

Tradycja i formy wieloletniej współpracy naukowo-technicznej CMG KOMAG z AGH w Krakowie

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono przebieg oraz formy i wyniki blisko 40-letniej współpracy Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie, z Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG w Gliwicach. Ograniczono się do współpracy w zakresie specjalności: maszyny i urządzenia górnicze, to jest pracowników byłej Katedry, a potem Instytutu Maszyn Górniczych Przeróbki i Automatyki do aktualnej Katedry Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych. Z drugiej strony, od byłych Zakładów Konstrukcyjno Mechanizacyjnych Przemysłu Węglowego, po obecne Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG w Gliwicach. Przedstawiono główne formy współpracy, to jest w zakresie badań naukowo-technicznych, aż po wdrożenia oraz rozwoju kadry naukowej i technicznej, a także udziału pracowników w Radach, Komitetach, Komisjach i Zespołach naukowo-technicznych.

Summary

The forms and effects of nearly 40-year cooperation between the AGH University of Science and Technology in Cracow and the KOMAG Mining Mechanization Centre in Gliwice are presented in the paper. The paper discusses a cooperation in the following specializations: mining machines and devices, i.e. workers employed in the Division of Mining Machines, Processing and Automatics, which became an Institute, and in the Division of Mining, Processing and Transportation Machines from one side and from previous Mining Industry Design and Mechanical Works till the present KOMAG Mining Mechanization Centre in Gliwice from other side. Also the main forms of cooperation, i.e. in the range of scientific-and-technical studies, implementations and development of scientific and technical staff as well as participation of workers in Boards, Committees, Commissions and scientific-and-technical Teams were presented.

1. Wprowadzenie

Niezmierne dynamiczny rozwój wydobywania podstawowych surowców mineralnych w Polsce, a szczególnie węgla kamiennego po II wojnie światowej, był możliwy dzięki wybitnemu rozwojowi techniki górniczej. Wiodącą rolę we wzroście wydobywania oraz wydajności i zmniejszenia kosztów wydobywania, przy równoczesnym zwiększeniu bezpieczeństwa pracy, miał i ma nadal rozwój mechanizacji i automatyzacji procesów wydobywczych. Doprowadził do utworzenia krajowego przemysłu górniczego, wspomaganego m.in. przez Centrum Mechanizacji Górnictwa w Gliwicach, które w roku bieżącym obchodzi Jubileusz 60-lecia.

Jubileusz CMG KOMAG to nie tylko wielkie święto dla pracowników tej Jednostki Naukowo-Badawczej. Dotyczy także Wyższych Uczelni, które od wielu lat współpracują bezpośrednio z KOMAG-iem. Jest to także okazja do wspomnień tym bardziej, że współpraca AGH w Krakowie, a szczególnie byłego Wydziału Maszyn Górniczych i Hutniczych (aktualnie Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki) zapoczątkowana została blisko 40 lat temu z byłymi Zakładami Konstrukcyjno Mechanizacyjnymi Przemysłu Węglowego.

Współpraca ta przejawia się w kilku formach:

- współudziale w pracach naukowych, badawczo-rozwojowych i wdrożeniowych,
- rozwoju kadry naukowo-technicznej,

- udziale pracowników naukowych, naukowo-technicznych i wybitnych specjalistów w Radach, Komitetach, Komisjach i Zespołach naukowo-badawczych oraz dydaktycznych.

Pierwsze realizowane w byłej Katedrze Maszyn i Urządzeń Górniczych AGH z byłym ZKMPW prace badawczo-rozwojowe dotyczące wykładzin kół pędnych i linowych (prof. Z.Kawecki, prof. J.Stachurski, prof. J.Orlacz) podyktowane były gwałtownym rozwojem wyciągów jedno i wielolinowych z kołem pędym wynikającym ze wzrostu wydobywania i głębokości, a także konieczności ograniczenia kosztownego importu. Prace te rozpoczęte w 1967 r. realizowane były w ramach tzw. problemu węglowego, finansowanego centralnie pt. „Opracowanie nowych środków mechanizacji i automatyzacji górnictwa” kierowanego przez Naczelnego Dyrektora ZKMPW prof.dr.inż. Aleksandra Osucha. Zachował się list gratulacyjny w Kronice byłego Instytutu Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Automatyki podpisany przez dyrektora prof. A.Osucha z dnia 4.12.1972 r.

Nieco późniejsze wspólne prace badawczo-rozwojowe realizowane w latach 1972-1980 już po zmianie struktury AGH, tj. w Instytucie Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Automatyki i od 1975 r. w CMG KOMAG pod kierownictwem prof.dr.hab.inż. Zygmunta Kaweckiego (AGH) i prof.dr.inż. Zbigniewa Koreckiego

(KOMAG) dotyczyły problematyki transportu poziomego – doc. dr inż. Adam Siedlar (kolejki podwieszane, zespolony układ hamowania wozów kopalnianych, bębnow napędowych przenośników taśmowych) oraz pierwszych opracowań i prób ciągników kombajnów węglowych o napędzie elektrycznym – prof.dr hab.inż. Lucjan Kruszecki, a ponadto udoskonalenia konstrukcji wysokomomentowych silników hydraulicznych dla maszyn górniczych – prof.dr hab.inż. Z.Kawecki, dr inż. Włodzimierz Sobolewski.

Po 1979 r. kolejne prace naukowo-badawcze realizowane już były w oparciu o oficjalną umowę współpracy AGH (Instytut Maszyn Górniczych, Przerobczych i Automatyki) z CMG KOMAG, podpisaną przez prof. Z.Kaweckiego i dyrektora KOMAG-u mgr.inż. Wojciecha Skoczyńskiego, z dnia 14.05.1980 r. Współpraca realizowana w latach 1980-85 objęta została problemem węzłowym 01.2. pt. „Kompleksowa mechanizacja procesów wydobywczych węgla kamiennego, zapewniająca wzrost wydobywania i wydajności”, a szczególnie w ramach tematu 03. „Kompleksowa mechanizacja drażenia wyrobisk korytarzowych, eliminująca zagrożenia załóg górniczych”, którym kierowałem do 1991 r. Tematyka realizowana w tym czasie i latach późniejszych dotyczyła głównie nowych technik urabiania, nowych konstrukcji kombajnów chodnikowych oraz maszyn i urządzeń dla kompleksowej mechanizacji drażenia wyrobisk kamiennych. Była ona także przedmiotem współpracy AGH–CMG KOMAG w latach 1985-1991 w ramach Centralnego Programu Badawczo Rozwojowego nr 1.1. „Maszyny i urządzenia wydobywczo-przerobcze dla górnictwa węgla kamiennego”, w problemie koordynowanym przez autora, pt. „Maszyny i urządzenia do wyrobisk korytarzowych i szybów”.

Po 1991 r., gdy finansowanie prac badawczych przejął Komitet Badań Naukowych, wspólne prace naukowo-badawcze realizowane były poprzez współudział pracowników AGH m.in. w projekcie zamawianym kierowanym przez dyrektora CMG KOMAG mgr.inż. Leszka Jarno pt. „Zespoły maszyn i urządzeń do wysokiej koncentracji wydobywania węgla kamiennego” – 1995-1997 (prof. A.Klich, dr P.Gospodarczyk, dr J.Ptak, prof. K.Krauze) oraz projekty badawcze (granty) jak np. „Organ nowej generacji – badania i analiza możliwości wykorzystania do urabiania skał” – 2002 do 2004 r. (mgr inż. E.Pieczora, prof.dr hab. inż.T.Banaszewski, dr inż. J. i K. Pawlikowie).

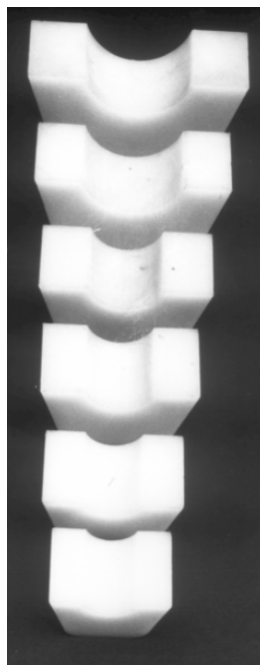
W ostatnim okresie 2004-2006 realizowany jest także projekt badawczy pt. „Zastosowanie bezprzewodowej transmisji danych do diagnostyki i sterowania maszyn i urządzeń górniczych” pod kierunkiem dr.inż. G.Bomersbacha.

2. Współpraca w pracach badawczo-rozwojowych

2.1. Prace z zakresu transportu szybowego

Opierając się na publikacji prof.dr.hab.inż. J.Hansla z AGH [1] w okresie od 1967 r. do 2005 r. zostało opracowanych wiele krajowych wykładzin kół pędnych i bębnow linowych o różnym przeznaczeniu i coraz lepszych właściwościach eksploatacyjnych. Jedne z pierwszych prac badawczych z tego zakresu były realizowane wspólnie z ZKMPW. W wyniku tej współpracy w latach 1972-1974 zostały dopuszczone przez WUG wykładziny WKLP-1 oraz WKK-1 i WKK-2. Przedstawione w cytowanej pracy prof. J.Hansla tytuły i wyniki prac badawczych prof. J.Stachurskiego i J.Orlaczka pozwoliły na opracowanie wykładzin, które na etapie badań nazywano „Nitar”. Były to wykładziny poliamidowe oraz winylinowo-kauczukowe (rys. 1).

Opracowane w 1972 r. warunki techniczne wykonania i stosowania wykładzin były wykorzystane do opracowania odpowiednich norm. Ustalone wtedy kształty i wymiary wykładzin są nadal aktualne. Po raz pierwszy wykładziny poliamidowe WKLP-1 zostały zastosowane w szybie Jan I przedział południowy KWK „Dębieńsko” już 1.04.1971 r. Pierwszy komplet wykładzin pracował 16 lat. Wykładziny WKK-1, WKK-2 były powszechnie stosowane do 1994 roku jako wykładziny odciskowe maszyn wieżowych.



Rys.1. Wykładziny poliamidowe

Z innych prac z zakresu urządzeń szybowych realizowanych wspólnie w latach 1976-1980 należy wspomnieć o badaniach nad nowymi rozwiązaniami i metodami obliczeń prowadzenia naczyń w szybie (prof.dr hab. inż. Henryk Knop, dr inż. Marek Płachno). Celem tych prac badawczo-rozwojowych było opracowanie rozwiązań prowadzenia naczyń o dużych udźwigach w szybach o dużej głębokości, z równoczesnym obniżeniem zużycia stali i kosztów zbrojenia oraz zwiększenia jego niezawodności. Efektem tych prac jest nowy układ prowadzenia

zamieniający prowadzenie sztywne na półelastyczne. Wyniki tych badań były wdrażane dla celów badawczych w szybie Ruch III KWK „Jaworzno”.

2.2. Prace w zakresie transportu poziomego

Wspólne prace badawczo-rozwojowe z zakresu nowoczesnych wysokosprawnych środków przewozu i odstawy w kopalniach podziemnych dotyczyły m.in. wdrożenia nowego zespolonego hamowania pociągów kopalnianych. Nowy sposób hamowania znacznie zwiększył wydajność transportu poziomego i jego bezpieczeństwo. Nowy układ hamowania zrealizowany w CMG KOMAG (inż. M.Nasiek, inż. E.Kłaputek) oraz z AGH (doc. A.Siedlar, dr K.Furmanik) po jego wykonaniu w Śląskiej Fabryce MONTANA w Katowicach oraz Fabryce Lokomotyw FA-BLOK w Chrzanowie wdrożono w 1979 r. w KWK „Zabrze”.

W tym okresie (1972-1980) wyżej wymieniony zespół AGH-CMG KOMAG realizuje inne prace z zakresu:

- opracowania i zastosowania okładziny czarnej do napędów kolejek podwieszanych typu SKD 30/21, wdrożone w FMG PIOMA,
- opracowanie konstrukcji, tworzyw, technologii wykonania i stosowania wykładzin ciernych bębnowych napędowych przenośników taśmowych,
- opracowanie konstrukcji, wykonawstwo i wdrożenie lokomotywy i kolejki z mechanizmem ciernozębatym przystosowanym do jazdy po stromych torach; kolejka przeznaczona do transportu materiałów i ludzi w transporcie pomocniczym w kopalniach o wyrobiskach krętych i mocno nachylnych (do 30° i skręt na łukach o promieniu załedwie 4 m); pokaz prób tego urządzenia przeprowadzono w AGH – 23.09.1972 r. – (rys. 2); wykonane urządzenia prototypowe w Dąbrowskich Zakładach Naprawczych PW zainstalowano w KWK „Sosnowiec” oraz „Janina” w 1977 r.

Przebieg i wyniki powyżej omówionych prac badawczo-rozwojowych omawiano szeroko na organizowanych w AGH Szkołach Transportu Kopalnianego z udziałem przemysłu, i CMG KOMAG w latach 1979, 1980 i 1982.

2.3. Prace z zakresu maszyn przepływowych

Prace naukowo-badawcze z zakresu maszyn przepływowych zrealizowane w latach 1974-1980 i 1981-1985 kierowane przez dodatkowo zatrudnionego w AGH prof. Z.Koreckiego w latach 1974-1982, przy ścisłej współpracy z dr. W.Sobolewskim i dr. H.Roszką dotyczyły następujących tematów:

- opracowanie kompleksowego wyposażenia hydraulicznego dla maszyn i urządzeń górniczych, obejmującego udoskonalenie konstrukcji silników hydraulicznych dla maszyn górniczych,
- identyfikacja hydraulicznych własności silników typu SOK w świetle zastosowania w maszynach górniczych.

Prace obejmowały:

- badania energooszczędnych napędów hydrostatycznych z akumulacją i odzyskiem energii,
- badania parametrów pracy wysokomomentowych silników hydraulicznych małej mocy,
- badania silników hydraulicznych nowej generacji typu HSS.

W wyniku tych prac powstały specjalistyczne stanowiska badawcze:

- stanowisko do badań energooszczędnego napędu hydrostatycznego na bazie pomp z baterią akumulatorów hydraulicznych pęcherzowych i tłokowych – rysunek 3,
- stanowisko do badań silników hydraulicznych obciążonych grawitacyjnie,

Natomiast wyniki tych prac badawczych zostały przekazane do Piotrowskiej Fabryki Maszyn FAMUR i ZBMD – Zabrze [2].

2.4. Prace z zakresu maszyn i urządzeń urabiających

Na szczególne podkreślenie w ramach omawiania wspólnego dorobku naukowo-badawczego z tego zakresu należy wymienić:

- opracowanie i pierwsze próby ciągnika elektrycznego realizowanego dla kombajnu ścianowego w latach siedemdziesiątych wspólnie z CMG KOMAG i Piotrowską Fabryką Maszyn FAMUR (kier. prof. L.Kruszecki),
- badania i próby wdrożenia nowych technik urabiania węgla i skał zwięzłych, prowadzonych od 1980 r. i rozwijanych do chwili obecnej (kier. prof. Z.Kawecki i prof. A.Klich).

Pierwsze prawdopodobne w świecie badania z zakresu ciągników elektrycznych kombajnów ścianowych prowadzone były w Polsce już pod koniec lat siedemdziesiątych. Świadczyć może o tym patent nr P 97197 z 1978 r. pt. „Kombajn węglowy z ciągnikiem o napędzie elektrycznym”. Dotyczy on tyrystorowego układu napędowego do silnika asynchronicznego pierścieniowego ciągnika, którego badania przeprowadzono wraz z kombajnem.

Badania i poszukiwania nowych technik urabiania zwanych też niekonwencjonalnymi, wynikają z jednej strony z przekonania, że dotychczasowe metody osiągnęły kres swej możliwości, a z drugiej nie zapewniają w pełnym zakresie odpowiedniej ochrony zdrowia i bezpieczeństwa obsługi. Są to metody całkowicie nowe, bądź dotychczas powszechnie nie stosowane w górnictwie.

Realizowane już w latach osiemdziesiątych wspólne prace naukowo-badawcze dotyczyły i nadal znajdują się w wielu przypadkach w trakcie poszukiwań, doskonalenia oraz wdrażania, obejmują następujące metody:

- urabiania skał zwięzłych narzędziami aktywnymi z zastosowaniem dysków aktywnych,
- urabiania skał zwięzłych z dyskami statycznymi,
- urabiania z wykorzystaniem wysokociśnieniowych strumieni wody, względnie dla wspomagania urabiania mechanicznego.

Podstawowe prace naukowo-badawcze w zakresie ww. nowych metod urabiania podjęto wspólnie jak już wspomniano w ramach CPBR nr 1.1 w problemie dotyczącym opracowania nowych urządzeń dla zwiększenia postępu w zakresie wyrobisk korytarzowych kamiennych i węglowo-kamiennych. Myślą przewodnią kierownictwa CMG KOMAG i Instytutu Maszyn Górniczych AGH było stworzenie wspólnego zaplecza naukowo-badawczego na terenie AGH w Hali Maszyn Pawilon B-2, wyposażonego w odpowiednie stanowiska badawcze i urządzenia dla stosownego prowadzenia pomiarów i analizy wyników badań.

W tym celu powstały stanowiska przedstawione na rysunkach 4, 5, 6, 7 i 8.



Rys.4. Stanowisko do badań pojedynczych narzędzi - karuzelówka

W ramach kilku projektów badawczych oraz celowych zrealizowanych m.in. wspólnie z CMG KOMAG i ZM REMAG – Katowice powstaje prototyp chodnikowego kombajnu z dyskiem aktywnym RDA-1; opracowano sektorowe zraszanie dla organu poprzecznego kombajnu chodnikowego AM-50 oraz KR-150; stację uzdatniania wody dla zraszania organów kombajnów; założenia dla organów kombajnów ścianowych z narzędziami dyskowymi dla obniżenia zapylenia, energochłonności i poprawienie sortymentu, a także zmniejszenia zagrożeń wybuchowych.

Wyniki badań, prac konstrukcyjnych i wdrożeniowych szeroko omawiano w wielu publikacjach m.in. są one przedmiotem referatów na VI Międzynarodową Konferencję KOMTECH – 2005 pt. „Systemy ograniczające zagrożenia w procesie eksploatacji maszyn i urządzeń”. Są to referaty prof. A.Kalukiewicza, prof. K.Krauzego, prof. J.Jonaka, dr. K.Kotwicy i dr. P.Gospodarczyka [3].

W zakończeniu omawiania wspólnych prac naukowo-badawczych trudno nie wspomnieć o współudziale w Projekcie Zamawianym pt. „Badania określające wpływ wysoko wydajnych kompleksów ścianowych na technikę eksploatacji przy uwzględnieniu wła-

sności fizykomechanicznych kopalni, warunków zalegania, występujących zagrożeń oraz systemów udostępnienia złoża”. Praca dotyczyła badań określających wpływ wysoko wydajnych kompleksów w zakresie niezawodności i organizacji prac przodkowych dla wybranych trzech kopalń węgla kamiennego w latach 1995-1996.

3. Rozwój kadry naukowo-technicznej

Pomoc w realizacji jednego z podstawowych celów Jednostek Badawczo-Rozwojowych, jakim jest rozwój kadry naukowo-technicznej CMG KOMAG realizowana jest przez pracowników Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki (były Wydział Maszyn Górniczych i Hutniczych) dokonywana jest wielotorowo, tj.:

- poprzez organizowanie odpowiednich studiów podyplomowych, nieraz z udziałem pracowników CMG KOMAG jako wykładowców, egzaminatorów, m.in. wyłącznie dla pracowników KOMAG-u,
- prowadzenie przewodów doktorskich na AGH dla pracowników CMG KOMAG,
- opracowanie odpowiednich recenzji, opinii dla uzyskania stopni i tytułów naukowych, oraz książek, artykułów względnie referatów na konferencje i seminaria.

3.1. Studia podyplomowe

Organizowane na wydziale studia podyplomowe dla pracowników CMG KOMAG względnie Fabryk Maszyn Górniczych lub Kopalń dotyczyły następujących tematów:

- „Projektowanie i dobór kompleksów ścianowych” – 1979/80, 1983/84 i 1992/93,
- „Zmechanizowane obudowy ścianowe” – 1986/87,
- „Kompleksy ścianowe o dużej koncentracji wydobywania” – 1993/94,
- „Konstrukcja i eksploatacja Maszyn Przeróbczych” – 1986/87.

W wyżej wymienionych studiach jako wykładowcy i egzaminatorzy brali udział również pracownicy CMG KOMAG m.in. dyr. L.Jarno, prof. Z.Korecki, prof. K.Reich, dr W.Jachna, inż. R.Diederichs, inż. T.Mazurkiewicz, inż. J.Uchnast, inż. W.Wólek. Zajęcia laboratoryjne odbywały się także w laboratoriach CMG KOMAG.

3.2. Przewody doktorskie

Prace obronione w AGH

- dr inż. Henryk Roszak – Analiza czynników wpływających na moment rozruchowy oraz równomier-

ność pracy wolnoobrotowych wysokomomentowych silników hydraulicznych – promotor prof.dr inż. Z.Korecki – obrona 27.10.1978 r.,

- dr inż. Wacław Jachna – Analiza dynamiki belek pokładowych przesiewacza dwuwspornikowego – promotor prof. dr hab. inż. T.Baszewski – 14.05.1982 r.,
- dr inż. Henryk Gorczyński – Analiza współpracy obudowy zmechanizowanej ze spągami – promotor prof.dr hab.inż. A.Kalukiewicz – 12.06.2002 r.,
- dr inż. Dariusz Prostański – Badania obciążenia stożkowych noży obrotowych z wykorzystaniem sieci neuronowej – promotor prof.dr hab.inż. Józef Jonak – 10.04.2003 r.,
- dr inż. Daniel Kwieciński – Badania wpływu zastosowania stopów lekkich na własności użytkowe ratowniczej obudowy hydraulicznej – promotor prof.dr hab.inż. Antoni Kalukiewicz – 14.04.2003 r.,
- dr inż. Ryszard Bednarz – Wpływ wybranych parametrów konstrukcyjnych ładowarki osłonowej kombajnu ścianowego na proces ładowania urobku – promotor prof.dr hab.inż. Krzysztof Krauze – 11.12.2003 r.,
- dr inż. Marek Szyguła – Badania wpływu struktury przestrzenno podpornościowej obudowy zmechanizowanej skrzyżowania chodnika ze ścianą na jej własności ruchowe – promotor prof.dr hab.inż. Antoni Kalukiewicz – 1.08.2003 r.,
- dr inż. Andrzej Figiel – System oceniania zgodności wybranych maszyn górniczych – promotor prof. dr hab.inż. Andrzej Tytko – 22.01.2004 r.,

Prace realizowane

- mgr inż. Józef Kaczmarczyk – Wpływ europejskiego systemu oceny zgodności na zwiększenie bezpieczeństwa wybranych maszyn i urządzeń górniczych – promotor prof.dr hab.inż. Andrzej Tytko,
- mgr inż. Krzysztof Nieśpiałowski - Wpływ energii udaru na prędkość wiercenia hydrauliczną wiertarką udarowo-obrotową – promotor prof. dr hab. inż. Antoni Kalukiewicz,
- mgr inż. Edward Pieczora – Wpływ parametrów hydraulicznych zasilania na efektywność wysokociśnieniowego zraszania sektorowego w kombajnie chodnikowym – promotor prof.dr hab.inż. Antoni Kalukiewicz,
- mgr inż. Zbigniew Szkudlarek – Badania stanowiskowe procesu urabiania skał głowicą frezująco-odłupującą – promotor prof. dr hab.inż. Józef Jonak.

3.3. Opracowanie recenzji, opinii dla uzyskania stanowisk stopni i tytułów naukowych

Opracowania odpowiednich recenzji i opinii realizowane były przez następujących profesorów: Z.Kaweckiego, A.Klicha, Z.Koreckiego, A.Kalukiewicza, K.Krauzego, J.Hansla dla pracowników CMG KOMAG m.in. prof. J.Orlacza, prof. K.Reicha, doc. T.Winklera, dr. G.Bomersbacha, dr. M.Dudka, dr. W.Madejczyka, A.Drwięgi.

4. Udział w Radach, Komitetach, Komisjach

Rada Naukowa CMG KOMAG

- prof. Z.Kawecki – przewodniczący 1975–1981 r.
- prof. A.Klich – przewodniczący 1988–1999 r.
- prof. Z.Kłeczek – przewodniczący od 1999 r.
- prof. A.Kalukiewicz
- prof. K.Krauze

Komisja Kwalifikacyjna Rady Naukowej CMG KOMAG:

- prof. A.Klich
- prof. A.Kalukiewicz
- prof. K.Krauze

Rada Programowa – Kwartalnik „Maszyny Górnicze”:

- prof. T.Banaszewski
- prof. J.Hansel
- prof. A.Kalukiewicz
- prof. W.Kowalski

Komitet Naukowy Konferencji: KOMEKO, KOMTECH, CYLINDER, TRANSPORT SZYBOWY:

- prof. T.Banaszewski, prof. A.Klich, prof. J.Hansel, prof. S.Gumuła, prof. A.Kalukiewicz, prof. K.Krauze, prof. W.Batko, prof. A.Tytko, dr T.Pająk, dr M.Płachno.

Rada Społeczna Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH:

- dr inż. Andrzej Meder.

Literatura

1. Hansel J.: Nowe wykładziny kół kierujących górniczych wyciągów szybowych. Materiały międzynarodowej konferencji naukowo-technicznej pt.: Transport szybowy, tom I, CMG KOMAG – Zakopane 21-23.09.2005.
2. Gumuła S.: 3.4. Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych. Materiały Konferencji pt.: Jubileusz Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Kraków – AGH – czerwiec 2002.
3. Materiały międzynarodowej konferencji naukowo-technicznej pt.: Systemy ograniczające zagrożenia w procesach eksploatacji maszyn i urządzeń. KOMTECH 2005, CMG KOMAG – Zakopane 15-17.11.2005 r. – Referaty:
 - Kalukiewicz A.: Współpraca AGH-CMG KOMAG w zakresie urabiania wysokociśnieniowymi strumieniami wodnymi.
 - Gospodarczyk P.: Efekty wprowadzenia strumieni wodnych przy urabianiu skał narzędziami skrawającymi.
 - Kotwica K.: Zastosowanie wspomagania wysokociśnieniowego przy urabianiu skał narzędziami dyskowymi.
 - Krauze K.: Wykorzystanie wskaźnika skrawalności dla doboru i projektowania frezujących organów ślimakowych.
 - Jonak J.: Wykorzystanie sieci neuronowej dla prognozowania obciążenia narzędzi skrawających.

Artykuł wpłynął do redakcji w listopadzie 2005 r.

Działalność Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG na rzecz zwalczania zapylenia w wyrobiskach ścianowych

Streszczenie

W artykule przedstawiono działalność CMG KOMAG oraz kierunki prac badawczo-rozwojowych prowadzonych w zakresie zwalczania zapylenia w wyrobiskach ścianowych. Szczególną uwagę zwrócono na innowacyjne rozwiązanie systemu zraszania wodno-powietrznego zainstalowanego na kombajnie ścianowym do zwalczania zagrożenia metanowego i wybuchu pyłu węglowego.

Summary

1. Wstęp

Prowadzona w górnictwie węgla kamiennego coraz większa koncentracja wydobywania z przodków ścianowych jest źródłem wytwarzania większej ilości pyłu. Pył węglowy stanowi zagrożenie wybuchem, a jego wdychanie jest niebezpieczne dla zdrowia. Skutkiem długotrwałej ekspozycji na działanie pyłu węglowo-kamiennego jest pylica płuc. Jest to choroba zawodowa, która mimo postępu w zakresie prowadzonej profilaktyki, charakteryzuje się ciągle znaczną liczbą zachorowań.

W świetle postępujących procesów egzekwowania prawa i przepisów dotyczących ochrony zdrowia górników można przewidywać, że koszty leczenia i odszkodowań z tytułu utraty zdrowia będą szybko wzrastały. Proces ten może być dodatkowo przyspieszony poprzez wzrost świadomości społecznej i działania prawne związków zawodowych.

Obniżenie poziomu zapylenia jest więc jedynym, realnym sposobem zmniejszenia występujących zagrożeń, ograniczenia kosztów oraz ukrócenia cierpieniom ludzi.

Oddzielnym aspektem wytwarzania dużej ilości pyłu, jak wspomniano wcześniej, jest zagrożenie spowodowane jego wybuchem, związane z zapyleniem występującym zagrożeniem metanowym.

Zaistniałe w ostatnich latach wypadki z zapaleniem się metanu i wybuchu pyłu węglowego wymusiły podjęcie innych działań w zakresie zwalczania tych skojarzonych zagrożeń.

Przedstawione w niniejszym artykule prace badawczo-rozwojowe są kolejnym krokiem w rozwoju środków technicznych i metod zwalczania z powyżej wymienionego zakresu.

2. Wpływ parametrów fizyko mechanicznych węgla na poziom zapylenia i określenie metod jego zwalczania

Doświadczenia i wymagania prawne z lat siedemdziesiątych, osiemdziesiątych ubiegłego wieku wskazywały na potrzebę opracowania innowacyjnych rozwiązań z zakresu zwalczania zapylenia. W latach dziewięćdziesiątych podjęto więc w CMG KOMAG szereg prac nad nowymi instalacjami zraszającymi kombajnów ścianowych. Podjęto również działania zmierzające do poprawienia bezpieczeństwa pracy poprzez zapobieganie zagrożeniu wybuchu metanu. Niebezpieczeństwo takie powstaje, gdy noże organu urabiającego wchodzi w kontakt ze skałami towarzyszącymi pokładom węgla, powodując powstawanie iskier mogących być przyczyną zapłonu i wybuchu mieszanki metanu z powietrzem i pyłu węglowego.

W celu identyfikacji zagrożeń prowadzono badania określające wpływ parametrów fizyko mechanicznych na poziom zapylenia oraz analizowano metody jego zwalczania.

Prace badawcze prowadzono w ramach PIER (Partnerzy w Reformie Ekonomicznej), przy współudziale Amerykańskiej Agencji ds. Rozwoju Międzynarodowego oraz wspólnego polsko-amerykańskiego projektu badawczego w ramach II Funduszu im. M. Skłodowskiej-Curie w polskich i angielskich kopalniach. Badania przeprowadzone na zlecenie Biura Bezpieczeństwa i Higieny Pracy w Górnictwie w Katowicach w pięciu, polskich kopalniach węgla kamiennego (6 ścian węglowych oraz 6 przodków chodnikowych) – (tabele 1-4) wykazały, że pomiary frakcji wdychalnej pyłu na stanowiskach pracy, w systemach ścianowych i chodniko-

wych, znacznie przewyższają poziom NDS (10 do 20 razy) i z reguły nie były zgodne z wynikami pomiarów przeprowadzonych na podstawie zleceń z kopalń, przez jednostki legitymujące się odpowiednimi uprawnieniami [1].

Wyniki badań przeprowadzone w ramach II Funduszu M. Skłodowskiej-Curie wykazały, że parametry techniczne i technologiczne, jak również warunki przewietrzania wyrobisk istotnie wpływają na poziom wytwarzanego zapylenia [2].

W szczególności wykazano, że:

- istnieje zależność między wytrzymałością skał na ściskanie, energią właściwą kruszenia, a poziomem frakcji wdychalnej pyłu,
- wielkość zapylenia jest dodatnio skorelowana z zawartością popiołu w węglu,
- poziom frakcji wdychalnej pyłu jest wprost proporcjonalny do wartości procentowej wilgotności w węglu.

Sformułowano również zalecenia i metody zwalczania zapylenia w systemach ścianowych, tj.:

- projektowanie i stosowanie systemów wentylacji ścian o większym wydatku powietrza,
- stosowanie wewnętrznego zraszania na organie urabiającym wspomagającego zraszaniem zewnętrznym, z kierunkowym układem dysz (system shearer–clearer) o zwiększonym ciśnieniu i wydatku wody,
- stosowanie zwiększonej głębokości zabioru i ładówek na organach kombajnu,
- stosowanie urabiania jednokierunkowego,
- prowadzenie prac zmierzające do ograniczenia czasu przebywania załogi w strefie zapylenia,
- podnoszenie świadomości górników i dozoru technicznego w aspekcie zagrożenia pylicą.

3. Układ wysokociśnieniowego zraszania do kombajnów ścianowych

Analiza prac badawczych prowadzonych w wielu ośrodkach badawczych wykazała, że skuteczność zwalczania zapylenia uzależniona jest od natężenia przepływu wody, ciśnienia i strefy rozpylenia w powietrzu. Wykazano, że niezależnie od sposobu zraszania (przed nożami, za nożami, poprzez noże) wydane zmniejszenie zapylenia następuje przy ciśnieniu wody od 15–20 MPa. Przy ciśnieniu wody do 10 MPa, przy stałym natężeniu przepływu następuje zmniejszenie zapylenia o około 50%. Przy dalszym zwiększeniu ciśnienia do 20 MPa następuje redukcja pyłu do 75%. Wymagane są jednak małe średnice dysz oraz duży wydatek wody.

Przy ciśnieniu wody od 15 do 20 MPa następuje mikrorozpylenie (ilość kropelek wody w określonej ob-

jętości jest większa), co powoduje zwiększenie prawdopodobieństwa połączenia kropelek wody z pyłem. Efektem tego jest prawdopodobne wychwytywanie większej ilości pyłu, w tym jego drobniejszych frakcji [3].

Na podstawie analizy wyników badań i doświadczeń innych firm zdecydowano o opracowaniu i stosowaniu wysokociśnieniowego układu do kombajnów ścianowych.

Opracowana przez CMG KOMAG instalacja zraszająca do kombajnów ścianowych zapewniała:

- znaczną redukcję drobnego pyłu, poprzez skierowanie rozpylonego strumienia wody w kierunku strefy kontaktu noża z węglem,
- zredukowanie ogólnej wilgotności węgla,
- znaczne ograniczenie zatykania dysz, mimo zmniejszenia średnicy (większe ciśnienie),
- zmniejszenie o 50% ilości dostarczonej do zraszania wody,
- zmniejszenie zagrożenia wybuchu metanu.

Podstawowe dane techniczno-eksploatacyjne wysokociśnieniowej instrukcji maszynowej były następujące:

Pompa

- wydajność (32YS–7) – 150 dm³/min,
- ciśnienie – 1,54 MPa,
- obroty – 2900 min⁻¹.

Układ zasysająco-przewietrzający

- dwa organy urabiające, w każdym 8 dysz o średnicy 1,5 mm,
- natężenie przepływu wody na jednym organie – 25 dm³/min,
- ciśnienie – 1,5 MPa.

Układ zraszający

- dwa organy urabiające, w każdym 47 dysz o średnicy 0,4–0,5 mm,
- w każdym ramieniu promieniowa wielotłoczkowa pompa wodna o wydajności 50 dm³/min,
- ciśnienie rozpylanej wody – 15–20 MPa,
- prędkość obrotowa organu urabiającego – 37,5 min⁻¹,
- filtr dokładnego czyszczenia – 25 µm.

4. Zwalczanie zagrożenia pyłowego i metalowego za pomocą systemu zraszania wodno-powietrznego

Wypadki zaistniałe w ciągu ostatnich lat podczas eksploatacji ścian spowodowały podjęcie w CMG KOMAG prac nad zupełnie nowym sposobem zraszania.

Analizując podejmowane w przeciągu ostatnich kilkudziesięciu lat eksperymentalne i wdrożone rozwiązania systemów, urządzeń oraz metody walki z zagrożeniami naturalnymi, w CMG KOMAG podjęto prace zmierzające do opracowania skutecznego systemu zraszania z zastosowaniem wody i sprężonego powietrza. Sprężone powietrze jako medium rozpylające wodę wielokrotnie zwiększa strefę zraszania i powoduje równocześnie rozrzedzenie niebezpiecznych stężeń metanu.

Równolegle z pracami teoretycznymi przeprowadzono pierwsze próby stanowiskowe z zastosowaniem dysz dwuczynninkowych, powietrzno-wodnych (rys. 1) [4].



Rys.1. Badania strumienia powietrzno-wodnego

Zastosowano dysze o różnym kształcie strumienia i zapotrzebowaniu na wodę oraz sprężone powietrze, uwzględniając możliwości kopalni w dostarczeniu odpowiedniej ilości sprężonego powietrza i ograniczenia zużycia wody zraszającej. Na tej podstawie określono, że najkorzystniejszym rozwiązaniem będzie zastosowanie dysz o wydajności 1 l/min wody i około 100 l/min sprężonego powietrza. Wytypowano kilka rodzajów dysz, przydatnych do zastosowania przemysłowego, m.in. dysze o stożkowym, wielostożkowym oraz płaskim kształcie strugi i z ich wykorzystaniem użyciem przeprowadzono badania (rys. 2, 3, 4).

Badania wykazały, że wytworzona powietrzno-wodna struga zraszająca jest w stanie pokonać odległość od 0,5÷3 m, w zależności od rodzaju dyszy i parametrów zasilania w warunkach przewietrzania prądem powietrza o prędkości do 5 m/s.



Rys.2. Badania dyszy dwuczynninkowej o stożkowym kształcie strumienia



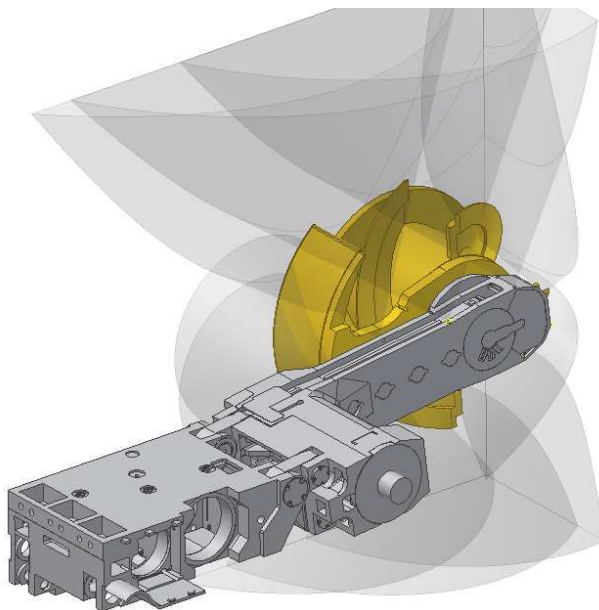
Rys.3. Badania dyszy dwuczynninkowej o wielostożkowym kształcie strumienia



Rys.4. Badania dyszy dwuczynninkowej o płaskim kształcie strumienia

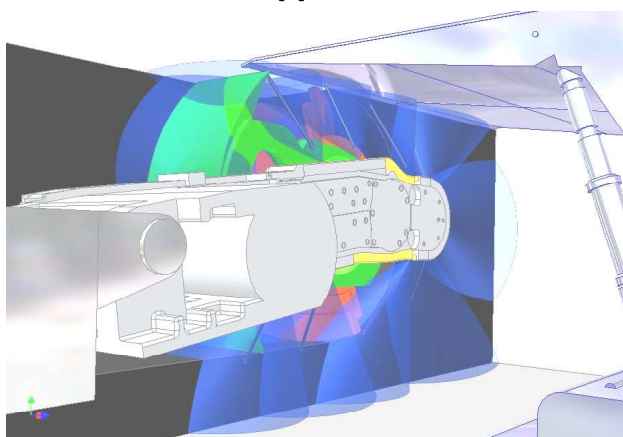
Pozwoliło to na opracowanie koncepcji zraszania powietrzno-wodnego przeznaczonego dla kombajnów ścianowych (rys. 5). Przewagą opracowanego

systemu, jest kilkukrotnie mniejsze zużycie (około 50 l/kombajn) i ciśnienie wody (1÷2 MPa).



Rys.5. Konceptcja układu zraszania powietrzno-wodnego w kombajnie ścianowym

Na tej podstawie w ramach projektu celowego podjęto dalsze prace w zakresie opracowania dokumentacji i wykonania prototypu i przeprowadzenia badań oraz wdrożenia, wspólnie z Jastrzębską Spółką Węglową S.A. systemu zraszania powietrzno-wodnego przeznaczonego do eksploatacji górniczej w wyrobiskach ścianowych. W tym celu przeprowadzono badania symulacyjne (rys. 6) i stanowiskowe (rys. 7) opracowanej instalacji na kombajnie KSW-460 NE produkcji ZZM SA. W chwili obecnej trwają badania w KD „Barbara”. Zabudowana instalacja przed wdrożeniem, będzie badana w warunkach eksploatacyjnych w KWK „Pniówek”, w I kwartale 2006 [5].



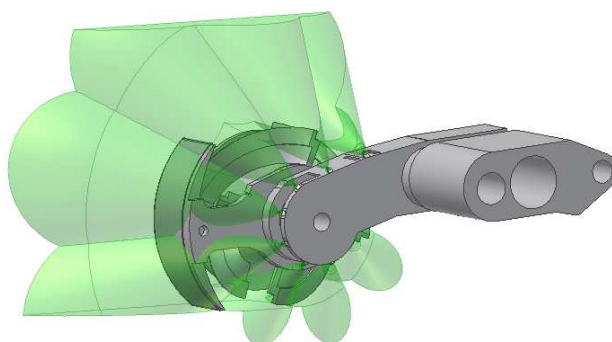
Rys.6. Model organu urabiającego z ładowarką – badania symulacyjne

Równolegle z realizacją projektu celowego CMG KOMAG podjął prace z LW „Bogdanka” S.A. zmierzające do eksperymentalnego zastosowania instalacji zraszającej wodno-powietrznej pod kątem zwalczania zapylenia w warunkach eksploatacji tej kopalni.



Rys.7. Model organu urabiającego z ładowarką – badania stanowiskowe

Przeprowadzono badania symulacyjne (rys. 8) i modelowe (rys. 9), a następnie instalację zraszającą zabudowano na kombajnie KSW-475 (rys. 10) pracującego w kopalni „Bogdanka”. Badania przeprowadzono w ramach normalnej eksploatacji ściany (rys. 11). Stwierdzono porównywalną skuteczność zraszania powietrzno-wodnego w stosunku do klasycznego zraszania wodnego, jednak przy pięciokrotnym zmniejszeniu zużycia i czterokrotnie mniejszym ciśnieniu wody zraszającej [6].



Rys.8. Symulacja działania instalacji zraszającej z ramienia kombajnu KSW-475



Rys.9. Model instalacji zraszającej z ramieniem kombajnu KSW-475



Rys.10. Instalacja zraszania powietrzno-wodnego na ramieniu kombajnu KSW-475



Rys.10. Badania eksploatacyjne instalacji zraszającej powietrzno-wodnej zabudowanej na kombajnie KSW-475 w LW „Bogdanka” S.A.

Efektem realizacji projektu celowego będzie wdrożenie systemu zraszania powietrzno-wodnego w KWK „Pniówek” w roku 2007, co stanowić będzie bezpieczniejszy sposób eksploatacji węgla w warunkach zagrożenia metanu i wybuchu pyłu węglowego.

Obecnie w CMG KOMAG opracowywane jest autorskie rozwiązanie dysz dwuczynnika przeznaczonych dla kombajnów górniczych wyposażonych w instalację zraszającą powietrzno-wodną.

5. Podsumowanie

W polskim górnictwie węgla kamiennego obserwuje się wysoki i wzrastający, zwłaszcza w ostatnich latach poziom zachorowalności na pylicę płuc. Wśród różno-

rodnych przyczyn najczęściej wymieniane są specyficzne właściwości technologii oraz trudności w redukcji zapylenia. Nie są jednak to główne przyczyny. W kopalniach nie zawsze wykorzystywane są wszystkie możliwości techniczne redukcji zapylenia. W dotychczasowych rozwiązaniach technicznych często preferowane są cele produkcyjne przed rozwiązaniami prozbepiecznymi. Niedostateczna jest również transmisja wiedzy i osiągnięć praktycznych w dziedzinie zwalczania zapylenia.

W tej sytuacji podejmowane prace badawcze i wdrażane rozwiązania, opracowane w CMG KOMAG, przy współudziale z producentami maszyn oraz kopalniami węgla kamiennego mogą przybliżyć cel, jakim jest całkowite wyeliminowanie pylicy z górnictwa oraz zwiększenie stosowanych zabezpieczeń przed zapaleniem metanu i wybuchu pyłu węglowego.

Literatura

1. Kowal A.: Identyfikacja charakterystyk poziomej frakcji wdychalnej pyłu w wybranych kopalniach węgla kamiennego. II Seminarium polsko-amerykańskie „Bezpieczeństwo Pracy Sprawą nr 1” - Politechnika Śląska w Gliwicach – 27.06.1997.
2. Kozieł A.: Zwalczanie zapylenia w systemach ścianowych – doświadczenia polsko-amerykańskiej współpracy w ramach II Funduszu im. M. Skłodowskiej-Curie. Materiały z Międzynarodowej Konferencji naukowo-technicznej „Zwalczanie zagrożeń pyłowych w górnictwie – Wisła, październik 1999.
3. Dziura J., Mazurkiewicz A.: Prace nad nowymi rozwiązaniami w zakresie zwalczania zapylenia w ścianach kombajnowych. Materiały konferencyjne „Zwalczanie zapylenia w wyrobiskach ścianowych. CMG KOMAG – SITG – Szczyrk, maj 1993.
4. Prostański D. i inni: Systemy zraszania do kombajnów górniczych wspomagające przewietrzanie strefy urabiania, zapewniające skuteczną ochronę przed zapłonem metanu. Praca nie publikowana E/BDC-8699. Gliwice, 2004.
5. System zewnętrznego zraszania kombajnu ścianowego zapewniający bezpieczną eksploatację w warunkach zagrożenia metanowego. Projekt celowy 6T12 2004C/06337. Praca nie publikowana.
6. Prostański D.: System zraszania zewnętrznego powietrzno-wodnego dla warunków eksploatacji ścianowej w LW „Bogdanka” S.A. Praca nie publikowana E/BDC-8824.

Artykuł wpłynął do redakcji w listopadzie 2005 r.

Prof. dr hab.inż. Teodor WINKLER
Dr inż. MAREK DUDEK
Mgr inż. Szczepan BOJARA
Mgr inż. Wojciech CHUCHNOWSKI
Mgr inż. Dariusz MICHALAK
Mgr inż. Jarosław TOKARCZYK
Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG

Wirtualne prototypowanie maszyn górniczych w praktyce projektowej **Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG**

Streszczenie

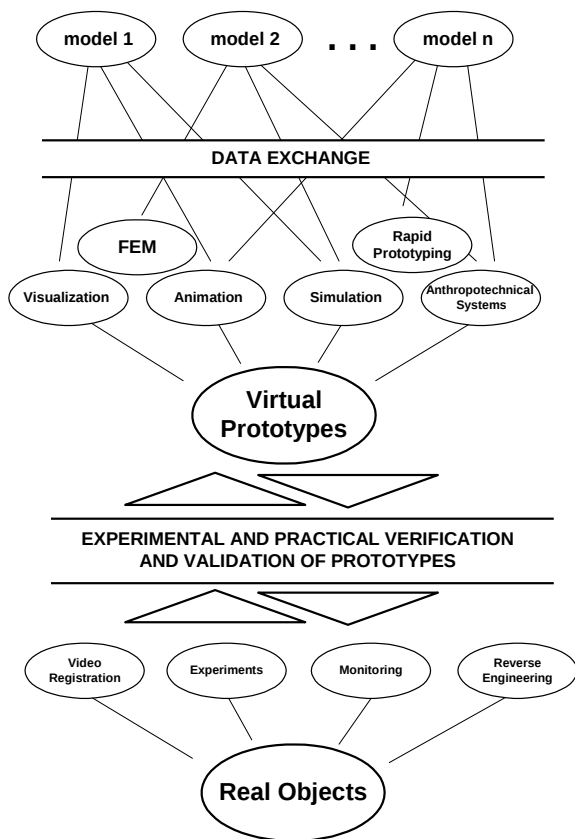
W Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG opracowano i wdrożono program symulacyjny, który umożliwia przeprowadzenie wybranych analiz kombajnów chodnikowych już we wstępnych fazach projektowania. Przeprowadzono badania symulacyjne dla kombajnów chodnikowych AM-50 i KR-150 oraz dla wozu wierząco-kotwiącego WKS. Prototypowanie wirtualne pozwala m.in. na ograniczenie zakresu badań doświadczalnych i ich ukierunkowanie.

Summary

The simulation software which enables to conduct selected analyses of roadheader operation in early stages of the designing process was developed and implemented in the KOMAG Mining Mechanization Centre. The simulation tests were conducted for the AM-50 and KR-150 roadheaders and for WKS drilling-and-bolting jumbo. The virtual prototyping enables, among others, a limitation of the range of experimental studies as well as to determine their range.

1. Wprowadzenie

Struktura wirtualnego prototypowania pokazana została na rysunku 1.



Rys.1. Elementy struktury wirtualnego prototypowania

Elementami tej struktury są:

- tworzenie prototypów wirtualnych,
- ocena prototypów wirtualnych w świetle wybranego układu kryteriów,
- weryfikacja i walidacja prototypów wirtualnych.

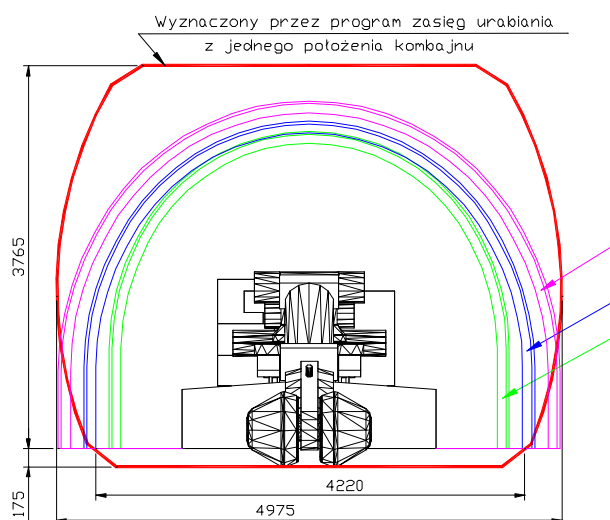
W dalszym ciągu artykułu przedstawione zostaną szczegółowe przykłady wirtualnego prototypowania.

2. Prototypowanie wirtualne w świetle kryterium funkcjonalnego. Symulacje działania maszyn

Zastosowanie wielofunkcyjnych maszyn zwiększa koncentrację wydobywania w chodnikach, automatyzuje czynności związane z drążeniem wyrobiska i stawianiem obudowy oraz ogranicza do minimum liczbę pracowników przebywających w przodku. Zastosowanie maszyn wielofunkcyjnych wymusza jednak bardziej rygorystyczne podejście do badania stateczności maszyny, sprawdzania możliwości kolizji maszyny ze środowiskiem pracy i przebywającą tam załogą. Maszyny chodnikowe działają często na znacznie nachylonym spągu, a także przy bardzo zróżnicowanych obciążeniach.

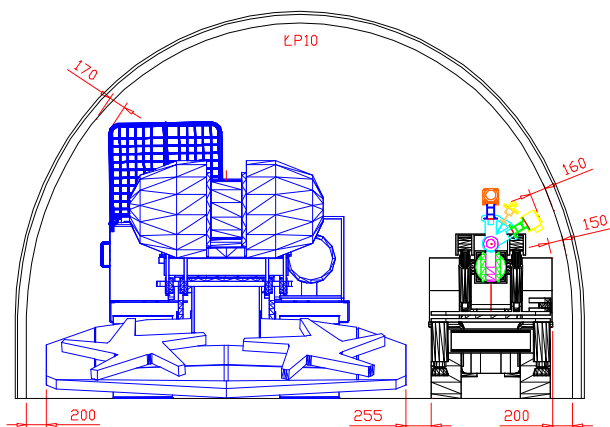
W CMG KOMAG opracowano i wdrożono program symulacyjny, który umożliwia przeprowadzenie wybranych analiz kombajnów chodnikowych już we wstępnych fazach projektowania. Przeprowadzono badania symulacyjne dla kombajnów chodnikowych AM-50 i KR-150 oraz dla wozu wierząco-kotwiącego WKS.

Wyznaczenie zasięgu oraz pola pracy wysięgnika maszyny sprowadza się do wyznaczenia trajektorii ruchu wysięgnika dla granicznych wartości wysuwów lub obrotów poszczególnych podzespołów maszyny. Odzworowanie ruchów roboczych maszyny wymaga zdefiniowania dla każdego z podzespołów lokalnego układu współrzędnych. Obroty lub przesunięcia podzespołu dokonywane są względem wybranej osi jego układu współrzędnych. Z uwagi na fakt, że kombajn wykonuje ruchy w płaszczyźnie poziomej względem osi obrotnicy i pionowej względem osi wysięgnika, tor głowicy biegnie w przestrzeni. Na rysunku 2 przedstawiono wyniki analizy wymiarów wyrobiska dla kombajnu chodnikowego AM-50.



Rys.2. Analiza wymiarów wyrobiska dla kombajnu AM-50

Na rysunku 3 przedstawiono przykłady analizy współpracy dwóch maszyn w ograniczonej przestrzeni roboczej chodnika. Symulacja komputerowa pozwoliła na wyznaczenie minimalnych odległości pomiędzy maszynami oraz obudową chodnikową.



Rys.3. Obudowa łukowa ŁP10. Współpraca kombajnu chodnikowego KR-150 z wozem wierząco-kotwiącym WKS

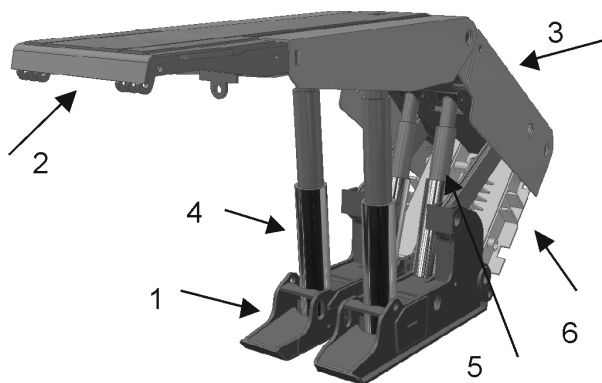
Z symulacji komputerowej (rys. 3) wynika, że dla wykonania wyrobiska w obudowie ŁP10 za pomocą kombajnu KR-150 przy współpracy z wozem wierząco-

kotwiącym WKS, pozostają bardzo małe odległości między wozem a ociosem chodnika i między stołem ładowarki a ociosem, jak również między wozem i ładowarką. Nie jest to jednak przeszkoda uniemożliwiająca wykonanie takiego wyrobiska, gdyż najmniejsze odległości między poszczególną maszyną a ociosem i między obiema maszynami znajdują się w okolicy stołu ładowarki kombajnowej opartego o spąg. Stąd przejazd bardzo krótkiego odcinka przez wóz wierząco-kotwiący w bardzo bliskiej odległości od ładowarki nie stanowi problemu.

3. Prototypowanie wirtualne w świetle kryterium wytrzymałościowego. Analizy metodą elementu skończonego

Tworzenie wirtualnego prototypu rozpoczyna się od budowy modelu geometrycznego. Na rysunku 4 przedstawiono model geometryczny sekcji obudowy zmechanizowanej: spągnice - 1, stropnica - 2, osłona odzawałowa - 3, stojaki hydrauliczne - 4, stojaki podpierające osłonę - 5, łączniki lemniskatowe - 6.

Model geometryczny najczęściej jest tworzony w środowisku oprogramowania inżynierskiego CAD (ang. *Computer Aided Design*). Współczesne programy CAD umożliwiają parametryzację zarówno cech konstrukcyjnych elementów, jak i położenia zespołów względem siebie [1].



Rys.4. Model geometryczny sekcji obudowy zmechanizowanej [1]

W kolejnym etapie model taki jest odpowiednio przygotowywany do analiz wytrzymałościowych. Usuwane są wszelkie elementy nie mające istotnego znaczenia przy przenoszeniu obciążeń przez konstrukcję. Są to osłony, szafowania, podcięcia, uchwyty do podwieszania przewodów hydraulicznych, itp. Niektóre elementy, np. takie jak stojaki hydrauliczne, czy inne elementy aktywne mogą być zastępowane tylko ich oddziaływaniem na pozostałe podzespoły w postaci sił, momentów, ciśnienia, itp.

Do najbardziej rozpowszechnionych metod weryfikacji pod względem wytrzymałościowym należy Metoda Elementów Skończonych (MES).

Do niedawna proces budowy modeli geometrycznych rozpoczynał się w środowisku programu przygotowującego dane do obliczeń (preprocesorze). Brak parametryzacji i odpowiednich narzędzi do budowy modeli geometrycznych wydłużał zarówno czas ich tworzenia, jak i były one znacznie uproszczone w stosunku do rzeczywistych obiektów. Stwarzało to problemy z identyfikacją miejsc na dokumentacji rysunkowej, w których należało dokonać zmian. Z drugiej strony, gotowe modele geometryczne, coraz częściej przestrzenne, nie były stosowane do analiz wytrzymałościowych. Następowoło dublowanie tych samych czynności, a tym samym spadek efektywności działań projektowo-weryfikacyjnych.

Integracja modelowania geometrycznego w programach CAD z obliczeniami wykonywanymi w programach MES pozwala na analizy wytrzymałościowe całych maszyn. Przyspiesza to w znacznym stopniu tworzenie nowych konstrukcji, ale nie przyspiesza to obliczeń MES, gdyż każdemu nowemu modelowi geometrycznemu odpowiada nowe zadanie obliczeniowe. Z tych względów oprócz powszechnej parametryzacji modeli geometrycznych, coraz częściej stosuje się parametryzację zadań obliczeniowych. Aby skrócić czas realizacji zadania obliczeniowego należy wyeliminować czynności powtarzalne.

Tworzenie modelu obliczeniowego wiąże się zazwyczaj z dużą liczbą poprawek, które wynikają z następujących powodów [1]:

- błędy modelu geometrycznego nie pozwalają na wygenerowanie siatki elementów skończonych,
- siatka elementów skończonych zawiera niewłaściwe elementy,
- niewłaściwe podparcie modelu,
- niewłaściwie zdefiniowany został stan obciążenia,
- niespójny model obliczeniowy – niewłaściwie dobrane stopnie swobody w utwierdzeniach lub w przegubach dla analiz statycznych.

Tworzenie pola możliwych rozwiązań konstrukcyjnych polega na wariantowaniu geometrycznej postaci konstrukcyjnej pojedynczych elementów lub całej maszyny. W tym drugim przypadku zmienność postaci konstrukcyjnej wynika ze zmiany położenia zespołów względem siebie, (rys. 5) lub ze zmiany liczby zespołów. W symulacji działania maszyny rozpatrywane są różne położenia zespołów względem siebie, wynikające z tego stany obciążenia i odpowiadające im stany naprężeń i odkształceń. Poszukiwane są tzw. stany kryterialne, w których ujawniają się takie zjawiska jak np. w przypadku sekcji obudów zmechanizowanych – maksymalne wyężenie łączników lemniskatowych w funkcji wysokości rozparcia.

Dla tak przygotowanego modelu obliczeniowego przeprowadzane są analizy numeryczne dla różnych

stanów kryterialnych. Stanami kryterialnymi w aspekcie wytrzymałościowym są wybrane, krytyczne zestawy obciążeń, podparć lub stopnia wyężenia wybranych podzespołów w funkcji wysokości rozparcia obudowy [2]. Poprzez wielokrotne wykorzystanie sprawdzonych elementów zadania obliczeniowego możliwe jest przeprowadzenie analizy większej liczby przypadków obciążeń i sposobów podparcia, aniżeli jest to możliwe przy indywidualnym formułowaniu zadań obliczeniowych dla każdego z przypadków osobno.

Parametryzacja wzajemnego położenia podzespołów pozwala na:

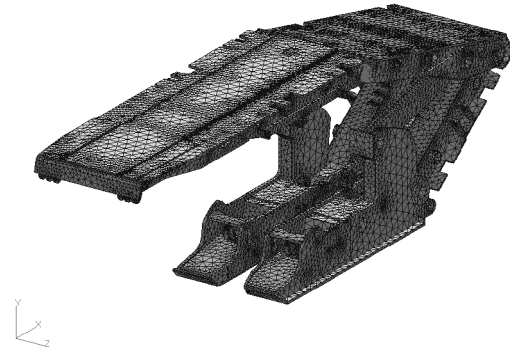
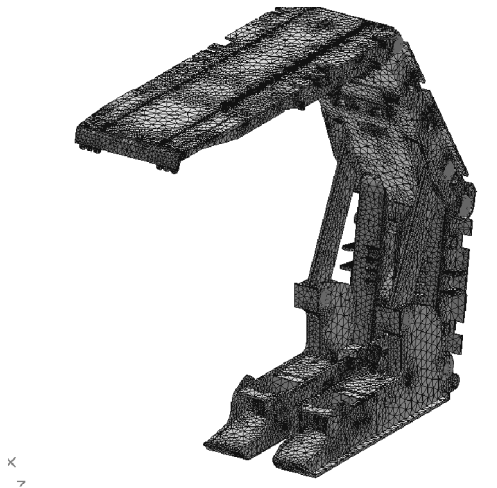
- wprowadzanie zmian konstrukcyjnych w wybranych zespołach lub elementach maszyn, przy zachowaniu pozostałej części modelu obliczeniowego,
- przyspieszenie wariantowania rozwiązań konstrukcyjnych, polegające na zmianie położenia zespołów i elementów względem siebie.

4. Prototypowanie wirtualne w świetle kryterium możliwości wytwórczych. Technologiczność montażu

Czynności montażu i demontażu maszyn górniczych znajdują się w polu zainteresowania zarówno wytwórni, jak i kopalń. Dla wytwórni czynności te są elementami prac serwisowych prowadzonych niejednokrotnie pod ziemią. Wytwórnia zarządza serwisem przeważnie jednej maszyny (lub ich wariantów konstrukcyjnych), dla której czynności serwisowania realizowane są w różnych kopalniach, a tym samym i warunkach. Z kolei kopalnie stoją przed koniecznością poznania i opanowania sposobów montażu i demontażu wielu różnych maszyn w związku ze zbrojeniem i likwidacją ścian. W obydwu przypadkach – w wytwórniach i w kopalniach – zarządzanie tymi czynnościami powinno nadążać za nowymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi maszyn.

Zmienność warunków górniczo-geologicznych powoduje, że ta sama maszyna, w tej samej kopalni, niejednokrotnie może być montowana i demontowana w skrajnie różnych warunkach. Warunki przestrzenne panujące w wyrobiskach podziemnych wykluczają stosowanie takiego samego sprzętu wspomagającego, jak w czasie montażu i demontażu przeprowadzanego w wytwórni. Dlatego też w trakcie planowania prac górniczych konieczne staje się przeprowadzenie analizy wykonalności tych operacji w zadanych warunkach. Do tego celu potrzebna jest znajomość warunków panujących w środowisku pracy, a w szczególności:

- wielkość pozostającej do dyspozycji przestrzeni,
- wymiary i ciężary montowanych elementów (podzespołów),

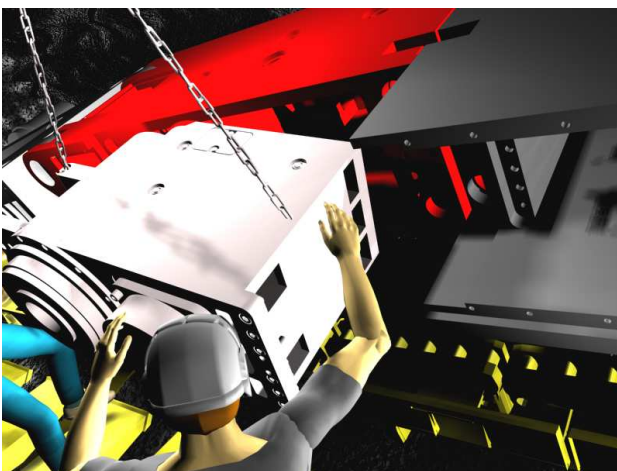


Rys.5. Modyfikacja modelu obliczeniowego ze względu na wysokość rozparcia sekcji obudowy zmechanizowanej [1]

- cechy sprzętu wspomagającego prace montażowe,
- kwalifikacje i cechy antropometryczne osób wykonujących te prace.

Stojące aktualnie do dyspozycji zasoby dokumentacyjne nie wspomagają należycie analiz warunków realizacji operacji montażowych.

Analizy prac montażowych przeprowadzono dla nowego typu kombajnu ścianowego, z szufladowym systemem montażu zespołów. Przyjęto, że montaż odbywa się w przestrzeni roboczej utworzonej przez sekcje obudowy zmechanizowanej, sekcje rynny przenośnika i caliznę węglową. Wszystkie czynności robocze wykonywane są od strony zawal. Założono, że spąg nachylony jest podłużnie pod kątem 150° i poprzecznie pod kątem 50° . Rozpatrywano montaż zespołu zasilającego o masie około 1700 kg w kadłubie kombajnu, który spoczywa na przenośniku. Założono również, że moduł zasilający został dostarczony na miejsce montażu ponad górną krawędź kadłuba i zawieszony na cięgnie łańcuchowym.



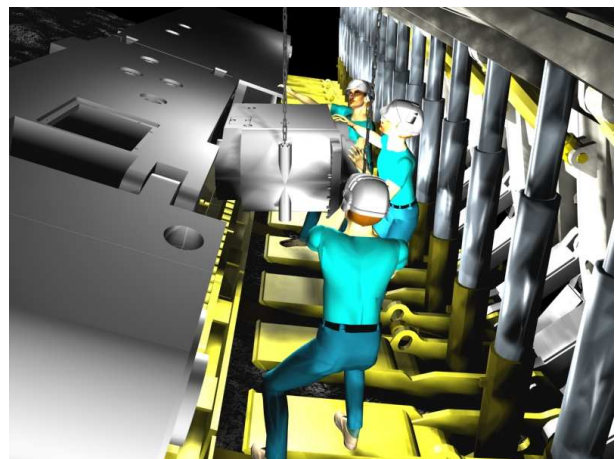
Rys.6. Początkowe rozmieszczenie osób zespołu montującego

Początkowe warunki montażu i rozmieszczenie osób zespołu montującego pokazano na rysunku 6.

Uwagę zwraca wielkość minimalnego prześwitu pomiędzy kadłubem kombajnu a stojakami hydraulicznymi obudowy. Wybrania w kadłubie tworzą „szuflady”, w które powinny być wkładane moduły. Tak więc po ustawieniu modułu zasilającego naprzeciw wybrania w kadłubie, należy wsunąć go do „szuflady”.

Prostokątny obrys wnęki w kadłubie nachylony jest zgodnie z kierunkiem nachylenia spągu, natomiast moduł zwisa pionowo na cięgnie. Aby wsunąć kadłub do wnęki korpusu, należy go najpierw obrócić o odpowiedni kąt. Tak więc podczas montażu należy skoordynować dwa ruchy: obrotu modułu na wiotkim cięgnie oraz przesuwu modułu w głąb wnęki.

Przy pochylonym poprzecznie spągu w kierunku na zawal, moduł zwisając na cięgnie przemieszcza się w kierunku obudowy i zmniejsza przestrzeń pracy i może dociskać ludzi do stojaków obudowy, rysunek 7.



Rys.7. Montaż modułu przy spągu pochylonym poprzecznie w kierunku na zawal

Przydatność symulacji prac montażowych widoczna jest w następujących obszarach:

- planowanie zbrojenia i likwidacji ścian,
- projektowanie nowych typów maszyn,
- szkolenia ślusarzy maszynowych.

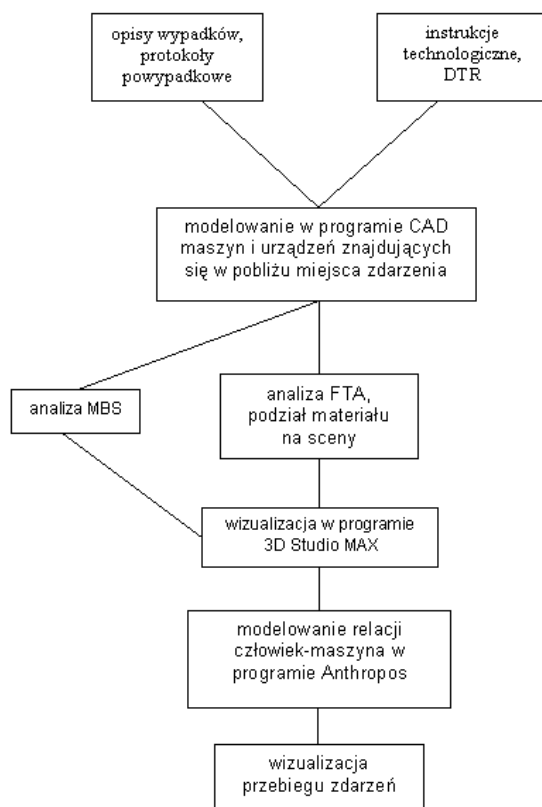
5. Prototypowanie wirtualne w świetle kryterium bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Rekonstrukcja wypadków

Podczas pracy górnicy narażeni są na działanie różnego rodzaju czynników ryzyka. Źródłem technicznych czynników ryzyka są pracujące w wyrobisku maszyny wydobywcze oraz inny sprzęt pomocniczy. Analiza sytuacji niebezpiecznych przeprowadzana jest na potrzeby rekonstrukcji wypadków, analizy procesów transportowych, montażowych i prawidłowej pracy maszyn. Wizualizacja zachowania się ludzi i maszyn w określonych sytuacjach, może być materiałem wyjściowym do tworzenia programów szkoleniowych.

Przed przystąpieniem do rekonstrukcji należy zapoznać się z warunkami panującymi w miejscu zdarzenia. Elementem wejściowym do tworzenia wizualizacji jest scenariusz utworzony na podstawie materiałów tworzonych w trakcie postępowania powypadkowego. Są to:

- zeznania świadków i poszkodowanych,
- szkice miejsca wypadków,
- protokoły powypadkowe,
- instrukcje technologiczne,
- dokumentacja techniczna,
- zdjęcia miejsca zdarzenia.

Rysunek 8 przedstawia schemat blokowy procesu tworzenia wizualizacji zdarzeń niebezpiecznych.

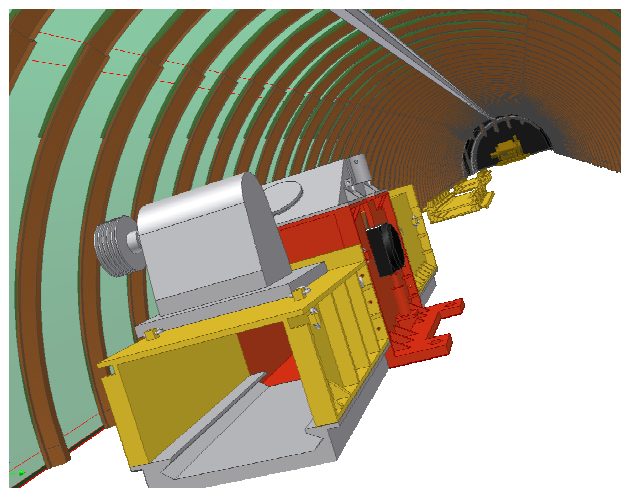


Rys.8. Przebieg procesu tworzenia wizualizacji

Analiza zaistniałego zdarzenia, przeprowadzana jest metodą Fault Tree Analysis (FTA). Za pomocą metody FTA możliwe jest analizowanie przebiegu i skutków zdarzenia. Opis przebiegu zdarzenia wypadkowego dzielony jest na sceny.

Modele obiektów materialnych i maszyn budowane są na bazie dostępnej dokumentacji rysunkowej CAD (rys. 9a). W przypadku braku dostępu do dokumentacji stosowana jest metoda Reverse Engineering pozwalająca budować modele geometryczne na podstawie zdjęć obiektów rzeczywistych (rys. 9b).

a)



b)



Rys.9. Modele obiektów materialnych: a) model z programu CAD b) model otrzymany na podstawie rekonstrukcji zdjęć

Po zakończeniu prac modelowych środowisko wypadku wraz z modelami maszyn i urządzeń zostaje przeniesione do programu wizualizacyjnego, gdzie zostaje wzbogacone o odpowiednie tekstury i sylwetki ludzkie. Następnie tworzone są filmy animowane przedstawiające przebieg (lub warianty przebiegu) sytuacji niebezpiecznych.

Na rysunku 10 widoczna jest scena z wizualizacji wypadku, jaki miał miejsce podczas demontażu kruszarki usytuowanej na nierównym podłożu. Po odłączeniu jednego z zespołów, pozostała część maszyny straciła stateczność, przewróciła się i przygnoiła ślusarza do ociosu. Zwraca to uwagę na konieczność

badania stateczności maszyny również w pośrednich stanach montażu i demontażu.

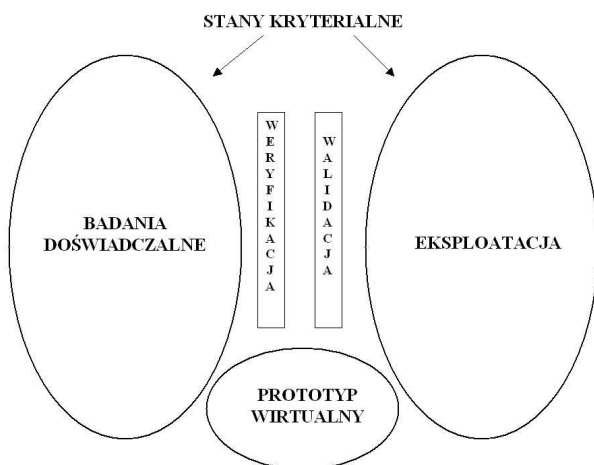


Rys.10. Widok sceny z wizualizacji wypadku

6. Weryfikacja i walidacja prototypów wirtualnych

Poprawność prototypu wirtualnego jest weryfikowana poprzez badania eksploatacyjne lub doświadczalne. Stopień przylegania prototypu do obiektu rzeczywistego oraz odpowiedniość warunków, w jakich jest on badany do warunków rzeczywistych, określane są mianem *walidacji*. Weryfikacja i walidacja prototypów wirtualnych maszyn górniczych osiągnięta jest poprzez:

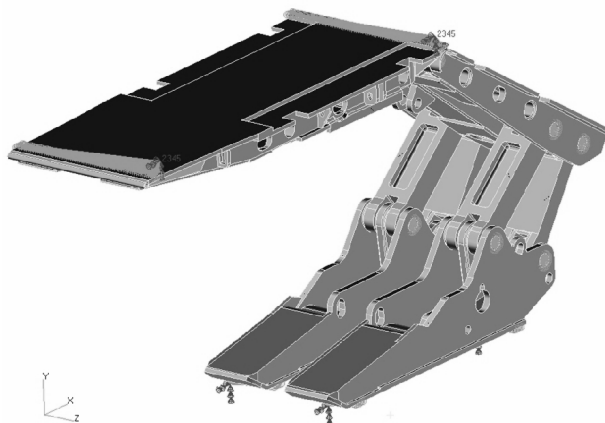
- badania doświadczalne na stanowiskach badawczych,
- badania w warunkach eksploatacyjnych,
- rekonstrukcję obiektów rzeczywistych (lub ich wybranych cech) w formie modeli komputerowych metodą Reverse Engineering,
- pozyskiwanie danych na temat stanów obciążenia z monitorowania maszyn,
- rejestrację wideo działania maszyn i pracy zespołów ludzkich dla potrzeb prototypowania układów antropotechnicznych.



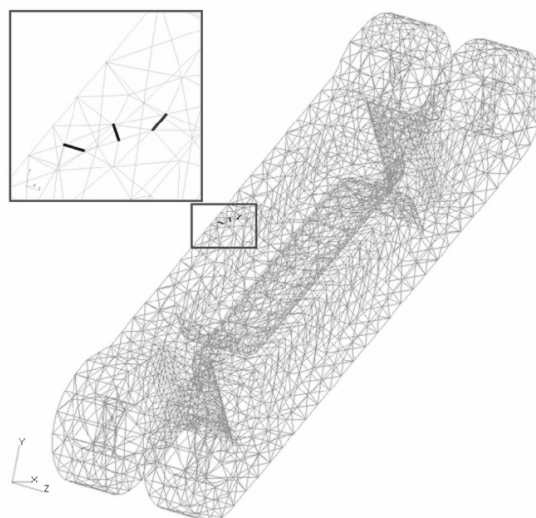
Rys.11. Weryfikacja i walidacja prototypów wirtualnych

Warunki w jakich prowadzone są badania doświadczalne oraz cechy konstrukcyjne badanej maszyny, zostają odwzorowane w modelu obliczeniowym MES. Na rysunku 12a widoczny jest model obliczeniowy MES obudowy zmechanizowanej w stanie kryterialnym odpowiadającym rozpięciu o „spąg” i „strop” stanowiska badawczego.

a)



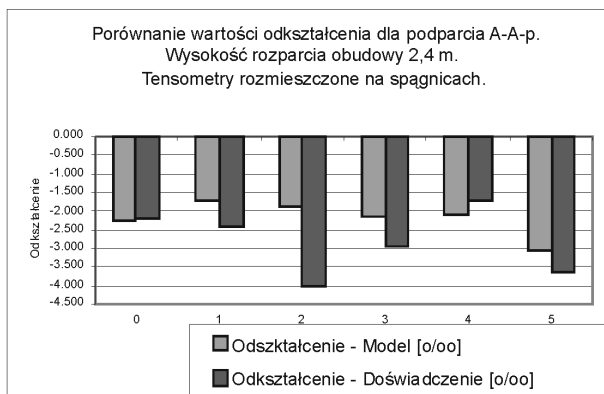
b)



Rys.12. Odwzorowanie warunków badań doświadczalnych w modelu obliczeniowym MES

W miejscach, w których na obudowie naklejone są tensometry, na modelu umieszczono specjalne elementy MES symulujące działanie tensometrów; „tensometry wirtualne” (rys.12b). Obliczone wartości wydłużeń tych elementów są porównywane z wartościami zmierzonymi. Na rysunku 13 pokazano porównanie wartości obliczonych i zmierzonych dla spągnic. Widoczna jest duża zbieżność uzyskanych wyników.

Weryfikacja modeli obliczeniowych poprzez wyniki badań doświadczalnych upoważnia jedynie do stwierdzenia stopnia poprawności modelu w odniesieniu do warunków panujących na stanowisku badawczym [4]. Nie upoważnia natomiast wprost do orzekania o stopniu zgodności tego modelu z maszyną działającą w warunkach rzeczywistych.



Rys.13. Porównanie wartości obliczonych i zmierzonych dla spągnic obudowy zmechanizowanej

7. Podsumowanie

Metodę wirtualnego prototypowania przyjętą w CMG KOMAG charakteryzują: kompleksowość i wysoki stopień integracji.

Złożoność wirtualnego prototypowania wskazuje na konieczność ujęcia systemowego tego zagadnienia, czyli na rozpatrywanie części ze względu na całość. Częstkowe analizy nie dają pełnego obrazu skutków wywołanych przez złożone stany, w jakich znajdują się współczesne maszyny górnicze.

Wirtualne prototypowanie realizowane jest w rozproszonym środowisku programowym, a każdy z programów przeznaczony jest do przeprowadzenia badań tylko w pewnym zakresie. Wzajemna spójność wyników badań zależy od stopnia integracji stosowanych modeli. Kluczową sprawą staje się zapewnienie przepływu modeli kryterialnych pomiędzy programami i definiowanie wiarygodnych stanów kryterialnych.

Zmienił się pogląd na temat miejsca i roli badań doświadczalnych prototypów materialnych w relacji do prototypowania wirtualnego. Są to dwie, uzupełniające się nawzajem formy oceny rozwiązań konstrukcyjnych. Trudności związane z badaniem prototypów materialnych maszyn górniczych, ich wysokie koszty oraz czasochłonność, wyznaczają tej metodzie rolę weryfikującą. Z kolei prototypowanie wirtualne pozwala na ograniczenie zakresu badań doświadczalnych i ich ukierunkowanie. Walidacja modeli stosowanych w analizach antropotechnicznych oparta jest na rejestracjach wideo działania rzeczywistych układów antropotechnicznych. Znaczenie tych rejestracji polega na tym, że z jednej rejestracji wyprowadzanych może być kilka modeli antropotechnicznych. I tak rejestracja czynności

montażowych kombajnu ścianowego podczas zbrojenia ściany, pozwala na utworzenie symulacji tych czynności w warunkach zbliżonych pod względem: wysokości ściany, nachylenia spągu, liczebności zespołu montującego [6]. Za wyjątkiem rzadkich tylko przypadków, istnieje natomiast duża niepewność w identyfikacji stanów obciążeń działających na rzeczywiste maszyny górnicze. Wiarygodność danych na temat stanów obciążeń można poprawić poprzez wykorzystanie danych zarejestrowanych podczas monitorowania maszyn, albo też – w mniejszym stopniu – wykorzystując wyniki obliczeń programów zorientowanych tylko na identyfikację stanów obciążeń.

CMG KOMAG jest przygotowany do prowadzenia badań prototypów wirtualnych maszyn górniczych zarówno pod względem wyposażenia, jak i opanowania metod tam stosowanych.

Literatura

1. Grant promotorski GR39 – 9433: Metoda tworzenia wirtualnych prototypów na przykładzie maszyn górniczych.
2. Praca badawcza E/BD – 8603/OR: Parametryzacja zadań w projektowaniu wirtualnym na przykładzie obliczeń MES. Gliwice, marzec 2003.
3. Praca badawcza SP/BDM – 9141: Wykonanie materiałów szkoleniowych na prezentację multimedialne. CMG KOMAG. Gliwice, listopad 2004.
4. Praca E/BD-8434/OR: Metodyka doświadczalnych badań weryfikacyjnych dla obliczeń metodą elementów skończonych. CMG KOMAG, Gliwice, czerwiec 2002.
5. Praca E/BD-8603/OR1: Rekonstrukcja obiektów rzeczywistych dla potrzeb tworzenia modeli obliczeniowych w metodzie elementów skończonych (narzędzia Reverse Engineering). CMG KOMAG, Gliwice, czerwiec 2003.
6. Praca E/BD-8605/OR: Symulacja warunków eksploatacji systemów antropotechnicznych przy pomocy narzędzi VRML (Virtual Reality Modeling Language). CMG KOMAG, Gliwice, czerwiec 2003.

Artykuł wpłynął do redakcji w listopadzie 2005 r.

Współpraca Instytutu Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej z CMG KOMAG – dotychczasowe osiągnięcia i dalsze perspektywy

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

Współpracę Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG i Politechniki Śląskiej zapoczątkował Instytut Mechanizacji Górnictwa. Współpraca ta przyjmowała różne formy i obejmowała m.in. wspólne prowadzenie prac naukowo-badawczych, kształcenie kadr poprzez opiekę naukową przy realizacji prac doktorskich, wspomaganie procesu dydaktycznego, udział w Radach Naukowych i innych Kolegiach doradczych czy opiniujących. W artykule podano wiele przykładów współpracy Instytutu Mechanizacji Górnictwa i CMG KOMAG oraz przedstawiono jej efekty.

S u m m a r y

The Mining Mechanization Institute started a cooperation between the KOMAG Mining Mechanization Centre and the Silesian University of Technology. The cooperation had different forms and included among others: common realization of scientific-and-research projects, education of staff through the scientific supervision during realization of Ph.D. projects, aiding the didactic process, participation in Scientific Boards and other advisory or opinion Councils. Many examples of cooperation between the Mining Mechanization Institute and the KOMAG Mining Mechanization Centre and its results are presented in the paper.

1. Wstęp

Rozwój polskiej gospodarki uzależniony jest w dużej mierze od transferu nowych technologii. W procesie tym bardzo ważną rolę odgrywają trzy elementy:

- podaż opracowanych w kraju nowych technologii, będących wynikiem prowadzonych prac naukowo-badawczych,
- popyt na nowe technologie, wynikający z zainteresowania nimi firm produkcyjnych,
- skuteczność jednostek pośredniczących w transferze technologii pomiędzy sferą nauki i sferą produkcji.

Z tego względu jednym z priorytetowych działań jest tworzenie sieci współpracy pomiędzy uczelniami wyższymi, jednostkami badawczo-rozwojowymi i przedsiębiorstwami produkcyjnymi. Na działania te Unia Europejska przeznaczyła fundusze, z których finansowane są projekty ukierunkowane na integrację wszystkich podmiotów biorących udział w procesie transferu technologii.

Jednym z kluczowych aspektów związanych z nawiązaniem współpracy i jej kontynuowaniem jest wzajemne zaufanie partnerów. Pozyskanie tego zaufania jest w wielu przypadkach bardzo trudne, gdyż potencjalni partnerzy występowali dotychczas jako konkurenci w pozyskiwaniu środków na prowadzenie prac badawczych. Konieczne jest zatem przełamywanie pewnych barier psychologicznych, czemu sprzyjają osobista znajomość i dobre kontakty gremiów kierowniczych współpracujących instytucji. Mówiąc zatem o perspektywie współpracy Instytut Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej z CMG KOMAG nie sposób pominąć dotychczasowych doświadczeń i wspólnych osiągnięć, które stanowią dobrą rękojmię dla podejmowania dalszych działań również przy współudziale stron trzecich.

2. Dotychczasowa współpraca dwustronna IMG i CMG KOMAG

Instytut Mechanizacji Górnictwa zapoczątkował współpracę Politechniki Śląskiej z Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG. Do nawiązania i owocnego rozwinięcia tej współpracy, przyczyniły się następujące czynniki:

- zbieżność realizowanych celów,
- wzajemne uzupełnianie się w zakresie potencjału naukowego i infrastruktury badawczej,
- bliskość położenia.

Współpraca przyjmowała różne formy i obejmowała w szczególności:

- wspólne prowadzenie prac naukowo-badawczych,
- kształcenie kadr poprzez opiekę naukową przy realizacji prac doktorskich,
- wspomaganie procesu dydaktycznego,
- udział w Radach Naukowych i innych kolegiach doradczych oraz opiniujących,
- współdziałanie w gremiach powoływanych przez strony trzecie.

2.1. Działalność naukowo-badawcza

Współpraca obu stron w zakresie działalności naukowo-badawczej dotyczyła głównie następujących zagadnień:

- opracowanie i doskonalenie metod projektowania maszyn i urządzeń górniczych,
- uzyskanie wysokiej koncentracji wydobywania,
- bezpieczeństwo użytkowania maszyn i urządzeń górniczych.

Poza tym współpraca obejmowała prowadzenie badań w zakresie:

- urabialności węgla w pokładzie i na stanowisku w warunkach laboratoryjnych,
- trwałości przekładni zębatych,
- sprzężenia ciernego w napędach cierno-linowych,
- wykładzin kół pędnych,
- wyciągów awaryjno-rewizyjnych,
- rozkładu sił w linach wyciągów wielolinowych,
- niezawodności hamulców maszyn wyciągowych.

Wymiernym efektem tej współpracy są rezultaty wspólnie realizowanych prac prowadzonych na zlecenie jednej ze współpracujących stron.

Przykładem współpracy długofalowej jest realizacja w latach 1974÷1982 wieloetapowej pracy w ramach problemu naukowego 01.02.04.07 pod wspólnym tytułem „Doskonalenie metod projektowania i obliczeń obudów zmechanizowanych”. Do głównych osiągnięć należy zaliczyć:

- opracowanie metodyki wyznaczania obciążenia węzłów konstrukcyjnych sekcji obudowy zmechanizowanej typu: podporowego, podporowo-osłonowego i osłonowo-podporowego,
- opracowanie metody projektowania elementów sekcji obudowy zmechanizowanej na dopuszczalny udźwig,
- aplikacja obliczeń wytrzymałościowych spawanych elementów nośnych o budowie skrzynkowej do metody projektowania na dopuszczalny udźwig.

Weryfikacja doświadczalna zaproponowanej metodyki nastąpiła w trakcie realizacji kolejnej pracy naukowo-badawczej pt.: „Badania obciążeń obudowy w ścianie wydobywczej kopalni K1” w roku 1984. Wyznaczono wówczas zewnętrzne obciążenie statyczne sekcji obudowy zmechanizowanej FAZOS-17/37-Oz KLZW zastosowanych w ścianie I w KWK „Bogdanka”. Na podstawie uzyskanych wyników badań eksperymentalnych przeprowadzono obliczenia wytrzymałościowe elementów podstawowych sekcji i wspólnie z Zakładem Obudowy wykonano projekt techniczny modernizacji sekcji, co umożliwiło prowadzenie dalszej eksploatacji przy wykorzystaniu tych sekcji.

Kolejnym przykładem zastosowania metody projektowania na dopuszczalny udźwig jest przeprowadzenie obliczeń wytrzymałościowych w celu sprawdzenia poprawności modyfikacji sekcji obudowy zmechanizowanej GLINIK-10/23-POz stosowanej w KWK „Bogdanka”, co wykonano w ramach pracy nt.: „Analiza konstrukcyjno-wymiarowa – Metodą Elementów Skończonych – podstawowych zespołów konstrukcyjnych sekcji obudowy GLINIK-10/23-Poz”.

Dalsza współpraca obu stron przy realizacji prac na potrzeby KWK „Bogdanka” dotyczyła optymalizacji parametrów pracy maszyn i urządzeń górniczych w celu uzyskania wysokiej koncentracji produkcji. W ramach projektu celowego pt.: „Wysoko wydajny o zwiększonej koncentracji wydobywania i zminimalizowanych kosztach front wydobywania dla KWK „Bogdanka” przeprowadzono identyfikację obciążenia:

- sekcji obudowy zmechanizowanej TAGOR-13/25-POz,
- kombajnu ścianowego KSW-500 2A2V,
- przenośnika ścianowego PF-4-832

w warunkach ściany 4/I. W wyniku analizy przebiegu obciążenia wyżej wymienionych maszyn ustalono przyczyny stanów awaryjnych i zdefiniowano wymogi techniczne dla ich aplikacji w kolejnej ścianie. Badania eksperymentalne przeprowadzone „in situ” w trzech kolejnych ścianach doprowadziły do uzyskania systemu mechanizacyjnego zapewniającego uzyskanie wydobywania 10000 t/d, a w wyniku dalszego rozwoju 16000 t/d.

Problematyka uzyskania wysokiej koncentracji wydobywania była wcześniej podjęta przy realizacji w KWK „Staszic” projektu celowego pod tytułem: „Systemy mechanizacyjne dla przodków o wysokiej koncentracji produkcji”. Należy przy tym podkreślić, że koordynowana przez prof.dr.inż. Włodzimierza Sikorę praca była pionierska w tej dziedzinie i stanowiła podwalinę dla wszystkich kolejnych prac prowadzonych w zakresie tej problematyki.

Przykładem dalszej współpracy w tej dziedzinie jest realizacja projektu celowego pt.: „Intensywna eksploatacja przodków cienkich zmierzająca do zwiększenia efektywności wydobywania węgla kamiennego” dla potrzeb KWK „Dębieńsko”. Celem pracy było zaprojektowanie i wdrożenie systemu mechanizacyjnego pozwalającego na uzyskanie wydobywania dobowego netto 3000 t w pokładach cienkich.

Kolejną ważną dziedziną wspólnych badań była i jest problematyka obciążenia dynamicznego sekcji obudowy zmechanizowanej. W trakcie realizacji w latach 1992÷1994 pracy naukowo-badawczej pt.: „Badania dołowe obciążeń dynamicznych obudów zmechanizowanych wywołanych wstrząsami i tąpnięciami” opracowano metodykę badań sekcji obudowy zmechanizowanej w warunkach eksploatacyjnych. Zaprojektowano i wykonano zestaw aparatury, za pomocą którego zarejestrowano przebiegi czasowe siły w stojakach sekcji spowodowane dynamicznym oddziaływaniem górotworu. Uzyskane przebiegi pozwoliły na wyznaczenie parametrów obciążenia dynamicznego sekcji traktowanego jako zmienna losowa.

W tym samym czasie (1992÷1994) zbadano możliwość zastosowania systemu ostrzegającego załogę przed tąpnięciem, przy wykorzystaniu analizy zmian ciśnienia w stojakach sekcji obudowy zmechanizowanej (projekt badawczy finansowany przez KBN pt.: „Określenie korelacji pomiędzy gradientem ciśnienia w stojakach hydraulicznych obudowy zmechanizowanej a prawdopodobieństwem wystąpienia tąpnięcia”). Ze względu na słabą korelację pomiędzy szybkością narastania ciśnienia w stojakach sekcji obudowy zmechanizowanej i energią wstrząsu oraz brak możliwości kontynuowania badań zrealizowano tylko cele poznawcze tej pracy.

Omawiana problematyka dynamicznego oddziaływania górotworu na obudowę ścianową była przedmiotem badań prowadzonych w ramach zadania badawczego pt.: „Badania symulacyjne tąpnięć w modelu złożonym z pokładu i obudowy” będącego częścią projektu badawczego finansowanego przez KBN pt.: „Wpływ cech konstrukcyjnych obudowy i organów urabiających na energochłonność urabiania”. Efektem pracy są modele funkcjonalne układu obudowa zmechanizowana – górotwór umożliwiające symulacje obciążenia dynamicznego sekcji przy wykorzystaniu wyników badań eksperymentalnych.

2.2. Rozwój kadry naukowej

Oprócz istotnych osiągnięć aplikacyjnych efektem współpracy są prace: habilitacyjna i doktorskie wykonane przez pracowników obu jednostek przy wykorzystaniu wyników prowadzonych prac naukowo-badawczych.

Autorem rozprawy habilitacyjnej pt.: „Identyfikacja parametrów charakteryzujących obciążenie sekcji obudowy zmechanizowanej spowodowane dynamicznym oddziaływaniem górotworu” jest dr hab.inż. Stanisław Szweda. Monografia została wydana przez Wydawnictwo Politechniki Śląskiej jako Zeszyt Naukowy w serii Górnictwo, nr 259. Stopień doktora habilitowanego, nadany przez Radę Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej został zatwierdzony przez Centralną Komisję ds. Stopni i Tytułów w dniu 24 października 2005 r.

Pracownicy Instytutu Mechanizacji Górnictwa byli promotorami w przewodach doktorskich następujących pracowników CMG KOMAG:

- dr. inż. Grzegorza Bomersbacha (Symulacja obciążeń dynamicznych występujących podczas tępnięć w podporach hydraulicznych – promotor: prof.dr hab. inż. W.Szuścik),
- dr. inż. Sławomira Brodzińskiego (Ocena niezawodności hamulców tarczowych górniczych maszyn wyciągowych z kołem pędnym – promotor: prof.dr hab. inż. J.Antoniak),

- dr. inż. Włodzimierza Madejczyka (Określenie możliwości przystosowania stojaków z wierconymi wzdłużnie kanałami zasilającymi ich cylindry i rdzenniki do przejmowania obciążeń dynamicznych – promotor: prof.dr hab. inż. K.Stoiński),
- dr. inż. Stanisława Romanowicza (Wpływ niektórych parametrów konstrukcyjnych stojaka hydraulicznego na prace obudowy górniczej w wyrobiskach pokładów tąpniących – promotor: prof.dr hab.inż. J.Antoniak).

Dzięki realizacji omówionych wcześniej prac naukowo-badawczych nastąpił także istotny rozwój kadry naukowej Instytutu Mechanizacji Górnictwa. Na kanwie przeprowadzonych badań powstały następujące prace doktorskie:

- Wpływ stanu naprężenia w strefie zabioru kombajnów ścianowych na urabialność mierzona wskaźnikiem A (dr inż. W.Biały),
- Metoda wytrzymałościowego sprawdzania poprawności połączeń spawanych elementów nośnych górniczych obudów zmechanizowanych (dr inż. M.Czop),
- Optymalizacja parametrów wytrzymałościowych spągnic płytowych obudów zmechanizowanych (dr inż. J.Kuczyński),
- Nośność graniczna elementów obudów zmechanizowanych osłabionych otworami (dr inż. L.Kumor-Kuczyńska),
- Nośność elementów płytowych obudów podporowo-osłonowych (dr inż. S.Szweda),
- Badania nad stosowaniem wskaźnika skrawalności dla potrzeb lokalizacji i prognozowania parametrów ścianowych maszyn urabiających w Zagłębiu Górnos Śląskim (dr inż. A.Tront),
- Wpływ odkształceń plastycznych na własności mechaniczne połączeń spawanych z niskostopowych stali konstrukcyjnych (dr inż. E.Szczok).

2.3. Pozostałe formy współpracy

Wiedza i doświadczenie pracowników obu współpracujących jednostek były i są wykorzystywane w różnych formach.

Pracownicy CMG KOMAG prowadzili zajęcia dydaktyczne ze studentami Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej. Swoją wiedzę przekazywali w formie wykładów, zajęć projektowych i seminarijnych, a także w trakcie prowadzenia prac dyplomowych. CMG KOMAG udostępnia swoje laboratoria na potrzeby zajęć laboratoryjnych z zakresu maszyn i urządzeń górniczych. W roku 1980 przy współpracy z POLMAG-iem powstało Laboratorium Środowiskowe Maszyn Górniczych zlokalizowane w Hali Technologicznej Wydziału Górnictwa i Geologii. W roku 2001 wyposażenie Laboratorium zostało przekazane przez CMG KOMAG Politechnice Śląskiej. Dyplomanci mają

możliwość odbycia praktyki dyplomowej w CMG KOMAG przy realizacji tematyki prac zaproponowanej lub uzgodnionej z tą jednostką. Wyróżniający się absolwenci specjalności Maszyny i Urządzenia Górnicze i Wiertnicze są zatrudniani w CMG KOMAG. Dzięki dobremu przygotowaniu do zawodu szybko awansują i część z nich piastuje kierownicze stanowiska.

Pracownicy obu jednostek organizują wspólnie konferencje o charakterze naukowo-technicznym (Szkoła Mechanizacji i Automatyzacji Górnictwa) oraz uczestniczą w Komitetach Naukowych lub Programowych konferencji organizowanych przez jedną ze stron (np. KOMTECH, TEMAG, Zastosowanie Mechaniki w Górnictwie, Górnictwo Zrównoważonego Rozwoju).

Pracownicy Instytutu Mechanizacji Górnictwa biorą czynny udział w pracach Rady Naukowej CMG KOMAG oraz Rady Programowej czasopisma „Maszyny Górnicze”. W przeszłości uczestniczyli także w posiedzeniach Rady Technicznej CMG KOMAG, a także byli członkami Komitetów Naukowych w Radzie Naukowo-Technicznej.

Pracownicy obu jednostek współdziałają w zespołach doradczych doraźnie powoływanych przez Dyrektora CMG KOMAG oraz w stałych gremiach powoływanych przez Prezesa Głównego Urzędu Górniczego oraz przez Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego zajmujących się bezpieczeństwem użytkowania maszyn i urządzeń górniczych.

3. Perspektywy dalszej współpracy

Spektakularnym przykładem rozwijającej się współpracy Instytutu Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej z CMG KOMAG jest realizacja wspólnie z ZUE ELSTA projektu celowego pt.: System identyfikacji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej. Przykład ten zasługuje na upowszechnienie co najmniej z dwu następujących powodów:

- wzorcowy przebieg współpracy uczelni (Politechniki Śląskiej, AGH), jednostki badawczo-rozwojowej (CMG KOMAG) i przedsiębiorstwa produkcyjnego (ZUE ELSTA) w zakresie transferu nowych technologii,
- uzyskanie produktu finalnego w postaci systemu identyfikacji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej.

System, prezentowany na Targach KATOWICE 2005, składa się z elementów wykonanych w postaci transponderów umieszczonych w sposób trwały w elementach sekcji oraz czytników służących do identyfikacji i rejestracji zakodowanych w nich numerów. Drugim podstawowym elementem systemu jest moduł informatyczny służący do archiwizacji i przetworzenia informacji gromadzonych w bazie danych. Zaproponowany program użytkowy umożliwia prowadzenie ewidencji elementów sekcji obudowy zmechanizowanej

dla zarządzania bezpieczeństwem użytkowania sekcji obudowy zmechanizowanej przez kopalnie i kontroli jakości przez producentów sekcji.

Zamknięcie projektu celowego nie oznacza zakończenia współpracy w tej dziedzinie, gdyż wszystkie strony wyraziły chęć kontynuacji prac mających na celu:

- opracowanie modułu informatycznego dla producentów sekcji obudowy zmechanizowanej,
- doskonalenie metod zarządzania bezpieczeństwem użytkowania sekcji obudowy zmechanizowanej przy wykorzystaniu opracowanego systemu.

Z zarządzaniem bezpieczeństwem związana jest również problematyka zabezpieczenia sekcji obudowy zmechanizowanej przed skutkami dynamicznego oddziaływania górotworu.

Obie strony zamierzają kontynuować dalsze wspólne działania w tym zakresie, czego dowodem jest wystąpienie do Komisji Węgla i Stali Unii Europejskiej z wnioskiem o finansowanie projektu badawczego którego celem jest zastosowanie układu o sztucznej inteligencji do przejmowania obciążenia dynamicznego. Rozważana jest możliwość zastosowania cieczy magneto-reologicznej, której właściwości będą dostosowane do warunków obciążenia zewnętrznego sekcji ze szczególnym uwzględnieniem obciążenia dynamicznego.

Doceniając znaczenie tworzenia sieci współpracy sfery nauki i sfery przemysłu obie strony uczestniczą w realizacji dwu projektów finansowanych z funduszy strukturalnych. Planowanym efektem tych działań jest utworzenie klasteru technologicznego w zakresie mechatroniki. Daleko posunięta koncepcja klasteru oparta o doświadczenia uzyskane w Niemczech, Belgii, Holandii i w Stanach Zjednoczonych została opracowana przez autora niniejszej pracy przy współudziale prof. dr.hab.inż. Stanisława Wańkowskiego z CEiAG EMAG i dr.inż. Andrzeja Medera z CMG KOMAG. Powyższe działania powinny doprowadzić w perspektywie kilku lat do rozwoju regionu i wzrostu konkurencyjności polskich przedsiębiorstw.

4. Zakończenie

Wejście Polski do Unii Europejskiej daje nowe możliwości i stanowi nowe wyzwania. Pozyskiwanie funduszy na realizację ambitnych celów wymaga rozszerzenia współpracy i tworzenia konsorcjów o zasięgu międzynarodowym. Rozumiejąc obecne realia Instytut Mechanizacji Górnictwa i CMG KOMAG podjęły nowe wyzwania dotyczące transferu nowych technologii i wspólnie opracowują wnioski na projekty celowe i inwestycyjne. Zatem dotychczasowa współpraca ulega rozszerzeniu i z dwustronnej przeradza się w wielostronną. Obie jednostki starają się wykorzystywać powstałe możliwości współdziałając na przykład w Śląskim Centrum Zaawansowanych Technologii.

Artykuł wpłynął do redakcji w listopadzie 2005 r.

Działalność Laboratorium Badań na tle 60-lecia istnienia CMG KOMAG

Streszczenie

W artykule przedstawiono działalność Laboratorium Badań na tle 60-lecia istnienia Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG. W 1992 r. rozpoczęto prace nad wdrożeniem systemu jakości, a w 1994 r. Zakład Badań Atestacyjnych podzielono na dwie komórki organizacyjne, tj. Zakład Badań Atestacyjnych i Laboratorium Badań, które pod tymi nazwami funkcjonują do dnia dzisiejszego. Laboratorium Badań realizuje prace w zakresie – badania sekcji obudów zmechanizowanych, zespołów hydraulicznych i mechanicznych, parametrów fizykochemicznych.

Summary

Activity of Testing Laboratory within 60 years of the KOMAG Mining Mechanization Centre is presented in the paper. Projects on implementation of the quality system were started in 1992 and in 1994 the Division of Statutory Tests was divided into two departments, i.e. Division of Statutory Tests and Testing Laboratory. The Testing Laboratory realizes projects as regards testing of the powered roof supports, hydraulic and mechanical devices as well as physical-and-chemical properties.

1. Rys historyczny

60-lecie działalności Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG nierozdzielnie wiąże się z rozbudową potencjału badawczego, w tym Laboratorium Badań DLB.

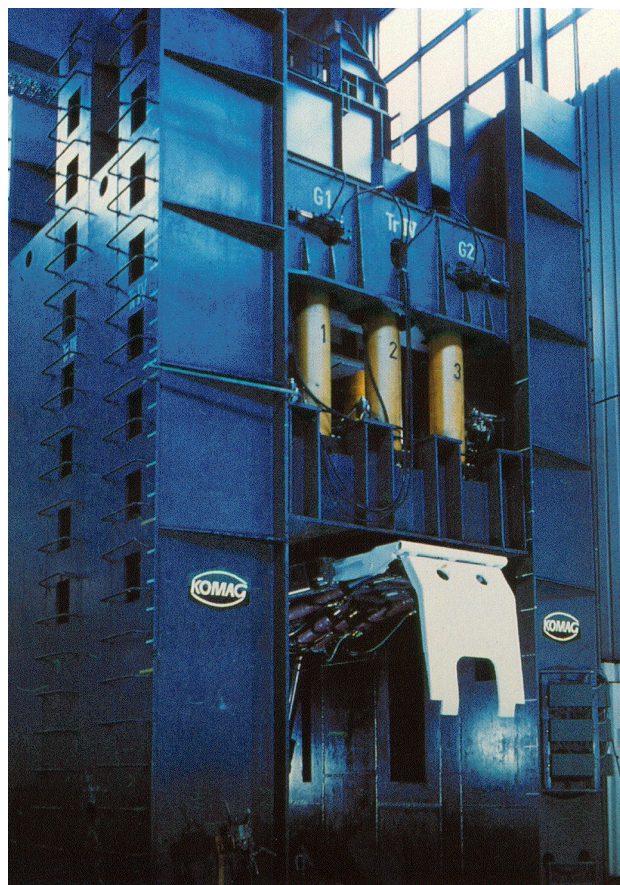
W latach sześćdziesiątych powstał Zakład Techniki Pomiarowej, który w 1979 roku został przemianowany na Zakład Badań Obudów i Techniki Pomiarowej. Zakład realizował prace na stanowiskach badawczych zlokalizowanych na terenie KOMAG-u, lecz przede wszystkim prowadzono pomiary wszystkich typów maszyn górniczych pracujących w podziemiach i na powierzchniach kopalń.

W 1980 roku zapadła decyzja o budowie nowej hali badawczej, w której miały zostać zlokalizowane dwa nowoczesne stanowiska badawcze do badań zmechanizowanych obudów górniczych.

Pierwsze ze stanowisk badawczych pod nazwą „Stacja badań dynamicznych elementów i sekcji obudów dla pokładów tąpniętych” (rys. 1) zostało przekazane do eksploatacji 25 lutego 1985 roku, zaś drugie „Stacja prób obudów zmechanizowanych” w dniu 3 października tego samego roku. Od tego momentu Zakład Badań Obudów i Techniki Pomiarowej zaczął zmieniać profil swojej działalności, stopniowo ograniczając prowadzenie pomiarów, a koncentrując na badaniach sekcji obudów zmechanizowanych i ich elementów.

Opracowano metodyki prowadzenia badań w oparciu o dokument pod nazwą „Tymczasowe wymagania, wytyczne konstruowania oraz prowadzenia badań la-

boratoryjnych i prób eksploatacyjnych obudów zmechanizowanych dla dopuszczenia typu do produkcji i stosowania” zatwierdzonym przez ówczesne Ministerstwo Górnictwa i Energetyki w grudniu 1984 r.



Rys.1. Stacja badań dynamicznych elementów i sekcji obudów dla pokładów tąpniętych

Równocześnie prowadzono prace adaptacyjne na kolejnej hali badawczej, gdzie przygotowywano stanowiska badawcze przeznaczone do badań elementów obudów i innych maszyn i urządzeń górniczych. Prace te zaowocowały powstaniem w 1992 r. dalszych trzech stanowisk badawczych:

- stojaków oraz elementów maszyn hydrauliki wysokociśnieniowej,
- wytrzymałości elementów maszyn i urządzeń górniczych,
- badań zaworów.

Warto podkreślić, że badania prowadzono nie tylko według metodyki polskiej na rzecz producentów obudów, ale również dla odbiorców zagranicznych według metodyk obowiązujących w tych krajach.

W okresie 1985-1995 przeprowadzono badania między innymi dla takich odbiorców, jak: Chiny, Stany Zjednoczone, Australia, Francja.

Oprócz prowadzenia badań Zakład Badań Obudów i Techniki Pomiarowej zaczął również wykonywać prace atestacyjne maszyn i urządzeń górniczych na rzecz producentów i użytkowników tych maszyn, co doprowadziło w 1990 roku do zmiany nazwy zakładu na Zakład Badań Atestacyjnych.

W 1992 r. rozpoczęto prace nad wdrożeniem systemu jakości, a w dwa lata później na mocy zarządzenia Dyrektora CMG KOMAG (26 września 1994 r.) Zakład Badań Atestacyjnych został podzielony na dwie komórki organizacyjne:

- Zakład Badań Atestacyjnych,
- Laboratorium Badań,

które pod tymi nazwami funkcjonują do dnia dzisiejszego.

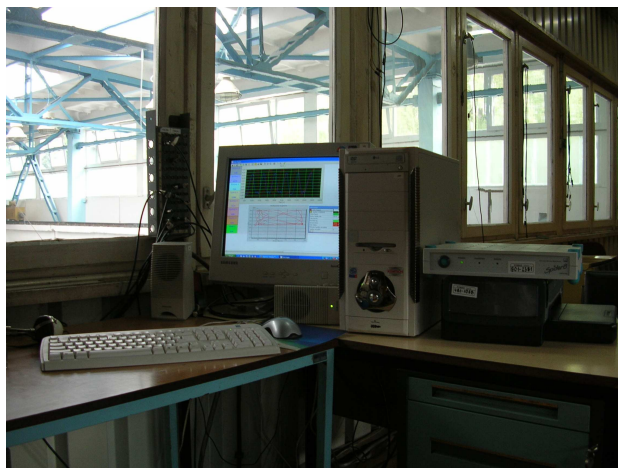
Obecnie zakres prac realizowanych w Laboratorium Badań obejmuje badania:

- sekcji obudów zmechanizowanych,
- zespołów hydraulicznych i mechanicznych,
- parametrów fizykochemicznych,

a ich poziom i jakość potwierdzone zostały akredytacją Polskiego Centrum Badań już w 1995 roku.

W tym czasie było to jedno z największych akredytowanych laboratoriów w naszym kraju. Ponowne audyty przedłużające akredytację Laboratorium Badań odbyły się w latach 1998, 2001 oraz we wrześniu 2005 roku.

W całym okresie istnienia Laboratorium unowocześniało bazę badawczą zarówno w wyposażaniu stanowisk badawczych, jak również poprzez wymianę i unowocześnienie aparatury pomiarowej (rys. 2).



Rys.2. Zestaw aparatury do pomiaru i rejestracji przebiegów statycznych i szybkozmiennych

2. Badania na potrzeby atestacji i certyfikacji

Wdrożony i stale doskonalony system jakości zgodny z wymaganiami PN-EN ISO/IEC 17025:2001 jest potwierdzeniem, że Laboratorium Badań zapewnia niezależne, bezstronne i rzetelne wykonanie badań maszyn oraz elementów mechanicznych i hydraulicznych.

W chwili wstąpienia Polski do Unii Europejskiej Laboratorium Badań otrzymało akredytację na badania na zgodność z normami europejskimi zharmonizowanymi z Dyrektywą Maszynową.

Zakres badań akredytowanych na zgodność z wyżej wymienionymi normami obejmuje:

- badania funkcjonalne sekcji obudowy,
- badania obciążeniowe sekcji obudowy,
- sprawdzanie sekcji obudowy po badaniach obciążeniowych,
- badania hydraulicznych elementów wykonawczych,
- badania szczelności i wytrzymałości przewodów hydraulicznych,
- badania jakości powłok ochronnych,
- analizę składu chemicznego wyrobów hutniczych,
- pomiar twardości.

Badania akredytowane obejmują również pomiary i rejestrację parametrów:

- ciśnienia za pomocą przetworników tensometrycznych,
- wydłużenia względnego metodą tensometryczną,
- przemieszczenia za pomocą przetworników indukcyjnych,
- siły,
- prędkości,
- w zakresie przebiegów szybkozmiennych.

Laboratorium prowadzi również badania nie objęte akredytacją. W obszarze tym znajdują się między innymi badania:

- zaworów hydraulicznych,
- ciśnieniowe rur stalowych kołnierzowych i innych,
- elementów obudowy chodników (strzemiona, rozpory stalowe),
- elementów kolejek podwieszanych i rozjazdów szynowych,
- wytrzymałościowe innych elementów mechanicznych i hydraulicznych.

3. Prace badawczo-rozwojowe i naukowe

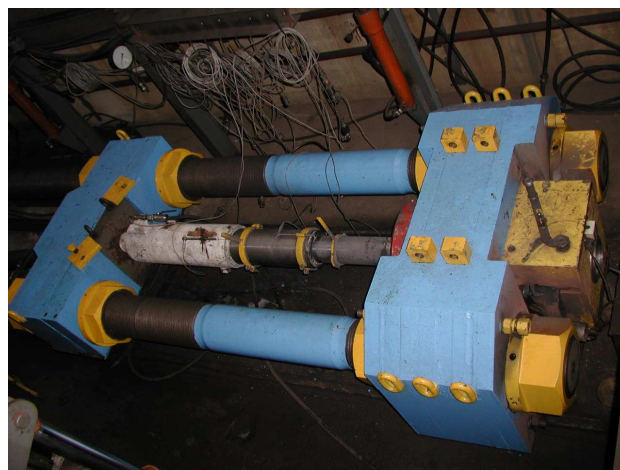
Niezależnie od prowadzonych badań na potrzeby atestacji i certyfikacji w Laboratorium Badań zrealizowano szereg ciekawych prac badawczych.

W związku z zapotrzebowaniem górnictwa na tanie powłoki nowej generacji, o nowych poszukiwanych cechach, podjęto w ramach programu badawczo-rozwojowego badania technologiczne nad nowymi powłokami, których efektem była praca doktorska Leszka Szostka pt. „Elektrochemiczne otrzymywanie powłok mosiężnych o specjalnych właściwościach i przeznaczeniu”. Przeprowadzone w ramach pracy badania doprowadziły do opracowania metody elektroosadzania powłok stopowych miedź-cynk na elementach obudów górniczych, pracujących w ekstremalnych warunkach korozyjnych i eksploatacyjnych.

Ważnym wkładem do poznania przebiegu narastania ciśnienia w stojakach była praca doktorska Grzegorza Bomersbacha pt. „Symulacja obciążeń dynamicznych występujących podczas tąpnięć w podporach hydraulicznych”. W pracy udowodniono możliwość i celowość zastosowania metody badania stojaków hydraulicznych udarem siły wywołanej zastosowaniem materiału wybuchowego.

Analiza uszkodzeń sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej powstałych w wyniku dynamicznego oddziaływania górotworu wykazała, że elementami najczęściej ulegającymi uszkodzeniom są stojaki hydrauliczne. Upodatkowaniem, mającym na celu przystosowanie stojaków do przyjęcia dodatkowego obciążenia wynikającego z dynamicznego oddziaływania górotworu zajął się Włodzimierz Madejczyk w pracy doktorskiej pt. „Określenie możliwości przystosowania stojaków z wierconymi wzdłużnie kanałami zasilającymi ich cylindry i rdzenniki do przejmowania obciążeń dynamicznych”. Analiza teoretyczna układów stojaków z zaproponowanymi sposobami zabezpieczeń oraz badania stanowiskowe (rys. 3) pozwoliły na dobór najko-

rzystniejszych elementów upodatkowanych stojak celem minimalizacji jego przeciążenia.



Rys.3. Stanowisko do badań stojaków pod obciążeniami dynamicznymi

4. Modernizacja bazy badawczej

Mając na uwadze ciągły rozwój oferty badań oraz ich jakość Laboratorium Badań podejmuje działania związane z unowocześnieniem bazy badawczej.

W ramach funduszy strukturalnych prowadzone są aktualnie prace modernizacyjne mające na celu unowocześnienie stanowisk badawczych.

Zakres modernizacji obejmuje:

- wykonanie systemu automatycznej kontroli przebiegu badań trwałościowych oraz monitorowania stanu działania stanowiska badawczego do badań wytrzymałości sekcji obudów,
- wykonanie i instalację wysokoefektywnego systemu chłodzenia cieczy hydraulicznej, pracującej w układzie zasilająco-spływowym stanowisk badawczych,
- wymianę w magistrali zasilającej stosowanych obecnie przewodów elastycznych na przewody stalowe oraz zastąpienie w układach rozdziału i sterowania cieczą połączeń wtykowych połączeniami skręcanymi.

W najbliższej przyszłości będą również modernizowane stanowiska do badań hydraulicznych elementów wykonawczych.

5. Podsumowanie

W okresie minionych 20 lat, tj. od 1985 r. na stanowiskach badawczych CMG KOMAG zrealizowano badania około 250 typów sekcji obudów zmechanizowanych oraz 1000 typów stojaków i siłowników hydraulicznych. Zleceniodawcami tych badań byli przede

wszystkim krajowi producenci obudów i hydrauliki, istniejący od lat na rynku górniczym tacy jak np.: FZOS, FAZOS, FMG GLINIK, PIOMA, TAGOR, jak również producenci, którzy od niedawna weszli na rynek np.: ZZM, SIGMA, DOZUT.

Znaczącą pozycję w całokształcie badań zajmują kontrahenci zagraniczni. Na przestrzeni ostatnich lat Laboratorium Badań nawiązało współpracę i wykonało badania dla Klientów z Ukrainy, Iranu, Białorusi, a w bieżącym roku rozwija się współpraca z firmą JOY z Wielkiej Brytanii.

Niewątpliwym efektem prowadzenia badań stanowiskowych sekcji obudów zmechanizowanych i ich elementów jest eliminacja słabych punktów konstrukcji już na etapie prototypu. Pozwala to na zwiększenie komfortu bezpieczeństwa pracy załóg górniczych w coraz trudniejszych warunkach geologicznych występujących w podziemiach kopalń.

Artykuł wpłynął do redakcji w listopadzie 2005 r.

Uwarunkowania dalszego rozwoju techniki i technologii wyrobisk ścianowych

Streszczenie

W artykule przedstawiono uwarunkowania dalszego rozwoju techniki i technologii wyrobisk ścianowych. Obecnie rozwój techniki ukierunkowany jest m.in. na obniżenie kosztów produkcji oraz na poprawę bezpieczeństwa pracy. Głównym narzędziem obniżenia kosztów produkcji jest koncentracja wydobywania z przodka ścianowego, która prowadzi do uproszczenia struktury kopalni, zarówno pod względem przestrzennym, jak i organizacyjnym.

Summary

The paper presents conditions for further development of longwall faces technology. Currently a development of the technology is focused, among others, on a reduction of manufacturing costs and on improvement of work safety. Concentration of longwall face production, which leads to a simplification of mine structure, both from spatial and organizational point of view, is the main method to reduce the manufacturing costs.

1. Wprowadzenie

Węgiel odgrywa dzisiaj, a także odgrywać będzie w bliższej oraz dalszej perspektywie znaczącą rolę, jako surowiec energetyczny dla elektroenergetyki, ciepłownictwa, koksownictwa oraz dla innych gałęzi przemysłu. Ażeby sprostać konkurencji w stosunku do innych nośników energii, takich jak paliwa płynne czy gazowe koszt wydobywania powinien być zminimalizowany. Stąd też głównie koszt wydobywania węgla decydować będzie w przyszłości o jego dalszej roli w gospodarce energetycznej kraju. A koszt ten zależny jest w znacznym stopniu od koncentracji wydobywania odniesionej do przodka ścianowego, oddziały wydobywczego oraz całej kopalni. Ten kierunek działania wymusza i wymuszać będzie w przyszłości korzystny rozwój techniki i technologii górniczej.

Omawiany problem był wielokrotnie dyskutowany, ponieważ jednak cechuje on się stałą dynamiką, musi być w miarę potrzeb aktualizowany. Taki też jest cel tego artykułu.

Stan koncentracji wydobywania w polskich kopalniach przedstawia tabela 1. W 10-lecie 1995-2005 nastąpił dwukrotny wzrost koncentracji wydobywania z przodka ścianowego, który jednak w ostatnich 4 latach uległ całkowitemu zahamowaniu.

Analiza danych zawartych w tej tabeli pozwala wyodrębnić dwa okresy rozwoju koncentracji wydoby-

cia z przodka ścianowego. Pierwszy okres to czas do roku 2001, w którym dynamika wzrostu koncentracji przekracza 10% rocznie oraz drugi, obejmujący ostatnie 4 lata, w którym dynamika ta oscyluje wokół zera. Od roku 2002 zahamowany został wzrost i nastąpiła stabilizacja wielkości wydobywania z przodka ścianowego, na zbyt niskim w stosunku do potrzeb poziomie, a mianowicie poniżej 3000 t/d.

2. Uwarunkowania rozwoju koncentracji wydobywania ze ściany

Obecnie rozwój techniki ukierunkowany jest na realizację ściśle określonych celów a to na obniżenie kosztów produkcji oraz na poprawę bezpieczeństwa pracy.

Głównym narzędziem obniżenia kosztów produkcji dającym sprawdzalne wyniki jest koncentracja wydobywania z przodka ścianowego. Prowadzi ona do zdecydowanego uproszczenia struktury kopalni i to zarówno pod względem przestrzennym, jak i organizacyjnym. Rezultatem tych działań jest zmniejszenie zakresu utrzymania wyrobisk korytarzowych i szybowych, uproszczenie systemu transportu głównego i pomocniczego, dróg wentylacyjnych, uproszczenie systemu organizacyjnego w skali mikro oraz w skali makro.

Wprowadzanie koncentracji wydobywania wymagało, oprócz rozwoju metod i środków produkcji, rozwoju

Tabela 1

Lp.		Jednostka	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005*
1	Wydobywanie ze ściany	t/d	1470	1678	1889	1930	2210	2473	2729	2786	2798	2783	2768
2	Dynamika	%	-	14	12,5	2	18	11,9	10,4	5,3	1,0	0	-4,5
3	Liczba ścian	szt.	414	355	302	259	232	183	166	154	147	141	134

środków zapewniających bezpieczeństwo pracy. Do najważniejszych działań w tym zakresie zaliczyć należy: eliminację zagrożeń naturalnych, takich jak tąpnięcia i metan, eliminację zagrożeń ze strony stosowanych maszyn, eliminację zagrożeń technologicznych, zwalczanie zapylenia szkodliwego dla zdrowia górników, zapewnienie odpowiedniej temperatury w miejscu pracy.

Czynnikami utrudniającymi, a nawet ograniczającymi wydobywanie z przodka ścianowego są:

- średnia głębokość eksploatacji wynosząca ponad 650 m i zwiększająca się rocznie średnio o 10–20 m, a istnieją już poziomy wydobywcze przekraczające 1000 m,
- udział zasobów w pokładach cienkich o grubości do 1,5 m wynoszący blisko 40%, a wydobywanie spadło do 9%,
- udział około 50% zasobów w pokładach zalegających pod obiektami na powierzchni,
- udział ponad 40% wydobywania z pokładów zagrożonych tąpnięciami; 20% pochodzących z pokładów o III stopniu zagrożenia,
- udział około 70% wydobywania z pokładów zagrożonych metanem.
- udostępnienie złóż oraz rozcięcie poziomów, zależne w znacznym stopniu od wieku kopalń, gdyż w starszych kopalniach trudno jest zaprojektować a następnie zrealizować rozwiązania wprowadzające nowe technologie.

Czynnikami te bez wątpienia utrudniają wzrost koncentracji produkcji w ścianie. Ażeby zminimalizować ich wpływ podejmuje się różnorakie działania. Między innymi ogranicza się wydobywanie:

- z pokładów cienkich (tj. poniżej 1,3 m),
- z pokładów wymagających stosowania podsadzki (w 1970 roku 50% wydobywania pochodziło ze ścian podsadzkowych, obecnie około 12%),
- przodkami o wysokiej koncentracji w pokładach o najwyższym zagrożeniu tąpnięciami oraz zagrożeniu metanem,
- z pokładów o niekorzystnej tektonice.

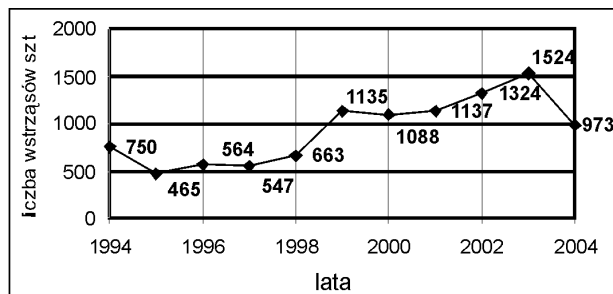
Konieczność efektywnego wybierania złóż ogranicza coraz bardziej zasoby przemysłowe naszych kopalń. Szczególny wpływ na to ograniczenie ma głównie grubość pokładu oraz ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi. Coraz częściej rozważa się również możliwość i celowość ograniczenia wydobywania z pokładów o najwyższym zagrożeniu tąpnięciami czy metanem. Pozostałe czynniki są łatwiejsze do opanowania poprzez odpowiednie konstrukcje maszyn, systemy technologiczne, systemy organizacyjne. Te i inne działania pozwoliły na zdecydowany wzrost koncentracji produkcji, jednakże przy znacznym zmniejszeniu bazy zasobowej. Aktualnie można szacować wielkość zasobów

nadających się do efektywnej eksploatacji obecnie stosowanymi technologiami na około 4,5 mld ton. Przy wydobywaniu rocznym na poziomie 100 mln ton wystarczy to na 35 do 40 lat. Są to koszty, które płacić nam trzeba za poprawę efektywności produkcji. W związku z tym już słychać opinie, że należy wrócić do wybierania cienkich pokładów.

Ponadto na rozwój koncentracji wywierają znaczący wpływ czynniki techniczne, takie jak maszyny i urządzenia przodkowe oraz ich oprzyrządowanie, a także czynniki górnicze, takie jak udostępnienie czy rozcięcie złoża. Wpływ poszczególnych czynników na poziom koncentracji wydobywania jest przedmiotem dalszych rozważań.

2.1. Zagrożenie wstrząsami górotworu

Polski przemysł węglowy charakteryzuje się eksploatacją znacznej liczby pokładów zagrożonych wstrząsami górotworu, mogącymi skutkować tąpnięciami, a co za tym idzie zmuszającymi do stosowania w coraz szerszym zakresie profilaktyki przeciwtańpniowej. Szczególnie niekorzystny jest wzrost wydobywania z III stopnia zagrożenia, gdyż obowiązują w nim ostre rygory prowadzenia eksploatacji. Wzrastającą liczbę wstrząsów górotworu o energii powyżej 10^5 J rejestrowaną w skali całej niecki węglowej przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Wzrost liczby wstrząsów górotworu

Z rysunku tego widać, że w latach 2001, 2002, 2003 nastąpił wyraźny przyrost wstrząsów górotworu, który w sposób zarówno pośredni, jak i bezpośredni wpływa na pojawienie się w czasie eksploatacji dodatkowych trudności. W roku 2004 liczba wstrząsów zmalała. Wzrost aktywności sejsmicznej górotworu nie skutkuje na szczęście wzrostem liczby tąpnięć, co jest wynikiem stosowania skutecznych metod profilaktycznych.

Prócz naturalnej skłonności górotworu do generowania wstrząsów obserwuje się wpływ koncentracji wydobywania na wzrost wstrząsów górotworu. Istnieje zależność liczby wstrząsów od średniego wydobywania ze ścian w skali całego przemysłu. Granicą wydobywania, powyżej której intensywność ta wyraźnie wzrasta jest wartość wydobywania między 2200 a 2500 t/d. Może to potwierdzać tezę, że intensywność eksploatacji mierzona wielkością wydobywania z jednego przodka ściano-

wego wywiera na eksploataowanym obszarze określony wpływ na generowanie wstrząsów górotworu. Warto jednak zauważyć, że wzrost aktywności górotworu nie przełożył się na liczbę tąpnięć. Jak zauważono wcześniej w 2004 roku liczba wstrząsów zmalała, co może mieć związek z zahamowaniem wzrostu koncentracji wydobywania.

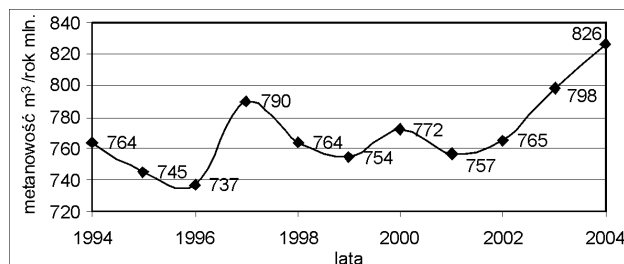
Można zaobserwować także fakt, że niektóre kopalnie mimo wysokiego stopnia zagrożenia wstrząsami górotworu osiągają wysokie wskaźniki koncentracji wydobywania z przodków ścianowych, co świadczy o istnieniu i stosowaniu w nich bezpiecznych technologii wybierania, dostosowanych do lokalnych warunków geomechanicznych. Świadczy to o możliwościach stosowania rozwiązań, które pozwalają na uzyskiwanie pożądanych wskaźników koncentracji. Konieczne jest jednak prowadzenie intensywnych badań, mających na celu opracowanie metod zwalczania tego zagrożenia w ściśle określonych warunkach naturalnych i górniczych.

Występujące wstrząsy górotworu muszą także wpływać na dalszy rozwój konstrukcji obudowy, przeznaczanej do takich warunków.

2.2. Zagrożenie metanowe

Drugim poważnym zagrożeniem dla wzrostu koncentracji wydobywania z przodka ścianowego jest metanowość kopalń. Aktualnie około 70% wydobywania pochodzi z pokładów metanowych. W roku 2004 spośród 34 kopalń metanowych w 23 kopalniach stosowano odmetanowanie.

Przez szerokie stosowanie odmetanowania możliwa jest eksploatacja w tych kopalniach ze stosunkowo wysoką koncentracją wydobywania. Zmiany metanowości bezwzględnej na przestrzeni ostatnich 10 lat przedstawia wykres na rysunku 2.



Rys.2. Zmiany metanowości bezwzględnej w latach 1994-2004

W ostatnich latach metanowość naszych kopalń rośnie, co wymaga wzmoczonego wysiłku w prowadzeniu skutecznej profilaktyki. Jak wykazuje praktyka nie stanowi to jednak bariery nie do pokonania. Dla ilustracji tego faktu można podać, że na koniec roku 2004 na 14 kopalń, w których osiągnięta została koncentracja wydobywania z przodka ścianowego w skali kopalni powyżej 3000 t/d, 11 to kopalnie metanowe, w tym w 9

proceedzi się odmetanowanie. Najbardziej skuteczną metodą walki z tym zagrożeniem jest odmetanowanie. Dla ilustracji tego faktu podano, że np. przy metanowości 87 m³ CH₄/min uzyskano w jednej z kopalń wydobywanie ze ściany ponad 6000 t/d, a w innej kopalni przy 20 m³ CH₄/min tylko nieco ponad 1000 t/d. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, iż największe średnie wydobywanie ze ściany powyżej 5000 t/d uzyskano w dwóch kopalniach, jednej metanowej oraz jednej nie-metanowej. Świadczy to, że przy odpowiedniej technice eksploatacji oraz profilaktyce istnieją możliwości uzyskiwania wysokiego wydobywania z przodka ścianowego. Nie można pominąć jednak faktu, że przy rozszerzającej się eksploatacji podziemnej warunki pracy w kopalniach metanowych stają się coraz trudniejsze i zdaniem specjalistów z tego zakresu wymagać będą nowych rozwiązań technicznych.

W ostatnich kilku latach wystąpiły niebezpieczne zapalenia metanu, jednak jak wykazały analizy ich powstania, przez stosowanie odpowiedniej techniki oraz dostępnych zabezpieczeń można to zagrożenie ograniczyć. Można także wnioskować, że nie ma bezpośrednich związków między wzrostem koncentracji a zaistniałymi zapłonami metanu.

Przypadki osiągania wysokiej koncentracji wydobywania w kopalniach metanowych świadczą o możliwościach bezpiecznej eksploatacji, przy konieczności stałego doskonalenia technologii wybierania w ekstremalnie trudnych warunkach.

2.3. Zagrożenie klimatyczne

Problem zagrożenia klimatycznego w naszym przemyśle jest dokładnie na bieżąco monitorowany i w miarę możliwości zwalczany, gdyż wysokie temperatury w wyrobiskach podziemnych utrudniają pracę górników i powodują perturbacje w organizacji pracy (skrócone dniówki). Gdy temperatury nie można obniżyć metodami wentylacyjnymi, stosowane są urządzenia chłodnicze. Liczba wyrobisk o podwyższonej temperaturze wyniosła, w 2004 roku 146 i była niższa niż w latach ubiegłych.

Temperatura ta zależy od: głębokości wyrobiska, temperatury skał w najgłębszej części wyrobiska, intensywności przewietrzania, zainstalowanej mocy urządzeń elektrycznych, wielkości potencjału chłodniczego. Zagrożenie to jest zatem skutecznie eliminowane i w znaczącym stopniu nie powinno wpływać na wielkość uzyskiwanego wydobywania.

Wzrost temperatury w wyrobiskach jest nieunikniony w związku z coraz większą głębokością eksploatacji. Istnieją wszakże urządzenia schładzające powietrze doprowadzane do przodków. Ilością i wydajnością tych urządzeń można regulować poziom temperatury, doprowadzając go do zgodnego z przepisami.

2.4. Ograniczenia wynikające z czynników technicznych

Do czynników technicznych zalicza się:

- poziom konstrukcyjny i eksploatacyjny maszyn i urządzeń stosowanych w procesie produkcyjnym,
- kompatybilność maszyn w układach mechanizacyjnych,
- stopień nasycenia maszyn oraz ich układów systemami monitorującymi oraz systemami automatyzującymi ich pracę.

O wynikach produkcyjnych przodków ścianowych decydują trzy podstawowe maszyny, a mianowicie: kombajn ścianowy, przenośnik zgrzebłowy oraz obudowa zmechanizowana. Poziom technologiczny oraz eksploatacyjny tych maszyn ulega stałemu doskonaleniu i w każdym roku nowe zakupy inwestycyjne, dokonywane przez kopalnie dotyczą na ogół coraz to lepszych maszyn. Zarówno kombajny, jak i przenośniki ścianowe posiadają wydajności, umożliwiające uzyskiwanie wysokiego wydobywania, znacznie przekraczającego obecnie uzyskiwane.

W eksploatacji znajduje się znaczna liczba obudów zmechanizowanych, których czas pracy jest już wieloletni. Charakteryzują się one niskimi parametrami podpornościowymi. Jednakże z uwagi na znaczne zapasy takich obudów w przemyśle są one jeszcze nadal remontowane lub modernizowane i spełniają w sposób dostateczny swoją rolę produkcyjną, jakkolwiek mogą być przyczyną zakłóceń w procesie technologicznym polegających np. na niekontrolowanych obwałach czy zawałach. O roli sprawnej i nowoczesnej obudowy w przodku ścianowym niech świadczy fakt, że wszędzie tam, gdzie zainstalowano nową obudowę, wyniki produkcyjne są zdecydowanie wyższe.

Podstawowe maszyny pracują w ścianie w układach mechanizacyjnych, w których właściwy dobór decyduje o sukcesie produkcyjnym. Na ogół przemysł węglowy dysponuje maszynami o bardzo zróżnicowanych parametrach technicznych i eksploatacyjnych, co pozwala na prawidłową ich konfigurację celem uzyskania optymalnego wydobywania. Nie jest to jednak w pełni wykorzystywane, o czym może świadczyć fakt istnienia jeszcze znacznej liczby ścian o wydobywaniu poniżej 2 tys.t/d.

W zakresie unowocześnienia procesu technologicznego problem monitoringu oraz automatyzacji jest w stadium bardzo początkowym i braku w tym zakresie stanowią niewątpliwie barierę w dalszym znaczącym rozwoju koncentracji wydobywania z przodku eksploatacyjnego.

2.5. Ograniczenia wynikające z uwarunkowań górniczych

Do uwarunkowań górniczych zalicza się:

- sposób udostępnienia złoża,
- strukturę rozcięcia złoża i wynikające z niej wybiegi oraz długości ścian,
- sposoby kierowania stropem z zawałem czy z podszatką,

Od wielu już lat przemysł węglowy nie inwestuje w sposób wystarczający w udostępnianie nowych złóż gwarantujący prawidłową ich eksploatację. Większość zasobów udostępnia się w ostatnich latach metodą podpoziomową, co stwarza określone trudności wentylacyjne oraz transportowe. Według dostępnych informacji aktualnie ponad 50% wydobywania pochodzi z podpoziomów, co może być jedną z przyczyn ograniczenia koncentracji wydobywania. Dodając do tego stale wzrastającą głębokość eksploatacji, można uznać negatywny wpływ tej grupy czynników na wzrost wydobywania z przodka ścianowego.

Struktura rozcięcia złoża, zależna od struktury „wiekowej” naszych kopalń, narzuca niekorzystne warunki eksploatacyjne, gdyż ograniczone są możliwości uzyskania dużych wybiegów, tj. powyżej 1 km oraz dużych długości ścian w przedziale od 250 do 300 m. Ograniczenia te wynikają z faktu, że restrukturyzacja dołu kopalń nie może być przeprowadzona z dnia na dzień, natomiast jest realizowana w miarę udostępniania do eksploatacji nowych poziomów czy partii pokładów. Jest to proces długotrwały, który rozwija się powoli.

Należy także zauważyć, że kopalnie o młodszych rodowodzie, posiadające nowocześniejszą strukturę rozcięcia złoża tym samym umożliwiają łatwiejsze przystosowanie do potrzeb nowoczesnych technologii, wykazują zdecydowanie wyższą koncentrację wydobywania zarówno w skali przodków ścianowych, jak i całej kopalni. Dowodem na to stwierdzenie jest fakt, że kopalnie nowsze jak np. „Piaś”, „Ziemowit”, „Staszic”, „Bogdanka” czy „Budryk” osiągają najlepsze wyniki w omawianym zakresie.

Zachodzi pilna potrzeba, w miarę możliwości finansowych, modernizacji struktur kopalń, budowy nowych poziomów, ograniczanie eksploatacji podpoziomowej.

3. Kierunki rozwoju techniki i technologii niezbędne dla dalszego wzrostu wydobywania z przodka ścianowego

Aktualny stan koncentracji wydobywania z przodka eksploatacyjnego jest wyraźnie niewystarczający. Warto przypomnieć pożądane podstawowe wskaźniki do jakich dążyć powinien nasz przemysł węglowy. Uzy-

kanie takich wyników ustabilizuje pozycję naszych kopalń w konkurencji międzynarodowej i pozwoli na ich prawidłowy długofalowy rozwój.

Na tle dotychczasowych osiągnięć musimy wzmocnić wysiłki w kierunku dalszego przyspieszania rozwoju techniki i technologii wydobywania z przodków ścianowych. Cel jaki musimy osiągnąć w najbliższych latach to:

- **wydobycie z jednej statystycznej ściany w wysokości 1 mln ton/rok,**
- **wydobycie ze statystycznego przodka ścianowego w wysokości 4000 ton/dobę,**
- **wydajności na jednego pracownika i rok w wysokości 1000 ton.**

Aby w naszych warunkach naturalnych uzyskać taką średnią muszą zaistnieć przodki ścianowe, pracujące w korzystniejszych warunkach, o wydobywaniu 10000 ton/dobę i więcej, tak by wyrównać niedobory wydobywania z przodków o wydobywaniu poniżej 4000 ton/dobę.

Osiągnięcie tych wskaźników wydaje się możliwe w naszym przemyśle mając na uwadze dotychczasową dynamikę rozwoju koncentracji produkcji. Będzie to jednak wymagało, poza stosowaniem środków technicznych stosowanych dzisiaj, włączenia do dotychczas stosowanej techniki nowych rozwiązań. Aby określić kierunkowe działania innowacyjne należy powiązać je z pewnymi warunkami brzegowymi stwarzającymi bariery techniczne, technologiczne oraz w zakresie bezpieczeństwa pracy.

Warunki te zmieniają się wraz ze stałym wzrostem głębokości eksploatacji, która będzie rosła w tempie 10-20 m/rok, oraz zmieniającymi się warunkami eksploatacyjnymi. W najbliższym i dalszym przedziale czasu przewiduje się wzrost:

- metanowości pokładów,
- ciśnienia górotworu,
- naprężeń w górotworze skutkujący wzrostem wstrząsów górotworu,
- emisji pyłu w trakcie urabiania pokładów,
- temperatury w wyrobiskach ścianowych i korytarzowych.

Niewątpliwie zajdzie również konieczność zainteresowania się ponownie eksploatacją cienkich pokładów.

Biorąc pod uwagę zmieniające się, niestety na niekorzyść, warunki naturalne koniecznym jest stałe doskonalenie techniki i technologii eksploatacji ścianowej, gdyż tylko w ten sposób możliwe będzie spełnienie założonych celów. Jest to tym ważniejsze zadanie, że jego rozwiązanie musi zapewnić bezpieczeństwo pracy w stale pogarszających się warunkach naturalnych.

Jako pewnik przyjąć należy, że w przewidywanej przyszłości w naszym przemyśle węglowym system ścianowy pozostanie podstawową technologią wybierania pokładów. Stąd też dalszy rozwój techniki górniczej bazował będzie na rozwoju tego systemu, tak w aspekcie przebudowy struktury przestrzennej kopalń, jak i jego coraz to sprawniejszego oprzyrządowania technicznego i logistycznego.

Wymagać to będzie wielokierunkowych działań które doprowadzić muszą do realizacji najważniejszych zdaniem autora a sformułowanych niżej celów:

- Uproszczenia struktury przestrzennej kopalń w kierunku modelu wynikającego ze zmniejszonej liczby przodków ścianowych. Skutkiem tego będzie struktura jednopoziomowa, dwu lub co najwyżej trójpokładowa, o zminimalizowanej długości dróg wentylacyjnych, transportowych oraz odstawczych.
- Unowocześnienia technologii ścianowej pozwalającej na uzyskanie wydobywania dobowego ze ściany do 10000 t, także w trudnych warunkach naturalnych i technicznych. Średnie wydobywanie ze ściany w skali przemysłu powinno przekroczyć 4000 t/d.
- Zwiększenia, w miarę możliwości złożowych, długości ścian do 300 m, a nawet więcej, co pozwoli uzyskiwać wysokie wydobywanie przy prędkości posuwu frontu ścianowego, dopuszczalnego zarówno z punktu widzenia ochrony powierzchni, jak i profilaktyki tapaniowej i metanowej. Już obecne konstrukcje maszyn pozwalają na takie rozwiązania technologiczne.
- Rozwijania konstrukcji kombajnów, strugów oraz obudów przeznaczonych do pokładów o grubości od 1,3 m, zapewniających stałe wydobywanie na poziomie co najmniej 2500 t/d.
- Rozwijania technologii ścianowej, w której trzy podstawowe maszyny ścianowe, tj. obudowa zmechanizowana, przenośnik ścianowy i kombajn objęte zostaną pełnym monitoringiem, a następnie automatyzacją. Cel ten realizowany powinien być w pierwszym rzędzie w pokładach zagrożonych tapaniami.
- Wdrożenia na możliwie szeroką skalę kotwienia wyrobisk korytarzowych. Wdrożenie tej technologii wymaga nowych technologii kotwienia oraz przełamania bariery psychologicznej kadry technicznej kopalń.
- Opracowania i wdrożenia efektywnych systemów relokacji urządzeń ścianowych z jednego przodka ścianowego do drugiego w oparciu o sprzęt samojedźny, jak: kolejki spągowe, kolejki podwieszane, wozy oponowe. Technologia przemieszczeń oparta o powyższe środki transportu musi znaleźć zastosowanie we wszystkich kopalniach.

- Wprowadzenia na szeroką skalę dowozu ludzi do miejsc pracy z zastosowaniem kolejek podwieszanych oraz spagowych, mogących służyć także do transportu materiałów.
- Wprowadzenia w pokładach zagrożonych tapaniami coraz to bardziej usprawnianych technologii prewencyjnych umożliwiających uzyskiwanie wysokich postępów dobowych przodków ścianowych. Im dłuższy czas przeznaczony na profilaktykę, tym wydajniejszy musi być kompleks ścianowy.
- Usprawniać w kopalniach metanowych technologiczne metody zwalczania metanu, a także rozwijać techniczne metody odmetanowania pokładów. Rozwiązania te powinny tworzyć system, który w połączeniu z automatycznym monitorowaniem zagrożenia pozwoli na zwiększenie koncentracji wydobywania.
- Rozwijania technik urabiania skojarzonych ze zwalczaniem powstającego pyłu dla zwiększenia skuteczności odpylania, tak z punktu widzenia zagrożenia wybuchem, jak i zagrożenia zdrowotnego.
- Zmiany podejścia do zabezpieczenia stropu w wyrobiskach ścianowych ze względu na rosnącą głębokość eksploatacji oraz takie czynniki technologiczne, jak: coraz większa głębokość zabioru, stale rosnąca prędkość posuwu przodka, konieczność całkowitej eliminacji obwałów, poprzez wprowadzenie nowej generacji obudów zmechanizowanych o znacznie podwyższonej podporności wstępnej i roboczej.
- Powszechnego wprowadzenia systemów monitorowania podstawowych zagrożeń górniczych, co w połączeniu ze sterowaniem maszynami i procesami technologicznymi zwiększy bezpieczeństwo pracy.
- Ulepszania konstrukcji maszyn i urządzeń górniczych ze szczególnym uwzględnieniem zwiększenia ich żywotności i pewności ruchu, między innymi poprzez wprowadzenie systemu zdalnego diagnozowania, monitorowania pracy oraz zdalnego sterowania maszynami przodkowymi.
- Powszechnego wprowadzenia taśmowego systemu odstawy urobku, łatwo sterowanego poprzez stosowanie monitoringu parametrów pracy oraz stanu eksploatacyjnego urządzeń tworzących system oraz stosowanie pełnej automatyzacji.

Wprowadzenie wyszczególnionych rozwiązań pozwoli zwiększyć zdecydowanie efektywność naszego przemysłu węglowego. Wprawdzie wymagać to będzie znacznych nakładów finansowych na badania i rozwój oraz na zakupy inwestycyjne. Należy je jak najszybciej zaprogramować i konsekwentnie realizować.

Można z całą odpowiedzialnością stwierdzić, że bez prowadzenia polityki innowacyjnej w skali kopalń, spółek oraz całego przemysłu węglowego realizacja kierunkowych zamierzeń będzie niemożliwa. Zrozumienie tego faktu, zarówno ze strony przemysłu, jak i jednostek badawczych i rozwojowych pozwoli na wyeliminowanie zdarzeń ograniczających, czy też hamujących proces rozwoju koncentracji wydobywania z przodka ścianowego.

4. Podsumowanie

Tendencje rozwojowe przemysłu węglowego bazują i w przewidywanym okresie bazować będą na technice ścianowej. Stąd też dalszy rozwój techniki górniczej opierał się będzie na rozwoju tego systemu, tak w aspekcie przebudowy struktury przestrzennej kopalń, jak i coraz sprawniejszego oprzyrządowania technicznego i logistycznego.

Dla potwierdzenia możliwości uzyskania założonych wskaźników najlepiej świadczy fakt, że już dwie kopalnie osiągnęły założony poziom wskaźników. Potwierdza to przeświadczenie, że również przy istnieniu niekorzystnych warunków naturalnych, takich jak duża głębokość eksploatacji, jak zagrożenia naturalne wszystkich rodzajów oraz wymagające przebudowy stare struktury przestrzenne, można osiągać trudne cele.

Wymagać to będzie prowadzenia przez kierownictwo naszych kopalń aktywnej polityki innowacyjnej, wspieranej najnowszymi badaniami krajowymi i zagranicznymi. Osiągnięcie założonych celów wymagać będzie rozwoju w zakresie technologicznym, technicznym oraz organizacyjnym. W oparciu o tendencje w zagranicznych przemysłach węglowych oraz w oparciu o krajowe doświadczenia sformułowano zadania, których rozwiązanie prowadzić będzie do dalszego rozwoju przemysłu.

Literatura

1. Sikora W.: Rozwój technologii wybierania złóż węgla ścianowymi systemami eksploatacji. KOMTECH 2001, Szczyrk.
2. Sikora W.: Prognoza wyposażenia przodków ścianowych w roku 2010. KOMTECH 2002, Szczyrk.
3. Sikora W.: Spadek dynamiki wzrostu wydobywania z przodka ścianowego. KOMTECH 2005, Zakopane.

Artykuł wpłynął do redakcji w listopadzie 2005 r.

Recenzent: prof.zw.dr hab.inż. Adam Klich

Współpraca AGH – CMG KOMAG w zakresie urabiania wysokociśnieniowymi strumieniami wodnymi

Streszczenie

W artykule przedstawiono ponad 30-letnią historię współpracy Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG oraz Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH (dawniej Maszyn Górniczych i Hutniczych) w zakresie badań i wdrożeń technik strumieniowych do urabiania skał. Przedstawiono badania efektywności cięcia strumieniem wysokociśnieniowym do 200 MPa betonu, węgla w kopalni podziemnej, w powietrzu, oraz pod wodą. Ponadto badania nad możliwością wytwarzania i stosowania strumieni wodno-ściernych, a także zagadnienia współpracy strumieni z tradycyjnymi narzędziami urabiającymi.

Summary

The paper presents over 30-year history of cooperation between the KOMAG Mining Mechanization Centre and the AGH Faculty of Mechanical Engineering and Robotics (previously – Faculty of Mining and Metallurgical Machines) as regards research and implementation of jet stream techniques to the rock mining industry. Tests on effectiveness of cutting concrete and coal in the underground mine, in the air and under the water with use of the high-pressure streams, up to 200 MPa, were presented. Moreover, the tests on the possibility of generation and use of water-and-abrasive streams as well as problems of cooperation of water streams with traditional mining machines were discussed.

1. Wprowadzenie

Współpraca naukowo-techniczna pomiędzy Wydziałem Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH (dawniej Maszyn Górniczych i Hutniczych) z Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG Gliwice w zakresie stosowania strumieni wodnych do urabiania lub wspomagania urabiania skał trwa od 1974 roku (więc już ponad 30 lat). W 1980 roku obroniona została na AGH praca doktorska Ryszarda Puchały [9] będąca efektem tej współpracy. Dotyczyła ona wytwarzania strumieni impulsowych.

Współpraca odbywała się w ramach CPBR-ów (Centralnych Programów Badawczo-Rozwojowych) koordynowanych przez CMG KOMAG [4, 5, 6]. W 1984 obroniono kolejną pracę doktorską „Badania nad urabianiem węgla strumieniami cieczy” (A.Kalukiewicz) [3]. Warto zwrócić uwagę, że recenzentem zewnętrznym powołanym przez Radę Wydziału Maszyn GiH AGH do oceny tej pracy był ówczesny dyrektor CMG KOMAG doc.dr inż. Zbigniew Korecki. Także kolejny dyrektor KOMAG mgr inż. Leszek Jarno był współautorem wspólnych publikacji naukowych wygłaszanych na konferencjach krajowych i zagranicznych [1, 2].

Oprócz prac teoretycznych dla rozwinięcia tematyki wykorzystania strumieni wodnych do urabiania skał trzeba było zbudować odpowiednią bazę laboratoryjną. W ramach tej współpracy powstał cały szereg oryginalnych stanowisk badawczych. Pierwszym z nich było stanowisko do wytwarzania ciągłych strumieni wysokociśnieniowych.

Odpowiednie badania, lecz dla innych parametrów strumienia, prowadzono w AGH [1, 2], w odróżnieniu od poprzednio wymienionych badań dodatkowo zmieniano parametry wytrzymałościowe próbek betonowych. Badania przeprowadzono na stanowisku badawczym, którego schemat przedstawia rysunek 1.

Podstawowe jego zespoły to:

- olejowa stacja zasilająca o mocy $N = 90$ kW (rys. 2), ciśnieniu maksymalnym $p = 20$ MPa i regulowanej bezstopniowo wydajności $Q_d = 0-238$ dm³/min,
- hydromonitor z trzema multiplikatorami olejowo-wodnymi o przełożeniu 1:10; maksymalne parametry po stronie wodnej to ciśnienie $p = 200$ MPa i wydatek wody $Q = 23,8$ dm³/min.

Stanowisko oczytnikowano tak, aby można było określić jego charakterystyki. Wykonane pomiary umożliwiły określenie zasięgu strumienia w powietrzu. Otrzymano zależność:

$$\frac{P_d}{P_{d3}} = 92,7 \exp\left(-2,89^{-3} \frac{l_0}{d_0}\right) \quad (1)$$

gdzie:

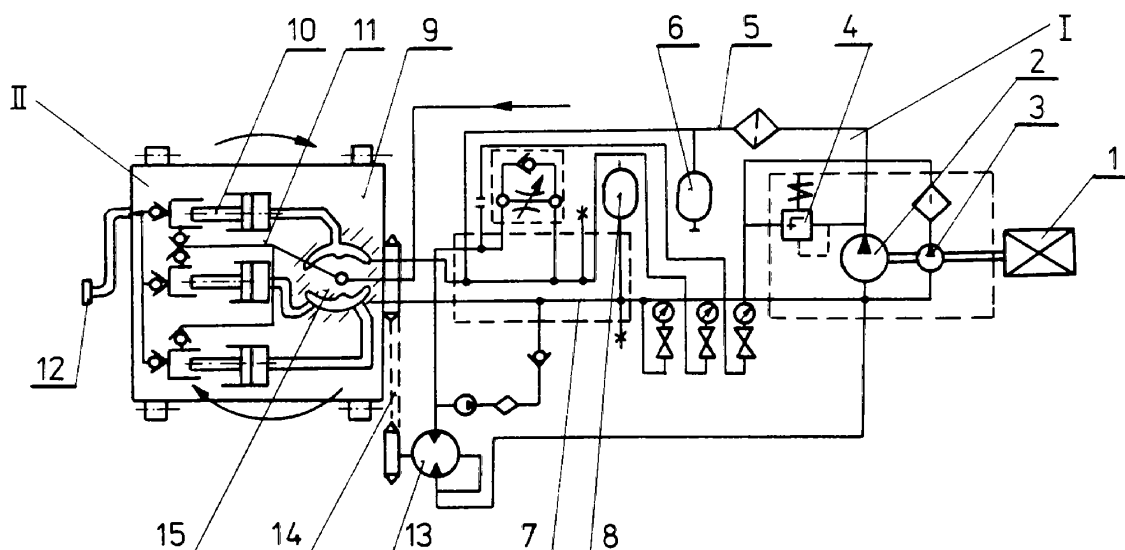
P_d - reakcja dynamiczna strumienia,

P_{d3} - reakcja dynamiczna mierzona w odległości 3 mm od wylotu z dyszy,

l_0 - odległość punktu pomiarowego od wylotu z dyszy,

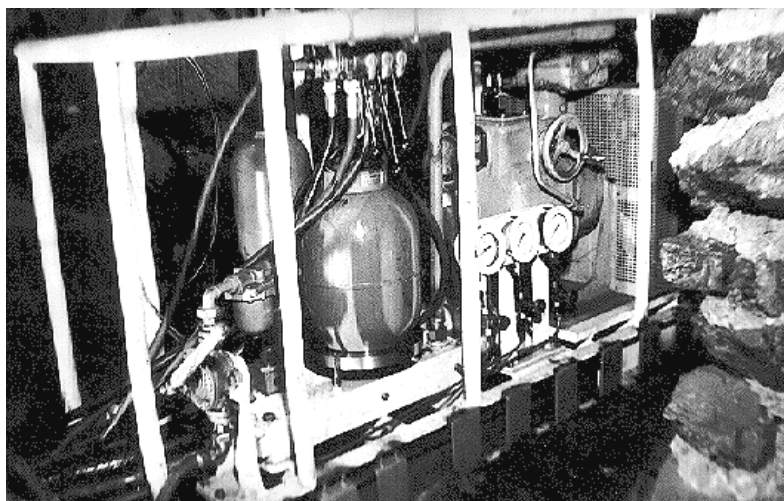
d_0 - średnica wylotowa dyszy.

Zamocowanie próbki skalnej do cięcia pokazuje fotografia na rysunku 4.

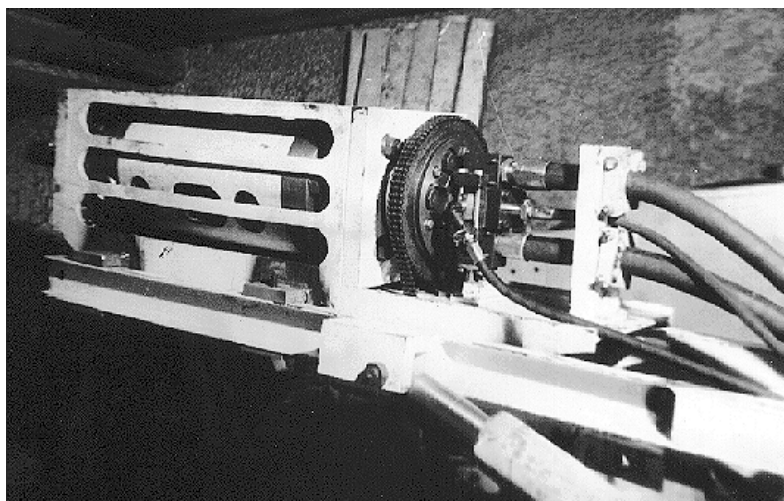


Rys.1. Schemat stanowiska do wytwarzania strumienia wody o ciśnieniu do 200 MPa

I – agregat zasilający, II – hydromonitor, 1 – silnik elektryczny 90 kW, 2 – pompa Rexroth $Q = 238 \text{ l/min}$, $p = 20 \text{ MPa}$, 3 – pompa pomocnicza, 4 – zawór przelewowy, 5 – przewód tłoczny, 6 – akumulator, 7 – przewód ssący, 8 – akumulator pełniący rolę zbiornika oleju, 9 – obudowa hydromonitora obrotowego, 10 – tłok multiplikatora o przełożeniu 1/10, 11 – niskociśnieniowy przewód wodny, 12 – dysza, 13 – silnik obracający hydromonitorem, 14 – przekładnia łańcuchowa obrotu hydromonitora, 15 – rozrząd olejowy zasilania multiplikatorów



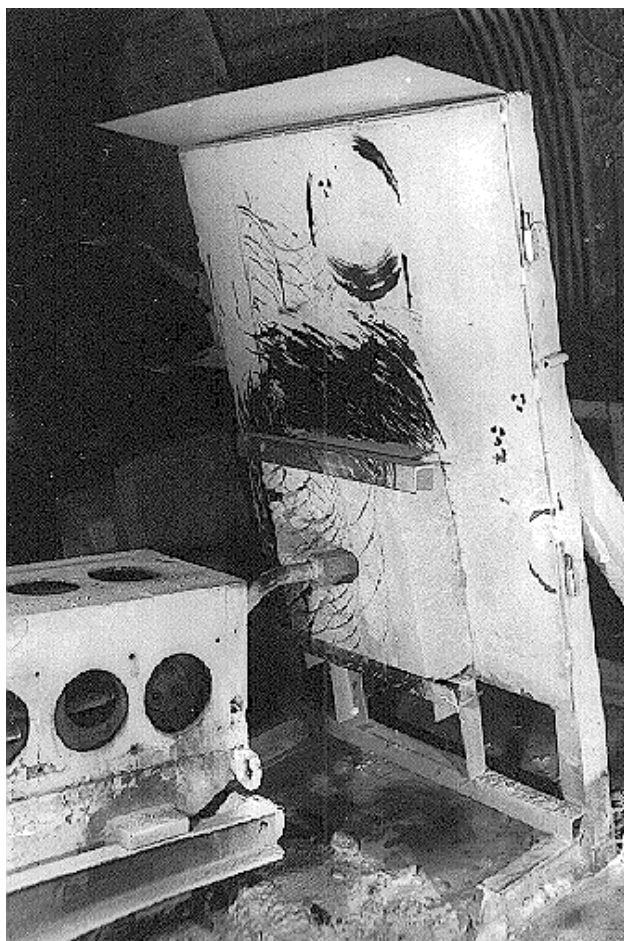
Rys.2. Olejowa stacja zasilająca o mocy 90 kW ($Q = 238 \text{ dm}^3/\text{min}$, $p = 20 \text{ MPa}$)



Rys.3. Hydromonitor olejowo-wodny 20/200 MPa

Próbki wykonano z kompozycji piasku i cementu, stosując różne proporcje składników w celu otrzymania zamodelowanych skał o różnej wytrzymałości. Przeważającą klasą ziarnową w piasku kwarcytowym użytym do wszystkich próbek była klasa 0-2 mm. Spoiwem był cement hutniczy 35,0.

Badania prowadzono w ten sposób, że stojak wraz z zamocowaną próbką ustawiano przed dyszą, nastawiano odpowiednie parametry pracy stanowiska, a po uruchomieniu obrotów hydromonitora opuszczano go na wysięgniku manipulatora tak, że dysza, poruszając się ruchem złożonym z obrotowego ruchu dyszy na promieniu $r = 150$ mm oraz ruchu unoszenia $v = 0,05$ m/s, powodowała powstanie na powierzchni płyty siatki nacięć, jak to ilustrują przykładowe zdjęcia na rysunku 5. Odległość dyszy od calizny wynosiła około 20 mm.



Rys.4. Stojak z zamocowaną próbką

Z uwagi na małą prędkość unoszenia v_m w stosunku do prędkości dyszy w ruchu obrotowym, prędkość dyszy względem skały wyznaczano z równania:

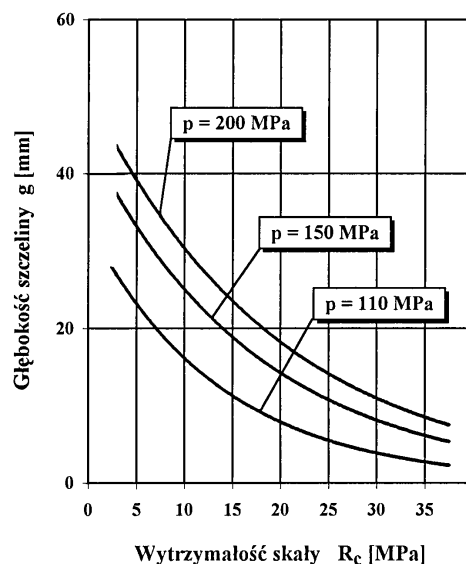
$$v_w = \frac{\pi}{30} r n \quad (2)$$

Przykładowe otrzymane wyniki ilustrują wykresy na rysunkach 6 i 7. Badania prowadzone w AGH na płytach betonowych określiły głębokość penetracji g oraz

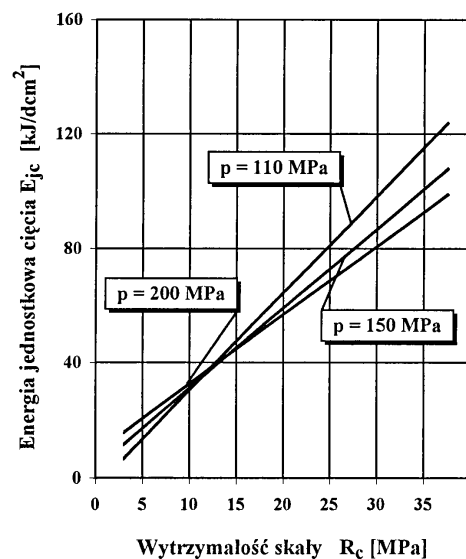
E_j , energię jednostkową cięcia dla przedziałów zmienności pozostałych parametrów, jak to oznaczono opisując krzywe na rysunkach.



Rys.5. Nacięcia wykonane w betonie podczas badań $p = 110$ MPa, $\sigma = 3,3$ MPa



Rys.6. Zależność głębokości nacinania betonu h od jego wytrzymałości na ściskanie R_c oraz ciśnienia wody p_0



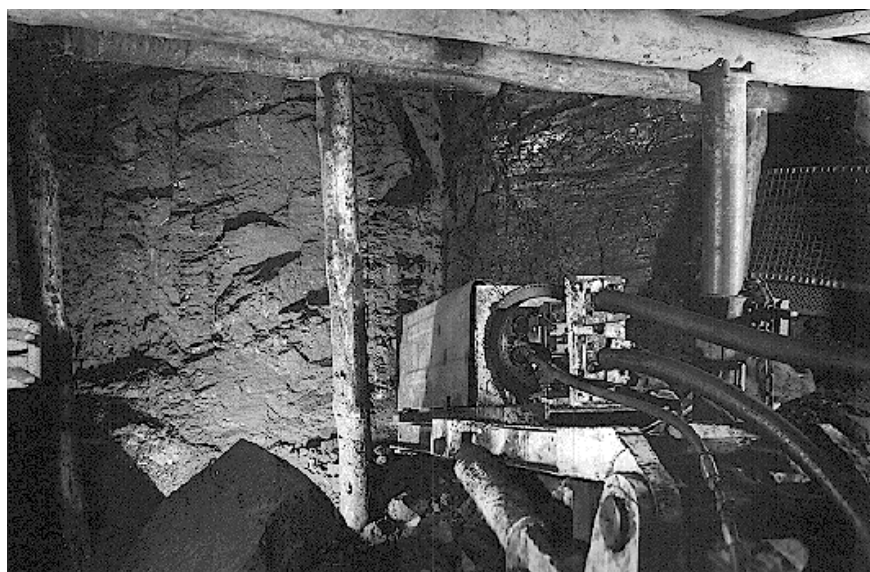
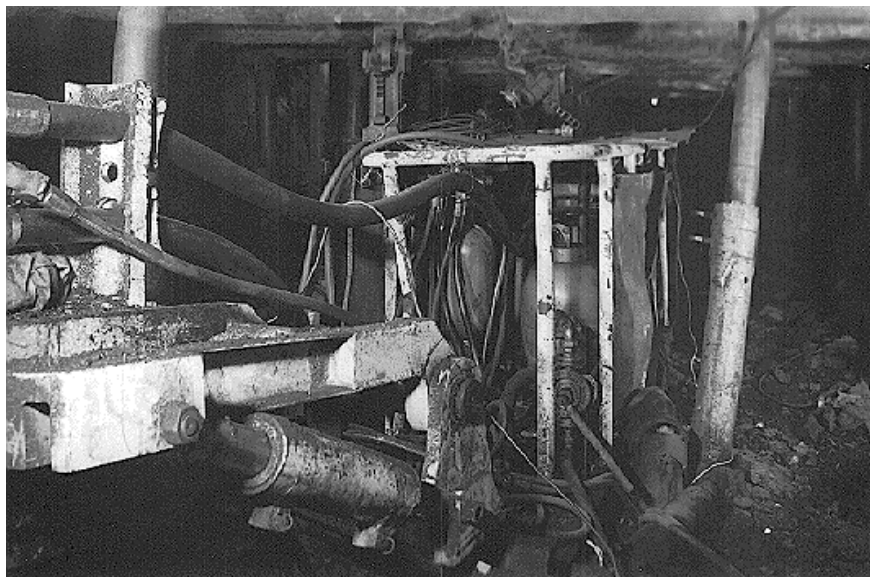
Rys.7. Zależność energii jednostkowej cięcia E_j od jego wytrzymałości na ściskanie R_c , oraz ciśnienia wody p_0

2. Praktyczne wykorzystanie strumieni wysokociśnieniowych do urabiania węgla

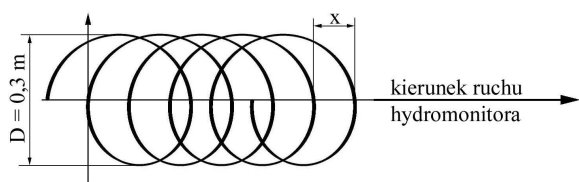
W trakcie badań laboratoryjnych na próbkach modelujących skały stwierdzono efektywność działania małośrednicowych wysokociśnieniowych strumieni wody. Oczywistym dalszym etapem prac było wypróbowanie tej nowej technologii w warunkach naturalnych podziemnej kopalni węgla kamiennego.

Aby zbadać możliwość urabiania węgla w podziemnej kopalni skonstruowane zostało i zbudowane w AGH w Krakowie urządzenie do hydraulicznego urabiania. Umożliwia ono wytworzenie strumienia o odpowiednio wysokim ciśnieniu do 200 MPa i umożliwia manewrowanie tym strumieniem w przestrzeni tak, by można było zrealizować proces urabiania węgla.

Aby uzyskać możliwie dużą prędkość przemieszczania dyszy względem skały założono, że będzie ona poruszała się ruchem obrotowym z regulowanym bezstopniowo od 0 do 150 mm promieniem wirowania. Jednoczesne przemieszczanie w pionie, lub w poziomie hydromonitora, również z regulowaną bezstopniowo prędkością umożliwia uzyskanie na powierzchni węgla siatki nacięć jak na rysunku 9. Jednym z głównych celów tych badań było określenie możliwości nie tylko cięcia, ale urabiania, czyli wykruszania się węgla z pomiędzy nacięć wykonanych wysokociśnieniowym strumieniem wody. Również celem badań było określenie energochłonności procesu. W trakcie badań wydrążono za pomocą urządzenia 15 mb chodnika o wymiarach poprzecznych $h = 1,7$ m, $s = 3,2$ m.

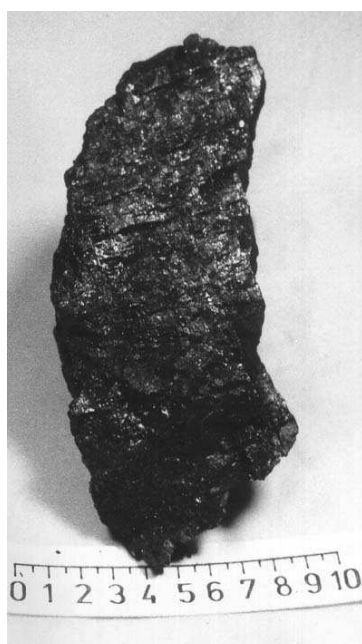


Rys.8. Urządzenie do wysokociśnieniowego hydrourabiania węgla w wyrobisku kopalni M-300 w Zabrzu (poziom 320 m) w trakcie badań

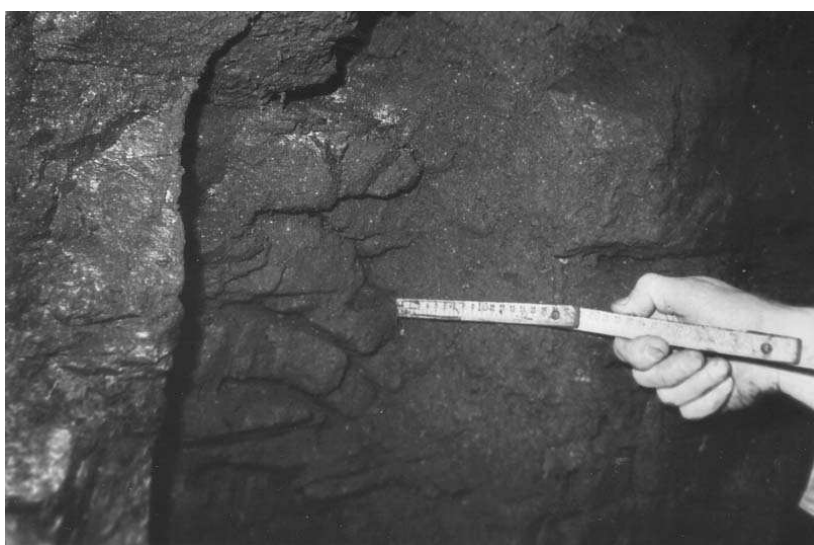


Rys.9. Trajektoria ruchu dyszy po powierzchni skały realizowana przez urządzenie do wysokociśnieniowego urabiania węgla (AGH)

W trakcie hydrourabiania uzyskano bardzo dobry sortyment urobku w stosunku do urobku otrzymywanego w tradycyjnych kombajnach węglowych (7% klasy od 0–10 mm, 36% powyżej 100 mm), przy bardzo niskich energiach jednostkowych urabiania $E_{jw} = 1,24 \text{ kWh/Mg}$



Rys.10. Przykładowa bryła urobku węgla o wskaźniku urabialności $f = 1,23$, która wykruszyła się z pomiędzy nacięć wykonanych wysokociśnieniowym strumieniem wody



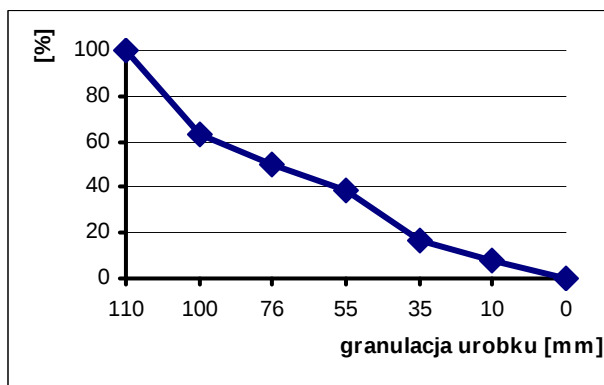
Rys.11. Wrób wykonany w caliznie, na dnie widać łukowe nacięcia. Calizna nie wykruszyła się na pełną głębokość nacięć wykonanych hydromonitorem $p = 200 \text{ MPa}$, $d = 1 \text{ mm}$

$$w = g_w / g$$

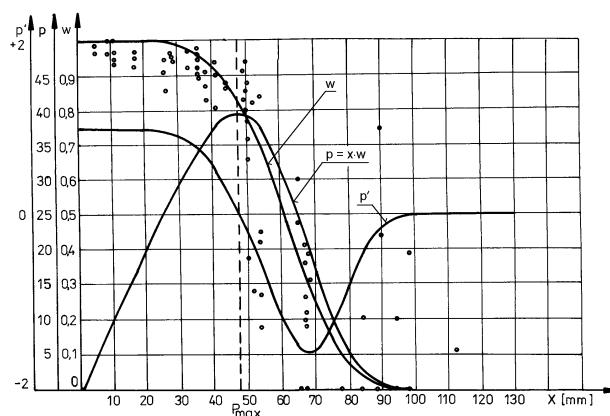
gdzie:

g - głębokości nacięcia węgla przez strumień,

g_w - głębokości wykruszenia bryły urobku pomiędzy nacięciami od odległości wzajemnej sąsiedzkich nacięć x .



Rys.12. Krzywa składu ziarnowego urobku otrzymanego z wysokociśnieniowego hydrourabiania (kopalnia M-300, Zabrze)



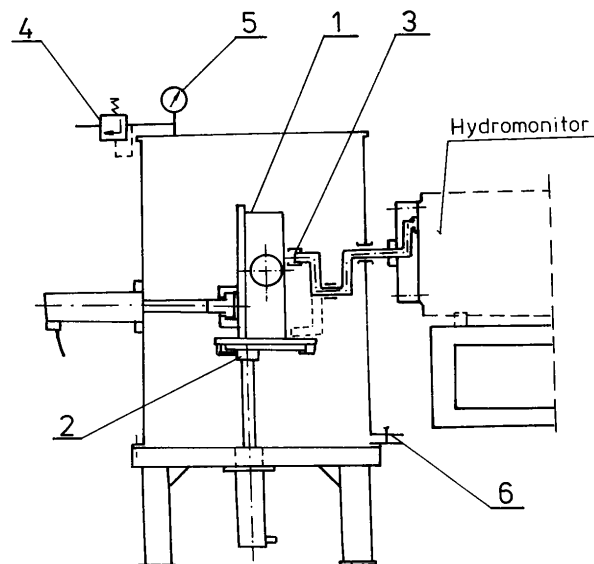
Rys.13. Zależność wskaźnika wykruszenia w od odległości kolejnych nacięć x

Jak widać, wskaźnik wykruszania utrzymuje się na wysokim poziomie bliskim jedności do wartości $x = 40-50$ mm, następnie szybko jego wartość maleje do zera, co znaczy, że nie następuje wykruszanie.

Na tym samym rysunku naniesiono także wartość $p = x \cdot w$, oraz pierwszą pochodną tej wielkości. Na osiach rzędnych znajdują się odpowiednie skale tych zależności. Jak widać, dla wartości $x = 47$ mm uzyskano (dla badanego węgla) najkorzystniejsze i najwydajniejsze wykruszanie się skały. Pierwsza pochodna z wartości $w(x = 0)$. Stwierdzono, że urabianie węgla wyłącznie przez strumień wysokociśnieniowy jest możliwe i energetycznie korzystne. Jednak w przypadku wystąpienia zaburzeń w postaci, np. przerostów pokładu, konieczne może być zastosowanie dodatkowych narzędzi np. skrawających.

3. Badania efektywności cięcia strumieniem pod wodą

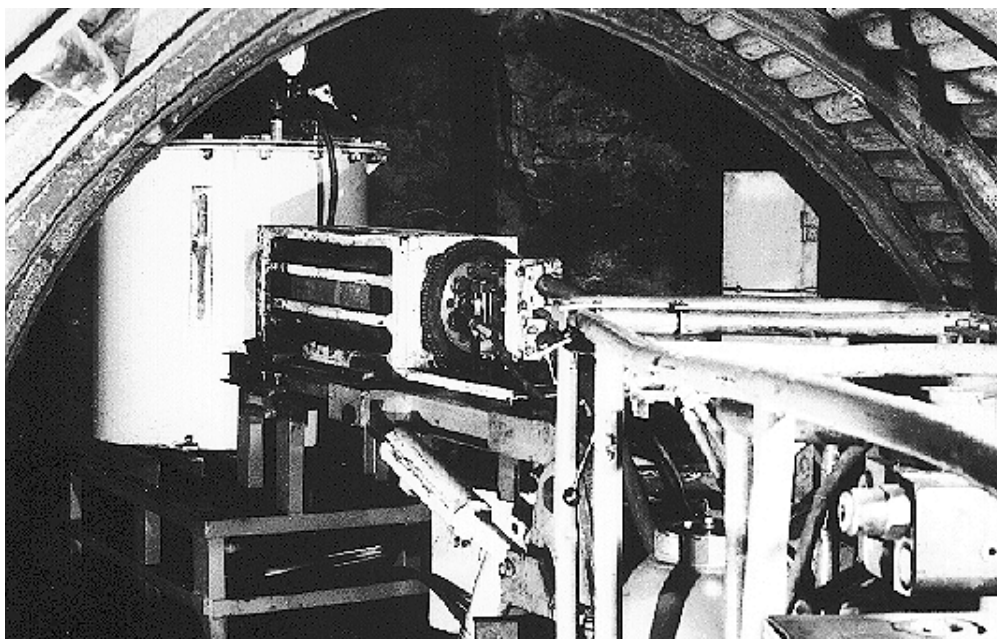
W pewnych sytuacjach praktycznych wysokociśnieniowy strumień wodny musi pracować w środowisku wodnym, np. w procesie wiercenia otwór wiertniczy jest wypełniony wodą. W licznych zastosowaniach strumieni wysokociśnieniowych przewidziana jest ich praca w zanurzeniu. Aby sprawdzić efektywność działania strumienia pod wodą na świecie, a także w Polsce (w tym w AGH) wykonano cały szereg badań dla określenia zasięgu i efektywności działania w tym specyficznym środowisku. Aby określić intensywność rozpraszania strumienia w środowisku o gęstości 800 razy wyższej od powietrza trzeba było zbudować instalację umożliwiającą wytłaczanie strumienia do zbiornika napełnionego wodą (rys. 14).



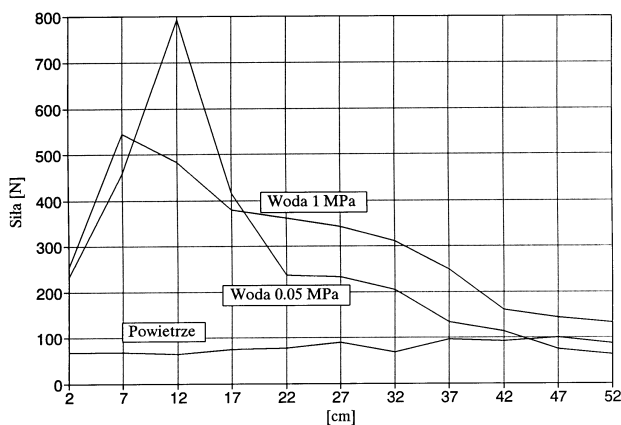
Rys.14. Schemat stanowiska do badań cięcia skał w środowisku wodnym

1 – próbka betonowa o wymiarach 450x450x120 mm, 2 – system przemieszczania próbki w zbiorniku, 3 – dysza wirująca na średnicy 0 do 0,3 m, 4 – zawór przelewowy utrzymujący ciśnienie w zbiorniku do 1 MPa, 5 – manometr, 6 – zawór opróżniania zbiornika

Ciśnienie w tym zbiorniku regulowano bezstopniowo od 0 do wartości 1 MPa, co odpowiada zanurzeniu na głębokość 100 m pod wodą. Do pomiaru siły dynamicznej strumienia użyto specjalnego czujnika, którego płytkę pomiarową odsuwano od wylotu dyszy w granicach od 25 do 520 mm. Dla porównania identyczne pomiary przy identycznych parametrach prowadzono pod wodą i w powietrzu. Wyniki zmienności reakcji dynamicznych w funkcji odległości dyszy od czujnika przedstawia rysunek 16.

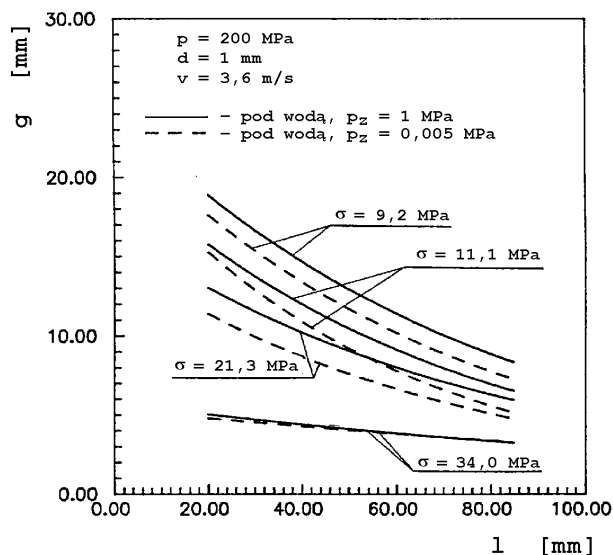


Rys.15. Schemat stanowiska do badań cięcia skał w środowisku wodnym (zbiornik o objętości 1 m³)



Rys.16. Zmienność reakcji dynamicznej strumienia w funkcji odległości dyszy od czujnika

Rysunek 16 przedstawia wykresy zmian reakcji dynamicznej strumienia w zależności od odległości dyszy od punktu pomiarowego w zakresie 20 do 520 mm. Analizując zmienność uzyskanych z pomiarów zależności, zauważamy znaczny wzrost reakcji dynamicznych działających na czujnik w przypadku pracy strumienia pod wodą w stosunku do pracy w powietrzu.



Rys.17. Zależność głębokości cięcia betonu w funkcji odległości dyszy dla różnych wytrzymałości badanych próbek pod wodą i w powietrzu

Warto tutaj zauważyć pewną zbieżność powyższych zależności z wynikami cięcia betonu uzyskanymi w trakcie podobnych badań. Tam w pewnych zakresach parametrów uzyskano głębsze nacięcia dla strumienia działającego pod wodą i pod ciśnieniem zewnętrznym 1 MPa.

W przypadku, gdy tnimy pod wodą beton, efekt cięcia uzyskujemy wyłącznie tam, gdzie dociera rdzeń strumienia. Efekt działania strumienia rozproszonego i zjawisk kawitacyjnych jest w krótkim czasie znikomy. Natomiast czujnik reakcji dynamicznej strumienia rejestruje (sumuje) całkowitą siłę rdzenia i strumienia rozproszonego, którego prędkość co prawda znacznie spada, lecz średnica gwałtownie rośnie. Przy czujniku

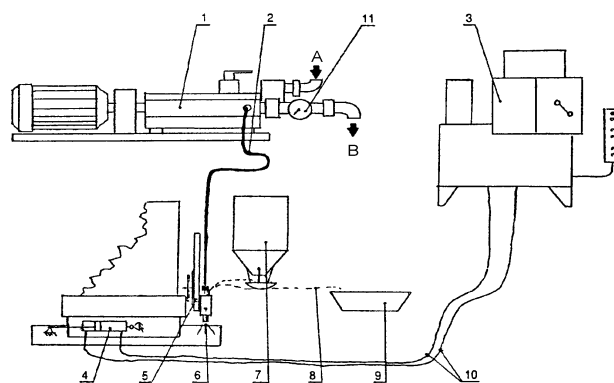
siły o znacznej powierzchni (średnica czujnika 90 mm) rejestrujemy gwałtowny wzrost siły w pewnym zakresie, a następnie jej obniżanie, gdy coraz większa część strumienia rozproszonego omija już powierzchnię pomiarową czujnika siły.

Wynikiem tych badań jest bardzo optymistyczny wniosek, że przy pracy strumienia wysokociśnieniowego pod wodą do głębokości 100 m nie stwierdzono spadku efektywności cięcia, a nawet stwierdzono nieznaczny jej wzrost. Oznacza to, że w praktyce inżynierskiej można się nie obawiać aplikacji strumieni w środowisku wodnym (praca w płuczkach, wiercenia, urabianie podwodne).

4. Wykorzystanie do urabiania strumieni wodno-ściernych

Zaletą techniki strumieni wodno-ściernych jest możliwość uzyskania strumieni wysokoenergetycznych (moc strumienia) przy minimalizacji wymiaru strumienia (duża koncentracja energii na małej powierzchni). Możliwe jest oczywiście uzyskanie celowego rozproszenia strumienia wody, by osiągnąć efekt np. czyszczenia powierzchni. Uzyskanie efektu cięcia strumieniem wodno-ściernym daje narzędzie o bardzo interesujących cechach techniczno-technologicznych. Ważny przy tym jest fakt, iż nadal, podobnie jak w przypadku strumieni czystej wody, jest to cięcie „na zimno”, co może być bardzo istotne, gdy praca narzędzia odbywa się w warunkach grożących wybuchem.

W zastosowaniach górniczych stosowanie wysokiej klasy ścierniwi generować może zbyt duże koszty, wykluczające praktyczną aplikację tych metod w przemyśle. Dlatego w AGH podjęto prace nad wykorzystaniem, jako ścierniwa, łatwo dostępnego zwykłego piasku kwarcowego. W tym celu zbudowano instalację, której schemat przedstawiono na rysunku 18.

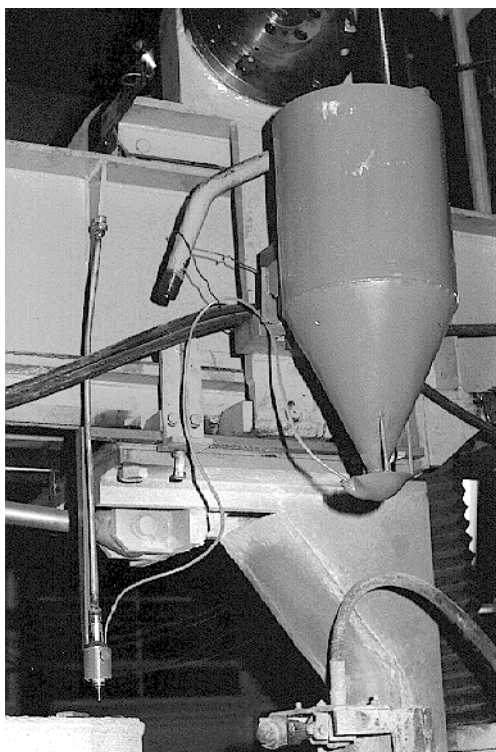


Rys.18. Schemat stanowiska badawczego strumieni wodno-ściernych w AGH w Krakowie

1 - agregat pompowy, 2 - przewód zasilający, 3 - agregat hydrauliczny, 4 - siłownik posuwu sań, 5 - statyw, 6 - dysza strumieniowo-ścierna, 7 - zasobnik ścierniwa, 8 - przewód doprowadzający, 9 - kuweta, 10 - przewody hydrauliczne, 11 - wodomierz

Głowica urządzenia 6 została zamontowana na statywie J, umożliwiającym jej podnoszenie, opuszczanie oraz nachylenie. Statyw zamocowano do sań z hydraulicznym przesuwem 4, w dwóch, prostopadłych do siebie, kierunkach. Siłowniki przesuwu sań były zasilane agregatem hydraulicznym 3, zdalnie sterowanym.

W skład instalacji wodnej wchodziły agregat hydrauliczny 1 o mocy $N = 94 \text{ kW}$, na ciśnienie $p_{\max} = 70 \text{ MPa}$ i wydajności $Q = 60 \text{ dm}^3/\text{min}$, zespół sterująco-regulacyjny z wodomierzem 11, przewód magistralny (elastyczny) 2. Zespół zasilania ścierniwem składał się ze zbiornika ścierniwa 7, o pojemności 24 dm^3 , układu dozującego ścierniwo (pokazanego dodatkowo na fotografii (rys. 19), oraz przewodu 8 doprowadzającego ścierniwo do komory mieszania głowicy roboczej. Głowicę używaną w badaniach pokazano na rysunku 20. Jako ścierniwo użyto piasku rzecznego. Jako próbki użyto blachy ze stali St3 o grubości 4 mm.



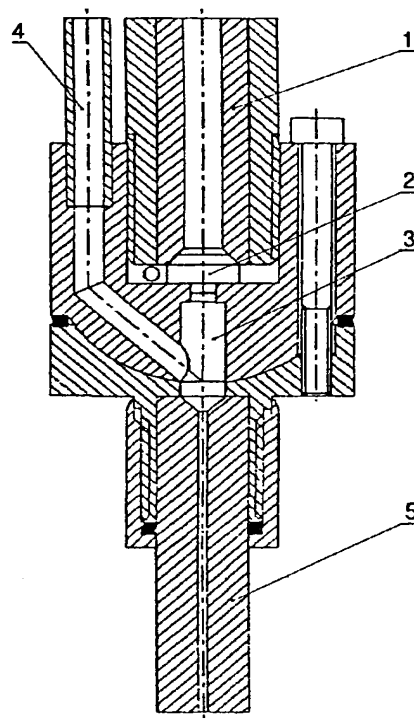
Rys.19. Zasobnik ścierniwa (rzeczny piasek kwarcowy)

Pierwszym celem prowadzonych badań było ustalenie parametrów geometrycznych elementów układu zasilania ścierniwem w taki sposób, aby można było sterować jego wydatkiem i uniknąć zjawiska zatykania się dyszy.

Po ustaleniu parametrów układu przeprowadzono pomiary czasu przebicia próbki stalowej w funkcji klasy ziarnowej ścierniwa dla ciśnienia 50 MPa, czasu przebicia próbki stalowej w funkcji ciśnienia wody zasilającej, oraz masy zużywanego ścierniwa w funkcji ciśnienia wody zasilającej. Z wyników przeprowadzonych badań wyciągnięto wnioski, które będą przydatne dla ewentualnych zastosowań strumieni wodno-ściernych

do urabiania skał. Okazało się mianowicie, iż zarówno frakcje ziaren małych poniżej 0,25 mm, jak i dużych powyżej 0,8 mm, nie nadają się do wykorzystania. Zbyt mała wielkość ziaren powoduje, że efektywność strumienia silnie maleje, natomiast zbyt duża prowadzi do zatykania się dyszy. Za najkorzystniejsze w danych warunkach uznać można ziarna frakcji 0,5-0,63 mm. Od wielkości ziaren zależała średnica otworu w płycie.

Analiza dostępnych badań prowadzi do wniosku, że strumień wody ze ścierniwem może być alternatywnym rozwiązaniem w stosunku do narzędzi konwencjonalnych. W stosunku do strumienia czystej wody jest skuteczniejszym nośnikiem energii, a w celu dalszego zwiększenia efektywności cięcia strumieniem wodno-ścierniwem obiecujące wydaje się dalsze zwiększenie ciśnienia zasilania strumienia wodno-ściernego.



Rys.20. Przekrój głowicy strumieniowo-ścierniej wykonanej i poddanej badaniom w AGH

1 - rura wodna, 2 - dysza wodna, 3 - komora mieszania, 4 - doprowadzenie ścierniwa, 5 - tubus wylotowy

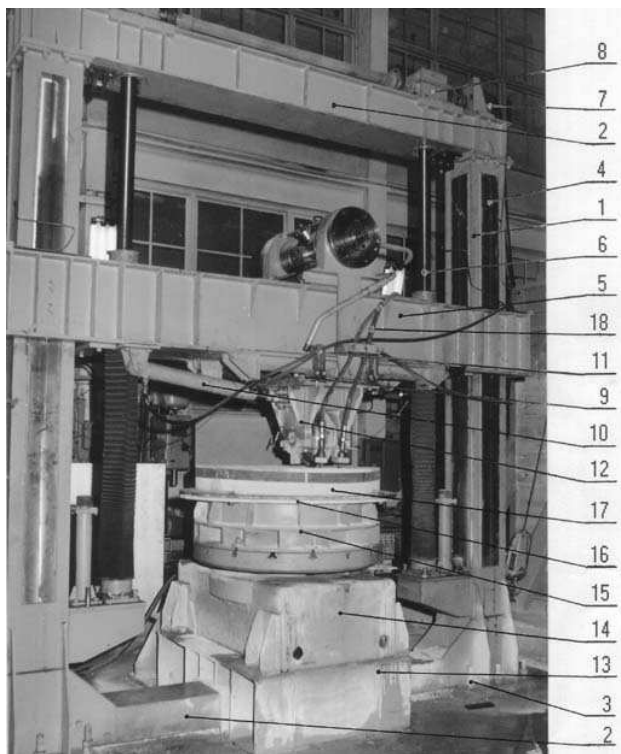
5. Wspomaganie narzędzi urabiających strumieniami wysokociśnieniowymi

W dalszej kolejności zbudowano stanowiska umożliwiające badania współpracy narzędzi klasycznych (noże, dyski) ze wspomaganie strumieniami wysokociśnieniowymi. Praca doktorska K.Kotwica [8] „Hydromechaniczne urabianie skał zwięzłych narzędziami dyskowymi”. Obszerne badania [7, 8] nad metodą hydromechanicznego urabiania skał z wykorzystaniem dysków statycznych wykonano w Laboratorium Niekonwencjonalnych Metod Urabiania w Katedrze Maszyn Gór-

niczych i Urzędzeń Utylizacji Odpadów Akademii Górniczo-Hutniczej. Do badań wykorzystano stanowisko zaprezentowane na rysunku 21. Stanowisko to skonstruowane jest w formie tokarki karuzelowej, na bazie stołu wiertniczego. Na stanowisku tym można badać narzędzia dyskowe o średnicy do 400 mm, przy maksymalnej sile docisku P_d 300 kN i prędkości obrotowej od 0 do 25 min^{-1} . Promień urabiania R_u można dowolnie zmieniać od 0 do 550 mm. Odpowiada to parametrom stosowanym w kombajnach pełnoprzekrojowych przy urabianiu centralnej części wyrobiska.

W celu określenia parametrów pracy, obciążenia narzędzia dyskowego oraz uzyskanych efektów urabiania, na stanowisku podczas badań wykonywane były pomiary następujących wielkości:

- obciążenia narzędzia dyskowego symetrycznego P_d, P_b, P_s ,
- ciśnienia wody zasilającej dysze, p_0 ,
- zagłębienia narzędzia dyskowego, h ,
- prędkości obrotowej próbника, ω ,
- głębokości szczeliny jako efektu urabiania strumieniem wody, g ,
- efektu urabiania narzędziem dyskowym, W, h, d_1 .



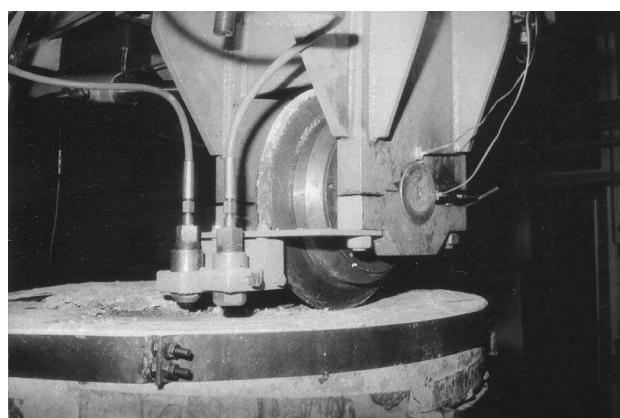
Rys.21. Widok stanowiska do badań pojedynczych narzędzi, m.in. dysków ze wspomaganie wysokociśnieniowym w Katedrze Maszyn Górniczych AGH

1 – słup, 2 – belka poprzeczna, 3 – śruby fundamentowe, 4 – prowadnica, 5 – trawersa, 6 – śruby pociągowe, 7 – silnik hydrauliczny, 8 – przekładnia, 9 – suport, 10 – słownik hydrauliczny, 11 – krążki toczne, 12 – uchwyt narzędzia, 13 – podstawa stołu, 14 – stół wiertniczy, 15 – dennica, 16 – płyta, 17 – próbnik, 18 – przewód wodny

Punkty pomiarowe były rozmieszczone w taki sposób, aby wskazania przyrządów pomiarowych jak najbardziej odpowiadały rzeczywistym wartościom mierzonych wielkości. W czasie badań urabiano próbki betonowe o średnicy 1200 mm i wysokości 160 mm. Wytrzymałość próbek na jednoosiowe ściskanie R_c wynosiła od 14,5 do 34 MPa.

Do badań użyto narzędzi dyskowych symetrycznych powszechnie stosowanych w pełnoprzekrojowych kombajnach chodnikowych. Na narzędziu istniała możliwość mocowania wymiennego, gładkiego, symetrycznego wieńca dyskowego. Użyto trzech kompletów tych wieńców o średnicy urabiania $D = 400$ mm, szerokości 60 mm i wysokości ostrza dyskowego 35 mm. Kąty ostrza wynosiły $2\beta = 90^\circ, 110^\circ$ i 130° . Praca narzędzi dyskowych była wspomagana wysokociśnieniowymi strumieniami z dwóch dysz osadzonych w wychylno-przesuwnych gniazdach, umożliwiającą szybką zmianę parametrów wspomagania. Do badań użyto dysz typu Saphintec 6300 o średnicy $d = 0,8$ i $1,0$ mm oddalonych od powierzchni próbki na odległość około 30 mm.

Stanowisko przygotowane do badań urabiania ze wspomaganie wysokociśnieniowym pokazano na rysunku 21. Agregat hydrauliczny z pompą wodną umożliwiał uzyskiwanie ciśnienia do $p = 80$ MPa przy wydatku wody do 60 l/min.



Rys.22. Widok stanowiska do badań pojedynczych narzędzi, gotowego do badań urabiania próbki skalnej narzędziem dyskowym symetrycznym ze wspomaganie wysokociśnieniowym

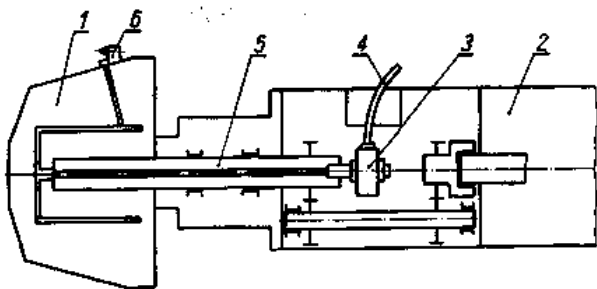
Cykl roboczy procesu urabiania próbki skalnej podzielony został na dwie fazy:

- fazę pionowego wnikania ostrza narzędzia dyskowego do głębokości $h = 7,5; 10,0; 12,5$ lub $15,0$ mm,
- fazę obtaczania narzędzia dyskowego po okręgu wzdłuż swobodnej powierzchni próbki skalnej z zadaną głębokością, przy prędkości stołu obrotowego $\omega = 11 \text{ min}^{-1}$, porównywalną z prędkością obrotową głowic pełnoprzekrojowych kombajnów chodnikowych.

Badania urabiania wykonywano dla trzech promieni urabiania $R_u = 250; 350$ i 500 mm. Serie pomiarowe

wykonywano przy użyciu narzędzi o trzech różnych kątach ostrza 2ω oraz próbek o trzech różnych wytrzymałościach na jednoosiowe ściskanie R_c .

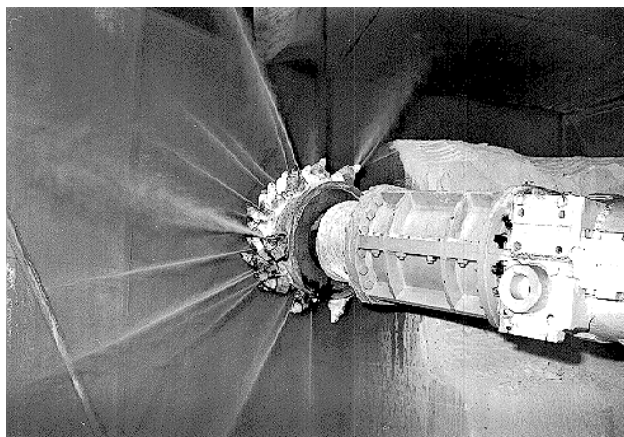
W ramach współpracy CMG KOMAG – AGH zbudowano stanowisko na bazie kombajnu AM-50. Wykonano na nim badania wspomaganie wysokociśnieniowego doświadczalnego organu wzdłużnego, stożkowego zamontowanego na ramieniu kombajnu AM-50. Woda pod ciśnieniem dostarczana jest do organu przez złącze obrotowe, zamocowane czołowo na wale organu. Schemat głowicy doświadczalnej oraz złącza obrotowego pokazano na rysunku 23.



Rys.23. Schemat głowicy doświadczalnej kombajnu z organem wzdłużnym, zastosowanego w Katedrze Maszyn Górniczych AGH w Krakowie

1 - organ, 2 - ramię, 3 - złącze obrotowe, 4 - przewód doprowadzający wodę, 5 - wał, 6 - uchwyt z nożem

Zasilano 42 dysze wspomagające prawie wszystkie noże urabiające od przodu, w odległości około 70 mm od wierzchołka noża przy ciśnieniu zasilania do 55 MPa i średnicy dysz d 0,35 i 0,45 mm. Organ w czasie badań przedstawia rysunek 24.



Rys.24. Organ doświadczalny wzdłużny na stanowisku, na ramieniu kombajnu AM-50

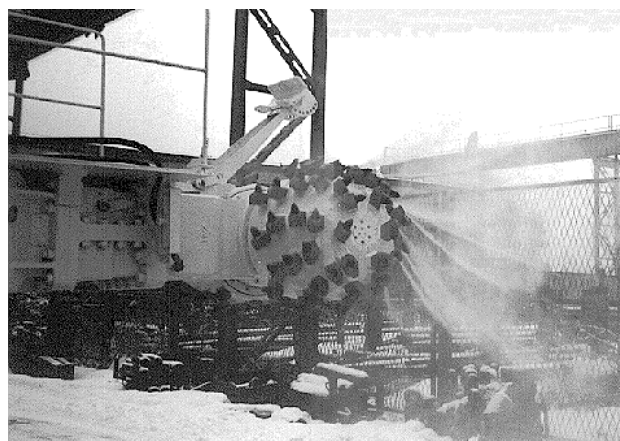
Pozwoliło to uniknąć problemów związanych z sektorowym sterowaniem dopływu wody do poszczególnych dysz i zastosowanie jednoczesnego zasilania dysz przy wszystkich nożach organu. Zainstalowany na stanowisku organ doświadczalny wyposażono w 42 noże obrotowe, wspomagane przez 42 dysze wodne tak usytuowane na korpusie organu, aby strumienie wody uderzały w caliznę w odległości 2 mm przed końcami ostrzy noży. Wykorzystywano możliwość wymiany dysz wodnych, w celu zmiany średnicy strumieni, a co za tym idzie wydatku wody.

6. Wdrożenia

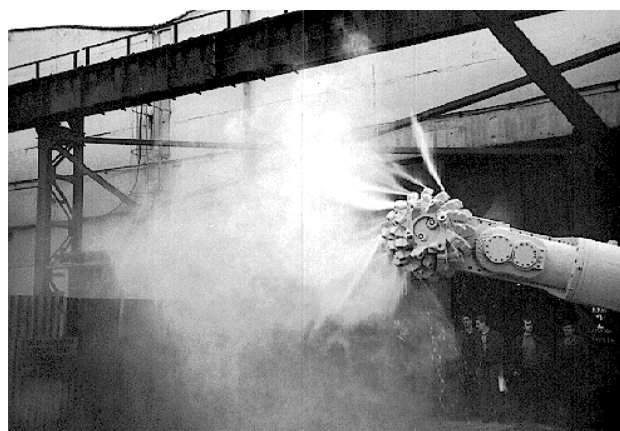
Wyniki tych prac wdrożone zostały w kombajnach skonstruowanych w CMG KOMAG, a produkowanych w ZNPW REMAG Kostuchna typu KR-150, oraz w zmodernizowanych głowicach kombajnów AM-50.



Rys.25. Kombajn KR-150 z wewnętrznym, wysokociśnieniowym zraszaniem sektorowym. Wspólny projekt AGH, REMAG – Katowice, KOMAG – Gliwice



Rys.26. Próby organu kombajnu KR-150 z wewnętrznym, wysokociśnieniowym zraszaniem sektorowym



Rys.27. Głowica poprzeczna kombajnu AM-50z z wewnętrznym układem zraszania sektorowego

Zasilanie sektorowe, czyli dostarczanie wody tylko do ostrzy znajdujących się w strefie skrawania, jest

koniecznością w przypadku organu poprzecznego, a w przypadku organu wzdłużnego zmniejsza blisko do połowy ilość wody doprowadzanej do przodka.

Pozytywne wyniki badań, jak również wymagania stawiane przez odbiorców (szczególnie zagranicznych) i konieczność sprostania konkurencji firm zagranicznych na rynku polskim, skłoniły jednego z krajowych producentów kombajnów chodnikowych, a mianowicie Zakłady Naprawcze Przemysłu Węglowego REMAG w Katowicach, do podjęcia prób opracowania i wdrożenia metody hydraulicznego wspomaganie procesu urabiania w produkowanych przez nich kombajnach. Mając na uwadze wyżej wymienione problemy związane z nową technologią, podjęto próbę ich kompleksowego rozwiązania we współpracy z CMG KOMAG oraz Katedrą Maszyn Górniczych AGH.

Pierwszy polski, opracowany i skonstruowany w AGH w Krakowie we współpracy z REMAG – Katowice, poprawnie działający system sektorowego wysokociśnieniowego zraszania zastosowano w kombajnie KR-150 (rys. 25). Widok organu tego kombajnu, podczas prób na powierzchni, przedstawiono na rysunku 26. Kombajn ten poddano badaniom w wyrobisku chodnikowym w KWK „Bolesław Śmiały”.

Ze zgromadzonej wiedzy, będącej owocem wieloletniej współpracy w dalszym ciągu korzystają pracownicy AGH i CMG KOMAG (na ukończeniu praca doktorska mgr.inż. Edwarda Pieczory).

Niniejszy artykuł nie obejmuje szerokiej i owocnej współpracy AGH – KOMAG w zakresie np. obudów hydraulicznych (3 obronione przez pracowników CMG KOMAG na AGH doktoraty), a także na ukończeniu doktorat z zakresu hydraulicznych wiertarek udarowych (mgr inż. Nieśpiałowski).

Literatura

1. Kalukiewicz A., Klich A., Jarno L.: Construction and investigation of the Polish roadheading

machine with high-pressure water jet assistance. 4th Pacific International Conference on Water Jet Technology, Shimizu (Japan) 1995.

2. Kalukiewicz A., Klich A., Jarno L.: Possibility of Using Cutting Technology in Polish Mining Industry. Kluwer Academic Publishers Jet Cutting Technology, Dordrecht - Boston - Londyn, 1992.
3. Kalukiewicz A.: Badania nad urabianiem węgla strumieniami cieczy. Rozprawa doktorska, AGH Kraków, 1984.
4. Kawecki Z., Kalukiewicz A. i inni: Badania nad techniką urabiania skał strumieniami o bardzo wysokim ciśnieniu. Sprawozdanie NB-7 i NB-8, IMGPIA AGH Kraków, 1983 (nie publikowane).
5. Kawecki Z., Kalukiewicz A. i inni: Badania nad techniką urabiania skał strumieniami o bardzo wysokim ciśnieniu. Sprawozdanie NB-2 IMGPIA AGH Kraków, 1975 (nie publikowane).
6. Klich A., Kalukiewicz A. i inni: Przygotowanie laboratorium badań poznawczych maszyn i urządzeń do drążenia wyrobisk. Sprawozdanie z pracy badawczej nr 2.393.37 etap NB-5, IMGPIA AGH, Kraków, 1989 (nie publikowane).
7. Klich A., Gospodarczyk P., Kalukiewicz A., Kotwica K.: Ergebnisse der Laborversuche bei Hydromechanischer Gewinnung. Hydromechanisation 9, Internationales Kolloquium and Workshop, Miskolc, Węgry, 1995.
8. Kotwica K.: Hydromechaniczne urabianie skał związanych narzędziami dyskowymi. Rozprawa doktorska, AGH, Kraków 1996.
9. Puchała R.: Określenie parametrów układów hydraulicznych do wytwarzania impulsowych strumieni cieczy przeznaczonych do urabiania skał. Praca doktorska, AGH, Kraków 1980.

Artykuł został wygłoszony na Konferencji KOMTECH 2005.

Artykuł wpłynął do redakcji w listopadzie 2005 r.

Recenzent: prof.zw.dr hab.inż. Adam Klich

Dr inż. Leszek KOWAL
Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG

Działalność CMG KOMAG w zakresie maszyn wyciągowych

Streszczenie

Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG od wielu lat jest jednym z głównych krajowych ośrodków zajmujących się projektowaniem maszyn wyciągowych. Ponadto prowadzi prace z zakresu certyfikacji wyrobów i wydawania opinii nt. rozwiązań technicznych stosowanych w górniczych wyciągach szybowych. W CMG KOMAG projektowano maszyny wyciągowe w branży mechanicznej i elektrycznej wraz z systemami sterowania i elementami wyposażenia. Obecnie prowadzone są prace projektowe nad nowymi rozwiązaniami maszyn wyciągowych, jak również ich podzespołów.

Summary

From many years the KOMAG Mining Mechanization Centre is one of the main Polish centres which are involved in designing of hoisting machines. Moreover, KOMAG carries out the projects on certification of products and gives opinions on the technical solutions that are used in the mining shaft hoists. The hoisting machines were designed in the KOMAG Mining Mechanization Centre, as regards mechanical and electrical parts, together with control systems and equipment components. Currently a design work is carried out on new solutions for hoisting machines as well as on their subsystems.

1. Wprowadzenie

Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG od wielu lat jest jednym z głównych krajowych ośrodków zajmujących się projektowaniem maszyn wyciągowych. Ponadto prowadzi prace z zakresu certyfikacji wyrobów i wydawania opinii nt. rozwiązań technicznych stosowanych w górniczych wyciągach szybowych.

Narastające po okresie drugiej wojny światowej zapotrzebowanie kraju na węgiel wymagało udostępniania nowych przodków eksploatacyjnych. Technika głębinienia szybów, dzięki opracowaniu i wdrażaniu nowych maszyn ulegała dużemu postępowi. Dążenie nowych szybów, zwiększanie wymagań transportowych wymuszało tworzenie i stosowanie nowoczesnych maszyn wyciągowych.

W Zakładach Konstrukcyjno-Mechanicznych P.W. – obecnie CMG KOMAG w Gliwicach projektowano maszyny wyciągowe w branży mechanicznej i elektrycznej wraz z systemami sterowania i elementami wyposażenia. Powstawały nowe konstrukcje maszyn, takich jak: maszyna bobinowa BOB-5500, maszyny dwubębnowe BB-4000 i BB-5000 o mocach odpowiednio 630 kW, 2×630 kW i 2×1000 kW oraz jednobębnowe jak np. B-5000 (rys. 1) przeznaczona do głębinienia szybów. Maszyny te przystosowane były do ciągnięcia urobku z głębokości 1000 m (i więcej). Oprócz dużych maszyn wyciągowych opracowano również szereg maszyn o niższych parametrach, takich jak: bębnowe BB-2000, BB-3000, B-1200 oraz typu Koepe K-2000, WL4-2000, WL4-3200 (rys. 2). Ponadto opracowano konstrukcje kołowrotów, które przeznaczone były do prac pomocniczych w szybach: KUBA-5 i KUBA-10 (rys. 3) oraz wciągarek B-650, B-1000, B-1100A, B-1500A.

Pośród wielu konstruktorów, specjalistów CMG KOMAG, którzy wnieśli duży wkład w rozwój maszyn wyciągowych zaliczyć należy: doc.dr.inż. Tadeusza Zmysłowskiego, mgr.inż. Aleksandra Leszczyńskiego, mgr.inż. Marcina Hudzika, mgr.inż. Czesława Paprotnego. W latach osiemdziesiątych z biura konstrukcyjnego wydzielono grupę specjalistów zajmujących się atestacją maszyn wyciągowych, działającą do chwili obecnej, w ramach Zakładu Badań Atestacyjnych CMG KOMAG.

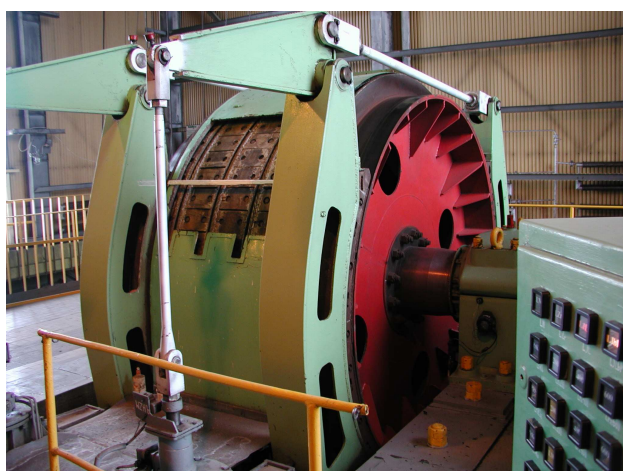
2. Zakres działalności w zakresie maszyn wyciągowych i transportu szybowego

Działalność w zakresie maszyn wyciągowych i transportu szybowego w CMG KOMAG obejmuje:

- opracowywanie koncepcji, projektów i dokumentacji technicznych maszyn wyciągowych,
- opracowywanie koncepcji, projektów i dokumentacji technicznych urządzeń stosowanych w górniczych wyciągach szybowych,
- opracowywanie koncepcji, projektów i dokumentacji technicznych zespołów maszyn wyciągowych ze szczególnym uwzględnieniem zespołów sterowania hamulców,
- opracowywanie dokumentacji dopuszczeniowych maszyn wyciągowych i podzespołów oraz urządzeń stosowanych w górniczych wyciągach szybowych,
- opracowywanie dodatków do dokumentacji podstawowych górniczych wyciągów szybowych oraz kart zmian,
- wykonywanie analiz wytrzymałościowych elementów górniczego wyciągu szybowego oraz maszyn wyciągowych z zastosowaniem nowoczesnych komputerowych metod obliczeniowych (MES),



Rys.1. Maszyna wyciągowa B-5000/2×1000



Rys.2. Maszyna wyciągowa WL4-3200/2×630



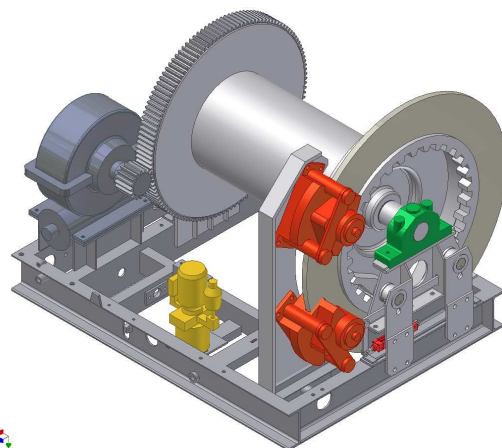
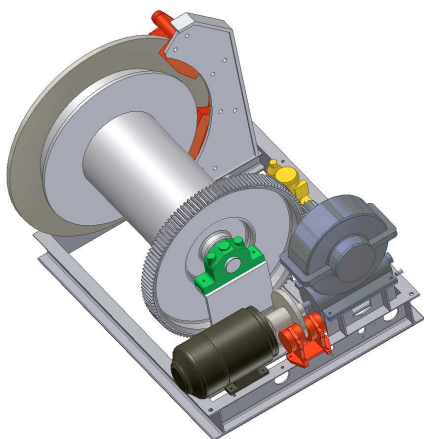
Rys.3. Kołowroty typu KUBA-5 i KUBA-10 w trakcie remontu

- wykonywanie badań stanowiskowych układów sterowania hamulców maszyn wyciągowych,
- prowadzenie nadzorów nad rozruchem maszyn wyciągowych oraz ich podzespołów,

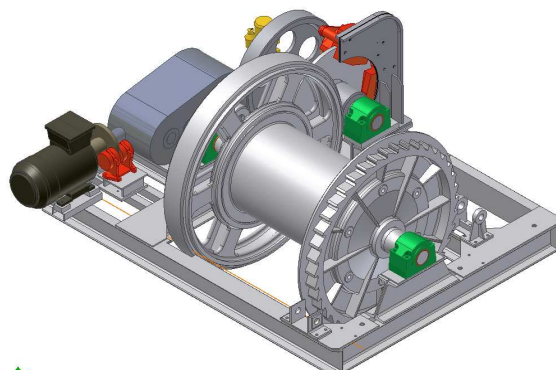
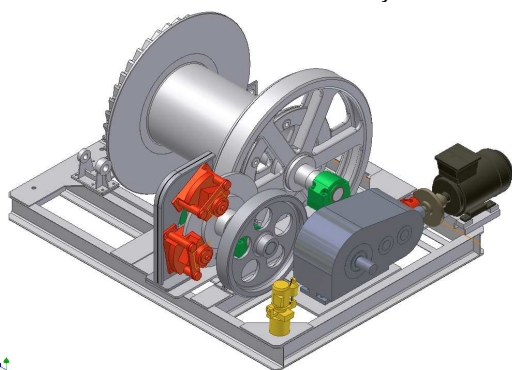
Ponadto CMG KOMAG posiada upoważnienie Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego do wykonywania działań Rzeczoznawcy do spraw ruchu zakładu górniczego (nr 13/2002) w zakresie maszyn wyciągowych.

Obecnie w CMG KOMAG prowadzone są prace projektowe nad nowymi rozwiązaniami maszyn wyciągowych, jak również ich podzespołów. Na szczególną uwagę zasługują tu prace odnoszące się do doskonalenia zespołów sterowania hamulców, tak pneumatycznych, jak i hydraulicznych.

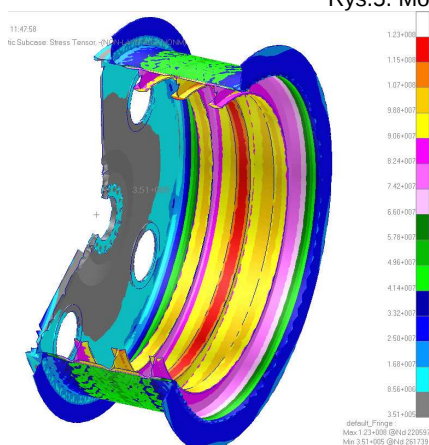
W procesie projektowania maszyn i urządzeń wykorzystywany jest nowoczesny sprzęt komputerowy oraz



Rys.4. Modernizacja kołowrotu KUBA-5



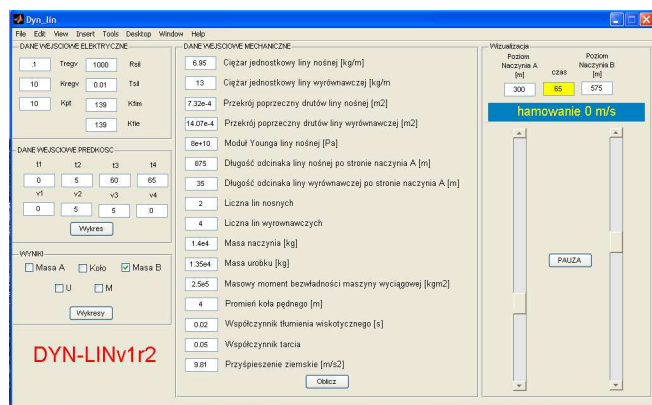
Rys.5. Modernizacja kołowrotu Kuba-10



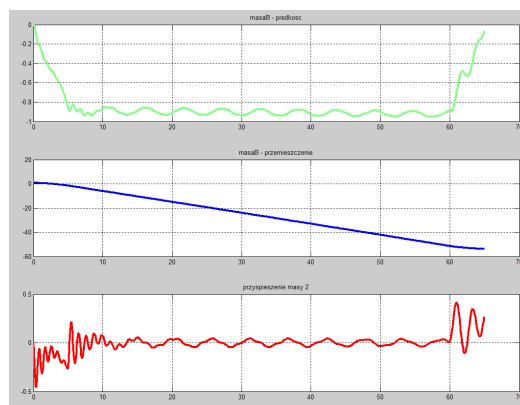
Rys.6. Model wytrzymałościowy bębna



Rys.7. Maszyna wyciągowa 2L-4000

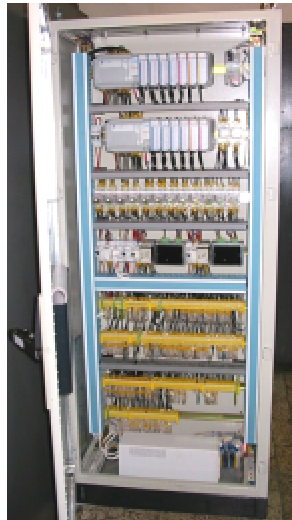


Rys.8. Analiza dynamiczna ruchu górniczego wyciągu szybowego



oprogramowanie umożliwiające projektowania 2D i 3D. Tworzenie przestrzennych modeli maszyn i urządzeń na etapie projektowania pozwala doskonalić ich konstrukcję i prezentować opracowane koncepcje klientowi w bardzo przyjazny sposób (rys. 4, 5).

Projektowanie wspomagane jest nowoczesnymi komputerowymi technikami obliczeniowymi, wykorzystującymi w analizie wytrzymałościowej złożonych i szczególnie odpowiedzialnych elementów konstrukcyjnych maszyn wyciągowych metodę elementów skończonych (MES).



Rys.9. Elektropneumatyczny zespół sterowania hamulców ZSHP



Rys.10. Urządzenie ZAZ-P

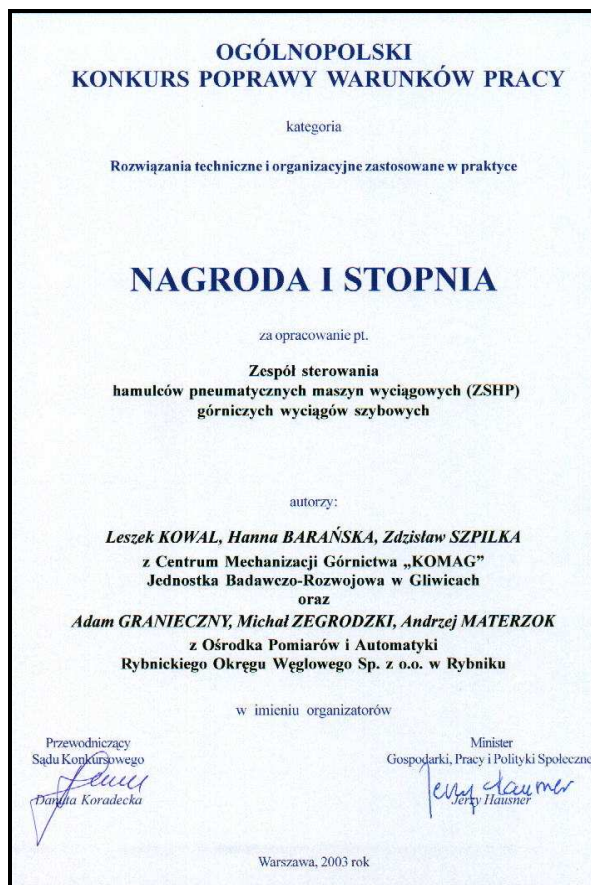


Rys.11. Urządzenie ZAZ i DDS

W procesie projektowania stosowane są również metody obliczeniowe, umożliwiające np. prowadzenie dynamicznych analiz obciążeń linopędni maszyn wyciągowych, w różnych stanach ruchu wyciągu i stanach awaryjnych (rys. 6). Wykorzystuje się do tego celu specjalistyczne oprogramowanie Matlab/Simulink (rys. 8). Uzyskiwane wyniki analiz dynamicznych mogą m.in. stanowić dane wejściowe np. w analizach wytrzymałościowych głównych elementów maszyn wyciągowych, takich jak: linopędnie (bębny nawojowe i koła pędne) oraz wały główne.

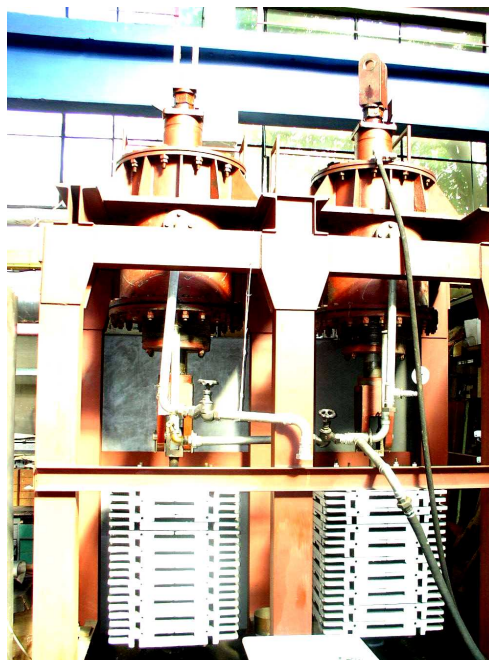
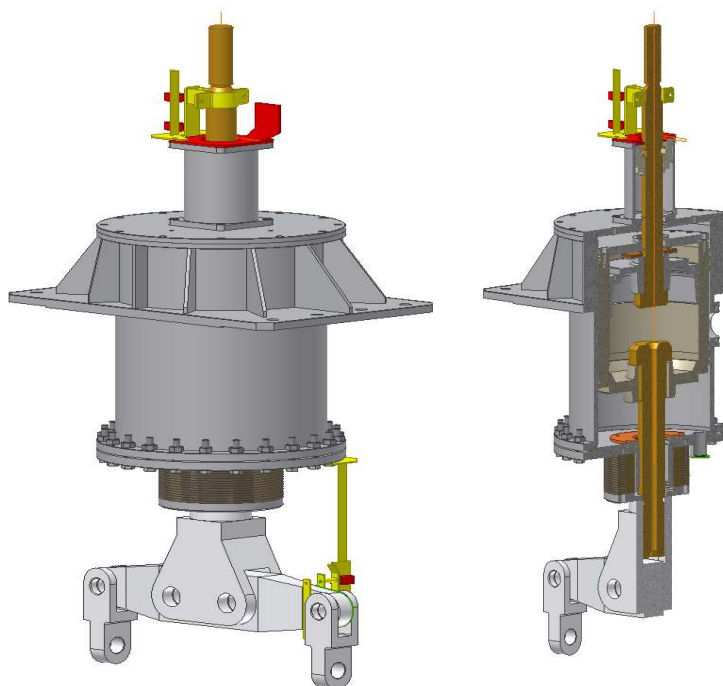
Bardzo ważnym, z punktu widzenia bezpieczeństwa prowadzenia ruchu górnictwymi urządzeniami wyciągowymi było opracowanie nowoczesnego zespołu sterowania hamulców pneumatycznych maszyn wyciągowych. Urządzenie to o oznaczeniu ZSHP powstało w wyniku prowadzonych prac przygotowawczych, w ramach projektu badawczego pt. „Elektropneumatyczny system sterowniczy hamulców maszyn wyciągowych” (Nr 9 T12A 02211) finansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 1996-1998, a następnie projektu celowego realizowanego wspólnie z Ośrodkiem Pomiarów i Automatyki Rybnickiego Okręgu Węglowego Sp. z o.o. w latach 1999-2001, dofinansowanego przez KBN (Nr 9 T12A 145 99 C/4554). Zespół jest nowoczesnym urządzeniem umożliwiającym modernizację maszyn wyciągowych w zakresie układów sterowania hamulców.

Zespół ZSHP w 2003 r. nagrodzony został nagrodą I stopnia w XXXI Ogólnopolskim Konkursie Poprawy



Warunków Pracy, organizowanym przez Ministerstwo Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej w kategorii „Rozwiązania techniczne i organizacyjne zastosowane w praktyce”.

Zespół ZSHP wdrożony został w 19 układach hamulcowych maszyn wyciągowych. Oprócz wielu zalet



Rys.12. Napędy hamulcowe typu HOP – stanowisko badawcze

zespołu ZSHP, związanych z podniesieniem bezpieczeństwa prowadzenia ruchu górnictwami wyciągami szybowymi, należy podkreślić możliwość jego stosowania praktycznie we wszystkich maszynach wyciągowych, wyposażonych w hamulce pneumatyczne stosowane w polskich kopalniach.

Ważnym ze względów bezpieczeństwa i niezawodności działania hamulców, a tym samym bezpiecznego prowadzenia ruchu górnictwami wyciągu szybowego jest również urządzenie umożliwiające mechaniczne wyzwolenie zadziałania źródła siły hamującej ZAZ-P (rys. 10).

Urządzenie ZAZ o podobnym przeznaczeniu opracowano również w odniesieniu do hamulców hydraulicznych (rys. 11). Urządzenia te powstały w wyniku m.in. pojawienia się nowych wymagań przepisów górniczych odnoszących się do wyposażenia maszyn wyciągowych, stanowiąc dodatkowy element bezpieczeństwa.

Zmodernizowano również hydrauliczny układ sterowania typu ASEA, podnosząc jego niezawodność poprzez wprowadzenie zespołu zaworów DDS (rys. 11), który przez swoją strukturę umożliwia kontrolę drożności podstawowego układu sterowania i zapewnia jednocześnie dodatkową drogę spływu oleju z układu do zbiornika.

Ponadto realizowane są prace projektowe dotyczące remontów szeregu eksploatowanych maszyn wyciągowych i układów hamulcowych. Opracowywane dokumentacje techniczno-ruchowe, dokumentacje dopuszczeniowe istniejących oraz nowych urządzeń, jak również „dodatki” do dokumentacji podstawowych górniczych wyciągów szybowych oraz „karty zmian” oferowane są użytkownikom, czyli kopalniom.

Prace badawcze dotyczące nowych rozwiązań technicznych prowadzone są na nowoczesnych stanowiskach badawczych do badań urządzeń pneuma-

tycznych, jak i hydraulicznych. Na szczególną uwagę zasługuje stanowisko wyposażone w dwa największe napędy hamulcowe maszyn wyciągowych typu HOP wielkość VI (rys. 12), które wykorzystywane jest do badań nowych rozwiązań układów sterowania.

3. Podsumowanie

Zespół ds. maszyn wyciągowych i transportu szybowego w CMG KOMAG ciągle rozszerza swój zakres działania o nowe obszary. Jednym z głównych obecnie realizowanych tematów jest projekt dotyczący bezprzewodowej transmisji danych w przestrzeniach o wysokim tłumieniu. Celem tego projektu jest opracowanie systemu pomiarowego umożliwiającego przesył danych pomiarowych z poruszających się w szybie naczyń wyciągowych do stanowiska sterowniczego na powierzchni kopalni. Tworzony system pomiarowy będzie mógł być wykorzystany m.in. w diagnostyce urządzenia wyciągowego np. do kontroli wyrównoważania sił w linach (co wpływa na ich trwałość), pomiaru drgań naczyń w trakcie ich ruchu w szybie, co pośrednio umożliwi ocenę stanu technicznego prowadzenia naczyń w szybie.

CMG KOMAG współpracuje z wieloma partnerami przemysłowymi oraz ośrodkami naukowymi m.in.: OPA ROW Sp. z o.o., ELCAM Sp. z o.o., MWM-Elektro Sp. z o.o., KORD Sp. z o.o., Proserw-Zgoda Sp. z o.o., TEMIX Sp. z o.o., LW Bogdanka, O/ZG Lubin, O/ZG Rudna, Kopalniami Kompanii Węglowej S.A., Jastrzębskiej Spółki Węglowej, Katowickiego Holdingu Węglowego, Politechniką Śląską, Akademią Górniczo-Hutniczą.

Na szczególną uwagę zasługuje współpraca z małymi i średnimi przedsiębiorstwami, które wdrażają nowe rozwiązania techniczne podnosząc swoją konkurencyjność na rynku.

Artykuł wpłynął do redakcji w listopadzie 2005 r.

Osadzarki wodne pulsacyjne typu KOMAG – maszyny sprawdzone w przeróbce surowców mineralnych

Streszczenie

W artykule przedstawiono rozwój konstrukcji wodnych osadzarek pulsacyjnych typu KOMAG. Pokazano ich wskaźniki techniczno-ekonomiczne pod kątem jakości procesu wzbogacania. Przedstawiono przykłady sterowanych elektronicznie zaworów pulsacyjnych i automatycznych układów odbioru produktów ciężkich. Zwrócono uwagę na nowe możliwości zastosowania tych maszyn w przemyśle kruszyw, w procesach pozyskiwania żwiru i piasku, z jednoczesnym wydzieleniem zanieczyszczeń organicznych i mineralnych.

Summary

A development of KOMAG pulsatory water jigs designs was presented in the paper. The technical-and-economical factors of jigs were presented as regards the quality of beneficiation process. The examples of electronically controlled pulsatory valves and automatic systems for collection of heavy products were presented. The attention was paid to new possibilities in using these machines in aggregates industry, in processes of gravel and sand production together with separation of organic and mineral impurities.

1. Wprowadzenie

W układach technologicznych zakładów przerób-
czych powszechnie stosowanymi urządzeniami do roz-
działu kopaliny surowej są wodne osadzarki pulsacyj-
ne. Dominują one w większości krajów wydobywają-
cych węgiel kamienny oraz kruszywa mineralne,
z uwagi na swą uniwersalność, tj. szeroki zakres po-
zyskiwanej klasy ziarnowej oraz stosunkowo niskie kos-
ty eksploatacji, w porównaniu z innymi urządzeniami
wzbogacającymi. Osadzarki stosuje się głównie do
wzbogacania węgla surowego w klasach ziarnowych
120-20 mm – osadzarki ziarnowe, 50-0,5 mm – osa-
dzarki średnio ziarnowe i 20-0,5 mm – osadzarki mia-
łowe oraz do pozyskiwania żwiru i piasku, w klasie
ziarnowej 32–2(0) mm, z równoczesnym wydzieleniem
zanieczyszczeń organicznych i mineralnych.

2. Rozwój wodnych osadzarek pulsacyjnych

W ujęciu historycznym konstrukcja osadzarki prze-
szła bardzo istotne przeobrażenie. Jako jeden z naj-
starszych wzbogacalników znana jest już ponad 400
lat, a pierwsze zastosowanie znalazła do wzbogacania
rud żelaza, jako osadzarka skrzyniowa z ruchomym
sitem. Główny podział osadzarek pulsacyjnych wynika
z rozwiązań konstrukcyjnych elementów wywołujących
ruch pulsacyjny wody. Można tu wymienić osadzarki:

- tłokowe,
- beztłokowe (pneumatyczne),
- z ruchomym łóżem (sitem) roboczym.

Pierwsza osadzarka tłokowa (typ Brauns), ze sta-
łym sitem, została uruchomiona w 1840 r. w Saksonii,

a jej producentem w Polsce była Huta Karol w Wał-
brzychu. Istotnym momentem dla rozwoju techniki
w zakresie wzbogacania grawitacyjnego było urucho-
mienie w 1892 r. osadzarki beztłokowej Bauma [7].
Przełomowe dla dzisiejszych osadzarek były lata
sześcioletniego dwudziestego wieku, kiedy wprowadzo-
no do stosowania osadzarki Batac firmy KHD, z pod-
sitowym położeniem komór powietrznych [1, 4, 11, 16].

W Polsce osadzarki konstruowane w latach sześć-
dziesiątych posiadały komory powietrzne umieszczone
wzdłuż osi osadzarki, obok koryta roboczego. Stoso-
wano symbole OBM – osadzarka beztłokowa mialowa,
ODM – osadzarka beztłokowa mialowa dwukorytowa,
czy OBZ – osadzarka beztłokowa ziarnowa [5]. Wadą
tych osadzarek były jednak ich znaczne wymiary, duża
masa oraz niekorzystne poziome oddziaływanie dyna-
miczne na budynek.

Dzisiejsze konstrukcje osadzarek posiadają komory
powietrzne zlokalizowane pod pokładem sitowym, za-
budowane w skrzyniach dolnych poprzecznie do osi
wzdłużnej osadzarki. Rozwiązanie takie cechuje mniej-
sze poziome oddziaływanie na budynek oraz mniejsze
wymiary i masa skrzyń dolnych. Aktualne konstrukcje
osadzarek [8, 13, 15], oznaczanych symbolami OM –
osadzarka mialowa, OS – osadzarka średnioziarnowa,
OZ – osadzarka ziarnowa i KOD – osadzarka do od-
kamieniania urobku węgla surowego, bazują na po-
wyższych rozwiązaniach, jednak są stale modernizo-
wane zarówno pod względem geometrii kształtu skrzyń
dolnych, mocowania pokładów sitowych, usprawnienia
urządzeń automatycznej regulacji odbioru produktów
ciężkich, zaworów pulsacyjnych oraz kolektorów po-
wietrza roboczego [12, 14].

W zakresie automatyzacji procesu wzbogacania zasadniczy rozwój został dokonany w latach siedemdziesiątych dwudziestego wieku przez OBR EMAG w Katowicach i CMG KOMAG w Gliwicach, poprzez wprowadzenie elektronicznego systemu sterowania osadzarką cylindryczną OC8 oraz przejścia od napędów mechanicznych przez hydrauliczne do elektrohydraulicznych i elektropneumatycznych [11, 14, 20, 21]. Różne typy osadzarek, eksploatowane w polskich zakładach przerobczych od 1960 roku, były stopniowo zastępowane przez nowsze maszyny pulsacyjne typu OBM, a następnie OM, w których stosowano układ sterowania odbioru produktów ciężkich typu mechanicznego. Poziom warstwę produktu ciężkiego mierzony był pływakami, od których impuls, przekazywany mechanicznie na układ serwomechanizmu, uruchamiał otwarcie szczeliny upustowej mechanizmem hydraulicznym. Aktualnie układ sterowania umożliwia utrzymanie stałej - zadanej grubości warstwy produktu ciężkiego, a pływak [17] w sposób bezkontaktowy przekazuje impulsy, odpowiadające wysokości warstwy rozdzielczej, do systemu elektronicznego. Dzięki temu odbiór odpadów i produktu pośredniego uruchamiany jest bez opóźnień za pomocą elektrohydraulicznego lub elektropneumatycznego układu napędowego. Pulsacyjny ruch wody, wywołany przez zawory dozujące powietrze do komór wodno-powietrznych, w latach siedemdziesiątych realizowany był za pomocą zawo-

rów obrotowych, które swą konstrukcją narzucały stały charakter cyklu.

W latach osiemdziesiątych w miejsce zaworów obrotowych zaczęto stosować zawory talerzowe, z cyklem sterowanym układem elektronicznym [11, 12]. Równocześnie doskonalono konstrukcję zaworów obrotowych, wprowadzając tzw. cykl wielofazowy (system elektronicznego sterowania może być również zastosowany w osadzarkach wyposażonych w pulsacyjne zawory obrotowe, jednak bez możliwości elektronicznego sterowania parametrami cyklu pulsacji).

Dla zobrazowania postępu technicznego w konstrukcji osadzarek typu KOMAG przedstawiono w tabeli 1 dane techniczne na przykładzie modelu wzbogacania o wydajności 400-500 t/h, składającego się z osadzarek i przenośników kubelkowych odwadniających, a na rysunku 1 pokazano wartości wskaźnika imperfekcji osiągnięte w latach 1960-2004. W tabeli 2 podano wskaźniki techniczno-ekonomiczne osadzarek po przeliczeniu danych przedstawionych w tabeli 1, a na rysunku 2 osiągnięte wartości wydajności jednostkowych.

Analizując dane techniczne i wskaźniki techniczno-ekonomiczne przedstawione w tabelach 1 i 2 można zauważyć znaczny postęp w rozwoju konstrukcji i technologii wzbogacania węgla w osadzarkach w okresie od 1960 do 2004 roku. Osiągnięto 2,5-krotny wzrost

Dane techniczne osadzarek w latach 1960-2004

Tabela 1

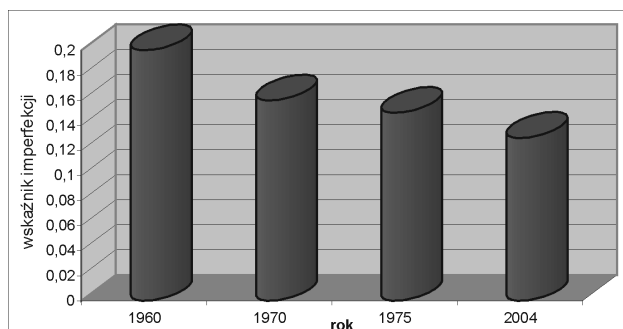
Typy osadzarek w latach	1960	1970	1975	2004
	OBM12	ODM18	OM24	OM20
Dane techniczne				
Wydajność nominalna osadzarki, t/h	125	250	500	500
Ilość osadzarek w modelu, szt.	4	2	1	1
Masa osadzarek, t	120	70	40	32
Ilość podnośników kubelkowych odwadniających w modelu, szt.	8	4	2	2
Masa podnośników kubelkowych, t	120	100	50	54
Masa osadzarek i przenośników kubelkowych, t	240	170	90	86
Zapotrzebowanie powietrza sprężonego, m ³ /min.	200	140	100	80
Zapotrzebowanie wody, m ³ /h	1800	1200	1000	800
Zainstalowana łączna moc osadzarki, dmuchawy i podnośnika kubelkowego, kW	250	200	130	110
Kubatura zabudowy modelu – osadzarki i podnośniki kubelkowe, m ³	11200	5600	2800	1600
Wskaźnik imperfekcji	0,20	0,16	0,15	0,12

Wskaźniki techniczno-ekonomiczne osadzarek przedstawionych w tabeli 1

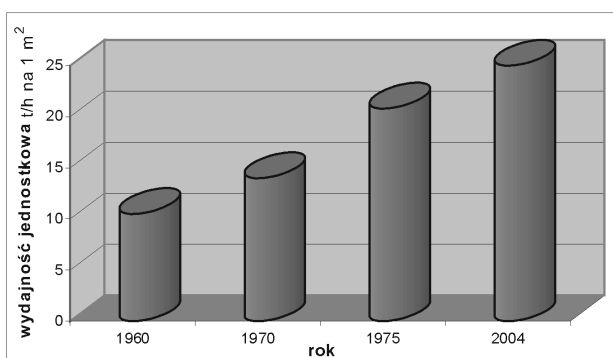
Tabela 2

Wskaźnik	OBM12	ODM18	OM24	OM20
Wydajność jednostkowa (na 1 m ² sita), t/h	10,5	14,0	20,8	25,0
Masa osadzarki na 1 t/h wzbogacanego węgla, kg	250	150	80	66
Masa urządzeń modelu na 1 t/h wzbogacanego węgla, kg	480	340	180	172
Zużycie wody na 1 t/h wzbogacanego węgla, m ³	3,6	2,4	2,0	1,6
Moc zainstalowana modelu na 1 t/h wzbogacanego węgla, kW	0,5	0,4	0,26	0,22
Kubatura zabudowy modelu na 1 t/h wzbogacanego węgla, m ³	22,4	11,2	5,6	3,2

wydajności z 1 m² powierzchni pokładu sitowego osadzarki oraz prawie 4-krotne obniżenie masy maszyn, ponad 2-krotne zmniejszenie zużycia wody i 7-krotne zmniejszenie przestrzeni zabudowy, w odniesieniu do 1 t/h wydajności wzbogacanego węgla.



Rys.1. Wskaźnik imperfekcji osiągany w osadzarkach typu KOMAG w latach 1960-2004



Rys.2. Wydajności jednostkowe w t/h na 1 m² powierzchni sita osiągane w osadzarkach typu KOMAG w latach 1960-2004

Osadzarki typu KOMAG współpracują z aktualnie dostępnymi na rynku systemami sterowania produkowanymi przez Zakład Automatyki BGG z Katowic, CEiAG EMAG z Katowic oraz PPUH MICRO z Otmuchowa [2, 3, 10, 11], których zasada pracy oparta jest o podobny model procesu wzbogacania węgla [2, 6, 9, 10].

Analizując efekty pracy różnych osadzarek pulsacyjnych, stosowanych na świecie i w polskich zakładach przeróbki węgla kamiennego, w oparciu o badania technologiczne przeprowadzone przez CMG KOMAG [22], w których określano takie wskaźniki jakościowe jak obciążenie jednostkowe, rozproszenie prawdopodobne, gęstość rozdziału, zapozielenie koncentratu i odpadów, udział odpadów w koncentracie, straty węgla w odpadach oraz imperfekcję można stwierdzić, że wyniki jakościowe ich pracy są porównywalne w podobnych warunkach eksploatacyjnych dla zbliżonych parametrów technologicznych wzbogacanego materiału.

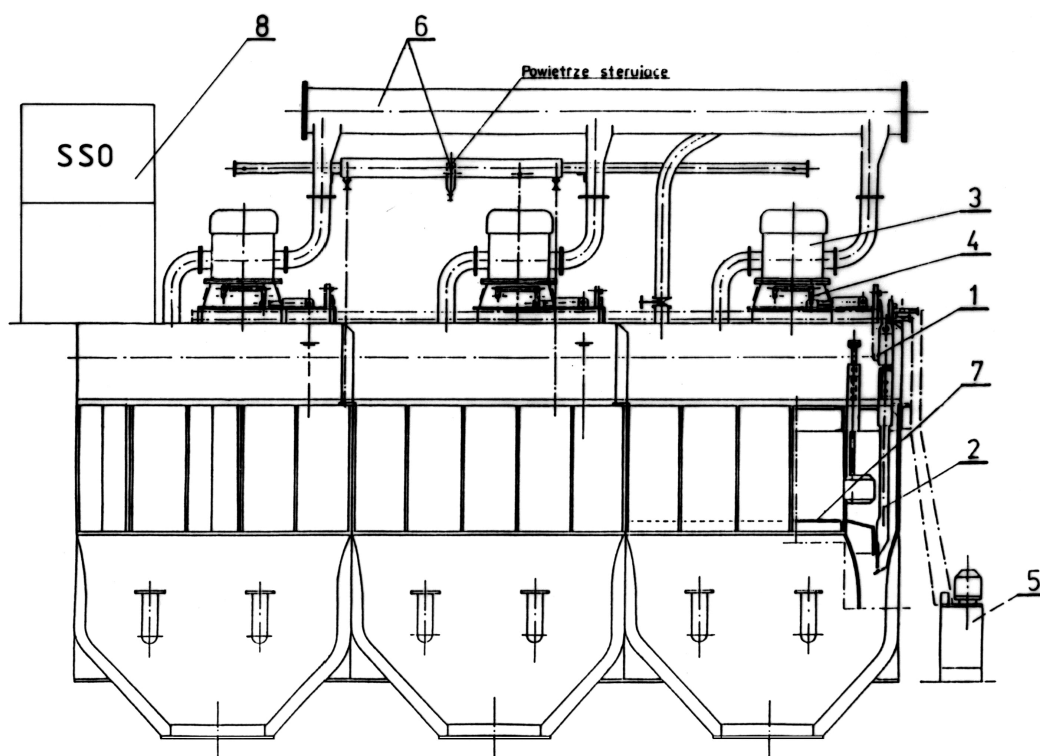
Niezależnie od prac, których wynikiem są pracujące w wielu kopalniach węgla kamiennego nowe osadzarki

typu KOMAG, równolegle prowadzone są prace modernizacyjne w istniejących obiektach, w oparciu o założenia technologiczne, warunki lokalizacyjne oraz wymagania i oczekiwania użytkownika. Pozwalają one na wprowadzenie zmian konstrukcyjnych poszczególnych zespołów maszyn, wpływających na poprawę uzyskiwanych parametrów jakościowych produktów wzbogacania. Eksploatowane dotychczas osadzarki w wielu przypadkach posiadały zawory obrotowe oraz regulację odbioru produktów ciężkich typu hydraulicznego, z mechanicznym przekładnikiem impulsu od pływaków na serwomechanizm hydrauliczny. W związku z tym wprowadzono szereg rozwiązań modernizacyjnych w konstrukcji eksploatowanych osadzarek, co przedstawiono na przykładzie osadzarki OM24 na rysunku 3.

Zakresem modernizacji objęto: zespół regulacji automatycznej odbioru produktów (poz. 1), przepust produktów (poz. 2), zawór pulsacyjny talerzowy (poz. 3), zespół przepustnic powietrza (poz. 4), instalację zasilania serwomechanizmów (poz. 5), instalację zasilania zaworów pulsacyjnych (poz. 6), ruszt z sitem szczelinowym (poz. 7), system elektronicznego sterowania (poz. 8), umożliwiający programowanie cyklu pulsacji wody, automatyczną regulację odbioru produktów ciężkich, stabilizację rozluźniania warstw materiału wzbogacanego w łóżu osadzarki, regulację i stabilizację ilości wody dolnej, stabilizację zawartości popiołu w koncentracie.

W roku 2004 powstała w CMG KOMAG nowa konstrukcja osadzarki, wykonanej w całości ze stali nierdzewnej, w której zastosowano szereg nowatorskich rozwiązań konstrukcyjnych w zakresie sterowania procesem wzbogacania węgla surowego. Jej koncepcja rozwiązania była wynikiem współpracy specjalistów ze środowiska przeróbki surowców mineralnych, począwszy od użytkownika przez projektanta po producenta.

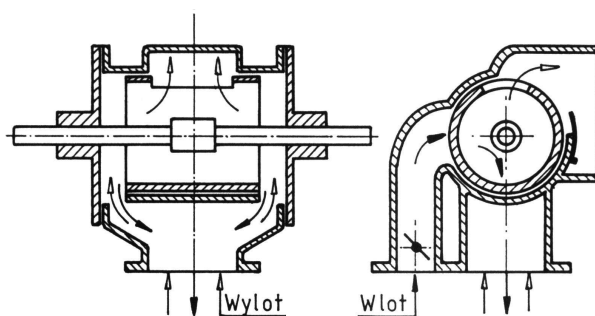
Pozytywne wyniki badań techniczno-technologicznych prowadzonych przez CMG KOMAG [22] na przestrzeni wielu lat, przedstawione w tabelach 1 i 2 oraz rysunkach 1 i 2, pozwoliły na opracowanie koncepcji zastosowania wodnej osadzarki pulsacyjnej typu KOMAG w przemyśle kruszyw [19]. Jej działanie oparte jest o zasadę wywoływania pulsacji wody powietrzem sprężonym, a dozowanie powietrza do komór podsitowych odbywa się przez specjalnej konstrukcji zawory pulsacyjne talerzowe, których wloty i wyloty powietrza roboczego regulowane są przez system sterowania. W chwili obecnej znalazła ona zastosowanie w dwóch kopalniach kruszyw naturalnych do wydzielania zanieczyszczeń organicznych i mineralnych w procesach produkcji żwiru i piasku.



Rys.3. Osadzarka OM24

3. Przykłady zaworów pulsacyjnych stosowanych w wodnych osadzarkach pulsacyjnych

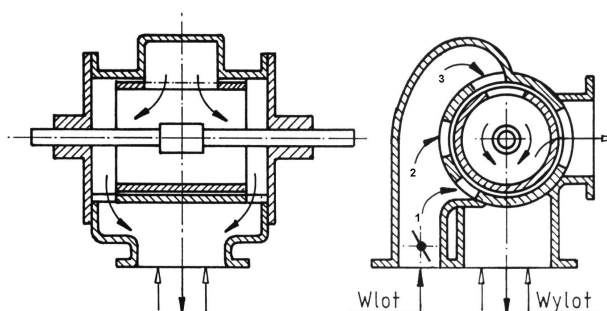
W wodnych osadzarkach pulsacyjnych stosowane są obecnie dwa typy mechanizmów wywołujących cykl pulsacyjny wody, uzupełnione systemem przepustnic powietrza roboczego. Są to pokazane na rysunkach 4 i 5 zawory obrotowe [4, 16] sterowane mechanicznie oraz zawory talerzowe [14, 20, 21] sterowane elektronicznie.



Rys.4. Zawór pulsacyjny obrotowy 1-fazowy

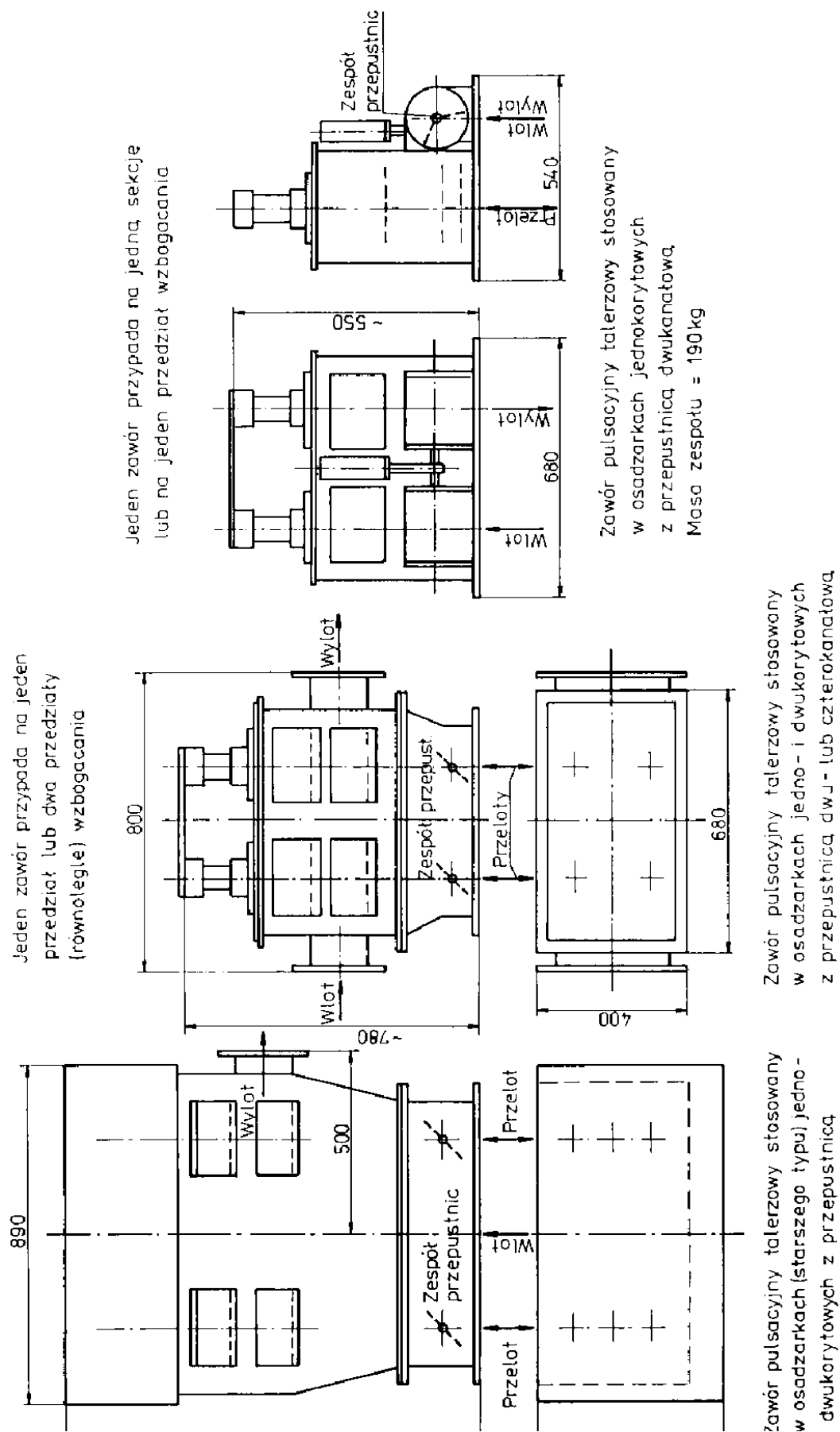
Pokazane na rysunku 6 przykłady zaworów talerzowych z przepustnicami powietrza ukazują zmiany ich konstrukcji zmniejszające ich wymiary oraz masę. Można tutaj zauważyć zawór pulsacyjny talerzowy starszego typu, z przepustnicami czterokanałowymi, o masie zespołu około 400 kg, stosowany w osadzarkach jedno- i dwukorytowych, zawór pulsacyjny talerzowy stosowany w osadzarkach jedno- i dwukorytowych nowszego typu (również w osadzarkach moder-

nizowanych), z przepustnicami dwu lub czterokanałowymi, o masie zespołu wynoszącej około 250 kg oraz stosowany w osadzarkach jednokorytowych zawór pulsacyjny z przepustnicą boczną dwukanałową, o masie zespołu wynoszącej około 190 kg i najmniejszych wymiarach.

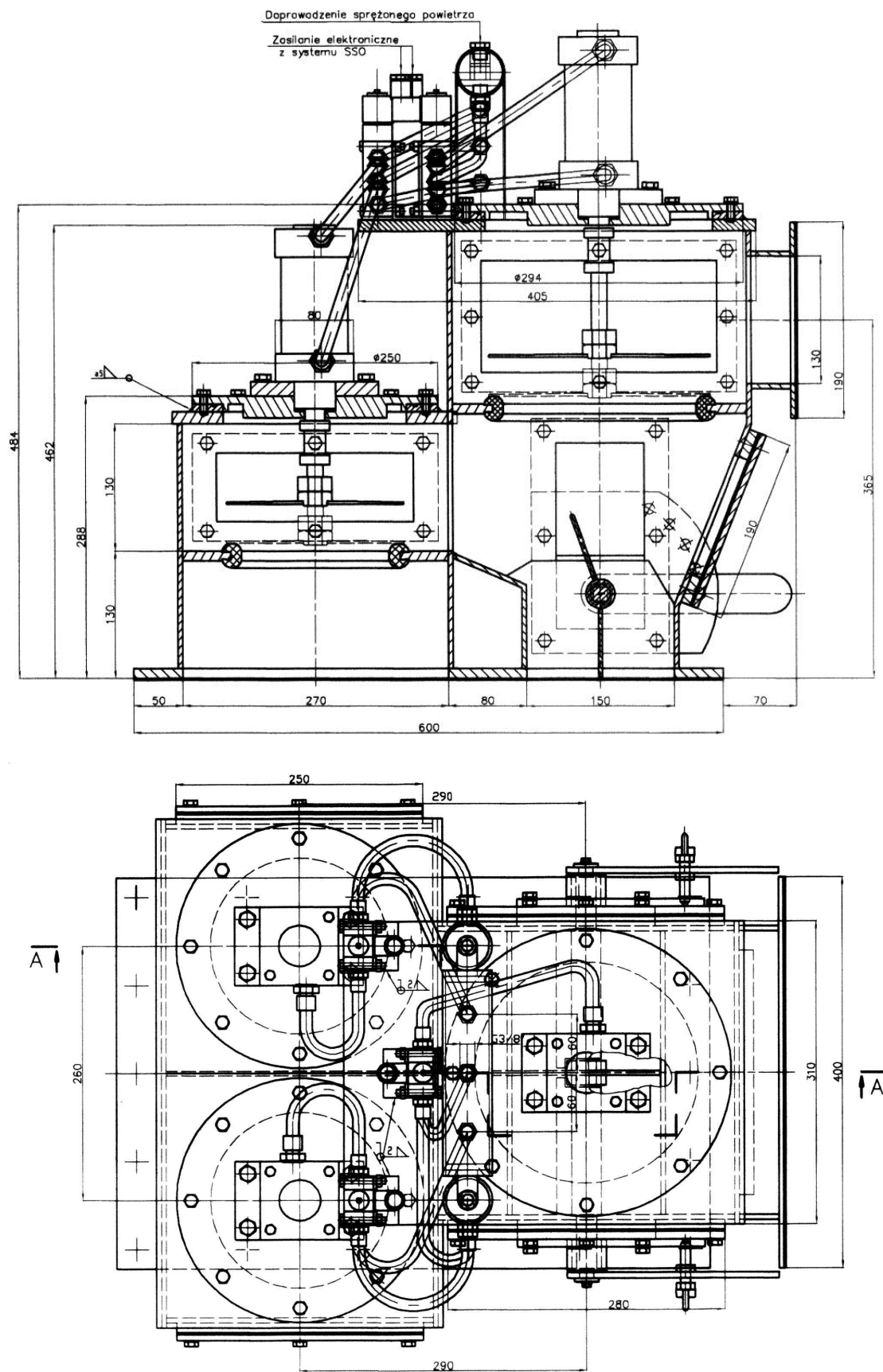


Rys.5. Zawór pulsacyjny obrotowy 3-fazowy

Wprowadzenie wielofazowego cyklu pulsacji w osadzarkach konstrukcji CMG KOMAG, wyposażonych w zespoły zaworów talerzowych sterowanych elektronicznie, odbywa się poprzez dokonanie nastaw czasów pracy zaworów wlotowych i wylotowych oddzielnie dla każdego przedziału osadzarki. Praktycznie nieograniczone możliwości kształtowania charakterystyki pulsacji pozwalają na różnicowanie przebiegu cyklu pulsacji w korycie roboczym, w zależności od obciążenia przedziałów i jakości wydzielanych z nich produktów. Na podkreślenie zasługuje łatwość dokonywania zmian parametrów pulsacji oraz możliwość ich przeprowadzania bez konieczności wyłączania maszyny z ruchu.



Rys.6. Przykłady zaworów talerzowych stosowanych w osadzarkach typu KOMAG



Rys.7. Zawór talerzowy z dwoma wlotami i jednym wylotem powietrza

Na rysunku 7 przedstawiono nowe rozwiązanie konstrukcyjne zaworu talerzowego, w którym układ trzech siłowników pneumatycznych, sterowanych elektronicznie, pozwala na wprowadzanie powietrza roboczego do osadzarki dwoma niezależnymi wlotami, a odprowadzanie jednym wylotem [18]. Aktualnie istnieje już rozwiązanie, zastosowane we wspomnianej wyżej osadzarce ze stali nierdzewnej, w którym zastosowano siłowniki sterowane hydrauliczne.

4. Przykłady zespołów automatycznej regulacji z przepustami produktów

Na rysunku 8 przedstawiono przykłady rozwiązań konstrukcji zespołu automatycznej regulacji odbioru produktu ciężkiego z tzw. przepustem produktów typu R, typu K i typu Z (dźwigniowym i prostoliniowym). To ostatnie rozwiązanie charakteryzuje się prostotą konstrukcji, w której nie ma żadnych łożysk ani dźwigni, jak w rozwiązaniach wcześniejszych. Rozwiązanie to posiada szczególną zaletę użytkową - jest łatwe do wymiany, a równocześnie trwałe w eksploatacji. Odprowadzanie produktu ciężkiego odbywa się stabilnie, na co ma wpływ kanał odprowadzający o odpowiedniej konstrukcji, przesunięty poza strefę czujnika pływakowego. Zastosowane rozwiązanie minimalizuje również straty frakcji palnych w produkcie ciężkim. Obecnie stosowane są układy udoskonalone, opierające się o przedstawione niżej rozwiązania.

5. Podsumowanie

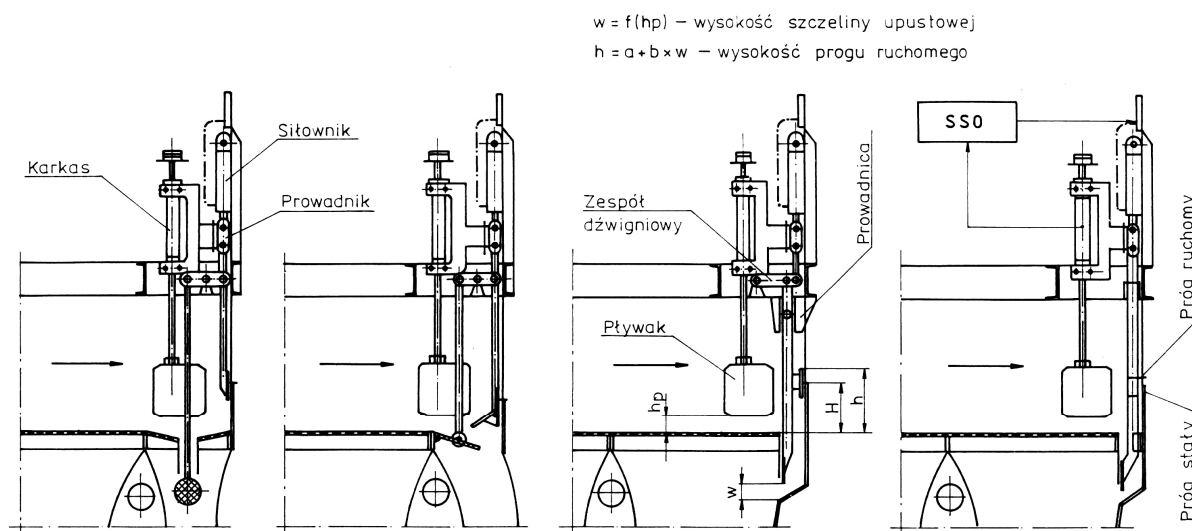
Współczesne, nowoczesne osadzarki konstruowane są jako maszyny jednostkowe, dostosowane do wymaganej wydajności i technologii oraz warunków

lokalizacyjnych, związanych z ograniczoną przestrzenią zabudowy, w konkretnym zakładzie przeróbczym. Każda osadzarka składa się z podstawowych zespołów, które podczas eksploatacji są badane i dostarczają informacji do dalszego doskonalenia maszyny. Znaczny postęp w rozwoju konstrukcji i technologii wzbogacania węgla w osadzarkach w Polsce, w okresie od 1960 do 2004 roku, jest efektem szeregu prac i wynika z wieloletniego doświadczenia CMG KOMAG w konstruowaniu i doborze technologicznym osadzarek do wzbogacania węgla surowego [2, 11].

Prowadzone od wielu lat prace w Zakładzie Systemów Przeróbczych CMG KOMAG, w dwóch grupach tematycznych - ds. konstrukcji maszyn przeróbczych i ds. technologii przeróbczych, oparte są na ścisłej współpracy z innymi jednostkami badawczo rozwojowymi, uczelniami, producentami maszyn i ich użytkownikami i pozwalają na powstawanie innowacyjnych rozwiązań, które znalazły zastosowanie w przeróbce węgla kamiennego, a ostatnio w przemyśle kruszyw. Zastosowanie odpowiednio dostosowanego systemu sterowania oraz nowej konstrukcji zaworu pulsacyjnego dało możliwość dowolnego kształtowania charakterystyki cyklu pulsacji wody dla wzbogacania węgla i procesu pozyskiwania żwiru i piasku i pozwoliło na powstanie nowej generacji nowoczesnych osadzarek typu KOMAG [19].

Literatura

1. Battaglia A.: Maszyny do przeróbki mechanicznej kopalni, cz. II – Urządzenia hydromechaniczne. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Łódź 1968.



Rys.8. Przykłady zespołów automatycznej regulacji odprowadzania produktów stosowanych w osadzarkach typu KOMAG do wzbogacania węgla
 od lewej: przepust produktów typu „R” (dla mialu), typu „K” (dla węgla grubszego), typu „Z” – dźwigniowy (dla mialu), typu „Z”- prostoliniowy (dla mialu)

2. Będkowski Z.: Aktualny poziom i perspektywy automatyzacji procesów przeróbki węgla metodą wzbogacania w wodnych osadzarkach pulsacyjnych. Automatyzacja Procesów Przeróbki Kopalin, X Konferencja, Politechnika Śląska, Szczyrk 2004.
3. Będkowski Z.: Aspekt ekonomiczny postępu technicznego w dziedzinie stosowanych urządzeń sterowania procesem wzbogacania węgla w osadzarkach węglowych typu KOMAG. Automatyzacja Procesów Przeróbki Kopalin, X Konferencja, Politechnika Śląska, Szczyrk 2004.
4. Blaschke S.: Przeróbka mechaniczna kopalin cz. 1. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1982.
5. Blaschke Z., Brożek M., Mokrzycki E., Ociepa Z., Tumidajski T.: Górnictwo cz. V, Zarys technologii procesów przeróbczych, skrypty uczelniane AGH nr 931, Kraków 1983.
6. Cierpisz S.: Komputerowe modele symulacyjne przebiegu procesów wzbogacania węgla. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Monografie, Gliwice 2003.
7. Dietrych J.: Osadzarki. Państwowe Wydawnictwa Techniczne, Katowice 1953.
8. Doros Z., Osoba M.: Zwiększenie efektywności wydzielania gruboziarnistych odpadów kamiennych z urobku węgla surowego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo Z. 231, Gliwice 1996.
9. Głowiak S.: O możliwości regulacji jakości produktów wzbogacania w wodnej osadzarce pulsacyjnej wzbogacającej węgiel. XII Międzynarodowy Kongres Przeróbki Węgla - materiały konferencyjne, Tom 4, Kraków 1994.
10. Głowiak S.: Wybrane zagadnienia sterowania procesem wzbogacania w nowoczesnych osadzarkach. Automatyzacja Procesów Przeróbki Mechanicznej Węgla – materiały konferencyjne, Min-Tech sp. z o.o., Szczyrk 1995.
11. Głowiak S., Jędo A., Śmiejek Z.: Polska wodna osadzarka pulsacyjna sterowana elektronicznie – 25 lat istnienia produktu w krajowych i zagranicznych instalacjach przeróbczych. KOMEKO 2004 – materiały konferencyjne, CMG KOMAG, Ustroń 2004.
12. Jędo A., Osoba M.: Osadzarki miałowe jako podstawowe maszyny efektywnego wzbogacania i odsiarczania węgla. Prace Naukowe GIG. Seria Konferencje Nr 12, Szczyrk 1996.
13. Jędo A., Osoba M.: Nowoczesne osadzarki i układy maszyn do wzbogacania węgla w modernizowanych płuczkach wodnych. Maszyny i urządzenia do przeróbki surowców mineralnych – materiały konferencyjne, CMG KOMAG, Szczyrk 1998 oraz Maszyny Górnicze Nr 73, 1998.
14. Jędo A., Osoba M.: Development of KOMAG – type Jig Designs for Coal Processing, Coal International, January/February 1999.
15. Jędo A.: Maszyny i urządzenia do wzbogacania węgla. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 8-9/248, Katowice 1990.
16. Klich P.: Osadzarkowe płuczki węgla. Biblioteczka Górnicza, Tomik 18, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1964.
17. Kowol D., Łagódka M., Lenartowicz M., Osoba M.: Możliwości zwiększenia skuteczności sterowania procesem wzbogacania w osadzarkach pulsacyjnych typu KOMAG. KOMEKO 2004 – materiały konferencyjne, CMG KOMAG, Ustroń 2004.
18. Kowol D., Jędo A., Osoba M., Łagódka M.: Badania efektywności wzbogacania miału węglowego o uziarnieniu 20(30)–0,5 mm w wodnych osadzarkach pulsacyjnych typu KOMAG. KOMEKO 2002 – materiały konferencyjne, CMG KOMAG, Szczyrk 2002.
19. Osoba M., Lutyński A.: Nowa generacja osadzarek pulsacyjnych typu KOMAG do pozyskiwania żwiru i piasku. KOMEKO 2004 – materiały konferencyjne, CMG KOMAG, Ustroń 2004 oraz Maszyny Górnicze 98/2004.
20. Osoba M., Jędo A.: Wpływ modernizacji osadzarek na uzyskiwane parametry jakościowe produktów wzbogacania. KOMEKO 2000 – materiały konferencyjne, CMG KOMAG, Szczyrk 2000.
21. Osoba M., Kolorz S., Ziomber S.: Modernizacja zakładów przeróbczych kopalń JSW S.A. na przykładzie zmian w rozwiązaniach węzłów technologicznych wzbogacania miału węglowego i klasyfikacji wstępnej w KWK Borynia i KWK Pniówek. KOMEKO 2002 – materiały konferencyjne, CMG KOMAG, Szczyrk 2002.
22. Prace własne CMG KOMAG. Gliwice 1994-2004, prace nie publikowane.

Artykuł wpłynął do redakcji w listopadzie 2005 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Aleksander Lutyński

Mgr inż. Marek JEDZINIAK
Dr inż. Ewa PIETRASIK
Mgr inż. Bożena RAKWIC
Mgr inż. Marcin STEINDOR
Dr inż. Tomasz ZACHARZ
Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG

Prace badawczo-rozwojowe Zakładu Systemów Ekologicznych CMG KOMAG na rzecz ochrony środowiska

Streszczenie

W artykule przedstawiono prace badawczo-rozwojowe Zakładu Systemów Ekologicznych CMG KOMAG na rzecz ochrony środowiska. Zakład Systemów Ekologicznych CMG KOMAG od wielu lat specjalizuje się m.in. w opracowywaniu i udoskonalaniu systemów wentylacji i odpylania ślepych wyrobisk korytarzowych drążonych kombajnami chodnikowymi w kopalniach surowców mineralnych. Dzięki tym rozwiązaniom obniża się zagrożenie wybuchem metanu i pyłu węglowego oraz zmniejsza się ryzyko zachorowania załóg na pylicę.

Summary

The paper presents R&D projects of the KOMAG Division of Ecological Systems as regards environmental protection. From many years the KOMAG Division of Ecological Systems specializes, among others, in a development and improvement of ventilation systems and systems for dust removal in blind drifts which are driven by roadheaders in minerals mines. Thanks to these solutions, the methane and coal dust explosion hazard as well as pneumoconiosis hazard are reduced.

1. Wprowadzenie

Zakład Systemów Ekologicznych CMG KOMAG od wielu lat działa w obszarze ochrony środowiska. Jest ukierunkowany na projektowanie oraz wdrażanie wyników prac badawczo-rozwojowych, nowych technologii i rozwiązań w zakresie ochrony środowiska oraz rozwiązań dostosowujących zakłady przemysłowe do coraz ostrzejszych wymagań środowiskowych. Uwzględniając potrzeby rynku realizowane są projekty instalacji odpylających, zabezpieczeń przeciwhałasowych, systemów segregacji i utylizacji odpadów, termicznej utylizacji osadów ściekowych i inne. W ramach konsultingu ekologicznego promowane są prace wspomagające realizację procedury oceny oddziaływania na środowisko w procesie inwestycyjnym, jak m.in. raporty o oddziaływaniu przedsięwzięć na środowisko, wnioski o wydanie pozwoleń zintegrowanych i sektorowych wraz z pomiarami środowiskowymi oraz prowadzone są uzgodnienia.

Rosnący zakres prac realizowanych dla organów administracji samorządowej w tym: programy ochrony środowiska, plany gospodarki odpadami czy programy edukacji ekologicznej przyczyniające się do poprawy jakości życia ludzi w szczególności na terenach objętych negatywnym oddziaływaniem obiektów przemysłowych i tras komunikacyjnych. Zakład Systemów Ekologicznych CMG KOMAG od wielu lat specjalizuje się również w opracowywaniu i udoskonalaniu syste-

mów wentylacji i odpylania ślepych wyrobisk korytarzowych drążonych kombajnami chodnikowymi w kopalniach surowców mineralnych. Opracowano i wdrożono w tym zakresie szereg urządzeń odpylających i lutni wirowych, które znacząco wpłynęły na poprawę warunków pracy ludzi.

2. Systemy wentylacji i odpylania

Systemy wentylacji i odpylania ślepych wyrobisk korytarzowych są jednym z priorytetowych kierunków badawczych prowadzonym w Zakładzie Systemów Ekologicznych CMG KOMAG. Bezpieczeństwo prac prowadzonych w przodkach korytarzowych wymaga zapewnienia odpowiednich warunków pracy i minimalizacji poziomu ryzyka. W trakcie eksploatacji w kopalniach występuje szereg zagrożeń i szkodliwych czynników oddziałujących na człowieka. Można do nich zaliczyć m.in. zagrożenie wybuchem mieszanin metanu oraz pyłu węglowego z powietrzem, zagrożenia gazami toksycznymi, zagrożenia pożarowe, klimatyczne (w szczególności w wyrobiskach na dużych głębokościach), zagrożenia działaniem pyłów szkodliwych. Wymienione powyżej zagrożenia mogą być eliminowane poprzez stosowanie systemu wentylacji oraz systemów odpylania z odpowiednimi dodatkowymi urządzeniami (np.: montowanie na kombajnach zraszania wodnego, wodno-powietrznego itp). Do eliminacji zagrożeń i poprawy warunków pracy w systemach chodnikowych

stosowana była tylko wentylacja ssąca lub tłocząca, która miała zapewnić odpowiednią ilość świeżego powietrza w wyrobisku korytarzowym.

Wraz z postępem techniki i pojawianiem się nowych urządzeń wspomagających przewietrzanie oraz odpylanie, (tj.: urządzenia typu Rotowent, GCP, IO) pojawił się system wentylacji kombinowanej (rys. 1), będący przedmiotem badań prowadzonych w CMG KOMAG.

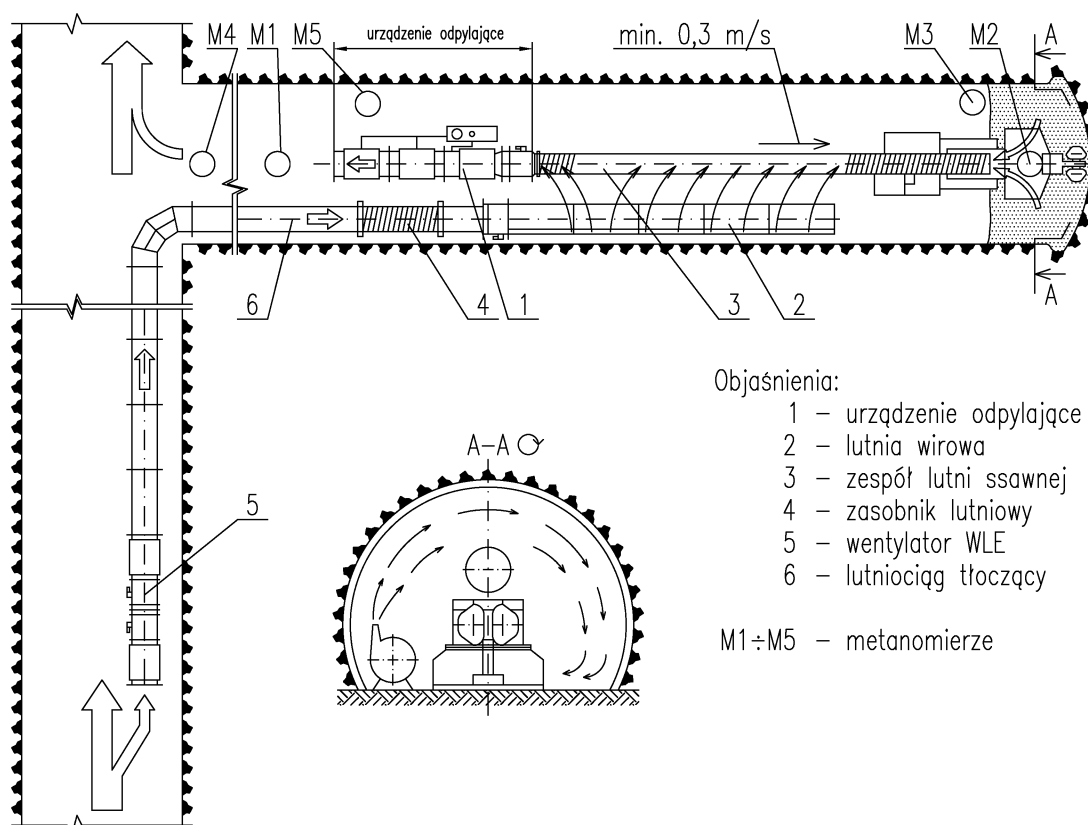
W każdym z wymienionych systemów przewietrzania i odpylania stosuje się urządzenia odpylające (1) jak i lutnie wirowe (2) pokazane na rysunku 1. Urządzenia tego typu zostały opracowane i przebadane w CMG KOMAG. Są to urządzenia odpylające typu IO, UO, DCU, LDCU oraz DRU (rys. 2, a, b, c, d), w których wykorzystuje się zasadę odpylania na mokro. Powyżej wymienione urządzenia wraz z urządzeniami do przewietrzania wyrobisk stanowią konfiguracje systemu przewietrzania i odpylania drażnionych wyrobisk korytarzowych. Urządzenia odpylające przeznaczone do eliminacji zagrożenia pyłowego powstającego podczas drażenia kombajnami chodnikowymi ślepych wyrobisk korytarzowych przewietrzanych wentylacją ssącą lub kombinowaną są przystosowane szczególnie do pracy w zakładach górniczych i charakteryzują się:

- możliwością pracy w pomieszczeniach „a” „b” i „c” zagrożenia wybuchem metanu,

- wysoką skutecznością odpylania (zarówno w zakresie frakcji całkowitej jak i respirabilnej),
- małymi gabarytami poprzecznymi,
- wysoką niezawodnością pracy w warunkach dużego zagrożenia pyłowego,
- stałym współczynnikiem oporu przepływu, w czasie ciągłej pracy urządzenia,
- niskociśnieniowym obiegiem wody, odpornym na zanieczyszczenia ciałami stałymi znajdującymi się w wodzie.

Zakresy wydajności tych urządzeń mieszczą się w przedziale od 150 m³/min aż do 800 m³/min, co odpowiada wymaganiom stawianym podczas drażenia chodników. Działanie urządzeń jest zróżnicowane w zależności od typu. I tak np.: urządzenie DCU posiada własny zespół napędowy, urządzenia UO posiadają dysze wirujące, dysze stałe a z kolei w urządzeniu DRU wyeliminowano dysze wirujące stosując wyłącznie dysze stałe, co podniosło jego trwałość oraz niezawodność działania.

Wentylacja kombinowana wymaga stosowania specjalnych lutni wirowych, na wylotach z lutniociągów tłoczących świeże powietrze do wyrobisk korytarzowych zaliczanych do drugiej, trzeciej i czwartej kategorii zagrożenia metanowego. Działanie lutni wirowych typu WIR, VV oraz VT opracowywanych w CMG KOMAG (rys. 3) polega na odpowiednim formowaniu strumienia



Rys.1. Schemat wentylacji kombinowanej

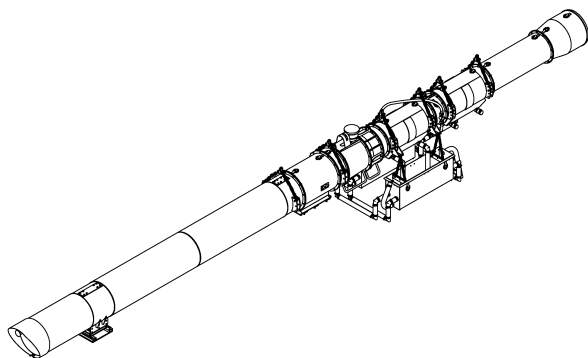
powietrza dostarczanego do wyrobiska tak, aby zapewnić przewietrzanie całego przekroju wyrobiska w strefie przodkowej i ograniczyć rozprzestrzenianie się pyłu ze strefy urabiania. 20% nadmiaru świeżego powietrza wypływającego z lutni wirowych oddziałuje odpowiednio na strefę zazębienia lutniociągów, wymuszając w niej wymaganą prędkość powietrza przeciwdziałającego zametanowaniu tej strefy lub wystąpieniu zjawiska recyrkulacji powietrza w strefie przodkowej. Stosowanie lutni wirowych pozwala na 10-krotne obniżenie stężenia przystropowych nagromadzeń metanu.

Omawiając systemy odpylania i przewietrzania wyrobisk korytarzowych należy również wspomnieć, o prowadzonych pracach nad nowym wentylatorem lutniowy WLE/M-1200B/1, który charakteryzować się będzie wydajnością nominalną $13,5 \text{ m}^3/\text{s}$ i spiętrzeniem 4400 Pa. Osiągnięcie wysokich wartości spiętrzenia

i wydajności będzie możliwe dzięki wykorzystaniu zjawiska merydionalnego przyspieszenia strumienia powietrza, które dotychczas nie było stosowane w wentylatorach lutniowych. Zastosowanie nowego rozwiązania wentylatora o tak wysokich parametrach pracy pozwoli zwiększyć efektywność przewietrzania długich wyrobisk korytarzowych (do 3000 m) w górnictwie podziemnym.

Osiągnięcie tych parametrów użytkowych, przy zastosowaniu konstrukcji jednostopniowej sprawi, że urządzenie będzie cechować się wysokim poziomem niezawodności, trwałości i bezpieczeństwa eksploatacji. Oprócz wyższych (w stosunku do urządzeń aktualnie obecnych na rynku) parametrów spiętrzenia i wydajności wentylator, dzięki niższej prędkości obrotowej, będzie się również odznaczał niższym poziomem hałasu.

a)



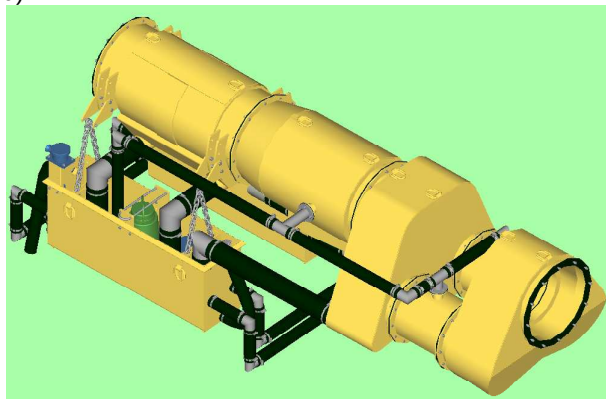
b)



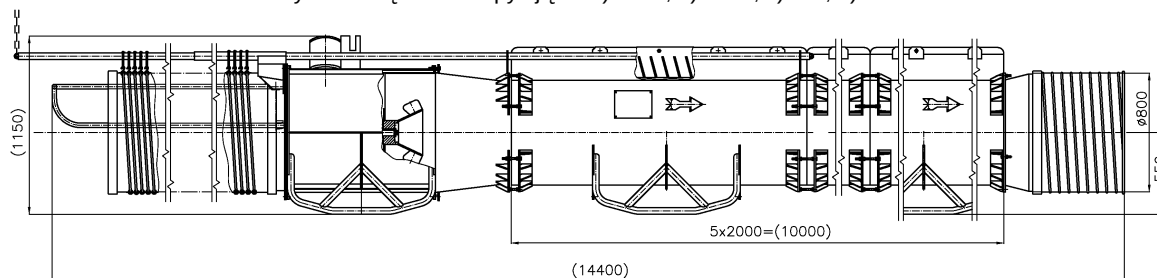
c)



d)



Rys.2. Urządzenia odpylające: a) DCU, b) DRU, c) UO, d) LDCU



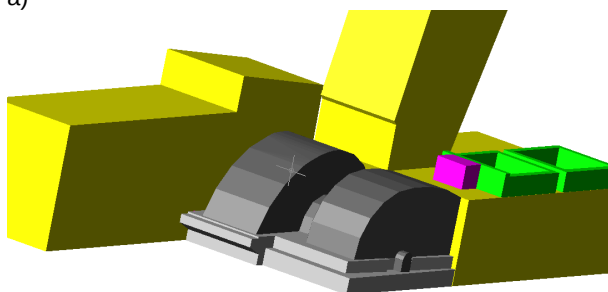
Rys.3. Przykładowy rysunek lutni wirowej

3. Systemy redukcji hałasu

Kolejnym obszarem badawczym rozwijanym w CMG KOMAG są systemy redukcji hałasu, takie jak: ekrany i osłony dźwiękochłonne. Prace realizowane w tym zakresie, jak np. programy działań ograniczających emisję hałasu, koncepcje techniczne są skierowane szczególnie do takich obiektów, jak zakłady górnicze, ciepłownie i elektrociepłownie, które z uwagi na niekorzystną lokalizację w otoczeniu terenów mieszkaniowych stanowią znaczną uciążliwość dla jakości życia mieszkańców.

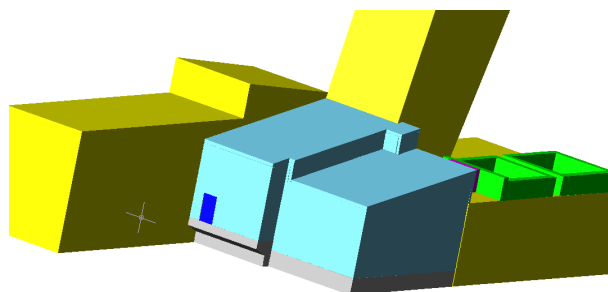
W ramach prowadzonych prac zaproponowano rozwiązanie ograniczenia hałasu emitowanego przez m.in. budynki zakładów przeróbki mechanicznej węgla, szyby wydechowe wraz ze stacjami wentylatorów i dyfuzorami, wentylatory ciągu i podmuchu w ciepłowniach i elektrociepłowniach - rysunek 4.

a)

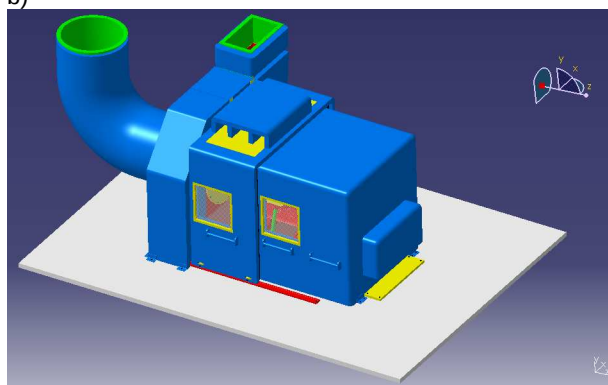


nośności ustroju, konstrukcji właściwej ze względu na właściwości pochłaniania fali akustycznej oraz wykonania analizy kolizyjności ze względu na zlokalizowane w obszarze stosowanych zabezpieczeń – urządzenia pomocnicze. W każdym z tych aspektów sprawdzają się systemy komputerowego wspomagania projektowania CAD, który umożliwia tworzenie każdego z elementów osobno, a następnie za pomocą odpowiednich narzędzi składanie w całość. Powstające złożenie w 3D umożliwia w prosty sposób dokonanie wizualizacji urządzenia i symulacji jego działania. Taki sposób projektowania pozwala na znaczne skrócenie czasu zarówno, na etapie projektowania i konstruowania oraz na ograniczenie do minimum generowanych błędów.

Skuteczność zaproponowanych rozwiązań, w tym dotrzymanie norm hałasu w środowisku przez wytłumiony obiekt przemysłowy, oceniana jest za pomocą pomiarów kontrolnych.



b)



Rys.4. Systemy redukcji hałasu: a) wytłumienie stacji wentylatorów głównych przy szybie wydechowym, b) system tłumienia wentylatora podmuchu

Dobór odpowiedniej metody ograniczania hałasu, zapewniającej dotrzymanie środowiskowych norm hałasu, dokonywany jest na podstawie szczegółowej inwentaryzacji źródeł hałasu popartej pomiarami akustycznymi wykonywanymi przez Laboratorium Badań Stosowanych CMG KOMAG. Wymagane parametry akustyczne projektowanych zabezpieczeń przeciwhałasowych, w tym skuteczność wytłumienia, wyznaczane są za pomocą metod modelowania propagacji hałasu w środowisku.

Projektowanie zabezpieczeń przeciwhałasowych wymaga rozwiązania całego szeregu zagadnień inżynierskich związanych z zapewnieniem odpowiedniej

4. Oceny oddziaływania obiektów na środowisko

Opracowywane w CMG KOMAG ekspertyzy dotyczące oceny oddziaływania obiektów na środowisko łączą problematykę różnych dziedzin ochrony środowiska, jak ochrona przed hałasem, ochrona powietrza atmosferycznego, ochrona wód i gospodarka odpadami. Ocena zagrożeń dla ludzi i środowiska wynikających z funkcjonowania obiektów przeprowadzana jest na podstawie analiz charakteru i zasięgu oddziaływania, popartych pomiarami środowiskowymi (w przypadku obiektów istniejących) oraz badaniami modelowymi wykonywanymi przy wykorzystaniu nowoczes-

nych narzędzi informatycznych (w przypadku obiektów modernizowanych i nowobudowanych).

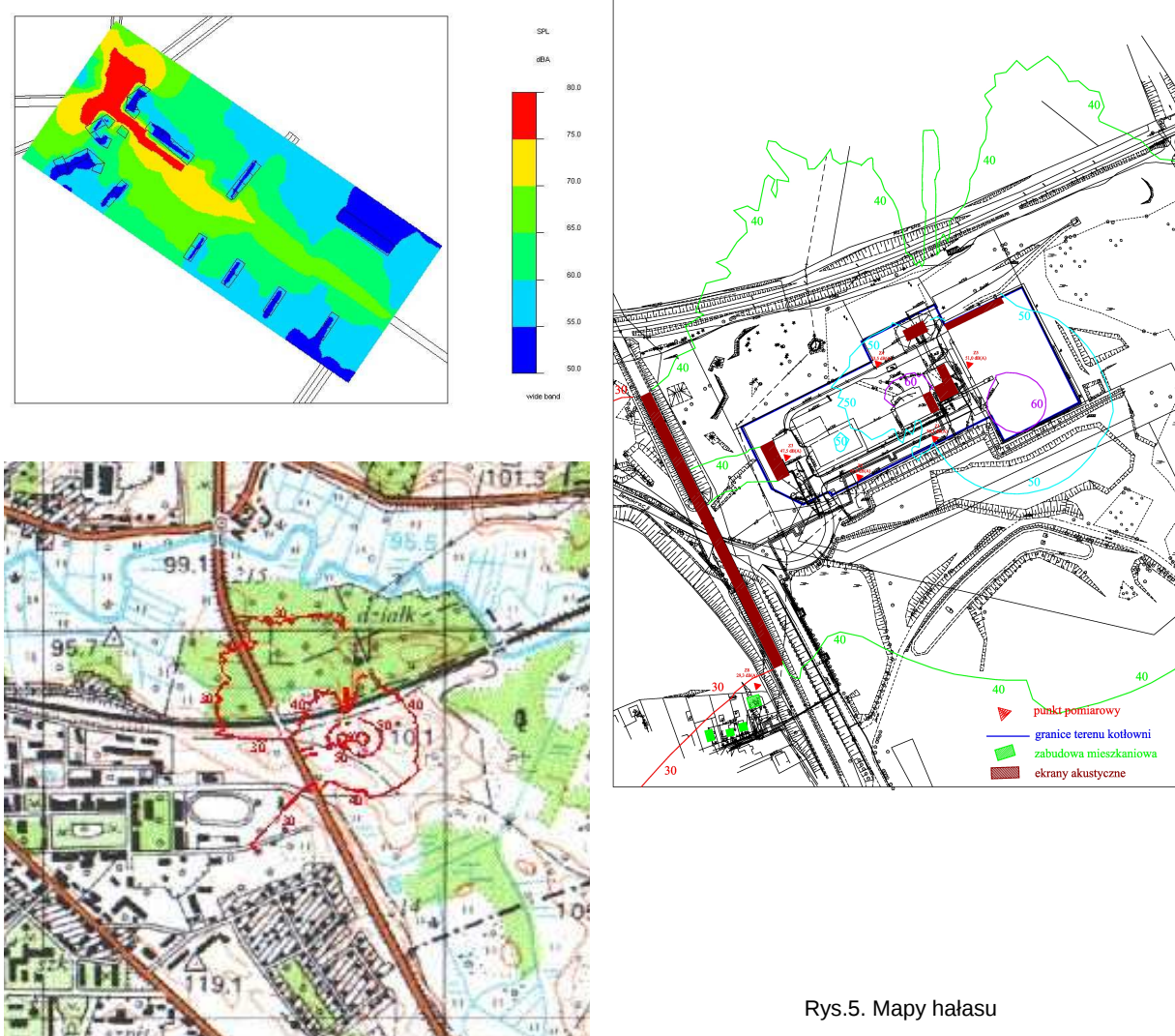
Wynikiem takiego całościowego i kompleksowego podejścia do wyżej wymienionych zagadnień są m.in. wydane przez organy administracji samorządowej uzgodnienia warunków zabudowy i zagospodarowania terenu oraz pozwolenia na budowę dla przedsięwzięć inwestycyjnych, pozwolenia zintegrowane i sektorowe oraz uchwalone programy ochrony środowiska wraz z planami gospodarki odpadami.

4.1. Analizy akustyczne

Dobór odpowiedniej metody ograniczania hałasu przemysłowego czy drogowego wymaga przeprowadzenia symulacji, celem porównania skuteczności projektowanych rozwiązań technicznych. Wariantowe obliczenia propagacji hałasu, w ramach wykonywanych w CMG KOMAG analiz akustycznych dla obiektów przemysłowych, są przeprowadzane przy wykorzystaniu specjalistycznego oprogramowania komputerowego HPZ_ITB opracowanego przez Instytut Techniki Budowlanej. W przypadku hałasu drogowego zastosowanie

znajduje program H_DROG, opracowany przez Instytut Ochrony Środowiska. Programy te, wykorzystując metody geometryczne, pozwalają na wyznaczenie i zobrazowanie na mapach za pomocą izofon (linii jednakowego poziomu hałasu) zasięgu hałasu z obiektu znajdującego się w otoczeniu innych obiektów pełniących rolę ekranów akustycznych, pasów zieleni czy powierzchni odbijających. Zadowalającą wielkość otrzymywanego błędu obliczeń (do 3 dB) w stosunku do stanu z pomiarów potwierdzają wyniki prac prowadzonych m.in. na potrzeby kopalń i zakładów ciepłowniczych.

Zaawansowanym programem komputerowym, który znalazł zastosowanie w CMG KOMAG w pracach dotyczących propagacji hałasu jest RAYNOISE, bazujący na zasadach optyki geometrycznej. Wyniki otrzymane z obliczeń przedstawiane są w postaci map pola akustycznego dla dowolnej płaszczyzny (pionowej czy poziomej) siatki obliczeniowej oraz echogramu dla wybranego punktu obliczeniowego obrazującego drogę promienia dźwięku od źródła do odbiornika z uwzględnieniem odbić.



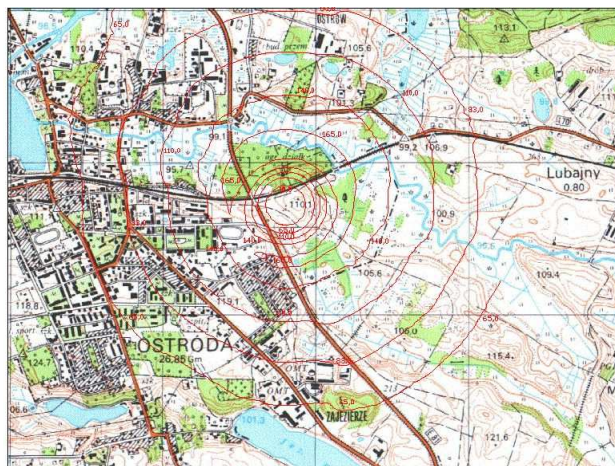
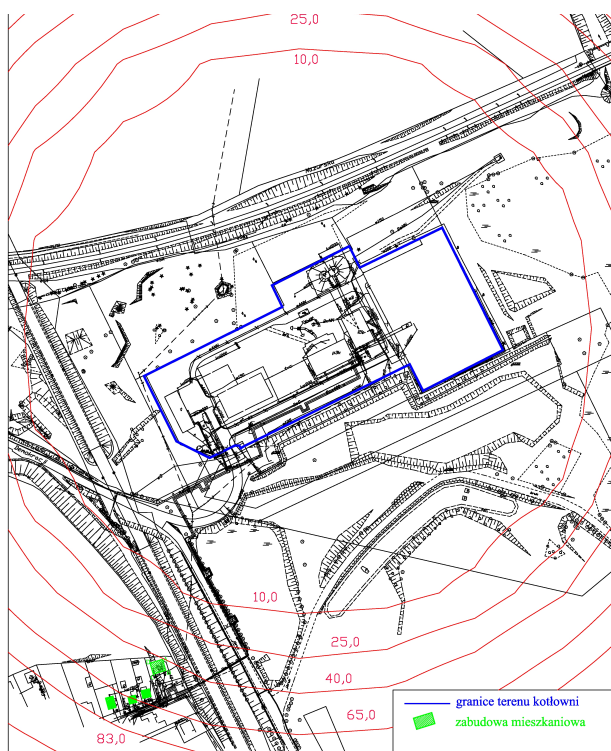
Rys.5. Mapy hałasu

Mapy dostarczają informacji o polu akustycznym dla badanego obiektu, a echogram ogranicza się do pojedynczych, izolowanych punktów, tworząc możliwość prowadzenia w nich szczegółowych analiz.

4.2. Analizy jakości powietrza

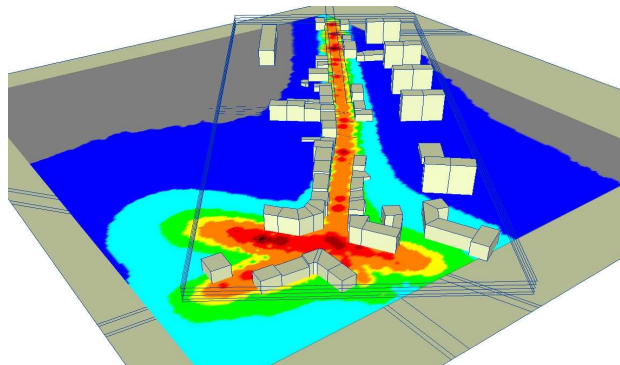
Emisja gazów i pyłów towarzysząca eksploatacji instalacji przemysłowych oraz tras komunikacyjnych wymaga wyznaczenia jej zasięgu. W prowadzonych w CMG KOMAG analizach oddziaływania emisji zanieczyszczeń z obiektów przemysłowych na jakość powietrza wykorzystywane jest specjalistyczne oprogramowanie EK100W v.4.3. bazujące na referencyjnej metodyce modelowania poziomów substancji w powietrzu określonej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 5 grudnia 2002 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz.U. z 2003 r. Nr 1, poz. 12). Narzędzie to pozwala na wyznaczenie zasięgów oddziaływania, interpretowanych graficznie za pomocą linii jednakowego poziomu zanieczyszczenia, zarówno pojedynczych jak i zespołów źródeł emisji o charakterze punktowym, liniowym i powierzchniowym.

Wyniki obliczeń znajdują wykorzystanie do oceny emisji z istniejących obiektów oraz określenia zmiany emisji w przypadku modernizacji czy budowy obiektu. Ponadto umożliwiają odpowiedni dobór (zaprojektowanie) parametrów emitora i gazów odlotowych w celu zapewnienia dotrzymania standardów jakości powietrza.



Rys.6. Rozkład poziomów dwutlenku siarki w powietrzu w otoczeniu obiektu przemysłowego

Charakter źródła, jakim jest ruch uliczny wymaga zastosowania do wyznaczenia zasięgu emisji modelu obliczeniowego, uwzględniającego turbulencję mechaniczną wywołaną ruchem pojazdów i termiczną, związaną z energią cieplną wprowadzaną do powietrza wraz z gazami spalinowymi. W realizowanym w CMG KOMAG projekcie badawczym pt.: „Ocena ryzyka środowiskowego związanego z emisją pyłu i kancerogennych węglowodorów aromatycznych oraz hałasu z transportu samochodowego” zastosowano program CALINE, opracowany przez Kalifornijski Departament Transportu. Wyniki uzyskane przy wykorzystaniu tego typu programu pozwalają już na etapie projektowania trasy komunikacyjnej na ocenę jej przebiegu, z uwagi na dotrzymanie standardów jakości powietrza, w szczególności na terenach objętych ochroną prawną, jak parki narodowe, obszary ochrony uzdrowiskowej itd.



Rys.7. Rozkład poziomy pyłu zawieszonego PM10 w otoczeniu trasy komunikacyjnej

5. Współspalanie odpadów w instalacjach przemysłowych

Analizując jakość powietrza w aspekcie procesów spalania i związaną z nimi emisję, prowadzone są w CMG KOMAG prace z zakresu procesów współspalania. Są to procesy, które w dobie szybkiego rozwoju społeczeństwa mogą być pomocne w redukcji

wzrastającej ilości odpadów. Termiczne metody unieszkodliwiania odpadów zajmują znaczące miejsce w gospodarce odpadami w wielu europejskich krajach. Wymagania procesowe i ekologiczne odnośnie prowadzenia procesu termicznej utylizacji odpadów ujęto w dyrektywie 2000/76/UE.

W Polsce budowa instalacji termicznego przekształcania odpadów jest inwestycją wymagającą wysokich nakładów finansowych oraz wynegocjowania akceptacji społecznej dla tego typu przedsięwzięcia. Stąd zastosowanie metody współspalania odpadów w istniejących instalacjach zakładów przemysłowych wydaje być się słuszną drogą postępowania. Spośród odpadów szczególną uwagę zwrócono na osady ściekowe a także na zużyte opony samochodowe, jako na odpady, które mogą być poddane procesowi termicznej utylizacji.

Obecnie coraz większym zainteresowaniem cieszy się współspalanie odpadów w paleniskach przemysłowych: elektrowni i elektrociepłowni, przemysłów, w których występują procesy wysokotemperaturowe. Związane jest to z wysokimi kosztami wybudowania spalarni odpadów oraz brakiem społecznej akceptacji dla tego typu inwestycji.

Aglomeracja śląska pod względem możliwości wdrożenia metody współspalania odpadów w instalacjach przemysłowych posiada specyficzne uwarunkowania polegające na rozmieszczeniu na jej terenie kilkunastu zakładów energetycznych spalających węgiel kamienny. Za zastosowaniem kotłów energetycznych jako instalacji współspalania odpadów przemawiają względy techniczne – wykorzystanie istniejącej infrastruktury obiektów energetyki zawodowej, jak też uwarunkowania prawne, gdyż kotły energetyczne są instalacjami, które mogłyby potencjalnie najprędzej, co nie znaczy, że bezpośrednio spełniać aktualne przepisy dotyczące standardów emisyjnych i zachowania określonych warunków procesowych. Szansę na dotrzymanie standardów emisyjnych mają przede wszystkim dwa typy instalacji: małe kotły o mocy poniżej 50 MW lub duże nowoczesne kotły pyłowe i fluidalne energetyki zawodowej dysponujące wydajnymi systemami odpylania, odsiarczania i odazotowania spalin.

Dla pierwszego rodzaju instalacji standardy emisyjne niewiele różnią się od aktualnie obowiązujących standardów dla spalania węgla, zaś w tym drugim

przypadku kotły wyposażone są w skuteczne systemy odpylania i odsiarczania spalin, a systemy odazotowania musiałyby zostać na nich zainstalowane w nie-dalekiej przyszłości.

Proces współspalania prowadzony w tego typu instalacjach wymaga odpowiedniego przygotowania mieszanki zawierającej paliwo podstawowe i rozdrobnione odpady. W przypadku opon samochodowych ich wysoka wartość opałowa, mała zawartość popiołu i wilgoci powinny wyrównać ilość energii zużytej (poniesione koszty) na przetworzenie opon. Dodatkową cenną cechą odpadów gumowych są stwierdzone podczas spalania ich własności redukcyjne. W przypadku osadów ściekowych nadrzędną rolą proponowanej metody utylizacji będzie zmniejszenie uciążliwości odpadów dla środowiska naturalnego poprzez redukcję powierzchni, na których są one składowane.

Zarówno w przypadku osadów ściekowych, jak i odpadów gumowych metoda termicznej utylizacji wymusza konieczność badania właściwości palnych i technologicznych tych produktów, jak również opracowania taniego i nie skomplikowanego procesu przygotowania odpadów, jak i technologii ich podawania do kotła.

6. Podsumowanie

W CMG KOMAG prowadzone są, od szeregu lat, prace badawcze, które zaowocują powstawaniem odpowiednich systemów przewietrzania i odpylania drążonych ślepych wyrobisk korytarzowych. Systemowe rozwiązania przewietrzania i odpylania wyrobisk korytarzowych drążonych kombajnami chodnikowymi radykalnie obniżają zagrożenia wybuchem metanu i pyłu węglowego oraz skutecznie obniżają ryzyko zachorowania załóg górniczych na pylicę.

Zakład Systemów Ekologicznych CMG KOMAG aktywnie uczestniczy na rynku ochrony środowiska. Realizowanie prac badawczo-rozwojowych z wyżej wymienionego zakresu i powstawanie rozwiązań technologicznych przyczyniają się do poprawy jakości życia ludzi, w szczególności na terenach objętych negatywnym oddziaływaniem obiektów przemysłowych.

Artykuł wpłynął do redakcji w listopadzie 2005 r.

Systemy zarządzania jakością w CMG KOMAG Rola auditów wewnętrznych

Streszczenie

W latach dziewięćdziesiątych w wielu polskich organizacjach zdano sobie sprawę, że nie ilość, ale jakość usług decyduje o sukcesie. Uświadomiono sobie także, że przewagę na rynku zdobywa ten kto słucha klienta, zna jego potrzeby i życzenia, potrafi szybko reagować spełniając a nawet przewyższając jego oczekiwania. To spowodowało, że na funkcjonujące już wtedy normy jakościowe kierownictwo CMG KOMAG spojrzało inaczej widząc w nich nie tylko szansę nowoczesnego zarządzania, ale i wzrostu zaufania klientów do prac realizowanych przez jednostkę. Warto jednak pamiętać, że z chwilą wdrożenia systemu jakości problemem staje się ich utrzymywanie i rozwój, co pociąga za sobą konieczność ciągłego doskonalenia wiedzy i kwalifikacji osób zaangażowanych w doskonalenie systemów zarządzania również auditorów, od których wymaga się obecnie szerszej wiedzy na temat procesów, powiązań, celów i mierników ich efektywności.

Summary

In 1990s many Polish organizations realized that not quantity but the quality of service decides about the success. It has also been realized that those who listen to the customers, know their needs and requirements, can immediately meet and even exceed customers' expectations, become more important on the market. It caused that the managers of the KOMAG Mining Mechanization Centre found the already existing quality standards to be not only a chance for state-of-the-art management but also for increase of customers trust as regards the work realized by the KOMAG Centre. The maintenance and development of the quality system become a problem at the moment of its implementation, what results in a necessity of constant improvement of knowledge and qualifications of people involved in an improvement of management systems as well as of auditors, which should have better knowledge about the processes, connections, objectives and measures of their effectiveness.

1. Wprowadzenie – systemy zarządzania jakością w CMG KOMAG

Obserwując nowoczesne organizacje europejskie w CMG KOMAG stwierdzono, że „jakość rozumiana jako to co można ciągle poprawiać” jest ważnym instrumentem zarządzania i odnosi się do wszystkich obszarów jednostki, a ponadto identyfikowana jest z usługą, poziomem pracy, kompetencjami osób realizujących zadania oraz szeroko pojętą obsługą klienta. Aby potwierdzić kompetencje, niezależność i bezstronność na rynku już w 1995 roku Laboratorium Badań CMG KOMAG wdrożyło system jakości zgodny z PN-EN 45001:1993, a Polskie Centrum Badań i Certyfikacji udzieliło Laboratorium akredytacji na określony zakres badań obudów, elementów hydrauliki oraz badań materiałowych [1].

W tym samym roku Zakład Badań Atestacyjnych CMG KOMAG jako pierwszy w branży górniczej uzyskał uprawnienia jednostki certyfikującej wyroby na bazie normy PN-EN 45011:1993. Certyfikat ten uprawniał do przyznawania dobrowolnych certyfikatów na zgodność z normą lub innymi dokumentami normatywnymi, jak również na znak bezpieczeństwa dla maszyn i urządzeń górniczych [2]. Dokument ten stanowił również podstawę późniejszej autoryzacji Zakładu przez Ministerstwo Gospodarki i Pracy, a w konsekwencji notyfikacji przez Komisję Europejską.

Uzyskanie obu certyfikatów zmotywowało CMG KOMAG do kompleksowego podejścia do zagadnienia

jakości, w wyniku czego podjęto decyzję o wprowadzeniu w całej organizacji nowoczesnych metod zarządzania, które umożliwią stworzenie innowacyjnej i elastycznej jednostki.

W roku 1998 rozpoczęto prace nad systemem zapewnienia jakości na bazie wymagań normy PN-ISO 9001:1996. Budowany system miał wspomóc działania restrukturyzacyjne i służyć uporządkowaniu wszystkich obszarów, a tym samym prowadzić do wzrostu efektywności działania i konkurencyjności.

Wdrożenie systemu w całej jednostce wymagało od wszystkich wysiłku, przełamania oporów oraz walki ze stereotypami. Sama praca nad systemem jakości wymagała dokonywania wnikliwych analiz pod kątem zgodności z normą oraz efektywności zarządzania w określonych obszarach.

Droga do certyfikatu nie była łatwa, ale efektem końcowym był dokument wydany w 1999 roku przez niezależną jednostkę oceniającą – Polskie Centrum Badań i Certyfikacji oraz europejską organizację IQnet.

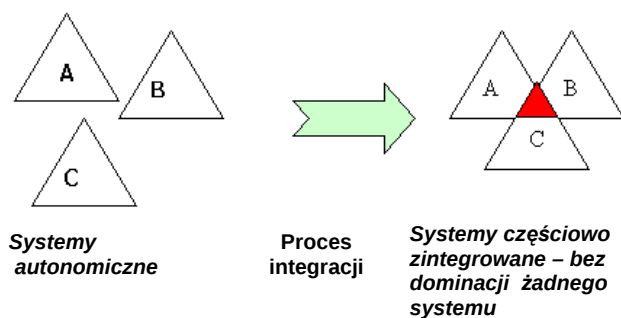
Okres prac nad trzema systemami jakości uświadomił wszystkim pracownikom, że należy ukierunkować się na przyszłość, co wymaga stałego kreatywnego myślenia, dużej wyobraźni, intuicji i chęci ciągłych zmian. Jednocześnie Kierownictwo CMG KOMAG stwierdziło, że zdobycie certyfikatu było niewątpliwie osiągnięciem lecz stanowiło ono tylko jeden z etapów rozwoju naszej jednostki, a równie ważnym elementem są ciągle zmiany i modyfikacje systemu.

Nowelizacja serii norm ISO 9000 przeprowadzona w 2000 roku spowodowała zwrot w działaniach doskonalących w CMG KOMAG. W nowej normie zrezygnowano bowiem ze sztywnego podziału na trzy modele SZJ oraz wprowadzono zalecenie procesowego podejścia. W tej sytuacji w CMG KOMAG dokonano całkowitej przebudowy systemu, by z chwilą ponownej oceny przez jednostkę niezależną spełniał on wymagania najnowszej normy. Podobnie stało się z systemem jakości w Laboratorium Badań, który w 2001 roku musiał zostać dostosowany do wymagań nowej normy PN-EN ISO/IEC 17025:2001, zbudowanej nieco odmiennie w stosunku do poprzedniej.

W 2001 roku w CMG KOMAG główne kierunki prac nad doskonaleniem systemów jakości związane były z szerokim obszarem działalności marketingowej, ze szczególnym uwzględnieniem zarówno obecnych, jak i przyszłych oczekiwań Klienta – efektem tych działań było wprowadzenie stałych badań opinii Klientów na temat jakości usług świadczonych przez jednostkę, a w szczególności zbadanie poziomu ich zadowolenia – badania te pozwoliły w następnych latach zreorganizować system informacji marketingowej oraz dostosowywać na bieżąco formy kontaktu z klientem, w zależności od jego potrzeb.

W kolejnych latach stopniowo rozszerzono zakres certyfikacji CMG KOMAG o badania i prace o charakterze eksperckim oraz wprowadzono wskaźnikowe oceny wybranych procesów. Zmieniono również strukturę dokumentacji systemu jakości w jednostce certyfikującej wyroby dostosowując ją do wymagań Ustawy o ocenie zgodności.

Warto podkreślić, że podejmowane działania związane z ciągłym doskonaleniem jakości są nieodłącznym elementem systemu zarządzania jednostką, a system ciągle ewoluuje i dostosowuje się do funkcjonującej rzeczywistości.



Rys.1. Proces integracji systemów jakości w CMG KOMAG

A – system zarządzania jakością według PN-EN ISO 9001,
B – system zarządzania jakością według PN-EN ISO/IEC 17025,
C – system zarządzania jakością według PN-EN 45011

Wynikiem działań doskonalących była częściowa integracja trzech systemów funkcjonujących w jednostce. Pozwoliło to na współdziałanie różnych elementów i synergii wspomaganą czynnikami organizacyjnymi i ludzkimi (rys. 1 według [4]).

Wprowadzenie częściowej integracji miało przede wszystkim na celu:

- wzrost współpracy osób bezpośrednio zaangażowanych w sprawy jakości,
- wymianę doświadczeń i wzajemne uczenie się na błędach,
- zastosowanie jednakowych zasad wdrażania i monitorowania.

Pierwszym efektem tego procesu było zmniejszenie liczby procedur i instrukcji systemowych oraz operacyjnych w systemie jakości laboratorium i jednostki certyfikującej wyroby. Kolejną korzyścią było:

- opracowanie wspólnej Polityki Jakości i wytyczanie celów jakościowych dla całej jednostki,
- wprowadzenie wspólnych auditów wewnętrznych i przeglądów zarządzania,
- realizacja wspólnych działań korygujących i zapobiegawczych,
- planowanie szkoleń z uwzględnieniem potrzeb wszystkich systemów.

Podjęte działania niewątpliwie wpłynęły na: oszczędność czasu kierownictwa i osób odpowiedzialnych za systemy jakości, optymalizację nakładów finansowych i wysiłków organizacyjnych.

Przejęcie procedur ogólnych przez systemy laboratorium i jednostki certyfikującej spowodowało, w przypadku systemu CMG KOMAG rezygnację z papierowej wersji dokumentacji na rzecz wersji elektronicznej. Dokumentacja systemowa została umieszczona w wewnętrznej sieci intranetowej i udostępniona wszystkim pracownikom jednostki, podobnie jak wszystkie stosowane druki i formularze.

2. Doświadczenia z wdrażania systemów jakości w CMG KOMAG

Na wstępie warto podkreślić, że wdrożenie systemu jakości w organizacji jest prawie zawsze ogromnym przedsięwzięciem i nową wartością zarówno dla kadry kierowniczej, jak i pracowników, a bez wsparcia ze strony dyrekcji działania te skazane są na ciągłe bariery oraz problemy.

W CMG KOMAG zespół osób odpowiedzialnych za budowę systemu zarządzania jakością spotkał się ze strony kierownictwa z ogromnym poparciem i stałą mo-

tywacją do działania. Osobiste zaangażowanie Dyrekcji w formułowanie i komunikowanie celów jakościowych oraz stałe propagowanie idei jakości było skutecznym czynnikiem motywującym pracowników.

W CMG KOMAG doceniono również istniejące programy jakościowe oraz szkolenia zewnętrzne stąd przyjęto zasadę, że system jakości zostanie opracowany i wdrożony samodzielnie. Zrezygnowano z ofert zewnętrznych konsultantów, a zainwestowano w profesjonalne szkolenia własnych pracowników, co pozwoliło uaktywnić ogół kadry i pracowników, którzy poprzez tworzenie i wdrażanie systemu samodzielnie nabywali dodatkowego doświadczenia.

W ciągu pięciu lat ponad dwudziestu pracowników jednostki odbyło szczegółowe zewnętrzne szkolenia z zakresu jakości, a piętnastu uzyskało uprawnienia auditorów takich jednostek, jak: PCPB (Polskie Centrum Badań i Certyfikacji), BSI (British Standards Institution), AFNOR, DQS (Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Qualität...), Zetom Katowice lub TÜV Rheinland czy TÜV Nord Polska.

Znaczącą rolę w strategii zarządzania CMG KOMAG odgrywa system szkoleń powiązany z indywidualnym rozwojem pracownika, gdzie obok szkoleń merytorycznych obejmuje zagadnienia: zarządzania, jakości, planowania negocjacji i inne dlatego też, aby umożliwić zrozumienie filozofii jakości i celów procesu wdrażania systemu w latach 1998-2001 przeprowadzono szereg szkoleń dla personelu wszystkich szczebli, poświęcone jakości i normom ISO 9000, natomiast od 2003 roku w CMG KOMAG funkcjonuje program szkoleń dla wszystkich nowo przyjętych pracowników.

Trzeba zaznaczyć, że jednocześnie wraz z wdrażaniem systemu jakości w CMG KOMAG realizowane były również inne działania, które wzajemnie uzupełniały i wspomagały działania reorganizacyjne jednostki.

Należy do nich zaliczyć:

- ocenę ekonomiczną efektywności realizowanych zadań, wraz z programem poprawy efektywności,
- wprowadzenie nowego systemu motywacyjnego,
- stworzenie systemu gromadzenia, analizy i wykorzystywania informacji z zakresu postępu realizacji zadań,
- ocenę przygotowania zawodowego kadry kierowniczej i załogi,
- analizę zasobów, w tym wyposażenia badawczego i pomiarowego.

Podobnie jak każda organizacja wdrażająca systemy jakości tak i CMG KOMAG nie uniknęło problemów powstających przy dokumentowaniu i ich wdrażaniu systemów jakości. Szczególnie w początkowych etapach nie posiadano wprawy i umiejętności dokumentowania działań, często ulegano tzw. „wzorom” i starym

przyzwyczajeniom oraz koncentrowano się na szczegółach, a nie na celu i sposobie dojścia do niego.

Podobnie jak w innych organizacjach nie obyło się bez oporu i sceptycyzmu pracowników.

W przypadku normy ISO 9000 jednym z większych problemów było dostosowanie ogólnych wymagań zawartych w normie do zakresu działalności CMG KOMAG. Aktualna norma podobnie jak jej wcześniejsze wydania zawiera wprawdzie wymagania uniwersalne jednak nie można pozbyć się wrażenia, że jest bardziej ukierunkowana na zakłady produkcyjne, stąd też pojawiły się problemy z jednoznaczną interpretacją niektórych zapisów normy dotyczących przykładowo: projektowania i rozwoju lub walidacji wyrobu w przypadku jednostek o charakterze badawczo-rozwojowym.

Natomiast norma PN-EN ISO/IEC 17025:2001 zawierała tak sformułowane wymagania, że nie było jednoznaczności co do tego, czy wymagane procedury mają być w postaci dokumentu czy oznaczają tryb postępowania; mankamentem tej normy jest również stosunkowo duża liczba tworzonych zapisów.

Zasygnalizowane wyżej problemy nie mogą jednak przysłonić wymiernych korzyści, które CMG KOMAG uzyskało z wdrożenia systemów. W przypadku laboratorium akredytowanego są to:

- udowodnione kompetencje do wykonywania badań,
- spełnienie wymagań zawartych w ustawach,
- wzrost wiarygodności uzyskiwanych wyników badań,
- optymalizacja procesów na poziomie organizacyjnym i badawczym.

W przypadku systemu zgodnego z normą ISO 9001 było to:

- usprawnienie obiegu informacji i jasny podział kompetencji i odpowiedzialności,
- przystosowanie systemu organizacyjnego do lepszego zarządzania,
- oddziaływanie na jakość wyrobu na każdym etapie realizacji,
- stworzenie podstaw gwarancji wysokiej jakości wyrobów i usług,

a dla jednostki certyfikującej wyroby:

- jednolity system oceny na bazie własnych metod,
- udowodniony profesjonalizm i kompetencje pracowników,
- bezstronność i niezależność w dokonywanej ocenie.

Warto zwrócić uwagę, że proces wdrożenia każdego z systemów jakości w CMG KOMAG składał się z etapów, które obejmowały m.in. poznanie aktualnego stanu i określenie na jego podstawie potrzeb i zakresu działań, przygotowanie harmonogramu prac i wyznaczenie osób odpowiedzialnych za poszczególne zadania, szkolenie z zakresu systemu jakości pracowników i kierownictwa, opracowanie dokumentacji systemowej i wdrożenie systemu w życie oraz w końcu przeprowadzanie auditów wewnętrznych.

W odczuciu autorki artykułu najbardziej istotnymi elementami systemów zarządzania jakością stanowiącymi podstawę do wprowadzanych zmian i działań doskonalących są audyty wewnętrzne. Ich zasadniczym celem jest zweryfikowanie, czy rzeczywiste działania dotyczące zarządzania jakością są zgodne z dokumentami odniesienia oraz czy zapewniają efektywność systemu zarządzania.

3. Rola auditów wewnętrznych w doskonaleniu systemów jakości CMG KOMAG

Można sformułować tezę, że audyty traktowane są jako jedno z ważniejszych narzędzi służących do oceny funkcjonowania systemu oraz jako skuteczny element poprawy i doskonalenia.

Audit jest nieodłącznym elementem nadzoru każdego systemu i występuje również jako wymaganie w systemach laboratoriów badawczych i systemach jednostek certyfikujących wyroby. Dowodem tego jest chociażby fakt, że norma PN-EN ISO 9001:2001 wymaga by w każdej organizacji funkcjonowała pisemna procedura regulująca zagadnienia auditów, a w normach PN-EN 45011:2000 i PN-EN ISO/IEC 17025:2001 zawarte są jednoznaczne wymagania dotyczące obowiązku przeprowadzania auditów wewnętrznych w celu potwierdzenia skuteczności systemu.

Z jednej strony audit szuka dowodów inicjatyw oraz udziału kierownictwa w ustalaniu i realizacji celów Polityki Jakości oraz dowodów, że zachodzące w organizacji procesy są nadzorowane i oceniane wymiernymi wskaźnikami. Z drugiej strony audit, szczególnie wewnętrzny, może wskazywać te aspekty działalności organizacji, które wymagają dodatkowej analizy, względnie poprawy [3].

Audit jakości to badanie systemu zarządzania jakością w jednostce dlatego odnosi się do wszystkich jej składowych występujących bez względu na wielkość, złożoność, charakter działalności lub formę własności, stąd też audit jakości znajduje zastosowanie nie tylko, w odniesieniu do systemu jakości i jego elementów, a także do procesów, wyrobów lub usług.

Każde badanie audytowe powinno odpowiedzieć na następujące pytania:

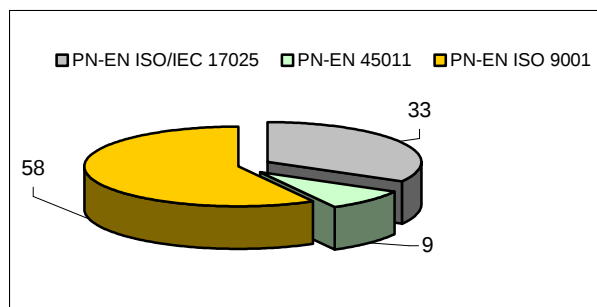
- czy przyjęte przez organizację ustalenia dotyczące jakości pozwalają faktycznie osiągnąć zamierzony cel,
- czy przyjęte ustalenia są faktycznie realizowane,
- czy osiągnięte wyniki działań są zgodne z zaplanowanymi ustaleniami.

Uzyskane odpowiedzi powinny umożliwić dokonanie oceny systemu zarządzania jakością, a tym samym stworzyć możliwość jego ulepszenia.

Audyty zorientowane na procesy są instrumentem optymalizacji organizacji i powinny prowadzić do:

- ujawnienia rzeczywistych problemów występujących w praktyce,
- efektywnego rozwiązywania problemów poprzez upraszczanie procesów,
- zrozumienia przez uczestników procesów, co dzieje się z wynikami ich pracy w kolejnych etapach procesów oraz jak to skutkuje na jakość końcową.

Analizując zrealizowane w CMG KOMAG ponad **100 auditów wewnętrznych** (rys. 2) można stwierdzić, że ich sposób przeprowadzania, efekty badań audytowych oraz podejmowane w konsekwencji działania na przestrzeni lat ulegały zmianom i modyfikacjom.



Rys.2. Audyty wewnętrzne w CMG KOMAG dla trzech systemów jakości w latach 1995-2005

Początkowo na etapie wdrażania każdego z systemów najistotniejszym elementem auditu było badanie zgodności dokumentacji z realiami procesów. Audyty wewnętrzne uczyły się pewnego uporządkowania i wychwytywania luk w systemach. Pierwsze audyty były bardzo trudne, ale za to bardzo skuteczne, gdyż wykazywały najwięcej niezgodności będących podstawą poprawek i uściśleń w zbudowanym systemie. Audyty te często utożsamiane były przez pracowników z kontrolą bądź inspekcją mimo, że definicje obu pojęć, jak i poszczególne czynności oraz ich efekty końcowe są całkowicie odmienne. Często pracownicy sądzili, że audit ma na celu ujawnić niezgodności, wykazać winnych i stanowić podstawę do decyzji personalnych, stąd prowadzone w CMG KOMAG szkolenia, jak i wstępne rozmowy podczas auditów miały za zadanie zmniejszyć obawy oraz uzmysłowić pracownikom rolę auditów.

Kolejne audyty wewnętrzne zmieniły swój charakter miały one w swoim założeniu nie tylko badać procesy na zgodność z wymaganiami normy, ale przede wszystkim stanowić źródło działań doskonalących.

W pierwszych latach funkcjonowania systemów jakości audyty realizowane były według odrębnych planów z wykorzystaniem najczęściej własnych auditorów ale obecnie w CMG KOMAG są one realizowane zgodnie z jednym rocznym harmonogramem, uwzględniającym specyfikę poszczególnych systemów, gdzie każdorazowo przedmiotem planowanych auditów jakości mogą być:

- systemy jakości lub ich elementy,
- zachodzące w organizacji procesy,
- wyroby lub usługi,
- kompetencje pracowników.

Audyty takie nazywane są odpowiednio: „auditem systemu jakości”, „auditem jakości procesu”, „auditem jakości wyrobu”, „auditem jakości usługi – jednak zasadą jest by przynajmniej raz w roku każda komórka organizacyjna podlegała auditowi.

Idea połączenia w CMG KOMAG wszystkich auditów w jeden harmonogram wiąże się przede wszystkim z ujednoliceniem metodyki i wprowadzeniem w 2002 roku jednolitych wymagań tym względzie.

Opracowana przez Komitet Techniczny ISO/TC 176 norma ISO 19011:2002 określiła jednolite wymagania nie tylko w zakresie planowania i realizacji auditów systemów jakości i systemów zarządzania środowiskowego, ale dopuściła możliwość realizowania auditów zgodnie z ustalonymi wytycznymi także w przypadku innych systemów jakości [6]. Wspomniany dokument pozwolił również na ujednolicenie działań auditowych w obszarze inicjowania, przeglądu, przeglądu dokumentacji, badań auditowych i opracowywania raportu.

Ponieważ audit stanowi inspirację do rozwoju systemu warto podkreślić jak ważnym elementem jest osoba auditora, jego wiedza z zakresu wymagań jakościowych oraz umiejętności badania dokumentacji, słuchania i zadawania pytań, a przede wszystkim bezstronność. Znalazło to swoje odzwierciedlenie we wspomnianej wcześniej normie, gdzie wyraźnie zwrócono uwagę na kompetencje auditorów, ich cechy osobowościowe, wiedzę, umiejętności i wykształcenie.

Wymagania normy w zakresie auditorów uwzględniono także w przyjętej w CMG KOMAG zasadzie, by audyty jakości przeprowadzały osoby nie ponoszące bezpośredniej odpowiedzialności za badane obszary, oraz posiadające ogólną wiedzę merytoryczną z danego zakresu. Stąd też corocznie aktualizowana jest lista czynnych auditorów wewnętrznych. Nowością

wprowadzoną w CMG KOMAG w 2005 roku jest, by auditorzy ci byli oceniani.

Oceny wewnętrznych auditorów w CMG KOMAG realizowane są na dwóch etapach:

- w momencie uzyskania uprawnień auditora wewnętrznego, w formie zaświadczenia wydanego przez jednostkę szkolącą, osoba jest oceniana również z zakresu umiejętności interpretacji zapisów, wiedzy na temat struktury jednostki oraz zagadnień merytorycznych,
- co dwa lata, w przypadku czynnego uczestnictwa w realizowanych auditach pracownicy są oceniani pod kątem aktywności auditorskiej oraz wiedzy na temat zmian w wymaganiach jakościowych.

Ocena auditorów, szczególnie ich pracy ma na celu pełniejsze wykorzystanie wiedzy i umiejętności pracowników oraz różnicowanie zespołów auditorów, co w konsekwencji ma zagwarantować każdorazowo inne spojrzenie na badane i uniknięcie tzw. „rutynowego” podejścia do auditu.

4. Niezgodności wykrywane podczas auditów wewnętrznych

Dowodem z każdego auditu są spostrzeżenia, czyli stwierdzenie faktu poparte obiektywnym dowodem uzyskanym w wyniku obserwacji, pomiaru, badania lub w inny sposób. Efektem auditu mogą być także stwierdzone niezgodności.

Pomimo, że audit powinien być postrzegany jako działanie pozytywne, wspomagające doskonalenie systemu bardzo często niezgodności, które są ujawniane podczas badań traktowane są jako coś nagannego, dyskwalifikującego badany obszar.

Tymczasem jest niezwykle istotne by audit traktować jako element wspomagający jako narzędzie uzyskania i zapewnienia zaufania do samego siebie. Niezgodności w systemach jakości nie uniknie się z wielu względów – mają na nie wpływ ciągle zmiany otoczenia, ludzkie błędy, wzrost wymagań jakościowych uregulowanych normatywnie ale wydaje się, że jest to pozytywny aspekt monitorowania systemu, gdyż utrzymuje go w ciągłej gotowości do zmian i doskonalenia.

Badania przeprowadzone w latach 2001-2004 w certyfikowanych przez BVQI – Polska wykazały pewne powtarzające się elementy w występujących niezgodnościach [5].

Niewątpliwie najwięcej problemów, bo aż w 25% badanych organizacjach występuje w obszarze nadzoru nad dokumentami i zapisami, czyli niezgodności z punktem 4.2 normy PN-EN ISO 9001. Również analiza stwierdzonych w CMG KOMAG niezgodności na

przeprzestrzeni pięciu lat potwierdza te badania, z jedną różnicą – zdecydowanie więcej niezgodności wynika z braku należytego nadzoru nad zapisami niż nad dokumentami.

Analizowane wyniki wiążą się z tym, że w większej jednostce, jaką jest KOMAG nadzór nad dokumentacją jest przypisany większej grupie osób mogących dokładniej monitorować dokumenty, podczas gdy w małej kilkusobowej firmie często za wszystkie dokumenty odpowiada jedna osoba.

Z kolei zapisy tworzone są najczęściej na najniższych poziomach organizacji i samodzielnie przez pracowników, stąd często w trakcie badań auditowych na tym poziomie zauważalne są uchybienia i niedociągnięcia. Wspomniane wcześniej badania wykazały także, że charakter występujących niezgodności różni się w zależności od charakteru organizacji, stąd w jednostkach typowo produkcyjnych stwierdzono uchybienia w obszarze zakupów oraz monitorowania produkcji – natomiast w jednostce o charakterze badawczo-rozwojowym występują one stosunkowo rzadko.

5. Podsumowanie

W CMG KOMAG przyjęto zasadę, że zbudowane i wprowadzone do stosowania systemy zarządzania jakością mają na celu uporządkowanie procesów i ustalenie zasad wykonywania określonych czynności. Działania te zachodzą w jednostce zgodnie z zasadą: planuj, działaj, sprawdzaj, koryguj. To umożliwia wgląd we wszystkie prowadzone przedsięwzięcia oraz szybką reakcję w przypadku uchybień lub niepokojących symptomów.

Doskonalenie jakości wymaga narzędzia do pomiaru jakości, od którego oczekuje się powtarzalności, dokładności, jednoznacznej interpretacji wyników pomiarów oraz niezależności od warunków przeprowadzania pomiaru. Najprostszym narzędziem pomiarowym do oceny jakości w organizacji jest audit, gdyż odnosi się do wszystkich aspektów działalności przedsiębiorstwa mających bezpośredni i pośredni wpływ na jakość wyrobów i usług, zarządzania środowiskiem, bezpieczeństwem.

Coraz więcej organizacji posiada wdrożone i ciągle doskonalone systemy zarządzania jakością i w takiej sytuacji w auditach wewnętrznych traci sens auditowania procedur natomiast staje się konieczne analizowanie coraz większej liczby zapisów – dowodów funkcjonowania tych procesów. Powszechne stosowanie

podejścia procesowego wymusza także zmianę formy planowania auditów nakierowanych na procesy.

Audity i podejmowane w ich konsekwencji działania korygujące nierozzerwalnie związane są z zagadnieniem doskonalenia jakości – procesem, który w praktyce nigdy się nie kończy, gdyż podlega stałej poprawie, tak aby stale zwiększać satysfakcję klientów, dostarczając im wyrób o wymaganej przez nich jakości.

Warto podkreślić, że systemy jakości wprowadzają konieczność ustalania przyczyn stwierdzonych niezgodności, a po ich analizie podejmowanie działań korygujących bądź zapobiegawczych. Nie mogą jednak zagwarantować pełnego unikania błędów – co najwyżej mogą zapewniać, że będą wykrywać źródła problemów, usuwać i eliminować skutki błędów oraz podejmować działania zapobiegające ich ewentualnemu powtórzeniu.

Są to podstawowe założenia filozofii jakości – błąd może się zdarzyć, ale system powinien zapewnić by został wykryty, skorygowany i nie będzie powtórzony.

Literatura

1. Grzywocz W.: Laboratorium Badań CMG KOMAG akredytowane przez Polskie Centrum Badań i Certyfikacji. Maszyny Górnicze nr 57, s.19-23.
2. Tarnawski Z.: Certyfikacja wyrobów drogą do zapewnienia jakości, Maszyny Górnicze nr 57, s. 25-30.
3. Witkiewicz W., Mączyński A., Jelonek J.: Ocena skuteczności i doskonalenie procesu auditu wewnętrznego. Materiały konferencyjne „Doskonalenie procesu auditowania”, Rydzyna, 10-12.04. 2002, s. 63-68.
4. Tkaczyk S.: Integracja i globalizacja systemów zarządzania w oparciu o kryterium jakości. Materiały konferencyjne „Metody i narzędzia doskonalenia jakości”, tom 2, Popowo 22-23.05.2000, s. 5-13.
5. Ligarski M., Koczaj K.: Jakie wymagania normy ISO 9001:2000 sprawiają trudności polskim przedsiębiorstwom, Problemy Jakości nr 11/2004, s. 24-33.
6. PN-EN ISO 19011:2003 Wytyczne dotyczące audytowania systemów zarządzania i/lub zarządzania środowiskowego.

Artykuł wpłynął do redakcji w listopadzie 2005 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Teodor Winkler

