*) i ROPS (ang. *Roll-Over Protective Structures*). Struktury FOPS zabezpieczają przed spadającymi obwałami skalnymi, natomiast struktury ROPS zabezpieczają przed zmiżdżeniem podczas przewrócenia się pojazdu [23, 25]. Struktury te poddawane są badaniom niszczącym zgodnie z [14, 15]. Badania dopuszczające typu ROPS obowiązkowo wykonuje się również dla segmentów lub całych nad-



Rys.1. FP utworzony metodą Rapid Prototyping [31]

wozi autobusów [1]. Badania stanowiskowe obowiązują również dla sekcji obudów zmechanizowanych. Ich zakres zawarty jest w [16].

Jeżeli wynik badań stanowiskowych jest negatywny, ze względu na niespełnienie wymagań objętych w normie, wykonywane są one ponownie. Taki tryb postępowania wymusza wykonanie kolejnego FP, co podnosi koszt procesu projektowo-konstrukcyjnego.

Inną wadą fizycznego prototypowania są ograniczenia i uproszczenia w odwzorowaniu warunków eksploatacyjnych na stanowisku badawczym, na którym weryfikowany jest FP. Szczególnie w przemyśle górniczym identyfikacja obciążeń, jakie działają na maszynę górnictwem w trakcie jej eksploatacji jest utrudniona.

Przy dużej złożoności współczesnych zmechanizowanych systemów górniczych, budowa FP wiąże się z dużymi nakładami finansowymi. Czynniki utrudniającymi budowę FP maszyn górniczych są:

- duże gabaryty i masy maszyn,
- produkcja jednostkowa lub małoseryjna,
- różni wytwórcy – każda maszyna systemu ścianowego wytwarzana jest przez inną wytwórnię,
- montaż pod ziemią i związane z tym ograniczenia,
- złożone warunki eksploatacji – zależą od warunków geologiczno-górnictwem,
- coraz krótsze czasy na odcinku konstrukcja – wytwarzanie.

W praktyce każdy nowy egzemplarz maszyny górniczej jest traktowany jako gotowy do eksploatacji. Stawia to wysokie wymagania projektom nowych maszyn górniczych. Wymienione ograniczenia skłaniają do poszukiwań metod wirtualnego prototypowania.

## 2. Prototypowanie wirtualne

Termin *wirtualny* (*skuteczny*, łac. *virtus męstwo, energia*) oznacza taki, który teoretycznie może zaistnieć [24]. Współcześnie słowo to stosowane jest w innym zestawieniu – *wirtualna rzeczywistość* (ang. *virtual reality*). Termin ten został utworzony przez Jaron'a Lanier'a, założyciela VPL (*Virtual Planetary Laboratory*) w 1989 r. Istnieją również inne bliskoznaczne terminy: *sztuczna rzeczywistość* (Myron Krueger, lata siedemdziesiąte), *cyberprzestrzeń* (William Gibson, 1984), oraz *wirtualne światy* i *wirtualne środowisko* (lata dziewięćdziesiąte) [29]. Dopiero w roku 1995 Steve Bryson sformułował definicję terminu wirtualna rzeczywistość [3, 27]: „*Rzeczywistość wirtualna, to użycie technologii komputerowej do tworzenia efektu interaktywnego trójwymiarowego świata, w którym każdy obiekt posiada sens obecności w tej przestrzeni*”.

Wirtualne prototypowanie posiada wiele definicji. Najbardziej kompletna wydaje się być podana przez Wang'a [26]: „*Wirtualny prototyp jest to symulacja kom-*

*puterowa fizycznego produktu, która może być przedstawiana, analizowana oraz testowana w obrębie cyklu życia produktu. W szczególności dotyczy ona procesu projektowania, wytwarzania, serwisu, jak również recyklingu, tak jak to ma miejsce w przypadku obiektu rzeczywistego. Tworzenie oraz badanie wirtualnego prototypu nosi nazwę wirtualnego prototypowania*”.

Wirtualne prototypowanie jest procesem, który rozpoczyna się od budowy modelu geometrycznego. Przestrzenny model geometryczny najczęściej tworzony jest w środowisku CAD. Inne metody, takie jak metoda odwrotnego projektowania RE (ang. *Reverse Engineering*) pozwalają na odtwarzanie w środowisku komputerowym modeli geometrycznych obiektów rzeczywistych [5, 18]. Model geometryczny stanowi podstawę wirtualnego prototypu (WP). WP oceniany jest w określonych stanach pracy środka technicznego [8]; tzw. stanach kryterialnych. Stanami kryterialnymi w aspekcie wytrzymałościowym mogą być wybrane, krytyczne zestawy obciążeń lub podparć. Identyfikacja stanów kryterialnych odbywa się zarówno podczas eksploatacji, jak i na stanowisku badawczym. Dla wybranych stanów kryterialnych budowane są tzw. modele kryterialne. Tworzenie modeli kryterialnych polega na [28]:

- upraszczaniu i redukcji odwzorowań cech konstrukcyjnych,
- rozszerzeniu odwzorowań,
- konwersji odwzorowań cech konstrukcyjnych.

W przypadku maszyn górniczych można wyróżnić następujące kryteria prototypowania:

- funkcjonalne,
- wytrzymałościowe,
- ergonomiczne,
- bezpieczeństwa.

Kryteria te zostaną omówione na przykładzie modelu sekcji obudowy zmechanizowanej. W obrębie kryterium funkcjonalnego przeprowadza się analizę kolizji poszczególnych podzespołów względem siebie, wyznacza się krzywą ruchu poziomego stropnicy w funkcji wysokości, tzw. krzywa lemniskaty. W ramach kryterium wytrzymałościowego wykonywane są obliczenia numeryczne wszystkich głównych podzespołów (stropnica, osłona odzawałowa, łączniki lemniskatowe, spąglica). W obrębie kryterium ergonomicznego stosowane jest specjalistyczne oprogramowanie analizujące układy antropotechniczne. Przeprowadza się analizy kolizyjności poszczególnych segmentów ciała z modelami geometrycznymi środków technicznych. Takie zagadnienia jak weryfikacja granicznego kąta utraty stateczności, stabilność sekcji podczas transportu obejmuje kryterium bezpieczeństwa.

Kryteria prototypowania określają warunki, w jakich ten proces przebiega. Przykładowo, dla kryterium wytrzymałościowego są to:

- charakter obciążenia – statyczny, dynamiczny,
- sposób podparcia,
- źródło obciążeń: stanowisko badawcze, warunki „*in situ*”,
- zakresy odkształceń: liniowe, nieliniowe.

Do najbardziej rozpowszechnionych metod weryfikacji pod względem wytrzymałościowym jest metoda elementów skończonych (MES) [20, 30]. Rozwijane są również:

- metoda elementów brzegowych (MEB) [4],
- metoda analizy układów wielocłonowych MBS (ang. *Multi-Body System*),
- metoda elementów odrębnych DEM (ang. *Discrete element method*) [7].

Wszystkie wymienione metody należą do metod przybliżonych, tzn. dowolny model mający nieskończoną liczbę stopni swobody jest poddawany dyskretyzacji. Różnica pomiędzy MES i MEB polega między innymi na sposobie podziału na elementy: w MEB dyskretyzacji poddaje się jedynie brzeg modelu, co pozwala na zmniejszenie liczby elementów. Do tworzenia modeli numerycznych ośrodków nieciągłych, jakimi są np. górotwory wykorzystywana jest DEM. Metoda ta służy do modelowania i badania zachowania się wielu oddziałujących na siebie, odkształcalnych, ciągłych i nieciągłych lub pękających ciał, które doznają dużych przemieszczeń liniowych (translacji) i kątowych (rotacji). W trakcie trwania obliczeń istnieje możliwość całkowitego rozdzielenia się poszczególnych elementów względem siebie, a w kolejnych etapach rozwiązywane zadania rozpoznawane są nowe kontakty pomiędzy przemieszczającym się elementami. Obecnie DEM jest wykorzystywana do symulacji zachowania się górotworów, w szczególności w sąsiedztwie wyrobisk górniczych. Symulowane są zjawiska dynamiczne zachodzące w górotworze wywołujące pękanie masywu skalnego [13]. DEM przyczynia się do identyfikacji stanów obciążeń, które są stosowane w wirtualnym proto-

typowaniu maszyn górniczych [18]. Wyniki otrzymane z DEM są warunkami brzegowymi dla analizy MES, (rys. 2).

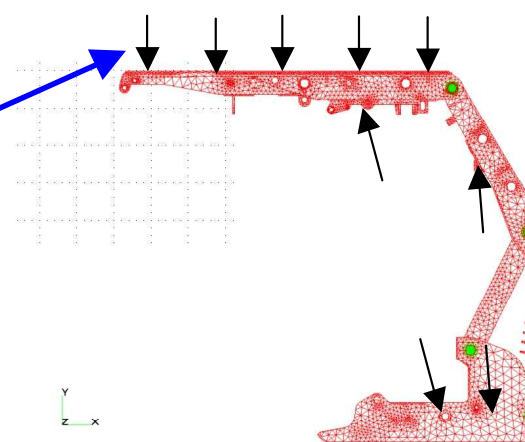
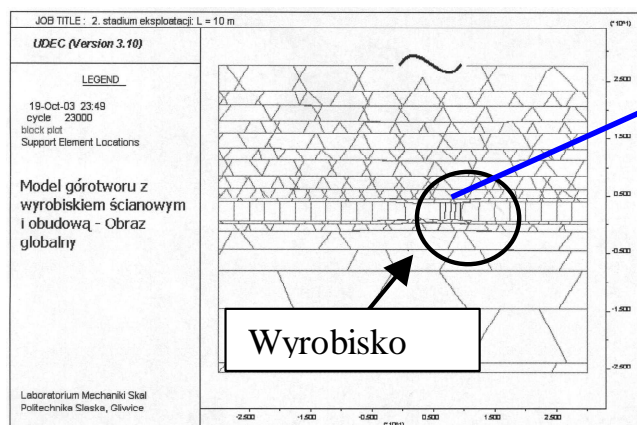
Prowadzone są prace nad przestrzennym modelem górotworu w okolicach przodków chodnikowych i ściennych [21].

Metoda MBS polega na tworzeniu systemów mechanicznych składających się ze sztywnych brył. Sztywne bryły łączy się z sobą za pomocą więzów. Więzy są to elementy, które charakteryzują zachowanie się brył pomiędzy sobą.

Do niedawna w analizach MES proces budowy modeli geometrycznych rozpoczynał się w środowisku programu przygotowującego dane do obliczeń (preprocesorze). Brak parametryzacji i odpowiednich narzędzi do budowy modeli geometrycznych wydłużał czas ich tworzenia, jak również były one znacznie uproszczone w stosunku do rzeczywistych obiektów, co stwarzało problemy z identyfikacją miejsc na dokumentacji rysunkowej, w których należało dokonać zmian. Z drugiej strony, gotowe modele geometryczne, coraz częściej przestrzenne, były niewykorzystywane do analiz wytrzymałościowych. W ten sposób następowało dublowanie tych samych czynności, a tym samym spadek efektywności działań projektowo-obliczeniowych.

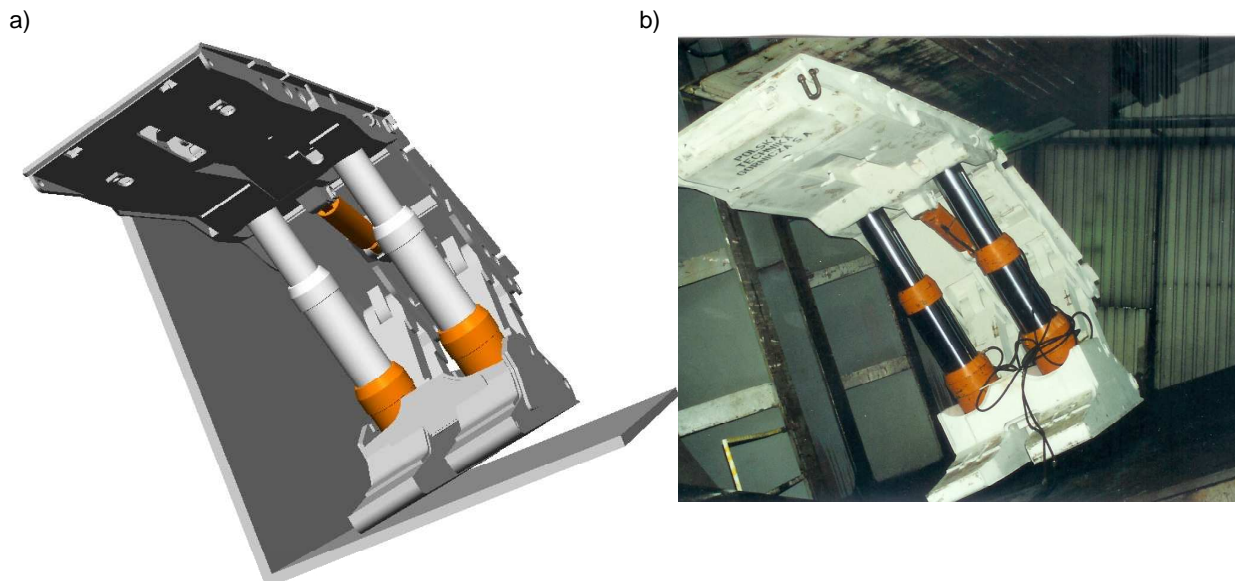
Obecnie wirtualne prototypowanie realizowane jest w rozproszonym środowisku programowym, a każdy z programów przeznaczony jest do przeprowadzenia badań tylko w pewnym zakresie. Kluczową sprawą staje się zapewnienie przepływu modeli kryterialnych pomiędzy programami i definiowanie wiarygodnych stanów kryterialnych. Tworzone i uaktualniane są formaty wymiany danych graficznych.

Poprawność prototypu wirtualnego jest weryfikowana poprzez badania doświadczalne [2, 22, 10, 12, 9, 19], (rys. 3).



Rys.2. Identyfikacja stanu obciążenia modelu obliczeniowego sekcji obudowy zmechanizowanej za pomocą DEM





Rys.3. Weryfikacja WP sekcji obudowy zmechanizowanej (a), na stanowisku badania stateczności sekcji obudów (b)

Badania te są najczęściej wykonywane na stanowiskach badawczych, gdzie znane są warunki brzegowe, w jakich weryfikowany jest FP. Takie same warunki są zadawane w modelach obliczeniowych.

Charakter iteracyjny, tzn. wyniki z przeprowadzonych badań na WP czy FP doprowadzają do ich modyfikacji i ponownego utworzenia. Proces ten trwa do momentu rozpoczęcia produkcji nowego środka technicznego.

### 3. Porównanie

Metody wirtualnego prototypowania są coraz powszechniej stosowane w procesie projektowo-konstrukcyjnym nowych środków technicznych. Wirtualne prototypowanie nie wyklucza badań na prototypach materialnych, ale je ukierunkowuje i ogranicza. Jednocześnie wyniki próby stanowiskowej są podstawą do weryfikacji prototypów wirtualnych. Nowoczesny rozwój produktu powinien wykorzystywać zalety zarówno prototypowania fizycznego, jak i wirtualnego. Algorytm przepływu danych pomiędzy FP i WP przedstawiono na rysunku 4.

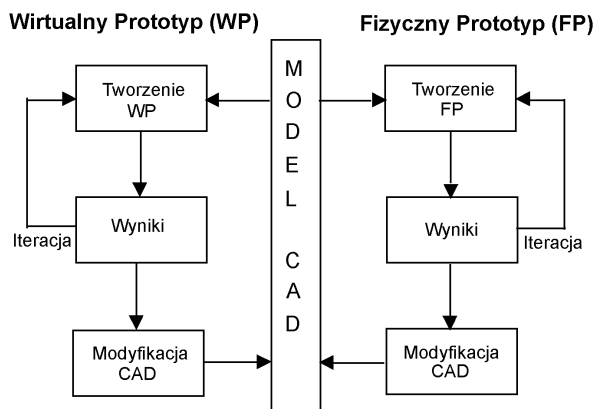
### 4. Wnioski

Wirtualne prototypowanie jest zagadnieniem złożonym ze względu na swoją wielowątkowość, taką jak: identyfikacja stanów kryterialnych, budowa modeli kryterialnych, oraz przepływ danych pomiędzy poszczególnymi składnikami środowiska programowego.

Proces wirtualnego prototypowania charakteryzuje się wielokrotną modyfikacją zarówno cech geometrycznych, jak i modyfikacją parametrów technicznych wirtualnego prototypu.

Wyniki z poszczególnych analiz numerycznych pozwalają na modyfikację parametrycznego modelu geometrycznego, umożliwiając poszukiwanie lepszego rozwiązania w świetle danego kryterium.

Mając na uwadze prace związane z rozwijaniem środowiska programowego, jak również coraz większą moc obliczeniową współczesnych komputerów, wirtualne prototypowanie jest ekonomicznie uzasadnione. Przeprowadza się je na etapie projektowo-konstrukcyjnym, a co za tym idzie można uchronić się przed kosztami związanymi z modyfikacjami obiektów rzeczywistych.



Rys.4. Algorytm prototypowania [11]

Obecnie podstawą do budowy WP i FP jest model geometryczny, utworzony w środowisku programowym CAD. WP i FP są budowane niezależnie od siebie i dla innych potrzeb. Proces rozwoju produktu ma cha-

### Literatura

1. Barszcz Z.: Ocena bezpieczeństwa dużych pojazdów do przewozu osób w zakresie wytrzymałości ich konstrukcji nośnej. Konferencja: Spotkanie użytkowników oprogramowania MSC, Mszczonów, 2006.

2. Basic adams full simulation training guide. [www.adams.com](http://www.adams.com)
3. Bryson S.: Approaches to the successful design and implementation of VR applications. Virtual reality applications. Londyn, Academic Press Ltd, p. 3-15, 1995.
4. Burczyński T.: Metoda elementów brzegowych w mechanice. Wspomaganie komputerowe CAD – CAM. WNT, Warszawa, 1995.
5. Chlebus E. i inni: Innowacyjne technologie rapid prototyping – rapid tooling w rozwoju produktu. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2003.
6. Chlebus E.: Techniki CAx w inżynierii produkcji. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa, 2000.
7. Cundall P.A. and Hart R.D.: Numerical modeling of discontinua. Comprehensive Rock Engineering, Vol. 2 - Analysis and Design Methods (C. Fairhurst, ed.), pp. 231-243. Pergamon Press, Oxford, 1993.
8. Dietrych J.: System i konstrukcja. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1985.
9. Dudziński P.: Badania wirtualne oraz eksperymentalne w projektowaniu pojazdów przemysłowych. Transport przemysłowy nr 1(11), s. 54/59, 2003.
10. Ellis D., Tedbury J., Fendt C.: Integration of MSC.ADAMS Virtual Prototyping Technology into Westland Helicopters CAD/CAE Architecture.
11. Gibson I., Gao Z.: A comparative study of virtual prototyping and physical prototyping. Journal Manufacturing Technology and Management, vol. 6, 2004.
12. Jackson K. E., Fasanella E. L.: Impact Testing and Simulation of a Crashworthy Composite Fuselage. US Army Research Laboratory, Vehicle Technology Directorate. Hampton, USA.
13. Kwaśniewski M.: Metody numerycznego modelowania rozprzestrzeniania energii sejsmicznej w górotworze. Praca naukowo-badawcza NB-146/RG-4/2003. Gliwice, 2003.
14. PN-84/M-47024/01 – Maszyny do robót budowlanych ziemnych. Konstrukcje chroniące operatora przed spadającymi przedmiotami.
15. PN-92/G-59001 – Samojezdne maszyny górnicze. Konstrukcje chroniące operatora przed obławami skał. Wymagania i badania.
16. PN-EN 1804-1:2004 Maszyny dla górnictwa podziemnego. Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej. Cz. 1: Sekcje obudowy i wymagania ogólne.
17. Praca badawcza E/BDM-8603/OR1: Rekonstrukcja obiektów rzeczywistych dla potrzeb tworzenia modeli obliczeniowych w metodzie elementów skończonych (narzędzia Reverse Engineering). KOMAG, Gliwice, 2003.
18. Praca badawcza E-BDM-8603/OR3: Analiza dynamiczna metodą elementów skończonych wybranych maszyn górniczych. KOMAG, Gliwice, 2003.
19. Praca badawcza SP/BDM-8867/OR: Weryfikacja modeli obliczeniowych na stanowiskach badawczych dla obudów zmechanizowanych. KOMAG, Gliwice, 2004.
20. Rakowski G., Kacprzyk Z.: Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2005.
21. Reddish D.J., Stace L.R., Whittles D.N.: A model mine. World Coal, VIII, s. 49-53, 2003.
22. Rusiński E., Kopczyński A., Czmochoński J.: Tests of thin-walled beams joined by spot welding. Journal of Materials Processing Technology 157-158, s. 405-409, 2004.
23. Rusiński E., Smolnicki T., Karliński J.: Badania symulacyjne bezpieczeństwa kabin ochronnych maszyn górniczych. Przegląd mechaniczny nr 15, s. 20-25, 1998.
24. Słownik Wyrazów Obcych. Wydawnictwo Naukowe PWN SA. <http://swo.pwn.pl/>
25. Tokarczyk J., Bojara S., Chuchnowski W.: Zastosowanie metody odwrotnego projektowania w weryfikacji obliczeń dynamicznych MES. Spotkanie użytkowników oprogramowania MSC. Software. Mszczonów 31.03-1.04.2006.
26. Wang G. Gary: Definition and review of virtual prototyping. Journal of Computing and Information Science in Engineering, Vol. 2, No 3, pp. 232-236, 2002.
27. Weiss Z., Kasica M., Kowalski M.: Rzeczywistość wirtualna w projektowaniu wyrobów. Konferencja Innowacyjne technologie w budowie maszyn. Poznań, 21 czerwca 2005.
28. Winkler T.: Metody komputerowo wspomaganego projektowania układów antropotechnicznych na przykładzie maszyn górniczych. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa. Katowice, 2001.
29. Virtual Reality Laboratory. University of Michigan <http://www-vrl.umich.edu>
30. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., ZHU J.Z.: The Finite Element Method. Vol 1: Its Basis & Fundamentals. Vol 2: For Solid and structural mechanics. Sixth edition. Elsevier Butterworth – Heinemann, Oxford, 2005.
31. Z Corporation. <http://www.zcorp.com>

*Artykuł wpłynął do redakcji w sierpniu 2006 r.*

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

## Zabezpieczenia siłowników hydraulicznych obudowy górniczej przed przeciążeniem dynamicznym

### Streszczenie

W artykule przedstawiono różne rozwiązania konstrukcyjne podpór hydraulicznych stosowanych w górnictwie. Omówiono działanie zaworów bezpieczeństwa stosowanych w hydraulicznych obudowach górniczych. Szczególną uwagę zwrócono na odpowiedni dobór cieczy roboczej i uwzględnienie jej jako elementu konstrukcyjnego układu.

### Summary

Different design solutions of hydraulic supports used in the mining industry were given in the paper. Operational principles of safety valves used in the powered roof supports were discussed. Special attention was paid to a proper selection of operational fluid and taking it to a design of the system.

## 1. Wprowadzenie

Prowadzenie prac wydobywczych powoduje naruszenie równowagi w górotworze, doprowadzić to może w konsekwencji do powstania wstrząsu i przyjęcie nowych warunków równowagi przez górotwór. Wstrząs górniczy może spowodować zmianę warunków obciążenia obudowy górniczej. Obudowa w czasie obciążenia powinna zapewnić utrzymanie podporności, co najmniej o wartości roboczej i nie dopuszczać do utraty kontaktu ze stropem oraz nadmiernego zaciśnięcia wyrobiska [1].

W pracy pt. „Monitorowanie pracy obudowy zmechanizowanej przy wykorzystaniu systemu pomiarowego SKCP-1” [2] autorzy stwierdzają, że charakter zmian obciążenia poszczególnych stojaków jest zróżnicowany, część stojaków była w ciągłym kontakcie ze stropem, inne przenosiły obciążenie tylko okresowo. Przebieg zmienności ciśnienia w stojakach (siłownikach hydraulicznych) obudowy świadczy o niewłaściwie dobranych parametrach pracy obudowy.

Dla potrzeb górnictwa prowadzone są badania dynamiczne stojaków hydraulicznych, siłowników, zaworów wszelkiego typu oraz całych sekcji obudowy. Obudowa górnicza dopuszczona do pracy w warunkach zagrożenia wstrząsami górotworu powinna być dostosowana do obciążeń, jakie wywołuje górotwór. Stwierdzane uszkodzenia obudowy górniczej wskazują, że dynamika obciążenia jest większa od dopuszczalnej i przy braku dodatkowych zabezpieczeń obudowa lub jej elementy ulegają uszkodzeniom [1].

Przedstawione, przez Nahorniak i Profaskę [3] badania i analizy uszkodzeń zmechanizowanych obudów górniczych wykazują znaczny udział podzespołów hydrauliki siłowej; na ogólną liczbę uszkodzeń ponad 70%

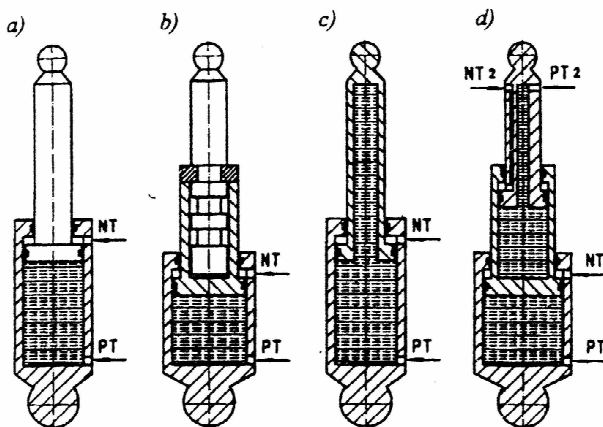
spowodowanych jest zniszczeniami siłowników hydraulicznych.

Opracowania prezentowane między innymi w materiałach konferencyjnych „Cylinder” [3, 4, 5, 6, 7, 8, 10] były inspiracją do napisania niniejszego artykułu, uwzględniając ciecz roboczą jako jeden ze znaczących elementów konstrukcyjnych wpływających na zabezpieczenie siłowników hydraulicznych obudowy górniczej przed zniszczeniem w wyniku wstrząsów górotworu.

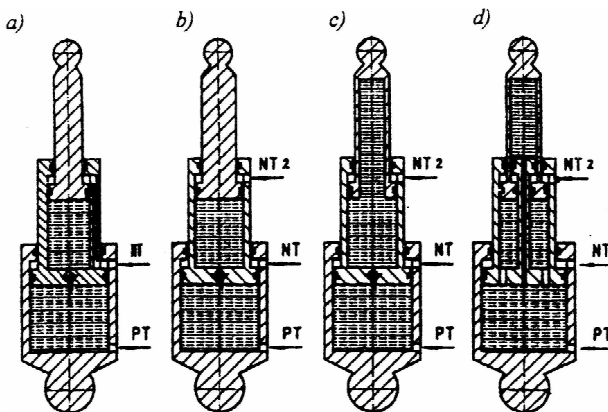
## 2. Podpory hydrauliczne stosowane w obudowach górniczych

Podpora hydrauliczna jest słownikiem dwustronnego działania. Podpory stosowane w obudowach górniczych mają różną budowę, wysokość, podporność i wyposażenie dodatkowe, zabezpieczające przed przeciążeniami dynamicznymi. Konstrukcja i parametry techniczne podpór powinny być dostosowane do określonych warunków górniczo-geodezyjnych. Podpory hydrauliczne stosowane w obudowach górniczych z uwagi na konstrukcję dzielą się, na jednoteleskopowe (rys. 1) i dwuteleskopowe (rys. 2). Podpory jednoteleskopowe charakteryzuje prostota budowy i niezależność podporności od wysokości rozparcia. Wadą jest ich mały zakres regulacji wysokości. Podpory dwuteleskopowe charakteryzują się większym zakresem regulacji wysokości, lecz ich konstrukcje są bardziej złożone, tym samym są bardziej podatne na uszkodzenia.

Rozpatrując najbardziej niekorzystne warunki pracy podpór hydraulicznych, tj. w obszarze występowania wstrząsów górotworu, podpory powinny charakteryzować się zwiększoną odpornością na obciążenie dynamiczne. Podpory obciążone dynamicznie narażone są na przeciążenia.



Rys.1. Konstrukcje podpór jednoteleskopowych: a) wykonanie normalne, b) z przedłużaczem mechanicznym, c) z cieczą w tłoczysku, d) z przedłużaczem hydraulicznym, NT – zasilanie przestrzeni nadłokowej, PT – zasilanie przestrzeni podłokowej [1]



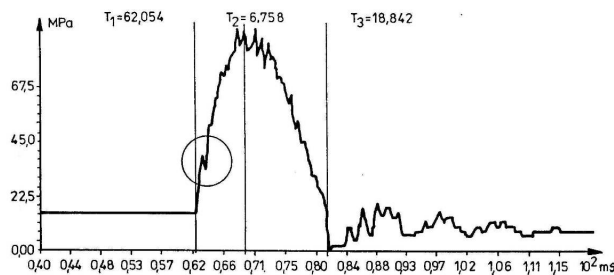
Rys.2. Konstrukcje podpór dwuteleskopowych: a) z wiercnym rdzennikiem, b) wykonanie normalne, c) z cieczą w rdzenniku, d) z rdzennikiem wewnętrznym, NT – zasilanie przestrzeni nadłokowej, PT – zasilanie przestrzeni podłokowej [1]

Parametrem ograniczającym przeciążenia jest zapewnienie odpowiedniej sprężystości podpory. Sprężystość podpory głównie zależy od ilości cieczy pod tłokiem, jej ściśliwości oraz od odkształceń sprężystych siłownika. Konstrukcja podpory z cieczą roboczą w tłoczysku (rys. 1c) ma największą sprężystość z przedstawianych podpór, a tym samym posiada zadowalającą odporność na obciążenia dynamiczne. Ciecz roboczą należy uważać za element konstrukcyjny, którego własności wywierają zasadniczy wpływ na pracę urządzenia, a więc na jego charakterystyki i sprawność, a także na trwałość innych elementów i zespołów tworzących układ [9].

### 3. Analiza działania zaworów bezpieczeństwa

Przed wolnozmiennymi oddziaływaniami górotworu podzespoły hydrauliczne obudowy górniczej są zabezpieczone zaworami bezpieczeństwa. Większe prędkości obciążenia powodują najpierw „zadławienie” zaworu

roboczego, a następnie wzrost obciążenia obudowy górniczej, które mogą prowadzić do jej uszkodzenia. Skutki „zadławienia” się zaworu bezpieczeństwa przedstawiono na rysunku 3 [10].



Rys.3. Wykres przebiegu ciśnienia cieczy w zaworze bezpieczeństwa  $Sp = 454$  [10]

Otwarcie zaworu nastąpiło w czasie około 1 ms po zadziałaniu siły impulsowej – miejsce oznaczone kółkiem, lecz zaraz po otwarciu nastąpiło „zadławienie” zaworu bezpieczeństwa. Zawór nie zdążył przepuścić takiej ilości cieczy, jaka napłynęła w krótkim czasie do jego przestrzeni podgrzybkowej. Blokada wypływu cieczy przez zawór bezpieczeństwa spowodowała gwałtowny wzrost ciśnienia w siłowniku hydraulicznym – około 4-krotnie większe od ciśnienia otwarcia zaworu ( $p_0 = 25$  MPa).

W omawianej konstrukcji stosunek powierzchni poprzecznej przekroju siłownika ( $A_s$ ) do powierzchni przepływu zaworu ( $A_z$ ) wynosił  $Sp = A_s/A_z = 454$ .

Rozpatrując wyniki badań dynamicznych podobnego zestawu „siłownik-zawór” o współczynniku  $Sp = 16$ , zauważono otwarcie zaworu bezpieczeństwa po czasie około 4 ms od zadziałania siły impulsowej (rys. 4). W chwili zadziałania siły impulsowej ciśnienie cieczy w cylindrze wzrosło o 50% ciśnienia statycznego ( $k_d = 1,5$ ). Czas otwarcia zaworu wynosił około 70 ms.

Wnioski wynikające z analizy zachowania się zestawu o współczynniku  $Sp = 16$ :

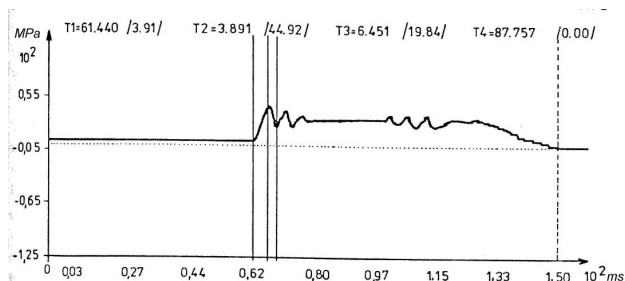
- 1) duża powierzchnia przepływu ( $A_z$ ) występuje w dużych zaworach i o dużym ciężarze; masa bezwładności grzybka (zawieraka) powoduje opóźnienie otwarcia zaworu w tym przypadku o około 4 ms, przy dużej sile impulsowej wystąpi zniszczenie elementu najslabszego,
- 2) zbyt długi czas otwarcia zaworu bezpieczeństwa może spowodować obniżenie ciśnienia w siłowniku hydraulicznym powodując nadmierny zsuw podpory; w wyniku tego efektu obudowa górnicza traci kontakt ze stropem bezpośrednio po tapnięciu, co grozi zawaleniem się wyrobiska.

Wnioski główne:

- 1) wybór współczynnika  $Sp$  powinien być dokonywany przy uwzględnieniu prędkości tłoczyska siłownika hydraulicznego w chwili obciążenia siłą impulsową,

2) zaworami bezpieczeństwa tego typu można w zasadzie zabezpieczać jedynie układy hydrauliczne podlegające obciążeniom quazistatycznym.

Powyższe rozważania dotyczące zachowania się zaworów obciążonych siłą impulsową zostały zaczerpnięte z pracy [10].



Rys.4. Wykres przebiegu ciśnienia cieczy w zaworze bezpieczeństwa  $S_p = 16$  [10]

Obudowy górnicze zasilane są z agregatów (typszereg produkowanych agregatów w POWEN S.A. [11 rys. 1]) składających się z dwóch zespołów pomp i zespołu zbiornika na ciecz roboczą, którą jest emulsja olejowo-wodna zawierająca 0,5÷3% emulgatoru, połączonych w układ przewodami hydraulicznymi. W skład agregatu wchodzi również urządzenia pomocnicze, jak: filtry wychytujące zanieczyszczenia, hydroakumulator uzupełniający ewentualne wycieki i łagodzący pulsacje w układzie oraz zawór redukcyjny umożliwiający uzyskanie dwóch wartości ciśnienia, tj.:

- 1) wysokiego (do 32 MPa) do zasilania obudowy górniczej,
- 2) niskiego (4 MPa) do zasilania urządzeń pomocniczych, jak np. przesuwniki.

#### 4. Dobór cieczy roboczej

Przedstawiony powyżej przegląd rozwiązań konstrukcyjnych podpór hydraulicznych stosowanych w obudowach górniczych oraz przedstawiona analiza działania zaworów bezpieczeństwa pozwala stwierdzić, że dalsze zmiany konstrukcyjne tych podzespołów niewiele zwiększą pewność działania obudów górniczych. W związku z tym nasuwa się wniosek dotyczący przeanalizowania możliwości doboru odpowiednio zaprojektowanej cieczy roboczej wspomagającej omawiane konstrukcje metalowe. Efektem tego powinno być podwyższenie stopnia niezawodności pracy obudów górniczych poddanych obciążeniu dynamicznemu podczas wstrząsu górotworu.

Przyjmując za Strzykiem [4] stwierdzenie, że „ciecz roboczą należy uważać za element konstrukcyjny, którego własności wywierają zasadniczy wpływ na pracę układu” i badania własne (omówione poniżej) można „zaprojektować” ciecz roboczą o parametrach zapewniających odpowiednie przemieszczenie się tłoka cylindra hydraulicznego podpory górniczej nie prze-

kracząc dopuszczalnego ciśnienia wewnątrz siłownika, nadążając za działaniem wstrząsu górotworu. Dążąc do zareagowania zaworu bezpieczeństwa w warunkach quazistatycznych w celu zapewnienia takiego zachowania się obudowy górniczej nieodzowne są również pewne zmiany konstrukcyjne podpory.

W literaturze są nieliczne doniesienia uwzględniające ciecz roboczą jako element konstrukcyjny [1, 4, 7, 9, 12, 13]. Ciecz robocza jako element konstrukcyjny powinna podlegać podobnej procedurze doboru jak wszystkie elementy konstrukcyjne. Podstawowym parametrem konstrukcyjnym cieczy roboczej jest jej ściśliwość.

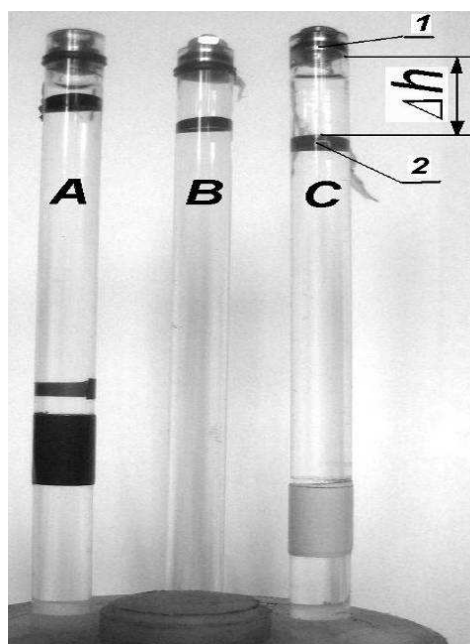
Badania ściśliwości wybranych cieczy przeprowadzono na wysokociśnieniowym hydrostatycznym stanowisku badawczym w Instytucie Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów Politechniki Wrocławskiej. Wyniki badań przedstawione w tabeli 1 odpowiadają ciśnieniu w komorze ciśnieniowej reaktora  $p = 300$  MPa i temperaturze 24°C.

#### Ściśliwość cieczy

Tabela 1

Rodzaj cieczy	Wartość ściśliwości w %	Oznaczenie próbki
Woda dwukrotnie destylowana i odpowietrzona	5,3	a. A
Olej Hipol GL - 4	7,3	b. B
Olej metylosilikonowy POLSIL OM-100	12,6	c. C

Obraz próbek cieczy poddanych ciśnieniu hydrostatycznemu  $p = 300$  MPa w celu określenia odkształceń sprężystych przedstawia rysunek 5.



Rys.5. Obraz próbek cieczy poddanych ciśnieniu hydrostatycznemu w celu określenia odkształceń sprężystych – ściśliwości (opis oznaczeń w tabeli 1)

Wielkość  $\Delta h$  przemieszczenia się tłoka (1) usytuowanego w próbowni po obciążeniu ciśnieniem zaznaczona została elastycznym pierścieniem (2) (na rys. 5, czarny pierścień powyżej litery oznaczającej próbownię). Stosunek wielkości przemieszczenia tłoka do wysokości słupa cieczy w próbowni podany w procentach określa ściśliwość cieczy dla określonego ciśnienia.

Opierając się na uzyskanych wynikach badań można z dużym prawdopodobieństwem dobrać/zaprojektować ciecz roboczą o parametrach zapewniających poprawną pracę obudowy górniczej w warunkach wstrząsów górotworu.

## 5. Wnioski

Ciecz roboczą należy uważać za jeden z elementów konstrukcyjnych wpływający na poprawną pracę podpór hydraulicznych stosowanych w obudowach górniczych.

Dla poprawnego działania układu nie wystarczy dobrze zaprojektować i wykonać elementy urządzenia, lecz w zależności od spodziewanych warunków obciążenia należy starannie przeanalizować dobór cieczy roboczej.

Ściśliwość cieczy ma duży wpływ na sprężystość podpór hydraulicznych, a tym samym na poprawną pracę obudów górniczych.

**Praca została wykonana w ramach badań statutowych – zlecenie 34. 217.9**

## Literatura

1. Stoiński K.: Obudowy górnicze w warunkach zagrożenia wstrząsami górotworu. Główny Instytut Górnictwa, Katowice, 2000.
2. Jaszczuk M., Siwiec J., Gizdoń H.: Monitorowanie pracy obudowy zmechanizowanej przy wykorzystaniu systemu pomiarowego SKCP-1. Wyd. CMG KOMAG, Maszyny Górnicze nr 74, Gliwice 1998, s. 36-43.
3. Nahorniak E., Profaska M.: Kierunki doskonalenia identyfikacji niezawodności siłowników hydraulicznych do zmechanizowanych obudów górniczych. Wyd. CMG KOMAG, Maszyny Górnicze nr 76, Gliwice 1998, s. 104-110.
4. Bomersbach G.: Ocena możliwości symulacji tąpnięć w laboratoryjnych stanowiskach badawczych. Wyd. CMG KOMAG, Maszyny Górnicze nr 59, Gliwice 1996, s. 19-26.
5. Bomersbach G.: Dynamika podpór hydraulicznych – wybrane zagadnienia. Wyd. CMG KOMAG, Maszyny Górnicze nr 76, Gliwice 1998, s. 24-33.
6. Madejczyk W., Bomersbach G.: Badania dynamiczne zespołów stojaków z zaworami upustowymi (zaworami przeciwtąpnięciowymi) firmy SAARTECH przeprowadzone w laboratorium badań CMG KOMAG. CMG KOMAG Materiały Dziesiątej Jubileuszowej Ogólnopolskiej Konferencji. Szczyrk, wrzesień 2000.
7. Tomasiak E., Metlak B.: Technika zaworowa stosowana w napędach hydraulicznych dla górnictwa. CMG KOMAG Materiały Dziesiątej Jubileuszowej Ogólnopolskiej Konferencji. Szczyrk, wrzesień 2000.
8. Sysak Z.: Aspekty działania układu hydraulicznego obciążonego impulsowo. Wyd. CMG KOMAG, Maszyny Górnicze nr 74, Gliwice 1998, s. 115-119.
9. Stryczek S.: Napędy hydrostatyczne. Elementy. Tom I. WNT Warszawa 1990.
10. Gwiazda J.B., Gwiazda A.S.: Zawory bezpieczeństwa jako zabezpieczenie cylindrów hydraulicznych obudowy górniczej przed przeciążeniami. Wyd. CMG KOMAG, Maszyny Górnicze nr 59, Gliwice 1996, s. 42-53.
11. Mazur L.: Pompy tłokowe produkcji POWEN S.A. – Zastosowania tradycyjne i alternatywne. „CYLINDER 2000”: Badania, konstrukcja, wytwarzanie i eksploatacja układów hydraulicznych. CMG KOMAG Materiały Dziesiątej Jubileuszowej Ogólnopolskiej Konferencji. Szczyrk, wrzesień 2000.
12. Baszta, T.M.: Hydraulika w budowie maszyn. WNT, Warszawa 1966.
13. Guillon M.: Teoria i obliczenia układów hydraulicznych. WNT, Warszawa 1967.

*Artykuł został wygłoszony na Konferencji CYLINDER 2006*

*Artykuł wpłynął do redakcji w sierpniu 2006 r.*

*Recenzent: prof.dr inż. Włodzimierz Sikora*

## **Frezujące kombajny ścianowe dla cienkich pokładów – wymagania konstrukcyjne i ruchowe**

### *Streszczenie*

Uwzględniając warunki górniczo-geologiczne występujące w czasie eksploatacji cienkich pokładów węgla kamiennego systemem ścianowym, określono wymagania konstrukcyjne, kinematyczne i energetyczne frezującego kombajnu ścianowego. Na podstawie tych wymagań opracowano koncepcje frezujących kombajnów ścianowych dla niskich ścian oraz określono wymagane zmiany konieczne do wprowadzenia do konstrukcji obudowy ścianowej i przenośnika zgrzeblowego. Przeprowadzona analiza tych koncepcji pozwoliła wybrać najkorzystniejszą wersję przyszłego kombajnu ścianowego mogącego efektywnie pracować w ścianach o wysokości od 1 do 1,6 m.

### *Summary*

*Design, kinematic and power requirements for lonwall shearer, considering mining and geological conditions during low seams mining by longwall method, were discussed. On the basis of these requirements a concept of cutting longwall shearer for low seams was developed and required changes indispensable to be made in a design of longwall shearer and AFC were determined. The analysis of those concepts enabled to select most favourable version of longwall shearer which would effectively operate in the faces from 1 to 1.6 m.*

## **1. Wprowadzenie**

Ze względu na uwarunkowania i wymagania stawiane maszynom i urządzeniom wchodzącym w skład kompleksu ścianowego, pokłady węgla kamiennego podzielono na pokłady:

- cienkie – do 1,5 m,
- średnie – od 1,5 do 3,0 m,
- grube – powyżej 3,0 m

oraz na:

- poziome – od 0° do 12°,
- słabo nachylone – od 12° do 35°,
- silnie nachylone – od 35° do 55°,
- strome – powyżej 55°.

Obecnie grupą pokładów intensywnie eksploatowaną, ze względu na najbardziej dogodnie wprowadzanie mechanizacji, efektywność i koszty wybierania, są pokłady o grubości od 1,5 do 3,0 m i nachyleniu podłużnym do 20°, czyli pokłady średnie i słabo nachylone. Pokłady o większej grubości mogą być wybierane, choć z większymi kłopotami, na całej wysokości lub na warstwy, gdzie wysokość warstwy odpowiada pokładowi średniemu.

W przypadku pokładów cienkich i o różnym nachyleniu, problemy z ich eksploatacją są najbardziej niekorzystne. Głównym czynnikiem decydującym o niskim stopniu efektywności wybierania tych pokładów jest wysokość wyrobiska ścianowego i duże trudności z wprowadzeniem sprawnej i niezawodnej mechanizacji.

W warunkach polskich kopalń węgla kamiennego eksploatację ścian prowadzi się wyłącznie przy wykorzystaniu zmechanizowanych kompleksów ścianowych, gdzie maszyną urabiającą jest kombajn frezujący. Dominująca pozycja kombajnów ścianowych wynika z wyłącznej eksploatacji pokładów o miąższości powyżej 1,5 m. Niestety i ta najmniejsza miąższość pokładu stwarza duże trudności w prowadzeniu ściany i silnie ogranicza wydajność, czyli wydobywanie dobowe.

Mając na względzie powyższe stwierdzenie można pokłady podzielić również z uwagi na metodę urabiania. Wtedy ściany do wysokości 1 m mogą być eksploatowane tylko kompleksami strugowymi. Natomiast ściany o wysokości od 1 do 1,5 m mogą być eksploatowane kompleksami strugowymi lub kombajnowymi. Ściany, których wysokość jest większa od 1,5 m powinny być wyposażone tylko w kompleksy kombajnowe [1, 3]. W każdym z tych przypadków ważnym jest uzyskanie wydobywania dobowego na założonym poziomie. Poziom tego wydobywania zależy od kosztów wybierania oraz ceny zbytu węgla. Dlatego w przypadku polskiego górnictwa węglowego przyjęto minimalną wielkość wydobywania dobowego na poziomie około 3000 Mg/dobę, pozwalającą uzyskać dodatnią akumulację.

Spełnienie tego warunku dla ścian niskich (cienkie pokłady) jest w chwili obecnej trudne do spełnienia z uwagi na parametry konstrukcyjne, kinematyczne i energetyczne obecnie produkowanych kompleksów, a szczególnie kombajnów ścianowych.

Produkowane obecnie w Polsce kombajny ścianowe mogą efektywnie pracować w ścianach o wysokości powyżej 1,5 m. Wynika to głównie z ich wymiarów zewnętrznych oraz z gabarytów pozostałych maszyn (obudowa, przenośnik). Dlatego chcąc eksploatować pokłady cienkie należy opracować nową konstrukcję kombajnu ścianowego przeznaczonego głównie do niskich ścian (1,0 do 1,5 m). Koniecznym będzie również zmodernizowanie obudowy i przenośnika ścianowego tak, by mogły one współpracować z tym kombajnem. Również wydaje się za celowe wprowadzenie odpowiedniego układu sterowania całym kompleksem ścianowym takim, który pozwoli na częściową lub całkowitą redukcję obsługi ściany.

## 2. Założenia dla kompleksu ścianowego do niskich ścian

Ścianowe kompleksy kombajnowe, jak to już wcześniej zaznaczono są zestawami maszyn najczęściej wykorzystywanymi do wybierania węgla kamiennego systemem ścianowym. W skład tego kompleksu wchodzi:

- zmechanizowana obudowa ścianowa, której głównym zadaniem jest zapewnienie stateczności wyrobiska ścianowego,
- ścianowy przenośnik zgrzeblowy służący do przejmowania urobku od kombajnu i przemieszczanie go do dalszych środków transportu,
- kombajn ścianowy jako zespołowa maszyna służąca do urabiania węgla (skrawanie i ładowanie).

Dodatkową funkcją obudowy ścianowej jest możliwość jej permanentnego rabowania i rozpierania po wykonaniu zabioru oraz przestawianie przenośnika ścianowego w nowe pole.

Przenośnik ścianowy oprócz funkcji transportowych stanowi najczęściej element jezdny i prowadzący kombajn ścianowy.

Wyszczególnione powyżej elementy kompleksu ścianowego oraz ich funkcje zostały wymienione celowo, by podkreślić konieczność prawidłowego ich doboru. Pod tym pojęciem rozumieć należy taki ich dobór, by w efekcie uzyskać założone wydobyte dobowe [2]. Dlatego też koniecznym jest ustalenie właściwych parametrów konstrukcyjnych, kinematycznych i energetycznych kombajnu ścianowego, przenośnika zgrzeblowego i obudowy ścianowej w funkcji wydobywania urobku oraz warunków górniczo-geologicznych wyrobiska ścianowego.

Mając powyższe na uwadze, należy w pierwszej kolejności przyjąć parametry wyrobiska ścianowego, w którym zastosowany zostanie zmechanizowany kompleks ścianowy. W związku z tym przyjęto, następujące parametry wyrobiska ścianowego:

- zakres wysokości ściany od 1-1,6 m,

- długość ściany do 200 m,
- zabiór do 1 m,
- nachylenie podłużne do 20°,
- nachylenie poprzeczne do  $\pm 5^\circ$ ,
- urabianie dwukierunkowe,
- wydobyte dobowe 4000 Mg urobku na dobę i więcej.

Dla wyżej wymienionych parametrów ściany i założonego wydobywania urobku przyjęto prowadzenie kombajnu po przenośniku lub obok, jak również sterowanie jego pracą oraz całym kompleksem z wyrobiska podścianowego.

Chcąc uzyskać założone wydobyte dobowe  $V_d$  należy określić wymaganą prędkość posuwu maszyny urabiającej, a następnie wydajność przenośnika ścianowego i czas przestawienia obudowy w nowe pole. Zakładając, że ściana będzie miała długość  $L = 200$  m, stosowany będzie system urabiania dwukierunkowy, czas pracy ściany ograniczony zostanie do 15 godzin, to przy wydobywaniu urobku równym  $V_d = 4000$  Mg/d wymagana minimalna prędkość posuwu kombajnu  $v_p$  wyniesie dla ściany o wysokości (zabior  $z = 0,8$  m,  $t_{po} = 30$  min):

$$H = 1,0 \text{ m}, \quad v_p \geq 9,8 \text{ m/min},$$

$$H = 1,6 \text{ m}, \quad v_p \geq 3,6 \text{ m/min},$$

Strumień urobku wychodzący z kombajnu ścianowego musi zostać przyjęty przez przenośnik ścianowy. Powinien on mieć taką wydajność, by był zdolny przyjąć urobek od maszyny urabiającej. Dlatego też dla ścian o wysokości od 1 do 1,6 m ścianowy przenośnik zgrzeblowy powinien mieć następujące parametry:

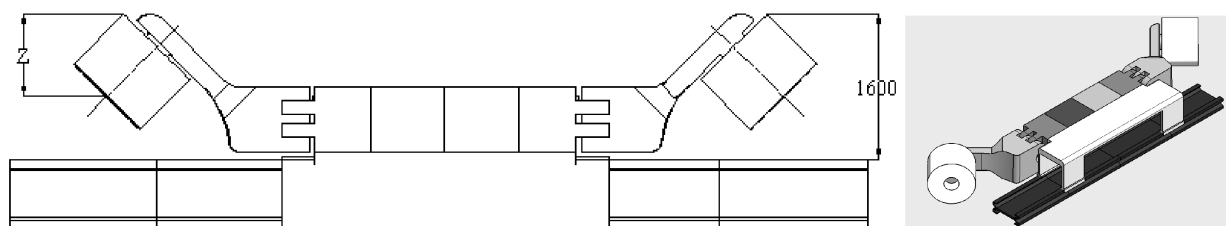
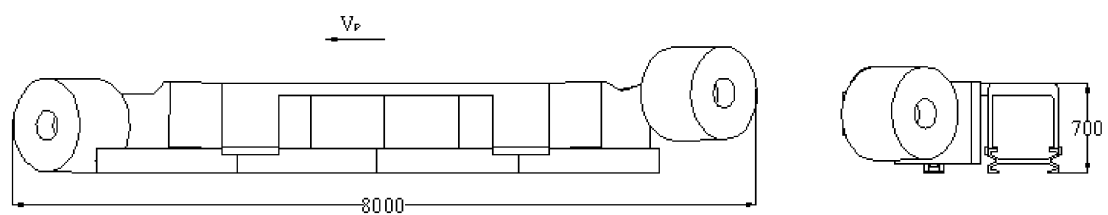
- wydajność 1200 Mg/h,
- prędkość łańcucha 1,3 m/s,
- szerokość rynny 850 mm,
- wysokość rynny 200 mm,

a wtedy dopuszczalne prędkości posuwu kombajnu z uwagi na zdolność przejmowania urobku przez przenośnik wyniosą:

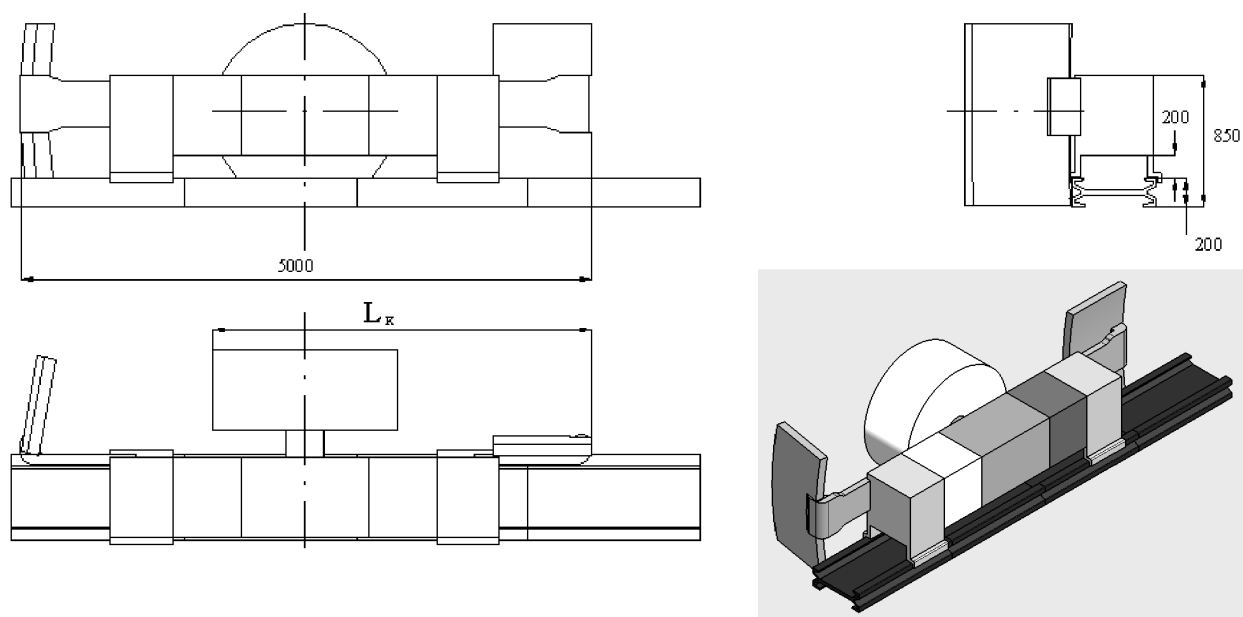
- $H = 1$  m,  $v_{pz} \leq 11,0$  m/min (ruch zgodny),  
 $v_{pp} \leq 15,0$  m/min (ruch przeciwny),
- $H = 1,6$  m,  $v_{pz} \leq 7,0$  m/min (ruch zgodny),  
 $v_{pp} \leq 9,0$  m/min (ruch przeciwny).

Mając na względzie wymagane prędkości posuwu wynikające z wydobywania urobku i zdolności przejmowania urobku przez przenośnik to koniecznym jest, by kombajn ścianowy mógł przemieszczać się z prędkością posuwu do 12 m/min. Oczywiście maksymalna prędkość posuwu powinna być ograniczona w zależności od wysokości ściany  $H$ . W związku z tym, czas przestawienia obudowy powinien być mniejszy od czasu przejazdu kombajnu na jej szerokości. Dla  $v_p = 12$  m/min i szerokości obudowy 1,5 m, czas ten powinien wynosić maksymalnie 7,5 sek.

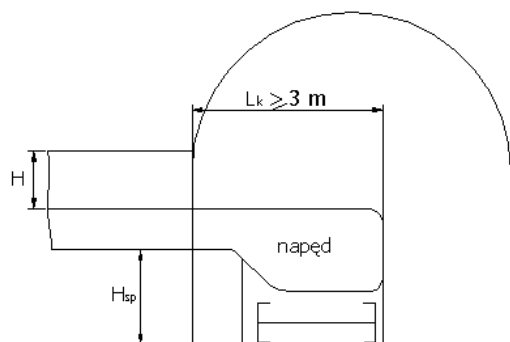




Rys.1. Frezujący kombajn ściany dwuorganowy



Rys.2. Frezujący kombajn ściany jednoorganowy



Rys.3. Chodnik ściany z napędem przenośnika ścianowego

Z powyższych założeń oraz obliczeń wynikają następujące parametry kombajnu ścianowego:

- prędkość posuwu  $0 \div 12$  m/min,
- moc  $\geq 200$  kW,
- zabiór do 1,0 m,
- posuw bezciągnowy lub ciągnowy,
- prowadzenie obok lub po przenośniku,
- sterowanie zdalne,
- średnica organów  $1000 \div 1600$  mm,
- prędkość skrawania do 3,0 m/s.

W przypadku pracy kombajnu po przenośniku jego wysokość liczona od spągu, przy prześwicie 200 mm, nie może być większa niż 850 mm. Natomiast ta sama wysokość lecz dla kombajnu pracującego obok przenośnika nie powinna przekroczyć 700 mm.

### 3. Koncepcja kombajnu dla niskich ścian

Zadaniem kombajnu ścianowego jest oddzielenie minerału użytecznego od calizny (frezowanie) i przemieszczenie go do przenośnika ścianowego (ładowanie). Obie te funkcje w obecnie produkowanych i stosowanych kombajnach ścianowych realizują frezujące organy ślimakowe. W przypadku niskich szczególnie trudności wystąpią z prawidłową realizacją procesu ładowania, gdyż szerokość ramienia w powiązaniu z wysokością ściany silnie ogranicza wolną przestrzeń (furta ładująca) przez którą urobek powinien być przemieszczany na przenośnik. Z tego względu opory ładowania będą silnie ograniczać prędkość posuwu kombajnu ścianowego lub wymuszać stosowanie urabiania jednokierunkowego. Dlatego koniecznym jest zwiększenie furty ładującej lub rozdzielenie procesu skrawania (frezowania) od ładowania.

#### 3.1. Kombajn ścianowy dwuorganowy

Niska skuteczność ładowania powoduje, że przy założeniu pracy kombajnu obok przenośnika, należy tak ukształtować ramiona, by zwiększyć furtę ładującą. Możliwość taka istnieje, gdy ramiona zabudowane zostaną od strony ociosu, a nie tak jak obecnie od strony zawału (rys. 1). Kombajn taki obok podstawowych podzespołów posiada ramiona z silnikami i przekładniami zamocowane od strony ociosu i odchylone w jego kierunku. Wtedy kąt wychylenia ramienia musi być taki, by chronić jego końce przed kontaktem z calizną. Dodatkowa powierzchnia boczna ramienia musi być tak ukształtowana, by stanowiła równocześnie powierzchnie ładującą. Natomiast płyty organu powinny być tak uformowane, by przemieszczały urobek w kierunku przenośnika, wzdłuż ramienia.

Technologia pracy tego typu kombajnu wymusza urabianie organem przednim na granicy spągu, a tylnym na wysokości stropu. Dlatego średnice organów urabiających powinny być tak dobrane, by ilość urobku pozostawionego na spągu umożliwiła wykonanie pełnej przekładki.

#### 3.2. Kombajn jednoorganowy

Kombajn w wersji przedstawionej na rysunku 2 jest kombajnem jednoorganowym, przemieszczającym się po przenośniku, wyposażonym w dwa napędy posuwu i dwa silniki do napędu organu ( $2 \times 100$  kW) oraz w dwie składane ładowarki lemieszowe. Może być on wykonany również w wersji z jednym napędem bezciągnowym lub ciągnowym.

Najważniejsze jest w tym przypadku to, by długość  $L_k$  była taka, że umożliwi ona wyjazd kombajnu do chodnika. Wtedy końce przenośnika (wysyp, zwrotnia), jak również wysokość spągu ściany od spągu wyrobiska korytarzowego  $H_{sp}$  powinna być tak dobrana, że umożliwi to odwrotną zabudowę napędów (rys. 3). Takie wykonanie przenośnika umożliwi wyjazd kombajnu do chodnika i pełną przekładkę, bez konieczności realizacji procesu zawrębiania. Ważnym jest również w tym przypadku wykonanie wyrobisk korytarzowych o wymaganym przekroju, a szczególnie szerokości. Organ w tym kombajnie służy jedynie do urabiania, a ładowanie realizują ładowarki.

### 4. Zakończenie

Przedstawione dwie wersje kombajnu ścianowego są konstrukcjami wstępnymi i wymagają dalszych prac nad uszczegółowieniem ich budowy i technologii urabiania. Pozwalają one jednak na możliwość efektywnego urabiania węgla w niskich ścianach przy złożeniu sterowania kompleksem ścianowym z wyrobiska korytarzowego.

Kombajn dwuramionowy, jak łatwo zauważyć, wymaga mniejszej liczby zmian konstrukcyjnych tak w samym kombajnie, jak i w pozostałym wyposażeniu kompleksu ścianowego.

Natomiast kombajn jednoramionowy jest konstrukcją różniącą się bardziej od obecnie stosowanych maszyn urabiających, co pociąga za sobą dużą liczbę zmian tak w budowie samego kombajnu, jak i pozostałych maszyn kompleksu ścianowego. Wydaje się jednak, że wersja ta nadaje się bardziej do eksploatacji niskich ścian.

### Literatura

1. Krauze K.: Ocena możliwości technicznych efektywnego wybierania cienkich pokładów. Konferencja „Szkola eksploatacji podziemnej”, Szczyrk, 2002.
2. Krauze K.: Urabianie skał kombajnami ścianowymi. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice, 2000.
3. Sikora W.: Porównanie strugowej i kombajnowej techniki urabiania w systemach ścianowych. Przegląd Górniczy nr 9, Katowice, 1997.

*Artykuł wpłynął do redakcji w sierpniu 2006 r.*

*Recenzent: prof.dr inż. Włodzimierz Sikora*



## Ilościowa ocena bezpieczeństwa lin stalowych

### Streszczenie

Bezpieczeństwo urządzeń transportu linowego zależy między innymi od własności wytrzymałościowych lin stalowych. Przy obliczaniu średnic lin nadal dominuje statyczne i deterministyczne traktowanie ich właściwości wytrzymałościowych i obciążeń. W artykule sformułowano problem ilościowej oceny bezpieczeństwa lin, których zużycie ma kumulacyjny charakter przy założeniu, że zarówno własności wytrzymałościowe jak i siły działające w linach są zmiennymi losowymi. Ponadto wykazano, że istnieją możliwości:

- wyznaczania wartości liczbowych niezawodności bezpieczeństwa w funkcji stanu technicznego liny,
- budowy modeli procesów zużycia,
- powiązania diagnostyki z bezpieczeństwem,
- wyznaczania dopuszczalnych poziomów zużycia,
- prognozowania czasu bezpiecznej pracy lin stalowych itd.

### Summary

Safety of ropeway installations depends endurance parameters of wire ropes. Computations of rope diameters still utilise a static and deterministic approach to the fatigue endurance and loading. The paper addresses the problem of quantitative assessment of rope safety in the context of cumulative rope wearing, assuming that endurance parameters and forces acting upon ropes are randomly variable. Besides, it is shown that:

- numerical values of safety and reliability parameters can be determined in the function of the working conditions of the investigated plant,
- a wearing model can be developed,
- diagnostics can be related to safety features,
- admissible wearing levels can be determined,
- safe service life of wire ropes can be prognosticated.

## 1. Wprowadzenie

Bezpieczeństwo urządzeń transportu linowego zależy między innymi od własności wytrzymałościowych lin stalowych. Zerwanie liny stanowi istotne zagrożenie życia i zdrowia transportowanych ludzi i na ogół pociąga za sobą duże straty materialne.

W chwili obecnej przy obliczaniu minimalnych sił zrywających liny pracujące w urządzeniach transportu linowego nadal dominuje statyczne i deterministyczne traktowanie właściwości wytrzymałościowych i obciążeń. Nie uwzględnia się faktu, że własności wytrzymałościowe liny są zmiennymi losowymi zmieniającymi się w czasie. Do obliczeń przyjmuje się wartości sił obliczeniowych lub sił rzeczywistych zrywających liny. Najistotniejsze znaczenie przy tak prowadzonych obliczeniach przypisuje się wartościom współczynników bezpieczeństwa i dopuszczalnym poziomom zużycia. Wartości tych wielkości, podawane w aktach prawnych (przepisach bezpieczeństwa), ustalane są w oparciu o wieloletnie doświadczenie, wynikające z eksploatacji lin pracujących w różnych urządzeniach transportu linowego.

Zdarzające się przypadki zerwań lin, mimo stosowanych relatywnie dużych wartości współczynników bezpieczeństwa świadczą o tym, że stosowane dotychczas sposoby rozwiązania problemów bezpieczeństwa transportu linowego nie zawsze są wystarczające.

Autor zajmuje się problemami bezpieczeństwa techniki, w tym lin stalowych od bardzo wielu lat [1, 2]. Mimo, że od opublikowania prac [1, 2] upłynęło prawie 30 lat to nadal tezy i wnioski w nich zawarte są aktualne. Rozpoczęte badania były kontynuowane w kolejnych latach. W pracach [1-10] między innymi sformułowano problem ilościowej oceny bezpieczeństwa lin i innych obiektów technicznych, których zużycie ma charakter kumulacyjny, zdefiniowano kilkanaście terminów w tym termin niezawodności bezpieczeństwa lin, który jeszcze kilka lat temu budził sporo sprzeciwów.

Ponadto wykazano, że istnieją możliwości:

- wyznaczania wartości liczbowych niezawodności bezpieczeństwa w funkcji stanu technicznego liny,
- budowy modeli procesów zużycia,
- powiązania diagnostyki z bezpieczeństwem,
- prognozowania stanu technicznego lin na podstawie ekstrapolacji funkcji postępującego zużycia,
- wyznaczania dopuszczalnych poziomów zużycia,
- prognozowania czasu bezpiecznej pracy lin stalowych itd.

W niniejszym artykule po raz kolejny zwrócono uwagę na to, że problem ilościowej oceny bezpieczeństwa lin nie został jeszcze rozwiązany. W ocenie autora nadal istnieje potrzeba wykonywania dalszych prac badawczych z tego zakresu w tym kosztownych i czasochłonnych badań laboratoryjnych i przemysłowych.

## 2. Niezawodność bezpieczeństwa lin stalowych jako funkcja siły zrywającej i obciążeń

### 2.1. Losowy charakter sił zrywających i obciążeń

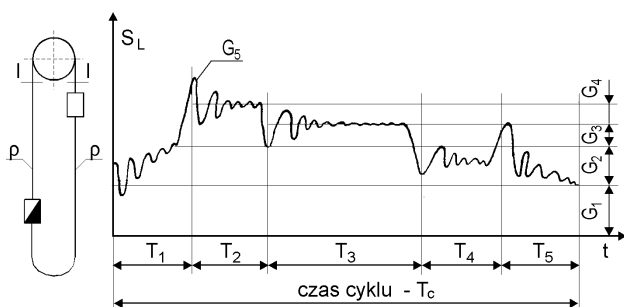
W trakcie produkcji lin występuje wiele procesów i zjawisk o charakterze przypadkowym, co sprawia że własności początkowe liny mają losowy charakter.

Na przykład: losowy charakter własności wytrzymałościowych drutów wynika z tego, że w trakcie produkcji są one wielokrotnie poddawane obróbce termicznej i przeróbce plastycznej, nabywając różnych własności w zależności od parametrów określających procesy produkcyjne oraz składu chemicznego walcówki. Z drutów są wykonywane splotki, które następnie skręca się w linę. Lina tworzy system kilkudziesięciu, a czasem nawet kilkuset drutów, z których każdy ma określony wpływ na właściwości początkowe liny. W rezultacie tego właściwości jednego odcinka liny mogą się zmieniać na jego długości. Tym bardziej własności różnych odcinków lin mogą się różnić między sobą nawet wówczas, gdy wykonano je w jednym zakładzie na tych samych urządzeniach.

Liny stalowe pracują w określonych warunkach. Warunki, w jakich obiekt pracuje, noszą nazwę czynników wymuszających. Czynniki wymuszające można podzielić na grupę czynników roboczych oraz grupę czynników charakteryzujących otoczenie w jakim obiekt się znajduje, zwanych czynnikami zewnętrznymi.

Do grupy czynników roboczych, działających na liny nośne urządzeń transportu linowego, należą wszelkiego rodzaju siły działające w linach. Siły te można podzielić na: siły ciężkości, siły dynamiczne, siły oporu oraz siły sprężystości.

Przykładowy przebieg zmian siły wypadkowej, działającej w linie urządzenia wyciągowego, w funkcji czasu przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Przykładowy przebieg siły wypadkowej działającej w linie nośnej górniczego wyciągu szybowego w funkcji czasu [1, 4]

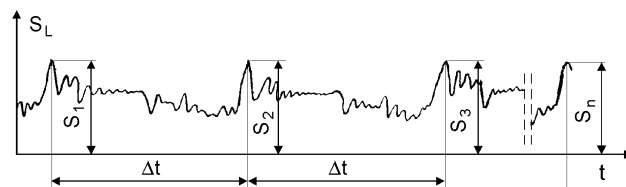
Na rysunku tym oznaczono odpowiednio poszczególne czasy cyklu pracy urządzenia jako czasy:  $T_1$  – załadunku,  $T_2$  – rozruchu,  $T_3$  – jazdy ustalonej,  $T_4$  – hamowania,  $T_5$  – wyładunku. Natomiast siły działające na linę zostały oznaczone odpowiednio przez:  $G_1$  – siły

ciężkości działające na masę liny i naczynie,  $G_2$  – siły ciężkości działające na masę urobku,  $G_3$  – sumaryczne siły oporów, wynikające z oporów powietrza, oporów tarcia w łożyskach pędni i kół kierujących, oporów przeginania liny itp.,  $G_4$  – siły bezwładności działające w czasie ruchu nieustalonego,  $G_5$  – siły sprężystości, będące w bezpośrednim związku z modułem sprężystości i współczynnikiem tłumienia lin stalowych. Wszystkie wymienione siły tworzą zbiory zmiennych losowych zależnych od czasu.

W przypadku urządzeń wyciągowych wielolinowych problem ten komplikuje się jeszcze bardziej, gdyż wartości sił wypadkowych działających w poszczególnych gałęziach lin mogą różnić się od siebie również w sposób losowy. W tej sytuacji najlepszym źródłem informacji o czynnikach roboczych działających na linę są pomiary rzeczywistych wartości sił w linach.

Dotychczas przeprowadzone pomiary sił w linach pozwalają na przyjęcie założenia, że obciążenia lin nośnych **urządzeń wyciągowych są procesami stochastycznymi stacjonarnymi**. Stacjonarność procesu obciążeń wynika np. z okresowego charakteru pracy urządzeń transportu linowego [5].

W przypadku cyklicznej pracy urządzeń wyciągowych maksymalne wartości siły występują co ustalony okres czasu  $\Delta t$  (rys. 2), tworząc ciąg realizacji dyskretnej wartości stacjonarnej funkcji losowej  $\{S_{Lij}(t)\}$  [4], gdzie:  $i$  – kolejna lina z analizowanej klasy urządzeń ( $1 \leq i \leq m$ ),  $j$  – kolejna dyskretna wartość siły odczytana co ustalony czas  $\Delta t$  ( $1 \leq j \leq n$ ).



Rys.2. Przykład cyklicznego charakteru pracy wyciągu szybowego

Charakterystyki statystyczne funkcji losowych, w przypadku dyskretnej wartości realizacji, oblicza się według następujących wzorów:

– wartości oczekiwane:

$$E(S_L) = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n S_{Lij}$$

wariancje

(1)

$$D^2(S_L) = \frac{1}{m \cdot n - 1} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [S_{Lij} - E(S_L)]^2$$

gdzie:

$S_L$  – maksymalna siła w linie w czasie cyklu pracy urządzenia.

## 2.2. niezawodność bezpieczeństwa lin

Biorąc pod uwagę losowy charakter obciążeń i własności wytrzymałościowych lin, po raz pierwszy w pracy [1] przyjęto definicję niezawodności bezpieczeństwa lin.

**Niezawodność bezpieczeństwa liny jest to prawdopodobieństwo tego, że różnica między rzeczywistą siłą zrywającą linę o określonych parametrach konstrukcyjnych i właściwościach wytrzymałościowych a wartością maksymalnego obciążenia działającego w linie jest większa od zera.**

Czyli:

$$N_B = P(S_Z - S_L > 0) = 1 - P(S_L - S_Z > 0) \quad (2)$$

gdzie:

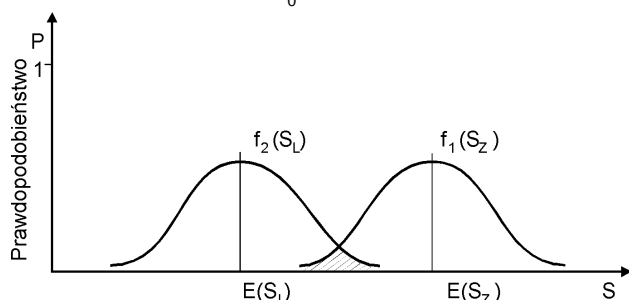
$N_B$  – niezawodność bezpieczeństwa,

$S_Z$  – wartość rzeczywistej siły zrywającej linę,

$S_L$  – wartość siły działającej w linie.

Na rysunku 3 pokazano przykładowe rozkłady siły zrywającej oraz obciążeń  $f_1(S_Z)$  i  $f_2(S_L)$ . Wartości oczekiwane oznaczono odpowiednio przez  $E(S_Z)$  i  $E(S_L)$ . Jeżeli przez  $f_3(S)$  oznacza się gęstość prawdopodobieństwa zmiennej  $S = S_L - S_Z$ , to:

$$N_B = 1 - \int_0^{\infty} f_3(S) dS \quad (3)$$



Rys.3. Przykładowe rozkłady siły zrywającej oraz obciążeń

Sposób obliczania wartości niezawodności bezpieczeństwa liny, które zależą od parametrów rozkładów  $f_1(S_L)$  i  $f_2(S_Z)$  podano w pracy [4 i 8].

Wartość oczekiwaną oraz parametry rozkładu rzeczywistej siły zrywającej linę należy wyznaczyć na drodze badań empirycznych oddzielnie dla każdej konstrukcji i średnicy liny, przy różnych stanach jej zużycia.

Wartość oczekiwaną oraz parametry rozkładu maksymalnych wartości sił działających w linach należy wyznaczać również doświadczalnie, oddzielnie dla każdej klasy urządzeń. Na przykład do określonej klasy górniczych urządzeń wyciągowych zaliczane są urządzenia o określonej liczbie lin nośnych oraz zbliżonych parametrach ruchowych, takich jak przyspieszenie i opóźnienie, prędkość maksymalna, głębokość ciągnięcia, masa naczyń i ładunku użytecznego itd. Problem ten zostanie szerzej omówiony w 3 punkcie tej pracy.

## 2.3. Ryzyko a niezawodność bezpieczeństwa lin

W ostatnich latach do literatury oraz aktów prawnych (dyrektyw UE, przepisów bezpieczeństwa itd.) oraz norm technicznych zostało wprowadzone pojęcie ryzyka jako ilościowej miary zagrożenia bezpieczeństwa [9, 10].

Ryzyko na ogół definiowane jest jako iloczyn prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego oraz miar jego skutków lub konsekwencji:

$$R = P_k \cdot C \quad (4)$$

gdzie:

$R$  – ryzyko wystąpienia zdarzenia niepożądanego,

$P_k$  – prawdopodobieństwo niepożądanego zdarzenia,

$C$  – skutki niepożądanego zdarzenia.

Jeżeli założymy, że tym niepożądanym zdarzeniem jest zerwanie liny a wartość współczynnika  $C$  jest równa 1 to miarą zagrożenia bezpieczeństwa liny będzie ryzyko przedstawione wzorem:

$$R = 1 - N_B \quad (5)$$

## 3. Zmiana niezawodności bezpieczeństwa lin w czasie ich eksploatacji

### 3.1. Procesy zużyciowe

Niezawodność bezpieczeństwa liny maleje w miarę jak pogarszają się jej własności. Rozkłady funkcji  $f_1(S_Z)$  i  $f_2(S_L)$  i odnoszą się do tych samych chwil istnienia liny. Oczywiście w miarę zużywania się liny jej właściwości ulegają pogorszeniu.

Rzeczywista siła zrywająca linę jest wielkością, której wartości dla eksploatowanej liny na ogół nie można wyznaczyć w sposób bezpośredni. Dlatego też koniecznym jest skorzystanie z metod diagnostycznych, bazujących na wyznaczaniu właściwości ocenianej liny w sposób pośredni za pomocą tzw. sygnałów diagnostycznych zwanych wskaźnikami zużycia.

**W procesie eksploatacji do analizy procesów osłabiania lin powinny być wykorzystane jedynie te wskaźniki zużycia, które są miarą siły zrywającej liny.**

Jeżeli założymy jednoznaczność odwzorowania to każdemu wynikowi kontroli odpowiada inna wartość siły zrywającej i odwrotnie, każdej wartości siły odpowiada inna wartość wskaźnika zużycia, to wtedy siłę zrywającą linę można przedstawić jako funkcję:

$$S_{zj} = f(W_{j1}, W_{j2}, \dots, W_{jn}) \quad (6)$$

gdzie:

$j - 1, 2, \dots,$

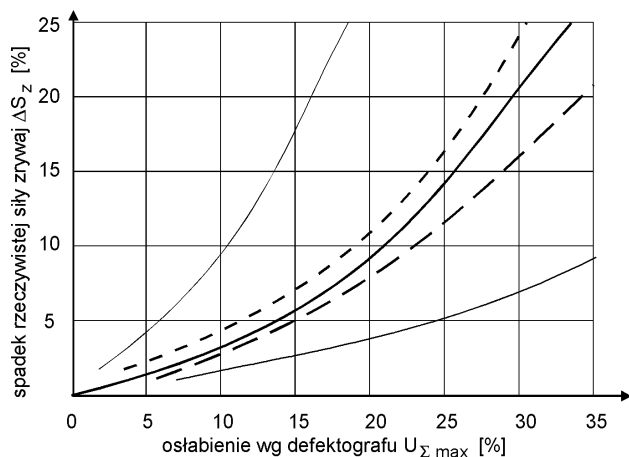
$p$  – kolejny wskaźnik zużycia,

$i - 1, 2, \dots, n$  – kolejny wynik kontroli.

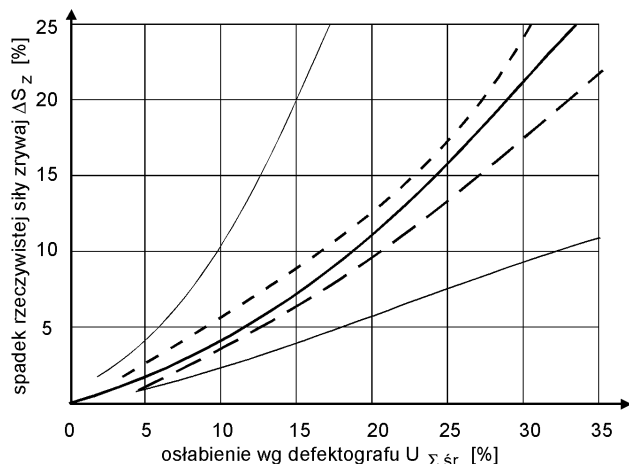
**W przypadku lin założenie o jednoznaczności odwzorowania oczywiście nie jest spełnione.** Wynika to z faktu, że dla tego samego stanu linii otrzymuje się różne wartości liczbowe wskaźników zużycia i odwrotnie przy tym samym wyniku kontroli stanu (wartości wskaźnika zużycia) otrzymuje się różne wartości rzeczywistej siły zrywającej linę.

**Problem zatem sprowadza się do szukania korelacji pomiędzy tymi dwoma zmiennymi losowymi.**

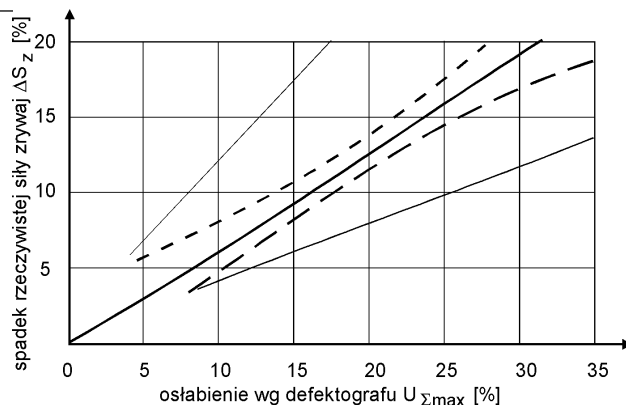
Wyznaczeniu korelacji pomiędzy tymi dwoma zmiennymi losowymi czyli budowie **modeli osłabienia** rozumianych jako funkcje regresji pierwszego rodzaju zmiennej losowej siły zrywającej ( $S_z$ ) względem zmiennej losowej j-tego wskaźnika zużycia. Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono przykładowe zależności pomiędzy osłabieniem przekroju metalicznego, wyznaczonym na podstawie badań magnetycznych [4, 8]. Na wykresach tych linią przerywaną zaznaczono przedział ufności dla linii regresji na poziomie istotności  $\alpha = 0,000001$ , natomiast linią cienką ciągłą analogiczny przedział ufności dla dowolnej wartości zmiennej niezależnej.



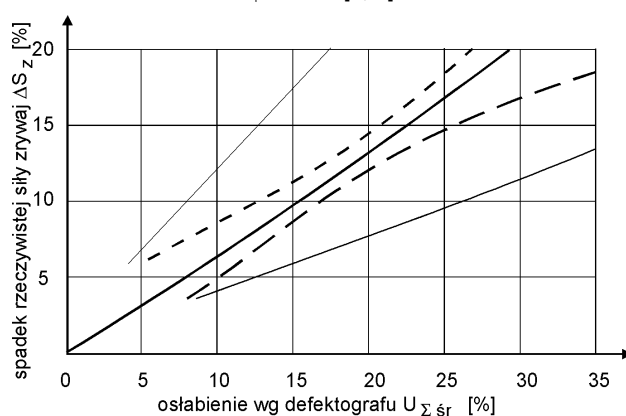
Rys.3a. Zależności pomiędzy osłabieniem przekroju metalicznego wyznaczonym według wskaźników defektografu  $U_{\Sigma max}$  [%] a spadkiem rzeczywistej siły zrywającej dla lin średnicy 26 mm [4, 7]



Rys.3b. Zależności pomiędzy osłabieniem przekroju metalicznego wyznaczonym według wskaźników defektografu  $U_{\Sigma sr}$  [%] a spadkiem rzeczywistej siły zrywającej dla lin  $\phi$  26 mm [4, 7]



Rys.4a. Zależności pomiędzy osłabieniem przekroju metalicznego wyznaczonym według wskaźników defektografu  $U_{\Sigma sr}$  [%] a spadkiem rzeczywistej siły zrywającej  $\Delta S_z$  [%] dla lin  $\phi$  40 mm [4, 7]



Rys.4b. Zależności pomiędzy osłabieniem przekroju metalicznego wyznaczonym według wskaźników defektografu  $U_{\Sigma max}$  [%] a spadkiem rzeczywistej siły zrywającej  $\Delta S_z$  [%] dla lin  $\phi$  40 mm [4, 7]

Wyznaczenie przedstawionych zależności jest czasochłonne i kosztowne jednak należy to robić, bo bez znajomości funkcji regresji **pierwszego rodzaju zmiennej losowej siły zrywającej ( $S_z$ ) względem zmiennej losowej określonego wskaźnika zużycia ( $W_j$ ) nie można dokonać ilościowej oceny bezpieczeństwa linii w czasie jej eksploatacji.**

W Polsce a także w wielu innych krajach (Szwajcaria, Niemcy, W. Brytania, Kanada, USA a także na Słowacji i w Czechach) nadal są rozwijane metody badań magnetycznych lin. Metody te pozwalają na ilościową ocenę stanu (stopnia zużycia lin), w tym również zużycia korozyjnego. Polskie jednostki badawcze (Laboratorium Badawcze Technicznych Środków Transportu i Materiałów Katedry Transportu Linowego AGH, Ośrodek Rzeczoznawstwa i Dozoru Urządzeń Górniczych, Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego, Ośrodki Badawcze-Rozwojowe, Ośrodki Pomiarów i Automatyki i inne jednostki badawcze) mają kilkadziesiąt defektografów, defektoskopów, głowic pomiarowych itp. za pomocą, których przeprowadzają rocznie setki a nawet tysiące badań magnetycznych lin.

## Wyniki tych badań mogą służyć do budowy modeli osłabienia lin.

W ostatnich latach zarówno w Polsce, jak i innych krajach zostało opracowanych kilkanaście nowych konstrukcji lin np. liny zalewane w tworzywach syntetycznych, liny z wkładkami z tworzyw sztucznych, liny stalowo-gumowe, liny o powierzchniowym styku drutów itd. Ponadto większość fabryk lin od kilku lat stosuje nowe metody obliczeniowe i programy komputerowe umożliwiające optymalizację konstrukcji lin. Technologia produkcji lin jest stale unowocześniana np. druty lin pokrywane są coraz doskonalszymi powłokami antykorozyjnymi, liny mogą być poddawane procesowi wstępnego ich napinania itp. Również warunki pracy są stale poprawiane np. coraz częściej stosowane są wykładziny kół kierujących itd.

Wymienione czynniki wpływają nie tylko na wzrost trwałości zmęczeniowej (co jest celem wymienionych działań), ale również mają wpływ na procesy zużyciowe lin. Z uwagi na to, iż w takich linach wyłączenie materiału w przekroju poprzecznym jest bardziej równomierne, pierwsze objawy zużycia (np. pęknięcia drutów) na ogół pojawiają się później, natomiast intensywność narastania tych objawów jest szybsza. Procentowy udział czasu, od momentu pojawienia się pierwszych objawów zużycia do momentu zerwania w stosunku do całkowitego czasu pracy lin może być znacznie mniejszy niż w przypadku lin kiepskiej jakości lub przestarzałych konstrukcji. Jest to kolejny argument przemawiający za celowością budowy modeli osłabienia lin. Poznanie procesów zużyciowych nowych konstrukcji lin lub lin pracujących w nietypowych warunkach jest konieczne dla bezpiecznej ich pracy.

**Zadanie polegające na zapewnieniu określonego poziomu bezpieczeństwa sprowadza się do przyjęcia (określenia) minimalnej wartości niezawodności bezpieczeństwa  $N_B$  lub dopuszczalnego poziomu ryzyka dla liny nowej i dopuszczalnego poziomu zużycia.**

Na rysunku 5 obrazującym sposób ilościowej oceny bezpieczeństwa lin przedstawiono umowną granicę bezpieczeństwa dla określonej klasy obiektów technicznych [1, 8]. Granica ta znajduje 6 odchyłek standardowych powyżej wartości oczekiwanej obciążenia oraz 5 odchyłek standardowych poniżej wartości oczekiwanej wytrzymałości (siły niszczącej).

Autor uważa, że przyjęcie przedstawionego sposobu określania minimalnej wartości niezawodności bezpieczeństwa dla nowych lin będzie właściwe. Uwzględniony jest zarówno losowy charakter właściwości nowej liny, jak i losowy charakter obciążeń. Im większe wartości odchyłek standardowych własności początkowych liny (gorsza jakość lin) oraz większe wartości odchyłek

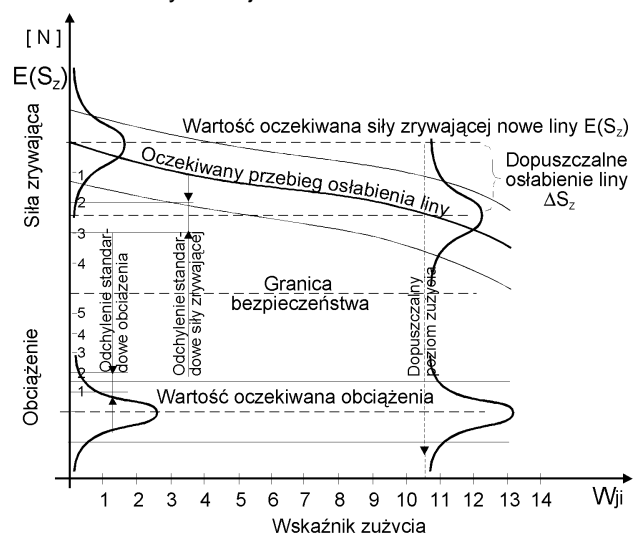
standardowych obciążeń tym większa wartość stosunku:

$$n = \frac{E(S_z)}{E(S_L)} \quad (7)$$

gdzie:

$E(S_z)$  – wartość oczekiwana wytrzymałości (rzeczywistej siły zrywającej),

$E(S_L)$  – wartość oczekiwana obciążenia, będącego odpowiednikiem współczynnika bezpieczeństwa dla liny nowej.



Rys.5. Graficzne przedstawienie sposobu ilościowej oceny bezpieczeństwa obiektów technicznych, których zużycie ma charakter kumulacyjny [1, 8]

## 4. Podsumowanie

Podsumowując przedstawioną metodykę ilościowej oceny bezpieczeństwa lin można podsumować w podanych poniżej kilku punktach.

1. Procesy zużyciowe zachodzące w linach są bardzo złożonymi procesami stochastycznymi. **Przy rozwiązywaniu problemu oceny bezpieczeństwa lin, możliwe jest zajęcie się nie przyczynami, czy też fizyczną stroną uszkodzeń, a jedynie objawami zużycia.** Takie postępowanie jest możliwe w przypadku, gdy stan techniczny liny można scharakteryzować za pomocą zbioru cech mierzalnych, zwanych wskaźnikami zużycia  $W_{ji}$ , których wartości liczbowe wyznacza się podczas przeprowadzanych okresowo kontroli stanu lin.
2. Zawarte w regulacjach prawnych i normach graniczne wartości wymagań dotyczących ochrony życia, zdrowia, środowiska naturalnego np. minimalne wartości współczynników bezpieczeństwa, dopuszczalne poziomy zużycia itd., są odzwierciedleniem nie tylko istniejącego stanu nauki (dokładności metod obliczeniowych), techniki i doświadczenia, ale również przyjętych systemów wartości ogólnoludzkich. Zasada jest prosta, **im większa**



**liczba osób jest zagrożona, im potencjalne straty ekonomiczne są większe tym wymagania dotyczące bezpieczeństwa są wyższe.**

3. Przy określaniu dopuszczalnych poziomów zużycia należy brać pod uwagę nie tylko konstrukcje, obciążenie działające w linii, ale również warunki pracy i charakter zużycia lin. Np. w pracach [4, 8, 10] wykazano, że zużycie korozyjne lin stalowych wywiera znacznie większy wpływ na trwałość zmęczeniową lin i własności mechaniczne drutów niż na wartości rzeczywistej siły zrywającej linę w całości.

Dla 20% spadku rzeczywistej siły zrywającej (jest to wartość dopuszczalnego zużycia dla lin nośnych górniczych wyciągów szybowych) występuje:

- 38÷55% spadek liczby przegięć drutów liny,
- 48÷88% spadek liczby skręceń drutów,
- 50÷78% spadek trwałości zmęczeniowej liny (liczby przegięć liny na maszynie wytrzymałościowej).

Dla 30% spadku rzeczywistej siły zrywającej (jest to dopuszczalny spadek sił zrywających lin wyrównawczych) ma miejsce:

- 50÷80% spadek liczby przegięć drutów,
- 60÷95% spadek liczby skręceń drutów,
- 70÷98% spadek trwałości zmęczeniowej liny (liczby przegięć liny na maszynie wytrzymałościowej).

4. Z punktu widzenia przedstawionej metodyki dopuszczalny poziom zużycia powinien być określany za pomocą maksymalnego spadku rzeczywistej siły zrywającej w stosunku do nowej liny. Mając na uwadze te wyniki badań, wartości dopuszczalnego spadku siły zrywającej w przypadku lin narażonych na korozję powinny być znacznie mniejsze od wartości określonych w obowiązujących przepisach bezpieczeństwa. Dotyczy to zarówno lin nośnych i wyrównawczych.
5. Wyniki badań magnetycznych są wskaźnikami zużycia przydatnymi do budowy modeli osłabienia lin stalowych a parametry losowego rozkładu tych zależności mogą służyć do wyznaczania wartości liczbowych niezawodności bezpieczeństwa oraz dopuszczalnych poziomów zużycia.
6. Określając (przyjmując) minimalną wartość niezawodności bezpieczeństwa i dopuszczalne poziomy zużycia eksploatowanych lin stalowych należy brać pod uwagę nie tylko parametry konstrukcyjne, właściwości wytrzymałościowe, warunki pracy lin, ale również dokładność zastosowanych metod diagnostycznych.

## Literatura

1. Hansel J.: Podstawy teoretyczne prognozowania czasu pracy lin stalowych. Zeszyty Naukowe AGH nr 581, Seria: Elektryfikacja i mechanizacja górnictwa i hutnictwa, Z. 84, Kraków 1977.
2. Hansel J.: Metoda wyznaczania granicznych wartości wskaźników zużycia lin stalowych. Zeszyty Naukowe AGH nr 658, Seria: Elektryfikacja i mechanizacja górnictwa, Z. 98, Kraków 1977.
3. Hansel J.: Elementy diagnostyki technicznej i prognozowania terminu wymiany lin stalowych. Międzynarodowa Organizacja do Badań Trwałości Lin Stalowych OIPEEC, Kraków 1981.
4. Cholewa W., Hansel J.: Wykorzystanie wyników badań magnetycznych do budowy modeli osłabienia lin stalowych. Międzynarodowa Organizacja do Badań Trwałości Lin Stalowych OIPEEC, Kraków 1981.
5. Hansel J.: Problems of a Quantitative Assessment of Safety and Reliability of Wire Ropes. Elevator Word, Alabama 1986.
6. Hansel J: Krajowy system zarządzania jakością i bezpieczeństwem lin stalowych. Propozycje. Wyd. Nauk.-Techn. KTL-AGH, Zeszyt nr 1, Kraków 1994.
7. Hansel J., Wcisło A.: Związki między jakością, niezawodnością i bezpieczeństwem lin stalowych. Wyd. Nauk.-Techn. KTL-AGH, Zeszyt nr 9, Kraków 1997.
8. Hansel J., Wcisło A.: Formulation of the problem of quantitative assessment of safety of steel wire ropes in exploitation. 10<sup>th</sup> International Conference "Investigation, production and use of steel wire ropes", Department of Mechanization, Transport and Drilling Faculty of Berg TU in Košice, 1998.
9. Hansel J.: Kształtowanie bezpieczeństwa kopalń za pomocą nadmiarów bezpieczeństwa. Wyd. PAN-IGSMiE, Seria Sympozja i Konferencje Nr 48, Kraków 2001.
10. Hansel J.: Metodika kvantitatívneho hodnotenia bezpečnosti oceľových lán. XII medzinárodná konferencia „Výskum, výroba a použitie oceľových lán”. Technická univerzita a Fakulta BERG, Košice 2002.

**Praca została wykonana w ramach projektu badawczego nr 4 T12A 016 29 pt. „Opracowanie metodyki kształtowania bezpieczeństwa transportu pionowego w polskich kopalniach węgla kamiennego”.**

Artykuł wpłynął do redakcji w sierpniu 2006 r.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Adam Klich

## Wykładziny kół i bębnow linowych

### Streszczenie

W Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie zostały opracowane nowe wykładziny kół i bębnow linowych, które zostały oznaczone chronionym znakiem towarowym modar®. Wykładziny te są produkowane seryjnie przez Spółdzielnię Pracy Chemiczno-Wytwórczą SPOIWO w Radomiu w 3 odmianach: Modar R3/Mz, Modar R5/Kk i Modar M7/Wz. Każda z tych wykładzin o różnych właściwościach i przeznaczeniu ma wszystkie wymagane aktualnie prawem dopuszczenia i certyfikaty. Wykładziny Modar R3/Mz, charakteryzujące się dużymi wartościami współczynników tarcia (sprzężenia ciernego), przeznaczone są dla kół i bębnow pędnych górniczych wyciągów szybowych, kolei linowych i wyciągów narciarskich, kół odciskowych wielolinowych górniczych wyciągów szybowych z maszynami umieszczonymi na wieży itd. Wykładziny Modar R7/Wz są dopuszczone do stosowania w atmosferze zagrożonej wybuchem np. w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych. Charakteryzują się takimi samymi właściwościami jak wykładziny Modar R3/Mz oraz dodatkowo przewodzą ładunki elektrostatyczne i są trudnopalne. Wykładziny Modar R5/Kk są przeznaczone na wykładziny kół kierujących większości urządzeń transportu linowego. Opisane w pracy badania zmęczeniowe wykazały, że ich stosowanie powoduje istotny wzrost trwałości zmęczeniowej lin stalowych. W pracy wykazano również, że możliwe i celowe jest stosowanie wykładzin Modar R5/Kk na koła kierujące jednolinowych i wielolinowych górniczych wyciągów szybowych z maszynami umieszczonymi na zrębie szybu.

### Summary

New type headgear wheel and drum linings (the trademark modar® is copyright protected) were designed and engineered at The AGH University of Science and Technology in Kraków. The exclusive manufacturer of the several available versions of the headgear wheel lining modar® is the work cooperative SPOIWO in Radom. Three types of linings are available now: Modar R3/Mz, Modar R5/Kk, Modar M7/Wz. The linings modar® have all the certificates, licences and permits required by the law. Headgear wheel linings designated as Modar R3/Mz, featuring large and stable values of friction coefficient (frictional contact) are intended for headgear wheels and drums in mine hoists, cable railways, ski lifts and other rope transport installations. Linings designated as Modar R7/Wz are intended for drums and Koepe pulleys operated in the conditions of explosion hazard: for instance in underground mine excavations. Furthermore, apart from the general characteristics, they display most advantageous electrostatic features and are slow-burning. Linings designated as Modar R5/Kk are intended for rope pulleys and might be employed in most rope transport installations. When employed, the fatigue endurance of wire ropes is significantly improved. The linings Modar R5/Kk might be applied to protect the pulleys in hoisting installations with the winders in the headframe or on the shaft level.

## 1. Wprowadzenie

Rowki kół i bębnow linowych są często wyłożone wykładzinami wykonanymi z materiałów o module sprężystości mniejszym od modułu sprężystości stali i charakteryzującymi się – w zależności od przeznaczenia – ściśle określonymi właściwościami fizykomechanicznymi i chemicznymi.

W Polsce problemami związanymi z opracowywaniem odpowiednich materiałów na wykładziny kół i bębnow linowych – od prawie 40 lat – zajmuje się Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie [1, 4].

W tym czasie zostało opracowanych kilkanaście rodzajów tworzyw syntetycznych o różnych właściwościach i przeznaczeniu. Najnowszymi są wykładziny wykonane z tworzyw Modar R3/Mz, Modar R5/Kk i Modar R7/Wz, które zostały oznaczone wspólnym znakiem towarowym „modar®”.

## 2. Właściwości wykładzin „modar®”

### 2.1. Ogólne wymagania stawiane wykładzinom

Wykładziny kół i bębnow linowych powinny charakteryzować się odpornością: na wysokie i zmienne naciski, ścieranie, wysokie i niskie temperatury, działanie promieni ultrafioletowych, zmiany warunków atmosferycznych, starzenie i działanie smarów; zasolonej wody itd. Powinny je także cechować łatwość formowania i obróbki. Wykładziny kół i bębnow pędnych powinny ponadto odznaczać się dużymi współczynnikami tarcia (sprzężenia ciernego) pomiędzy liną a wykładziną pędni linowej „ $\mu$ ”.

Nie wszystkie wymienione właściwości muszą być spełnione równocześnie. I tak w przypadku pracy wykładzin na wolnym powietrzu istotną będzie ich odporność na działanie promieni ultrafioletowych i warunków atmosferycznych, natomiast w przypadku pracy w zam-

kniętym pomieszczeniu własności te będą miały mniejsze znaczenie, ale wymagana będzie większa odporność materiałów wykładzin na wysokie temperatury, duża przewodność ładunków elektrostatycznych itd.

Spośród kilkuset materiałów syntetycznych o bardzo różnych własnościach fizykomechanicznych i chemicznych podane wyżej wymagania spełniają poliamidy i tworzywa winylowo-kauczukowe.

Technologia przetwórstwa poliamidów przez wtryskiwanie lub przetłaczanie stopionego tworzywa względnie polimeryzację w odpowiednich matrycach jest ekonomiczna. Możliwa jest również obróbka skrawaniem bloków poliamidowych. Poliamidy odznaczają się korzystnymi własnościami mechanicznymi, cieplnymi i chemicznymi. Wysoka wytrzymałość na rozciąganie, ściskanie i zginanie, współczynnik sprężystości wzdłużnej wynoszący około  $(1,5-3,0) \cdot 10^3$  MPa oraz odporność na ścieranie, pękanie i temperaturę do  $120^\circ\text{C}$  zapewniają korzystne warunki ich pracy jako wykładzin kół kierujących.

Mała wartość współczynnika tarcia pomiędzy wykładziną poliamidową a liną w większości przypadków  $\mu < 0,1$  wyklucza stosowanie tych wykładzin nie tylko na kołach i bębnach pędnych, ale również na kołach kierujących o małych kątach opasania, np. na kołach kierujących (kołach odciskowych) urządzeń wielolinowych z maszynami wyciągowymi umieszczonymi na wieży. W takich przypadkach stosować należy materiały charakteryzujące się współczynnikiem tarcia  $\mu \geq 0,25$ . Warunkowi temu odpowiadają materiały winylowo-kauczukowe, które jednak charakteryzują się mniejszymi wartościami, w porównaniu z poliamidami, współczynnikami sprężystości wzdłużnej E i mniejszą odpornością na naciski powierzchniowe.

## 2.2. Główne przyczyny zużycia wykładzin

O wyborze tworzyw na wykładziny zadecydować także powinny względy ekonomiczne i przede wszystkim trwałość samych wykładzin.

Z uwagi na zmienne obciążenia rowków kół bębnow linowych, o przydatności określonego tworzywa na wykładziny decyduje jego stykowa wytrzymałość zmęczeniowa. W strefie styku liny z wykładziną występują takie zjawiska, jak tarcie, poślizg, plastyczne i sprężyste odkształcanie (nie tylko warstw wierzchnich), wydzielanie się ciepła na skutek odkształceń, oddziaływanie smarów, wody (często o dużej zawartości zanieczyszczeń w tym np. soli) itp.

W przypadku tworzyw sztucznych o współczynniku sprężystości wzdłużnej około  $1,8 \cdot 10^3$  MPa (poliamidy), zmęczeniowe uszkodzenia powierzchni pojawiają się w postaci wgłębień (ubytków) lub wykruszeń.

Na wytrzymałość stykową tworzyw sztucznych bardzo duży wpływ wywiera czas relaksacji naprężeń, któ-

ry jest między innymi funkcją temperatury, stopnia krystalizacji i rodzaju tworzywa. Materiały wykładzin o małym współczynniku sprężystości około  $0,8 \cdot 10^2$  MPa, zawierające w swym składzie polichlorek winylu, charakteryzują się stosunkowo dużą lepkością i dlatego ich zniszczenie następuje najczęściej przez spękanie i wykruszenie się materiału na skutek wzrostu temperatury.

Przedwczesne zniszczenie wykładzin występuje w przypadku przekroczenia umownych nacisków powierzchniowych występujących między liną a wykładziną koła kierującego. Naciski te określa się ze wzoru:

$$p_u = \frac{2S}{D \cdot d}, \text{ MPa} \quad (1)$$

gdzie:

S – siła poosiowa w linie,

D – średnica krążka,

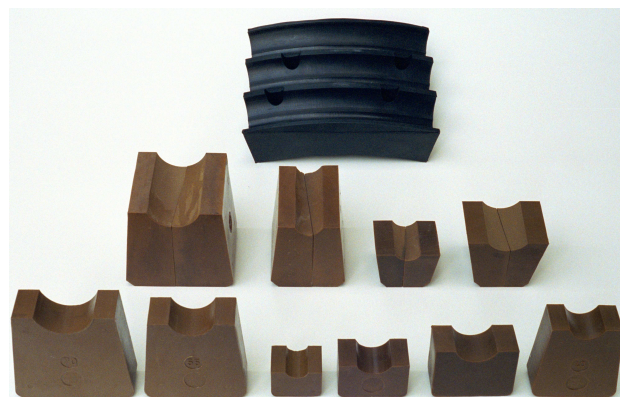
d – średnica liny.

Wartości umownych nacisków powierzchniowych w podstawowych rodzajach urządzeń transportu linowego wynoszą: wyciągi kopalniane duże – 1,3-3,0 MPa, wyciągi kopalniane małe – 2,0-6,0 MPa, dźwignice (żurawie, dźwignice budowlane, wielokrążki) – 4,0-16,0 MPa, dźwigi (osobowe i towarowe) – 4,0 - 7,0 MPa, urządzenia (wyciągi) wiertnicze – 7,0–25 MPa.

Ponieważ wytrzymałość wykładzin poliamidowych na umowne naciski powierzchniowe wynosi około 10 MPa wobec tego mogą być one stosowane w większości urządzeń transportu linowego. Dotychczas znane i stosowane wykładziny winylowo-kauczukowe przenoszą znacznie mniejsze naciski umowne; wartość ich nie może w zasadzie przekraczać 5,0 MPa.

## 2.3. Właściwości eksploatacyjne wykładzin modar®

Wykładziny „modar®”, pokazane na rysunku 1, są produkowane seryjnie przez Spółdzielnię Pracy Chemiczno-Wytwórczą SPOIWO w 3 odmianach: Modar R3/Mz, Modar R5/Kk i Modar R7/Wz, z których każda ma inne przeznaczenie i właściwości [2].



Rys.1. Wykładziny kół i bębnow linowych modar® (Modar R3/Mz, Modar R5/Kk i Modar R7/Wz)

**Wykładziny Modar R3/Mz**, z uwagi na dużą wartość współczynnika tarcia (sprężenia ciernego), przeznaczone są przede wszystkim dla kół i bębnow pędnych: górniczych wyciągów szybowych, kolei linowych i wyciągów narciarskich i innych urządzeń transportu linowego oraz kół odciskowych górniczych wyciągów szybowych z maszynami umieszczonymi na wieży.

Charakteryzują się:

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

**Wykładziny Modar R5/Kk** są przeznaczone dla kół kierujących. Mogą być stosowane w większości urządzeń transportu linowego. Wykładziny te charakteryzują się:

- dużą trwałością,
- stosunkowo małymi współczynnikami Poisson'a,
- dużą odpornością na naciski (do 8 MPa),
- wartościami współczynnika tarcia  $\mu \geq 0,15$ .

Wpływ wykładzin Modar R5/Kk na trwałość zmęczeniową lin został opisany w kolejnym punkcie tego opracowania.

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

Kształty i wymiary, składy chemiczne materiałów i technologie produkcji wszystkich wyżej wymienionych wykładzin „**modar®**”, które są wynikiem wieloletnich badań zespołu uczelniano-przemysłowego Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz Spółdzielni Pracy Chemiczno-Wytwórczej SPOIWO w Radomiu, są chronione kilkoma patentami i rozwiązaniami typu know-how. Prawa własności do wszystkich tych rozwiązań ma Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.

### 3. Wykładziny kół i bębnow kierujących Modar R5/Kk

#### 3.1. Podstawowe właściwości tworzywa z którego wykonane są wykładziny Modar R5/Kk

W urządzeniach transportu linowego liny stalowe są na ogół wielokrotnie przeginane na kołach i bębnach pędnych, kołach kierujących i odciskowych, zbloczach wielokrążków, krążkach przewojowych itd. Należą do nich między innymi liny nośne wyciągów kopalnianych, wyciągów wiertniczych, dźwigów budowlanych, liny

nośno-ciągące kolei linowych, liny ciągnące i podnoszące dźwigów linotorowych, dźwignic i wielu innych urządzeń.

Trwałość zmęczeniowa wyżej wymienionych lin, zwłaszcza o punktowym styku drutów, wzrasta w miarę zmniejszania się współczynnika sprężystości wzdłużnej materiału rowka koła (bębna) linowego [1, 4]. Kilka lat temu zespół uczelniano-przemysłowy, pod kierunkiem autora, rozpoczął badania mające na celu opracowanie materiałów wykładzin o małej wartości współczynnika sprężystości i równocześnie dużej odporności na wysokie i zmienne naciski. Efektem tych badań jest tworzywo, z którego wykonane są wykładziny Modar R5/Kk. Podstawowym składnikiem tworzywa, z którego wykonane są wykładziny Modar R5/Kk jest polimer chloro-winylowy emulsyjny i kauczuk nitrylowy oraz wiele innych składników [5].

Proces wulkanizacji prowadzony jest na prasach hydraulicznych. Nacisk jednostkowy po przeliczeniu na powierzchnię formy wynosi 5 MPa. Do wulkanizacji stosowane są formy wielogniazdowe. Po założeniu kształtek do formy wulkanizacyjnej załadowuje się do prasy i w okresie czasu 1 minuty, podgrzewa się bez ciśnienia celem zmiękczenia materiału pod wpływem temperatury, a następnie zamyka się prasę. Czas wulkanizacji wynosi 120 minut w temperaturze 150°C [5].

Wymagane i uzyskiwane wartości podstawowych właściwości tworzywa zamieszczono w tabeli 1.

#### Wymagane i uzyskiwane wartości podstawowych właściwości tworzywa, z którego wykonywane są wykładziny Modar R5/Kk

Tabela 1

Lp.	Oznaczana wielkość	Wymagana wartość
1	Wytrzymałość na rozciąganie w MPa (minimum)	17,0
2	Wydłużenie względne w % (minimum)	150%
3	Oznaczenie trwałego wydłużenia w % (maximum)	20%
4	Pomiar twardości w temperaturze około 20°C w stopniach Shore'a nie mniej niż	95 <sup>±3</sup>
5	Oznaczenie odporności na starzenie w temperaturze 100°C w czasie 72 godzin poniżej	30%
6	Oznaczenie ścieralności za pomocą aparatu Schoppera Schlobacha w % (maximum)	10
7	Badanie palności metodą płomieniową śr. palenie + żarzenie (maximum)	5 s

#### 3.2. Wpływ wykładzin winylo-kauczukowych na trwałość zmęczeniową lin stalowych

Badaniom zmęczeniowym poddane zostały liny dwuzwite produkcji krajowej oraz trzy rodzaje materiału rowków kół kierujących. Z uwagi na budowę stanowiska badawczego przyjęto średnicę lin  $d = 12 \cdot 10^{-3}$  m.

Większość lin o tej średnicy wykonuje się jako przeciwwzite o różnych konstrukcjach, z których do badań wybrane zostały cztery najczęściej stosowane:

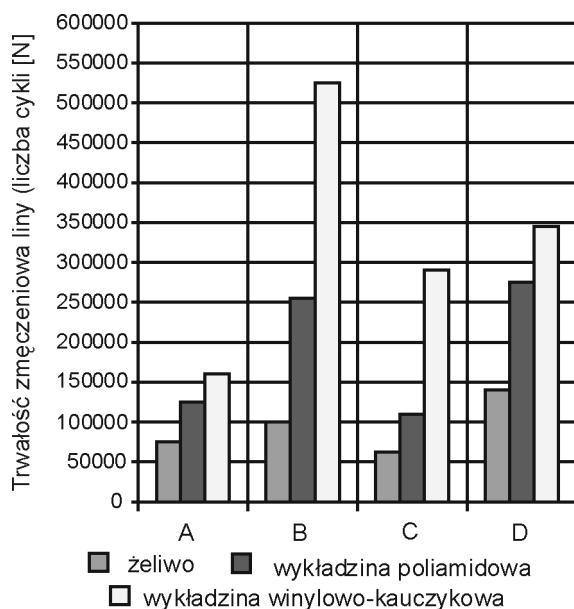
- A – 6×7+A<sub>0</sub>-Z/s
- B – T6×19+A<sub>0</sub>-Z/s
- C – T6×37+A<sub>0</sub>-Z/s
- D – S6×19+A<sub>0</sub>-Z/s.

Jako materiał rowków zastosowano: żeliwo o współczynnikiem sprężystości wzdłużnej  $E_2 = 1,2 \cdot 10^5$  MPa i współczynnikiem Poissona  $\nu \cong 0,25$ , wykładziny poliamidowe dla których  $E_2 = 1,8 \cdot 10^3$  MPa i  $\nu \cong 0,4$  oraz wykładziny winylowo-kauczukowe, dla których  $E_2 = 0,8 \cdot 10^2$  MPa i  $\nu \cong 0,5$  [1, 4].

W badaniach przyjęto 3 stopnie pewności  $n = 3, 5$  i 8 oraz trzy różne stosunki  $D/d = 20, 30$  i 40. W podanych zakresach stopni pewności i stosunków  $D/d$  pracuje większość przeginanych lin stalowych o mniejszej średnicy.

Trwałość zmęczeniową  $N$  obliczono jako średnią arytmetyczną liczby przegięć, jakie przenosił każdy z trzech odcinków liny przeginanych w tych samych warunkach aż do zniszczenia. Wybrane wyniki tych badań przedstawiono na rysunku 2.

Badania zmęczeniowe wykazały, że wyłożenie rowków żeliwnych wykładzinami winylowo-kauczukowymi spowodowało istotne zwiększenie trwałości zmęczeniowej badanych lin. Wzrost ten w warunkach laboratoryjnych wahał się w granicach od 2 do ponad 5, w zależności od konstrukcji liny, stopnia pewności  $n$  oraz stosunku  $D/d$  – patrz rysunek 2 [4].



Rys.2. Wybrane wyniki badań wpływu materiału rowka (wykładzin) kół kierujących na trwałość zmęczeniową lin stalowych różnych konstrukcji [4]

A – 6×7+A<sub>0</sub>-Z/s, B – T6×19+A<sub>0</sub>-Z/s, C – T6×37+A<sub>0</sub>-Z/s, D – S6×19+A<sub>0</sub>-Z/s

### 3.3. Wartości współczynnika tarcia (sprężenia ciernego) Modar R5/Kk i liną

Współczynnik tarcia pomiędzy rowkiem koła kierującego wyłożonego wykładziną a liną stalową nie odgrywa takiej roli, jak w przypadku wykładzin kół lub bębnow pędnych. Niemniej jednak, aby uniknąć poślizgu koła kierującego względem liny w czasie rozruchu lub hamowania (lina napędza koło kierujące), współczynnik ten nie powinien być mniejszy od określonej wartości minimalnej, która zależy od:

- masy zredukowanej koła kierującego  $\frac{G_k}{g}$ ,
- kąta opasania  $\alpha$ ,
- wartości przyspieszenia względem opóźnienia  $a$ ,
- oporów ruchu koła kierującego itd.

Poślizg koła względem liny nie nastąpi, jeżeli siła bezwładności koła kierującego, powiększona o jego opory ruchu, będzie mniejsza lub równa sile tarcia. Po uwzględnieniu oporów ruchu oraz kilku przekształceniach znanego wzoru Eulera-Eytelweina otrzymano równanie pozwalające na obliczenie wymaganej wartości współczynnika tarcia [4].

$$\mu = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{S_1}{0,981S_1 - \frac{GD^2}{gD_k^2} a}, \text{ MPa} \quad (2)$$

gdzie:

- $\mu$  – współczynnik tarcia,
- $\alpha$  – kąt opasania,
- $S_1$  – siła w linie schodzącej z koła kierującego,
- $GD^2$  – moment bezwładności koła kierującego wraz z wykładziną,
- $D_k$  – średnica koła kierującego,
- $a$  – przyspieszenie liny.

Na podstawie powyższego wzoru można obliczyć np. minimalną wartość współczynnika tarcia, lub też, gdy znana (zmierzona) jest wartość współczynnika sprężenia ciernego – minimalny kąt opasania  $\alpha$  przy której nie nastąpi jeszcze poślizg dla określonych wyżej wymienionych parametrów technicznych koła kierującego.

W pracy [6] zamieszczono wyniki pomiarów współczynnika tarcia (sprężenia ciernego) pomiędzy liną a wykładziną Modar R5/Kk.

Badania wykonano dla następujących stanów powierzchni liny i wykładziny:

- czysta, sucha,
- czysta, mokra,
- smarowana smarem Elaskon II Star, sucha,
- smarowana smarem Elaskon II Star, mokra,
- smarowana smarem Nyrosten N113, sucha,
- smarowana smarem Nyrosten N113, mokra.

Do badań użyto linę  $\varnothing 20$  S 6x19+A<sub>0</sub>-Z/s.

Badania prowadzono stosując trzy wartości nacisków 1,5 MPa, 2,0 MPa, 2,5 MPa wyznaczone jako średnie arytmetyczne obliczeniowe z zależności (1).

Minimalna wartość współczynników tarcia wykładzin Modar R5/Kk współpracujących ze smarowanymi linami i temperaturze do 30°C wynosi około 0,15.

#### 4. Wykładziny Modar R5/Kk jako wykładziny kół kierujących górniczych wyciągów szybowych

##### 4.1. Analiza i ocena możliwości oraz celowości zastosowania wykładzin Modar R5/Kk w maszynach zrębowych górniczych wyciągów szybowych

Poniżej podano końcowy wynik analiz i ocen, które przeprowadzono w pracach [1–7].

- Wykładziny Modar R5/Kk są przede wszystkim przeznaczone do wykładania rowków kół linowych (kierujących) górniczych wyciągów szybowych z maszynami zrębowymi. Minimalna wartość współczynnika tarcia wykładzin Modar R5/Kk współpracujących z smarowaną liną, wynosi około 0,15 co pozwala na pracę kół linowych wyłożonych tym materiałem – w przypadku górniczych wyciągów szybowych – przy kątach opasania liną powyżej  $\alpha \geq 30^\circ$ . Z uwagi na to, że dla maszyn zrębowych kąty opasania kół kierujących linami nośnymi są na ogół większe od  $120^\circ$ , to w takim przypadku nie wystąpi poślizg koła wyłożonego wykładziną Modar R5/Kk względem liny w całym zakresie stosowanych w Polsce średnic kół kierujących, ich momentów bezwładności, przyspieszeń i opóźnień naczyń wyciągowych oraz innych parametrów górniczych wyciągów szybowych dowolnie wysokiej temperaturze otoczenia.
- W polskich kopalniach, w górniczych wyciągach szybowych z maszynami umieszczonymi na zrębie szybu, liny nośne na ogół (co najmniej w 90%

przypadkach) nadal współpracują bezpośrednio ze stalowymi lub żeliwnymi wieńcami kół kierujących. W wyniku współpracy stal-stal (lub stal-żeliwo) oba te elementy ulegają szybkiemu zużyciu: ściernemu i zmęczeniowemu. Zastosowanie wykładzin kół kierujących Modar R5/Kk, które są wykonane z materiałów o module sprężystości wzdłużnej znacznie mniejszej od modułu sprężystości stali, obniża wartość naprężeń stykowych oraz pochodzących od wtórnego zginania a tym samym istotnie zwiększa trwałość zmęczeniową lin stalowych.

- W polskim przemyśle wydobywczym pracuje około 10 górniczych wyciągów wielolinowych z maszynami umieszczonymi na zrębie szybu, w których w pierwszej kolejności powinny być stosowane wykładziny kół kierujących Modar R5/Kk. Liczba wyciągów jednolinowych z kołem pędym, w których w drugiej kolejności powinny być stosowane te wykładziny jest jednak kilkanaście razy większa. Wg szacunków autora, popartych analizą i oceną stosowanych w Polsce rozwiązań konstrukcyjnych kół kierujących, możliwe jest zastosowanie opracowanych wykładzin Modar R5/Kk w co najmniej 100 górniczych wyciągach szybowych z kołem pędym i maszynami umieszczonymi na zrębie szybu. W tych przypadkach racjonalne i możliwe są 2 rozwiązania. Pierwsze – polega na zastosowaniu nowych kół kierujących z wykładzinami w nowobudowanych, modernizowanych lub przebudowywanych wyciągach szybowych. Drugi zaś sposób polega na przetaczaniu rowków na wykładziny w istniejących wieńcach kół linowych (bez zdejmowania kół z wieży urządzenia wyciągowego). Wymiary rowków muszą być dostosowane do segmentów wykładzin, których parametry podano w tabelach 2 i 3.

##### 4.2. Wymiary wykładzin R5/Kk dla kół kierujących górniczych wyciągów szybowych

Wymiary wykładzin podano w tabelach 2 i 3.

Podstawowe parametry wykładzin kół kierujących Modar R5/Kk. Wymiary w mm

Tabela 2

Wielkość segmentu	a	b	c	f	g	e	r	Liczba segmentów na obwodzie koła	Masa kompletu wykładzin kg	Zastosowanie do średnic	
										Koła D	Liny d
T12	55	36	35	40	37,8	8	11	71	5,2	900	16-20
T12						8	11	98	7,2	1250	18-20
T16						9	13	126	9,2	1600	20-26
T20	65	44	40		38,4	10	15	157	16	2000	24-30
T25						11	16	196	19,6	2500	28-32
T30	75	48	50		38,7	12	18	235	33,4	3000	30-36
T40/1	85	55	55		38,9	13	19	314	56,4	4000	34-38
T40/2						15	22		55,3		40-44
T50/1	100	68	60		39,0	16	24	392	89,8	5000	42-48
T50/2						19	28		88,7		50-56
T63/1	115	77	70		39,1	20	30	494	157,8	6300	52-60
T63/2						23	35		155,6		61-70

Masa właściwa tworzywa, z którego wykonane są wykładziny Modar R-5/Kk:  $\rho = 1,29 \text{ g/cm}^3$ . Przykładowe oznaczenie wykładziny: T40/1K Modar R5/Kk.

### 4.3. Tolerancja wykonania wykładzin

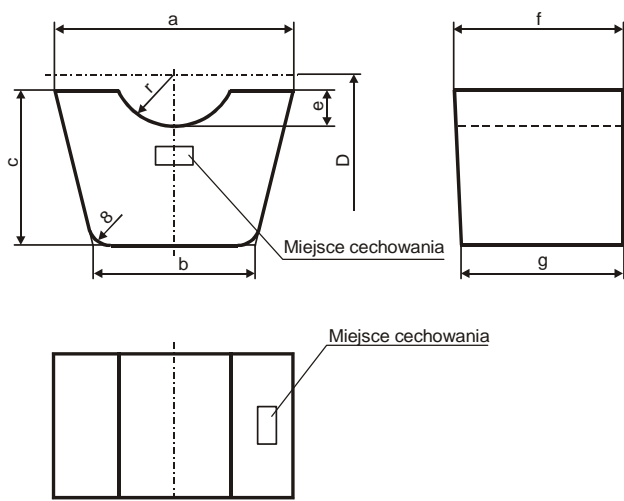
Wykładziny Modar R3/Mz przeznaczone są dla

#### Podstawowe parametry wykładzin klinowych kół kierujących Modar R5/Kk. Wymiary w mm

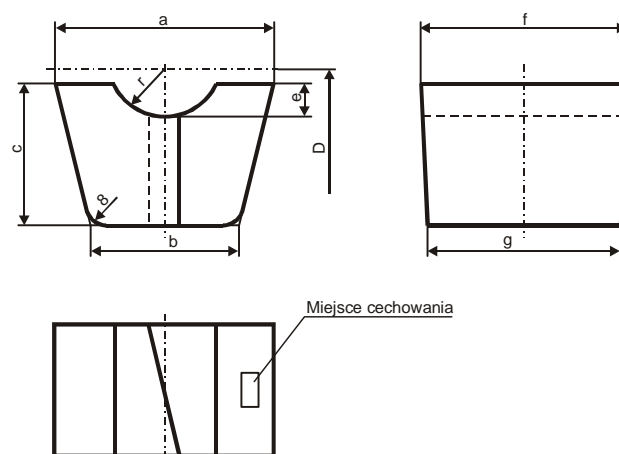
Tabela 3

Wielkość segmentu	a	b	c	f	g	e	r	Liczba segmentów na obwodzie koła	Masa kompletu wykładzin kg	Zastosowanie do średnic	
										Koła D	Liny d
T12K	55	36	35	70	65,8	8	11	40	5,2	900	16-20
T12K						8	11	56	7,2	1250	18-20
T16K						9	13	72	9,2	1600	20-26
T20K	65	44	40		66,8	10	15	90	16	2000	24-30
T25K						11	16	112	19,6	2500	28-32
T30K	75	48	50		67,7	12	18	134	33,4	3000	30-36
T40/1K	85	55	55		68,0	13	19	179	56,4	4000	34-38
T40/2K						15	22		55,3		40-44
T50/1K	100	68	60		68,2	16	24	224	89,8	5000	42-48
T50/2K						19	28		88,7		50-56
T63/1K	115	77	70		68,4	20	30	282	157,8	6300	52-60
T63/2K						23	35		155,6		61-70

Masa właściwa tworzywa z którego wykonane są wykładziny Modar R5/Kk:  $\rho = 1,29 \text{ g/cm}^3$ . Przykładowe oznaczenie wykładziny: T40/1 Modar R5/Kk.



Rys.3. Segment wykładziny koła kierującego o przekroju trapezowym



Rys.4. Segment wykładziny klinowej koła kierującego o przekroju trapezowym

Odchyłki wykonania wykładzin pokazanych na rysunkach 3 i 4 nie powinny przekraczać wartości podanych w tabeli 4.

#### Dopuszczalne odchyłki wykonania wykładzin w mm

Tabela 4

Wymiar mm	a	b	a-b	c	f	g	f-g
Odchyłki wykonania, mm	+0,0 -1,5	+0,0 -1,5	+0,5 -0,5	+0,0 -1,0	+1,0 -1,0	+1,0 -1,0	+0,5 -0,5

### 5. Wnioski końcowe

- Opracowane w ostatnich latach polskie wykładziny typu **modar®**, produkowane seryjnie w kilku odmianach: Modar R3/Mz, Modar R5/Kk i Modar R7/Wz przez Spółdzielnie Pracy Chemiczno-Wytwórczą SPOIWO w Radomiu, mają wszystkie wymagane prawem dopuszczenia i certyfikaty [4].

kół i bębnow pędnych: górniczych wyciągów szybowych, kolei linowych i wyciągów narciarskich i innych urządzeń transportu linowego oraz kół odciskowych górniczych wyciągów szybowych.

Charakteryzują się:

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

Wykładziny Modar R5/Kk są przeznaczone dla kół kierujących. Mogą być stosowane w większości urządzeń transportu linowego. Wykładziny te charakteryzują się:

- dużą trwałością,
- stosunkowo małymi współczynnikami Poisson'a,
- odpornością na naciski do 8 MPa,

- wartościami współczynnika tarcia  $\mu \geq 0,15$ .

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

2. Badania zmęczeniowe wykazały, że wyłożenie rowków żeliwnych wykładzinami winylowo-kauczukowymi Modar R5/Kk spowodowało istotne zwiększenie trwałości zmęczeniowej badanych lin. Wzrost ten w warunkach laboratoryjnych wahał się w granicach od 2 do ponad 5, w zależności od konstrukcji liny, stopnia pewności  $n$  oraz stosunku  $D/d$ .
3. Minimalne wartości współczynników tarcia (sprężenia ciernego) wykładzin Modar R3/Kk współpracujących ze smarowanymi linami i temperaturze do  $30^{\circ}\text{C}$  wynosi około  $\mu \cong 0,15$  co pozwala na pracę kół linowych wyłożonych tą wykładziną bez poślizgów koła względem liny przy kącie opasania  $\alpha \geq 30^{\circ}$ . Z uwagi na to, że dla maszyn zębowych kąty opasania kół kierujących linami nośnymi są na ogół większe od  $120^{\circ}$ , to w takim przypadku nie wystąpi poślizg koła wyłożonego wykładziną Modar R5/Kk względem liny w całym zakresie stosowanych w Polsce średnic kół kierujących, ich momentów bezwładności, przyspieszeń i opóźnień naczyń wyciągowych oraz innych parametrów górniczych wyciągów szybowych dowolnie wysokiej temperaturze otoczenia.

## 6. Zakończenie

Wszystkie rodzaje wykładzin **modar®** mają aktualne dopuszczenia do stosowania w zakładach górniczych, kolejach linowych, wyciągach narciarskich i innych urządzeniach transportu linowego.

Wśród odbiorców wykładzin **modar®** są światowe firmy ABB, Garaventa, Doppelmayr®, prawie wszystkie polskie kopalnie węgla, rud, soli i innych minerałów oraz kilka kopalń z Hiszpanii, Portugalii, Czech i innych krajach.

Wykładziny kół kierujących Modar R5/Kk zostały też zastosowane w kilku górniczych wyciągach szybowych

wielolinowych z maszynami umieszczonymi na zrębie szybu, w kopalniach „Bogdanka” i „Budryk”.

## Literatura

1. Hansel J.: Wyznaczanie wpływu własności wykładzin kół kierujących na trwałość zmęczeniową lin stalowych w oparciu o analizę naprężeń w drutach. Praca doktorska. AGH, Kraków 1972.
2. Hansel J.: Wybrane metody i środki poprawy bezpieczeństwa oraz obniżenie kosztów eksploatacji górniczych wyciągów szybowych. Maszyny Górnicze 2(102), Gliwice 2005.
3. Hansel J.: Mine Hoist Safety – Selected Aspects. Hoist and Haul 2005, Conference Perth, 5-7 September 2005.
4. Hansel J.: Nowe wykładziny kół kierujących górniczych wyciągów szybowych. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Transport Szybowy 2005”. Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice 2005.
5. Sposób wytwarzania wykładzin kół kierujących urządzeń transportu linowego. Zgłoszenie patentowe P-366527 z 23.03.2004 r., którego twórcami są J. Hansel, Z. Maj, M. Blecharz.
6. Badania współczynnika sprężenia ciernego tworzywa sztucznego Modar R5/Kk przeznaczonego do produkcji wykładzin kół kierujących górniczych maszyn wyciągowych. Praca naukowo-badawcza Katedry Transportu Linowego AGH wykonana pod kierunkiem Józefa Hansela, Kraków 2003.
7. Wykładziny typu Modar R5/Kk na koła linowe (kierujące) górniczych wyciągów szybowych. Dokumentacja dopuszczeniowa opracowana pod kierunkiem Zbigniewa Maja przez Spółdzielnię Pracy Chemiczno-Wytwórczej SPOIWO, Radom 2004.

**Praca została wykonana w ramach projektu badawczego nr 4 T12A 016 29 pt. „Opracowanie metodyki kształtowania bezpieczeństwa transportu pionowego w polskich kopalniach węgla kamiennego”.**

Artykuł wpłynął do redakcji w sierpniu 2006 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Adam Klich



## Ziarna o powierzchniach hydrofilowych w produktach wzbogacania korytowego flotownika pneumomechanicznego

### Streszczenie

Badano obecność ziaren hydrofilowych w produktach uzyskanych z opróbowania korytowych pneumomechanicznych flotowników IZ wzbogacających węgiel energetyczny i koksowy. Do wyznaczenia procentowej zawartości ziaren hydrofilowych wykorzystano metodę frakcjonowanej flotacji powierzchniowej (film flotation) i empiryczną zależność między granicznym kątem zwilżania powierzchni a napięciem powierzchniowym zwilżania węgla. Wykazano, że w pierwszej kolejności flotują ziarna węglowe o najmniejszym napięciu powierzchniowym zwilżania i najmniejszej niejednorodności energetycznej oraz niewielka liczba ziaren hydrofilowych o napięciu powierzchniowym zwilżania większym lub równym od napięcia powierzchniowego zerowego kąta zwilżania  $\gamma_{(\theta=0)}$  prawdopodobnie na zasadzie wynoszenia mechanicznego. Przeprowadzone badania wykazały również, że większa liczba ziaren hydrofilowych przechodzi do produktów koncentratowych w przypadku węgla energetycznego (6,5; 16,5; 20%) niż w przypadku węgla koksowego (3; 5; 19%). Wykazano, że analiza rozkładu ziaren hydrofilowych i napięcia powierzchniowego zwilżania węgla w produktach flotacji uzyskanych w przemysłowym wzbogacalniku flotacyjnym IZ może być wykorzystana do oceny technologii flotacji i sprawności technologicznej tej maszyny.

### Summary

The attendance of hydrophilic particles in products obtained from sampling trough pneumo – mechanical flotation machine washing power coal and coking coal has been investigated. The film flotation method and empiric relationship between contact angle and surface tension of wetting of coal has been used in order to appoint a percentage content of hydrophilic particles. It has been found that particles of coal flotating in the first order have the lowest surface tension of wetting and the lowest energetic nonhomogeneity and slight number of hydrophilic particles possess surface tension of wetting equal or higher than the surface tension of the zero contact angle  $\gamma_{(\theta=0)}$ , probably on a mechanical curvy (uplift) basis. What is more, the investigation shows that higher number of hydrophilic particles pass into the concentrate products in case of power coal (6,5; 16,5; 20%) than in case of coking coal (3; 5; 19%). To sum up, the analysis of the distribution of hydrophilic particles and surface tension of wetting in flotation products obtained in industrial IZ type flotation machine can be used for evaluation of the technology of flotation and the work performance of this machine.

## 1. Wstęp

Flotacja jest najczęściej stosowaną metodą wzbogacania bardzo drobnych ziaren węglowych. Jedną z głównych właściwości, która decyduje o możliwości stosowania tej metody do wzbogacania mułów węglowych jest hydrofobowość powierzchni ziaren węglowych, a równocześnie hydrofilowość ziaren mineralnych. Miarą hydrofobowości powierzchni jest między innymi graniczny kąt zwilżania i napięcie powierzchniowe zwilżania ciał stałych. Wartość napięcia powierzchniowego zwilżania ciał stałych (węgla) można wyznaczyć opracowaną w latach osiemdziesiątych XX wieku przez Fuerstenaua i współpracowników [1, 2] metodą frakcjonowanej flotacji powierzchniowej (FFP). J. Sablik określił empiryczną zależność między granicznym kątem zwilżania powierzchni a napięciem powierzchniowym zwilżania węgla o różnym stopniu zmetamorfizowania [6] i z zależności tej wynika, że hydrofo-

bowość powierzchni zanika całkowicie kiedy wartość napięcia powierzchniowego zwilżania zerowego granicznego kąta zwilżania  $\gamma_{c(\theta=0)}$ , wynosi 57,87 mJ/m<sup>2</sup>. Wielkość tę, można uznać za ważną cechę charakterystyczną powierzchni ziaren węglowych. Ziarna węgla, których krytyczne napięcie powierzchniowe zwilżania jest większe od liczby  $\gamma_{c(\theta=0)} = 57,87$  mJ/m<sup>2</sup> są całkowicie hydrofilowe i nie wykazują aktywności flotacyjnej. Udział ziaren hydrofilowych w danym zbiorze zależy od stopnia uwęglenia węgla, mierzonego zawartością w nim węgla pierwiastkowego ( $C^{daf}$ ) i wraz ze wzrostem tego stopnia maleje [6, 7].

W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki badania udziału ziaren hydrofilowych w zbiorze ziaren flotujących w wybranych przestrzeniach wirnikowych korytowego wzbogacalnika pneumomechanicznego typu IZ produkcji polskiej [5]. Analizowano z tego punktu widzenia również powstające w tym procesie odpady.

## 2. Charakterystyka materiału użytego do badań

Próbki do badań pobrano w zakładach wzbogacających węgle w czasie pracy flotownika. Skróconą charakterystykę wzbogacanych węgli przedstawiono w tabeli 1.

Charakterystyka materiału użytego do badań

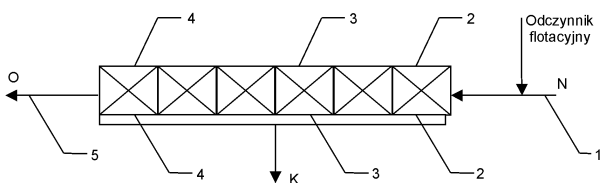
Tabela 1

Rodzaj węgla	Zawartość węgla $C^{daf}$ [%]	Zawartość popiołu w nadawie $A^a_N$ [%]
Węgiel energetyczny (gazowo-płomienny)	80,5	33,87
Węgiel koksowy	86,9	15,88

Do badań wykorzystano muł węgla energetycznego o zawartości popiołu 33,87% i zawartości węgla pierwiastkowego  $C^{daf}$  równej 80,5% oraz koksowego o zawartości popiołu 15,88% i zawartości  $C^{daf}$  równej 86,9%.

## 3. Metodyka badań

Badania wykonano w trzech etapach. Pierwszym etapem badań było opróbowanie pracującej w warunkach przemysłowych maszyny flotacyjnej IŻ-12 (o wydajności około 140 Mg/h) wzbogacającej węgiel energetyczny i koksowy. Schemat maszyny z zaznaczeniem miejsc pobrania próbek przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Schemat opróbowania maszyny flotacyjnej IŻ-12 wzbogacającej węgiel energetyczny i koksowy

1 - miejsce pobrania nadawy, 2 - miejsce pobrania koncentratu I, 3 - miejsce pobrania koncentratu II, 4 - miejsce pobrania koncentratu III, 5 - miejsce pobrania odpadów

W wyniku opróbowania maszyny uzyskano jedną próbkę nadawy, trzy próbki koncentratu flotującego w wytypowanych przestrzeniach wirnikowych wzbogalnika oraz jedną próbkę odpadów. Pobrane próbki odwadniano, suszono w temperaturze otoczenia, a następnie wysiewano z nich klasy ziarnowe 0,2–0,3 mm, z których przygotowywano naważki do badań metodą frakcjonowanej flotacji powierzchniowej (film flotation). Drugim etapem badań było przeprowadzenie frakcjonowanej flotacji powierzchniowej [1, 2] na ziarnach o wymiarach 0,2–0,3 mm wydzielonych z poszczególnych produktów opróbowania.

Sposób przeprowadzania frakcjonowanej flotacji powierzchniowej (FFP, film flotation) opisano w szeregu

pracach [5, 12]. Wartości średniego krytycznego napięcia powierzchniowego zwilżania ziaren węgla oraz odchylenie standardowe od wartości średniej, będące miarą niejednorodności energetycznej powierzchni ziaren, obliczono według równań [1, 2]:

$$\bar{\gamma}_c = \int_{\gamma_c \min}^{\gamma_c \max} \gamma_c f(\gamma_c) d\gamma_c \quad (a)$$

$$\sigma_{\gamma_c} = \sqrt{\int_{\gamma_c \min}^{\gamma_c \max} (\gamma_c - \bar{\gamma})^2 f(\gamma_c) d\gamma_c} \quad (b)$$

gdzie:

- $\gamma_c$  - napięcie powierzchniowe zwilżania,
- $\gamma_{c \min}$  - napięcie powierzchniowe roztworu zwilżającego wszystkie ziarna,
- $\gamma_{c \max}$  - napięcie powierzchniowe roztworu nie zwilżającego żadnych ziaren,
- $\bar{\gamma}_c$  - średnie krytyczne napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren,
- $f(\gamma_c)$  - funkcja gęstości (histogram) napięcia powierzchniowego zwilżania ziaren,
- $\sigma_{\gamma_c}$  - niejednorodność energetyczna w zbiorze ziaren.

Ostatnim etapem badań było wyznaczenie udziału ziaren hydrofilowych, których powierzchnie mają napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren  $\gamma_c$  równe lub większe od napięcia powierzchniowego zerowego kąta zwilżania  $\gamma_{c(\theta=0)} = 57,87 \text{ mJ/m}^2$  [6, 11] w nadawie i poszczególnych produktach wzbogacania. Udziały tych ziaren wyznaczano graficznie poprzez rzutowanie punktu przecięcia się odciętej  $\gamma_{c(\theta=0)} = 57,87 \text{ mJ/m}^2$  z krzywą rozkładu napięcia powierzchniowego zwilżania na oś zawartości frakcji liofobowej [8].

## 4. Wyniki badań i ich omówienie

W tabelach 2 i 3 przedstawiono wyniki obliczeń napięcia powierzchniowego zwilżania (a) i niejednorodności energetycznej powierzchni ziaren (b) oraz zawartości popiołu  $A^a$  oraz udział ziaren hydrofilowych w poszczególnych produktach. Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono krzywe rozkładu napięcia powierzchniowego zwilżania ziaren węgla z wyżej wymienionych produktów wraz z zaznaczonymi udziałami ziaren hydrofilowych w poszczególnych produktach.

W przypadku nadawy węgla energetycznego zawierającej 33,87% popiołu napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren obliczono po ekstrapolacji wykresu krzywej (1, rys. 2). Średnie napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren wynosi 62,40  $\text{mJ/m}^2$ , niejednorodność energetyczna 17,37  $\text{mJ/m}^2$  natomiast udział ziaren hydrofilowych ( $\gamma_{c(\theta=0)} = 57,87 \text{ mJ/m}^2$ ) wynosi około 65%.

**Napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren węglowych węgla energetycznego oraz zawartość popiołu i udział ziaren hydrofilowych w nadawie i produktach uzyskanych w maszynie flotacyjnej IZ**

Tabela 2

Materiał	Węgiel energetyczny					
	Napięcie powierzchniowe zwilżania [mJ/m <sup>2</sup> ]			Niejednorodność energetyczna powierzchni ziaren $\sigma_{\gamma_c}$ [mJ/m <sup>2</sup> ]	Popiół A <sup>a</sup> [%]	Udział ziaren $\gamma_{c(\theta=0)}$ , %
	minim. $\gamma_{c \min}$	śred. $\overline{\gamma_c}$	max. $\gamma_{c \max}$			
Nadawa	25	62,40	86*	17,37	33,87	ok. 65
Koncentrat I	25	42,42	76	9,21	8,55	ok. 6,5
Koncentrat II	25	47,26	81	12,03	16,02	ok. 16,5
Koncentrat III	25	49,50	82*	13,68	18,22	ok. 20
Odpady	25	65,58	88*	17,87	52,28	ok. 70

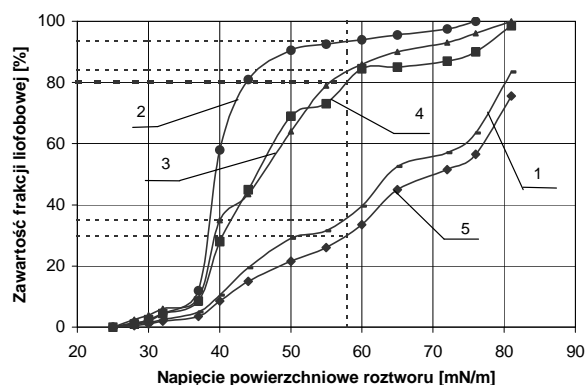
\* Wielkości uzyskano ekstrapolując graficznie krzywe 1, 4 i 5 (rys. 2).

**Napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren węglowych węgla koksowego oraz zawartość popiołu i udział ziaren hydrofilowych w nadawie i produktach uzyskanych w maszynie flotacyjnej IZ**

Tabela 3

Materiał	Węgiel koksowy					
	Napięcie powierzchniowe zwilżania [mJ/m <sup>2</sup> ]			Niejednorodność energetyczna powierzchni ziaren $\sigma_{\gamma_c}$ [mJ/m <sup>2</sup> ]	Popiół A <sup>a</sup> [%]	Udział ziaren $\gamma_{c(\theta=0)}$ , [%]
	min. $\gamma_{c \min}$	śred. $\overline{\gamma_c}$	max. $\gamma_{c \max}$			
Nadawa	25	48,90	82*	13,69	15,88	ok. 18
Koncentrat I	25	40,74	72	8,25	4,92	ok. 3
Koncentrat II	25	40,90	72	8,27	5,63	ok. 5
Koncentrat III	25	47,46	76	10,51	9,81	ok. 19
Odpady	25	67,34	90*	17,25	63,02	ok. 73,5

\* Wielkości uzyskano ekstrapolując graficznie krzywe 1 i 5 (rys. 3).



Rys.2. Krzywe rozkładów napięcia powierzchniowego zwilżania węgla energetycznego w nadawie i produktach uzyskanych w maszynie flotacyjnej IZ

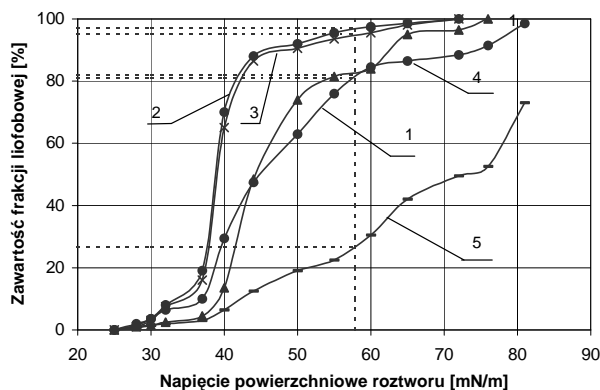
1 – nadawa, 2 – koncentrat I, 3 – koncentrat II, 4 – koncentrat III, 5 – odpady,  $(100 - T_n)$  – wychody ziaren hydrofilowych

W przypadku ziaren koncentratu I gdzie zawartość popiołu wynosi 8,87%, wartość średniego  $\overline{\gamma_c}$  wynosi 42,42 mJ/m<sup>2</sup>. Niejednorodność energetyczna powierzchni ziaren wynosi 9,21 mJ/m<sup>2</sup>, a udział ziaren

hydrofilowych wynosi około 6,5%. W pierwszym przedziale wirnikowym flotaże zatem czysty węgiel, a do koncentratu przedostaje się także niewielka liczba ziaren hydrofilowych, prawdopodobnie na zasadzie wynoszenia mechanicznego. W koncentracie II, w którym zawartość popiołu wynosi 16,02%,  $\overline{\gamma_c}$  wynosi 47,26 mJ/m<sup>2</sup>, zaś  $\sigma_{\gamma_c}$  jest równe 12,03 mJ/m<sup>2</sup>. Udział ziaren hydrofilowych  $\gamma_{c(\theta=0)} \geq 57,87$  mJ/m<sup>2</sup> wynosi już około 16,5%. Dla ziaren koncentratu III zawierających 18,22% popiołu, napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren obliczono po ekstrapolacji wykresu krzywej 4 (rys. 2).

Średnie napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren wynosi odpowiednio 49,50 mJ/m<sup>2</sup>, a niejednorodność energetyczna  $\sigma_{\gamma_c}$  13,68. Udział ziaren o napięciu powierzchniowym zwilżania powyżej 57,87 mJ/m<sup>2</sup> wynosi około 20%. Dla ziaren odpadów zawierających 52,87% popiołu, napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren obliczono po ekstrapolacji wykresu krzywej 5 (rys. 2). Średnie napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren wy-

nosi  $65,58 \text{ mJ/m}^2$ , a niejednorodność energetyczna  $\sigma_{\gamma_c}$   $17,87 \text{ mJ/m}^2$ . Udział ziaren o napięciu powierzchniowym zwilżania powyżej  $57,87 \text{ mJ/m}^2$  wynosi już około 70%.



Rys.3. Krzywe rozkładów napięcia powierzchniowego zwilżania węgla koksowego w nadawie i produktach uzyskanych w maszynie flotacyjnej IZ

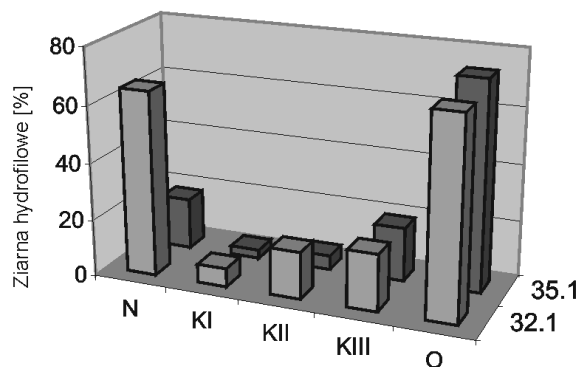
1 – nadawa, 2 – koncentrat I, 3 – koncentrat II, 4 – koncentrat III, 5 – odpady,  $(100 - \Gamma_n)$  – wychody ziaren hydrofilowych

Dla nadawy węgla koksowego zawierającej 15,88% popiołu napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren obliczono po ekstrapolacji wykresu krzywej 1 (rys. 3). Średnie napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren wynosi  $48,90 \text{ mJ/m}^2$ , a niejednorodność energetyczna  $13,69 \text{ mJ/m}^2$ . Udział ziaren hydrofilowych ( $\gamma_{c(\theta=0)} = 57,87 \text{ mJ/m}^2$  lub większe) wynosi około 18%. W przypadku koncentratu I i II (gdzie zawartość popiołu wynosi odpowiednio 4,92% i 5,63%), wartość średniego napięcia powierzchniowego zwilżania  $\gamma_c$  wynosi dla: koncentratu I  $40,74 \text{ mJ/m}^2$ , a dla koncentratu II  $40,90 \text{ mJ/m}^2$ . Niejednorodność energetyczna powierzchni ziaren wynosi odpowiednio  $8,25 \text{ mJ/m}^2$  i  $8,27 \text{ mJ/m}^2$ , a udział ziaren hydrofilowych wynosi dla: koncentratu I około 3%, natomiast dla koncentratu II około 5%. W koncentracie III (zawartość popiołu 9,81%), średnie napięcie powierzchniowe zwilżania powierzchni ziaren  $\gamma_c$  wynosi  $47,46 \text{ mJ/m}^2$  zaś  $\sigma_{\gamma_c}$  jest równe  $10,51 \text{ mJ/m}^2$ . Udział ziaren hydrofilowych  $\gamma_{c(\theta=0)} \geq 57,87 \text{ mJ/m}^2$  wynosi już około 19%. Dla ziaren odpadów zawierających 63,02% popiołu, napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren obliczono po ekstrapolacji wykresu krzywej 5 (rys. 3).

Średnie napięcie powierzchniowe zwilżania powierzchni ziaren wynosi  $67,34 \text{ mJ/m}^2$ , a niejednorodność energetyczna  $\sigma_{\gamma_c}$   $17,25 \text{ mJ/m}^2$ . Udział ziaren o napięciu powierzchniowym zwilżania powyżej  $57,87 \text{ mJ/m}^2$  wynosi około 73,5%.

Wyniki przeprowadzonych badań węgla energetycznego i koksowego wykazały, że w pierwszej kolejności flotują ziarna węglowe o najniższym napięciu powierzchniowym zwilżania oraz niewielka liczba ziaren hydrofilowych (odpadowych) o napięciu powierzchniowym

zwilżania większym lub równym od  $57,87 \text{ mJ/m}^2$  prawdopodobnie na zasadzie wynoszenia mechanicznego ziaren mineralnych, wynoszenia zrostów oraz tworzenia się pokrycia mułowego na ziarnach koncentratu lub zgarniane przez wygarniacze z pulpą flotacyjną. Większa liczba ziaren hydrofilowych przechodzi do produktów koncentratowych w przypadku węgla energetycznego niż w przypadku węgla koksowego (rys. 4) co można tłumaczyć wpływem stopnia zmetamorfizowania substancji węglowej [5]. Im niższy stopień uwęglenia węgla tym większa możliwość tworzenia się pokrycia mułowego na ziarnach koncentratu, a co za tym idzie większy udział ziaren hydrofilowych w koncentracie.



Rys.4. Udział ziaren hydrofilowych w nadawie i poszczególnych produktach uzyskanych w maszynie flotacyjnej IZ

Wyniki badań dowodzą, że spadek aktywności flotacyjnej ziaren flotujących w dalszych przedziałach roboczych maszyny flotacyjnej IZ-12 spowodowany jest wzrastającą liczbą ziaren o większym napięciu powierzchniowym zwilżania i większą niejednorodnością tych ziaren oraz wzrostem udziału ziaren hydrofilowych. Przyrost liczby ziaren o większym napięciu powierzchniowym zwilżania następuje szybciej dla węgla typu 32.1. W koncentraty uzyskiwanych w tych przedziałach wzrasta również udział ziaren o powierzchniach hydrofilowych które przechodzą do nich na zasadzie wynoszenia mechanicznego i/ lub są zgarniane z pulpą flotacyjną.

Analiza odpadów uzyskanych z opróbowania flotowników IZ-12, metodą frakcjonowanej flotacji powierzchniowej wykazała, że do odpadów przechodzą ziarna o powierzchniach hydrofobowych o niskich zawartościach popiołu. Teoretycznie ziarna te powinny wykazywać dużą aktywność flotacyjną i przejść do koncentratów w początkowej fazie flotacji. Przyczynami przechodzenia tych ziaren do odpadów mogą być: rozmiary tych ziaren oraz tworzenie się pokrycia mułowego z ziaren odpadowych na ziarnach użytecznych co może wpływać na depresowanie ziaren użytecznych i przechodzenie ich do odpadów. W wyniku przechodzenia do odpadów ziaren hydrofobowych (około 30% węgiel energetyczny i 26,5% węgiel koksowy) za-

wartość popiołu w tym produkcie nie jest wysoka (52,87%; 63,02%).

Wyniki uzyskanych badań udziału ziaren hydrofilowych w produktach wzbogacania przemysłowej maszyny flotacyjnej typu IZ potwierdziły, że podobnie jak w przypadku badania aktywności flotacyjnej metodą Della w wzbogacalniku laboratoryjnym [3] metoda FFP może być stosowana do oceny sprawności technologicznej flotownika przemysłowego.

## 5. Wnioski

1. Badania metodą frakcjonowanej flotacji powierzchniowej wykazały, że udział ziaren hydrofilowych w kolejnych produktach uzyskiwanych z maszyny flotacyjnej IZ wzrasta.
2. Ziarna hydrofilowe (odpadowe) o napięciu powierzchniowym zwilżania większym lub równym od  $57,87 \text{ mJ/m}^2$  przechodzą do produktów koncentratowych prawdopodobnie na zasadzie wynoszenia mechanicznego ziaren mineralnych, wynoszenia zrostów oraz tworzenia się pokrycia mułowego na ziarnach koncentratu lub zgarniane przez wygarniacze z pulpą flotacyjną.
3. Większa liczba ziaren hydrofilowych przechodzi do produktów koncentratowych w przypadku węgla typu 32.1 niż w przypadku węgla typu 35.1. Fakt ten można tłumaczyć wpływem stopnia zmetamorfizowania substancji węglowej. Im niższy stopień uwęglenia węgla tym większa możliwość tworzenia się pokrycia mułowego na ziarnach koncentratu, a co za tym idzie większy udział ziaren hydrofilowych w koncentracie.
4. Do odpadów obok ziaren hydrofilowych przechodzą ziarna o powierzchniach hydrofobowych (ok. 30% węgiel 32.1 i 26,5% węgiel 35.1), co powoduje stosunkowo małą zawartość popiołu w tym produkcie (52,87% i 63,02 %); może to być spowodowane niedostatecznym kontaktem tych ziaren z odczynnikiem zbierającym w procesie technologicznym we wzbogacalniku.
5. Frakcjonowana flotacja powierzchniowa może być wykorzystana do oceny technologii flotacji i sprawności technologicznej korytowej pneumomechanicznej maszyny flotacyjnej.

## Literatura

1. Diao I., Fuerstenau D.W.: Characterisation of the wettability of solid particles by film flotation, Part II: Theoretical analysis. *Colloids and Surfaces*, 60, 145-160, 1991.

2. Fuerstenau D.W., Diao I., Williams M.C.: Characterisation of the wettability of solid particles by film flotation. Part I: Experimental investigation. *Colloids and Surfaces*, 60, 127-144, 1991.
3. Lenartowicz M., Sablik J.: Napięcie powierzchniowe zwilżania ziarn węglowych z frakcji wydzielonych w procesie flotacji metodą Della. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 17, 143-151, 2001.
4. Sablik J.: Flotowalność mułów węglowych jako funkcja krytycznej energii powierzchniowej zwilżania. *Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii*, 31, 235-240, 1997.
5. Sablik J.: Flotacja węgla kamiennych. Wydawnictwo GIG, 1998.
6. Sablik J.: Zależność między granicznym kątem zwilżania a średnim krytycznym napięciem powierzchniowym zwilżania węgla o różnym stopniu zmetamorfizowania. *Inżynieria Mineralna* nr 2(7), 2003.
7. Sablik J.: Wartości zerowe aktywności flotacyjnej i granicznego kąta zwilżania węgla w funkcji ich krytycznego napięcia powierzchniowego zwilżania. *Inżynieria Mineralna* nr 1(12), 2004.
8. Sablik J.: Fizykochemiczne właściwości powierzchniowe węgla najdrobniej uziarnionych. *Przegląd Górniczy* nr 9, 2005.
9. Sablik J., Wierzchowski K.: Evaluation of the influence of flotation reagents on the hydrophobicity of coal using the film flotation method, *Fuel*, 71, 4, 474-475, 1992.
10. Sablik J., Wierzchowski K.: The effect of pre-wetting with flotation reagents on the surface energy of coals, *Coal Preparation*, vol. 15, 25-34, 1994.
11. Sablik J., Wierzchowski K.: Wpływ odczynników technologicznych na wartości granicznych kątów zwilżania węgla w zbiorze ziarn mułowych. *Górnictwo i Geoinżynieria*, Wydanie Specjalne, AGH Kraków, 2004.
12. Wierzchowski K.: Praca doktorska. GIG Katowice, 1993.

*Artykuł został wygłoszony na X Konferencji nt. Środowiska i Przeróbki Surowców Mineralnych w Ostrawie (22-24.06.2006 r.)*

*Artykuł wpłynął do redakcji w sierpniu 2006 r.*

*Recenzent: prof.dr hab.inż. Aleksander Lutyński*

## **Nowa dyrektywa maszynowa zmieniająca dyrektywę 98/37/WE**

### *Streszczenie*

Z dniem przystąpienia Polski do Unii Europejskiej weszły w życie przepisy wykonawcze wdrażające tzw. „dyrektywy nowego podejścia”, zapewniające swobodny przepływ wyrobów na rynku unijnym. Jedną z istotnych dyrektyw z tej grupy jest tzw. dyrektywa maszynowa. W artykule przedstawiono efekty prac grupy roboczej Komisji Europejskiej nad nowelizacją wspomnianej dyrektywy, zakończone w maju br. i skutkujące wydaniem zupełnie nowego dokumentu 2006/42/WE, i zmianami w najbliższej przyszłości w polskich rozporządzeniach.

### *Summary*

At the date of joining to EU in Poland the executory legal regulations implementing of so called “New Approach Directive”, which can facilitate free flow of goods on EU market, came into force. Machinery Directive is one of the important directives. Results of studies of group of specialists from European Commission on amendments to the said Directive, which were finished in May this year and resulted in issuing the completely new document No 2006/42/CE, were presented in the paper together with plans of changing Polish regulations in nearest future.

## **1. Wprowadzenie**

Najbardziej skuteczną metodą w eliminowaniu barier w przepływie towarów jest obecnie harmonizacja obowiązujących w całej Unii Europejskiej wymagań, dotyczących wytwarzania i obrotu wyrobów poprzez wprowadzanie w określonych dziedzinach przepisów jednolitego prawa europejskiego (dyrektyw).

Od dnia wstąpienia Polski do Unii Europejskiej, czyli od 1 maja 2004 r. bardzo wiele wyrobów przemysłowych wolno wprowadzać do obrotu wyłącznie po umieszczeniu na nich oznakowania CE. Dotyczy to m.in. maszyn, wyrobów elektrycznych i elektronicznych, urządzeń ciśnieniowych, gazowych. Umieszczenie na wyrobie oznakowania CE jest możliwe dopiero po spełnieniu przez wyrób tzw. wymagań zasadniczych związanych z bezpieczeństwem użytkowników oraz po poddaniu wyrobu odpowiednim dla niego tzw. procedurom oceny zgodności. Przepisy prawne regulujące te zagadnienia zawarte są przede wszystkim w ustawie o systemie oceny zgodności z dnia 30 sierpnia 2002 r. (tekst jedn. Dz.U. 2004 r. nr 204 poz. 2087 z późn. zm.) oraz wydanych z jej upoważnienia licznych rozporządzeniach, które odnoszą się do poszczególnych rodzajów wyrobów i przenoszą do polskiego prawa odpowiednie dyrektywy Unii Europejskiej [5, 6].

Procedura oceny zgodności ma na celu ocenę zgodności wyrobu z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy. Przewidziane w dyrektywach *Nowego Podejścia* ścieżki oceny zgodności oparte są na systemie przyjętym w decyzji 93/465/EEC i zawierającym osiem modułów (od A do H), z których każdy opisuje pewną, mniej lub bardziej rozbudowaną, procedurę. Decyzja ta i opisane w niej moduły adresowane są do legislatorów Komisji Europejskiej, przygotowujących kolejne dyrek-

tywy *Nowego Podejścia*. Spośród przewidzianych modułów mają oni wybrać te, które są najbardziej odpowiednie dla wyrobów objętych dyrektywą oraz stwarzanych przez te wyroby zagrożeń.

W praktyce każda z istniejących dyrektyw przewiduje procedury oceny zgodności oparte na kilku spośród dostępnych modułów, dając producentowi możliwość wyboru pomiędzy niektórymi z nich.

## **2. Uzasadnienie nowelizacji Dyrektywy maszynowej 98/37/WE**

Jedną z powszechnie stosowanych dyrektyw *Nowego Podejścia* jest tzw. „dyrektywa maszynowa”. Została ona uchwalona w 1998 r. pod tytułem „Dyrektywa 98/37/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 22 czerwca 1998 r. o zbliżeniu praw dotyczących maszyn w państwach członkowskich” i opublikowana w Dzienniku Urzędowym Wspólnot Europejskich.

Jej zasadniczym celem jest:

- a) zapewnienie, aby na rynkach państw członkowskich Unii Europejskiej były umieszczane i dopuszczane do użytkowania wyłącznie maszyny bezpieczne,
- b) zharmonizowanie krajowych przepisów bezpieczeństwa z zakresu projektowania i wytwarzania maszyn, a przez to zlikwidowanie na terenie państw Wspólnoty ograniczeń i utrudnień w swobodnym przepływie maszyn.

Pierwsze wydanie Dyrektywy dotyczącej maszyn o numerze 89/392/EWG uchwalono w czerwcu 1989 r. Do pierwszego wydania wprowadzano kolejno zmiany:

- Dyrektywą Rady 91/368/EWG z dnia 10 czerwca 1991 r., uzupełniającą Dyrektywę o zagrożenia wynikające z mobilności maszyn oraz podnoszenia ładunków;

- Dyrektywą Rady 93/44/EWG z dnia 14 czerwca 1993 r., uzupełniającą Dyrektywę o zagrożenia wynikające z podnoszenia osób i z pracy w kopalniach;
- Dyrektywą Rady 93/68/EWG z dnia 22 lipca 1993 r., zmieniającą wymagania dotyczące znakowania maszyn oznakowaniem CE.

Tekst wyżej wymienionych dokumentów został ujednolicony w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 98/37/WE z dnia 22 czerwca 1998 r. o zbliżeniu w państwach członkowskich prawa dotyczącego maszyn. Dyrektywę tę opublikowano w Dzienniku Urzędowym Wspólnot Europejskich L 207/1 z dnia 23 lipca 1998 r.

W Polsce dyrektywy wprowadzane są poprzez odpowiednie rozporządzenia właściwych ministrów. Najnowsze rozporządzenie w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn i elementów bezpieczeństwa wprowadzające dyrektywę maszynową zostało ogłoszone w Dz.U. 2005 r. Nr 259 poz. 2170 [6].

Już w 2001 roku rozpoczęto wstępne prace nad kolejną nowelizacją, gdyż po upływie pięciu lat funkcjonowania dyrektywy, zarówno postęp techniczny jak i niedoskonałości dokumentu wymusiły konieczność dokonania jego nowelizacji. W trakcie tworzenia projektu nowej dyrektywy uwzględniono zarówno sugestie użytkowników, jak i szereg wymagań wynikających z zaleceń Europejskiego Forum Koordynacyjnego Jednostek Notyfikowanych w dziedzinie maszyn (*European Co-ordination of Notified Bodies "Machinery" – Recommendations for Use*) [1].

W wyniku wielu posiedzeń grupy roboczej „Harmonizacja Techniczna (Maszyny)” przyjęto Dyrektywę Maszynową w wersjach językowych poszczególnych krajów członkowskich UE. Efektem wspomnianych prac jest opracowanie całkowicie nowej Dyrektywy Maszynowej 2006/42/WE, zatwierdzenie jej 17 maja 2006 r. oraz opublikowanie w nr 157 Dziennika Urzędowego Unii Europejskiej (OJEU). Po zatwierdzeniu nowej Dyrektywy Maszynowej licząc od opublikowania dyrektywy w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej (OJEU), kraje członkowskie UE mają 24 miesiące na jej transpozycję i na opublikowanie krajowych przepisów wprowadzających przepisy dyrektywy oraz 42-miesięczny okres na wejście w życie tych przepisów krajowych.

Między wspomnianymi dwoma przedziałami czasowymi trwa osiemnastomiesięczny okres przejściowy, podczas którego obie dyrektywy – nowa i stara – pozostają w mocy. Po jego upływie - w drugiej połowie 2009 roku będzie obowiązywać wyłącznie nowa Dyrektywa Maszynowa. Tak długi okres wdrożenia daje szansę, iż wszyscy zainteresowani będą mogli przygotować się do spełnienia zawartych w niej wymagań [4].

### 3. Zakres zmian w nowej dyrektywie

Podstawą zawartej w artykule analizy był polskojęzyczny tekst dyrektywy udostępniony na stronie

<http://europa.eu>, zawierającej tłumaczenia Dzienników Urzędowych Unii Europejskiej. Porównując teksty obu dokumentów można stwierdzić, że nowa dyrektywa cechuje się zdecydowanie bardziej klarownymi i precyzyjnymi zapisami. Zmienił się nieco układ dokumentu, pojawiły się także nowe wymagania [2].

Z zakresu stosowania dyrektywy wyłączono 12 grup wyrobów (np. urządzenia użytkowane na terenie wesołych miasteczek, broń, określone środki transportu oraz określone inne urządzenia, w stopniu w jakim są one objęte innymi dyrektywami, np. dyrektywą Rady 73/23/EWG – np. urządzenia AGD i RTV), natomiast do zakresu dyrektywy włączono dźwigi budowlane przeznaczone do podnoszenia osób lub osób i towarów.

W nowej dyrektywie zmieniono większość załączników, zachowując zasadę jednoznacznej identyfikacji ich zawartości.

Obecnie dyrektywa zawiera 12 załączników w miejsce istniejących 10, tabela 1 porównuje ich zawartość.

W samej dyrektywie w artykule 2 dotyczącym Definicji, Komisja wprowadziła dokładniejsze określenie pojęcia „maszyny”; umieszczono także m.in. definicje: „osprzętu do podnoszenia”, „elementu bezpieczeństwa”, a co najważniejsze definicję tzw. „maszyny niekompletnej” (nieukończony) czyli maszyny, która nie może samodzielnie służyć do konkretnego zastosowania lecz jest przewidziana do wbudowania do innej maszyny, dzięki temu usunięto niejasności dotyczące przykładowo układów napędowych [3]. W artykule tym jednoznacznie określono również pojęcia „wprowadzenia do obrotu” oraz „wprowadzenia do użytku”, podkreślając, że dotyczy to pierwszego udostępniania wyrobu we Wspólnocie. Według zapisów obecnej dyrektywy maszyny używane, są uznawane jako już wcześniej wprowadzone do obrotu i podlegają dyrektywie 89/655/WE dotyczącej bezpieczeństwa użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy.

**W załączniku I** nowej dyrektywy ujęto podstawowe wymagania w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, które zostały zmodyfikowane i odzwierciedlają postęp techniczny, a w szczególności:

- wprowadzono oddzielne punkty dotyczące: ergonomii, stanowiska operatora, siedzisk; stanowiące rozwinięcie wymagań ujętych we wcześniejszej dyrektywie,
- uzupełniono punkt dotyczący urządzeń, elementów sterujących o wymagania dotyczące zatrzymania eksploatacyjnego,
- rozszerzono zapisy odnośnie osłon,
- wprowadzono ustalenia dotyczące materiałów promocyjnych,
- dodano wymagania dotyczące przenośnych maszyn udarowych i montażowych,
- wprowadzono wymagania dla maszyn obsługujących przystanki (stacje).

Dyrektywa 98/37/WE	Dyrektywa 2006/42/WE	Zawartość
Załącznik I <i>Podstawowe wymagania w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia dotyczące konstrukcji i produkcji maszyn oraz urządzeń bezpieczeństwa</i>	Załącznik 1 <i>Zasadnicze wymagania w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa odnoszące się do projektowania i wykonywania maszyn</i>	zawiera zasadnicze wymagania, które obowiązkowo muszą być spełnione
Załącznik II <i>Część A i B</i>	Załącznik II <i>Deklaracje</i>	określa treść deklaracji odnoszących się do maszyn, także nieukończonych, ustalono obowiązek przechowywania deklaracji
Załącznik III <i>Oznaczenie zgodności CE</i>	Załącznik III <i>Oznakowanie CE</i>	zawiera informacje dotyczące tego oznakowania CE
Załącznik IV <i>Rodzaje maszyn i urządzeń bezpieczeństwa wymagające zastosowania procedur, o których mowa w artykule 8</i>	Załącznik IV <i>Kategorie maszyn, do których ma zastosowanie jedna z procedur określonych w art. 12 ust. 4</i>	zawiera listę maszyn, w tym również wyrobów przyjętych w dyrektywie pod pojęciem „maszyna”, w przypadku których występuje obowiązek zastosowania procedury oceny zgodności z udziałem jednostki notyfikowanej (art.12 ust. 4)
Załącznik V <i>Deklaracja zgodności CE</i>	załącznik V <i>Orientacyjny wykaz elementów bezpieczeństwa, o których mowa w art. 2 lit c</i>	wymienia przykłady elementów bezpieczeństwa na potrzeby definicji elementów bezpieczeństwa ujętej w art. 2 lit.c, który może być uaktualniany
-	załącznik VI <i>Instrukcja montażu maszyny nieukończonych</i>	zawiera wymagania dotyczące instrukcji montażu maszyn niekompletnych w maszynę finalną
Załącznik V	załącznik VII <i>Dokumentacja techniczna maszyny</i>	zawiera wymagania dotyczące dokumentacji maszyn (A) oraz maszyn nieukończonych (B)
	załącznik VIII <i>Ocena zgodności połączona z kontrolą wewnętrzną w fazie wytwarzania maszyny</i>	zawiera wymagania dotyczące „oceny zgodności z zastosowaniem wewnętrzzaładowej kontroli produkcji”
Załącznik VI <i>Badania typu WE</i>	załącznik IX <i>Badanie typu WE</i>	zawiera wymagania dotyczące badania typu WE
	załącznik X <i>Pełne zapewnienie jakości</i>	zawiera wymagania dotyczące procedury oceny zgodności maszyn z zastosowaniem systemu pełnego zapewnienia jakości (w ramach dyrektywy maszynowej – nowa alternatywa procedury oceny zgodności maszyn)
Załącznik VII <i>Minimalne kryteria brane pod uwagę przez Państwa Członkowskie przy notyfikowaniu jednostek</i>	załącznik XI <i>Minimalne kryteria jakie powinny zostać wzięte pod uwagę przez Państwa Członkowskie przy notyfikowaniu jednostek</i>	zawiera odpowiednie kryteria dotyczące struktury jednostki, personelu i oceny
Załącznik VIII		
Załącznik IX	załącznik XII <i>Tabela korelacji</i>	Tabela korelacji

Warto podkreślić, że w zakresie wymagań dla maszyn przeznaczonych do pracy pod ziemią wymagania nie uległy zmianie.

W załączniku I rozszerzono także wymagania dotyczące zagrożeń i ryzyka. O ile w starej dyrektywie zobowiązywano producenta do oceny zagrożeń odnoszących się do danej maszyny w celu ich eliminacji, w nowej dyrektywie rozszerzono zapisy wprowadzając pojęcie szacowania ryzyka. Te nieznaczące wydawałoby się różnice stwarzać będą w pierwszym okresie czasu niewątpliwie kłopot producentom, gdyż w dyrektywie ryzyko jest rozumiane jako kombinacja prawdopodobieństwa i stopnia obrażeń lub uszczerbku na zdrowiu, które może zaistnieć w sytuacjach niebezpiecznych. Tak więc wymagane będzie od producenta określenie nie tylko ograniczeń ze strony maszyny oraz zagrożeń, ale także szacowanie i ocena ryzyka w celu ich eliminacji lub zmniejszenia zagrożenia.

**W załączniku II**, dotyczącym deklaracji wprowadzono wymaganie związane z maszynami nieukończonymi (niekompletnymi) i zapis obligujący producenta do wystawiania deklaracji dotyczącej maszyny przeznaczonej do wbudowania, jak również wymóg przechowywania dokumentów tych maszyn (deklaracji).

**W załączniku III**, dotyczącym oznakowania CE zawarto informacje nt. oznakowania, w tym również oznakowania CE, z zastosowaniem numeru identyfikacyjnego jednostki notyfikowanej w przypadku zastosowania procedury pełnego zapewnienia jakości określonej w art. 12 ust. 3 lit. a) oraz art. 12 ust. 4 lit. c).

**Z załącznika IV**, z wykazu maszyn uznawanych za szczególnie niebezpieczne usunięto część maszyn; w tym silniki spalinowe przeznaczone do prac pod ziemią, natomiast wykaz urządzeń bezpieczeństwa ujęto w nowym załączniku V.



**W załączniku VI Instrukcje montażu maszyn niekompletnych** ujęto wymagania dla instrukcji montażu maszyn niekompletnych (nieukończonych) dotyczące prawidłowego włączenia w maszynę finalną.

**W załączniku VII Dokumentacja techniczna** zawarto dodatkowo wymagania dotyczące dokumentacji w przypadku maszyn niekompletnych (nieukończonych).

**W załączniku IX Badanie typu WE** zastosowano inne określenie słowne badanego obiektu - w starej dyrektywie użyto sformułowania „próbny egzemplarz maszyny”, w nowej użyto zwrotu „reprezentatywny wzorzec maszyny”, co może stanowić w przyszłości źródło nadinterpretacji.

W nowej dyrektywie wprowadzono także jednoznaczny zapis umożliwiający zlecenie przez jednostkę notyfikowaną badań i pomiarów innym organizacjom.

**Załącznik X Pełne zapewnienie jakości** poświęcono w całości ocenie zgodności maszyn ujętych w załączniku IV (a więc także lokomotyw, wózków hamulcowych i hydraulicznych obudów zmechanizowanych)

#### 4. Zmiany procedur oceny zgodności

W nowej dyrektywie maszynowej wprowadzono kilka istotnych zmian w zakresie oceny zgodności. Jako jeden z możliwych sposobów oceny zgodności wprowadzono ogólne zapewnienie jakości. Ponadto, udział w procesie oceny zgodności jednostki notyfikowanej w obszarze maszyn (załącznik IV) nie jest już obligatoryjny. Możliwa jest tzw. „certyfikacja we własnym zakresie” („self-certification”), pod warunkiem jednak, że maszyny są wytwarzane zgodnie z normami zharmonizowanymi.

Zrezygnowano z dwóch procedur polegających na przekazywaniu jednostce notyfikowanej dokumentacji do przechowywania lub zbadania zgodności dokumentacji oraz na wprowadzeniu procedury pełnego zapewnienia jakości. Zmiany te spowodują, że jednostki notyfikowane zmuszone zostaną do nowego zakresu działania i nowego zakresu notyfikacji.

Część producentów maszyn, w ocenie zgodności których był obowiązkowy udział jednostki notyfikowanej, stosujących w swoich zakładach certyfikowane systemy zapewnienia jakości, którzy poddawali wcześniej swoje wyroby certyfikacji na znak B stosunkowo łatwo przystosują się do nowej procedury pełnego zapewnienia jakości. Chętnie z niej skorzystają, widząc możliwość znacznej samodzielności i zmniejszenia kosztów oceny oraz zapewnienia zgodności wyrobów. Szczególnie korzystne dla tych producentów będzie w tym przypadku możliwość umieszczenia przy znaku CE numeru jednostki notyfikowanej, biorącej udział w ocenie systemu [3].

Część producentów, którzy obecnie stosują procedurę badania typu WE będą mogli nadal ją stosować lub wybrać procedurę pełnego zapewnienia jakości.

#### 5. Podsumowanie

Celem przeprowadzonej analizy było przekazanie czytelnikom możliwie jak najszybszej informacji na temat zmian w prawodawstwie europejskim i zachęcenie do wnikliwej analizy wymagań zarówno producentów jak i jednostki certyfikujące. Zakłada się, że nowa dyrektywa zacznie obowiązywać od drugiej połowy 2009 r. Jednak już teraz można stwierdzić, że nowelizacja dyrektywy maszynowej wpłynie na:

- poprawę czytelności i spójności legislacji,
- jednoznaczność relacji wymagań podawanych w normach zharmonizowanych z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy,
- usunięcie niejasności związanych z oznaczaniem wyrobów znakiem CE,
- rozszerzenie i bardziej precyzyjne określenie zakresu dyrektywy,
- usunięcie niejasności zakresu dyrektywy co do silników oraz maszyn niekompletnych (nieukończonych),
- zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia użytkowników maszyn,
- usunięcie wątpliwości interpretacyjnych dotyczących niektórych wymagań i elementów bezpieczeństwa,
- jednoznaczne określenie zakresu stosowania dyrektywy w odniesieniu do wyposażenia elektrotechnicznego.

Warto podkreślić, że dyrektywa maszynowa podobnie jak pozostałe Dyrektywy Nowego Podejścia określa zasadnicze wymagania dotyczące ochrony zdrowia i bezpieczeństwa, które powinny zostać spełnione, przez wyrób, tak aby można było go uznać za bezpieczny. Ponieważ postanowienia zawarte w dyrektywach stają się prawem w państwach członkowskich po wdrożeniu ich do prawa krajowego każdy producent oraz użytkownik jest zobowiązany do jego przestrzegania.

#### Literatura

1. [http://ec.europa.eu/enterprise/mechan\\_equipment/machinery/index.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/mechan_equipment/machinery/index.htm)
2. Dyrektywa 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/pl/oj/2006/l\\_157](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/pl/oj/2006/l_157)
3. Zawadzki J.: Nowelizacja dyrektywy maszynowej, 98/37/WE. Bezpieczeństwo Pracy 5/2005.
4. Schulze M.: Nowa Dyrektywa Maszynowa wkrótce zostanie przyjęta. KANBrief 2/05.
5. Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności, Dz.U. 2002 r. Nr 166 poz. 1360 (Tekst jednolity Dz.U. 2004 nr 204 poz. 2089).
6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 20 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn i elementów bezpieczeństwa, Dz.U. 2005 Nr 259 poz. 2170.

Artykuł wpłynął do redakcji w sierpniu 2006 r.

## Specyfika programu badawczego funduszu badawczego węgla i stali

### Streszczenie

Tendencje wzrostowe na rynku węgla, dotyczące zarówno popytu jak i produkcji, okazały się trwalsze niż to początkowo oceniano. Szacuje się, że obecny poziom wzrostu utrzyma się co najmniej do 2030 roku. Co w tej sytuacji powinny robić kraje, których gospodarka oparta była na przemyśle wydobywczym? Czy istotnie właściwe jest odwracanie się od górnictwa, likwidacja kopalń i uzależnianie od zewnętrznych źródeł energii? Czy jednak nie należałoby modernizować górnictwa, korzystając z dofinansowania oferowanego przez Wspólnotę Europejską za pośrednictwem specjalistycznego Funduszu Badawczego stworzonego specjalnie dla przemysłu węgla i stali?

### Summary

Increasing trend on coal market, as regards both demand and production, became more firm than it was previously assessed. It was estimated that current growth will maintain till at least 2030. What countries, whose economy is based on mining industry, should do in such a situation? Is it reasonable to reduce mining production and to close mines to become dependant on external energy sources? Or it should be better to modernize the mining industry and take advantage of financial support offered by European Union through Research Fund for Coal and Steel which has been established to support coal and steel industries?

## 1. Przemysł węglowy

W maju 2006 roku World Coal Institute opublikował raport „Coal: Meeting Global Challenges”, w którym analizuje światową gospodarkę węglem i jej perspektywy do 2030 roku.

Światowe zużycie węgla to ponad 4050 miliona ton w 2005 roku. Zużywany jest on przez różne gałęzie gospodarki: do produkcji energii, żelaza i stali, w przemyśle chemicznym i jako paliwo ciekłe. W ciągu ostatnich 20 lat wydobycie węgla na świecie wzrosło o 38%. Najszybszy wzrost zanotowano w Azji.

Węgiel odgrywa znaczącą rolę w produkcji energii i ta pozycja będzie się utrzymywać. Obecnie z węgla pochodzi 39% światowej energii elektrycznej i proporcja ta powinna się utrzymać przez najbliższe 30 lat. Wynik ten jest średnią ogólnoświatową, gdyż istnieje wiele krajów, w których prawie cała energia elektryczna pochodzi z węgla [1].

### Rola węgla w produkcji energii elektrycznej [4]

Tabela 1

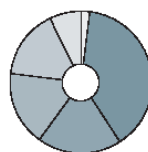
Lp.	Kraj	Udział węgla
1	Polska	95%
2	RPA	93%
3	Chiny	79%
4	Izrael	77%
5	Kazachstan	70%
6	Indie	68%
7	Maroko	68%

WCI przewiduje, że sektor energetyczny, obecnie zużywający 69% światowej produkcji węgla w 2030 r.

będzie konsumować 78% tej produkcji. Prognoza ta opiera się m.in. na fakcie, że w chwili obecnej ponad 1,6 miliarda ludzi (25% światowej populacji) nie ma dostępu do energii elektrycznej. Dla wielu z nich, węgiel będzie jedyną drogą do uzyskania takiego dostępu i podniesienia jakości życia (w ostatnich dwóch dekadach 1 miliard ludzi uzyskał dostęp do energii elektrycznej).

Najistotniejszym parametrem jest tu koszt wytworzenia energii elektrycznej w porównaniu z innymi źródłami:

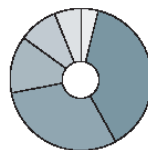
Total World Electricity Generation (% by Fuel, 2002)



Coal	39%
Gas	19%
Nuclear	17%
Hydro	16%
Oil	7%
Other*	2%

\* Other includes solar, wind, combustible renewables, geothermal and waste  
Source: IEA 2004

Total World Electricity Generation (% by Fuel, projected for 2030)



Coal	38%
Gas	30%
Hydro	13%
Nuclear	9%
Other*	6%
Oil	4%

\* Other includes solar, wind, combustible renewables, geothermal and waste  
Source: IEA 2004

Rys.1. Źródła energii elektrycznej w 2002 roku i prognoza na 2030 rok [2]

### Koszt wytworzenia energii z różnych nośników [4]

Tabela 2

Nośnik	Koszt USD/ tonę ekwiwalentu ropy naftowej	
	2003	2004
Ropa naftowa	210	440
Gaz ziemny	180	190
Węgiel kamienny	50	90

Znaczenie węgla w produkcji energii elektrycznej ma także inne aspekty:

- światowe rezerwy węgla są wielkie i będą osiągalne w przewidywalnej przyszłości bez stwarzania problemów natury geopolitycznej,
- jest to najbardziej zdyswersyfikowane kopalne źródło energii,
- węgiel jest łatwo dostępny z różnych źródeł, na dobrze zorganizowanym rynku światowym,
- węgiel może być łatwo gromadzony, przechowywany i zużywany w nagłym wypadku,
- elektrownie oparte na węglu są niezależne od pogody i mogą być rezerwą w stosunku do elektrowni wodnych i wiatrowych,
- węgiel nie potrzebuje wysokociśnieniowych linii przesyłowych ani specjalnych dróg transmisji,
- ze względu na zróżnicowane sposoby transportu dostawy węgla nie wymagają specjalnej ochrony, nie występuje zagrożenie odcięcia dostaw w wyniku ataku na linie transportowe.

### Produkcja stali surowej [3]

Tabela 3

2005	1129 Mt	2001	850 Mt
2004	1067 Mt	2000	848 Mt
2003	969 Mt	1997	799 Mt
2002	904 Mt	1995	752 Mt

Według prognozy IISI światowa konsumpcja stali już w 2008 roku wyniesie 1048 miliona ton.

W branży hutniczej zależność od węgla jest jeszcze bardziej znacząca: ponad 66% światowej produkcji stali zależy od węgla.

### Konsumpcja stali w milionach ton [5]

Tabela 4

Region	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Unia Europejska (25)	152.9	160.0	156.5	156.7	154.4	162.1	164.1	167.0	167.3	166.5
Unia Europejska – „stara 15-tka”	128.6	132.6	129.5	127.4	137.4	144.1	145.4	146.9	146.9	146.2
Reszta Europy	18.2	22.1	20.6	20.7	24.1	26.0	27.0	28.0	29.7	30.5
Dawne ZSRR	31.0	38.8	41.2	38.3	43.4	47.0	50.0	52.0	53.5	55.0
NAFTA	142.4	149.2	132.1	135.1	132.9	152.5	153.5	157.5	157.5	155.5
Ameryka Południowa	24.8	28.1	28.4	27.4	28.1	31.5	32.5	34.5	35.5	36.5
Afryka	15.4	15.0	16.3	17.4	17.1	17.5	18.0	18.5	19.0	19.0
Środkowy Wschód	16.6	18.4	19.1	20.9	21.6	23.5	25.0	26.5	27.5	28.5
Chiny	122.6	124.6	153.4	185.6	230.8	257.4	291.4	302.0	310.0	322.0
Japonia	68.9	76.1	73.2	71.7	73.8	75.5	76.5	76.8	77.0	76.8
Reszta Azji	109.0	119.5	118.9	129.5	133.3	141.0	143.5	145.7	147.0	149.2
Oceania	6.7	6.4	6.3	7.1	7.5	7.5	8.0	8.0	8.5	8.5
<b>RAZEM ŚWIAT</b>	<b>708.5</b>	<b>758.2</b>	<b>766.0</b>	<b>810.4</b>	<b>867.0</b>	<b>941.5</b>	<b>989.5</b>	<b>1016.5</b>	<b>1032.5</b>	<b>1048.0</b>

Wraz z rozwojem gospodarki światowej rośnie produkcja stali – co pociąga za sobą wzrost zapotrzebowania na węgiel.

## 2. Co z tego wynika dla przemysłu górniczego?

- Górnictwo węglowe jest przemysłem światowym: węgiel wydobywany jest w ponad 50. krajach, a zużywany w ponad 70.
- Bezpośrednio w przemyśle tym pracuje 7 milionów ludzi. Jest i długo pozostanie jedną z najważniejszych gałęzi przemysłu światowego.
- W ciągu ostatnich 10 lat światowe wydobycie węgla wzrosło o ponad 30%.
- Eksport węgla na świecie zwiększył się niemal o 80%.
- Import węgla wzrósł o 72%.
- Światowe zużycie węgla wzrosło o 30%.

Zachodzi zatem pytanie, czy górnictwo polskie wykazujące dokładnie odwrotne trendy podąża na pewno we właściwym kierunku?

Czy restrukturyzacja polskiego górnictwa węglowego, realizowana przy akompaniamencie zakłęb typu „Polityka Unii Europejskiej wymaga...” Przeprowadzana jest zgodnie ze światowymi prognozami gospodarczymi?

Jakie kierunki rozwoju są wyznaczane gospodarce Europejskiej można prześledzić na przykładzie tematyki Programów Badawczych Unii Europejskiej. Programy te mają wyznaczać kierunki rozwoju i obszary w jakich UE chciałaby konkurować z gospodarką USA i Japonii. Cóż tam znajdziemy? Genomikę i biotechnologię, technologie informatyczne i komunikacyjne, nanotechnologię i aeronautykę, jakość żywności i ekosystemy, transport powierzchniowy i politykę publiczną. A energetyka? Owszem – odnawialne źródła energii

i alternatywne paliwa silnikowe. W obliczu światowej konsumpcji węgla na poziomie 4050 miliona ton całkowity brak zainteresowania rozwojem tej dziedziny mógłby zastanawiać. Patrząc na tendencje światowe nie wydaje się słuszne odwracanie od górnictwa. Właściwie raczej byłoby unowocześnianie tego przemysłu, rozwój metod wydobycia dla zwiększenia jego efektywności, zwiększanie koncentracji wydobycia i zmniejszenie jego oddziaływania na środowisko. Oczywiście, na badania naukowe idące w tym kierunku potrzebne są pieniądze, których nowe państwa członkowskie nigdy nie miały za wiele. Czy więc badania naukowe dla górnictwa istotnie nie mają szans na zdobycie wsparcia finansowego ze strony Wspólnoty?

Na szczęście tak nie jest. Po wygaśnięciu Europejskiej Wspólnoty Węgla i Stali, decyzją podjętą w ramach Traktatu Nicejskiego, utworzono Fundusz Badawczy Węgla i Stali. A decyzja 2003/78/EC określa zasady powstania i funkcjonowania Programu Badawczego tego Funduszu, który to program ma na celu wspomaganie konkurencyjności europejskich sektorów związanych z przemysłem węgla i stali. Jest on komplementarny w stosunku do innych działań i programów (takich jak Program Ramowy). I ten właśnie Program Badawczy jest szansą na rozwój polskiego górnictwa.

### **3. Program Badawczy Funduszu Badawczego Węgla i Stali (RFCS)**

Decyzja Rady 2003/78/WE ustanawiająca wieloletnie wytyczne techniczne dotyczące Programu Badawczego określa szczegółowo czego Program dotyczy, jakie działania będą wspierane, jakie priorytety są wyznaczone i jakie zasady realizacji poszczególnych projektów muszą być zachowane. Sprecyzowane w tej decyzji zostało pojęcie „węgiel” w rozumieniu Funduszu Badawczego. Określenie to dotyczy: węgla kamiennego, brykietów węgla kamiennego, koksu i półkoksu z węgla kamiennego, węgla brunatnego, brykietów z węgla brunatnego oraz koksu i półkoksu z węgla brunatnego. Najistotniejszą częścią tej decyzji są priorytety naukowo-techniczne i społeczno-gospodarcze, których realizacją zainteresowana jest Wspólnota:

#### **I. 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:

- nowoczesne techniki badania złóż,
- zintegrowane planowanie kopalń,
- wysokie 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.

Projekty badawcze realizujące te cele muszą przedstawiać możliwość osiągnięcia wyników mających zastosowanie w perspektywie krótko- lub średnioterminowej do istotnej części produkcji wspólnotowej.

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.

#### **II. Bezpieczeństwo i higiena pracy w kopalniach**

Wymienionym powyżej wymaganym udoskonaleniom muszą towarzyszyć właściwe wysiłki w dziedzinie bezpieczeństwa górniczego, jak również w odniesieniu do kontroli gazów, wentylacji i klimatyzacji. Ponadto warunki pracy pod ziemią stwarzają potrzebę szczególnych ulepszeń w odniesieniu do zawodowego bezpieczeństwa i higieny pracy.

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

Projekty badawcze realizujące ten cel dążą do minimalizowania wpływu działalności górniczej i wykorzystania węgla we Wspólnocie na atmosferę, wodę i powierzchnię w ramach zintegrowanej strategii zarządzania w odniesieniu do zanieczyszczenia środowiska. Ponieważ wspólnotowy przemysł węglowy podlega ciągłej restrukturyzacji, badania mają również na celu minimalizowanie wpływu na środowisko kopalń podziemnych przeznaczonych do zamknięcia.

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 węgla kamiennego i brunatnego,
- f) ochrona instalacji powierzchniowych przed skutkami osiadania gleby w perspektywie krótko- i długoterminowej,
- g) ograniczenie emisji pochodzących z utylizacji węgla.

#### IV. 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 integrujące komplementarne techniki, takie jak adsorpcja metanu lub diltenu węgla, wydobywanie metanu z pokładu węgla i podziemne zgazowanie węgla itd. [6].

#### 4. Najważniejsze zasady uczestnictwa w Programie Badawczym Funduszu Badawczego Węgla i Stali

W programie mogą uczestniczyć przedsiębiorstwa, instytuty badawcze lub osoby fizyczne mające siedzibę na terenie dowolnego państwa, ale tylko takie, których siedziba znajduje się na terenie Państwa Członkowskiego mogą otrzymać wsparcie finansowe.

##### Typy działań podejmowanych w ramach Programu

Do Programu zgłaszać można projekty badawcze, pilotażowe i pokazowe, środki towarzyszące i działania wspierające.

Projekt badawczy musi obejmować pracę badawczą lub doświadczalną mającą na celu zdobycie dodatkowej wiedzy dla osiągnięcia szczególnych celów praktycznych, takich jak tworzenie lub rozwój produktów, procesów produkcyjnych lub usług.

Projekt pilotażowy, związany jest z budową, eksploatacją i rozwojem instalacji lub znacznej jej części w celu badania możliwości zastosowania teoretycznych lub laboratoryjnych wyników w praktyce.

Projekt pokazowy charakteryzuje się budową i/lub eksploatacją instalacji na skalę przemysłową w celu zgromadzenia wszystkich danych technicznych i gospodarczych aby kontynuować przemysłowe i/lub handlowe wykorzystanie technologii przy minimalnym ryzyku.

Projekty dotyczące tzw. „środków towarzyszących” odnoszą się do wspierania i korzystania ze zdobytej wiedzy, grupowania projektów, upowszechniania wyników i wsparcia dotyczącego szkoleń i przemieszczania się naukowców w związku z projektami finansowanymi w ramach Programu.

##### Wykonanie programu

Inaczej niż to jest w Programach Ramowych przystąpienie do Programu Badawczego nie jest uzależnione od okresowo ogłaszanych zaproszeń do składania wniosków. Program ten realizuje otwarte i ciągłe zaproszenie do składania wniosków, a dzień 15 września każdego roku jest datą końcową składania wniosków na dany rok. Wnioski muszą pokrywać się tematycznie z priorytetami podanymi wcześniej. Każdy wniosek musi obejmować szczegółowy opis proponowanego projektu i zawierać pełną informację o celach, partnerach, strukturze zarządzania, przewidywanych wynikach i spodziewanych zastosowaniach oraz ocenę przewidywanych korzyści.

Proponowany koszt całkowity i jego podział muszą być realistyczne i efektywne, a od projektu oczekuje się korzystnego stosunku kosztów do korzyści.

Komisja zapewnia poufną, rzetelną i uczciwą ocenę wniosków. Po otrzymaniu i zarejestrowaniu wniosków, oraz sprawdzeniu ich dopuszczalności, Komisja ocenia je z pomocą odpowiedniej Grupy Doradczej i, w razie potrzeby, niezależnych ekspertów. Komisja sporządza wykaz przyjętych wniosków uszeregowanych pod względem znaczenia, a następnie decyduje o wyborze projektów i kryteriach rozdziału środków finansowych.

Projekty oparte na wybranych wnioskach stają się przedmiotem umowy, która określa przydzielone wsparcie finansowe oraz reguły dotyczące sprawozdawczości w zakresie kosztów, zamknięcia rozliczeń oraz audytu.

Zaznaczyć trzeba, że według zasad RFCS, Komisja nie finansuje działań, tylko je wspiera. Dlatego całkowita maksymalna wielkość wsparcia finansowego wynosi:

- w odniesieniu do projektów badawczych **do 60%** całkowitych kosztów dopuszczalnych,
- w odniesieniu do projektów pilotażowych i pokazowych **do 40%** całkowitych kosztów dopuszczalnych,
- w odniesieniu do środków towarzyszących, działań wspierających i przygotowawczych **do 100%**.

Bardzo ważne jest by instytucja uczestnicząca zapoznała się z kryteriami tzw. kosztów dopuszczalnych, tzn. kosztów, których poniesienie może być dofinansowane w ramach projektu.

## Wytyczne do projektów

Wszystkie podane wyżej wytyczne są informacjami dość ogólnymi. Dlatego przed przystąpieniem do pisanie wniosku projektowego, należy koniecznie zaopatrzyć się w specjalny informator opracowany i opublikowany przez Komisję, a udostępniony poprzez witrynę internetową Funduszu Badawczego Węgla i Stali: <http://cordis.europa.eu/coal-steel-rtd>. Należy zwracać uwagę na datę publikacji – co roku wprowadzane są drobne modyfikacje w zasadach szczegółowych lub formularzach, a nowy informator, obowiązujący w danym roku publikowany jest najczęściej na przełomie lutego i marca.

Informator ten stanowi swego rodzaju przewodnik prowadzący „krok po kroku” przez niezbędne do wypełnienia formularze i kolejne procedury związane ze składaniem wniosku projektowego, przez procedurę przygotowania kontraktu w razie akceptacji wniosku, oraz określa metody zarządzania i monitoringu realizowanego projektu.

Generalnie można stwierdzić, że z formalnego punktu widzenia, wnioski projektowe do Programu Badawczego Funduszu Badawczego Węgla i Stali są znacznie prostsze i bardziej przejrzyste w porównaniu z wnioskami do Programów Ramowych. Również sprawozdawczość związana z ich realizacją jest mniej zagmatwana i to zarówno ta merytoryczna, jak i finansowa. [7]

Ale nie to stanowi o sukcesie wniosku. Właściwe wypełnienie zaleceń zawartych w informatorze pozwoli jedynie uniknąć odrzucenia wniosku z przyczyn formalnych. Siłą wniosku jest jego temat oraz konsorcjum

– wszyscy partnerzy, którzy zadeklarowali chęć jego realizacji. Dlatego najważniejszymi zadaniami jednostki przygotowującej wniosek projektowy jest poza posiadaniem wartościowego pomysłu, właściwy dobór konsorcjum oraz wewnętrznego zespołu projektowego. Są to decyzje, od których zależy nie tylko sukces wniosku, ale późniejsza rzetelna i terminowa realizacja projektu.

## Literatura

1. "Coal: Meeting Global Challenges" – World Coal Institute, 2006.
2. "The Global Coal Market" – World Coal Institute, 2005.
3. "Coal and Steel Facts" – World Coal Institute, 2006.
4. Probiez K.: Gospodarka Węglem Kamiennym w Polsce w latach 1994-2004. Politechnika Śląska, 2006.
5. „World Steel Consumption Forecast” – International Iron and Steel Institute, 2004
6. "Council Decision of 1<sup>st</sup> February 2003 Laying Down the Multiannual Technical Guidelines for the Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel" – 2003/78/EC.
7. "Information Package, Practical Information" – Directorate-General for Research Fund for Coal and Steel", 2006.

*Artykuł wpłynął do redakcji w sierpniu 2006 r.*