

Modelowanie charakterystyk trakcyjnych napędów na przykładzie wybranej struktury układu napędowego maszyny roboczej

Streszczenie

W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia związane z badaniami stanowiskowymi napędu spalinowego maszyny roboczej oraz wyniki badań modelowych i optymalizacyjnych układu z uwagi na wybrane kryteria. Zaprezentowano również zaprojektowane w ITG KOMAG stanowisko do badań napędów spalinowych.

Summary

The selected problems of testing the diesel drives of machinery equipment as well as the results of model and optimization tests of the system, considering the selected criteria, are presented in the paper. The facility for testing diesel drives, designed in KOMAG, is given as well.

1. Wstęp

Wysokie wymagania w odniesieniu do skuteczności środków transportu stawiają przed konstruktorem liczne wyzwania. Znając wymagania odbiorcy oraz wynikające z ogólnych cech konstrukcyjnych potencjalne możliwości urządzenia musi on zapewnić maksymalną skuteczność zaproponowanego rozwiązania. Do tradycyjnych wymogów, takich jak: siła uciągu, prędkość jazdy, dochodzą dziś kolejne: emisja hałasu i substancji szkodliwych, obecnych w spalinach silników. W przypadku pojazdów stosowanych w podziemnych wyrobiskach kopalń, muszą być uwzględnione zagrożenia związane z występowaniem atmosfery potencjalnie wybuchowej. Obecność tych kryteriów sprawia, że należy również uwzględnić ich wpływ na parametry pracy maszyny. Specyficzne środowisko pracy wymaga zastosowania specjalistycznego osprzętu umożliwiającego bezpieczną pracę silnika spalinowego w przestrzeniach potencjalnie wybuchowych. Zaproponowana metodyka opiera się o badania doświadczalne górniczego napędu spalinowego przeprowadzone w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG. Zgromadzone dane wykorzystano w przeprowadzonych analizach numerycznych. W artykule zaprezentowano stanowisko badawcze do badań górniczych napędów spalinowych, przedstawiono również konstrukcję omawianego pojazdu oraz wybrane wyniki badań modelowych.

2. Dobór napędu maszyny roboczej

Podstawową funkcją układów napędowych pojazdów jest przeniesienie momentu obrotowego generowanego przez silnik do kół napędowych w sposób umożliwiający pokonanie przez pojazd oporów ruchu.

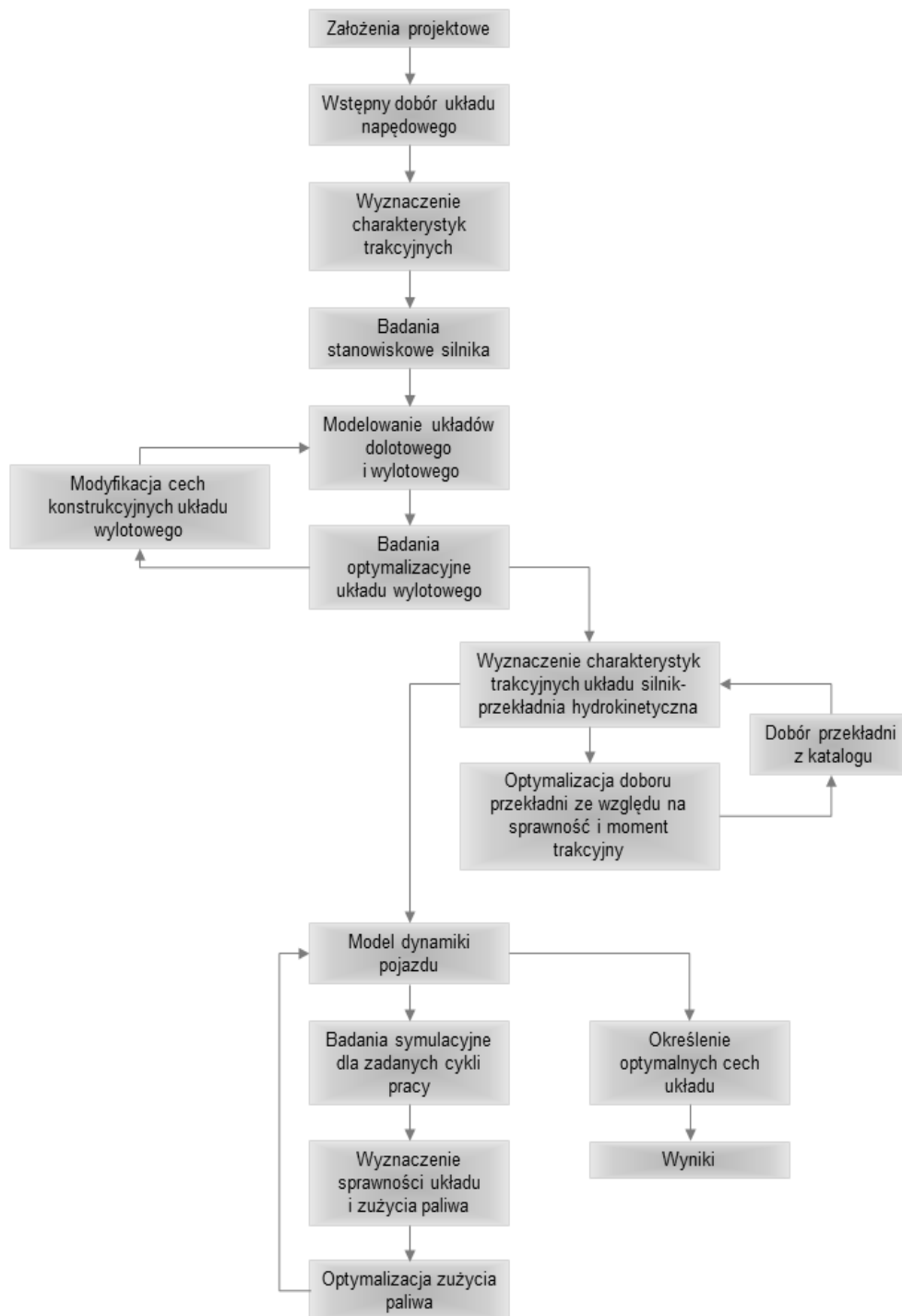
Wykonanie tego zadania jest związane z koniecznością spełnienia m.in. takich wymagań, jak:

- umożliwienie ruszania pojazdu z miejsca na nawierzchniach o zróżnicowanej przyczepności i kącie nachylenia,
- zapewnienie jazdy do tyłu oraz jazdy manewrowej z małymi prędkościami,
- zachowanie zwartej budowy i jak najmniejszych gabarytów,
- zapewnienie łatwego i bezpiecznego sterowania oraz dokonywania czynności obsługowych i naprawczych,
- osiąganie jak najwyższego wskaźnika sprawności mechanicznej oraz trwałości i niezawodności,
- spełnianie aktualnie obowiązujących norm w zakresie ochrony środowiska,
- zapewnienie bezpiecznej eksploatacji maszyny w jej środowisku pracy.

Układy napędowe można podzielić na cztery podstawowe grupy:

- układy mechaniczne,
- układy hydromechaniczne,
- układy hydrostatyczne,
- układy elektryczne.

Wymienione powyżej wymogi oraz indywidualne potrzeby użytkownika sprawiają, że dobór odpowiedniego rozwiązania staje się sprawą kluczową i decyduje o przyszłych efektach zastosowania maszyny. W związku z tym proces projektowania napędu powinien być wspomagany od samego początku jak największą ilością danych analitycznych, symulacyjnych czy doświadczalnych. W tym celu zaproponowano metodykę postępowania podczas procesu projektowania napędów (rys. 1).



Rys.1. Projektowanie i optymalizacja napędów [1]

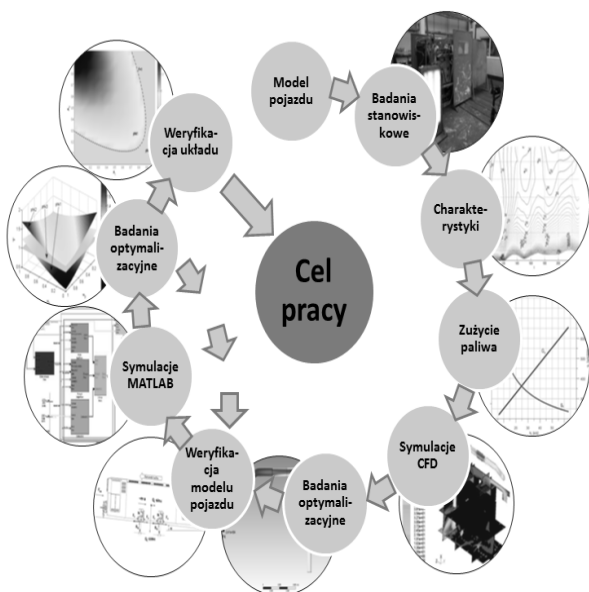
Przedstawiona metodyka obejmuje proces projektowania, począwszy od fazy założeń do projektu wstępnego układu opracowanego z uwzględnieniem wymaganych kryteriów i stanowi połączenie różnych metod inżynierskich.

Podczas realizacji prac przeprowadzono:

- badania stanowiskowe i symulacyjne górniczego napędu spalinowego,
- badania optymalizacyjne,

- opracowano model napędu pojazdu z wykorzystaniem zastępczych modeli matematycznych oraz danych zebranych w procesie badań,
- symulację pracy pojazdu dla różnych wariantów konfiguracyjnych układu napędowego,
- dobór najlepszych rozwiązań układu napędowego przy uwzględnieniu wybranych kryteriów.

Na rysunku 2 przedstawiono kolejność podejmowanych działań.



Rys.2. Działania podjęte w celu realizacji pracy [1]

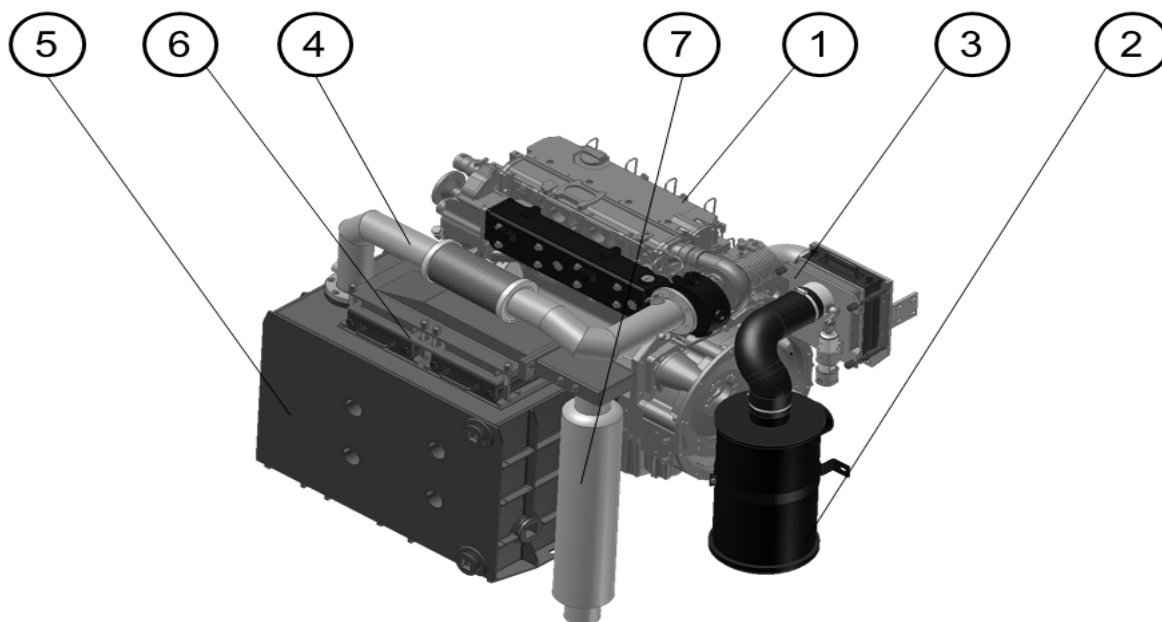
3. Realizacja prac badawczych

3.1. Obiekt badań

W przypadku pojazdów z silnikiem spalinowym, stosowanych w podziemiach górniczych, należy mówić o górnym napędzie spalinowym. Typowy układ napędowy przedstawiono za pomocą schematu pokazanego na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat układu napędowego lokomotywy spalinowej [1]



Rys. 4. Górny napęd spalinowy [1]: 1 - silnik spalinowy, 2 - filtr powietrza, 3 - dolotowy przerywacz płomienia, 4 - przewód wylotu spalin, 6 - wylotowe przerywacze płomienia, 7 - iskrochron

Szczególnym elementem przedstawionego układu napędowego jest silnik. W przypadku lokomotywy jest to silnik wysokoprężny. Aby możliwa była jego bezpieczna eksploatacja w środowisku potencjalnie niebezpiecznym, konieczne jest zastosowanie układu dolotowo-wylotowego specjalnej konstrukcji. W przypadku nieprawidłowej pracy silnika, mogącej doprowadzić do powstania niebezpiecznych zjawisk związanych ze spalaniem mieszanki paliwowo-powietrznej, zabezpiecza on przed zapłonem palnych gazów w wyrobisku i powstaniu w wyniku tego wybuchu, np. pyłu węglowego. Na rysunku 4 przedstawiono typowy górniczy napęd spalinowy.

Znaczna komplikacja postaci konstrukcyjnej układu dolotowo-wylotowego silnika spalinowego powoduje, że utrudniona jest w nim cyrkulacja i przepływ powietrza oraz spalin. Z uwagi na brak wyników badań tego typu układów podjęto się zaprojektowania specjalnego stanowiska badawczego i przeprowadzenia badań mających na celu określenie wpływu zastosowanego osprzętu na pracę i parametry silnika.

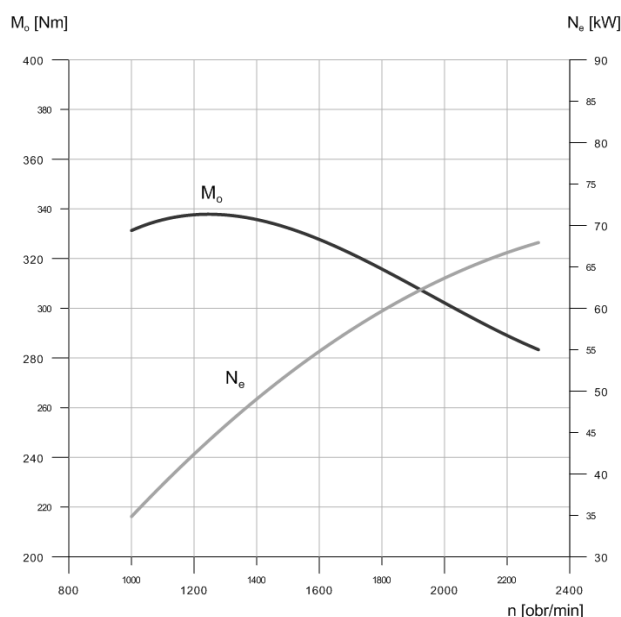
3.2. Badania stanowiskowe

Jednym z etapów realizacji pracy był projekt i budowa stanowiska, służącego do badań parametrów pracy silnika spalinowego, wyposażonego w ognioszczelny układ dolotowo-wylotowy, stosowany w górnictwie. Na rysunku 5 przedstawiono ogólny widok stanowiska do badań górniczych napędów spalinowych znajdującego się w ITG KOMAG.



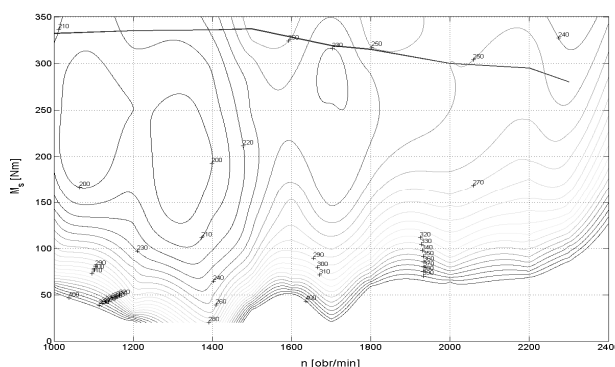
Rys. 5. Stanowisko do badań górniczych napędów spalinowych [1]

Na stanowisku umieszczono badany obiekt (silnik spalinowy z osprzętem), przekładnię redukcyjną oraz hamownię elektryczną. Badania silnika umożliwiły sporządzenie szczegółowych charakterystyk silnika, pokazanych na rysunkach 6 i 7.



Rys. 6. Charakterystyka zewnętrzna silnika [1]

Charakterystyka pełnej mocy (zwana także charakterystyką zewnętrzną) stanowi wykreślne przedstawienie zależności mocy użytecznej i momentu obrotowego silnika od prędkości obrotowej przy założeniu, że dla silnika o zapłonie samoczynnym wybrana została skrajna nastawa urządzenia sterującego dawką paliwa. Charakterystyka ta ilustruje dwie istotne właściwości tłokowego silnika spalinowego, a mianowicie to, że krzywa momentu obrotowego osiąga swe maksimum przy pewnej średniej prędkości obrotowej, podczas gdy krzywa mocy użytecznej - w pobliżu największej dopuszczalnej prędkości obrotowej silnika.



Rys. 7. Charakterystyka uniwersalna silnika wyposażonego w ognioszczelny układ dolotowo-wylotowy [1]

Z kolei charakterystyka ogólna (zwana także uniwersalną) silnika spalinowego stanowi graficzne przedstawienie wybranych wskaźników operacyjnych silnika w całkowitym obszarze jego pracy, w zależności od prędkości obrotowej i obciążenia, dla zadanych nastaw regulacyjnych. Istotną zaletą charakterystyki ogólnej (uniwersalnej) silnika jest wskazanie obszarów jego pracy, w których uzyskuje się najmniejsze wartości jednostkowego zużycia paliwa, czyli największą wartość sprawności ogólnej.

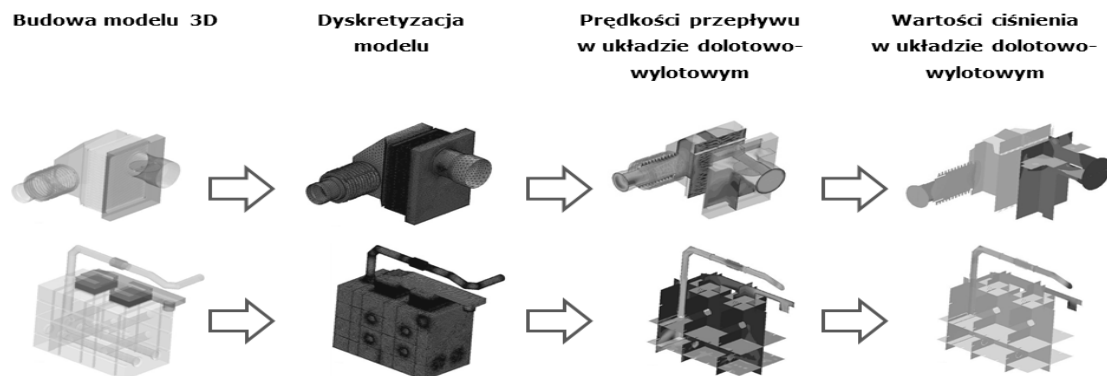
W trakcie badań rejestrowano również wartości ciśnienia w wybranych miejscach układu dolotowo-wylotowego oraz przeprowadzono analizę składu spalin. Dane zebrane podczas badań stanowiskowych pozwoliły zbudować model obliczeniowy układu, uwzględniający wpływ osprzętu silnika na parametry jego pracy.

3.3. Badania symulacyjne z użyciem metody CFD

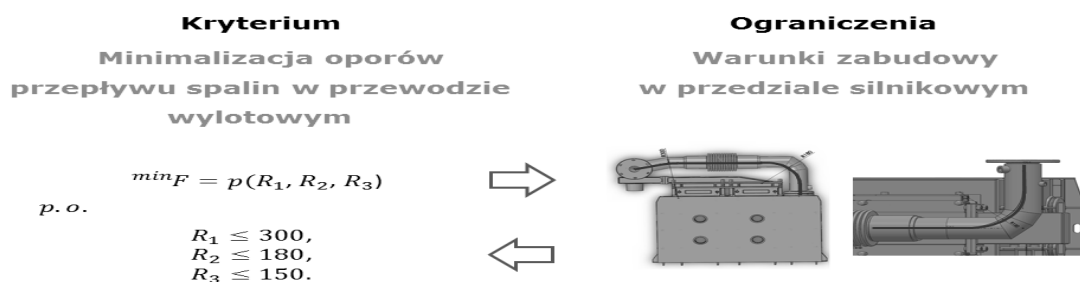
Aby określić warunki przepływu powietrza i spalin przeprowadzono badania symulacyjne modelu układu dolotowo-wylotowego. Przebieg badań pokazano na rysunku 8.

Po dokonaniu analizy dotyczącej udziałów poszczególnych elementów układu na całkowity spadek ciśnienia, podjęto próbę optymalizacji postaci konstrukcyjnej układu dolotowo-wylotowego [1, 2, 4]. W tym celu wybrano jeden z podzespołów układu wylotowego (przewód wylotowy spalin) i dla niego przeprowadzono proces optymalizacji ze względu na kryterium minimalizacji oporów przepływu spalin. Ograniczenia funkcji kryterialnej określono z warunków zabudowy układu w przestrzeni przedziału silnikowego pojazdu (rys. 9).

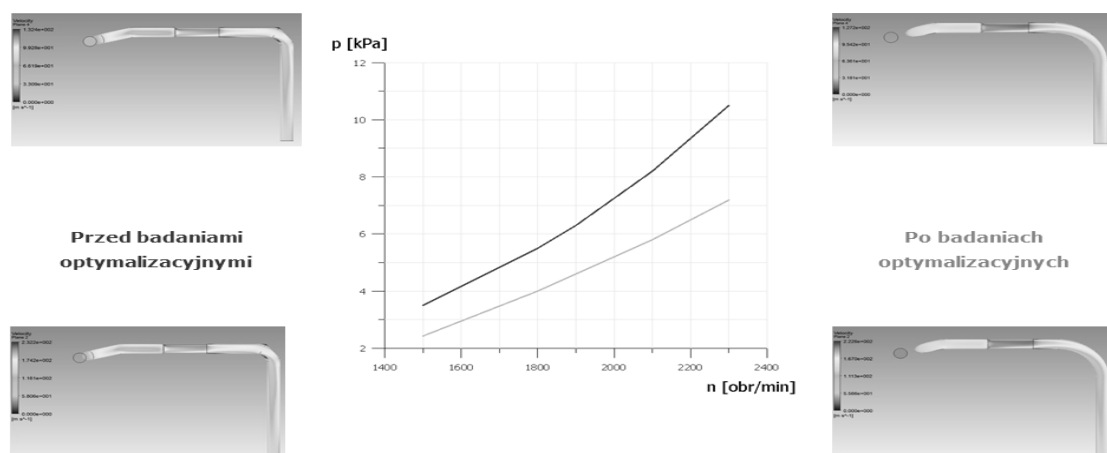
Z uwagi na fakt, że warunek graniczny był jednocześnie przypadkiem najlepszym (maksymalny promień gięcia przewodu wylotowego spalin), obliczenia sprawdzające przeprowadzono dla tego wariantu. Efektem zmian jego postaci konstrukcyjnej był wzrost prędkości przepływu spalin ze względu na zastosowane zaokrąglenia oraz większych wartości promieni gięcia przewodu (rys. 10).



Rys.8. Przebieg badań symulacyjnych CFD [1, 2, 3]



Rys.9. Badania optymalizacyjne układu wylotowego [1]



Rys. 10. Obliczenia sprawdzające dla warunku granicznego [1]

4. Program symulacyjny

4.1. Model obliczeniowy pojazdu

Model pojazdu sporządzono w oparciu o typowy stan obciążenia – rysunek 11.

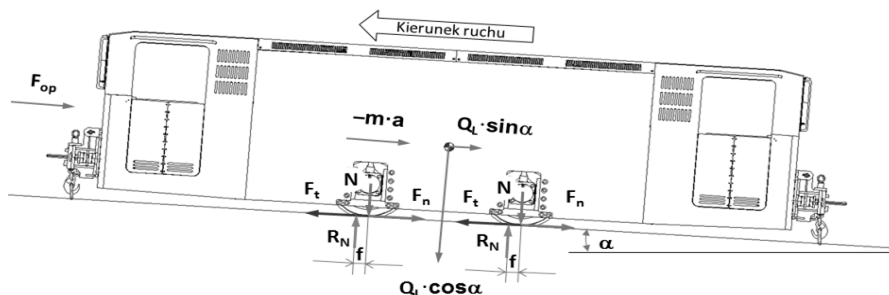
Model uwzględniał zarówno wielkości związane z postacią geometryczną pojazdu i trasy po której się poruszał, jak również wyniki badań doświadczalnych silnika spalinowego, wyposażonego w górniczy układ dolotowo-wylotowy.

Tworząc zespół napędowy, posłużono się charakterystyką zastępczą układu silnik-przekładnia hydrokinetyczna [8]. Parametry pracy silnika określono podczas badań stanowiskowych, natomiast bezwymiarowe charakterystyki przekładni hydrokinetycznej

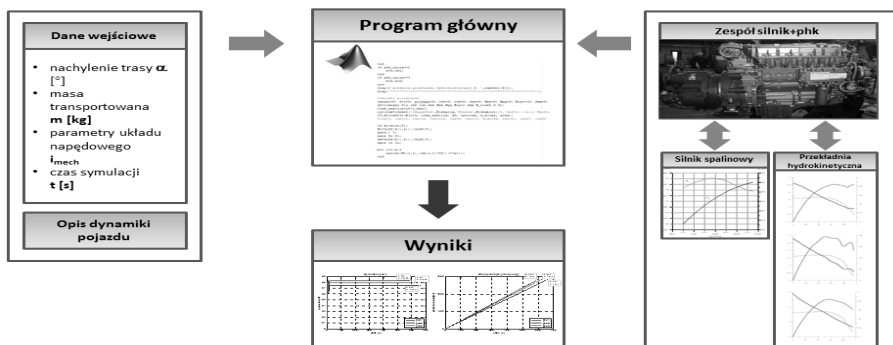
uzyskano od jej producenta. Pozostałą część układu napędowego (skrzynia biegów oraz przekładnie przy zestawach kołowych) zdefiniowano jako element zredukowany [5]. Po skompletowaniu wszystkich danych opracowano program symulacyjny w środowisku programu Matlab (rys. 12).

Program umożliwia:

- dobór charakterystyki momentu obrotowego silnika spalinowego,
- dobór charakterystyki przekładni hydrokinetycznej,
- dobór współczynnika poślizgu kół jezdnych,
- dobór masy lokomotywy oraz zestawu transportowanego,
- kształtowanie cech układu przeniesienia napędu (przełożenia, liczba biegów).



Rys.11. Siły działające na pojazd będący w ruchu [1]



Rys. 12. Schemat blokowy programu symulacyjnego [1]

4.2. Wyniki symulacji i badania optymalizacyjne układu napędowego

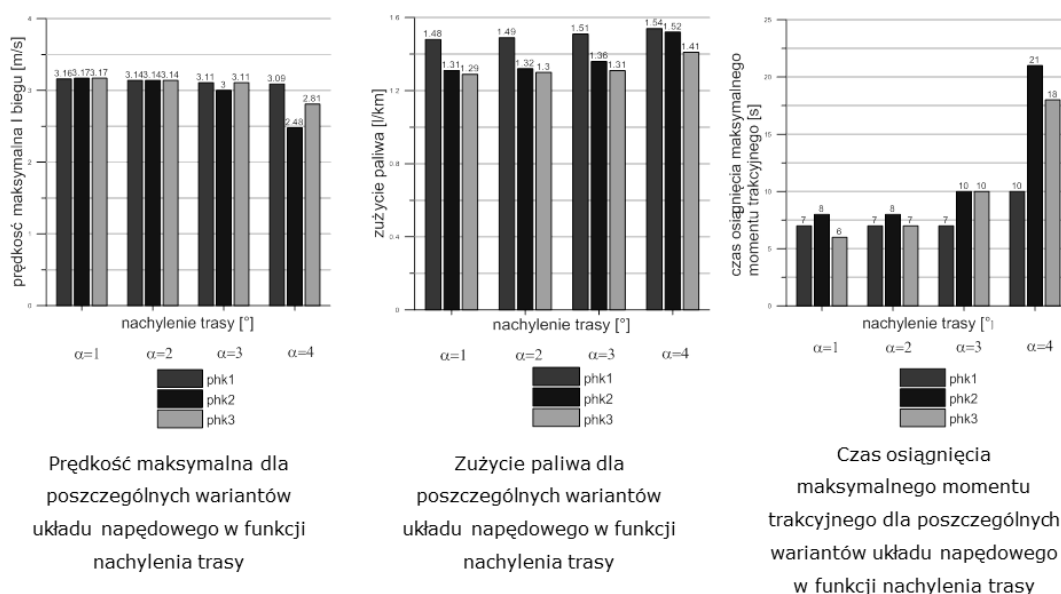
Na rysunku 13 przedstawiono przykładowe wyniki symulacji dla różnych konfiguracji układu napędowego (różne typy przekładni hydrokinetycznej). Obliczenia przeprowadzono dla nachyleń trasy w zakresie od 0 do 4 stopni.

Na podstawie otrzymanych wyników dokonano analizy poszczególnych wariantów układu napędowego oraz wyznaczono kryteria jego oceny. Uwzględniając środowisko pracy maszyny oraz mając na uwadze

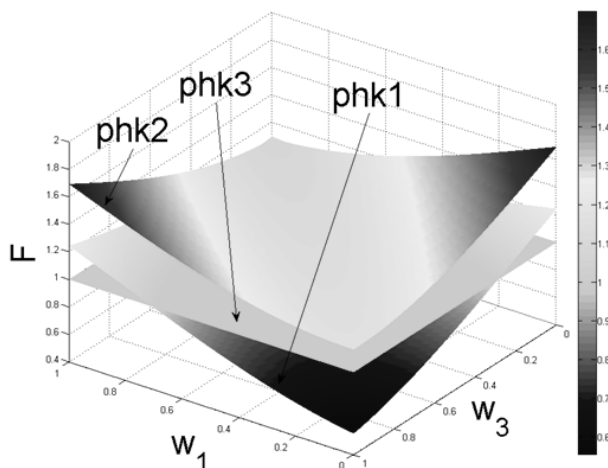
maksymalizację momentu trakcyjnego wybrano następujące kryteria:

- zużycie paliwa,
- czas osiągnięcia maksymalnego momentu trakcyjnego.

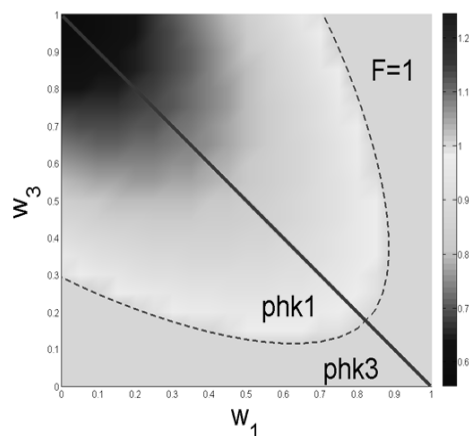
Dla tak sformułowanych wymagań przeprowadzono badania optymalizacyjne, w efekcie których otrzymano powierzchnie rozwiązań funkcji kryterialnej pokazane na rysunku 14. Etykiety phk1, phk2 i phk3 oznaczają poszczególne typy przekładni hydrokinetycznej, użyte



Rys. 13. Przykładowe wyniki symulacji jazdy [1]



Rys.14. Powierzchnie rozwiązań wagowej funkcji kryterialnej [1]



Rys. 15. Zakres stosowalności dla poszczególnych wariantów konfiguracyjnych układu napędowego [1]

w symulacjach.

Do badań przyjęto wagową funkcję kryterialną w postaci:

$$F(G_e, v, t) = w_1 \cdot G_{t_{rozr}} + w_2 \cdot \Delta v_{max}^{I \text{ bieg}} + w_3 \cdot t_{Mt_max} \quad (1)$$

W ostatecznych obliczeniach pominięto pokazaną w równaniu (1) prędkość jazdy z uwagi na ograniczenie jej przez przepisy górnicze [6]. Ponadto, ze względu na niezadowalające z uwagi na wartość funkcji kryterialnej F wyniki uzyskane przez układ napędowy z przekładnią phk2 (por. wykres na rys. 14), w końcowych rozważaniach uwzględniono jedynie wariant z przekładnią phk1 i phk3.

Na podstawie rozwiązań funkcji celu otrzymano wykres będący zakresem stosowalności obu przekładni, przy uwzględnieniu wartości wag, przy wybranych kryteriach oceny. Wykres pokazano na rysunku 15.

5. Podsumowanie

Zagadnienia związane z modelowaniem pojazdów są szeroko opisywane w literaturze. Autorzy nie spotkali się jednak z pracami dotyczącymi modelowania układów napędowych z uwzględnieniem specjalistycznego osprzętu zabezpieczającego pracę napędu w przestrzeniach potencjalnie wybuchowych, występujących m.in. w warunkach górniczych. Ze względu na obszerność zagadnienia w artykule zaprezentowano jedynie skrót poszczególnych etapów pracy. W efekcie zrealizowanej pracy opracowano:

– oryginalne stanowisko do badań górniczych napędów spalinowych,

– wyniki badań doświadczalnych silnika ze specjalistycznym osprzętem,

– program symulacyjny pozwalający kształtować cechy układu napędowego z uwagi na wymagane kryteria.

W ramach dalszych prac przewidywany jest rozwój programu symulacyjnego, zwłaszcza rozszerzenie bazy danych silników spalinowych oraz przekładni hydrokinetycznych, jak również uwzględnienie większej ilości oddziaływań na pojazd.

Literatura

1. Dobrzaniecki P.: Modelowanie charakterystyk trakcyjnych napędów na przykładzie pojazdów

-
- górnictwa węglowego, Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2012.
2. Gicala B., Dobrzaniecki P.: Modelowanie przepływów w układzie dolotowo-wylotowym górniczego napędu spalinowego, ITG KOMAG, Gliwice 2011 (materiały nie publikowane).
 3. Harlow F.H., Nakayama P.I.: Transport of turbulence energy decay rate, University of California (1968), Rep. LA-3854.
 4. Jureczko M.: Metody optymalizacji – przykłady zadań z rozwiązaniami i komentarzami, Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, Gliwice 2009.
 5. Marchelek K.: Dynamika obrabiarek, WNT, Warszawa 1991.
 6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 roku w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz. U. Nr 139, poz. 1169) wraz ze zmianą wprowadzoną rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 9 czerwca 2006 r. (Dz. U. Nr 124, poz. 863).
 7. Serdecki W. i inni: Badania silników spalinowych, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2012.
 8. Szydełski Z.: Sprzęgła i przekładnie hydrokinetyczne. Teoria, konstrukcja i eksploatacja, WNT, Warszawa 1973.
- Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2013 r.*

Metodyka badań układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej

Streszczenie

Z doświadczeń ruchowych pracy układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej wynika, że stosunkowo często występują przypadki jego wadliwego funkcjonowania. W artykule przedstawiono metodykę badań układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej w celu sprawdzenia prawidłowości pracy tego układu. Jest to propozycja wynikająca z dotychczasowych doświadczeń Laboratorium Badań ITG KOMAG.

Summary

From the powered roof support hydraulic system operational experience it results that quite often there are the cases of the system malfunctioning. The methodology for testing the hydraulic system of powered roof support to verify operational correctness of the system is presented in the paper. The methodology is a proposal resulting from the experience of KOMAG Laboratory of Testing.

1. Wprowadzenie

Z doświadczeń ruchowych pracy układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej wynika, że stosunkowo często występują przypadki jego wadliwego funkcjonowania. Złe funkcjonowanie układu hydraulicznego objawia się:

- utratą szczelności przestrzeni podtłokowej stojaka hydraulicznego,
- utratą szczelności zaworów wskutek zbyt częstego ich otwierania,
- uszkodzeniami manometrów kontrolnych,
- brakiem płynności ruchu podczas zsuwania i wysuwania siłowników hydraulicznych.

Prawdopodobną przyczyną większości tych zjawisk jest powstawanie w przestrzeni roboczej zaworu szybkozmiennych przebiegów ciśnienia, o znacznej amplitudzie. Ponadto brak płynności ruchu rdzenników siłowników, może być spowodowany zbyt dużymi oporami ruchu, w wyniku zastosowania rozdzielaczy hydraulicznych o nieodpowiednich charakterystykach.

W związku z powyższym, oprócz badań stanowiących poszczególnych elementów układu hydraulicznego dla potrzeb certyfikacji, zachodzi konieczność przeprowadzania badań całego układu hydraulicznego sekcji budowy zmechanizowanej w celu sprawdzenia prawidłowości jego funkcjonowania i ewentualnej korekty doboru jego poszczególnych elementów.

W Laboratorium Badań Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach prowadzone są badania obejmujące cały zakres wyżej wymienionej problematyki.

2. Metodyka badań układu hydraulicznego

Elementy układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej przeznaczone do użytkowania powinny spełniać wymagania norm zharmonizowanych PN-EN 1804-2 [6] i PN-EN 1804-3 [7]. Proponowana metodyka badań przedstawiona w niniejszym artykule jest tylko uzupełnieniem zakresu badań według wyżej wymienionych norm w celu sprawdzenia działania układu hydraulicznego o określonej konfiguracji.

Na podstawie wieloletnich doświadczeń zebranych w trakcie badań prowadzonych w Laboratorium Badań ITG KOMAG, opisanych w [1, 2 i 3] proponuje się przyjąć sposób sprawdzania układu sterowania hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej według poniższej metodyki.

2.1. Szczelność

Przed przystąpieniem do badań układu hydraulicznego, należy sprawdzić szczelność badanych zaworów:

- przelewowego (typu A) - przy ciśnieniu równym 95% ciśnienia roboczego, przez okres 5 minut. Spadek ciśnienia nie powinien być większy od 2% zadanej wartości ciśnienia (próba ta jest zbieżna z pkt. A.1.3.2 PN-EN 1804-3+A1:2010),
- zwrotnego (typu B) - przy maksymalnym, dopuszczalnym ciśnieniu użytkowania przez okres 5 minut. Spadek ciśnienia nie powinien być większy od 2% zadanej wartości ciśnienia (próba ta jest zbieżna z pkt. A.1.4.2 PN-EN 1804-3+A1:2010),
- rozdzielacza (typu C) - przy maksymalnym, dopuszczalnym ciśnieniu użytkowania przez okres 5 minut. Spadek ciśnienia nie powinien być

wiekszy od 2% zadanej wartości ciśnienia (próba ta jest zbieżna z pkt.A.1.5.2 PN-EN 1804-3+A1:2010).

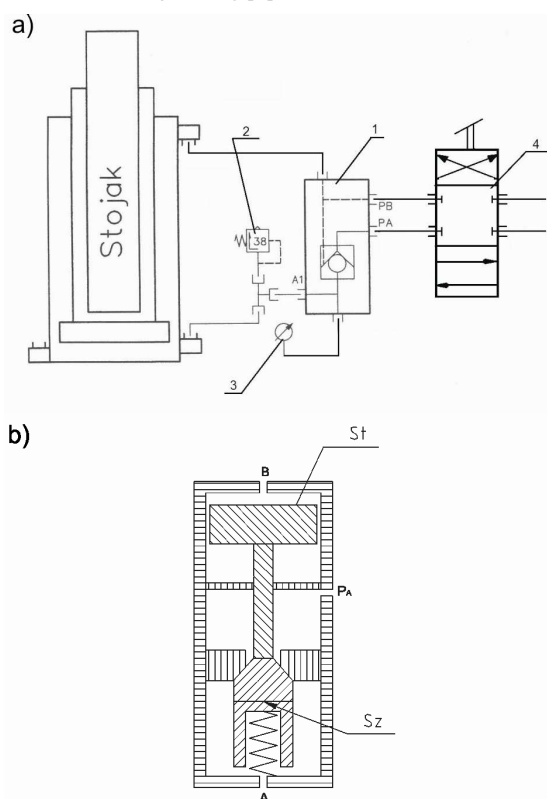
Wyniki prób szczelności dla wszystkich zaworów powinny być pozytywne.

2.2. Próba wzbudzania zaworu zwrotnego

Pod pojęciem wzbudzania zaworu zwrotnego rozumie się zjawisko występowania w przewodzie zamykanym przez zawór szybkozmiennych przebiegów czasowych ciśnienia o znacznej amplitudzie, spowodowanych sterowaniem zaworem.

Próby wzbudzania zaworu zwrotnego należy przeprowadzić w określonym układzie hydraulicznym sekcji obudowy w stanowisku badawczym z zastosowaniem całej sekcji obudowy bądź, wyodrębniając stojak hydrauliczny z hydraulicznym układem podpornościowym. W Laboratorium Badań próby tego typu są przeprowadzane jako badania kompletnej sekcji obudowy zmechanizowanej w stanowisku do badań obudów zmechanizowanych, bądź badania stojaka z hydraulicznym układem podpornościowym na stanowisku do badań stojaków hydraulicznych.

Zasadę działania sterowanego zaworu zwrotnego, wchodzącego w skład podstawowego układu sterowania stojaka hydraulicznego pokazanego na rysunku 1 przedstawiono poniżej [4].



Rys.1. Podstawowy układ sterowania stojaka hydraulicznego i schemat zaworu zwrotnego sterowanego: 1 - zawór zwrotny sterowany, 2 - zawór upustowy (ograniczający ciśnienie), 3 - manometr, 4 - rozdzielacz

Zawór zwrotny (rys. 1b) jest sterowany tłoczkiem zasilanym różnicą ciśnień pomiędzy przestrzeniami pod tłoczkiem i nad tłoczkiem. Iloraz powierzchni przekroju zaworu zwrotnego (S_z) i powierzchni tłoczka sterującego (S_t) wynosi 0,3, co zapewnia prawidłowe działanie zaworu, pod warunkiem wystąpienia ciśnienia w przewodzie spływowym o wartości zbliżonej do zera. Występowanie w przewodzie spływowym ciśnienia o wartości zbliżonej do ciśnienia roboczego, powoduje zamknięcie przepływu. Jak wykazano w [8] chwilowy wzrost ciśnienia na spływie, a następnie jego spadek może prowadzić do wzrostu ciśnienia w przewodzie łączącym przestrzeń podtłokową stojaka z zaworem zwrotnym sterowanym.

Badania stanowiskowe mają na celu sprawdzenie wpływu przesterowania zaworu na wartość ciśnienia w przestrzeni podtłokowej stojaka, dla różnych wartości ciśnienia zasilania w procesie rabowania sekcji oraz różnych konfiguracji układu sterowania.

Badania tego typu przeprowadzono między innymi na stanowisku do badań stojaków hydraulicznych przy obciążeniu statycznym. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 2.

Przedmiotem badań był układ sterowania dwuteleskopowego stojaka hydraulicznego o średnicy tłoka 1 stopnia wynoszącej $\varnothing 250$ mm. Stojak rozpięto pomiędzy ramą stanowiska a siłownikiem pomocniczym o średnicy $\varnothing 410$ mm, zasilając przestrzeń podtłokową cieczą hydrauliczną aż do uzyskania przez stojak podporności wstępnej. W trakcie badań siłownik rozpięto aż do uzyskania ciśnienia roboczego w przestrzeni podtłokowej w 1 stopniu stojaka badanego. Po uzyskaniu podporności roboczej badany stojak rabowano sterując rozdzielaczem hydraulicznym (poz. 4 rys. 1) i obserwowano wartość zmian ciśnienia w przestrzeni podtłokowej oraz w przestrzeni nadtłokowej stojaka za pomocą przetworników ciśnienia (poz. 4 i 5 rys. 2).

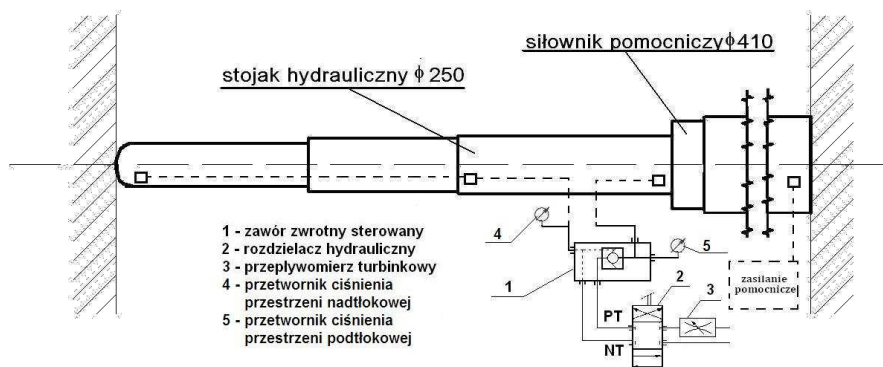
Próby takie można również prowadzić jako badania kompletnej sekcji obudowy na stanowisku do badań sekcji przy obciążeniu statycznym.

Przykład zarejestrowanych przebiegów czasowych ciśnienia przedstawiono na rysunku 3.

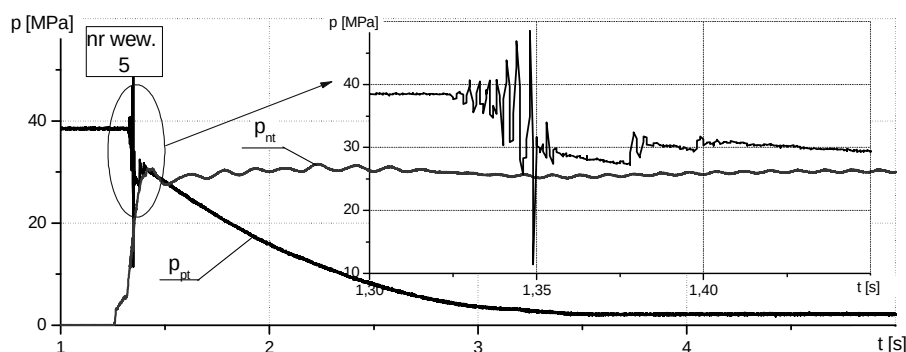
Zarejestrowane wyniki można przedstawić w formie tabelarycznej z uwzględnieniem następujących wartości:

- p_{pt} - ciśnienie pod tłokiem,
- p_{nt} - ciśnienie nad tłokiem,
- p_{max} - maksymalne ciśnienie uzyskane w próbie,
- $p_{max}/p_{pt} \cdot 100$ - procentowy przyrost ciśnienia w trakcie rabowania.

Dla skonfigurowania właściwego układu hydraulicznego należy dobrać zawór zwrotny sterowany o możliwie najmniejszym, procentowym przyroście ciśnienia pod tłokiem stojaka, bądź innego badanego siłownika w trakcie jego rabowania. Ciśnienie to nie powinno powodować otwierania się zaworów przelewowych układu podpornościowego.



Rys.2. Schemat stanowiska badawczego [5]



Rys.3. Przebiegi czasowe ciśnienia w przestrzeniach nad i podłokowej stojaka podczas przełączania zaworu zwrotnego sterowanego [4]

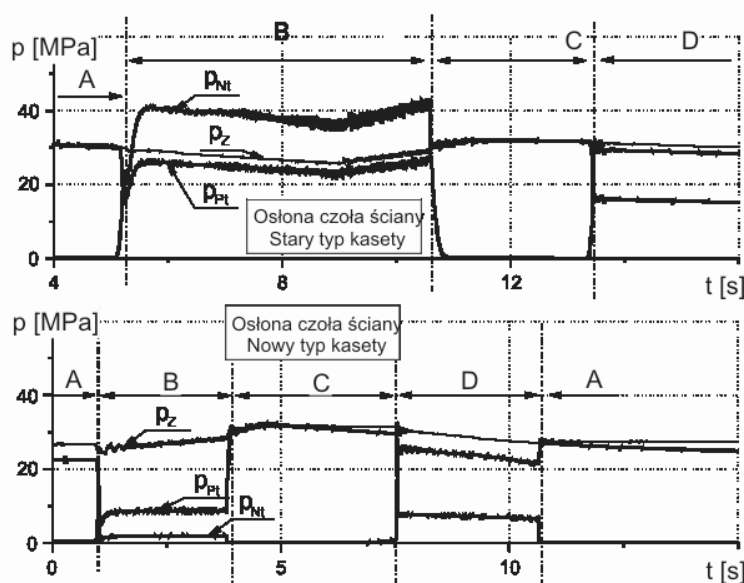
2.3. Próby przesterowania siłowników

Próby przesterowania siłowników hydraulicznych należy wykonać w kompletnym układzie hydraulicznym sekcji obudowy zmechanizowanej.

Należy wykonać próby przesterowania (wysuwanie i rabowanie) stojaka hydraulicznego i pozostałych

siłowników hydraulicznych według następującej kolejności:

- zasilić przestrzeń podłokową badanego siłownika,
- po całkowitym rozsunięciu siłownika przesterować kierunek zasilania siłownika na rabowanie,
- w czasie prób mierzyć ciśnienie w przestrzeni nadłokowej i podłokowej, i sprawdzić płynność wysuwu i zsuwu badanego siłownika.



Rys.4. Przebieg czasowy ciśnienia dla przesterowania siłownika osłony czola ściany podczas rozpierania i rabowania [1]

- A - ciśnienie w przestrzeni nadłokowej (zastosowany zawór zwrotny podporowy BZP2),
- B - przełączenie i zasilanie przestrzeni podłokowej – ciśnienie rozpierania,
- C - układ rozparty - ciśnienie w przestrzeni podłokowej,
- D - przełączenie i zasilanie przestrzeni nadłokowej – ciśnienie rabowania,
- A - układ zsunięty - ciśnienie w przestrzeni nadłokowej.

Przykładowy przebieg czasowy ciśnienia podczas próby przesterowania siłownika osłony czoła ściany (wysuwanie i rabowanie) przedstawiono na rysunku 4. Badania przeprowadzono stosując w układzie hydraulicznym 2 typy kaset rozdzielaczy hydraulicznych.

Podczas próby wysuwania siłownika osłony czoła ściany, stwierdzono wzrost ciśnienia w przestrzeni nadłokowej (część B rys. 4) przy użyciu rozdzielacza starego typu. Nie stwierdzono wzrostu ciśnienia powyżej ciśnienia zasilania podczas próby z użyciem rozdzielacza nowego typu.

Prawdopodobną przyczyną zaobserwowanego zjawiska jest nieodpowiedni dobór rozdzielacza układu hydraulicznego. W związku powyższym należy wyznaczyć charakterystyki rozdzielaczy i dobrać do rozpatrywanego układu hydraulicznego rozdzielacz umożliwiający płynną pracę przesterowywanych siłowników nie powodujący nadmiernego wzrostu ciśnienia.

Należy wykonać również próbę jednoczesnego przesterowania kilku siłowników w celu sprawdzenia czy w tym wypadku wszystkie siłowniki realizują zadane funkcje, a sterowanie nimi jest niezależne od działania pozostałych siłowników układu.

2.4. Wyznaczanie charakterystyk rozdzielaczy hydraulicznych

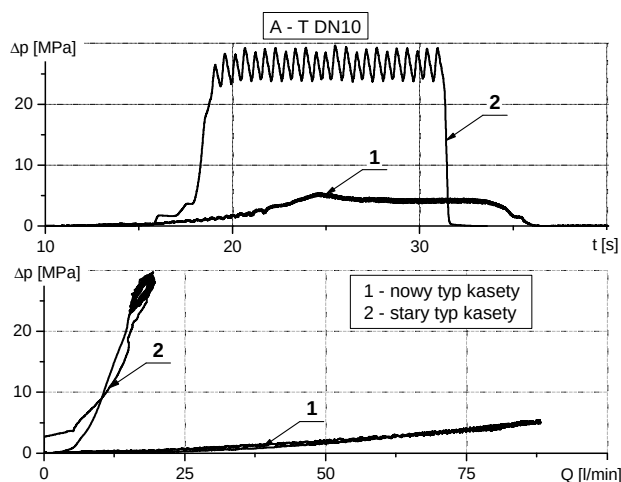
W przypadku stwierdzenia braku płynności ruchu rdzenników podczas przesterowania, gdy ciśnienie zasilania było mniejsze od ciśnienia w przestrzeni podłokowej sterowanego siłownika, należy wyznaczyć charakterystyki rozdzielaczy. W tym celu należy wykonać pomiary natężenia przepływu Q czynnika roboczego oraz określić odpowiadający mu spadek ciśnienia Δp na badanych rozdzielaczach.

Charakterystyki $\Delta p(Q)$ należy wyznaczyć dla dróg:

- P-A tj. od magistrali zasilającej do odbiornika,
- A-T tj. od odbiornika do magistrali spływowej.

Przykładowe wyniki pomiarów przedstawiono na rysunku 5.

Znaczne ograniczenie przepustowości rozdzielaczy powoduje multiplikację ciśnienia w przestrzeniach nadłokowych siłowników hydraulicznych sekcji, co skutkuje ich powolną pracą i blokowaniem się i może być przyczyną częstego otwierania się zaworów przelewowych. Nadmierne zmniejszanie oporów przepływu w elementach układu hydraulicznego może być jednak niekorzystne z uwagi na występowanie dynamicznych zmian ciśnienia w przestrzeni nadłokowej i podłokowej podczas rozpierania stojaka [5].



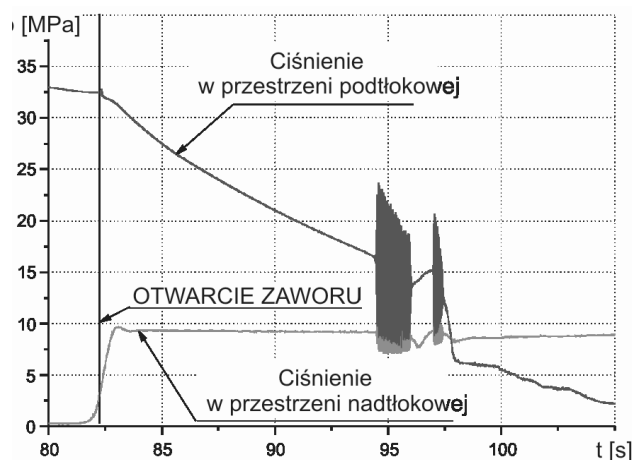
Rys.5. Wykresy spadku ciśnienia Δp w funkcji czasu i natężenia przepływu Q przez rozdzielacze, dla kierunku przepływu A-T [2]

2.5. Wyznaczanie minimalnego ciśnienia rabowania

Wartość ciśnienia rabowania w zaworach zwrotnych sterowanych zazwyczaj stanowi ok. 30% wartości ciśnienia w przestrzeni podłokowej stojaka. W trakcie prowadzonych badań stwierdzono wystąpienie wyżej wymienionego ciśnienia na poziomie 10% wartości ciśnienia w przestrzeni podłokowej stojaka, co powodowało otwarcie zaworu zwrotnego już przy ciśnieniu 3,0 MPa. Może to skutkować niekontrolowanym rabowaniem sekcji.

W celu zastosowania właściwego zaworu zwrotnego sterowanego należy wyznaczyć wartość minimalnego ciśnienia rabowania dla zaworów przeznaczonych do układu podpornościowego i stwierdzić, czy iloraz ciśnienia w przestrzeni podłokowej i ciśnienia rabowania jest właściwy oraz czy wartość ciśnienia rabowania ma wartość większą od ciśnienia w magistrali spływowej.

Przykład przebiegu czasowego ciśnienia przedstawiono na rysunku 6.



Rys.6. Wyznaczanie minimalnego ciśnienia rabowania. Przebiegi czasowe ciśnienia [3]

2.6. Pomiar wartości siły niezbędnej do przesterowania rozdzielacza

Pomiar wartości siły niezbędnej przesterowania rozdzielacza należy wykonać przy ciśnieniu roboczym doprowadzonym do rozdzielacza. Dla prawidłowego sterowania zgodnie z wymogami normowymi, wartość wymaganej siły ręcznego sterowania przyłożonej do dźwigni elementu hydraulicznego układu sterowania powinna mieścić się w przedziale $<10, 160> \text{ N}$.

2.7. Ocena układu hydraulicznego

Należy dokonać oceny otrzymanych wyników badań i doboru elementów układu hydraulicznego spełniającego oczekiwania użytkownika.

3. Podsumowanie

Wszystkie zawory będące elementami układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej powinny spełniać wymagania normy PN-EN 1804-3 w aspekcie maksymalnego ciśnienia podczas próby przełączania. Zalecane jest jednak prowadzenie badań całego układu hydraulicznego celem ograniczenia niekorzystnego zjawiska wzrostu ciśnienia z następujących powodów:

- zgodnie z normą PN-EN 1804-3, zawory zaliczone do zaworów typu B i C, podczas przesterowania nie mogą powodować wzrostu ciśnienia powyżej 1,5 krotności wartości maksymalnego dopuszczalnego ciśnienia użytkownika. Ze względu na małą różnicę pomiędzy ciśnieniem nastawy zaworu przelewowego, np. 34 MPa, a ciśnieniem zasilania o wartości najczęściej do 30 MPa, istnieje jednak duże prawdopodobieństwo otwierania się zaworu w trakcie pracy, pomimo spełnionego wyżej warunku,
- zawory spełniające wyżej wymieniony warunek mogą być również przyczyną zniszczenia wskaźników manometrycznych (zazwyczaj zakres pomiarowy manometrów wynosi do 60 MPa),
- znaczne ograniczenie przepustowości rozdzielacza powoduje multiplikację ciśnienia w przestrzeniach nadłokowych siłowników hydraulicznych sekcji, co w dalszej kolejności skutkuje ich powolną pracą i blokowaniem się oraz może być przyczyną częstego otwierania się zaworów przelewowych,
- jak wykazano w [5], z uwagi na występowanie dynamicznych zmian ciśnienia w przestrzeni nadłokowej i podłokowej podczas rozpierania stojaka, niekorzystne jest stosowanie rozdzielacza o niewielkich oporach przepływu.

Przedstawiona metodyka badań w celu sprawdzenia prawidłowości pracy układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej jest propozycją wynikającą z dotychczasowych doświadczeń.

Badania należy prowadzić dla różnych konfiguracji układów zasilania przestrzeni nadłokowej stojaka hydraulicznego np. z dodatkowo zamontowanym zaworem zwrotnym i dławiącym. Analiza otrzymanych wyników pozwala określić wpływ konfiguracji układu zasilania przestrzeni nadłokowej na zmiany ciśnienia w przestrzeni podłokowej podczas rabowania stojaka.

Literatura

1. Badania układu hydraulicznego sekcji obudowy TAGOR-12/31/BS i TAGOR-12/31-POz/BS/S. Część I. Sprawozdanie nr 149/DLB-2/2011. Laboratorium Badań ITG KOMAG, Gliwice, listopad 2011 (materiały nie publikowane).
2. Badania układu hydraulicznego sekcji obudowy TAGOR-12/31/BS i TAGOR-12/31-POz/BS/S. Część II. Sprawozdanie nr 149/DLB-2/2011. Laboratorium Badań ITG KOMAG, Gliwice, listopad 2011 (materiały nie publikowane).
3. Badania układu hydraulicznego sekcji obudowy JZR-11/25-POz. Sprawozdanie nr 155/DLB-2/2012. Laboratorium Badań ITG KOMAG, Gliwice, listopad 2012 (materiały nie publikowane).
4. Czubaszek J., Madejczyk W.: Badania układu sterowania sekcji obudowy zmechanizowanej. *Hydraulika i Pneumatyka* 2012, nr 2, s. 24-27.
5. Czubaszek J., Szweda S.: Badania zmian ciśnienia w układzie hydraulicznym sekcji obudowy zmechanizowanej. *Maszyny Górnicze* 2012, nr 4, s. 3-8.
6. PN-EN 1804-2+A1:2012 Maszyny dla górnictwa podziemnego - Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej - Część 2: Stojaki i pozostałe siłowniki.
7. PN-EN 1804-3+A1:2012 Maszyny dla górnictwa podziemnego - Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej - Część 3: Hydrauliczne układy sterowania.
8. Stoiński K.; Pytlík A.; Szymała J.: Uderzenia hydrauliczne powstałe w elementach hydrauliki sterującej zmechanizowanej obudowy ścianowej. *Maszyny Górnicze* 2007, nr 3, s. 22-27.

Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2013 r.

Konstrukcja ochronna operatora ładowarki górniczej w świetle przepisów i badań niszczących

Streszczenie

W celu zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa operatorom samojezdnych maszyn górniczych stosowane są różnego rodzaju konstrukcje ochronne. Stawiane im wymagania oraz sposób weryfikacji stopnia ochrony określają normy i akty prawne związane z projektowaniem, badaniem i eksploataowaniem konstrukcji ochronnych operatorów maszyn górniczych, budowlanych i rolniczych itp. zostały przedstawione w niniejszym artykule. W artykule przedstawiono również wyniki badań niszczących kabiny ładowarki górniczej.

Summary

To ensure proper safety level of self-propelled mining machines, different types of protective structure are used. The requirements put to them as well as the method for verification of the protection level are included in the standards and legal acts on designing, testing and use of structures protecting operators of mining, construction and agricultural machines, which are cited in the paper. In addition, the results of crash test of mine loader cabin are given.

1. Wstęp

Operatorzy samojezdnych maszyn górniczych eksploatowanych w podziemnych wyrobiskach chodnikowych narażeni są, między innymi, na uderzenia powstałe w wyniku niekontrolowanego opadu skał stropowych. Zagrożenie to może skutkować rozległymi obrażeniami ciała, łącznie ze skutkiem śmiertelnym.

W celu zapewnienia możliwie największego poziomu bezpieczeństwa biernego [1], maszyny górnicze wyposażane są w konstrukcje ochronne (kabiny), spełniające wymagania dotyczące ochrony przestrzeni pracy operatora podczas eksploatacji maszyny [13]. O konieczności stosowania kabin ochronnych operatora świadczyć mogą między innymi wypadki rejestrowane np. w górnictwie rud miedzi, gdzie zanotowano przypadki uratowania operatorów podczas zawałów skalnych [1].

Wymagania stawiane konstrukcjom ochronnym określają normy mechaniczne i górnicze. W zależności od przeznaczenia, wyróżnia się konstrukcje chroniące przed:

- skutkami przewrócenia się maszyny ROPS (ang. roll-over protective structure),
- spadającymi przedmiotami FOPS (ang. falling-object protective structure),
- skutkami obwałów skalnych RSPS (ang. rock slide protective structure).

Zapewnienie bezpieczeństwa przez każdą z wyżej wymienionych struktur ochronnych jest uwarunkowane zachowaniem w jej wnętrzu przestrzeni makiety DLV (ang. deflection limiting volume), która odwzorowuje

przestrzeń zajmowaną przez operatora podczas normalnej eksploatacji maszyny.

Polskie ustawodawstwo nakłada na producentów maszyn samojezdnych (między innymi górniczych, budowlanych czy rolniczych), wymóg obligatoryjnego oraz wszędzie tam, gdzie istnieje ryzyko przewrócenia się maszyny lub uderzenia jej przez spadające przedmioty, fakultatywnego stosowania konstrukcji ochronnych operatora. Konstrukcje ochronne ROPS, FOPS i RSPS, ze względu na potwierdzenie ich funkcji bezpieczeństwa, poddawane są badaniom niszczącym potwierdzającym ich stopień ochrony [12].

Uwzględniając powyższe, w KOMAG-u, opracowano szereg konstrukcji ochronnych operatora [4]. Niektóre z nich, oprócz numerycznych obliczeń wytrzymałościowych poddano również badaniom niszczącym.

Jedna z opracowanych konstrukcji ochronnych została zastosowana w ładowarce bocznie wysypującej ŁBT-1200M (rys. 1). Oprócz obliczeń wytrzymałościowych metodą elementów skończonych (MES) [14], zaprojektowaną konstrukcję ochronną (kabinę) poddano weryfikacji wytrzymałościowej poprzez badania niszczące.



Rys.1. Ładowarka bocznie wysypująca ŁBT-1200M z zabudowaną konstrukcją ochronną operatora [3]

2. Normy i akty prawne dotyczące konstrukcji ochronnych operatora

Zadaniem konstrukcji ochronnej jest zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa operatorowi maszyny. Przed przystąpieniem do procesu projektowania takiej konstrukcji, istotne jest sprecyzowanie wymagań, jakie powinna ona spełniać.

Dyrektywy nowego podejścia oraz zharmonizowane z nimi normy, określają wymagania bezpieczeństwa konstrukcji ochronnych w zakresie projektowania i eksploatacji. W myśl ustawodawstwa definiuje się trzy podstawowe rodzaje konstrukcji ochronnych zabezpieczających operatora maszyny przed określonymi rodzajami zagrożeń. Pierwszym zagrożeniem, na jakie narażony jest operator maszyny, jest możliwość jej przewrócenia się podczas wykonywania czynności roboczych. Zakres ochrony operatora maszyny konstrukcją ochronną przed skutkami przewrócenia się maszyny (ROPS) przez wiele lat określany był normą europejską PN-EN 13510:2004 (Maszyny do robót ziemnych. Konstrukcje chroniące przy przewróceniu się maszyny. Wymagania i badania laboratoryjne) [6]. W normie tej zawarto zasady oceny obciążeń przenoszonych przez konstrukcję ochronną w przypadku przewrócenia się między innymi dla takich maszyn jak: spycharki, ładowarki gąsienicowe i kołowe, walce, czy wywrotki. Obecnie normę tę zastąpiono normą PN-EN ISO 3471:2009 [7] zharmonizowaną z Dyrektywą Maszynową.

Kolejnym zagrożeniem, na jakie narażony jest operator samojezdnej maszyny, jest możliwość uderzenia opadającymi przedmiotami. Wymagania stawiane konstrukcjom chroniącym operatora przed spadającymi przedmiotami (FOPS) zdefiniowano w normie europejskiej PN-EN ISO 13627:2002 (Maszyny do robót ziemnych. Konstrukcje chroniące przed spadającymi przedmiotami. Wymagania i badania laboratoryjne) [8], którą uaktualniono, podobnie jak w przypadku normy ROPS, w zharmonizowanej z Dyrektywą Maszynową normie PN-EN ISO 2449:2009. Według normy konstrukcja ochronna zabezpiecza operatora przed skutkami upadku z wysokości przedmiotów wówczas, gdy badania laboratoryjne potwierdzą przeniesienie przez kabinę energii nie mniejszej niż 11,6 kJ [9].

W polskim ustawodawstwie stosowana jest również Polska Norma PN-92/G-59001 (Samojezdne maszyny górnicze. Konstrukcje chroniące operatora przed obwałami skał. Wymagania i badania). Określa ona wymagania stawiane konstrukcjom chroniącym operatora przed zagrożeniami wynikającymi ze stropowych obwałów skalnych (RSPS). Procedura badawcza konstrukcji RSPS jest podobna jak w przypadku konstrukcji (FOPS) z tą różnicą, że energia, jaką musi pochłoniąć konstrukcja ochronna nie może być mniejsza niż 60 kJ [10].

W przypadku koparek kompaktowych można wyszczególnić konstrukcje ochronne TOPS (Tip Over Protection Structure) [1].

Analizując normy i akty prawne precyzujące wymagania stawiane konstrukcjom ochronnym, należy wspomnieć o jeszcze jednej normie istotnej w procesie projektowania konstrukcji ochronnych operatora oraz prowadzenia badań weryfikujących ich wytrzymałość. Jest to norma PN-ISO 3164:2009 (Maszyny do robót ziemnych. Laboratoryjna ocena konstrukcji ochronnych operatora. Wymagania dotyczące przestrzeni chronionej), która wyznacza przestrzeń ochronną DLV, określającą granicę odkształceń konstrukcji ochronnej operatora, zarówno przed spadającymi przedmiotami, jak i podczas przewrócenia się maszyny [11].

3. Konstrukcja ochronna operatora ładowarki górniczej

Przystępując do projektowania konstrukcji ochronnej (kabiny) operatora ładowarki górniczej założono, że będzie ona chroniła operatora przed spadającymi przedmiotami oraz przypadkowymi obwałami skał ze stropu (FOPS).



Rys.2. Konstrukcja ochronna operatora (kabina) ładowarki ŁBT-1200M [3]

Wymaganiem był również łatwy montaż i demontaż kabiny, z uwagi na zapewnienie możliwości przejazdu maszyny przez niskie wyrobiska oraz mała masa własna.

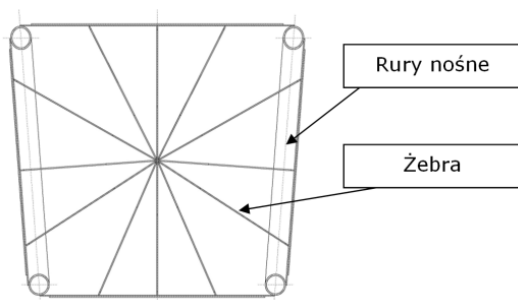
W wyniku prac analitycznych i projektowych opracowano model przestrzenny kabiny operatora składający się z rur nośnych, poszycia górnego, poszycia dolnego oraz uźebrowania umieszczonego pomiędzy nimi. W dolnej części rur nośnych umiejscowiono elementy służące do mocowania kabiny do konstrukcji ładowarki (rys. 3).

Z uwagi fakt, że kabina jest dodatkowym elementem wyposażenia ładowarki, powinna charakteryzować się zatem możliwie małą masą własną przy

jednoczesnym spełnieniu warunków wytrzymałościowych stawianych konstrukcjom FOPS. Warunek ten spełniono poprzez odpowiednie ukształtowanie poszycia kabiny. Pomiędzy poszyciem górnym i dolnym rozmieszczono promieniście ułożone, cienkościenne blachy, tworzące uźebrowanie nośne (rys. 4) o określonym kształcie.



Rys.3. Model przestrzenny kabiny operatora [1]



Rys.4. Uźebrowanie umieszczone pomiędzy poszyciem górnym i dolnym [1]

Prace projektowe oraz obliczenia numeryczne pozwoliły na opracowanie dokumentacji technicznej oraz wykonanie prototypu (modelu fizycznego) konstrukcji ochronnej operatora (rys. 5), którego producentem są Zakłady Mechaniczne BUMAR ŁABĘDY S.A.



Rys.5. Konstrukcja kabiny operatora przeznaczona do badań niszczących [1]

4. Badania niszczące konstrukcji ochronnej operatora

Wyprodukowaną w ZM BUMAR ŁABĘDY S.A. kabinę operatora, po zabudowaniu na ramie wsporczej, poddano badaniom niszczącym w celu weryfikacji wytrzymałościowej jej konstrukcji w zakresie wymagań FOPS. Badania niszczące przeprowadzono w firmie INOVA Centrum Innowacji Technicznych Sp. z o.o. na stanowisku badawczym, którego głównymi elementami były: dźwig, obciążnik oraz układ zwalniania obciążnika (rys. 6).



Rys.6. Stanowisko do badań niszczących konstrukcji ochronnych operatora [1]

Procedura badawcza wymagała wykonania szeregu czynności pozwalających na porównanie wyników badań obiektu przed i po zniszczeniu. W tym celu dokonano pomiarów charakterystycznych punktów konstrukcji kabiny oraz wyznaczono miejsce uderzenia obciążnika (rys. 7).



Rys. 7. Wyznaczanie miejsca uderzenia obciążnika [1]

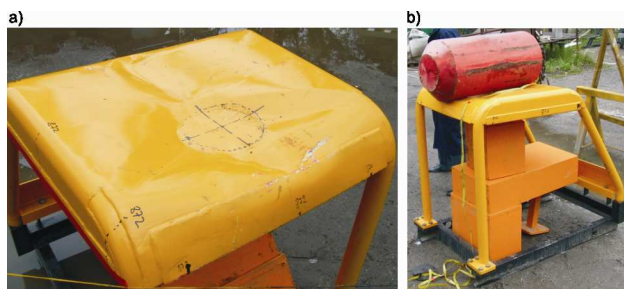
Do badań użyto obciążnik o masie 520 kg, który po swobodnym spadku z wysokości 2,3 m nad powierzchnią poszycia górnego kabiny posiadał energię uderzenia równą 11,73 kJ, czyli nieznacznie wyższą niż wymaga tego norma (11,6 kJ).

Pod konstrukcją ochronną operatora umieszczono makietę przestrzeni DLV, która odwzorowywała przestrzeń zajmowaną przez operatora maszyny (rys. 8).



Rys. 8. Makietę przestrzeni DLV umieszczoną pod konstrukcją ochronną operatora [1]

Po zakończeniu czynności przygotowawczych nastąpiło odpalenie ładunku wybuchowego uruchamiającego mechanizm zwalniania obciążnika. Przebieg prowadzonych badań niszczących rejestrowano za pomocą kamery video. Obciążnik spadając swobodnie, uderzył w poszycie konstrukcji ochronnej w wyznaczone wcześniej miejsce z dokładnością do 20 mm, po czym odbił się i pozostał na poszyciu górnym (rys. 9).



Rys.9. Efekt uderzenia obciążnika w konstrukcję ochronną: a) wgniecenie poszycia górnego, b) obciążnik na poszyciu górnym [1]

W wyniku uderzenia odkształceniom uległo poszycie górne przedmiotowej konstrukcji ochronnej (rys. 10).

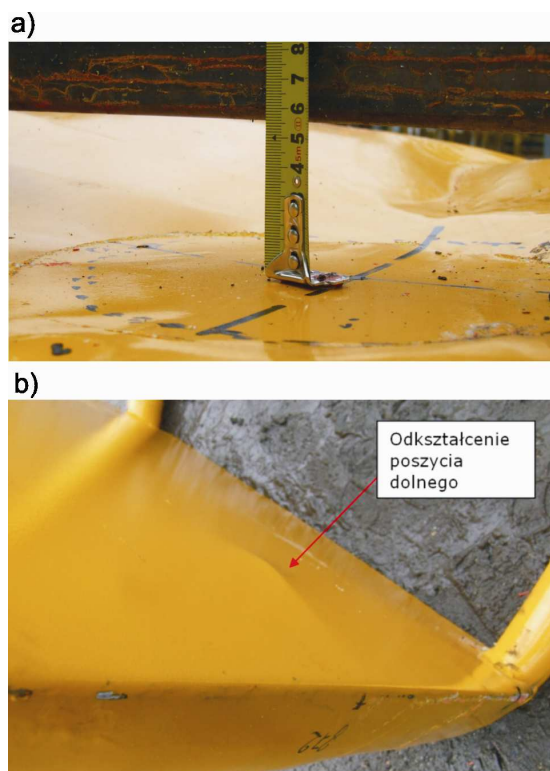
Analiza efektów uderzenia obciążnika wykazała, że wyznaczone przed zniszczeniem punkty charakterystyczne kabiny nie zmieniły swojego położenia. Elementy nośne konstrukcji ochronnej (rury) nie uległy

uszkodzeniu. Po bliższych oględzinach stwierdzono, że na poszyciu dolnym powstał ślad po jednym z żeber nośnych (rys. 11a).

Przeważającą większość obciążenia, pochodzącego od spadającego obciążnika, przejęło poszycie górne oraz uźebrowanie znajdujące się wewnątrz konstrukcji ochronnej. Dokonane pomiary wykazały, że największe odkształcenia poszycia górnego konstrukcji ochronnej znajdowały się w miejscu uderzenia obciążnika i wynosiły 56 mm (rys. 11b).



Rys.10. Odkształcenie poszycia górnego konstrukcji ochronnej [1]



Rys.11. Deformacja: a) poszycia górnego, b) poszycia dolnego konstrukcji ochronnej operatora [1]

Analiza nagrania video wykazała, że w wyniku uderzenia obciążnika żaden element konstrukcji ochronnej nie naruszył przestrzeni ochronnej DLV umieszczonej pod poszyciem dolnym. Przeprowadzone przez specjalistów z Centrum INOVA badania oraz analizy zniszczeń powstałych w wyniku badań niszczących były podstawą do wydania certyfikatu potwierdzającego spełnienie wymagań bezpieczeństwa konstrukcji ochronnej operatora ładowarki górniczej w zakresie FOPS.

5. Podsumowanie

Konstrukcje ochronne maszyn górniczych, budowlanych, rolniczych itp. pełnią istotną funkcję zapewnienia operatorom odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa biernego.

W celu zwiększenia poziomu bezpieczeństwa operatorów maszyn górniczych, producenci coraz częściej wyposażają je w konstrukcje ochronne, które zabezpieczają przed skutkami przewrócenia się oraz uderzenia przez opadające przedmioty, w tym obwały skał stropowych.

Samojezdne maszyny górnicze (SMG), wykorzystywane w technologii drażenia wyrobisk chodnikowych techniką strzelniczą, zgodnie z wymaganiami Dyrektywy Maszynowej, powinny umożliwiać montaż konstrukcji ochronnej. Większość producentów maszyn górniczych standardowo zabudowuje już konstrukcje ochronne operatora.

W ITG KOMAG projektując konstrukcje ochronne operatora dla maszyn górniczych, doskonalone są metody ich weryfikacji wytrzymałościowej. Obecnie dzięki nowoczesnemu oprogramowaniu inżynierskiemu badania niszczące opracowanych konstrukcji ochronnych można ograniczyć do niezbędnego minimum. Proces projektowania weryfikowany na bieżąco obliczeniami numerycznymi, pozwala na obniżenie kosztów procedury certyfikacji i dopuszczenia do pracy w podziemnych wyrobiskach górniczych konstrukcji ochronnych operatora. Takie podejście umożliwiło pozytywną weryfikację wytrzymałościową przedstawionej konstrukcji ochronnej operatora na drodze badań niszczących [15, 16].

Przeprowadzone badania niszczące konstrukcji ochronnej wykazały, że przeważająca część energii uderzenia została przejęta przez poszycie górne i dolne oraz umieszczone pomiędzy nimi uźebrowanie. Zaproponowane cechy konstrukcyjne umożliwiły spełnienie wymagań stawianym konstrukcjom ochronnym w zakresie FOPS.

Pozytywne wyniki badań niszczących konstrukcji ochronnej operatora ładowarki górniczej opracowanej w ITG KOMAG skutkowały wdrożeniem w kopalniach węgla kamiennego.

Literatura

1. Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG.
2. Dokumentacja techniczna nr W19.042.01 kabiny operatora.
3. Kalita M., Prostański D.: Mechanizacja robót w kamiennych wyrobiskach górniczych. KOMTECH 2011, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011 s. 17-28.
4. Kalita M., Prostański D., Wyrobek E.: Konstrukcje ochronne operatora przodkowych maszyn górniczych. Konferencja „Innowacyjne i Bezpieczne Systemy Mechanizacyjne do Eksploatacji Surowców Mineralnych” Zakopane 14-16.11.2006, Tom II, s. 27-36.
5. Karliński J., Rusiński E., Derlukiewicz D.: Numeryczna symulacja crash-testu konstrukcji ochronnych w maszynach górniczych, Przegląd Mechaniczny nr 4/2007, str. 20-26.
6. Norma PN-EN 13510:2004 Maszyny do robót ziemnych. Konstrukcje chroniące przy przewróceniu się maszyny. Wymagania i badania laboratoryjne.
7. Norma PN-EN ISO 3471:2009 Maszyny do robót ziemnych. Konstrukcje chroniące przy przewróceniu się maszyny – Badania laboratoryjne i wymagania techniczne.
8. Norma PN-EN ISO 134627:2002 Maszyny do robót ziemnych. Konstrukcje chroniące przed spadającymi przedmiotami. Wymagania i badania laboratoryjne.
9. Norma PN-EN ISO 3449:2009 Maszyny do robót ziemnych. Konstrukcje chroniące przed spadającymi przedmiotami. Wymagania i badania laboratoryjne.
10. Norma PN-92/G-59001 Samojezdne maszyny górnicze. Konstrukcje chroniące operatora przed obwałami skał. Wymagania i badania.
11. Norma PN-ISO 3164:2009 Maszyny do robót ziemnych. Laboratoryjna ocena konstrukcji ochronnych operatora. Wymagania dotyczące przestrzeni chronionej.
12. Rusiński E., Karliński J.: Wybrane zagadnienia z numerycznych symulacji zniszczenia kabin ochronnych maszyn górniczych, Transport Przemysłowy nr 4(14)/2003, str. 31-35.
13. Rusiński E., Smolnicki T., Karliński J.: Badania symulacyjne bezpieczeństwa kabin ochronnych maszyn górniczych, Przegląd Mechaniczny nr 15/1998, str. 20-25.
14. Tokarczyk J.: Obliczenia dynamiczne MES konstrukcji chroniącej operatora (FOPS), prace nie publikowane KOMAG 2006.

-
15. Winkler T., Bojara S., Tokarczyk J.: Use of reverse engineering method in verification of virtual prototypes. CAMES-Computer Assisted Mechanics and Engineering Science Journal, Vol. 15 (2008) nr 1 s. 67-78.
 16. Winkler T., Tokarczyk J.: Tworzenie wirtualnych prototypów maszyn górniczych. Prace Naukowe

Monografie CMG KOMAG nr 23, Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice 2007 s. 1-106.

Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2013 r.

Analiza wyników oceny stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej w wybranych kopalniach

Streszczenie

To ensure proper safety level of self-propelled mining machines, different types of protective structure are used. The requirements put to them as well as the method for verification of the protection level are included in the standards and legal acts on designing, testing and use of structures protecting operators of mining, construction and agricultural machines, which are cited in the paper. In addition, the results of crash test of mine loader cabin are given.

Summary

The results of analysis of technical condition of powered roof supports used in the selected hard coal mines on the basis of tests realized by KOMAG Institute of Mining Technology.

1. Wprowadzenie

Jednym z istotnych działań podejmowanych przez użytkowników sekcji obudowy zmechanizowanej, celem określenia jej przydatności do dalszego bezpiecznego użytkowania, jest ocena stanu technicznego. Zakres i częstotliwość przeprowadzania oceny regulują przepisy, począwszy od wytycznych Ministerstwa Przemysłu i Handlu z dnia 15.04.1993 [4]. W ostatniej nowelizacji przepisów dotyczących oceny stanu technicznego [2] ustalono, że podstawowym czynnikiem decydującym o trybie postępowania jest rok produkcji sekcji, a nie wskaźnik A_w wyznaczany metodą obliczeniową.

Komisja powoływana przez Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego, w skład której wchodzi obowiązkowo przedstawiciel jednostki notyfikowanej w zakresie obudowy zmechanizowanej, określa zakres oceny stanu technicznego, między innymi na podstawie raportu z analizy przebiegu użytkowania sekcji, Dokumentacji Techniczno – Ruchowej, dokumentacji wykonawczej producenta oraz świadectw jakości elementów hydraulicznych.

Podstawą oceny jest przegląd techniczny kompletu sekcji obudowy, podczas którego, w przypadku zidentyfikowania uszkodzenia elementu sekcji podejmowane są decyzje o remoncie elementu lub ewentualnej wymianie na nowy oraz, w zależności od ustalonego zakresu oceny, typowane są sekcje do badania technicznego. Przeprowadza się również badanie techniczne tych sekcji obudowy, w których przegląd techniczny ujawnił pęknięcia w elementach

podstawowych (w tym pęknięcia spoin). Wyniki przeprowadzonego przeglądu technicznego stanowią istotne źródło informacji dotyczących awaryjności elementów sekcji.

W niniejszej publikacji przedstawiono wyniki analizy awaryjności elementów sekcji na przykładzie ocen stanu technicznego prowadzonych zgodnie z zapisami z nowelizowanych przepisów [2], tzn. od 14.08.2010 do końca 2012 roku, w 9 wybranych zakładach górniczych.

2. Przedmiot badań

Specjaliści Instytutu Techniki Górniczej KOMAG uczestniczyli w ocenach stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej w wytypowanych kopalniach węgla kamiennego oznaczonych w niniejszej publikacji symbolami 1÷9. W analizowanym okresie dokonano 81 ocen stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej [1]. W ramach ocen poddano przeglądowi technicznemu 8233 sekcje obudowy zmechanizowanej oraz badaniu technicznemu 291 sekcji. Liczbę przeprowadzonych ocen stanu technicznego w poszczególnych kopalniach, w zależności od okresu czasu liczonego, zgodnie z [2], od daty wyprodukowania sekcji, przedstawiono w tabeli 1.

W tabeli 2 zestawiono liczbę sekcji poddanych ocenie w poszczególnych kopalniach według czasu od wyprodukowania sekcji.

W wyniku przeprowadzonych przeglądów technicznych stwierdzono pęknięcia spoin w elemen-

tach podstawowych. Zgodnie z obowiązującą procedurą [2], sekcje te zostały dodatkowo poddane badaniu technicznemu, niezależnie od sekcji poddanych badaniu ze względu na liczbę lat od czasu ich produkcji. W tabeli 3 zestawiono informacje o liczbie elementów sekcji, w których zidentyfikowano uszkodzenia spoin oraz liczbie uszkodzonych stojaków i podpór stropnicy.

3. Wyniki badań stanowiskowych

W przypadku, gdy liczba lat od roku produkcji najstarszego elementu podstawowego sekcji przekracza 20 lat, w ramach oceny stanu technicznego przeprowadza się badania sekcji w akredytowanym laboratorium badawczym. Sekcje te są wyznaczane przez komisję podczas przeglądu technicznego.

W wyniku dokonanych ocen stanu technicznego

Liczba ocen stanu technicznego oraz liczba sekcji w zależności od czasu od ich wyprodukowania [Źródło: opracowanie własne]

Tabela 1

	Liczba lat od czasu produkcji sekcji				
	<5	5÷10	10÷15	15÷20	>20
Liczba ocen stanu technicznego	9	1	6	1	64

Zestawienie liczby sekcji ocenianych w poszczególnych kopalniach według czasu od ich wyprodukowania [Źródło: opracowanie własne]

Tabela 2

Kopalnia	Liczba lat od czasu produkcji sekcji				
	<5	5÷10	10÷15	15÷20	>20
1	---	---	---	---	613
2	405	205	---	---	355
3	332	---	---	---	328
4	210	---	---	---	473
5	---	---	---	---	959
6	---	---	---	---	795
7	---	---	---	---	930
8	324	---	---	3	1168
9	158	---	975	---	---
suma	1429	205	975	3	5621

Zestawienie uszkodzeń elementów podstawowych, zidentyfikowanych podczas przeglądu technicznego [Źródło: opracowanie własne]

Tabela 3

Element podstawowy sekcji							
Kopalnia	Spagnica	Łącznik przedni	Łącznik tylny	Ośłona odzawałowa	Stropnica	Stojak	Podpora stropnicy
1	4			1	1	201	202
2	---	---	---	---	---	59	56
3	---	---	---	---	---	528	328
4	---	---	---	---	---	496	211
5	---	---	---	---	---	63	80
6	---	---	---	2	11	561	212
7	1	---	---	18	14	964	617
8	---	---	---	---	---	126	128
9	---	---	---	---	---	63	30
suma	5	---	---	21	26	3061	1864

przekazano do badań w akredytowanym laboratorium badawczym 56 sekcji obudowy zmechanizowanej. Podczas oględzin tych sekcji przeprowadzonych po zakończeniu badań, w 16 przypadkach stwierdzono uszkodzenia elementów podstawowych. Zestawienie

wymienianych stojaków hydraulicznych, podpór stropnicy, przesuwników sekcji oraz pozostałych siłowników hydraulicznych, w odniesieniu do całkowitej liczby poszczególnych rodzajów siłowników poddanych ocenie przedstawiono na rysunkach 1÷4.

Zestawienie uszkodzeń elementów podstawowych, zidentyfikowanych podczas badań stanowiskowych [Źródło: opracowanie własne]

Tabela 4

Kopalnia	Element podstawowy sekcji					Liczba sekcji do badań
	Spąglica	Łącznik przedni	Łącznik tylny	Ośłona odzawałowa	Stropnica	
1	2	---	---	2	---	7
2	---	---	---	1	---	3
3	---	---	---	---	---	2
4	---	---	---	---	---	4
5	1	1	1	1	1	8
6	---	1	---	---	---	9
7	---	1	3	3	1	12
8	---	---	---	---	---	11
suma	3	3	3	7	2	56

liczby uszkodzeń elementów podstawowych zidentyfikowanych po badaniach stanowiskowych ujęto w tabeli 4. Nie obejmuje ono danych odnośnie do sekcji z kopalni 9, ponieważ w trakcie oceny stanu technicznego przeprowadzonej w tej kopalni nie wytypowano żadnej sekcji do badań stanowiskowych.

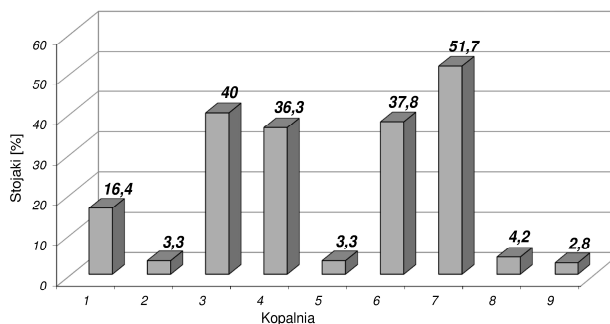
4. Ocena stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej

Przyjęto, że parametrem charakteryzującym stan techniczny kompletu sekcji obudowy zmechanizowanej poddawanego ocenie jest liczba elementów wytypowanych do remontu lub wymiany.

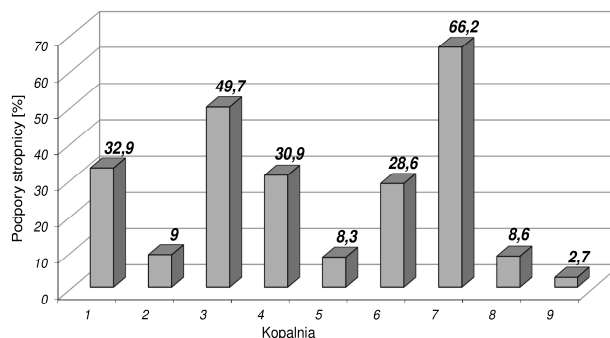
W wyniku przeprowadzonych ocen stanu technicznego, elementy podstawowe zestawione w tabeli 5 zakwalifikowano do remontu w specjalistycznym zakładzie naprawczym lub do wymiany na nowe. Zwraca uwagę duża liczba elementów podstawowych zakwalifikowanych do remontu w kopalni 8. Uszkodzenia powyższe nie powstały jednak w trakcie użytkowania sekcji, ale podczas demontażu sekcji celem wytransportowania elementów na powierzchnię. Jest to sytuacja nietypowa, która w ocenie awaryjności sekcji nie powinna być zatem brana pod uwagę. W przypadku sekcji pochodzących z kopalń 2÷5, żadnego z elementów podstawowych nie zakwalifikowano do remontu.

W tabeli 6 zestawiono analogicznie dane, w odniesieniu do pozostałych elementów konstrukcyjnych, natomiast w tabeli 7, w odniesieniu do elementów układu hydraulicznego.

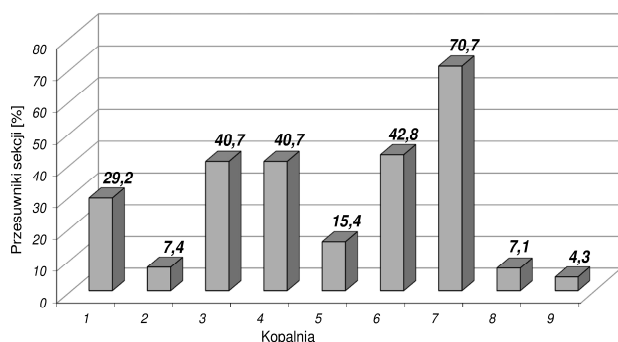
Informacje dotyczące procentowego udziału



Rys.1. Procentowy udział wymienionych stojaków hydraulicznych [Źródło: opracowanie własne]



Rys.2. Procentowy udział wymienionych podpór stropnicy [Źródło: opracowanie własne]



Rys.3. Procentowy udział wymienionych przesuwników

5. Podsumowanie

Podstawowym celem oceny stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej jest określenie możliwości bezpiecznego ich użytkowania w kolejnym wyrobisku, poprzez wskazanie rodzaju i zakresu działań naprawczych. W związku z tym liczbę elementów sekcji wytypowanych do remontu lub wymiany w wyniku przeprowadzonej oceny, można potraktować jako parametr charakteryzujący zgrubnie stan techniczny analizowanego kompletu sekcji obudowy zmechanizowanej.

W niniejszej publikacji zestawiono informacje

Zestawienie elementów podstawowych sekcji przeznaczonych do remontu lub wymiany na nowe [Źródło: opracowanie własne]

Tabela 5

Kopalnia	Element podstawowy sekcji				
	Spągnica	Łącznik przedni	Łącznik tylny	Ośłona odzawałowa	Stropnica
1	4	---	---	1	26
6	---	---	---	5	17
7	1	---	---	20	14
8	33	---	60	27	1
9	1	---	---	---	---
suma	39	---	60	53	58

Zestawienie pozostałych elementów konstrukcyjnych sekcji przeznaczonych do remontu lub wymiany na nowe [Źródło: opracowanie własne]

Tabela 6

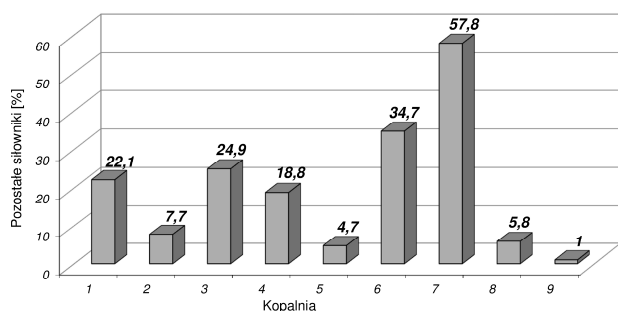
Ośłona boczna stropnicy	Ośłona boczna osłony odzawałowej	Ośłona czoła ściany	Ośłona przejścia	Stropnica wychylno-wysuwna
100	65	118	75	6

Procentowy udział wymienionych elementów hydrauliki sterowniczej i przewodów hydraulicznych [Źródło: opracowanie własne]

Tabela 7

Procentowy udział elementów układu hydraulicznego wymienionych w trakcie oceny	Hydraulika sterownicza [%]			Przewody hydrauliczne [%]		
	0	1÷99	100	0	1÷99	100
Liczba ocen stanu technicznego	16	31	34	7	22	52

sekcji [Źródło: opracowanie własne]



Rys.4. Procentowy udział wymienionych pozostałych siłowników [Źródło: opracowanie własne]

dotyczące liczby elementów sekcji zakwalifikowanych do remontu lub wymiany na podstawie oceny stanu technicznego przeprowadzonej w latach 2010÷2012 w wybranych 9 kopalniach węgla.

Występujące różnice pomiędzy liczbą wymienionych elementów sekcji w poszczególnych kopalniach można interpretować porównując wyniki oceny stanu technicznego, zestawione w tabelach 3÷5 z informacją o liczbie lat liczonych od roku wyprodukowania sekcji. Przykładowo, największą liczbę uszkodzeń odnotowano w kopalni 7, w której wszystkie oceniane sekcje zawierały elementy podstawowe wyprodukowane ponad 20 lat temu, natomiast w kopalniach 2 i 9, w których ocenie poddano znaczącą liczbę sekcji

wyprodukowanych w ostatnich latach, do remontu lub wymiany wytypowano jedynie niewielką liczbę stojaków. Można zatem uznać za zasadne, przyjęte w nowelizacji przepisów [2] uzależnienie liczby sekcji obowiązkowo wytypowanych do badań, od liczby lat liczonych od wyprodukowania najstarszego elementu.

Związek taki, pomiędzy liczbą lat od roku wyprodukowania najstarszego elementu sekcji a wynikami oceny stanu technicznego, nie występuje w przypadku kopalni 1, w której ocenie poddano sekcje wyprodukowane przed ponad 20 laty, a liczba elementów wytypowanych do wymiany w trakcie oceny stanu technicznego nie różni się znacząco od wyników oceny w innych kopalniach. Na taki wynik oceny stanu technicznego sekcji uzyskany w kopalni 1 mogła mieć wpływ większa dbałość o stan techniczny sekcji, przejawiająca się bieżącym usuwaniem usterek zauważonych trakcie eksploatacji ściany. Słuszność powyższego stwierdzenia potwierdzają również wyniki analizy awaryjności elementów układu hydraulicznego sekcji przedstawione w [3].

Wyniki oceny stanu technicznego sekcji przedstawione w niniejszej publikacji są zatem jedynie orientacyjnym parametrem charakteryzującym stan techniczny sekcji. Bardziej precyzyjne określenie awaryjności elementów sekcji jest możliwe dopiero po zebraniu szczegółowych danych dotyczących wymian w trakcie eksploatacji ściany, których ewidencja jest prowadzona przez użytkowników.

Porównując wyniki ocen przedstawione w tabeli 5 i na rysunkach 1-4 można zauważyć, że spośród wszystkich podstawowych elementów sekcji, do remontu zakwalifikowano najwięcej elementów hydrauliki siłowej. Świadczy to o tym, że dotychczas stosowane zabezpieczenia tych elementów przed

korozją i uszkodzeniami mechanicznymi są niewystarczające [1]. W tym celu należy podjąć prace w kierunku lepszego zabezpieczenia hydrauliki siłowej, jak i poprawy jakości wykonania powłok zabezpieczających powierzchnię tłoczysk.

Literatura

1. Protokoły z oceny stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej przeprowadzone przy udziale ITG KOMAG w okresie od 14.08.2010 do końca 2012 roku.
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 25 czerwca 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych. (Dz. U. 2010, nr 126, poz. 855).
3. Szyguła M., Cieślak Z., Gerlich J.: Identyfikacja trwałości stojaków i siłowników wykonawczych stosowanych w sekcjach obudowy zmechanizowanej. *Maszyny Górnicze* 2012, nr 1, s. 14-18.
4. Wytyczne i kryteria oceny stopnia zużycia elementów obudowy zmechanizowanej - Ministerstwo Przemysłu i Handlu, 1993.

Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2013 r.

Nowe rozwiązanie prasy filtracyjnej PFK 570N

Streszczenie

Prezentowana nowa konstrukcja prasy filtracyjnej PFK 570N, przeznaczona do odwadniania drobnoziarnistych produktów wzbogacania w zakładach mechanicznej przeróbki kopalń węgla kamiennego. Opisano rozwiązania konstrukcyjne tej prasy, podano parametry, opisano zmiany wprowadzone względem starej konstrukcji oraz pokazano metodykę projektowania i wykorzystanie narzędzi komputerowych wspomagania procesu projektowania. Określono kierunki dalszych prac modernizacyjnych i rozwojowych pras filtracyjnych projektowanych w ITG KOMAG.

Summary

New design of PFK 570N filtration press for dewatering of fine beneficiation products in hard coal mechanical processing plants in mines is presented. Design solutions of new press and its parameters are given, changes introduced to old design are described as well as designing methodology and use of computer tools aiding the designing are showed. Directions of further modernization and development work in the field of filtration presses designed at the KOMAG Institute of Mining Technology are determined.

1. Wprowadzenie

Prasy filtracyjne stosowane są w procesach przeróbki węgla, przy wzbogacaniu rud, w oczyszczalniach ścieków oraz w przemyśle spożywczym. Ich zaletami są: prosta budowa, wygodna obsługa, łatwy sposób dostosowania parametrów procesu filtracji i automatyzacja pracy.

W zakładach mechanicznej przeróbki węgla prasy filtracyjne stosowane są do odwadniania drobnoziarnistych produktów wzbogacania. Proces filtracji polega na oddzieleniu cieczy od części stałej. Dzięki ciśnieniu wywieranemu na zawieszinę i filtr, ciecz zawarta w zawieszynie przechodzi przez szczeliny filtra, natomiast części stałe pozostają przed filtrem, tworząc placek filtracyjny. Proces filtracji jest złożony i zależny od wielu czynników m.in. od charakterystyki filtrowanej zawiesziny, wywieranego ciśnienia i rodzaju filtra [1, 2, 4].

W procesie filtracji wyróżnić można następujące etapy:

- zamknięcie płyt i docisk,
- napełnianie nadawą,
- utrzymywanie ciśnienia roboczego - właściwa filtracja,
- luzowanie płyt,
- rozsuwanie płyt i usuwanie placków filtracyjnych.

Uzyskiwane wilgotności odwodnionego materiału wynoszą od 33,0 ÷ 80,0% dla osadów pogalwanicznych, do 13,5 ÷ 20,0% dla koncentratów miedzi [7] i 18,0 ÷ 30,0% dla osadów węglowych [6, 7].

Prasy budowane są jako ramowe, komorowe i membranowe. Występują dwa rodzaje konstrukcji - z belkami bocznymi lub z belką górną [5, 7].

W latach siedemdziesiątych XX wieku, w ówczesnym Centralnym Ośrodku Projektowo-Konstrukcyjnym Maszyn Górniczych KOMAG w Gliwicach, opracowano rozwiązania kilku typów pras filtracyjnych, m.in. prasę PF 570. Prasa ta była produkowana i modernizowana wspólnie z Fabryką Maszyn Górniczych Pioma i Rybnickimi Zakładami Naprawczymi, znajdując zastosowanie w większości zakładów mechanicznej przeróbki węgla. Po 40 latach eksploatacji urządzeń, wiele kopalń sygnalizuje potrzebę remontów lub gruntownej modernizacji posiadanych pras. Mając powyższe na uwadze, w ITG KOMAG podjęto prace mające na celu uaktualnienie dokumentacji prasy filtracyjnej PF 570, z zastosowaniem nowych materiałów i elementów, z uwzględnieniem obowiązujących norm, a także z wykorzystaniem doświadczeń z ponad czterdziestoletniej ich eksploatacji.

W pracach projektowych wykorzystano modelowanie 3D, z użyciem programu Autodesk Inventor. Wykonano model prasy PFK 570N oraz dokumentację 2D. Zastosowanie modelowania trójwymiarowego skróciło proces przygotowania dokumentacji oraz stworzyło możliwość analizy kolizji oraz automatycznego generowania widoków i przekroi. Zmniejszyło również liczbę błędów i usprawniło proces projektowania. Przeprowadzono także analizę wytrzymałościową elementów prasy za pomocą Metody Elementów Skończonych (MES).

2. Założenia projektowe

W oparciu o przeprowadzone analizy stosowanych rozwiązań, przyjęto następujące założenia projektowe:

- prasa komorowa z belkami bocznymi,
- docisk płyt hydrauliczny z centralnym siłownikiem,
- rozsuwanie płyt za pomocą mechanizmu łańcuchowego z zamkiem,
- grubość placka: $g=30$ mm,
- liczba płyt filtracyjnych: $i = 170$ oraz 2 stałe,
- wymiar płyty: $1500 \times 1500 \times 55$ mm, powierzchnia czynna jednej płyty: $A=1,8$ m².

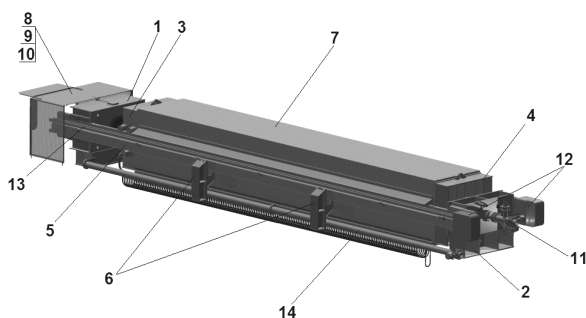
Przyjęto maksymalne ciśnienie w siłowniku wynoszące 40 MPa oraz maksymalne ciśnienie nadawy 1,5 MPa.

Jako opcje przyjęto:

- przedmuch placka,
- przepłukiwanie placka.

3. Konstrukcja prasy

Na rysunku 1 przedstawiono model 3D prasy PFK 570N. Urządzenie składa się z głowicy stałej z cylindrem (1), z którą powiązana jest głowica ruchoma (3), opierająca się na belkach (5). Belki podparte są wspornikami (6).



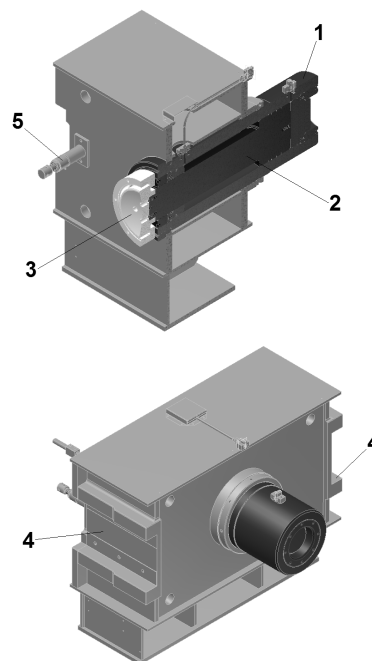
Rys.1. Model 3D prasy filtracyjnej PFK 570N [7]

Po przeciwległej stronie prasy znajduje się głowica stała z przegubem (2) oraz powiązana z nią głowica przegubowa (4). Pomiędzy głowicami: ruchomą i przegubową, znajdują się płyty filtracyjne (7) wraz z tkaniną filtracyjną. Płyty opierają się swobodnie na belkach, po których mogą się przesuwać. Po stronie głowicy ruchomej znajduje się agregat hydrauliczny (8) i część napędowa (9) układu rozsuwania płyt, obudowane osłoną (10). Po stronie głowicy przegubowej znajduje się układ doprowadzenia nadawy (11) i naciąg (12) układu rozsuwania płyt. Płyty rozdzielane są bezpośrednio mechanizmem rozsuwania (13). Prasa może być wyposażona w instalację przemywania placka filtracyjnego (14).

3.1. Głowica stała z cylindrem

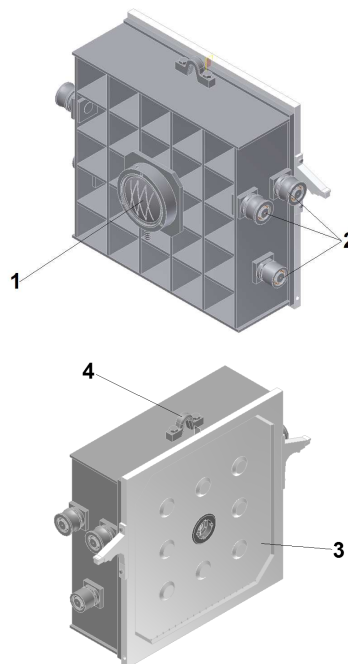
Głowica stała (rys.2), jest przestrzenną konstrukcją spawaną, z centralnie umieszczonym siłownikiem

hydraulicznym (1). Do tłoka (2) siłownika zamocowana jest nakładka oporowa (3), z powierzchnią sferyczną. Umożliwia to kompensację luzów i błędów położenia głowicy ruchomej. Po bokach głowicy znajdują się gniazda (4) do mocowania belek. Głowica stała posiada zderzaki (5) ograniczające ruch głowicy ruchomej. Skok siłownika wynosi 600 mm, zaś średnica tłoka 320 mm.



Rys.2. Głowica stała z cylindrem [7]

3.2. Głowica ruchoma



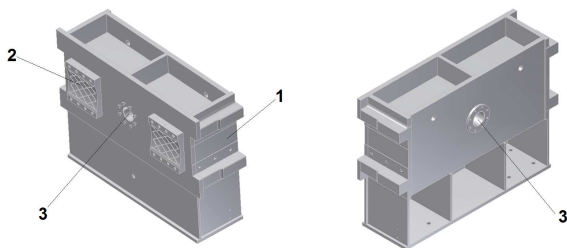
Rys.3. Głowica ruchoma [7]

Głowica ruchoma (rys. 3), jest przestrzenną konstrukcją spawaną, ze sferyczną powierzchnią (1)

współpracującą z nakładką oporową siłownika oraz rolkami (2), poruszającymi się po belkach nośnych prasy. Po stronie przeciwległej do powierzchni sferycznej, głowica posiada płytę filtracyjną skrajną (3). W górnej części głowicy znajduje się uchwyt transportowy (4).

3.3. Głowica stała z przegubem

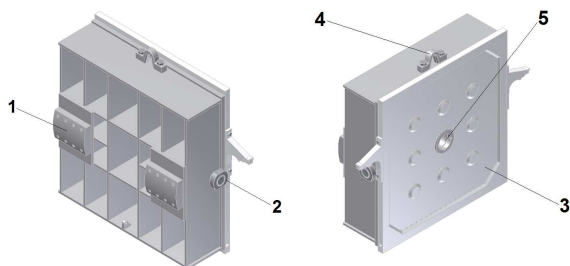
Głowica stała z przegubem (rys. 4), jest przestrzenną konstrukcją spawaną, wyposażoną w gniazda mocowania belek (1) oraz dwa gniazda przegubów (2), które umożliwiają wahadłowy ruch głowicy przegubowej. W centralnej części głowicy znajduje się otwór (3), którym transportowana jest nadawa.



Rys.4. Głowica stała z przegubem [7]

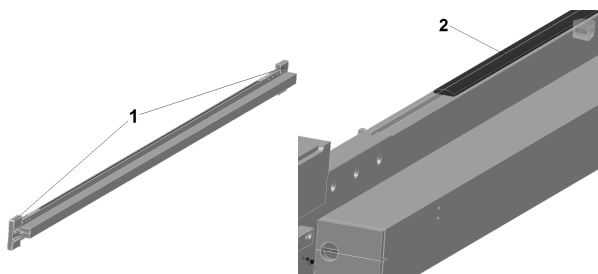
3.4. Głowica przegubowa

Głowica przegubowa (rys. 5), jest przestrzenną konstrukcją spawaną, z przegubami (1) i wahaczami (2), umożliwiającymi kompensację pionowych odchyłeń płyt filtracyjnych. Częścią głowicy jest płyta filtracyjna skrajna (3). Na górnej powierzchni głowicy zamocowany jest uchwyt transportowy (4). W centralnej części głowicy znajduje się otwór (5), którym transportowana jest nadawa.



Rys.5. Głowica przegubowa [7]

3.5. Belki



Rys.6. Belka [7]

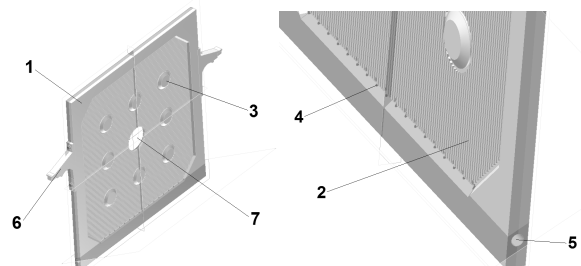
Belki (rys. 6), są głównymi elementami nośnymi. Są przestrzenną konstrukcją spawaną, z wypustami (1) wchodzącymi w gniazda w głowicach oraz z powierzchnią ślizgową (2) dla płyt filtracyjnych. Belki są mocowane do głowicy stałej z cylindrem i stałą z przegubem.

3.6. Płyty filtracyjne

Płyta filtracyjna (rys. 7), złożona jest z głównej płyty (1) z rowkami (2), powierzchniami oporowymi (3), otworami spływowymi (4) i głównym kanałem (5) odprowadzającym odsącz oraz uchwytów (6), na których płyta opiera się na belkach. W centralnej części płyty znajduje się otwór (7), którym transportowana jest nadawa.

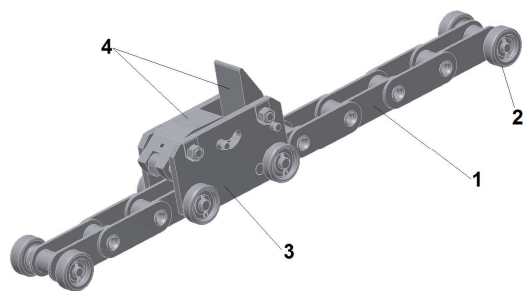
Płyta filtracyjna wyposażona jest w tkaninę filtracyjną. Dobór tkaniny przeprowadza się dla konkretnej nadawy i charakterystycznych warunków dla danej kopalni. Wstępnie założono stosowanie tkanin PT911 lub SPT77, jako często obecnie stosowanych w zakładach mechanicznej przeróbki węgla [7].

Ze względu na duże ciśnienie nadawy wynoszące 1,5 MPa, zasadne jest wykorzystanie dodatkowej warstwy wzmacniającej, umieszczonej między płytą, a tkaniną, np. tzw. "podkoszulek" SP22 OFTIM.



Rys.7. Płyta filtracyjna [7]

3.7. Układ rozsuwania płyt



Rys.8. Mechanizm rozsuwania płyt [7]

Układ rozsuwania płyt składa się z silnika hydraulicznego, reduktora zębatego, kół łańcuchowych, mechanizmu rozsuwania płyt oraz naciągu. Mechanizm rozsuwania płyt (rys. 8), składa się z łańcucha (1) z rolkami bocznymi (2) oraz wózka (3) z zaczepami (4). Podczas ruchu zaczepy rozsuwają płyty. Dosunięcie odsuwanej płyty filtracyjnej do poprzedniej wywołuje

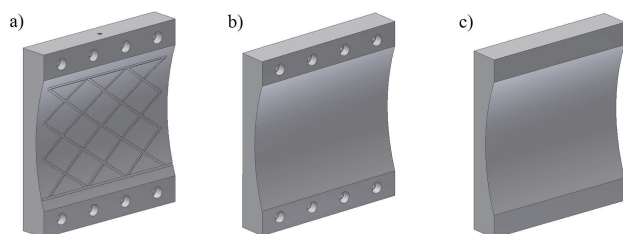
wzrost obciążenia, co jest sygnałem dla układu do zmiany kierunku ruchu.

Napęd z silnika hydraulicznego, zasilanego z głównego agregatu hydraulicznego prasy, przenoszony jest poprzez reduktor zębaty, na koła łańcuchowe. Długość łańcuchów jest dobierana według ilości płyt i długości belek tak, by wózek mógł poruszać się w całym zakresie płyt filtracyjnych. Aby zmniejszyć masę, ciągną odpowiadające za naciąg są wykonane z linek stalowych, zaś koła nawrotne są kołami linowymi. Do napędu dobrano silnik hydrauliczny o mocy 1 kW i ciśnieniu pracy 5 MPa.

4. Modelowanie 3D w procesie projektowania prasy

W celu przeprowadzenia analiz wytrzymałościowych utworzono uproszczony model prasy. Część symulacji przeprowadzono dla modelu z 25 płytami, ze względu na bardzo długi czas symulacji dla kompletnego modelu.

Wprowadzone uproszczenia wynikały również ze znacznych gabarytów urządzenia oraz dużej liczby elementów. Usunięto wszystkie elementy nieistotne z punktu widzenia wytrzymałości konstrukcji prasy. Stopień wykonanych uproszczeń uzależniono od rodzaju wykonywanych analiz. W przypadku analiz pojedynczych elementów, uproszczenia były mniejsze, natomiast w analizach całości konstrukcji prasy – większe (rys. 9). W modelu pominięto również nadlewy spoin [3].



Rys.9. Uproszczenie modelu płyty oporowej przegubu: a) pierwotna postać płyty, b) postać płyty do analizy pojedynczego przegubu, c) postać płyty do analizy całej konstrukcji prasy [7]

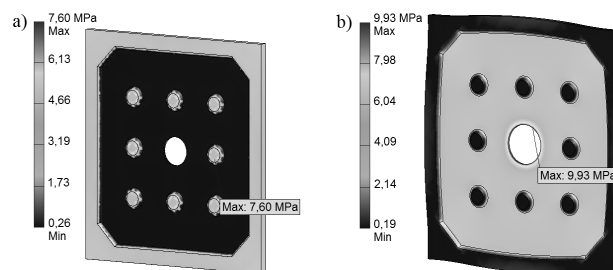
5. Analizy wytrzymałościowe

Obliczenia wytrzymałościowe Metodą Elementów Skończonych (MES) wykonano w programie Autodesk Inventor. Obliczenia podzielono na kilka etapów. W pierwszym etapie wykonano analizy pojedynczych, głównych elementów prasy, zaś w kolejnych zakres analiz rozszerzano o poszczególne zespoły, aż do analizy całości konstrukcji prasy.

5.1. Analizy głównych elementów prasy

W pierwszej kolejności wykonano analizy głównych elementów prasy, decydujących o poprawnej pracy: płyt filtracyjnych, elementów oporowych przegubów

występujących w głowicach oraz elementów siłownika. W modelach wprowadzono niewielkie uproszczenia. W celu zwiększenia dokładności zastosowano zagęszczenie siatki podziałowej.



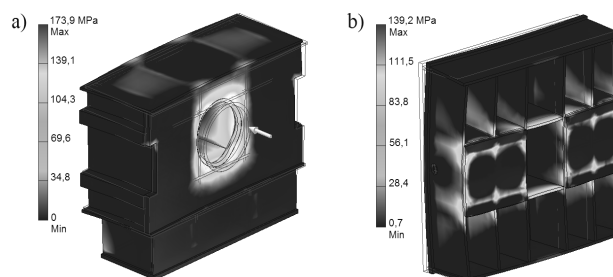
Rys.10. Wyniki analizy płyty filtracyjnej: a) naprężenia pochodzące od zadanej siły ściskającej (pochodząca od siłownika), b) naprężenia pochodzące od zadanej siły ściskającej i ciśnienia pochodzącego od nadawy, wynoszącego 1,5 MPa [7]

Na rysunku 10 przedstawiono przykładowe wyniki analiz płyt filtracyjnych, przy różnych rodzajach obciążeń. Rysunek 10a przedstawia płytę obciążoną jedynie siłą ściskającą, natomiast rysunek 10b – obciążoną dodatkowo od ciśnienia nadawy 1,5 MPa. W celu symulacji warunków zbliżonych do rzeczywistych użyto pakietu płyt połączonych ze sobą. Następnie "ukryto" wszystkie płyty, poza jedną, znajdującą się na środku pakietu, w stosunku do której zastosowano lokalne zagęszczenie siatki podziałowej.

Na tym etapie prac wykonano również analizy elementów oporowych przegubów występujących w głowicach oraz elementów siłownika. Ich przebieg był analogiczny jak w przypadku płyt filtracyjnych.

5.2. Analizy zespołów prasy filtracyjnej

W kolejnym etapie wykonano analizy poszczególnych zespołów prasy. Objęto nimi: wszystkie głowice prasy, belki nośne oraz zespół siłownika z tłoczyskiem. Na rysunku 11 pokazano przykładowe wyniki analiz głowic prasy.



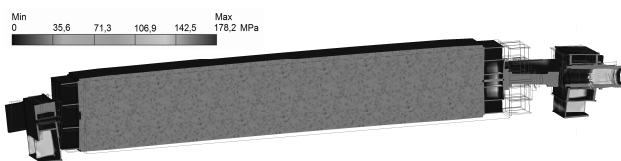
Rys.11. Przykładowe analizy poszczególnych zespołów prasy: a) głowica stała z cylindrem, b) głowica przegubowa [7]

Zastosowane modele charakteryzowały się większym stopniem uproszczenia niż w przypadku analiz opisanych w punkcie 5.1. Przyjęto siatkę podziałową o mniejszym zagęszczeniu, ze względu na większą złożoność modelu. Wyniki były bardziej zbliżone do stanu rzeczywistego niż w przypadku analiz pojedynczych elementów. Jest to efektem lepszego odwzoro-

wania rozkładu sił na poszczególnych elementach i występowania odkształceń elementów współpracujących ze sobą.

5.3. Analiza całości konstrukcji prasy

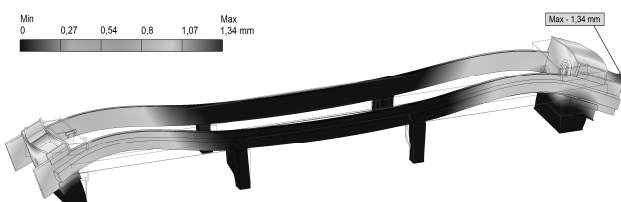
Do celów analizy całej konstrukcji prasy zastosowano model o największym stopniu uproszczenia. Ze względu na możliwości programu Autodesk Inventor, zastąpiono zestaw płyt jednolitym modelem, o odpowiadających mu wymiarach (rys. 12). Pozwoliło to na szybkie wykonanie analiz i uzyskanie wyników o wymaganej dokładności.



Rys.12. Wyniki analizy całości konstrukcji prasy [7]

Modelowi nadano wiązania odpowiadające przytwierdzeniu prasy do podłoża. Obciążenia na konstrukcję zadano w postaci nacisków powierzchniowych, na wewnętrzne ściany siłownika. Wartość nacisków powierzchniowych wynosiła 40 MPa i odpowiadała maksymalnemu ciśnieniu czynnika roboczego zasilającego siłownik.

Uzyskane w wyniku analizy informacje były szczególnie cenne, ponieważ uwzględniały oddziaływanie pomiędzy poszczególnymi zespołami prasy. Podstawowym skutkiem tych oddziaływań są niekontrolowane odkształcenia konstrukcji prasy oraz dodatkowe naprężenia. Na rysunku 13 pokazano rozkład odkształceń występujących w głowicach stałych i belkach nośnych.



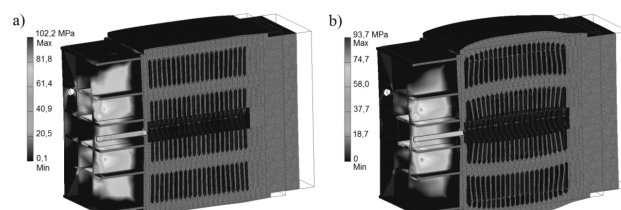
Rys.13. Odkształcenia w głowicach i belkach bocznych prasy [7]

Poszukiwano rozwiązań zmierzających do zmniejszenia niekontrolowanych odkształceń w konstrukcji prasy, a tym samym do zmniejszenia naprężeń. Jednym z rozwiązań jest częściowe upodatnienie konstrukcji prasy, na przykład poprzez zapewnienie jednej z głowic oraz wspornikom swobody ruchu w ograniczonym zakresie, w kierunku działania siły pochodzącej od siłownika. Daje to możliwość kontrolowanego odkształcenia sprężystego belek nośnych i zapobiega niekontrolowanym odkształceniom głowic.

5.4. Analiza wpływu wartości ciśnienia nadawy na rozkład wartości naprężeń w głowicach

Wykonano również dwie serie analiz, które dotyczyły głowic bezpośrednio sąsiadujących z płytami filtracyjnymi, w zestawieniu z kilkoma skrajnymi płytami (rys. 14).

W pierwszej kolejności wykonano analizę zadaną siłą ściskającą płyty. Odpowiadała ona sile wywołanej przez siłownik. Pozwoliło to na uzyskanie informacji o rozkładzie wartości naprężeń i odkształceń, jakie występują w czasie zamykania prasy (rys. 14a). Następnie dodano obciążenie w postaci nacisku powierzchniowego, na wewnętrzne ściany płyt filtracyjnych, odpowiadające wartości ciśnienia nadawy podawanej do prasy. Dla tak obciążonego modelu przeprowadzono serię symulacji, zmieniając wartość nacisku powierzchniowego w zakresie od 0 do 2 MPa. Na podstawie uzyskanych wyników określono wpływ wartości ciśnienia nadawy na rozkład wartości naprężeń i odkształceń w głowicach. Wyznaczono również przybliżoną wartość ciśnienia nadawy, przy której może nastąpić rozszczelnienie prasy. Przy wartości ciśnienia ok. 1,6 MPa stwierdzono możliwość utraty spójności pomiędzy krawędziami płyt filtracyjnych.



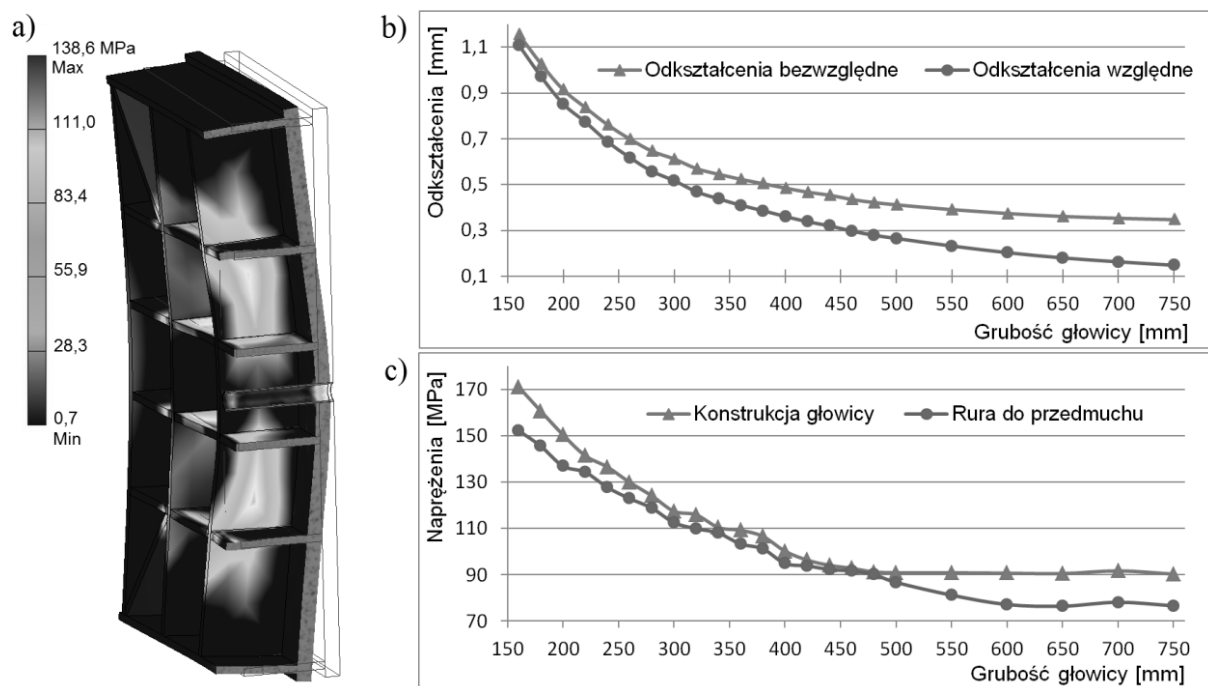
Rys.14. Analiza głowicy ruchomej w zestawieniu z płytami filtracyjnymi: a) zadaną siłą ściskającą, b) zadaną siłą ściskającą i ciśnieniem 1,5 MPa pochodzącym od nadawy [7]

Z tego względu wartość ciśnienia nadawy 1,5 MPa traktować należy jak maksymalną, zaś prasa powinna pracować przy mniejszym ciśnieniu, rzędu 1,2 ÷ 1,4 MPa.

5.5. Analiza naprężeń i przemieszczeń w głowicy w funkcji jej grubości

Do celów analizy użyto modelu opisanego w punkcie 5.4. Głowicę obciążono siłą ściskającą oraz zadano obciążenie odpowiadające maksymalnej wartości ciśnienia nadawy - 1,5 MPa. Przeprowadzono serię symulacji, w których kolejno zmieniano grubość głowicy w zakresie od 160 do 750 mm. Wyniki analiz dla głowicy ruchomej przedstawiono na rysunku 15.

W czasie analiz wykorzystano funkcję parametryzacji modelu. Polega ona na połączeniu pliku modelu 3D z plikiem arkusza kalkulacyjnego, w którym definiuje się poszczególne parametry, przypisane do odpowiednich wymiarów modelu. Dzięki temu, zmieniając wartości parametrów w arkuszu, można sterować dowolnymi wielkościami modelu.



Rys.15. Wyniki analiz: a) model głowicy (grubość 220 mm), b) odkształcenia krawędzi głowicy, c) naprężenia w rurze do przedmuchu i w konstrukcji głowicy [7]

Wielkościami rejestrowanymi w czasie analiz były wartości odkształcenia krawędzi głowicy (rys. 15a) oraz występujące wartości naprężenia (rys. 15b). W przypadku odkształceń wyróżniono odkształcenia bezwzględne oraz względne, odniesione do powierzchni głowicy, do której przylegają płyty filtracyjne. Naprężenia rejestrowano dla konstrukcji nośnej głowicy oraz dla rury doprowadzającej powietrze do przedmuchu. Wynikało to z funkcji jakie pełnią oba elementy (zadaniem konstrukcji nośnej jest przenoszenie obciążeń, natomiast rura ma za zadanie doprowadzenie powietrza do komór filtracyjnych i powinna być obciążona w jak najmniejszym stopniu).

6. Zakres modernizacji

Na podstawie przeprowadzonych symulacji, analizy konstrukcji i analiz wytrzymałościowych, stwierdzono potrzebę:

- wzmocnienia konstrukcji głowicy stałej i ruchomej, szczególnie w rejonie cylindra hydraulicznego,
- zmniejszenia odkształceń belek prasy, poprzez upodatkowanie wybranych elementów, np. poprzez zapewnienie wspornikom lub głowicy stałej z przegubem możliwości przesuwu w ograniczonym zakresie,

Porównanie bazowej prasy PF570 ze zmodernizowaną prasą PFK 570N [7]

Tabela 1

Wielkość/cecha	PF570	PFK570N
liczba płyt	151+2 skrajne	170+ 2 skrajne
rozmiar płyty	1500 x 1500 x 62 mm	1500 x 1500 x 55 mm
materiał płyty	żeliwo/tworzywo sztuczne	polipropylen
masa płyty	630 kg/90 kg	80 kg
objętość komór	7,35 m ³	9,23 m ³
całkowita powierzchnia filtracyjna	576 m ²	613,8 m ²
masa prasy	127000 kg/40000 kg	40000 kg
ciśnienie nadawy	0,9 MPa	nominalnie 1,2÷1,4 MPa, maks. 1,5 MPa
ciśnienie zasilania siłownika	32 MPa	40 MPa
wymiary LxSxH	14965 x 2710 x 1675 mm	14590 x 2706 x 1690
mechanizm rozsuwania płyt	łańcuchowy z napędem hydraulicznym	łańcuchowo-linowy, napęd hydrauliczny z reduktorem zębatym

- zmniejszenia masy urządzenia,
- uproszczenia mechanizmu rozsuwania płyt i zastoso-
wania łańcuchów o mniejszym rozmiarze,
- zastosowania kontroli położenia płyt filtracyjnych
za pomocą dedykowanego układu elektronicznego/
optycznego,
- eliminacji głowicy przegubowej z amortyzatorem
oraz przegubów na głowicy stałej,

Dla poprawy bezpieczeństwa użytkowania zasadne jest zastosowanie automatycznego wyłączania prasy w przypadku stwierdzenia obecności osób w niebezpiecznej odległości. Systemy takie są coraz częściej stosowane w prasach filtracyjnych [7].

W tabeli 1 przedstawiono porównanie parametrów bazowej prasy PF570 ze zmodernizowaną prasą PFK 570N.

7. Podsumowanie

W ramach przeprowadzonych prac wykonano projekt prasy filtracyjnej PFK 570N. Wykonano modele 3D elementów prasy do analiz wytrzymałościowych oraz dokumentację techniczną urządzenia. Przeprowadzono analizy wytrzymałościowe elementów. Dobrano parametry pracy prasy, takie jak: ilość płyt, objętość komór oraz ciśnienia nadawy i siłownika docisku. Przygotowany projekt umożliwia jego elastyczne dostosowanie do wymagań klientów, poprzez możliwość zastosowania różnych tkanin, płócien wzmacniających oraz układów przemywania i przedmuchu.

Literatura

1. Battalia A.: Odwadnianie produktów wzbogacania i obiegi wodne płuczek. Wydawnictwo Górniczo-Hutnicze. Katowice 1963.
2. Blaschke S., Blaschke W.: Technika wzbogacania węgla, skrypt uczelniany nr 658, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 1979.
3. Jankowski Ł., Garczyński Z., Czartoryski B. i inni: Opracowanie linii do gięcia belki czołowej wózka jezdnego wagonu kolejowego. Projektowanie i konstrukcje inżynierskie, 2012 nr 4 (55) s. 18-25.
4. Leszczyński S.: Filtracja w przemyśle. WNT. Warszawa 1972.
5. Nawrocki J.: Budowa i eksploatacja maszyn do odwadniania produktów wzbogacania. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice, 1975.
6. Pyc A., Giemza H., Gruszka G., Lenartowicz M.: Odwadnianie flotokoncentratu węgla koksowego w prasach filtracyjnych komorowo – membranowych, Górnictwo i Geologia 2011, Tom 6, Zeszyt 2.
7. Tomas A., Matusiak P., Kwaśny K.: Nowe rozwiązanie prasy filtracyjnej typu KOMAG przeznaczonej do odwadniania produktów wzbogacania. ITG KOMAG, Gliwice 2012. (materiały nie publikowane).

Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2013 r.

Upowszechnianie informacji o bezpiecznych metodach pracy

Streszczenie

W artykule przedstawiono przegląd dostępnych źródeł informacji o bezpiecznych metodach pracy, ze szczególnym uwzględnieniem górnictwa węgla kamiennego. Opisywane rozwiązania zobrazowano przykładami rozwiązań opracowanych w Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii ITG KOMAG. Omówiono sposoby przekazywania wiedzy o bezpiecznych metodach pracy, stosowane poza głównym nurtem szkoleń, obowiązkowych i wymaganych przepisami prawa, z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy.

Summary

Available sources of information about safe work methods are reviewed, with a special attention paid to the hard coal mining industry. Described solutions are explained on the example of projects completed at the Laboratory of Modelling Methods and Ergonomics at the KOMAG Institute of Mining Technology. Methods for transfer of knowledge about safe work methods, used out of the main, obligatory and required by legal regulations training system on work safety, are discussed.

1. Wprowadzenie

Zastosowanie komputerowych metod w kształtowaniu bezpiecznych warunków pracy może przybierać różne formy. Techniki komputerowe stosuje się obecnie we wszystkich fazach cyklu życia maszyn, podczas eksploatacji zasobów naturalnych do oceny opłacalności prowadzonych działań, a także w celu optymalizacji i planowaniu działań transportowych w aspekcie poprawy bezpieczeństwa. W gałęziach przemysłu wysokiego ryzyka, do jakich zalicza się górnictwo węgla kamiennego, szczególną rolę odgrywa proces szkolenia, rozumianego zarówno jako sposób na pozyskanie określonego zasobu wiedzy, ale także, co szczególnie ważne, umiejętności. Proces szkolenia, z uwagi na dużą liczbę zagrożeń naturalnych i technicznych w miejscu pracy, powinien być kształtowany umiejętnie. Liczba zagrożeń oraz inne uwarunkowania związane z realizacją prac w podziemnych zakładach górniczych wymuszają konieczność stosowania zaawansowanych metod i form przekazu wiedzy, wykorzystujących najnowsze rozwiązania informatyczne. Opracowanie metody wykorzystywania narzędzi informatycznych w procesie kształcenia pracowników zakładów górniczych, wymaga identyfikacji dostępnych źródeł wiedzy, a następnie, na podstawie zidentyfikowanych grup szczególnie narażonych na zdarzenia wypadkowe, odpowiedniego wyboru komputerowych metod wspomagających proces szkolenia.

2. Internet jako źródło informacji o BHP

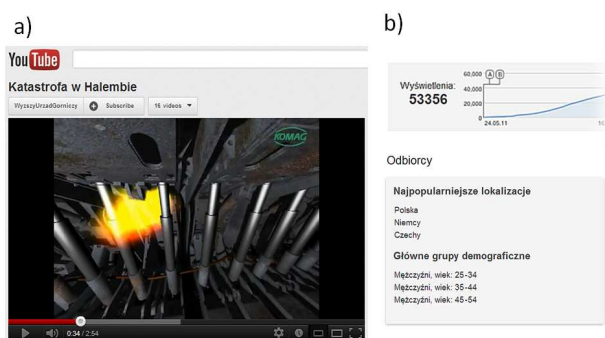
Dostępne środki przekazu pozwalają na dowolne kształtowanie przekazu i dostarczanie informacji o dobrych praktykach, aktualnych informacjach związanych z legislacją oraz innych informacji

z szeroko pojętej tematyki bezpieczeństwa pracy. Podstawowe i najbardziej aktualnie rozpowszechnione medium przekazu informacji stanowi Internet. W zakresie rozwiązań sieciowych możliwe jest stosowanie typowych rozwiązań informatycznych w postaci baz danych i baz wiedzy [2]. Cennym źródłem informacji mogą być zasoby Międzynarodowej Organizacji Pracy (ang. International Labour Organization) [9], która posiada w swoich zasobach m.in. takie bazy jak: LEGOSH [10], CISDOC [11]. LEGOSH to baza tekstów legislacyjnych w zakresie bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia, obejmująca aktualnie 160 krajów. CISDOC to baza bibliograficzna zawierająca około 70.000 cytatów dokumentów dotyczących wypadków i chorób zawodowych, a także opisujących sposoby zapobiegania im. Z polskich źródeł informacji należy wymienić portal wiedzy o BHP – Centralnego Instytutu Ochrony Pracy (CIOP) [8], czy branżowy portal Wyższego Urzędu Górniczego (WUG) prezentujący min. najlepsze praktyki i wzory - BHP w górnictwie [13]. Inny kanał informacyjny to media społecznościowe, bazujące na współdziałaniu grup użytkowników i polegające na wymianie informacji oraz innych mediów (np. filmów, zdjęć, prezentacji), jak również umożliwiające użytkownikom pozostawanie w stałym kontakcie [1]. Działania mające na celu upowszechnianie wiedzy o bezpiecznych metodach pracy wykorzystują min. takie organizacje jak: Finnish Institute of Occupational Health (FIOH), czy Europejska Agencja Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy (EU-OSHA). Organizacje te wykorzystują takie narzędzia, jak Twitter (do publikowania, krótkich wpisów tekstowych), Facebook (do organizowania grup o podobnych zainteresowaniach), kanały informacyjne RSS (publikowanie informacji o nowościach na stronach WWW). Także polskie instytucje rozpowszechniają informacje

z zakresu bezpieczeństwa z wykorzystaniem Internetu. Przykładowo WUG prowadzi kanał informacyjny w serwisie YouTube, gdzie prezentuje wizualizacje zaistniałych wypadków i inne materiały filmowe. Ta forma prezentacji informacji cieszy się dużym zainteresowaniem odbiorców. Dla przykładu film przedstawiający rekonstrukcję wypadku zaistniałego w KWK „Halemba”, opracowany w ITG KOMAG, zanotował ponad 53 000 odsłon (dane z 01.2013) – rysunek 1. Inne z opracowanych w ITG KOMAG materiałów cieszą się podobnym zainteresowaniem:

- „Typowe wypadki górnicze cz. 1” – 47,837 wyświetleń w ciągu 12 miesięcy,
- „Typowe wypadki górnicze cz. 2” – 38,620 wyświetleń w ciągu 12 miesięcy,
- „Metan zawsze groźny” – 28,022 wyświetleń w ciągu 12 miesięcy,
- „Instrukcja kombajnu KSW 1500” – 6,848 wyświetleń w ciągu 12 miesięcy,
- „Alkohol w pracy cz. 1” – 4,232 wyświetleń w ciągu 10 miesięcy,
- „Alkohol w pracy cz. 2” – 2,696 wyświetleń w ciągu 10 miesięcy.

Jak wynika z przedstawionych na rysunku 1b danych, materiał filmowy obrazujący przebieg wypadku w KWK „Halemba” najczęściej odtwarzano w Polsce, następnie kolejno w Niemczech oraz w Republice Czeskiej. Narzędzia analityczne dostępne w serwisie internetowym YouTube pozwalają także na przybliżone określenie grupy wiekowej odbiorców. Dla omawianego przykładu rekonstrukcji katastrofy w KWK „Halemba”, materiał najczęściej odtwarzali mężczyźni w wieku 25 – 34 lat.

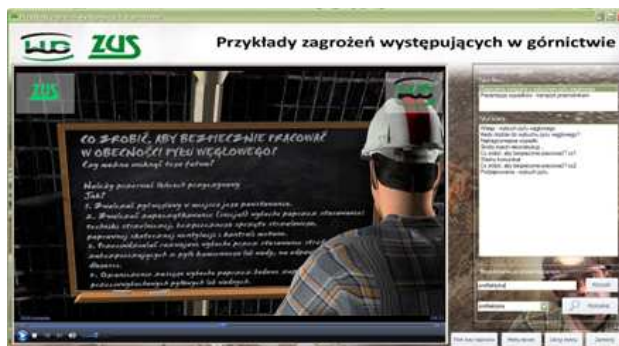


Rys.1. Film pt.: „Katastrofa w Halembie” odtwarzający przebieg wypadku zamieszczony w kanale informacyjnym WUG, w serwisie YouTube: a – widok filmu zamieszczonego w serwisie internetowym YouTube, b – statystyki dotyczące wyświetlania filmu dostarczane przez serwis YouTube [15]

3. Technologie multimedialne formą rozpowszechniania informacji o BHP

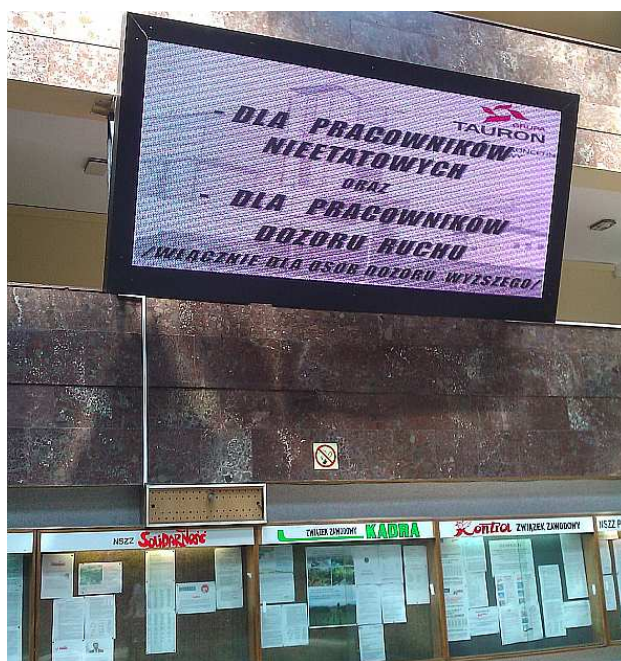
Równolegle ze źródłami internetowymi, stosowane są sposoby upowszechniania informacji o bezpiecznych metodach pracy oparte o rozwiązania tradycyjne jak np. rozpowszechnianie materiałów multimedialnych

na płytach DVD dołączanych do ogólnopolskich dzienników. W roku 2012 Zakład Ubezpieczeń Społecznych przeprowadził akcję informacyjną, w ramach której opracowano materiały informacyjne dotyczące bezpieczeństwa pracy podczas prowadzenia robót budowlanych [14] oraz materiały, w postaci filmów szkoleniowych, opisujące zagrożenia występujące w górnictwie, rysunek 2.



Rys.2. Widok okna programu prezentującego zagrożenia występujące w górnictwie. Materiały opracowane przez ITG KOMAG na zlecenie ZUS [Źródło: opracowanie własne]

W przypadku materiałów informacyjnych dotyczących górnictwa, płyty z programem dołączono do Gazety Wyborczej (wydanie dla woj. śląskiego) oraz do dodatku branżowego Trybuna Górnicza [12]. Idea oddziaływania tego rodzaju akcji nie opiera się jedynie na chęci dotarcia bezpośrednio do górników, ale także do ich rodzin i otoczenia (nakład w sumie ponad 130 000 tys. egz.). Celem było poinformowanie i wspieranie we wdrażaniu bezpiecznych metod pracy.



Rys.3. Ekran do prezentacji treści multimedialnych w ZG Janina [7]

Inną formą rozpowszechniania i prezentacji materiałów informacyjnych dotyczących bezpiecznych metod pracy i rekonstrukcji zaistniałych wypadków jest

odtworzenie materiałów multimedialnych z wykorzystaniem dużych ekranów w miejscach, gdzie załoga gromadzi się lub w często uczęszczanych przejściach [3]. Takie rozwiązania stosowane są m.in. w ZG Janina, gdzie opracowywane materiały multimedialne są stałym elementem szkoleń BHP, i są wyświetlane na telebimie w cechowni, rysunek 3.



Rys.4. Rekonstrukcje przebiegu wypadków śmiertelnych zaistniałych w KGHM S.A. – opracowanie ITG KOMAG [Źródło: opracowanie własne]

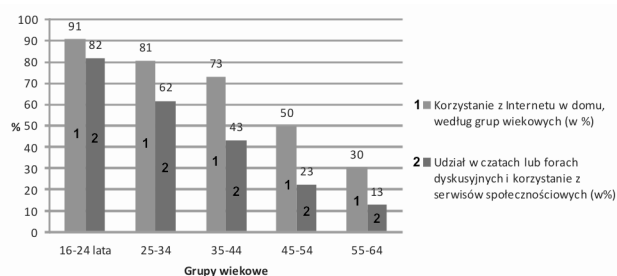
Kompleksowe rozwiązanie w postaci systemu połączonych ekranów wykorzystywane jest w KGHM Polska Miedź S.A., gdzie w ramach prowadzonej od

2012 roku akcji „Masz na to wpływ, nie idź na skróty” prezentowano m. in. krótkie filmy informacyjne o zaistniałych wypadkach. Kanał informacyjny – KGHM TV – wykorzystywany jest głównie do prezentacji informacji z życia kopalni, ale również na ekranach prezentowano krótkie, 30 sekundowe rekonstrukcje zaistniałych zdarzeń wypadkowych, rysunek 4.

Jak wynika z przedstawionej analizy, aktualnie stosowane są bardzo zróżnicowane formy upowszechniania bezpiecznych metod pracy [4]. Opisywane przykłady dotyczą głównie branży górniczej, i jak można zauważyć, cechuje je duże zróżnicowanie form przekazu, przyjazne zarówno dla młodych odbiorców, jak i doświadczonych pracowników.

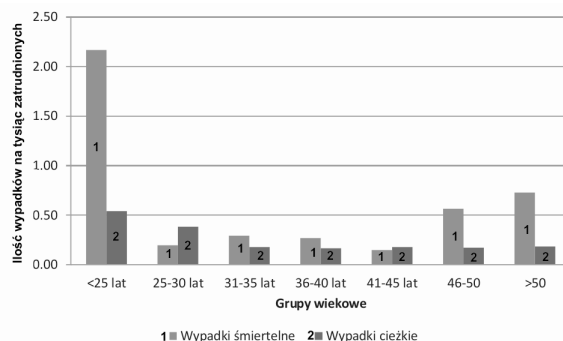
4. Podsumowanie

Wymienione źródła informacji o bezpiecznych metodach pracy w znakomitej większości bazują na uniwersalnym sposobie komunikacji jakim jest Internet. Można jednak zauważyć, że powszechność wykorzystania tej formy komunikacji jest różna, w różnych grupach wiekowych. Na rysunku 5 przedstawiono procentowe zestawienie korzystania z Internetu przez różne grupy wiekowe i ich zaangażowanie w korzystanie z mediów społecznościowych.



Rys.5. Zestawienie procentowe wykorzystywania Internetu przez poszczególne grupy wiekowe [6]

Bezwarunkowe ukierunkowanie na nowoczesne formy komunikacji, może stać się jednak barierą, która w pewnym zakresie może ograniczyć dostęp do wiedzy, szczególnie dla osób, które nie potrafią w pełni wykorzystywać Internet-u. Na rysunku 6 przedstawiono zestawienie dotyczące ilości zaistniałych zdarzeń wypadkowych, w odniesieniu do poszczególnych grup wiekowych.



Rys.6. Zestawienie liczby zdarzeń wypadkowych na tysiąc zatrudnionych w odniesieniu do poszczególnych grup wiekowych [5]

Z uwagi na brak dostępu do źródeł pozwalających prześledzić zmienność liczności poszczególnych grup wiekowych i stażowych w analizie oparto się na dostępnych danych z 2006 roku.

Jak można zaobserwować na rysunku 6, to właśnie w grupach wiekowych do 25 lat i powyżej 46 roku życia dochodzi do największej liczby wypadków. Każda z tych grup wiekowych w naturalny sposób charakteryzuje się różnymi oczekiwaniami i możliwościami w zakresie pozyskiwania wiedzy. Dla młodszej części odbiorców naturalną formą przekazu będzie Internet, osoby starsze ciągle preferują formy bierne takie jak prezentacja materiału na telebimie. Oczekiwania każdej z grup ciągle rosną, i należy ciągle doskonalić jakość prezentowanych materiałów w każdym z prezentowanych kanałów. Ciągłe pozostaje szereg nie wykorzystanych technologii, które mogą zmienić sposób postrzegania informacji o szeroko pojętym BHP, jako informacji nudnych i oderwanych od rzeczywistości. Zdaniem autora kierunkiem rozwoju przedstawionych rozwiązań będzie integracja i ścisłe powiązanie z infrastrukturą sieciową zakładu górniczego. Opracowywane systemy, w oparciu o centralne bazy wiedzy, oferować mogą różne formy prezentacji wiedzy – przeznaczone dla różnych grup wiekowych i stanowisk pracy.

Literatura

1. Farin K.: Media społecznościowe i ich wpływ na komunikację w obszarze bhp. Bezpieczeństwo Pracy – Nauka i Praktyka, 9/2011, s. 22 - 24.
2. Szczepanowska B.: Upowszechnianie informacji o bhp za pomocą elektronicznych baz danych. Bezpieczeństwo Pracy – Nauka i Praktyka, 1/2012, s. 20 - 22.
3. Winkler T., Tokarczyk J., Michalak D.: Methods and tools for shaping of safety in the coal mining industry. W: Materiały 22nd World Mining Congress & Expo, vol.I, Istanbul 11-16 September 2011, s. 129-134.
4. Winkler T. i in.: Historia, stan aktualny i perspektywy wykorzystania grafiki komputerowej w modelowaniu i wizualizacji zagrożeń na stanowiskach pracy w górnictwie. W: Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2011, Kraków 21-25 lutego 2011. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 2011, s. 1598-1609.
5. Informacja Rządu w sprawie sytuacji górnictwa węgla kamiennego ze szczególnym uwzględnieniem bezpieczeństwa pracy. Warszawa styczeń 2007 (online), www.mg.gov.pl/NR/...4982.../tekstSejm_50107_2_pdf (14 stycznia 2013)
6. Społeczeństwo informacyjne w Polsce. Wyniki badań statystycznych z lat 2007-2011. GUS, Warszawa 2012 (online), http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/PUBL_nts_spolecz_inform_w_polsce_2007-2011.pdf (14 stycznia 2013).
7. Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG.
8. <http://www.ciop.pl/> (14 stycznia 2013)
9. <http://www.ilo.org/global/lang-en/> (14 stycznia 2013).
10. http://www.ilo.org/dyn/cisdoc2/cismain.browseLego.sh?p_lang=en (14 stycznia 2013).
11. <http://www.ilo.org/dyn/cisdoc/cismain.home> (14 stycznia 2013).
12. <http://www.nettg.pl/news/105889/multimedia-gornicze-zagrozenia-na-dvd> (14 stycznia 2013).
13. http://www.wug.gov.pl/index.php?main/najlepsze_praktyki (14 stycznia 2013)
14. <http://www.zus.pl/default.asp?p=4&id=422> (14 stycznia 2013).
15. <http://www.youtube.com/watch?v=WggsWUlgYfU> (14 stycznia 2013).

Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2013 r.

Mgr inż. Sławomir Bartoszek
Mgr inż. Jerzy Jagoda
Dr inż. Joanna Rogala-Rojek
Mgr inż. Jerzy Jura
Dr inż. Mariusz Latos
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Zmodernizowany system monitoringu konstrukcji obiektów wielkopowierzchniowych

Streszczenie

W artykule przedstawiono zmodernizowany, innowacyjny system monitoringu stanu nośności konstrukcji obiektów wielkopowierzchniowych. System dedykowany jest do obiektów takich, jak pawilony handlowe, hale przemysłowe, magazyny oraz pawilony wystawiennicze, pracujących w warunkach zwiększonego obciążenia w okresie zimowym (śnieg i lód). System opracowano w ITG KOMAG po badaniach na wybranym obiekcie i analizach wyników, jak również wymagań sformułowanych przez użytkowników i wykonawców systemu. Opisano projekt nowego rejestratora, będącego elementem systemu, umożliwiającego rejestrację sygnału z czujników strunowych.

Summary

Modernized, innovative system for monitoring the load-bearing condition of large-surface objects is presented. The system is intended for objects such as shopping centres, industrial halls, warehouses and exhibition pavilions, which are used in winter (increased load caused by snow and ice). The system has been developed at the KOMAG Institute of Mining Technology after tests carried out on the selected object and analyses of test results as well as considering the requirements formulated by the users and manufacturers of the system. A design of new recorder, which is a part of the system, enabling recording the signal from string sensors, is described.

1. Wstęp

System monitoringu elementów konstrukcji wielkopowierzchniowych został zaprojektowany, wykonany i zamontowany w hali badawczej ITG KOMAG w 2009 roku. Przeszedł on serię testów potwierdzających jego prawidłową funkcjonalność. W trakcie testów systemu na bieżąco analizowano wymagania rynkowe stawiane systemom monitoringu konstrukcji w Polsce.

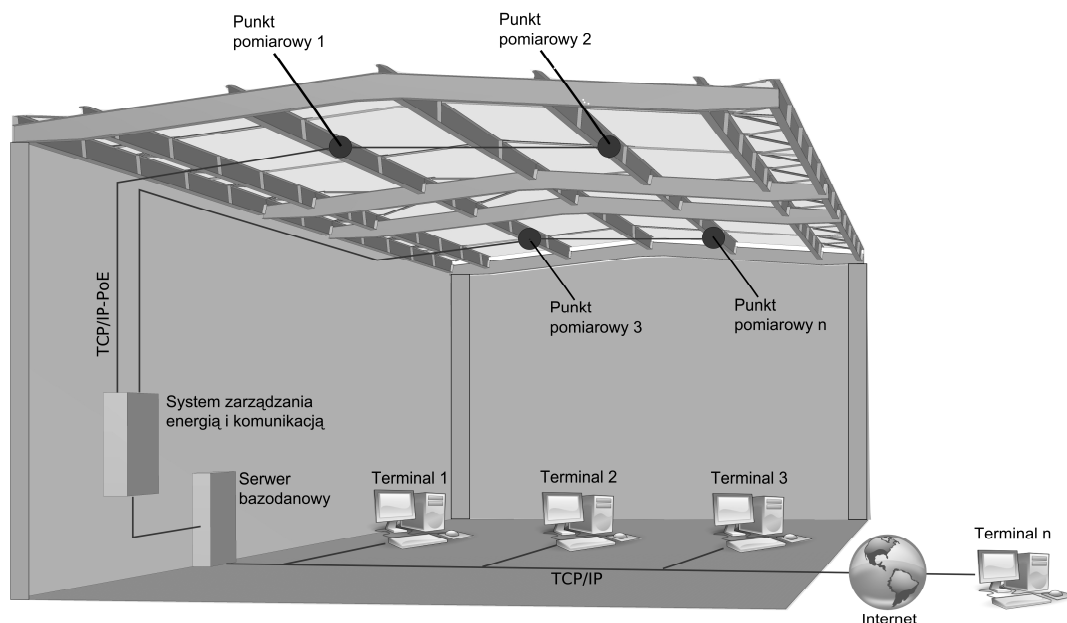
Można stwierdzić, że wyraźnie wzrasta zainteresowanie systemami monitoringu konstrukcji, w tym powierzchni dachów. Standardem staje się przewidywanie, już na etapie projektu budowlanego, montażu systemów monitoringu konstrukcji w nowo budowanych obiektach wielkopowierzchniowych. Wynika to z rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. „W sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać i ich usytuowanie” [4] „Budynki użyteczności publicznej z pomieszczeniami przeznaczonymi do przebywania znacznej liczby osób, takie jak: hale widowiskowe, sportowe, wystawowe, targowe, handlowe, dworcowe powinny być wyposażone, w zależności od potrzeb, w urządzenia do stałej kontroli parametrów istotnych dla bezpieczeństwa konstrukcji, takich jak: przemieszczenia, odkształcenia i naprężenia konstrukcji” (§ 204 pkt.7). Wymagania stawiane systemom monitoringu elementów konstrukcji nowo powstających obiektów budowlanych w głównej

mierze związane są z zastosowaniem konkretnego typu czujników zapewniających długotrwałą niezawodność systemu monitoringu (okres eksploatacyjny, dochodzący nawet do 30 lat).

Postanowiono zatem dostosować poszczególne elementy systemu monitoringu opracowanego w KOMAG-u do współpracy z dodatkowymi typami czujników. W trakcie modernizacji systemu zwrócono również uwagę na poprawę bezpieczeństwa transmitowanych danych pomiarowych w strukturze sieciowej. Zaimplementowano obsługę magistrali komunikacyjnej CAN. Przeprowadzona modernizacja zapewnia zgodność systemu monitoringu z wymaganiami rynkowymi, dzięki czemu oferowany system zaprojektowany w ITG KOMAG jest konkurencyjny w stosunku do innych rozwiązań dostępnych na polskim rynku.

2. Opis systemu bazowego

Bazowy system monitoringu konstrukcji obiektów użytkowych wykorzystuje do pomiarów odkształceń technikę tensometrii oporowej oraz umożliwia pomiar wybranych parametrów środowiskowych. Rozbudowana wersja systemu wykorzystuje dodatkowo metodę pomiaru odkształceń elementów konstrukcji, opartą na odczycie częstotliwości rezonansowych drgającej struny, w zależności od jej naprężenia.



Rys.1. System monitoringu konstrukcji [1]

Na głównych elementach nośnych obiektu instalowana jest sieć czujników mierzących wielkości charakteryzujące stan konstrukcji. Ideę działania systemu przedstawiono na rysunku 1.

Dane z czujników pomiarowych, przetwarzane są przez układy pomiarowe, a następnie przesłane do aplikacji klienckiej, zainstalowanej w komputerze administratora. Całość transmisji kontrolowana jest przez system zarządzania energią i komunikacją, który z odpowiednią częstotliwością odczytuje dane z czujników [2].

Stan monitorowanego obiektu wizualizowany jest przez aplikację COMOS [1]. Możliwe jest np. przedstawienie w postaci procentowej wartości ugięcia poszczególnych elementów konstrukcji, w odniesieniu do wartości granicznych. W zależności od potrzeb wizualizowane mogą być również odpowiednie wartości wielkości charakteryzujących czynniki środowiskowe (np. temperatura) [2].

Dzięki analizowanym w module wizualizacji danym administrator otrzymuje informacje na temat trendów zjawiska oraz stanu obecnego monitorowanego obiektu. Sprawdzanie granicznych stanów nośności polega na ocenie, czy w każdym miarodajnym przekroju (elementie) konstrukcji, przy każdej kombinacji oddziaływań obliczeniowych, nie są przekraczane dopuszczalne wartości odkształceń. System generując informacje na temat obciążenia wybranych elementów nośnych monitorowanej konstrukcji nie umożliwia jednak pozyskania pełnej informacji o stanie nośności obiektu, która powinna być wynikiem analizy przeprowadzonej przez ekspertów [2].

3. Zakres modernizacji bazowego systemu monitoringu

W odpowiedzi na wymagania stawiane przez inwestorów obiektów wielkopowierzchniowych zintegrowano istniejący system z wymaganymi typami czujników. Rozbudowa systemu bazowego związana była z modyfikacją części sprzętowej, którą wyposażono dodatkowo w moduły rejestrujące dane pomiarowe oraz przesyłające je do serwera danych. Oprócz modyfikacji sprzętowych zmodyfikowano również oprogramowanie o dodatkowe moduły pozwalające na analizę oraz prezentację danych odczytanych z czujników.

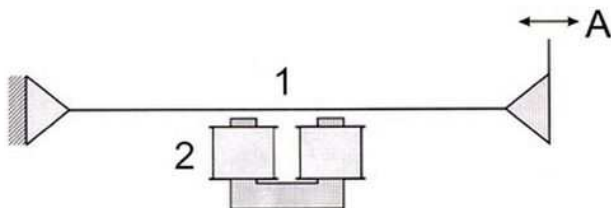
3.1. Wyznaczanie naprężenia za pomocą pomiaru częstotliwości drgającej struny

Wyznaczenie naprężenia za pomocą czujników strunowych dokonywane jest pośrednio z zależności pomiędzy drganiami własnymi struny, a jej naprężeniem. W celu odczytu aktualnego stanu naprężenia konstrukcji z zainstalowanego na niej czujnika strunowego należy na jego wejście podać impuls o odpowiedniej wartości (w celu pobudzenia struny do drgań). Impuls ten zostaje doprowadzony do zacisków elektromagnesu czujnika, który pobudza do drgań strunę, następnie dokonywany jest odczyt sygnału odpowiedzi z tych samych zacisków elektromagnesu.

Na rysunku 2 przedstawiono budowę przetwornika strunowego. Składa się on z elektromagnesu 2 oraz drgającej struny 1. Elektromagnes jest umieszczony w połowie długości struny, odległość między jego nabiegunkami a struną (zwykle 0,5-2 mm) umożliwia ich współdziałanie. Zmiany wartości wielkości mierzonej przekształcane są na zmiany naciągu struny

"A", co powoduje zmianę częstotliwości jej drgań własnych.

Mechaniczne drgania struny przetwarzane są na drgania elektryczne za pomocą elektromagnesu. Wielkością wyjściową przetwornika strunowego jest częstotliwość drgań. W celu inicjacji, potrzebne jest krótkotrwałe wyprowadzenie struny ze stanu równowagi. Realizowane jest to za pomocą elektromagnesu, do którego końcówek doprowadzany jest elektryczny impuls zamieniany w mechaniczny impuls wzbudzający [3].



Rys.2. Metoda pomiaru odkształcenia za pomocą drgającej struny: 1 – drgająca struna, 2 – elektromagnes [5]

Przetwornik strunowy nie jest urządzeniem funkcjonującym samodzielnie - do przeprowadzenia pomiarów konieczne jest połączenie jego końcówek z wejściem urządzenia pomiarowego - zapewniającego wykonanie całego cyklu pomiarowego od podania impulsu wzbudzającego do pomiaru częstotliwości sygnału wyjściowego [3]. Realizuje to zaprojektowany moduł rejestratora czujników strunowych.

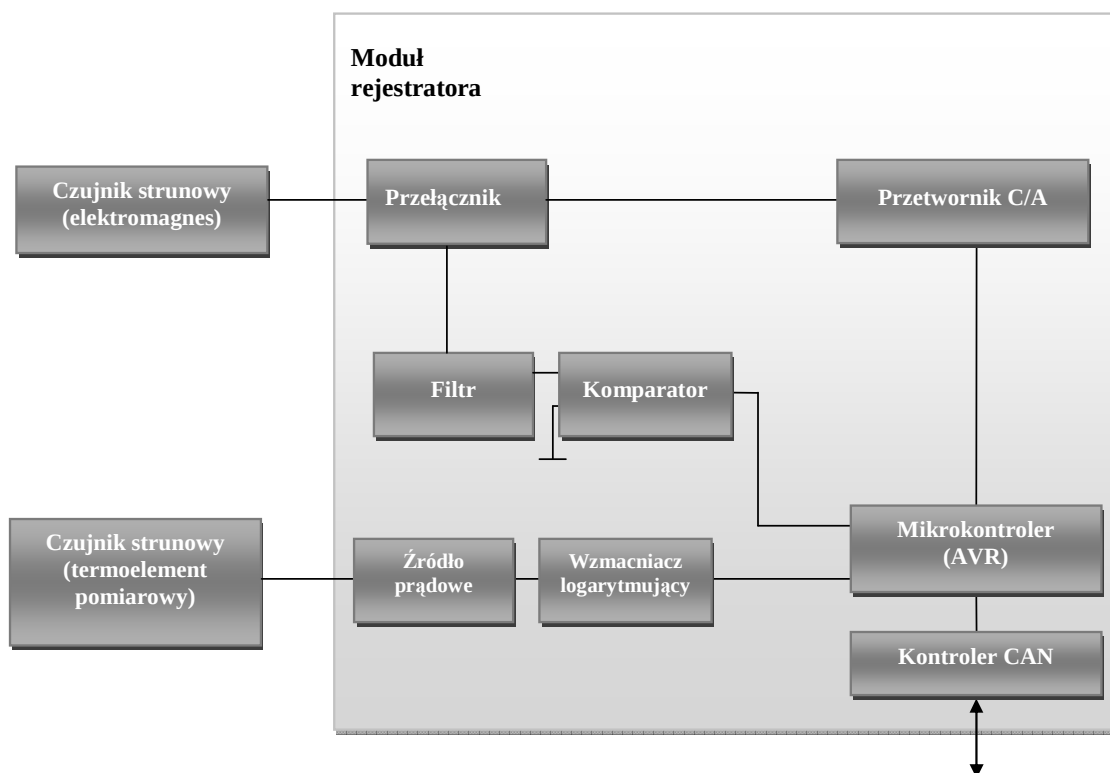
3.2. Budowa modułu rejestratora

Do sterowania procesem wzbudzenia i odczytu drgań z czujnika strunowego zastosowano mikrokontroler z rodziny AVR. Do przesyłu danych pomiarowych do układów zewnętrznych wykorzystano magistralę CAN. Po podaniu sygnału pobudzającego na zaciski elektromagnesu układ oczekuje na odpowiedź. W przypadku braku odpowiedzi parametry sygnału wzbudzającego zostają zmienione i procedura odczytu dokonywana jest ponownie.

Na rysunku 3 przedstawiono schemat blokowy kanału pomiarowego układu elektronicznego rejestratora czujnika strunowego. W skład schematu wchodzi centralna jednostka sterująca, (którą jest mikrokontroler z rodziny AVR), przetwornik cyfrowo-analogowy, wraz z przełącznikiem realizujące wzbudzenie czujnika strunowego, filtr oraz komparator, źródło prądowe oraz wzmacniacz logarytmujący służący do odczytu elementu termooaktywnego zainstalowanego w czujniku strunowym.

Sygnał wzbudzający stosowany z czujnika strunowego generowany jest z użyciem mikrokontrolera oraz przetwornika cyfrowo-analogowego. Sygnał wyjściowy z przetwornika wzmacniany jest we wzmacniaczu operacyjnym i przesyłany bezpośrednio do czujnika poprzez klucz MOSFET-owy.

Dzięki odpowiedniemuysterowaniu tranzystorów MOSFET przez mikrokontroler możliwy jest odczyt



Rys. 3. Schemat blokowy modułu rejestratora [źródło: opracowanie własne]

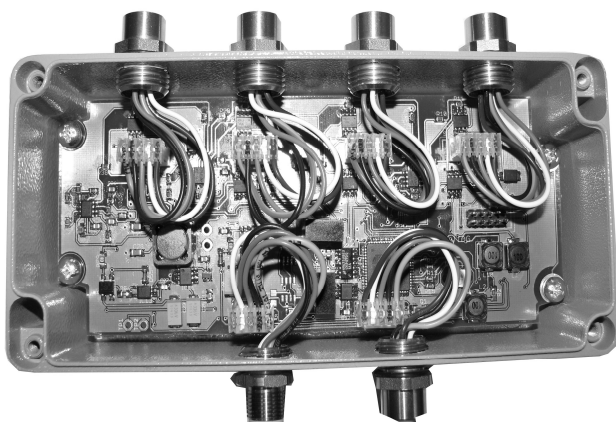
odpowiedzi czujnika strunowego na zadane wymuszenie. Odbierany sygnał podawany jest na filtr aktywny w celu separacji zakłóceń pochodzących z sieci zasilającej.

Po filtracji sygnał podawany jest na komparator realizujący weryfikację przejścia sygnału przez stan „zerowy”. Wyjście komparatora podłączone jest do wejścia mikrokontrolera, gdzie zliczane są odpowiedzi komparatora i wyznaczana częstotliwość odpowiedzi czujnika strunowego.

Cały układ zasilany jest napięciem pochodzącym z sieci CAN. Napięcie transponowane jest na wartości zapewniające zasilanie reszty układów przez układ stabilizatorów.

W czujniku strunowym znajduje się termistor, z którego sygnał podawany jest do przetwornika AC mikrokontrolera.

Moduł rejestratora wykonano na dwuwarstwowej płytce PCB (rys. 4). Całość układu umieszczono w obudowie aluminiowej (rys. 5). Połączenie fizyczne modułu rejestratora z czujnikami oraz elementami zewnętrznymi zrealizowano z wykorzystaniem złącz M12.



Rys.4. Obudowa rejestratora – płytka PCB
[źródło: opracowanie własne]



Rys.5. Obudowa rejestratora [źródło: opracowanie własne]

3.3. Algorytm odczytu sygnału z czujnika

W mikrokontrolerze zaimplementowano program obsługi magistrali komunikacyjnej CAN z protokołem CANopen. Z jednostki nadrzędnej do modułu rejestratora, poprzez magistralę CAN wysyłane będą polecenia odczytu danych z czujnika. Algorytm procesu odczytu sygnału z czujnika pokazano na rysunku 6.

Mikrokontrolerysterowuje tranzystory MOSFET tak, aby dane mogły zostać wysłane do czujnika. Mikrokontroler wysyła dane do przetwornika cyfrowo-analogowego w celu wygenerowania na jego wyjściu przebiegu pobudzającego. Po upływie określonego czasu t_G mikrokontrolerysterowuje tranzystory MOSFET w celu odczytu odpowiedzi z czujnika strunowego. W przypadku braku odpowiedzi mikrokontroler zwiększa wzmocnienie na wzmacniaczu przed komparatorem i ponawia próbę odczytu.

W przypadku braku odpowiedzi mikrokontroler zmienia parametry sygnału wzbudzającego i procedura jest powtarzana do momentu otrzymania odpowiedzi z czujnika strunowego. Następnie zostaje obliczona częstotliwość odpowiedzi czujnika strunowego na podstawie ilości przejść sygnału przez „zero” w określonym czasie. Obliczona częstotliwość jest wykorzystana przez mikrokontroler do obliczenia naprężenia na podstawie wzoru (1), a następnie do obliczenia wartości odkształcenia z wzoru (3) (wartość otrzymana po podstawieniu obliczonej wartości naprężenia do zależności (2)).

$$\sigma = f^2 \cdot 4 \cdot l^2 \cdot \gamma \quad (1)$$

gdzie:

- f – częstotliwość rezonansowa struny [Hz],
- l – długość struny [m],
- γ – gęstość materiału z którego wykonana jest struna [kg/m^3].

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (2)$$

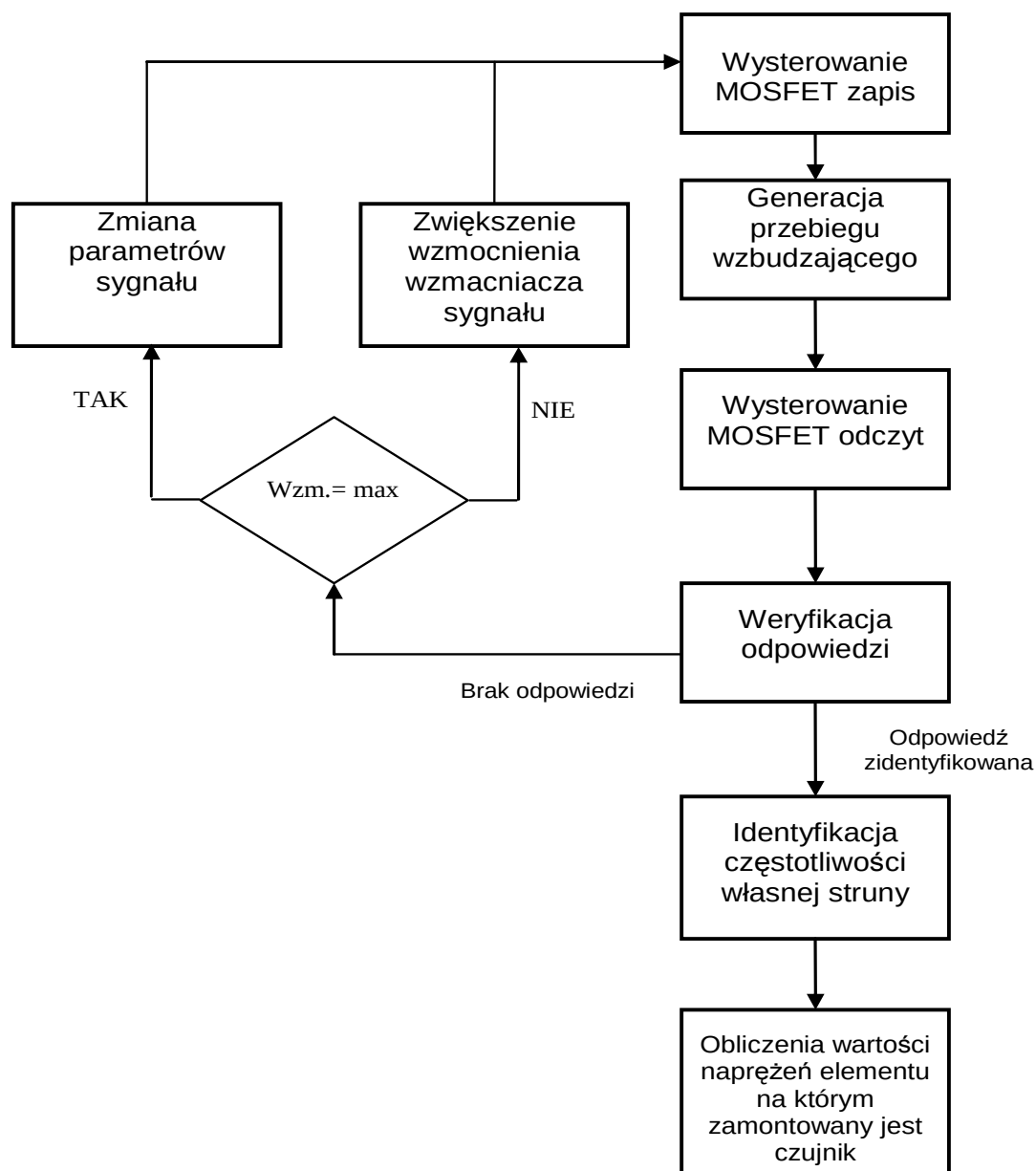
gdzie:

- E – moduł Younga [Pa],
- ε – odkształcenie.

$$\varepsilon = \frac{f^2 \cdot 4 \cdot l^3 \cdot \gamma}{E} \quad (3)$$

gdzie:

- f – częstotliwość rezonansowa struny [Hz],
- l – długość struny [m],
- γ – gęstość materiału z którego wykonana jest struna [kg/m^3],
- E – moduł Younga [Pa].



Rys.6. Algorytm procesu odczyt sygnału z czujnika [źródło: opracowanie własne]

4. Podsumowanie

System monitoringu elementów konstrukcji wielkopowierzchniowych zaprojektowany w ITG KOMAG zamontowany w hali badawczej Instytutu, eksploatowany jest od 4 lat. Badania przeprowadzone w trakcie funkcjonowania systemu potwierdzają jego założoną funkcjonalność.

W czasie projektowania systemu bazowano na metodzie pomiaru odkształceń z wykorzystaniem tensometrii oporowej. Zdecydowano się na rozbudowę systemu o rejestrator czujników strunowych.

Po dokonaniu niezbędnych analiz wykonano schemat układu. Wykonano płytki PCB oraz zbudowano testowy model rejestratora. Wykonano testy potwierdzające prawidłowe zaprojektowanie i rozmieszczenie poszczególnych elementów rejestratora.

Opracowano również algorytm procesu odczytu sygnałów z czujnika strunowego.

Zmodernizowana wersja systemu monitoringu konstrukcji jest kompatybilna z wymaganiami rynkowymi stawianymi przez inwestorów nowo powstających obiektów budowlanych.

Instalacja systemu monitoringu elementów konstrukcji wielkopowierzchniowych zapewnia:

- zwiększenie bezpieczeństwa eksploatacyjnego obiektu,
- zmniejszenie kosztów utrzymania obiektu,
- stałą kontrolę nad stanem obciążeń konstrukcji,
- monitoring obiektu w dowolnym miejscu, gdzie dociera sieć Internet,
- ostrzeganie przed zbliżaniem się wartości obciążeń do stanu krytycznego,

- archiwizację danych pomiarowych w celu analizy lub określenia trendów,
- zintegrowane zarządzanie energią elektryczną zasilającą sieć pomiarową, umożliwiające obniżenie kosztów eksploatacji systemu.

Literatura

1. Bartoszek S., Jagoda J., Rogala J., Stankiewicz K., Woszczyński M.: System monitoringu stanu obciążeń konstrukcji wielkopowierzchniowych, *Maszyny Górnicze* 2009 nr 3. s. 6-10.
2. Bartoszek S., Jagoda J., Rogala-Rojek J., Jendrysik, Woszczyński M: System monitoringu elementów konstrukcji wielkopowierzchniowych, *Przemysł Zarządzanie Środowisko* 0/2010.
3. Kanciruk A.: Urządzenia do pomiaru wielkości

fizycznych przy użyciu przetwornika strunowego. W: *Metrologia. XXVI Międzyuczelniana konferencja metrologów MKM 1994.*

4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 marca 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
5. Kanciruk A.: Wykorzystanie strunowych przetworników deformacji do pomiarów dynamicznych. W: *Zimowa Szkoła Mechaniki Górotworu: XXVII Zimowa Szkoła Mechaniki (2004).*

Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2013 r.

Wymagania bezpieczeństwa dla stojaków hydraulicznych centralnie zasilanych według projektu normy PN-G-15536

Streszczenie

Bezpieczeństwo wyrobu to kluczowe zagadnienie, mające swoje odzwierciedlenie w przepisach i zastosowanych rozwiązaniach praktycznych. Istotnym narzędziem spełnienia wymagań technicznych w odniesieniu do bezpiecznych konstrukcji maszyn i urządzeń są normy. W przypadku braku norm europejskich, zasadnicze wymagania dla określonych grup wyrobów mogą być definiowane na poziomie norm krajowych. W niniejszym artykule przedstawiono czytelnikowi efekty prac normalizacyjnych KT 285 w zakresie zdefiniowania wymagań bezpieczeństwa oraz zakresu badań dla stojaków hydraulicznych centralnie zasilanych, stosowanych w obudowie indywidualnej, w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych.

Summary

Safety of the product is a key issue and it is included in legal regulations and in practical operations. The standards are the important tool to meet technical requirements as regards safe design of machines and equipment. In the case of lack of European standards, the main requirements for the certain groups of products can be defined on the national level. In the present paper, the results of the KT 285 standardization project on testing centrally supplied hydraulic legs used in an individual roof support installed in workings of underground mining plants, are presented.

1. Wprowadzenie

Normy są dokumentami przeznaczonymi do dobrowolnego stosowania, służącymi ułatwieniu i uproszczeniu przepływu towarów i usług pomiędzy rynkami, stanowiącymi podstawę porozumienia sfery gospodarczej, rządowej i społecznej w spełnieniu określonych warunków bezpieczeństwa oraz jakości wyrobów i usług. Pomimo, że normy są dokumentami stosowanymi na zasadzie dobrowolności, postanowienia w nich zawarte są wynikiem prac naukowych oraz zweryfikowanych danych technicznych. Zawierają wymagania sprawdzalne i możliwe do realizacji [5].

Polska normalizacja wykorzystuje, w coraz większym stopniu dokumenty europejskie, względnie międzynarodowe, zakładając, że szereg aspektów technicznych powinno być objętych jednolitymi wymaganiami. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, iż w Polsce podobnie jak w innych krajach Unii Europejskiej istnieje wiele branż, które nie zawsze znajdują pełne odzwierciedlenie w europejskich, względnie międzynarodowych opracowaniach normalizacyjnych.

W odniesieniu do branży maszyn górniczych, norm zharmonizowanych jest stosunkowo niewiele i nie obejmują one wszystkich aspektów bezpieczeństwa związanych z górnictwem. Krajowi producenci często stosują inne środki w celu wykazania zgodności z zasadniczymi wymaganiami bezpieczeństwa. To

jednak może skutkować różną interpretacją wymagań przez: producentów, użytkowników, jednostki certyfikujące i kontrolujące.

Celowe wydaje się więc zdefiniowanie wymagań dla pewnej grupy wyrobów i posługiwanie się tymi samymi zasadami. Takie zasady znacznie ułatwiają współpracę, szczególnie w przypadku, gdy wymagania ogólne nie uwzględniają wszystkich aspektów bezpieczeństwa wynikających ze specyfiki branży [4]. Taki stan powoduje, że w przypadku branży maszyn i urządzeń górniczych normalizacja opiera się nie tylko na normach europejskich, ale także na sporej grupie norm własnych, opracowywanych dzięki zaangażowaniu instytutów, jednostek certyfikujących oraz firm produkcyjnych.

2. Czynniki wpływające na tworzenie norm własnych – zagadnienia do rozważenia podczas nowelizacji normy

Aktualność Norm Europejskich jest zapewniana przez stosowanie przepisów wewnętrznych CEN/CENELEC, zgodnie z którymi istnieje obowiązek przeglądu aktualności wszystkich norm w terminie ustalonym przez europejskie organizacje normalizacyjne. W przypadku Polskich Norm własnych (przykładowo z grupy „PN-G”) ocenę aktualności dokumentów gwarantują przeglądy zarządzane przez Polski Komitet Normalizacyjny. Ich wynikiem jest decyzja o aktualności, nowelizacji lub wycofaniu normy ze zbioru PN [5].

Realizowane okresowo przeglądy norm często stają się impulsem do podjęcia decyzji o nowelizacji wybranych dokumentów. Taki stan rzeczy miał miejsce w przypadku norm dotyczących indywidualnych stojaków hydraulicznych centralnie zasilanych, które wykorzystywane są najczęściej do obudowy wyrobisk w podziemnych zakładach górniczych oraz w pracach pomocniczych związanych z eksploatacją, transportem oraz naprawą maszyn i urządzeń. Stojaki indywidualne w dalszym ciągu znajdują szerokie zastosowanie w górnictwie podziemnym jako element obudowy w ścianach zawałowych i podsadzkowych, w obudowie skrzyżowania ściany z chodnikiem i w pracach pomocniczych oraz ratownictwie.

Stosowane od 15 lat dwie Polskie Normy znacznie straciły na aktualności. Pierwsza z nich PN-G-15532:1996 *Górnicza obudowa indywidualna - Stojaki hydrauliczne centralnie zasilane – Wymagania*, dotyczyła wymagań w zakresie projektowania konstrukcji stojaków w zakresie przeciążalności statycznej osiowej i mimośrodowej, podporności nominalnej, maksymalnej roboczej i wstępnej, odporności dynamicznej, trwałości zmęczeniowej, szczelności, wartości: ciśnienia nominalnego, roboczego, zasilania próbnego, charakterystyki podpornościowej, prędkości rabowania. Druga z kolei norma PN-G-15536:1998 *Górnicza obudowa indywidualna - Stojaki hydrauliczne centralnie zasilane – Badania*, zawierała program badań stojaków hydraulicznych centralnie zasilanych, odnoszący się do wymagań ujętych w PN-G-15532:1996, opis metody pobierania próbek, opis stanowisk badawczych i metodologię przeprowadzania badań. Brak wymagań w zakresie stosowanych materiałów oraz sztywne narzucenie metodologii badań, a szczególnie konstrukcji stanowisk badawczych spowodował, iż dokumenty te przestały odpowiadać współczesnym potrzebom. Ponadto obie normy, chociaż dotyczyły tego samego wyrobu, nie były spójne (np. przewidywały różne współczynniki przeciążalności statycznej osiowej w wymaganiach i badaniach).

W ostatnich latach pojawiły się nowe konstrukcje i rozwiązania stojaków indywidualnych, uwzględniające m.in. dodatkowe upodatkowanie z zastosowaniem zaworów upustowych o dużej wydajności, czy też własny wewnętrzny zasobnik cieczy roboczej wraz z pompą ręczną. Czynniki te spowodowały konieczność sprecyzowania nowych wymagań w zakresie cech konstrukcyjnych i programu badań, będących podstawą uznania wyrobu za bezpieczny, przed wprowadzeniem go na rynek. Ciągła tendencja do zwiększania podporności roboczej stojaków oraz zmniejszania ich masy spowodowała z kolei konieczność stosowania w układach hydraulicznych coraz wyższych wartości ciśnienia roboczego. Stąd też, zaistniała potrzeba zdefiniowania nowych wymagań

w zakresie konstruowania i badania stojaków, jak również ujęcia ich w innej strukturze normy.

Formułując znowelizowane wymagania normalizacyjne z uwagi na fakt, iż stojaki hydrauliczne centralnie zasilane przeznaczone są do zastosowania w górnictwie, uwzględniono również szereg dodatkowych wymagań związanych z:

- bezpieczeństwem pracy,
- zagrożeniami występującymi w podziemnych wyrobiskach górniczych (np. wybuch metanu, pyłu węglowego),
- pożarem (powinna być zapewniona odpowiednia antystatyczność i trudnopalność),
- warunkami środowiska kopalnianego,
- narażeniem na uszkodzenia mechaniczne.

Istotnym problemem jest również zagwarantowanie, w jak największym stopniu, odpowiednich wymagań dotyczących jakości wykonania.

Zagadnieniem, które należało uwzględnić formułując wymagania normatywne była konieczność zwiększenia odporności na obciążenia dynamiczne, uszkodzenia mechaniczne związane z wyboczeniem oraz wyeliminowanie często obserwowanego zjawiska utraty podporności wskutek nieszczelności układu hydraulicznego, występujących podczas użytkowania stojaków. Prowadzone badania eksploatacyjne oraz stanowiskowe wielokrotnie wykazywały wady i uszkodzenia wynikające z [1, 3]:

- charakteru pracy stojaka i sposobu jego zasilania,
- obciążeń dynamicznych będących wynikiem niskiej przepustowości baterii zaworowych stosowanych w stojakach.



Rys.1. Skrzywienie cylindra [6]

Do typowych uszkodzeń stojaków należą: utrata szczelności węzła tłokowego, utrata szczelności gniazda baterii zaworowej lub samej baterii zaworowej, skrzywienia cylindra lub rdzennika, pękanie głowicy koronowej, korodowanie rdzennika, zniszczenie stopy, jak również koronki i miejscowe zagniecenia cylindra.

Typowe uszkodzenia stojaków przedstawiono na rysunkach 1 i 2.



Rys.2. Skorodowany rdzennik [6]

Opisane rozbieżności w poprzednich wydaniach norm omówione powyżej, jak również nie uwzględnienie rozwoju konstrukcji nowych stojaków spowodowały, że w 2012 roku dzięki zaangażowaniu finansowemu Instytutu Techniki Górniczej KOMAG oraz dwóch firm producenckich, dokonano nowelizacji obu norm łącząc je w jeden nowy dokument pr PN-G-15536 *Górnicza obudowa indywidualna - Stojaki hydrauliczne centralnie zasilane - Wymagania i badania*. Prace te zrealizowano w ramach prowadzonego przez ITG KOMAG Komitetu Technicznego nr 285 ds. Górniczych Maszyn i Urządzeń Dołowych.

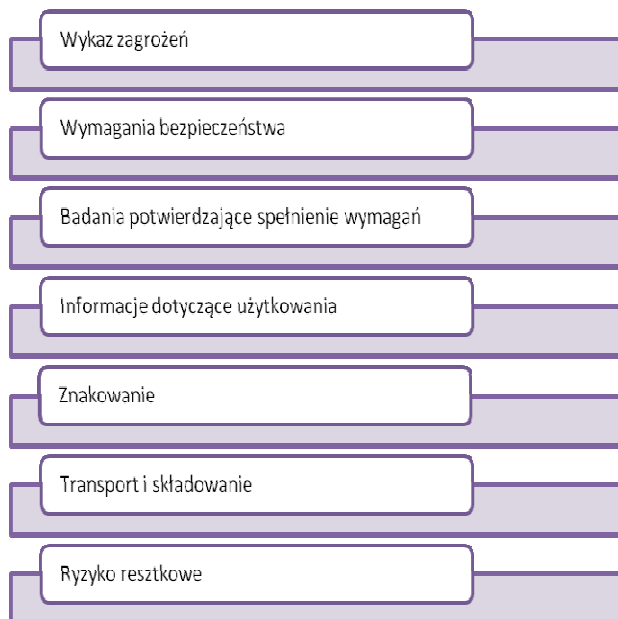
3. Zakres i struktura projektu normy PN-G-15536

Dokonując nowelizacji norm założono, że ogólna struktura nowej normy będzie obejmować wymagania ogólne dotyczące zarówno stojaków hydraulicznych centralnie zasilanych, jak i stojaków hydraulicznych z własną pompą wewnętrzną oraz własnym zbiornikiem cieczy roboczej, jak również wymagania konstrukcyjne i parametry dotyczące bezpiecznej pracy dla obu grup urządzeń. Strukturę projektu normy PN-G-15536 przedstawiono na rysunku 3.

W celu jednoznacznej interpretacji wymagań, w rozdziale *Terminy i definicje* wprowadzono definicje:

- stojaka hydraulicznego centralnie zasilanego,
- przedłużacza mechanicznego,
- podporności wstępnej,
- podporności roboczej.

Intencją autorów projektu nowej normy było stworzenie możliwości przewidzenia sytuacji stwarzających zagrożenie oraz uwzględnienia ich w normie,



Rys.3. Ogólna struktura normy PN-G-15536, [Źródło: Opracowanie własne]

a tym samym sformułowanie wymagań, które eliminowałyby względnie minimalizowałyby ich skutki (następstwa). Punktem wyjścia w pracach normalizacyjnych była zatem identyfikacja:

- potencjalnych zagrożeń, które mogą wystąpić podczas użytkowania stojaków hydraulicznych centralnie zasilanych i zdefiniowanie następstw tych zagrożeń,
- obszarów i warunków eksploatacji, które mogą powodować takie zagrożenia w tym także zagrożenia wynikające z obecności gazów potencjalnie wybuchowych i/lub pyłów zdolnych do zapłonu,
- niebezpiecznych sytuacji, które mogą prowadzić do uszkodzenia ciała lub utraty zdrowia.

Opracowany i ujęty w projekcie normy PN-G-15536 wykaz zawiera listę potencjalnych następstw zagrożeń i sytuacji niebezpiecznych, które są zidentyfikowane poprzez ocenę ryzyka istotnego dla tego rodzaju urządzeń i które wymagają podjęcia działania w celu wyeliminowania lub redukcji ryzyka. Wykaz najistotniejszych potencjalnych następstw zagrożeń, które zostały uwzględnione przy definiowaniu wymagań bezpieczeństwa dla indywidualnego stojaka hydraulicznego centralnie zasilanego zestawiono w tabeli 1. W projekcie normy tabela została uzupełniona o punkty przypisane poszczególnym zagrożeniom, a odnoszące się do wymagań sformułowanych celem zapobieżenia wystąpieniu potencjalnych skutków zagrożenia.

Projekt normy uwzględnia również wymagania dotyczące ryzyka resztkowego, wynikającego z użytkowania stojaków hydraulicznych centralnie zasilanych.

Wykaz najistotniejszych zagrożeń (klasyfikacja według PN-EN ISO 12100:2011) [2]

Tabela 1

Lp.	Rodzaj lub grupa zagrożeń	Źródło zagrożenia	Potencjalne następstwa
1	Zagrożenia mechaniczne	– przyspieszenie, opóźnienie – części ostro zakończone – zbliżanie się elementu poruszającego się do części stałej – części tnące – obiekty spadające – siła ciężkości – wysokość od poziomu podłoża – wysokie ciśnienie – brak stateczności – poruszające się elementy – zakumulowana energia	– zgniecenie lub zmiżdżenie – cięcie lub odcięcie – wciągnięcie lub pochwycenie – wplątanie – starcie lub otarcie – uderzenie – wstrzykiwanie, wtryskiwanie – ścinanie – przekłucie lub przebicie – uduszenie
2	Zagrożenia elektryczne	– zjawiska elektrostatyczne	– pożar – wybuch – wstrząs, szok
3	Zagrożenia hałasem i drganiami mechanicznymi	– zjawisko kawitacji – poruszające się części – skrobanie powierzchni – zużyte części	– dyskomfort – stres
4	Zagrożenia powodowane materiałami/substancjami	– czynniki biologiczne i mikrobiologiczne (wirusy lub bakterie) – materiały łatwopalne – płyny	– korozja – infekcja – zatrucie – uczulenie
5	Zagrożenia powodowane nieprzestrzeganiem zasad ergonomii	– dostęp – wysiłek – niezdrowa pozycja – powtarzalność czynności	– dyskomfort – zmęczenie – zaburzenia układu mięśniowo-szkieletowego – inne, będące skutkiem błędu człowieka
6	Zagrożenia wynikające ze środowiska, w którym stojak jest użytkowany	– zapylenie – wilgoć – zanieczyszczenie środowiska – temperatura – woda – brak tlenu	– poślizgnięcie, upadek – duszenie się – inne, będące następstwem skutków wywołanych przez źródła zagrożeń związanych ze stojakiem

4. Najistotniejsze wymagania dla stojaków hydraulicznych centralnie zasilanych w projekcie normy PN-G-15536

Projekt normy zawiera przede wszystkim wymagania bezpieczeństwa, mające na celu redukcję zagrożeń wymienionych w tabeli 1. Nie chcąc ograniczać nowych konstrukcji stojaków uznano, że wymagania dotyczące wymiarów i geometrii nie powinny ograniczać nowo powstających konstrukcji i dlatego świadomie pominięto wymiary średnic cylindra roboczego.

Na podstawie wieloletnich badań stojaków przyjęto, że wymagania wytrzymałościowe, stanowiące podstawę dla przeprowadzenia oceny zgodności, powinny być spójne z wymaganiami stawianymi innym stojakom stosowanym w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych – stojakom sekcji obudowy zmechanizowanej. Dlatego też, w ramach nowelizacji określono podstawowe wymagania stawiane stosowanym mate-

riałom, między innymi w odniesieniu do stali określono wytrzymałość na rozciąganie i uderność. Określono także podstawowe wymagania dla metali lekkich oraz materiałów niemetalicznych stosowanych w stojakach.

Istotnym elementem nowej normy było zdefiniowanie także wymagań w zakresie [2]:

- przeciążenia statycznego symetrycznego – ustalono jedną wartość obciążenia próbnego, równą 2-krotnej sile nominalnej,
- przeciążenia statycznego asymetrycznego – zachowano wartość obciążenia próbnego równą 1,1-krotności siły nominalnej,
- odporności dynamicznej, liczonej w odniesieniu do 2-krotnej wartości podporności roboczej,
- prędkości rabowania – powinna ona wynosić co najmniej 0,01 m/s przy pełnym otwarciu wypływu cieczy hydraulicznej.

Projekt normy uzupełniono o dodatkowe wymagania dotyczące:

- niezawodności funkcjonalnej, która w przypadku stojaków hydraulicznych centralnie zasilanych, wraz z przedłużaczami mechanicznymi (jeżeli są przewidziane do zastosowania), nie powinna ulec pogorszeniu po realizacji 10000 cykli obciążenia,
- szczelności,
- ograniczeń wysuwu – ograniczniki wysuwu stojaków powinny przenieść bez uszkodzenia, co najmniej 100 cykli obciążenia siłą wynikającą z 1,2 krotności maksymalnej wartości ciśnienia zasilania,
- jakości połączeń spawanych,
- montażu i instalacji,
- zaczepów transportowych.

Mając na uwadze fakt, iż wyniki badań stojaków powinny być powszechnie wykorzystywane w ocenie zgodności, prowadzonej w zakresie bezpieczeństwa użytkowania, istotnym elementem nowej normy są badania w celu sprawdzenia zdefiniowanych wcześniej wymagań bezpieczeństwa. W trakcie nowelizacji dotychczasowego wydania normy PN-G-15536:1998 postanowienia w niej zawarte, po skorygowaniu obecnie ujęto w Rozdziale *Badania w celu sprawdzenia wymagań bezpieczeństwa*. Z uwagi na charakter badań, w nowej normie zrezygnowano z punktu dotyczącego przygotowania partii do badań, pobierania próbek oraz liczności próbki, wychodząc z założenia, iż zasady te wynikają między innymi z norm dotyczących planów badań na podstawie akceptowanego poziomu jakości. Zrezygnowano także z opisu stanowisk badawczych oraz zastosowanej aparatury i przyrządów pomiarowych, uwzględniając fakt, iż w analizowanych przypadkach nie można narzucić obowiązku zastosowania stanowisk badawczych o ściśle sprecyzowanej budowie. Podejście takie jest zgodne z *Wytycznymi opracowywania norm*, zawartymi w CEN/CENELEC Guide 17. W projekcie normy skupiono się wyłącznie na określeniu wymagań konstrukcyjnych i programu badań mających na celu zapewnienie właściwej wytrzymałości konstrukcji i jej trwałości. Proponowany zakres badań przedstawiono w tabeli 2.

Wykaz badań sprawdzających wymagania bezpieczeństwa [2]

Tabela 2

Sprawdzenie zastosowanych materiałów
Sprawdzenie głównych wymiarów i wykonania
Próby obciążenia
Próby przy obciążeniu symetrycznym
Badanie ogranicznika wysuwu
Próba podatności
Próba przeciążenia statycznego
Próba przeciążenia dynamicznego
Próba szczelności
Próby przy obciążeniu asymetrycznym
Próba podatności
Próba trwałości
Próba obciążenia symetrycznego
Próba obciążenia przy maksymalnym wysuwie
Próba funkcjonalności
Badanie zaczepów transportowych
Próba prędkości rabowania

Na szczególną uwagę zasługują: próba przeciążenia dynamicznego, badania ogranicznika wysuwu i próba funkcjonalności, które znacznie zmodyfikowano w stosunku do wcześniejszego wydania normy. Projekt normy rozszerzono o ogólne wymagania dotyczące użytkowania i zestawu instrukcji oraz zasad znakowania, jak również wymagań w odniesieniu do transportu i składowania.

5. Podsumowanie

Normy wnoszą poważny wkład w wiele aspektów życia. Nabywcy lub użytkownicy często są nieświadomi roli jaką odgrywają normy w podnoszeniu poziomu jakości, bezpieczeństwa, wydajności, jak również w osiągnięciu tych korzyści po jak najmniejszych kosztach.

W przypadku małych i średnich przedsiębiorstw, normy pozwalają im konkurować na uczciwych warunkach z dużymi firmami, zgodnie z zasadą, że wszyscy producenci powinni oferować wyroby spełniające takie same wymagania. Udowodnienie jakości i wiarygodności spełnienia wymagań w przypadku wyrobu zgodnego z określoną normą jest jednoznaczne.

Również w branży górniczej spółki wydobywcze zaopatrując się w wyroby czy ich części, sięgają do norm w celu wyłonienia dostawcy gwarantującego spełnienie właściwych wymagań dotyczących jakości i wykonania [7].

Projekt nowej normy własnej dotyczący stojaków hydraulicznych centralnie zasilanych opracowany dzięki zaangażowaniu ITG KOMAG eliminuje przedstawione w Rozdziale 2 niedogodności dotychczas stosowanych norm. Wymagania zawarte w omawianym projekcie nowej normy wynikają zarówno z identyfikacji zagrożeń występujących podczas użytkowania stojaków, jak i aktualnego stanu techniki oraz potrzeb użytkowników.

Na tle zagadnienia związanego z opracowywaniem norm własnych warto również zasygnalizować problem bezpośredniego angażowania się przedsiębiorców w tworzenie norm technicznych. Tworzenie norm własnych zależy bowiem od szeregu czynników:

- potrzeby podmiotów gospodarczych i chęci znormalizowania wymagań,
- zaangażowania się właściwego komitetu technicznego,
- pozyskania odpowiednich zasobów finansowych.

Udział w pracach normalizacyjnych przedsiębiorców zapewnia im bieżący dostęp do aktualnego stanu wiedzy i informacji oraz stwarza możliwość wpływania na wytyczanie kierunków normalizacji.

Literatura

1. Lasek M., Grunwald J.: Nowoczesne indywidualne stojaki hydrauliczne AZIS. Przegląd Górniczy 2004, nr 9 s. 46-49.

-
2. Projekt PN-G-15536 Górnicza obudowa indywidualna Stojaki hydrauliczne centralnie zasilane - Wymagania i badania.
 3. Pytlik A., Pacześniowski K., Rabsztyn J.: Nowa generacja szybokupustowych dwufunkcyjnych baterii zaworowych do stojaków typu SHC pracujących w warunkach tępań. Wiadomości Górnicze 2012, nr 1 s. 23-27.
 4. Zając R.: Działalność normalizacyjna w obszarze bezpieczeństwa maszyn i urządzeń górniczych – Potrzeby i oczekiwania – Efekty prac Komitetu Technicznego nr 285, Maszyny Górnicze 2009, nr 3.
 5. Zając R.: Działalność normalizacyjna w obszarze bezpieczeństwa maszyn i urządzeń. Potrzeby i oczekiwania polskiej normalizacji. Zarządzanie Jakością 2011, nr 2 s. 54-61.
 6. Dokumentacja fotograficzna firmy Herkules Sp. z o.o.
 7. <http://www.pkn.pl>

Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2013 r.

Klaster Maszyn Górniczych

Streszczenie

Klasy jako skupisko wzajemnie powiązanych firm i instytucji mogą odgrywać istotną rolę w gospodarczym rozwoju krajów i regionów działających na globalnym rynku. Pojedyncze firmy często nie są w stanie sprostać konkurencyjnym wymaganiom rynku. Potrzeba zatem współdziałania firm, jednostek naukowych, władz lokalnych, aby opracować i wdrożyć innowacyjny produkt. Podejście takie znajduje odzwierciedlenie w wielu strategiach unijnych i krajowych, stwarzając mechanizmy sprzyjające rozwojowi powiązań klastrowych, szczególnie w nowej perspektywie finansowania na lata 2014-2020. Powstały z inicjatywy ITG KOMAG Klaster Maszyn Górniczych wpisuje się swoją strategią w ten nurt działania.

Summary

Clusters, which are the groups of collaborating companies and organizations, can play a significant role in the economic development of countries and regions on the global market. Individual companies are often not able to meet the competitive requirements of the market. Thus, companies, scientific centres and local authorities should collaborate to develop and implement an innovative product. Such approach can be seen in many EU and Polish strategies, creating the mechanisms for a development of cluster interconnections, especially at a new financing policy for the years 2014-2020. Strategy of the Cluster of Mining Machines established in the result of initiative of the KOMAG Institute of Mining Technology is a part of this type of activity.

1. Wprowadzenie

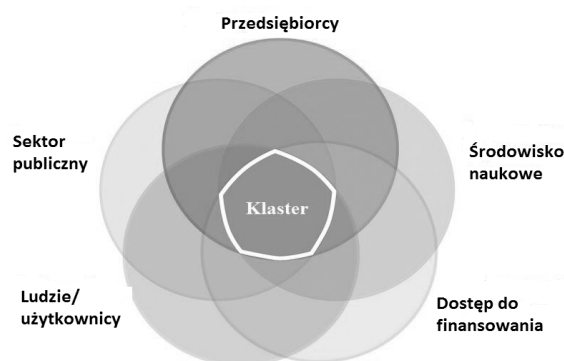
Koncepcja klastrów pojawiła się w latach 90-tych XX wieku jako kluczowa idea poprawy konkurencyjności i rozwoju gospodarczego. Wraz ze wzrostem wiedzy nt. klastrów stały się one przeważającym elementem krajowych i regionalnych planów rozwoju gospodarczego [7].

Klasy zdefiniowano na wiele sposobów, jednak warto zacytować pierwszą definicję, która brzmi: „Klaster to geograficzne skupisko wzajemnie powiązanych firm, wyspecjalizowanych dostawców, jednostek świadczących usługi, firm działających w pokrewnych sektorach i związanych z nimi instytucji w poszczególnych dziedzinach, jednocześnie współdziałających i konkurujących ze sobą” [5].

Wiedza o klastrach wniosła, oprócz różnych definicji, wiele uzupełniających pojęć odnoszących się do tego zjawiska, co przedstawiono w tabeli 1.

Istotną zaletą wykorzystania klastrów jako narzędzia rozwoju gospodarczego jest sposób, w jaki łączą przedsiębiorstwa, środowisko naukowe oraz sektor publiczny. Taka „potrójna helisa” zrzesza w ramach klastra, kluczowych partnerów (aktorów) przyczyniając się do rozwoju innowacji i konkurencyjności. Pojęcie „potrójnej helisy” stało się obecnie niewystarczające. Znacznie skuteczniej może działać klaster, który łączy jeszcze dwie dodatkowe grupy: ludzi/użytkowników oraz instytucje/organizacje oferujące dostęp do finansowania. Uzyskuje się zatem helisę pięciokrotną, przedstawioną na rysunku 1.

Mimo wielości definicji cechami charakterystycznymi dla klastra jest występowanie jednoczesne wzajemnej konkurencji i kooperacji. Konkurencja sprzyja postępowi, działaniom innowacyjnym i poprawie efektywności. Współpraca zaś umożliwia łączenie potencjału i kompetencji zgromadzonych firm i innych podmiotów, umożliwiając realizację przedsięwzięć niemożliwych do przeprowadzenia przez pojedyncze firmy.



Rys.1. Aktorzy klastra (pięciokrotna helisa) [10]



Rys.2. Istotne korzyści ze współpracy w ramach klastra [2]

Krótki słownik podstawowych pojęć [1]

Tabela 1

Klaster (definicja ogólna) – geograficzne skupisko wzajemnie powiązanych firm, wyspecjalizowanych dostawców, jednostek świadczących usługi, firm działających w pokrewnych sektorach i związanych z nimi instytucji w poszczególnych dziedzinach, jednocześnie współdziałających i konkurujących ze sobą; w klastrze może występować kilka powiązań kooperacyjnych (patrz definicja poniżej).
Inicjatywa klastrowa – forma organizacyjna, gromadząca kluczowych graczy klastra na rzecz jego rozwoju, w tym także pewna formuła partnerstwa, która służy uzgadnianiu a następnie wdrażaniu działań istotnych dla rozwoju danego skupiska firm i instytucji otoczenia.
Koordynator klastra – podmiot (stąd także określenie organizacja klastrowa), który organizuje i animuje rozwój interakcji, powiązań i współpracy w klastrze, a także świadczy wyspecjalizowane usługi na rzecz firm i innych podmiotów działających w danym skupisku. W początkowych fazach rozwoju współpracy wspomniane funkcje pełni często nie instytucja, ale konkretna osoba określana jako animator klastra.
Aktorzy klastra – podmioty funkcjonujące w ramach klastra, w tym przedsiębiorstwa, instytucje otoczenia należące do sektora B+R (uczelnie, instytuty badawcze, placówki edukacyjne) i tworzące infrastrukturę wsparcia biznesu (inkubatory, parki naukowo-technologiczne, centra transferu technologii, specjalne strefy ekonomiczne, instytucje certyfikacyjne, firmy szkoleniowe i doradcze, instytucje finansowe i inne wyspecjalizowane instytucje otoczenia biznesu), a także administracja publiczna.
Inteligentna specjalizacja – koncepcja promowana przez Komisję Europejską, zgodnie z którą każdy kraj i region powinien skoncentrować swoje wysiłki i zasoby na określonej, niewielkiej liczbie priorytetów, czy też specjalizacji gospodarczych (klastrow) o istotnym potencjale innowacyjnym (zarówno technologicznym, jak i praktycznym), w których posiada rzeczywiste kompetencje i zasoby oraz może osiągnąć doskonałość i konkurencyjność w skali globalnej.
Powiązanie kooperacyjne (definicja na potrzeby działania 5.1. PO IG) – zgrupowanie działających w określonym sektorze niepowiązanych ze sobą przedsiębiorców, prowadzących działalność innowacyjną, oraz organizacji badawczych i instytucji otoczenia biznesu, które ma na celu stymulowanie działalności innowacyjnej przez promowanie intensywnych kontaktów, korzystanie ze wspólnego zaplecza technologicznego, wymianę wiedzy i doświadczeń, przyczynianie się do transferu technologii, tworzenia sieci powiązań oraz rozpowszechniania informacji wśród przedsiębiorców wchodzących w skład tego zgrupowania.
Krajowe klastry kluczowe – zaproponowana w raporcie kategoria klastrow o istotnym znaczeniu dla gospodarki kraju i wysokiej konkurencyjności międzynarodowej; rekomenduje się by klastry te były wybierane na poziomie krajowym, m.in. w oparciu o kryteria dotyczące: masy krytycznej, potencjału rozwojowego i innowacyjnego, dotychczasowej i planowanej współpracy oraz doświadczenia i potencjału koordynatora; zakłada się, że projekty uzgodnione przez aktorów krajowych klastrow kluczowych będą korzystały z dodatkowych punktów w systemie oceny przy aplikowaniu do różnych programów i działań pomocowych na poziomie krajowym i regionalnym.
Regionalne klastry kluczowe – zaproponowana w raporcie kategoria klastrow o istotnym znaczeniu dla gospodarki regionu; rekomenduje się by klastry te były wybierane na poziomie regionu w procedurach określonych decyzjami samorządu regionalnego; rekomenduje się by w procedurze ich wyboru brać pod uwagę następujące kryteria: masa krytyczna, potencjał rozwojowy i innowacyjny, dotychczasowa i planowana współpraca oraz doświadczenie i potencjał koordynatora, kryteria te powinny zostać odpowiednio uszczegółowione w celu uwzględnienia specyfiki regionalnej; zakłada się, że projekty uzgodnione przez aktorów regionalnych klastrow kluczowych będą korzystały z dodatkowych punktów w systemie oceny przy aplikowaniu do różnych programów i działań pomocowych na poziomie regionalnym.

Przynależność do klastra związana jest z uzyskaniem wielu korzyści. Do zasadniczych należą: zracjonalizowanie wewnętrznych procesów, skorzystanie z synergii między uczestnikami klastra, wspólne korzystanie z infrastruktury i zasobów, dzielenie ryzyka podejmowanych działań. Inne korzyści to [3]:

- zwiększenie specjalizacji, pozwalające każdemu z podmiotów skoncentrować się na jego kluczowych kompetencjach;
- pozyskanie i dodanie uzupełniających kompetencji poprzez pozyskanie nowej wiedzy i doświadczeń, lub zlecenie zadania do kompetentnego partnera;
- rozszerzenie zakresu oferowanych produktów i możliwości oferowania pełnego systemu rozwiązań i procesów;
- lepsze wykorzystanie dostępnych zasobów i możliwości produkcyjnych;
- budowanie bazy know-how;
- poprawa dostępu do informacji i zmniejszenie niepewności (wymiana doświadczeń);
- korzystanie ze wsparcia dla uczestników (usługi i praktyczne rozwiązania) organizowanego zwykle przez inicjatywę;
- zwiększenie przychodów przez nowe kanały sprzedażowe, łatwiej dostępne informacje o nowych rynkach, zmniejszenie barier wejścia;
- dostęp do infrastruktury tworzonej na potrzeby klastra;
- wzrost innowacyjności poprzez zwiększenie współpracy ze sferą badawczo-rozwojową.

Obrazowo, istotne zalety współpracy w ramach klastra przedstawiono na rysunku 2.

2. Rola klastrów w perspektywie finansowania na lata 2014-2020

Zagadnienie to najlepiej przedstawić w oparciu o dokument pod nazwą „Kierunki i założenia polityki klastrowej w Polsce do 2020, Rekomendacje Grupy Roboczej ds. polityki klastrowej (wersja 16.08.2012)” [1]. Jak zauważono w tym opracowaniu, rekomendacje oparte są o następujące dokumenty: raport *Polska 2030 Trzecia fala nowoczesności*, *Krajowa Strategia Rozwoju Regionalnego* czy *Krajowy Program Reform Europa 2020*.

W dokumentach tych wskazuje się na potrzebę wspierania biegunów rozwojowych w celu przyspieszenia wzrostu i zwiększenia konkurencyjności polskiej gospodarki oraz potrzebę wspomagania rozwoju gospodarczego opartego na specjalizacjach regionalnych i lokalnych, szczególnie w ramach inicjatyw klastrowych. Zakłada się, że wspieranie klastrów powinno być realizowane, między innymi, w następujących obszarach: działalność B+R, międzynarodowa ekspansja przedsiębiorstw, stymulowanie współpracy branżowej, powstawanie nowych przedsiębiorstw. Aby uzyskać efekt koncentracji środków (również z UE) wsparcie należy kierować do wybranych klastrów o największym potencjale konkurencyjnym. Rekomendacja ta jest zgodna ze strategią *Europa 2020* propagującą koncepcję inteligentnej specjalizacji (smart specialisation). Zakłada się, że każdy kraj i region skoncentruje wysiłki i zasoby na niewielkiej liczbie priorytetów, w których ma rzeczywiste kompetencje i zasoby umożliwiające osiągnięcie doskonałości i konkurencyjności.

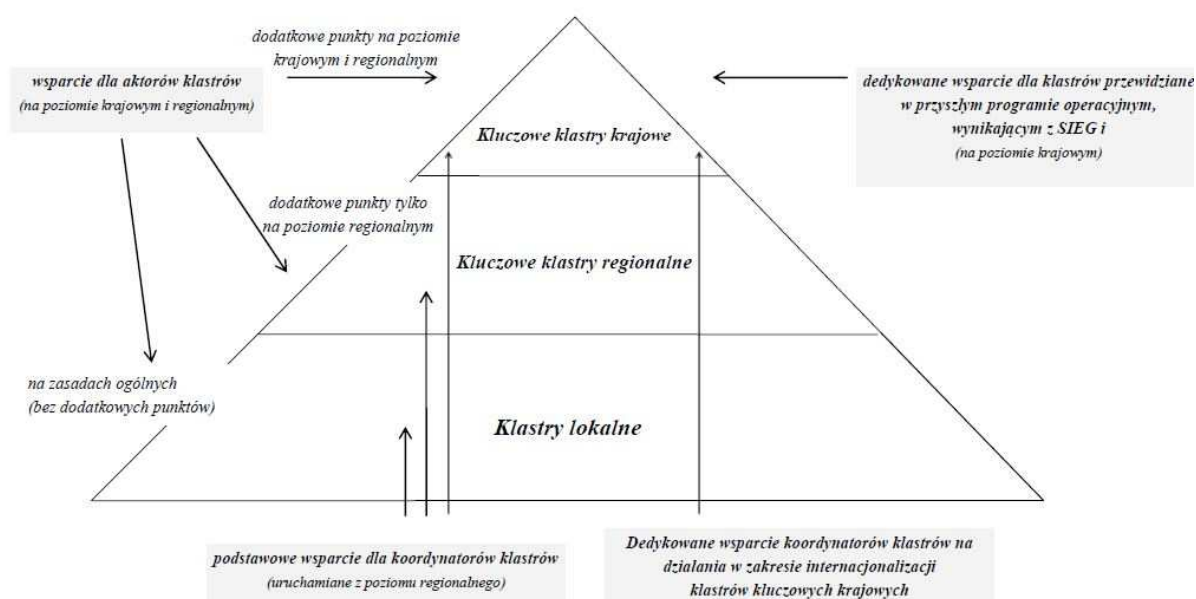
Dlatego rekomendacje proponują wprowadzenie mechanizmów koncentracji, koordynacji i integracji publicznego wsparcia. W pierwszej kolejności musi

nastąpić wybór kluczowych klastrów krajowych i regionalnych (na drodze ogłaszanych konkursów). Koordynację i integrację ma zapewnić system przyznawania projektom zgłaszanym przez uczestników klastra (konsorcja w ramach klastra) wybranego wcześniej jako kluczowy, dodatkowych punktów w systemie oceny projektów składanych w ramach różnych programów wsparcia i programów operacyjnych. System ten winien być wprowadzony do przepisów regulujących alokację środków publicznych (krajowych i unijnych), a później konsekwentnie uwzględniany przez dysponentów tych środków.

System wspierania klastrów pokazano na rysunku 3.

Regionalna Strategia Innowacji Województwa Śląskiego na lata 2013-2020 w wielu miejscach odwołuje się do klastrów jako narzędzi skutecznego pobudzania rozwoju gospodarki, ze szczególnym uwzględnieniem aspektów innowacyjności [6]. Uważa się, że niezbędna będzie stymulacja i rozwój struktur klastrowych wspierających przedsiębiorczość, poprawiając współpracę pomiędzy MŚP. Zakłada się stworzenie w tym celu spójnej polityki klastrowej, opartej na systemie wsparcia finansowego klastrów, oraz stworzenie zbioru działań na rzecz ich internacjonalizacji.

W celu realizacji postawionych celów Strategii zamierza się prowadzić działania w ramach metaprzedsiewzięć, z których metaprzedsiewzięcie 2. „kooperacja inicjatyw klastrowych i środowisk innowacyjnych” wyraźnie formułuje konieczność kontynuacji prowadzonych prac w regionie w środowiskach biznesowo-naukowych na rzecz rozwoju klastrów technologicznych. Działania te mają sprzyjać dalszej aktywizacji samorządów lokalnych, instytucji otoczenia biznesu czy środowisk społecznych.



Rys.3. Model wsparcia klastrów [1]

W strategicznych dokumentach Unii Europejskiej, jak i krajowych znajdziemy wiele odniesień do klastrów jako narzędzi sprzyjających wzrostowi gospodarczemu w globalnej gospodarce.

3. Klastr Maszyn Górniczych



Mając na uwadze rolę jaką przypisuje się klastrom, szczególnie w następnej perspektywie finansowania 2014-2020, Instytut Techniki Górniczej KOMAG zainicjował powstanie **Klastra Maszyn Górniczych**.

W pierwszej kolejności do inicjatywy tej przyłączyły się: KOPEX Machinery S.A. oraz Górnicza Izba Przemysłowo-Handlowa. Dzięki poparciu kolejnych firm, stanowiących łącznie grupę dziewięciu Członków Założycieli, w październiku 2011 podpisano akt założycielski.

Zasadniczym celem jaki postavili sobie Członkowie Założyciele jest: uzyskanie możliwości produkcyjnych nowych jakościowo, konkurencyjnych na rynku krajowym oraz rynkach światowych, innowacyjnych, bezpiecznych rozwiązań maszyn górniczych powstałych w wyniku aktywnej współpracy Uczestników Klastra.

Strategicznymi celami Klastra Maszyn Górniczych są m.in.:

- ułatwienie dostępu do nowej wiedzy i stymulowanie innowacji,
- rozwój współpracy między uczestnikami Klastra i wsparcie rozwoju przedsiębiorców,
- zapewnienie dostępności wykwalifikowanych zasobów ludzkich,
- organizacja i promocja Klastra.

W trakcie Zgromadzenia Członków Założycieli Klastra w dniu 20. 10. 2011 r. przyjęto dokumenty organizacyjne oraz wybrano Członków Rady Klastra, której Przewodniczącą została Dyrektor ITG KOMAG Małgorzata Malec.

3.1. Organizacja i struktura Klastra Maszyn Górniczych

Klastr funkcjonuje jako porozumienie, a wzajemne prawa i obowiązki reguluje „Umowa partnerstwa”. Przyjęte rozwiązanie pozwala na zachowanie dużego stopnia elastyczności, a otwarta i transparentna formuła organizacyjna Klastra sprzyja integracji i podej-

mowaniu dodatkowych działań w poszczególnych obszarach zainteresowań uczestników. Klastr ma charakter otwarty – zainteresowani podpisują tzw. akt przystąpienia, na podstawie którego, po wcześniejszym uzyskaniu akceptacji Członków Założycieli, stają się Członkami Klastra.

Klastr, jako wspólne przedsięwzięcie, posiada władze w postaci Zgromadzenia Członków, w którego skład wchodzi przedstawiciele Uczestników Klastra. Zgromadzenie zatwierdza kierunki rozwoju, programy oraz strategię działania, a także podejmuje większością głosów decyzje w najważniejszych kwestiach dotyczących Klastra. Zgromadzenie podejmuje decyzje w drodze uchwał, w obecności co najmniej połowy aktualnej liczby Uczestników Klastra. Przy podejmowaniu uchwał każdy z Uczestników ma, co do zasady, jeden głos.

Pracami Klastra kieruje Rada, złożona z osób wybranych przez Zgromadzenie Członków. Rada Klastra jest organem stanowiącym i kontrolnym w wymiarze strategicznym, dotyczącym projektów związanych z funkcjonowaniem Klastra jako całości. Do zadań Rady należy m.in. określanie strategicznych kierunków działania, nadzór nad realizacją zadań zawartych w strategii, opiniowanie projektów w zakresie zgodności ze strategią Klastra, opiniowanie w sprawie przyjmowania nowych członków (o członkostwie decydują Członkowie Założyciele). W celu usprawnienia prac Rada Klastra może powołać sekcje związane z obszarami działania Klastra. Koordynatorami tych sekcji będą Członkowie Rady, którzy na bieżąco będą monitorować realizację strategii Klastra w każdym z obszarów oraz będą te działania inicjować. Do zadań Rady Klastra należy także powoływanie Grup Zadaniowych składających się z Uczestników Klastra, zajmujących się realizacją działań w obszarach szczególnego zainteresowania. Powyższe organy funkcjonują na rzecz Klastra jako platformy współpracy, usprawniając działanie i komunikowanie się firm i instytucji zrzeszonych w strukturach Klastra, nie posiadają pełnomocnictwa do zaciągania zobowiązań, są jedynie reprezentantami interesów wszystkich Członków.

W roku 2012 opracowano strategię rozwoju klastra [9], gdzie w oparciu o analizę SWOT wskazano jako najbardziej skuteczny model „maxi-maxi” – wynikający z uzyskanych wskaźników pozycji rynkowej (PR) oraz atrakcyjności rynkowej (AR) jej Członków.

Dla wybranej opcji określono także prawdopodobieństwo sukcesu strategicznego, liczone jako $PSS = (AR + PR)/2 = 0,57$ (gdy wynik jest większy niż 0,5 klastr ma duże szanse rozwoju).

Strategia doprecyzowuje wizję Klastra Maszyn Górniczych jako: uzyskanie pozycji regionalnego klastra kluczowego w branży górniczej Województwa Śląskiego, wyznaczającego inteligentne specjalizacje tego regionu oraz przygotowanie Klastra do procesu

aplikowania o dostępne środki pomocowe również z Unii Europejskiej, w perspektywie finansowej 2014 – 2020 na realizację projektów prowadzących do rozwoju innowacyjnych produktów i usług przez Członków Klastra.



Rys.4. Struktura organizacyjna Klastra Maszyn Górniczych [9]

Z matrycy typowych celów, Klastr Maszyn Górniczych skupia się na celach, przedstawionych w tabeli nr 2.

Cele Klastra Maszyn Górniczych [9]

Tabela 2

Wspólne prace badawczo-rozwojowe	Wspieranie tworzenia i wdrażania innowacji	Wspólny marketing
Promocja eksportu, rozwój nowych rynków	Wspólne pozyskiwanie zamówień publicznych	Zapewnienie usług dla przedsiębiorstw
Edukacja i szkolenia	Wykorzystanie korzyści skali (zmniejszenie kosztów)	Lobbing

Strategia zidentyfikowała, ponadto, następujące inicjatywy wewnętrzne Klastra:

- rozwój programu stażowego wewnątrz Klastra, wykorzystanie doświadczenia tych członków, którzy na podstawie umów zawartych z wyższymi uczelniami z powodzeniem pozyskują utalentowanych absolwentów tych uczelni, organizowanie staży kombinowanych – u więcej niż jednego członka Klastra,
- rozwój działalności eksportowej członków Klastra, którzy do momentu przystąpienia do Klastra nie byli obecni na rynkach zagranicznych, wykorzystanie doświadczenia członków Klastra już obecnych na tych rynkach,
- promocja członków Klastra pod wspólnym szyldem Klastra Maszyn Górniczych – np. podczas targów branżowych lub innych wydarzeń, na których promują się wszyscy lub niektórzy członkowie Klastra, na stronach internetowych, a także w mediach,

- biuletyn - bieżąca wymiana informacji na temat projektów realizowanych przez poszczególnych członków Klastra.

Należy podkreślić, że na przestrzeni roku Klastr pozyskał kolejnych sześciu Członków, prezentując obecnie duży potencjał wytwórczy.

Członkami Klastra Maszyn Górniczych jest obecnie piętnaście poniżej wymienionych firm i instytucji:

	Instytut Techniki Górniczej KOMAG
	KOPEX Machinery S.A.
	Górnicza Izba Przemysłowo-Handlowa
	Dąbrowska Fabryka Maszyn Elektrycznych DAMEL S.A.
	EDJAN –Jednostka Innowacyjno-Wdrożeniowa, dr E. Januszkiewicz
	ELHAND Transformatory Sp. z o.o.
	PONAR-Silesia S.A.
	TIMLER Zakład Elektrotechniki Budowlanej i Przemysłowej, inż. M. Timler
	ELSTA Sp. z o.o.
	Jednostka Innowacyjno-Wdrożeniowa INWEX Sp. z o.o.
	LINTER S.A.
	MARAT Sp. z o.o.
	ELSTA Elektronika Sp. z o.o. S.K.A.
	Grupa POWEN-WAFAPOMP S.A.
	PLASMA System S.A.

Literatura

1. Kierunki i założenia polityki klastrowej w Polsce do 2020 roku, rekomendacje grupy Roboczej ds. polityki klastrowej (wersja 16.08.2012 r.)
2. Klastry w Polsce – raport z paneli dyskusyjnych, wydaw. PARP, 2012 r.
3. Koszarek. M.: Inicjatywy klastrowe, skuteczne działania i strategiczny rozwój, wydaw. PARP, 2011 r.
4. Palmen L., Bosak. M.: Przewodnik dla animatorów inicjatyw klastrowych w Polsce, wydaw. PARP, 2008 r.
5. Porter M.: The Competitive Advantage of Nations, 1986 r.
6. Regionalna Strategia Innowacji Województwa Śląskiego na lata 2013-2020, Urząd Marszałkowski Woj. Śląskiego, 2012 r.
7. Sölvell Ö., Lindqvist G., Ketels C.: Zielona księga inicjatyw klastrowych, inicjatywy klastrowe w gospodarkach rozwijających się i w fazie transformacji, wydaw. PARP, 2006 r.
8. Strategia innowacyjności i efektywności gospodarki „Dynamiczna Polska 2020”, Ministerstwo Gospodarki, wydanie 2012 r.
9. Strategia rozwoju Klastra Maszyn Górniczych – Gliwice, październik 2012 r.
10. TACTIS Internationalisation Handbook, ver. Polska, publikacja powstała w ramach inicjatywy PRO INNO Europe, 2012 r.

Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2013 r.