Prof.dr. hab.inż. Zdzisław KŁECZEK
Dr inż. Antoni KOZIEŁ
Mgr inż. Małgorzata MALEC
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

60 lat działań Instytutu Techniki Górniczej KOMAG na rzecz rozwoju przemysłu maszyn górniczych

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

W artykule przedstawiono działania Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w okresie ostatnich lat na rzecz rozwoju przemysłu maszyn górniczych. Zaprezentowano strukturę i zasoby KOMAG-u, w tym przedmiot i zakres działania, potencjał badawczy i kadrowy. Omówiono system zarządzania i prowadzoną współpracę międzynarodową. Zwrócono uwagę na najważniejsze cele i priorytety strategiczne zmierzające do rozwoju Instytutu, zgodnie z potrzebami gospodarki opartej na wiedzy.

S u m m a r y

Activities of the KOMAG Institute of Mining Technology within last years for development of mining machines industry were presented in the paper. Structure and resources of KOMAG, including subject and scope of activity as well as research and manpower potential, was presented. Management system and realized international collaboration were discussed. The attention was paid to most important objectives and strategic priorities aiming at development of the Institute in accordance with demands of economy based on the knowledge.

1. Wprowadzenie

W bieżącym roku Instytut Techniki Górniczej KOMAG obchodzi jubileusz 60-lecia. Instytucje, z których powstał KOMAG przeszły długą i skomplikowaną drogę zmian organizacyjno-restrukturyzacyjnych. Zalążkiem było Centralne Biuro Konstrukcji Maszyn Górniczych, utworzone na mocy zarządzenia Ministra Górnictwa z dnia 5 maja 1950 roku. Był to początek tworzenia form organizacyjnych i technicznych zaplecza konstrukcyjnego i badawczego polskiego górnictwa, mechanizacji procesów wydobywczych węgla kamiennego oraz tworzenia przemysłu maszyn górniczych.

Z dniem 1 stycznia 1951 roku Centralne Biuro Konstrukcji Maszyn Górniczych przekształcono w Biuro Konstrukcji Maszyn Górniczych.

Kolejnym krokiem było utworzenie w 1957 roku Instytutu Doświadczalno-Konstrukcyjnego Przemysłu Węglowego, który w tym samym roku przyjął nazwę Zakładów Konstrukcyjno-Mechanizacyjnych Przemysłu Węglowego (ZKMPW). Zadaniem nowo utworzonych Zakładów było wdrażanie nowych metod eksploatacji węgla kamiennego oraz systemów mechanizacyjnych z zastosowaniem krajowych i zagranicznych maszyn oraz urządzeń górniczych.

Powstanie ZKMPW stworzyło możliwość rozwoju zaplecza badawczo-konstrukcyjnego i równoległe prowadzenie działalności naukowo-badawczej w zakresie procesów urabiania, ładowania, odstawy urobku, obudowy wyrobisk, jak również badania systemów elektryfikacji kopalń oraz elektrycznego wyposażenia maszyn górniczych. Rozwój ZKMPW wymagał utworzenia Zakładu Elektroniki Górniczej w Tychach, „Elektrometalu" w Cieszynie oraz Zakładu Cybernetycznych Kompleksów Górniczych w Biskupicach. Do struktury ZKMPW włączono kopalnię doświadczalną, nadając jej symbol M-300 oraz utworzono Zakład Budowy Maszyn Doświadczalnych. Natomiast funkcjonujący w ramach istniejącej struktury Ośrodek Szkolenia Maszynowego przekształcono w Zakład Doskonalenia Kadr.

Na początku 1975 roku z Zakładów Konstrukcyjno-Mechanizacyjnych Przemysłu Węglowego wydzielono Zakład Budowy Maszyn Doświadczalnych, Kopalnię Doświadczalną M-300 oraz Zakład Doskonalenia Kadr. Z pozostałej części utworzono Centralny Ośrodek Projektowo-Konstrukcyjny Maszyn Górniczych KOMAG, nadając mu status ośrodka badawczo-rozwojowego.

W celu ściślejszego powiązania rozwoju rozwiązań konstrukcyjnych maszyn i urządzeń górniczych z procesem ich produkcji, KOMAG został organizacyjnie podporządkowany Zjednoczeniu Przemysłu Maszyn Górniczych POLMAG, zrzeszającemu wszystkie fabryki maszyn i urządzeń górniczych. Faktycznie KOMAG stał się wtedy zapleczem badawczym, konstrukcyjnym i rozwojowym dla wszystkich fabryk wchodzących w skład Zjednoczenia POLMAG. Na terenie fabryk, takich jak: FAMUR, FAZOS, TAGOR, RYFAMA i GEORYT, KOMAG utworzył zakłady terenowe.

W 1979 roku do KOMAG-u włączono Ośrodek Projektowo-Technologiczny Maszyn Górniczych ORTEM, dzięki czemu zakres działania został poszerzony o zagadnienia technologii wytwarzania maszyn i urządzeń górniczych oraz o tematykę organizacji i zarządzania produkcją. Postanowiono wtedy zmienić nazwę na Centrum Konstrukcyjno-Technologiczne Maszyn Górniczych KOMAG.

W wyniku kolejnej reorganizacji, która miała miejsce w marcu 1990 roku powstała jednostka badawczo-rozwojowa o nazwie Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG.

W 2005 roku w wyniku realizacji procesu konsolidacji jednostek badawczo-rozwojowych, podlegających Ministrowi Gospodarki, do Centrum KOMAG włączono Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Reduktorów i Motoreduktorów REDOR w Bielsku-Białej, natomiast w 2006 r. Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Budownictwa Górniczego BUDOKOP w Mysłowicach.

W związku ze znacznym poszerzeniem zakresu działalności uznano, że nazwa ta nie odzwierciedla szerokiego spectrum działalności naukowej, badawczej i technicznej, realizowanej przez KOMAG w zakresie innowacyjnych rozwiązań dla gospodarki. Biorąc pod uwagę ten fakt, wystąpiono do Ministerstwa Gospodarki z wnioskiem o zmianę dotychczasowej nazwy Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG na Instytut Techniki Górniczej KOMAG.

Z dniem 1 stycznia 2009 roku KOMAG, działając jako Instytut Techniki Górniczej, podlegający Ministrowi Gospodarki, prowadzi prace na rzecz mechanizacji procesów wydobywczych i przeróbczych oraz związanej z nimi: ochroną powietrza, ochroną powierzchni Ziemi, gospodarką odpadami, jak również na rzecz przystosowania wyników prowadzonych prac naukowych i badawczo-rozwojowych do zastosowań w praktyce.

Prace naukowe, badawcze i techniczne, realizowane w KOMAG-u, obejmują systemy mechaniczne i mechatroniczne, w tym: maszyny i urządzenia dla podziemnej eksploatacji złóż oraz przeróbki mechanicznej surowców mineralnych oraz systemy zasilania, sterowania, diagnostyki i monitoringu. Opracowywane są koncepcje, projekty i dokumentacje techniczne maszyn i urządzeń oraz wykonywane są ekspertyzy w zakresie doboru maszyn i urządzeń dostosowanych do określonych warunków eksploatacyjnych. Prowadzone są badania modelowe, stanowiskowe i przemysłowe celem zwiększenia trwałości, niezawodności, bezpieczeństwa pracy, ergonomii i ochrony środowiska.

Istotną rolę w działaniach Instytutu odgrywają specjalistyczne usługi badawcze, realizowane w akredytowanych laboratoriach m.in. w zakresie badań sekcji obudowy zmechanizowanej, hydraulicznych elementów wykonawczych, badań środowiskowych, badań bezpieczeństwa wyrobów oraz inżynierii materiałowej.

Prace Instytutu obejmują także transfer technologii, normalizację, ochronę własności przemysłowej i intelektualnej, a także certyfikację maszyn i urządzeń w zakresie dyrektyw: maszynowej, niskonapięciowej, ATEX oraz zabawkowej.

KOMAG stanowi ważne zaplecze naukowe i badawcze przemysłu wydobywczego, przemysłu maszyn górniczych, która jako jedna z nielicznych przetrwała zmiany gospodarcze, działając w oparciu o polski kapitał i skutecznie konkurując na rynkach zagranicznych. Osiągnięcie wysokiej pozycji Instytutu w krajowej i międzynarodowej przestrzeni badawczej stało się możliwe dzięki ścisłej współpracy z producentami oraz użytkownikami maszyn i urządzeń dla górnictwa, a także z uczelniami, instytutami naukowo-badawczymi, jak również z jednostkami nadzoru górniczego oraz samorządu terytorialnego. Efektem synergii działań sektora naukowego i przemysłowego są wyroby i usługi bezpieczne dla użytkownika i przyjazne dla środowiska.

Za niekwestionowany dorobek KOMAG-u w okresie 60-lat należy niewątpliwie uznać m.in. ponad 1000 dokumentacji technicznych maszyn i urządzeń zastosowanych w kopalniach surowców mineralnych w kraju i za granicą, ponad 4200 patentów i wzorów użytkowych oraz nowoczesną bazę badawczą o unikatowym charakterze.

KOMAG stale poszerza zakres działalności, wprowadza zmiany organizacyjne oraz zmienia system zarządzania, konsekwentnie realizując strategię tworzenia innowacyjnych rozwiązań dla gospodarki. W procesie tworzenia nowoczesnych rozwiązań maszyn i urządzeń wykorzystywane są technologie informatyczne i telekomunikacyjne. Powstają systemy mechatroniczne, w których istotną rolę odgrywają układy diagnostyki i monitorowania oraz robotyka. Powszechnie stosuje się komputerowe wspomaganie procesu projektowania oraz inne metody określane jako inżynieria wiedzy. Dzięki tym działaniom Instytut doskonale wpisuje się w proces budowy gospodarki opartej na wiedzy.

Strategia KOMAG-u uwzględnia przyszłościowe potrzeby użytkowników oraz producentów maszyn i urządzeń dla górnictwa, oferując interdyscyplinarne usługi badawcze i działalność doradczą.

Ważnym atutem jest młoda, ambitna kadra pracowników naukowych i inżynieryjno-technicznych o szerokich kompetencjach.

Przemysłowi partnerzy KOMAG-u z branży maszyn i urządzeń górniczych – to z jednej strony duże grupy kapitałowe, jak np: Grupa KOPEX S.A., a z drugiej strony bardzo liczna grupa małych i średnich przedsiębiorstw. Współpraca z partnerami przemysłowymi realizowana jest przy wsparciu Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości oraz Naczelnej Organizacji Technicznej.

Z wyników prac badawczych realizowanych w KOMAG-u korzystają w szczególności: Kompania Węglowa S.A., Katowicki Holding Węglowy S.A., Jastrzębska Spółka Węglowa S.A., Południowy Koncern Węglowy S.A., a także Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A.

Plany rozwoju Instytutu zawarto w „Programie Strategicznym ITG KOMAG na lata 2010-2020”, którego

założenia, cele strategiczne i operacyjne są spójne z treścią dokumentów, dotyczących rozwoju naukowego i gospodarczego Polski i Europy.

2. Struktura i zasoby KOMAG-u w aspekcie wyzwań gospodarki rynkowej

Misją KOMAG-u jest tworzenie innowacyjnych rozwiązań dla gospodarki. Realizacji misji sprzyja wizja KOMAG-u jako instytutu badawczego o strukturze organizacyjno-własnościowej przystosowanej do działalności rynkowej w Europejskiej Przestrzeni Badawczej, o kulturze organizacyjnej tworzącej przyjazny klimat dla generowania nowych pomysłów i realizacji działań innowacyjnych, czyli przekształcania nowych pomysłów na nowe produkty.

2.1. Przedmiot i zakres działalności badawczej KOMAG-u

Przedmiotem działania KOMAG-u jest prowadzenie badań naukowych i prac badawczo-rozwojowych w obszarze mechanizacji procesów wydobywczych i przeróbczych oraz związanych z nimi: ochroną powietrza, ochroną powierzchni ziemi oraz gospodarką odpadami, jak również przystosowanie wyników prowadzonych prac do zastosowań w praktyce.

Do zakresu działania KOMAG-u należy prowadzenie prac związanych z opracowywaniem:

- systemów mechanizacji procesów technologicznych w górnictwie węgla kamiennego oraz innych surowców mineralnych,
- maszyn i urządzeń związanych z eksploatacją i przeróbką surowców mineralnych,
- systemów mechatronicznych, w tym układów sterowania, diagnostyki, monitoringu i wizualizacji procesów produkcyjnych,
- technologii wykorzystania pionowych i poziomych wyrobisk górniczych,
- układów napędowych,
- technologii i urządzeń ochrony środowiska,
- ekspertyz naukowo-technicznych,

oraz z:

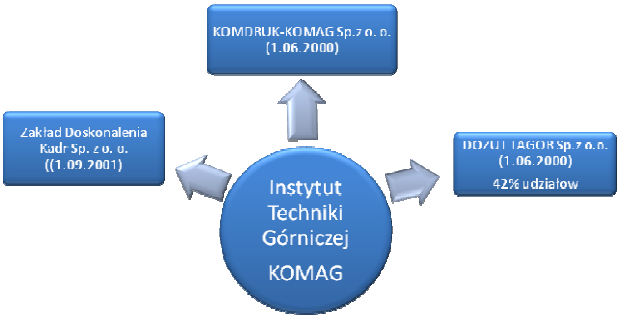
- prowadzeniem badań laboratoryjnych, stanowiskowych i przemysłowych w aspekcie funkcjonalności, niezawodności, ergonomii, bezpieczeństwa i ochrony środowiska,
- wytwarzaniem prototypów i wzorców nie mających charakteru komercyjnego,
- działalnością normalizacyjną,
- ochroną własności przemysłowej i intelektualnej,
- wydawaniem czasopism, monografii, poradników i innych materiałów rozpowszechniających wyniki prowadzonych prac naukowo-badawczych,
- organizowaniem sympozjów, wykładów, szkoleń, konferencji oraz udziałem w targach i wystawach.

Zgodnie ze Statutem KOMAG-u prowadzona jest również działalność gospodarcza na warunkach określonych w przepisach ustawy o swobodzie gospodarczej związanej z:

- prowadzeniem badań i analiz technicznych,
- certyfikacją i oceną zgodności wyrobów w zakresie posiadanej akredytacji, autoryzacji i notyfikacji,
- wydawaniem opinii oraz oceną warunków organizacyjno-technicznych,
- badaniem i oceną wyrobów na zgodność z wymaganiami do stosowania w zakładach górniczych,
- dobrowolną certyfikacją na znak towarowy „B”,
- badaniem bezpieczeństwa użytkowania wyrobów,
- doradztwem w zakresie prowadzenia działalności gospodarczej i zarządzania.

2.2. Struktura własnościowa KOMAG-u

Obecna struktura własnościowa (rys. 1) ukształtowała się na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat. W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku KOMAG posiadał w swojej strukturze Kopalnię Doświadczalną M-300, Zakład Doświadczalny Nowych Technologii (ZDT), Zakład Budowy Maszyn Doświadczalnych (ZBMD), Zakład Doświadczalny Urządzeń Technicznych (DOZUT), Zakład Doskonalenia Kadr (ZDK) oraz szereg innych komórek działalności podstawowej i pomocniczej.



Rys.1. Struktura własnościowa KOMAG-u – stan na 01.07.2010 r.

W 1998 roku KOMAG po raz pierwszy w swojej historii, jako całość organizacyjna, poniósł straty finansowe spowodowane przede wszystkim niewywiązywaniem się naszych partnerów z zobowiązań finansowych.

Za zgodą Ministerstwa Gospodarki oraz Ministra Skarbu w 1999 roku nastąpiły zmiany restrukturyzacyjne. Aktem notarialnym przekazano majątek Kopalni M-300 do Gliwickiej Spółki Węglowej S.A. Obecnie znajduje się tam Zabytkowa Kopalnia Węgla Kamiennego „Guido”.

W tym samym roku opracowano i przyjęto do realizacji, za zgodą Ministra Gospodarki, „Program dostosowawczy CMG KOMAG do warunków rynkowych na lata 1999-2003”, który stał się podstawą działań

restrukturyzacyjnych. Program przewidywał utworzenie następujących spółek:

- ZDT-KOMAG sp. z o.o. w Mikołowie,
- DOZUT-KOMAG sp. z o.o. w Zabrzu,
- KOMDRUK-KOMAG sp. z o.o. w Gliwicach,
- ZBMD-KOMAG sp. z o.o. w Zabrzu.

W 2000 roku trzy pierwsze Spółki podjęły działalność gospodarczą. W 2001 roku utworzono również Spółkę ZDK-KOMAG sp. z o.o. na bazie zakładu szkoleniowego KOMAG-u. Jednocześnie prowadzono postępowanie układowe z wierzycielami, w wyniku którego sprzedano majątek Spółki ZBMD-KOMAG sp. z o.o. Zabrzańskim Zakładom Mechanicznym S.A.

W 2005 roku, w ramach strategii restrukturyzacji jednostek badawczo-rozwojowych, opracowanej przez Ministerstwo Gospodarki, włączono do struktury KOMAG-u Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Motoreduktorów i Reduktorów REDOR w Bielsku-Białej. Część produkcyjna OBRMiR REDOR była bazą do utworzenia samodzielnego podmiotu gospodarczego Spółki REDOR sp. z o.o., która dzierżawiąc majątek KOMAG-u kontynuowała działalność wytwórczą.

W 2006 roku włączono do struktury KOMAG-u Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Budownictwa Górniczego BUDOKOP w Mysłowicach.

W tym samym roku sprzedano 60% udziałów Spółki DOZUT-KOMAG sp. z o.o., która przekształciła się w Spółkę DOZUT-TAGOR sp. z o.o. Pozyskane z tego tytułu środki finansowe oraz działania restrukturyzacyjne w radykalny sposób poprawiły sytuację ekonomiczną KOMAG-u, zapewniając niezakłócone funkcjonowanie pod względem finansowym oraz umożliwiając realizację przedsięwzięć rozwojowych.

W 2008 roku w ramach przetargu nieograniczonego, za zgodą Ministra Gospodarki, sprzedano Spółkę ZDT-KOMAG sp. z o.o. w Mikołowie.

W 2010 roku w podobny sposób nastąpiło zbycie udziałów Spółki REDOR sp. z o.o.

Pozyskane środki finansowe przeznaczono przede wszystkim na rozbudowę infrastruktury badawczej.

2.3. Potencjał badawczy

Potencjał badawczy KOMAG-u tworzą zasoby kadrowe i materialne zgromadzone w zakładach i laboratoriach, w których realizowane są procesy badań naukowych i prac rozwojowych oraz w działach i komórkach organizacyjnych biorących udział w procesach planowania i zarządzania projektami, procesach wspomagających oraz procesach zarządzania jakością i wiedzą. Na szczególną uwagę zasługuje potencjał badawczy zgromadzony w laboratoriach.

KOMAG posiada trzy akredytowane laboratoria:

- Laboratorium Badań,
- Laboratorium Badań Stosowanych,
- Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska,

oraz jedno laboratorium nieakredytowane, którym jest:

- Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii.

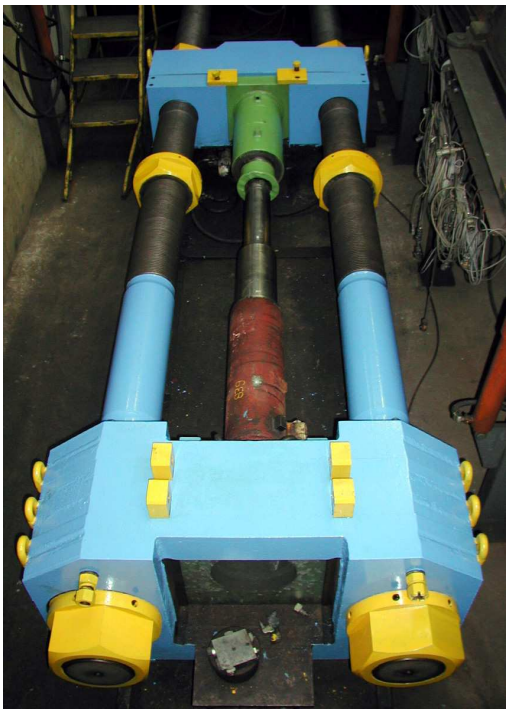
Laboratorium Badań wywodzi się z powstałego w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku Zakładu Techniki Pomiarowej oraz z Zakładu Badań Obudów i Techniki Pomiarowej. Zbudowanie w latach 80. nowej hali badawczej, w której zlokalizowano unikatowe w skali światowej stanowiska do badań sekcji obudowy zmechanizowanej (rys. 2), a następnie na początku lat 90. stanowiska do badań stojaków, elementów maszyn i urządzeń górniczych oraz zaworów hydraulicznych (rys. 3) stworzyło bazę umożliwiającą prowadzenie prac badawczych na rzecz bezpieczeństwa pracy w górnictwie. W 1990 roku zmieniono nazwę Laboratorium na Zakład Badań Atestacyjnych.

Rys.2. Stanowisko do badań funkcjonalności i kinematyki sekcji obudowy zmechanizowanej

Prace nad wdrożeniem Systemu Jakości w KOMAG-u spowodowały konieczność wprowadzenia zmiany organizacyjnej, w wyniku której powstał Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca oraz Laboratorium Badań.

Laboratorium Badań posiada certyfikat akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji (PCA), uzyskany w 1995 r. w zakresie kompleksowych badań sekcji obudowy zmechanizowanej (certyfikat nr AB 039), zgodnie z normą PN-EN 1804-1:2004. W wyniku potrzeb zgłaszanych przez klientów w dziedzinie badań związanych nie tylko z oceną wyrobów w procesie certyfikacji, ale

także z oceną jakości wyrobów przez użytkowników na etapie dostaw, rozszerzono ofertę badawczą.



Rys.3. Stanowisko do badań stojaków oraz elementów hydrauliki wysokociśnieniowej

Na stanowiskach badawczych Laboratorium Badań wykonano badania ponad 300 typów sekcji obudowy zmechanizowanej oraz około 1100 typów stojaków i siłowników hydraulicznych na zlecenie partnerów przemysłowych z kraju i z zagranicy, nie ograniczając własnych badań naukowych i rozwojowych związanych z opracowaniem metod i środków ograniczających skutki wstrząsów górotworu, a tym samym zwiększających bezpieczeństwo pracy w systemach eksploatacji ścianowej.

Odbiorcami wyników prac badawczych są krajowi i zagraniczni producenci sekcji obudowy zmechanizowanej oraz elementów hydrauliki siłowej i sterowniczej.

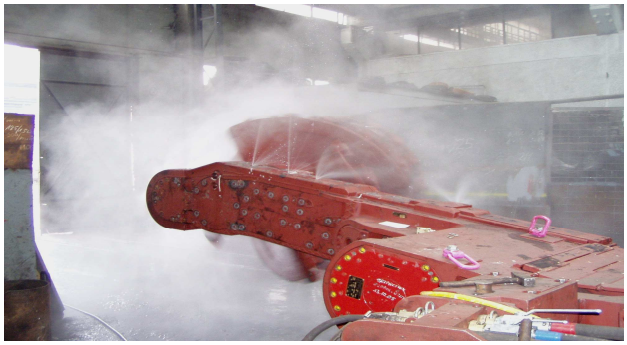
Oprócz badań elementów ścianowej obudowy zmechanizowanej zrealizowano również kilkaset prac badawczych dotyczących rurociągów hydraulicznych, stojaków ciernych, strzemion, rozpór stalowych, siatek okładzinowych oraz obudowy kasztowej.

Laboratorium Badań rozbudowuje swój potencjał badawczy poprzez tworzenie nowych stanowisk badawczych oraz unowocześnianie systemów sterowania, kontroli i gromadzenia danych. Plany rozwoju Laboratorium obejmują stworzenie infrastruktury umożliwiającej obserwację badań on-line, co w znaczący sposób przyczyni się do poprawy stopnia zadowolenia naszych klientów.

Laboratorium Badań Stosowanych powstało w 2001 roku w wyniku wydzielenia z Laboratorium Badań pewnej części badań i pomiarów wspomagających prowadzenie prac naukowych, stosowanych i przemysłowych. Początkowo obszar działania stanowiły pomiary wielkości mechanicznych, elektrycznych, hydraulicznych i pneumatycznych. Prowadzono również badania stanowiskowe maszyn i urządzeń odpylających na specjalistycznym stanowisku zlokalizowanym w KOMAG-u.

Z czasem zakres prowadzonych prac poszerzono o pomiary wibroakustyczne, pomiary zapylenia oraz badania energochłonności układów napędowych maszyn stosowanych do eksploatacji surowców mineralnych. Uzyskanie przez Laboratorium akredytacji PCA umożliwiło realizację badań związanych z procesem certyfikacji. W tym zakresie Laboratorium ściśle współpracuje z Zakładem Badań Atestacyjnych Jednostką Certyfikującą KOMAG-u. Zakres akredytowanych badań obejmuje dyrektywę maszynową ATEX i niskonapięciową.

Laboratorium stale poszerza swój zakres badawczy oraz aktywnie uczestniczy w porównaniach międzylaboratoryjnych, podwyższając jakość oferowanych usług badawczych. Ponadto realizuje wiele prac rozwojowych, w ramach projektów badawczych, badawczych rozwojowych i celowych. Przykładem może być udział w realizacji projektu celowego pt.: „System zewnętrznego zraszania kombajnu ścianowego, zapewniający bezpieczną eksploatację w warunkach zagrożenia metanowego”, we współpracy z Kopalnią Doświadczalną „Barbara” Głównego Instytutu Górnictwa (rys. 4).

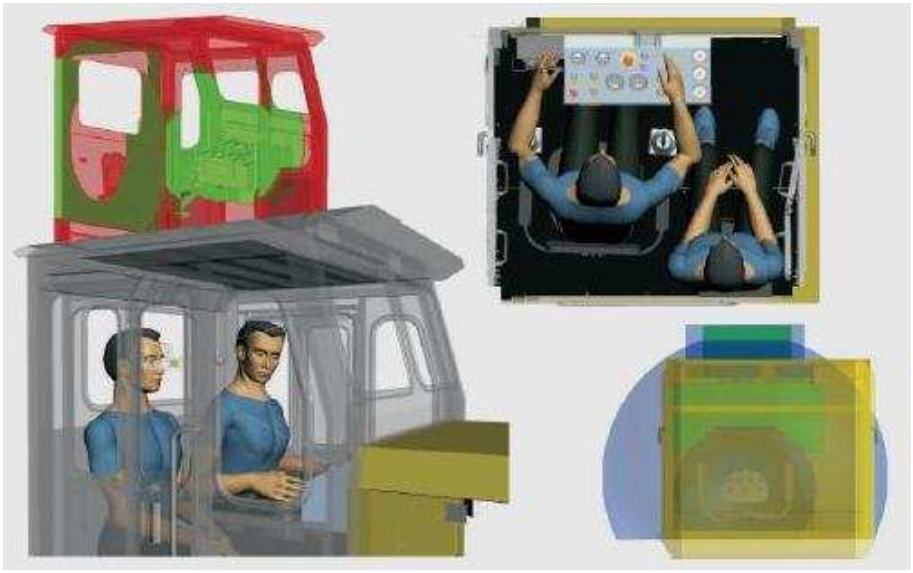


Rys.4. System zewnętrznego zraszania powietrzno-wodnego kombajnu ścianowego KSW-460 NE

Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska powstało w 2006 roku. W ramach własnych środków zaprojektowano i zmodernizowano pomieszczenia Laboratorium, wyposażając je w niezbędne środki techniczne. Wykonano dokumentację i wykonano specjalistyczne, mechatroniczne stanowiska badawcze do badań bezpieczeństwa zabawek (rys. 5). Ze środków na inwestycje aparaturowe, przyznane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, zakupiono aparaturę badawczo-pomiarową.

W lutym 2008 roku Laboratorium uzyskało akredytację PCA (nr AB 910), której zakres poszerzono w 2009 i 2010 roku, m.in. o badania zawartości substancji i preparatów niebezpiecznych w zabawkach

Rys.5. Stanowiska do badań bezpieczeństwa zabawek



Rys.6. Analizy ergonomiczne złożonych systemów antropotechnicznych

Rys.7. Instalacja zraszania powietrzno-wodnego zainstalowana na kombajnie chodnikowym R-200 produkcji REMAG S.A.

badania bezpieczeństwa zabawek elektrycznych oraz badania bezpieczeństwa nawierzchni amortyzujących upadki i wyposażenia placów zabaw. Niezależność, bezstronność i rzetelność wykonywanych badań zapewniają wysokiej klasy specjaliści o kwalifikacjach potwierdzonych odpowiednimi certyfikatami. Laboratorium aktywnie uczestniczy w porównaniach międzylaboratoryjnych w ramach porozumienia z Polskim Centrum Akredytacji oraz innymi jednostkami naukowo-badawczymi i kontroli rynku.

Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii powstało w 2001 roku. Przedmiotem działania Laboratorium jest wirtualne prototypowanie systemów mechanicznych w celu kształtowania bezpiecznego i przyjaznego dla człowieka środowiska pracy. W Laboratorium wykonywane są m.in. obliczenia z zastosowaniem metody elementów skończonych (MES), obliczenia zjawisk dynamicznych (obciążenia udarowe, symulacja zderzeń), obliczenia numeryczne na potrzeby wizualizacji wypadków oraz uszkodzeń środków technicznych. Ponadto realizowane są prace w zakresie modelowania złożonych systemów antropotechnicznych, analiz ergonomicznych (rys. 6) oraz wizualizacji okoliczności i przyczyn wypadków. Opracowywane są multimedialne materiały szkoleniowe i tworzone są Interaktywne Elektroniczne Dokumentacje Techniczno-Ruchowe. Laboratorium wyposażone jest w najnowszej generacji oprogramowanie inżynierskie m.in. MD.Nastran, MSC.Dytran, MSC.Marc, MD Adams,3D Studio MAX, Anthropos ErgoMAX oraz Autodesk Inventor Professional.

Prace naukowe, badawczo-rozwojowe oraz wdrożeniowe prowadzone są w jedenastu zakładach:

Zakład Systemów Chodnikowych i Hydrauliki projektuje i opracowuje dokumentacje oraz prowadzi badania kombajnów chodnikowych i współpracujących z nimi urządzeń, takich jak: wiertnice, wozy wiertnicze, urządzenia kotwiące, ładowarki, wiertarki, młoty hydrauliczne, urządzenia do transportu materiałów i przewozu ludzi, układy napędowe i sterujące, napędy spalinowe, urządzenia zraszające i urządzenia małej mechanizacji. Jednym ze znaczących osiągnięć w ostatnich latach jest opracowanie i wdrożenie instalacji zraszających powietrzno-wodnych dla kombajnów ścianowych i chodnikowych (rys. 7) ograniczających zagrożenie wybuchem metanu i pyłu węglowego, skutecznie zwalczających zapylenie i ograniczających zużycie wody, co ma istotny wpływ na podniesienie poziomu bezpieczeństwa i poprawy parametrów jakościowych węgla.

Zakład Kombajnów Ścianowych projektuje, opracowuje dokumentacje oraz prowadzi prace wdrożeniowe w zakresie kombajnów ścianowych i ich zespołów, w tym: korpusów ciągników, ramion kombajnowych, organów, skrzyni aparatury elektrycznej oraz układów hydraulicznych. Jednym z innowacyjnych rozwiązań opracowanych i wdrożonych w ostatnich latach jest ramię R200N oraz zespół napędowy organu urabiającego napędzany asynchronicznym silnikiem elektrycznym.

Zakład Transportu Poziomego prowadzi prace badawczo-rozwojowe oraz wdrożeniowe w zakresie systemów przemieszczania i transportu kołowego, szynowego i przenośnikowego, z wykorzystaniem różnych technik napędowych, w tym między innymi przenośników taśmowych i zgrzebłowych, zasobników i urządzeń do magazynowania materiałów sypkich, zsuwni i zsypni grawitacyjnych, głowic urabiających maszyn roboczych, maszyn dźwigowych i urabiająco-transportowych oraz zaawansowanych systemów napędowych. Przykładem wdrożonego, innowacyjnego rozwiązania jest lokomotywa PIOMA LDS 80.

Zakład Obudów Zmechanizowanych prowadzi prace badawczo-rozwojowe oraz wdrożeniowe w zakresie obudowy zmechanizowanej, w tym: opracowuje nowe i modernizuje rozwiązania konstrukcyjne sekcji obudowy zmechanizowanej, indywidualnej obudowy specjalnego przeznaczenia, układów zasilania i sterowania hydraulicznego oraz instalacji rurociągów magistralnych. Do znaczących osiągnięć ostatnich lat można zaliczyć opracowanie i wdrożenie sekcji obudowy zmechanizowanej dla Katowickiego Holdingu Węglowego S.A.: KHW-14/24-Pp, KHW-12/28-POz i KHW-12/28-POz/Pp.

Zakład Techniki Napędowej prowadzi prace badawczo-rozwojowe w zakresie napędów i przekładni oraz reduktorów i motoreduktorów dla wszystkich branż przemysłu, w tym m.in. dla mieszadeł zanurzalnych, homogenizatorów osadów i rotorów napowietrzających. Przykładem wdrożonego, innowacyjnego rozwiązania jest reduktor typu TA 2B dla napędu turbin w elektrowni Bełchatów.

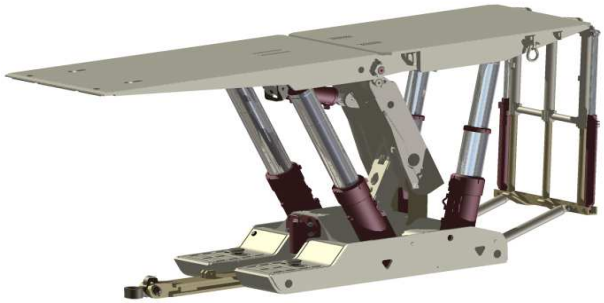
Zakład Transportu Pionowego opracowuje projekty i dokumentacje techniczne oraz prowadzi badania maszyn wyciągowych, wciągarek, kołowrotów i innych podzespołów, jak również urządzeń specjalnych transportu pionowego, układów hamulcowych oraz innych elementów wyposażenia i sterowania górniczych wyciągów szybowych. Przykładem innowacyjnego rozwiązania jest zespół ZSHP, który w ciągu ostatnich dziesięciu lat doczekał się ponad 40 wdrożeń.

Zakład Napędów i Systemów Sterowania prowadzi całokształt spraw związanych z projektami, badaniami napędów i systemów sterowania. Innowacyjne rozwiązanie wdrożone w ostatnim okresie to układ sterowania i napędu w lokomotywie elektrycznej trakcyjnej Ld-31EM.

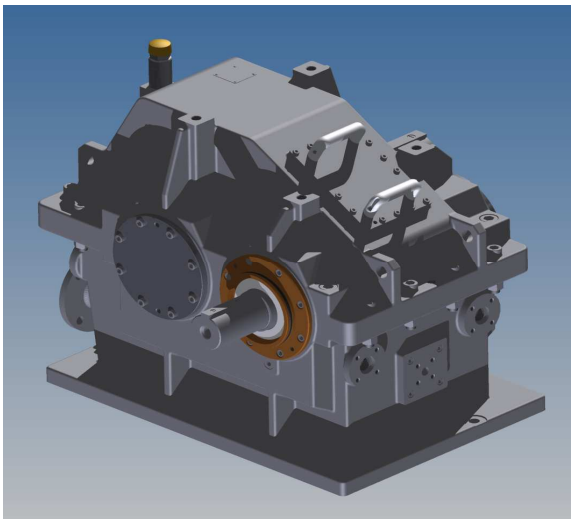
Zakład Systemów Przeróbczych prowadzi prace badawczo-rozwojowe w zakresie wzbogacania, klasyfikacji, kruszenia i transportu, projektując maszyny i urządzenia m.in. do przeróbki mechanicznej oraz instalacje do zagospodarowywania odpadów i produk-

Rys.8. Ramię R200N kombajnu ścianowego KSW-460NE produkcji Zabrzańskich Zakładów Mechanicznych S.A.

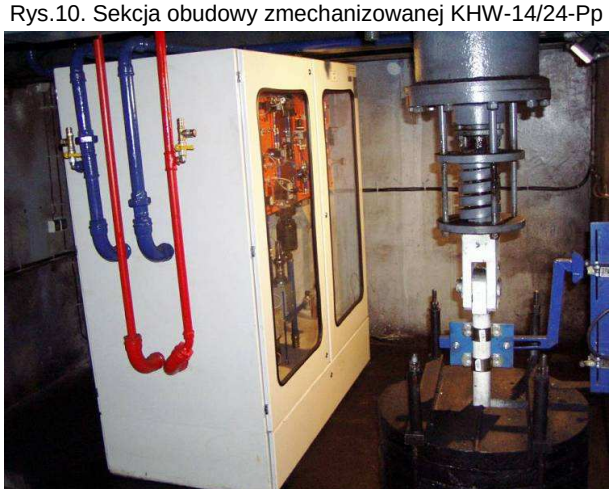
Rys.9. Lokomotywa PIOMA LDS 80 pracująca w LW Bogdanka S.A.



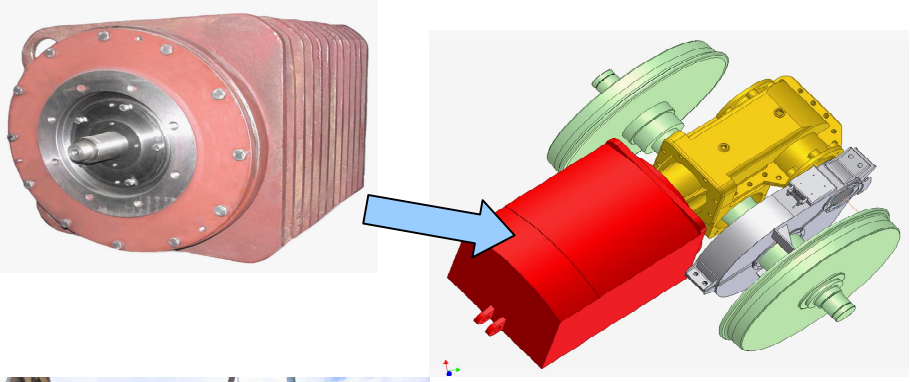
Rys.10. Sekcja obudowy zmechanizowanej KHW-14/24-Pp



Rys.11. Reduktor typu TA28 dla napędu turbin



Rys.12. Elektropneumatyczny zespół sterowania hamulców typu ZSHP

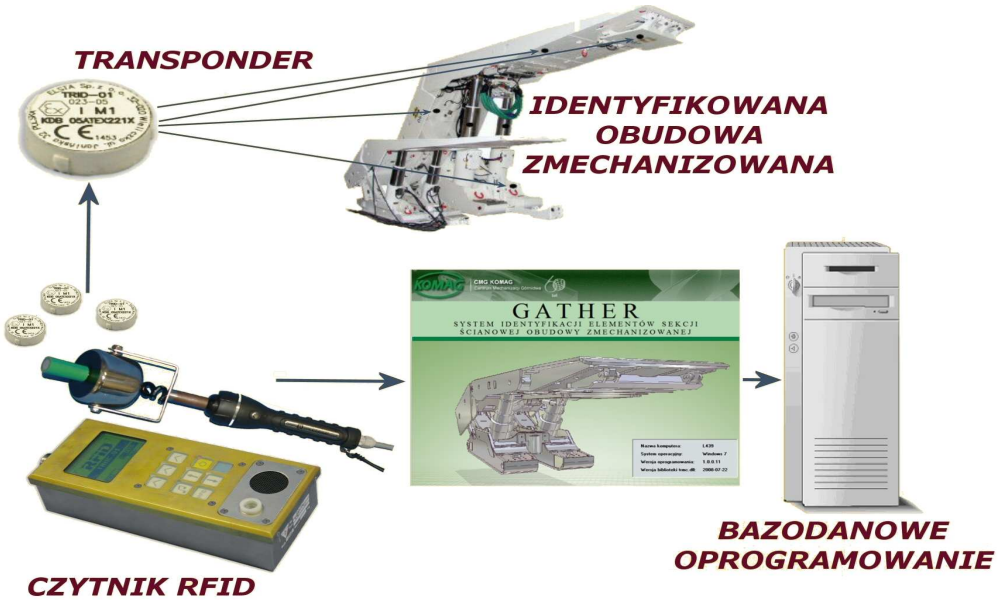


⬆ Rys.13. Zespół napędowy z silnikiem z magnesami trwałymi Popg-250L lokomotywy Ld-31EM

⬆ Rys.15. Urządzenie odpylające LDCU-630C

⬅ Rys.14. Klasyfikator pulsacyjny K-80 w Żwirowni Rokitno

⬇ Rys.16. System elektronicznej identyfikacji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej



cji biopaliw. Prowadzi również badania technologiczne, modelowe, laboratoryjne i przemysłowe. Przykładem opracowanego i wdrożonego rozwiązania jest klasyfikator pulsacyjny K-80.

Zakład Systemów Ekologicznych prowadzi prace badawczo-rozwojowe i wdrożeniowe w dziedzinie ochrony środowiska, tworząc technologie i instalacje ekologiczne, projektuje urządzenia i systemy odpylające, wykonuje pomiary środowiskowe oraz opracowuje programy i plany dotyczące ochrony środowiska. Wykonuje również specjalistyczne opracowania z zakresu ochrony powietrza, ochrony wód, rekultywacji terenów poprzemysłowych, utylizacji odpadów stałych i płynnych oraz wykorzystania odnawialnych źródeł energii. W ostatnich latach Zakład opracował urządzenia odpylające typu UO-630, UO-1000, DCU-600C, LDCU 630C i LDCU 800, które zostały wdrożone w kopalniach węgla kamiennego.

Zakład Systemów Mechatronicznych prowadzi prace badawczo-rozwojowe i wdrożeniowe związane z opracowaniem układów wizualizacji, monitoringu i automatyki przemysłowej dla maszyn, urządzeń i technologii oraz komputerowych aplikacji badawczych, komunikacyjnych, internetowych, jak również rozwiązań systemów sensorycznych. Do szczególnych osiągnięć Zakładu należy zaliczyć opracowanie i wdrożenie oprogramowania bazodanowego GATHER wchodzącego w skład systemu elektronicznej identyfikacji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej.

Zakład Wibroakustyki Stosowanej prowadzi prace badawczo-rozwojowe w dziedzinie wibroakustyki oraz opracowuje cyfrowe modele rozkładu pola akustycznego na terenach aglomeracji, ciągów komunikacyjnych i zakładów przemysłowych w aspekcie oddziaływania na środowisko. Zakład projektuje środki redukcji hałasu i drgań związanych z modernizacją obiektów kubaturowych, przygotowuje projekty zagospodarowania terenu oraz wykonuje kosztorysy i przedmiary robót. Przykładem wdrożenia innowacyjnego rozwiązania w zakresie zwalczania hałasu jest tłumik czerpni i wyrzutni powietrza współpracujący z wentylatorami dużej mocy.

Rys.17.Tłumik zabudowany na elewacji budynku nr VII w KWK „Jankowice”

2.4. Potencjał kadrowy

W bieżącym roku średnie zatrudnienie w KOMAG-u nie przekracza 245 osób.

Strukturę zatrudnienia można scharakteryzować w następujący sposób:

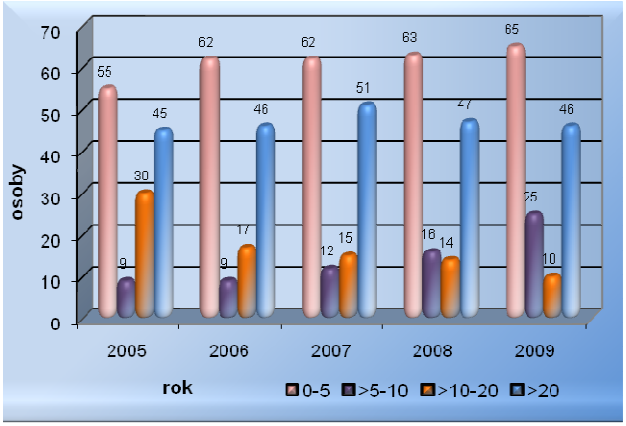
- pracownicy z wyższym wykształceniem - 72%
- pracownicy ze średnim wykształceniem - 21%
- pracownicy z wykształceniem zawodowym - 6%
- pracownicy z wykształceniem podstawowym - 1%

Kobiety stanowią 37% ogółu zatrudnionych.

Około 20% ogółu pracowników jest zatrudnionych na etatach naukowych.

W ostatnich latach nastąpiły istotne zmiany w strukturze zatrudnienia w wyniku przyjęcia do pracy młodych absolwentów wyższych uczelni o specjalnościach niezbędnych do realizacji strategicznych kierunków rozwoju KOMAG-u.

Obecnie Instytut dysponuje z jednej strony licznym gronem młodych, zdolnych i ambitnych pracowników, a z drugiej doświadczoną kadrą o stażu pracy wynoszącym ponad 20 lat (rys. 18).



Rys.18. Struktura zatrudnienia (w osobach) w latach 2005-2009 (stan na dzień 31.12.2009 r.) z uwzględnieniem stażu pracy w KOMAG-u (działalność B+R)

Rozwój naukowy pracowników jest istotnym priorytetem w strategii KOMAG-u.

Dobrze wykształcona kadra, kreatywnie podchodząca do problemów działalności innowacyjnej, decyduje o randze Instytutu. Funkcjonujący od 10 lat program rozwoju naukowego pracowników odgrywa istotną rolę w procesie budowy potencjału kadrowego. System grantów przedwstępnych, umożliwia wejście na ścieżkę rozwoju naukowego. Pod opieką Zespołu Doradców Dyrektora, w którego skład wchodzą profesorowie reprezentujący różne dziedziny nauki, młodzi pracownicy mogą sprecyzować cele, zakres i metodykę przyszłej pracy doktorskiej. Program seminariów naukowych tworzy platformę dyskusji i weryfikacji zamierzeń naukowych.

Kolejnym etapem rozwoju naukowego pracowników są granty doktoranckie realizowane na podstawie umowy zawartej pomiędzy doktorantem a Instytutem.

Pomoc merytoryczna i finansowa przynosi znaczące korzyści. W okresie ostatnich siedmiu lat dwudziestu pracowników KOMAG-u uzyskało stopień doktora, natomiast jeden pracownik otrzymał stopień doktora habilitowanego. Obecnie piętnastu pracowników realizuje prace doktorskie.

W 2010 roku uruchomiono w Instytucie kolejny etap działań w zakresie rozwoju naukowego pracowników, dotyczący usystematyzowania dorobku naukowego doktorów, umożliwiający w przyszłości uzyskanie przez nich stopnia doktora habilitowanego.

KOMAG pomaga również w uzupełnianiu wykształcenia (studia magisterskie, podyplomowe) oraz w podnoszeniu kwalifikacji i uprawnień (kursy, szkolenia).

3. Zintegrowany system zarządzania

Przyczyną wprowadzenia w KOMAG-u zintegrowanego systemu zarządzania była potrzeba zwiększenia skuteczności tego procesu.

Nowelizacja norm serii ISO 9000 spowodowała wdrożenie w Instytucie podejścia procesowego, co znacznie uprościło dotychczasowy system zarządzania.

Zintegrowany system zarządzania obejmuje:

- system zarządzania jakością według normy PN-EN ISO 9001:2009, obowiązujący w całym Instytucie,
- system zarządzania według normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005, obowiązujący w akredytowanych laboratoriach badawczych,
- system zarządzania według normy PN-EN 45011: 2000, obowiązujący w Zakładzie Badań Atestacyjnych Jednostce Certyfikującej.

Uzupełnieniem systemu zarządzania jest motywacyjny system płac pracowników oraz kadry kierowniczej. Uwzględnia on relacje przychodów i kosztów poszczególnych komórek organizacyjnych, promując w szczególności przekształcanie pomysłów w nowe produkty. Priorytet ten jest wspierany przez Komisję Prac Badawczych, dokonującą co miesiąc oceny wyników realizowanych prac naukowo-badawczych.

Obecnie prowadzone są prace, których celem jest wdrożenie procesu zarządzania projektami.

4. Współpraca z zagranicą

Od wielu lat KOMAG na szeroką skalę prowadzi współpracę z ponad pięćdziesięcioma jednostkami naukowo-badawczymi, uczelniami, przedsiębiorstwami i firmami z zagranicy.

Współpraca ta w szczególności dotyczy priorytetowych obszarów badawczych, wspieranych przez Unię Europejską w programach ramowych, takich jak: zdrowie, energia, nowe materiały i technologie informatyczne oraz ekologia.

Zasadniczym celem podejmowanych działań badawczych, związanych z realizacją podstawowych zadań strategicznych, jest integracja z Europejską Przestrzenią Badawczą w zakresie projektowania, badania oraz produkcji maszyn i urządzeń, jak również zwiększenie konkurencyjności polskich rozwiązań na rynku europejskim. O wysokiej pozycji naukowej Instytutu w Europejskiej Przestrzeni Badawczej świadczy uznanie KOMAG-u za Centrum Doskonałości V Programu Ramowego, w zakresie nowoczesnych i niezawodnych systemów mechanicznych przyjaznych dla człowieka i dla środowiska.

Doświadczenia zdobyte podczas realizacji tego projektu oraz pozyskani partnerzy, reprezentujący czołowe ośrodki europejskie, wywarli znaczący wpływ na tematykę prac naukowych i badawczych realizowanych przez KOMAG, związanych przede wszystkim z badaniami relacji człowiek–maszyna–środowisko oraz z rozwojem systemów mechanicznych nowej generacji.

Udział KOMAG-u w pracach międzynarodowych organizacji wzmacnia dodatkowo pozycję Instytutu w Europejskiej Przestrzeni Badawczej. Należy tu wymienić współpracę z Europejskim Stowarzyszeniem Jednostek Badawczych i Technicznych EARTO, Europejskim Stowarzyszeniem ds. Zarządzania Badaniami Przemysłowymi EIRMA, Europejskim Stowarzyszeniem Węgla Kamiennego i Brunatnego EUROCOAL oraz Europejską Radą ds. Zasobów Mineralnych EUROMINES.

Bardzo interesująco rozwija się współpraca w ramach Funduszu Badawczego Węgla i Stali.

Ciekawymi przykładami projektów badawczych obecnie realizowanych przez KOMAG są:

- i-Protect – Inteligentny system ochrony indywidualnej w szkodliwym środowisku pracy,
- OSTEOFORM–E – Nauczanie dla chirurgów, ortopedów i inżynierów biomechaników o postępowaniu w przypadkach złamań,
- ADRIS – Interaktywny układ drążenia chodników,
- EMIMSAR – Interaktywne wspomaganie informacji dla serwisantów maszyn, mające na celu poprawę warunków pracy i bezpieczeństwa z zastosowaniem technologii rozszerzonej rzeczywistości,
- MINFIREX – minimalizacja ryzyka i redukcja działania ognia oraz niebezpieczeństwa wybuchu w kopalniach węgla kamiennego,
- MINTOS – Zwiększenie niezawodności transportu w kopalniach.

Do istotnych działań KOMAG-u w zakresie współpracy międzynarodowej należy także organizowanie cyklicznych konferencji naukowo-technicznych i warsztatów, które są jednym z narzędzi przyczyniających się do rozwoju specjalistycznej wiedzy i promowania innowacji. Organizacja tego typu przedsięwzięć, ich tematyka, zbieżna z priorytetowymi kierunkami rozwoju wiedzy w Europie, udział wybitnych specjalistów z kraju i z zagranicy, kształtuje wizerunek KOMAG-u jako nowoczesnego instytutu naukowo-badawczego o znaczącej pozycji międzynarodowej i dużym znaczeniu dla rozwoju gospodarki opartej na wiedzy.

5. Rozwój Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w aspekcie potrzeb gospodarki opartej na wiedzy

Zmieniające się uwarunkowania gospodarcze, społeczne i ekonomiczne stawiają nowe wyzwania Instytutowi Techniki Górniczej KOMAG. Kluczowym czynnikiem, mającym wpływ na dalszy rozwój Instytutu, jest zrównoważony rozwój kopalń, celem bardziej bezpiecznego i bardziej efektywnego pozyskiwania surowców mineralnych, a szczególnie węgla kamiennego, strategicznego surowca niezbędnego do wytwarzania energii w naszym kraju.

Budowa gospodarki opartej na wiedzy wymagać będzie opracowania zintegrowanych technologii, istotnych z punktu widzenia poszczególnych sektorów przemysłu. Coraz powszechniej będą wprowadzane technologie zapewniające rentowność tego sektora, zwłaszcza w kontekście rosnących kosztów energii oraz w aspekcie ekologicznym.

Przyjęta w KOMAG-u zasada kreowania łańcucha wartości dodanej we wszystkich cyklach życia produktu, począwszy od jego ukształtowania według potrzeb rynkowych, poprzez projektowanie, konstruowanie, badanie, wytwarzanie, produkcję, eksploatację, dystrybucję i serwis, aż po utylizację, wymaga stosowania coraz bardziej wyrafinowanych technologii mechatronicznych, w tym: telekomunikacyjnych, informatycznych, diagnostycznych i robotyki.

Wdrażane będą również nowe metody organizacji produkcji i powszechnej aplikacji inżynierii wiedzy w procesach decyzyjnych. W zakresie tworzenia innowacyjnych technologii i środków technicznych, umożliwiających regularne, efektywne i bezpieczne gospodarowanie złożami węgla kamiennego, KOMAG prowadzić będzie ścisłą współpracę z jednostkami naukowymi, takimi jak m.in.: Politechnika Śląska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Główny Instytut Górnictwa oraz Instytut Technik Innowacyjnych EMAG. Istotną rolę będzie odgrywać szeroka współpraca z partnerami przemysłowymi w ramach umów dwustronnych, sieci naukowo-przemysłowych, platform technologicznych i centrów zaawansowanych technologii, w szczególności z sektorem małych i średnich przedsiębiorstw. Współpraca ta będzie realizowana przy wsparciu Polskiej Agencji Rozwoju Przemysłu oraz Naczelnej Organizacji Technicznej.

Program rozwoju KOMAG-u jest ukierunkowany na potrzeby gospodarcze, szczególnie producentów i użytkowników maszyn oraz urządzeń dla przemysłu wydobywczego. Priorytetowe kierunki rozwoju zawarto w „Programie strategicznym Instytutu Techniki Górniczej KOMAG na lata 2010-2020."

Do priorytetów strategicznych zaliczono:

- prowadzenie badań naukowych i prac badawczo-rozwojowych oraz konsultacji poprzedzających procesy legislacyjne o wysokiej użyteczności gospodarczej, technologicznej i społecznej,
- poszerzanie współpracy międzynarodowej w skali światowej w celu zwiększenia konkurencyjności wyników badań naukowych i prac rozwojowych,
- podnoszenie poziomu opracowywanych rozwiązań technologicznych i technicznych oraz zwiększenie zakresu komercjalizacji wyników prowadzonych prac,
- dalszy rozwój i aplikacja innowacyjnych rozwiązań technologicznych, technicznych i organizacyjnych celem zwiększenia efektywności procesów produkcji surowców mineralnych, przy jednoczesnym zwiększeniu bezpieczeństwa pracy systemów mechanicznych i mechatronicznych,
- ściślejsze zespolenie z Europejską Przestrzenią Badawczą,
- stymulowanie aktywności i mobilności pracowników Instytutu poprzez doskonalenie zintegrowanego systemu zarządzania.

Realizacja działań strategicznych ma na celu utrzymanie wysokiej pozycji KOMAG-u w Krajowej i Europejskiej Przestrzeni Badawczej oraz rozszerzenie współpracy z producentami oraz użytkownikami maszyn i urządzeń górniczych w zakresie rozwiązań technicznych i technologicznych, przyjaznych dla człowieka i dla środowiska.

*) *Fotografie i rysunki zaczerpnięte z materiałów archiwalnych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG*

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Dr inż. Włodzimierz MADEJCZYK
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Prace badawcze Laboratorium Badań Instytutu Techniki Górniczej KOMAG na rzecz poprawy bezpieczeństwa pracy w górnictwie

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

Laboratorium Badań jako jedno z pierwszych w kraju otrzymało akredytację Polskiego Centrum Badań w zakresie badań sekcji obudów zmechanizowanych i ich elementów. Niniejszy artykuł opisuje drogę rozwoju możliwości badawczych laboratorium. W artykule zaprezentowano bazę badawczą laboratorium oraz efekty realizowanych prac na rzecz bezpieczeństwa.

S u m m a r y

Testing Laboratory is one of the first organizations in Poland that got accreditation of the Polish Accreditation Committee for testing powered roof supports and their components. The paper describes history of extension of Laboratory's testing abilities. Laboratory's back-up facilities as well as the results of the projects aiming at improvement of work safety were presented.

1. Wprowadzenie

Jubileusz 60-lecia istnienia KOMAG-u nierozerwalnie wiąże się z rozbudową potencjału badawczego, w tym Laboratorium Badań.

W latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku powstał Zakład Techniki Pomiarowej, który w 1979 roku w wyniku reorganizacji, został przemianowany na Zakład Badań Obudów i Techniki Pomiarowej. Zakład realizował prace na stanowiskach badawczych zlokalizowanych na terenie KOMAG-u, lecz przede wszystkim prowadził badania i pomiary maszyn i urządzeń górniczych w podziemiach i na powierzchniach kopalń.

W 1980 roku rozpoczęto budowę nowej hali badawczej, w której zostały zlokalizowane dwa nowoczesne stanowiska badawcze do badań sekcji zmechanizowanej obudowy górniczej.

Pierwsze ze stanowisk badawczych pod nazwą „Stacja badań dynamicznych elementów i sekcji obudów dla pokładów tąpiących" zostało przekazane do eksploatacji 25 lutego 1985 roku, zaś drugie "Stacja prób obudów zmechanizowanych" w dniu 3 października tego samego roku.

Oddanie do eksploatacji unikalnych w skali światowej stanowisk badawczych zmieniło profil działalności laboratorium, stopniowo ograniczając prowadzenie badań i pomiarów przemysłowych, na rzecz badań sekcji obudów zmechanizowanych i ich elementów.

Opracowano metodyki prowadzenia badań w oparciu o dokument pod nazwą „Tymczasowe wymagania, wytyczne konstruowania oraz prowadzenia badań laboratoryjnych i prób eksploatacyjnych obudów zmechanizowanych dla dopuszczenia typu do produkcji i stosowania", zatwierdzony przez ówczesne Ministerstwo Górnictwa i Energetyki w grudniu 1984 r.

Równocześnie prowadzono prace adaptacyjne w kolejnej hali badawczej, które zaowocowały powstaniem w 1992 r. dalszych trzech stanowisk badawczych do badań stojaków, elementów maszyn i urządzeń górniczych oraz zaworów hydraulicznych.

Oprócz prowadzenia badań stanowiskowych Zakład Badań Obudów i Techniki Pomiarowej rozpoczął realizację prac atestacyjnych maszyn i urządzeń górniczych na rzecz producentów i użytkowników tych maszyn.

W 1990 roku nastąpiła kolejna zmiana nazwy zakładu, na Zakład Badań Atestacyjnych.

W 1992 r. rozpoczęto również prace nad wdrożeniem Systemu Jakości. 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 oraz Laboratorium Badań, które pod tymi nazwami funkcjonują do dnia dzisiejszego.

W 1995 r., jako jedno z pierwszych w kraju Laboratorium Badań otrzymało akredytację Polskiego Centrum Badań na badania sekcji obudów zmechanizowanych i ich elementów. Kolejne audity przedłużające akredytację oraz rozszerzające jej zakres odbyły się w latach 1998, 2001, 2005 oraz w 2009 r.

Zakres badań akredytowanych przez Polskie Centrum Akredytacji, zgodnych z normą PN-EN ISO/IEC 17025:2005, obowiązujący z dniem 22 stycznia 2010 r. obejmuje obecnie:

- badania funkcjonalne sekcji obudowy zmechanizowanej według PN-EN 1804-1: 2004,
- badania obciążeniowe sekcji obudowy zmechanizowanej według PN-EN 1804-1: 2004,
- sprawdzenie sekcji obudowy po badaniach obciążeniowych według PN-EN 1804-1: 2004,

- badania hydraulicznych elementów wykonawczych według PN-EN 1804-2: 2004,
- badania zaworów hydraulicznych według PN-EN 1804-3:2008,
- badania wyrobów konstrukcyjnych (pomiary wydłużeń względnych, przemieszczeń statycznych, ciśnień, siły metodą pomiarów bezpośrednich i pośrednich, natężenia przepływu) według procedury badawczej PB-DLB2/09,
- badania szczelności i wytrzymałości przewodów hydraulicznych według PN-EN ISO 1402: 2001,
- badania hydraulicznych rurociągów przesyłowych, ich elementów i armatury według PN-G-44001: 1998,
- badania stojaków ciernych według PN-G-15533: 1997,
- badania strzemion według PN-93/G-15000/02, 03, 10 oraz PN-G-15000-9: 1998,
- badania rozpór stalowych według PN-G-15000-7: 1996,
- badania siatek okładzinowych według PN-G-15050: 1996.

2. Baza badawcza

Realizacja prac naukowych i badawczych zmierzających do opracowania i wdrożenia maszyn i urządzeń, z uwzględnieniem poprawy bezpieczeństwa pracy w podziemiach kopalń możliwa jest dzięki ciągle rozwijanej i doskonalonej bazie badawczej oraz unowocześnieniu aparatury pomiarowej (rys. 1).

Laboratorium posiada kilka stanowisk, z których dwa są unikalne i umożliwiają wyznaczenie wytrzymałości sekcji obudowy zmechanizowanej oraz sprawdzenie ich funkcjonalności i kinematyki kilku sekcji.

Stanowisko do badań wytrzymałości obudów zmechanizowanych (rys. 2) umożliwia obciążanie siłą do 16 MN w płaszczyźnie pionowej oraz siłą do 4,5 MN w płaszczyźnie poziomej. Maksymalna odległość sztucznego stropu od spągu wynosi 4,8 m, a obciążenie sekcji obudowy może być wywołane aktywnie, ruchem stropu stanowiska lub biernie poprzez zasilenie zespołów hydrauliki siłowej sekcji cieczą o wysokim ciśnieniu.

Stanowisko do badań funkcjonalności sekcji obudowy zmechanizowanej (rys. 3) ma możliwość obciążenia siłą do 10 MN, przy maksymalnym kącie wychyłu stanowiska do 90^{o}. Maksymalna odległość między spągiem, a sztucznym stropem wynosi 4 m. Powierzchnia stropu wynosi 5 x 7,2 m, co umożliwia wykonywanie badań parametrów kinematycznych zestawów trzech sekcji obudowy o podziałce 1,5 m, współpracujących z przenośnikiem ścianowym oraz między sekcjami obudowy.

Stanowisko do badań wytrzymałościowych elementów maszyn i urządzeń górniczych (rys. 4) umożliwia prowadzenie badań statycznych i pulsacyjnych zespołów elementów obudowy, w tym elementów hydrauliki siłowej, tj.: stojaki, podpory i siłowniki pomocnicze, podlegających obciążeniom rozciągającym, ściskającym, zginającym lub złożonym. Stanowisko posiada dwa poziomy badawcze, o odległości między nimi wynoszącej 1,6 m. Maksymalne obciążenie statyczne obiektu badanego wynosi 12 MN, maksymalny rozstaw trawers wynosi 7,0 m.

Kolejne **stanowisko do badań stojaków** (rys. 5) umożliwia wyznaczenie charakterystyk podatności stojaków i siłowników, wytrzymałości statycznej i zmęczeniowej przy ciśnieniu pulsacyjnym. Stanowisko umożliwia również wywoływanie obciążeń dynamicznych za pomocą generatora, z użyciem materiałów wybuchowych. Ten sposób generowania obciążeń dynamicznych umożliwia uzyskanie dużych prędkości narastania obciążenia i charakteryzuje się brakiem dynamicznego oddziaływania na środowisko. Maksymalna wartość obciążenia, jaką można uzyskać na stanowisku wynosi 8 MN. Na stanowisku można badać stojaki w zakresie długości do 4,8 m.

Do badania hydraulicznych elementów sterowniczych i zabezpieczających siłowników hydraulicznych, o mniejszych gabarytach, służy **stanowisko do badania zaworów**. Na stanowisku można prowadzić badania statyczne, dynamiczne i pulsacyjne. Obciążenie dynamiczne zaworów upustowych (przelewowych) wywołane jest przez swobodny spadek masy na siłownik wzorcowy, do którego podłączony jest badany zawór. Maksymalne obciążenie stanowiska wynosi 0,8 MN.

Wszystkie stanowiska Laboratorium Badań wyposażone są w wielokanałową aparaturę pomiarowo-rejestrującą odkształcenia, ciśnienia, siły, przemieszczenia oraz inne parametry wielkości fizycznych (rys. 6).

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

W ramach funduszy strukturalnych przeprowadzono prace modernizacyjne mające na celu unowocześnienie stanowisk badawczych.

Zakres wykonanych prac modernizacyjnych dotyczył:

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

– modernizacji układów hydraulicznych i sterowania stanowisk do badań sekcji obudów zmechanizowanych oraz do badań elementów maszyn i urządzeń górniczych.

Przeprowadzone modernizacje stanowiska do badań wytrzymałości sekcji obudów zmechanizowanych pozwoliły na poprawę jakości i obniżenie kosztów prowadzonych badań oraz wzmocnienie pozycji Laborato-

Rys.1. Zestaw aparatury do pomiaru i rejestracji przebiegów statycznych i szybkozmiennych [fot. KOMAG]

Rys.2. Stanowisko do badań wytrzymałości sekcji obudowy zmechanizowanej [fot. KOMAG]

Rys.4. Stanowisko do badań wytrzymałościowych elementów maszyn i urządzeń górniczych [fot. KOMAG]

Rys.3. Stanowisko do badań funkcjonalności sekcji obudowy zmechanizowanej [fot. KOMAG]

ratorium Badań jako wiodącego laboratorium w dziedzinie badań sekcji obudów i ich elementów hydrauliki siłowej i sterowniczej w Europie.

Nowoczesny system sterowania stanowisk do badań sekcji obudów zmechanizowanych i do badań ich elementów pozwala na pełne monitorowanie pracy stanowiska i zapis wszystkich cykli badawczych w odpowiednich plikach tekstowych.

Rys.5. Stanowisko do badań stojaków [fot. KOMAG]

Modernizacja pozwoliła na zwiększenie liczby realizowanych usług poprzez skrócenie czasu badań, zwiększyła pewność stanowiska, a w konsekwencji doprowadziła do polepszenia rytmiczności prowadzonych badań.

Zdobyte doświadczenia pozwolą w przyszłości na dalsze rozbudowanie systemu sterowania oraz pełną wizualizację prowadzonych badań na innych stanowiskach badawczych.

3. Wybrane prace badawcze na rzecz bezpieczeństwa

Niezależnie od wymienionych w rozdziale 1 badań akredytowanych na potrzeby atestacji i certyfikacji, w Laboratorium Badań prowadzi się badania sekcji obudowy przeznaczonych do ewentualnego remontu. Celem tych badań jest uzyskanie wyników, na podstawie których można określić zakres remontu doprowadzającego sekcje obudowy zmechanizowanej do zgodności z wymaganiami, określonymi w Załączniku nr 4 do Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. Dz.U. Nr 139, poz. 1169 z późniejszymi zmianami.

W minionych latach Laboratorium Badań zrealizowało szereg prac badawczo-naukowych z obszaru swojej działalności, z których wybrane przedstawiono poniżej.

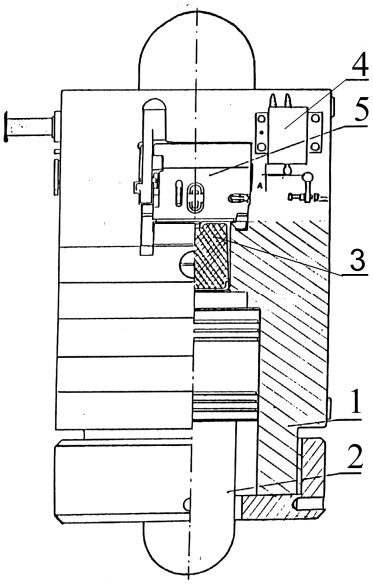
Rys.6. Wielopunktowy system pomiarowy do pomiarów i rejestracji wydłużeń względnych, przemieszczeń i ciśnień [fot. KOMAG]

Ważnym wkładem do poznania przebiegu narastania ciśnienia w stojakach była praca pt. *„Symulacja obciążeń dynamicznych występujących podczas tąpań w podporach hydraulicznych”* (rys. 7). Wyniki badań zamieszczono w publikacjach [1, 11]. W pracy tej wykazano możliwość i celowość zastosowania metody badania stojaków hydraulicznych udarem siły wywołanej zastosowaniem materiału wybuchowego.

Opracowano metodykę badań dynamicznych stojaków sekcji zmechanizowanej obudowy ścianowej, która w szerokim zakresie odzwierciedla wszystkie, niekorzystne zjawiska występujące podczas obciążania stojaka w wyniku wstrząsu górotworu, tąpnięcia lub innych czynników, zarówno naturalnych jak i wynikających z prowadzonej działalności eksploatacyjnej. Istotną częścią pracy były badania stojaków z zaworami upustowymi.

Na podstawie przeprowadzonych badań wyznaczono energię sprężystą przejętą przez stojak, a następ-

nie, po analizie, opracowano metodykę prowadzenia badań dynamicznych stojaków sekcji obudowy ścianowej.

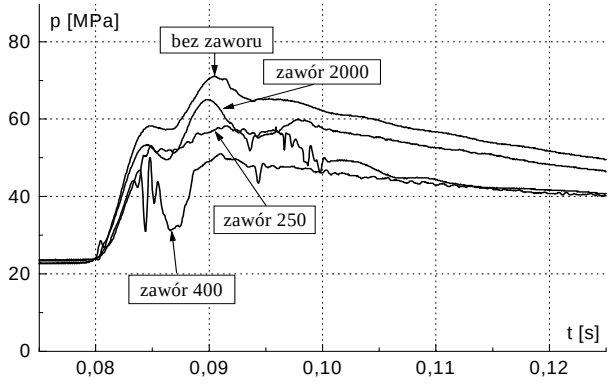


Rys.7. Schemat generatora obciążeń dynamicznych [9]
1 – korpus, 2 – tłok, 3 – łuska, 4 – urządzenie spustowe, 5 - zamek

Analiza uszkodzeń sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej powstałych w wyniku dynamicznego oddziaływania górotworu wykazała, że elementami najczęściej ulegającymi uszkodzeniom są stojaki hydrauliczne.

Kolejne prace badawczo-naukowe związane z upodatnieniem, mającym na celu przystosowanie stojaków do przejęcia dodatkowego obciążenia wynikającego z dynamicznego oddziaływania górotworu realizowano w pracy pt. *„Określenie możliwości przystosowania stojaków z wierconymi wzdłużnie kanałami zasilającymi ich cylindry i rdzenniki do przejmowania obciążeń dynamicznych”.* Wyniki badań zamieszczono w publikacjach [3, 4, 6, 10].

Analiza teoretyczna układów stojaków, z zaproponowanymi sposobami zabezpieczeń, oraz badania stanowiskowe pozwoliły na dobór najkorzystniejszych elementów upodatniających stojak celem minimalizacji jego przeciążenia (rys. 8).

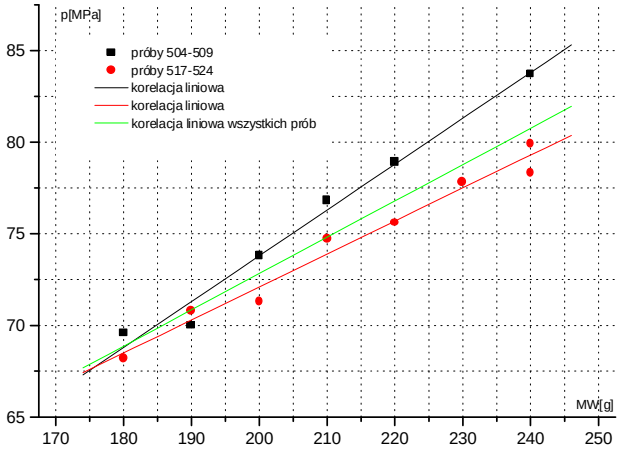


Rys.8. Przebiegi ciśnienia w funkcji czasu w stojaku Φ210 podczas obciążenia dynamicznego z użyciem MW, upodatnionego za pomocą zaworów upustowych o różnej przepustowości [10]

Zapotrzebowanie górnictwa na tanie powłoki nowej generacji, o nowych cechach było inspiracją do realizacji projektu badawczo-rozwojowego pt. „Badania technologiczne nad nowymi powłokami”, którego efektem była praca pt. *„Elektrochemiczne otrzymywanie powłok mosiężnych o specjalnych właściwościach i przeznaczeniu”*. Wyniki badań zamieszczono w publikacji [2].

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.

Kolejna praca pt. ”*Określenie zmiany charakterystyki pracy generatora obciążeń dynamicznych przy użyciu materiałów wybuchowych mogących odzwierciedlić najczęściej spotykane rzeczywiste warunki obciążeń dołowych”* miała na celu określenie współpracy generator-stojak hydrauliczny z zastosowaniem nowych materiałów wybuchowych typu Bazalt. Pracę tę wykonano w ramach zadania pt. „Rozwój metodyki badań dynamicznych stojaków hydraulicznych” (rys. 9). Wyniki badań zamieszczono w publikacji [5] oraz w sprawozdaniu z badań [7].



Rys.9. Stojak ϕ 250 mm. Wykresy korelacji liniowych dla prób dynamicznych z materiałem wybuchowym typu BAZALT [7]

Materiały wybuchowe o nazwie BAZALT różnią się od dotychczas używanych kalorycznością (4455,9 J) oraz dłuższym czasem spalania i odmiennym kształtem. Materiał wybuchowy testowano w celu odzwierciedlenia warunków dołowych pracy obudowy zmechanizowanej występujących podczas obciążeń dynamicznych.

Usystematyzowaniem i analizą wyników badań zaworów upustowych pod obciążeniami dynamicznymi metodą wybuchową wykonanych w Laboratorium Badań zajęto się w pracy pt. ”*Analiza współpracy zaworów upustowych ze stojakami pod obciążeniami dynamicznymi wywołanymi metodą wybuchową”* (rys. 10*).*

Rys.10. Widok zaworów upustowych [10]

1 – 2000 l.min^{-1}, 2 - 1350 l.min^{-1}, 3 - 400 l.min^{-1}, 4 – 250 l.min^{-1}, 5 – 4700 l.min^{-1}

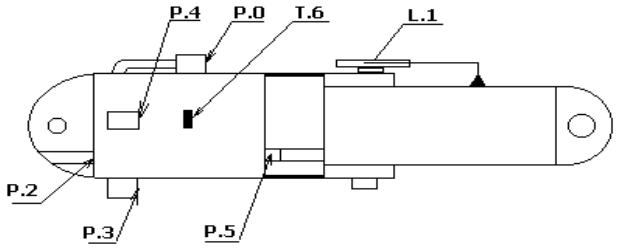
Wyniki badań zamieszczono w sprawozdaniu z badań [8].

Wyniki skatalogowano według typu zaworu upustowego. Po skatalogowaniu dokonano analizy wyników. Zakres pracy obejmował analizę porównawczą wyników dla:

- zmiennych czasów narastania obciążenia dynamicznego,
- zmiennego współczynnika dynamicznego (amplifikacji ciśnienia w pierwszym piku obciążenia),
- ciśnień końcowych pozostających w stojaku po próbie dynamicznej,
- czasu trwania dynamicznych zmian ciśnienia w stojaku,
- zmiany pojemności przestrzeni zabezpieczonej zaworem.

Zagrożenie wstrząsami górotworu wymusiło konieczność przystosowania konstrukcji stojaka hydraulicznego sekcji obudowy ścianowej do przejmowania zwiększonych obciążeń dynamicznych. Wykonanie i badanie prototypów stojaków hydraulicznych na stanowiskach badawczych jest jednak bardzo kosztowne. Dlatego też, opracowano metodę symulacji komputerowej, która pozwoli na obniżenie kosztów projektowania poprzez redukcję liczby badań stanowiskowych.

W ramach prac: „*Symulacja komputerowa obciążenia dynamicznego stojaka hydraulicznego. Weryfikacja badań symulacyjnych w warunkach laboratoryjnych*” oraz „*Identyfikacja obciążenia dynamicznego stojaka hydraulicznego*”, pokazany został proces tworzenia zadania obliczeniowego, wyniki obliczeń numerycznych oraz wstępna weryfikacja badań symulacyjnych w warunkach laboratoryjnych. Przedstawiono przebieg i wyniki dynamicznych badań przeprowadzonych na stanowisku badawczym dla stojaka z kilkoma punktami pomiaru ciśnienia. Obiektem badań był stojak hydrauliczny sekcji obudowy zmechanizowanej wyposażony w dodatkowe przyłącza i kanały pomiarowe. Zastosowana metoda badań pozwoliła na znacznie lepsze poznanie zjawisk zachodzących w cieczy hydraulicznej w stojaku podczas obciążeń dynamicznych oraz na podjęcie prób identyfikacji obciążenia dynamicznego stojaka w wyniku komputerowych badań modelowych (rys. 11). Wyniki badań zamieszczono w publikacji [12].



Rys.11. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych na stojaku hydraulicznym [12]

4. Podsumowanie

W okresie minionych 25 lat, na stanowiskach badawczych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG zrealizowano badania około 300 typów sekcji obudów zmechanizowanych oraz 1100 typów stojaków i siłowników hydraulicznych.

Zleceniodawcami tych badań byli przede wszystkim krajowi producenci sekcji obudów i hydrauliki, tacy jak np.: FAZOS S.A., GLINIK S.A., PIOMA S.A., TAGOR S.A., jak również producenci, którzy od niedawna weszli na rynek np.; ZZM S.A., DOZUT-TAGOR sp. z o.o.

Znaczącą rolę w zlecaniu badań zajmują kontrahenci zagraniczni. Na przestrzeni ostatnich kilku lat Laboratorium Badań wykonało badania dla Klientów z Ukrainy, Iranu, Białorusi oraz z Wielkiej Brytanii. Od 20 lat stałym zleceniodawcą na kompleksowe badania sekcji obudowy zmechanizowanej, w tym również na badania elementów hydrauliki siłowej i sterowniczej jest kontrahent z Hiszpanii. W ostatnim okresie rozwinęła się współpraca z firmami z USA, dla których przeprowadzono badania sekcji obudowy zmechanizowanej nowych przeznaczonych na rynek amerykański według wymagań CONSOL, jak również badania sekcji wcześniej eksploatowanych w celu potwierdzenia ich dalszej użyteczności.

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

Oprócz badań elementów obudowy ścianowej w ostatnich latach zrealizowano kilkaset prac badaw-

czych w nowych obszarach badawczych Laboratorium Badań, dotyczących między innymi badań: hydraulicznych rurociągów, stojaków ciernych, strzemion, rozpór stalowych, siatek okładzinowych zgrzewanych oraz drewnianej obudowy kasztowej (rys. 12). Badania te zrealizowano dla producentów i użytkowników krajowych.

Rys.12. Widok obudowy kasztowej w stanowisku badawczym [fot. KOMAG]

Działania Laboratorium Badań związane z unowocześnianiem bazy badawczej i pomiarowej pozwalają na ciągły rozwój prac badawczych zmierzających do opracowania i wdrożenia maszyn i urządzeń, z uwzględnieniem poprawy bezpieczeństwa pracy w podziemiach kopalń.

Literatura

1. Bomersbach G., Madejczyk W.: Metodyka stanowiskowych badań dynamicznych stojaków hydraulicznych jako próba odzwierciedlenia najniekorzystniejszych obciążeń dołowych, występujących podczas wstrząsu górotworu. Międzynarodowa Konferencja GÓRNICTWO 2000, tom II, Szczyrk, 1999.
2. Gnot W., Szostek L.: Specyficzne struktury powłokowe do eksploatacyjnego i antykorozyjnego zabezpieczania urządzeń w warunkach górniczych. Ochrona Przed Korozją nr 12, 1999.
3. Madejczyk W.: Określenie możliwości zwiększenia odporności stojaków hydraulicznych dwuteleskopowych obudowy Glinik-066/16 i Glinik-08/22 na obciążenia wynikające ze wstrząsów górotworu. Konferencja Cylinder 2001, Szczyrk.
4. Madejczyk W.: Prognozowanie obciążeń stojaków hydraulicznych dwuteleskopowych obudów Glinik-066/16 oraz Glinik-08/22 wskutek wstrząsu górotworu i dobór zabezpieczeń. Maszyny Górnicze nr 89, 2002.
5. Madejczyk W.: Symulacja obciążeń dynamicznych stojaków hydraulicznych metodą wybuchową – rozwój metody. Maszyny Górnicze nr 85, 2001.
6. Madejczyk W., Tokarczyk J.: Analiza wytrzymałości cylindrów stojaków dwuteleskopowych z wierconymi wzdłużnie otworami. Maszyny Górnicze nr 93, 2003.
7. Sprawozdanie nr 6/DLB-2/2000: „Określenie zmiany charakterystyki pracy generatora obciążeń dynamicznych przy użyciu materiałów wybuchowych mogących odzwierciedlić najczęściej spotykane rzeczywiste warunki obciążeń dołowych". Laboratorium Badań CMG KOMAG, październik 2000 r. – materiały nie publikowane.
8. Sprawozdanie nr 43/DLB-2/2000:s „Analiza współpracy zaworów upustowych ze stojakami pod obciążeniami dynamicznymi wywołanymi metodą wybuchową". Laboratorium Badań CMG KOMAG, grudzień 2000 r. – materiały nie publikowane.
9. Sprawozdanie z pracy naukowo-badawczej, praca zbiorowa pod kierunkiem R.Krzewińskiego: „Rozwój metod i urządzeń do badań dynamicznych obudów zmechanizowanych do pokładów tąpiących. Etap II. Badania taryfikacyjne stanowiska". WAT, Warszawa, 1988 – materiały nie publikowane.
10. Stoiński K., Madejczyk W.: Stojaki dwuteleskopowe z wierconymi płaszczami cylindrów. Seria: Prace naukowe – Monografie CMG KOMAG, Monografia nr 6, Gliwice 2004.
11. Szuścik W., Bomersbach G.: Symulacja obciążeń dynamicznych w stojakach hydraulicznych. Prace naukowe – Monografie CMG KOMAG, Monografia nr 5, Gliwice 2004.
12. Szyguła M., Mazurek K., Madejczyk W.: Identyfikacja obciążenia dynamicznego stojaka hydraulicznego. Maszyny Górnicze nr 1, 2006.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr inż. Włodzimierz Sikora

Mgr inż. Łukasz ORZECH
Mgr inż. Marcin TALAREK
Mgr inż. Andrzej NIEDWOROK
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Możliwości badawcze Laboratorium Badań Stosowanych

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

Laboratorium Badań Stosowanych uzyskało akredytację Polskiego Centrum Akredytacji na badania związane z procesem certyfikacji w zakresie dyrektyw: Maszynowej, ATEX i Niskonapięciowej. Niniejszy artykuł prezentuje proces rozszerzania możliwości badawczych laboratorium o badania parametrów energoelektronicznych systemów napędowych, badania wibroakustyczne, elektryczne jak również niestandardowe badania doświadczalne.

S u m m a r y

Laboratory of Applied Tests has got accreditation of the Polish Accreditation Committee for testing carried out in the certification process in the range of the following Directives: Machinery Directive, ATEX Directive and Low Voltage Directive. The paper describes the process of extension of Laboratory's abilities by testing power-electronic parameters of drive systems, vibroacoustic tests, electric tests as well as other tests.

1. Wprowadzenie

Laboratorium Badań Stosowanych powstało w 2001 roku poprzez wydzielenie z Laboratorium Badań części zakresu badań i pomiarów wspomagających prowadzenie prac naukowych, rozwojowych i przemysłowych. Początkowo laboratorium zapewniało zaplecze badawcze na potrzeby realizacji prac naukowo-badawczych z obszaru procesów mechanizacyjnych prowadzonych w KOMAG-u, jak również prowadzenie badań na potrzeby certyfikacji wyrobów i związanych z nimi badań bezpieczeństwa pracy, a także ochrony środowiska naturalnego.

Z czasem zakres prac badawczych był systematycznie rozszerzany o badania parametrów energoelektronicznych systemów napędowych, badania wibroakustyczne, elektryczne jak również niestandardowe badania doświadczalne. W 2005 roku Laboratorium uzyskało akredytację Polskiego Centrum Akredytacji na badania związane z procesem certyfikacji w zakresie Dyrektyw: Maszynowej, ATEX i Niskonapięciowej.

Obecnie akredytowane Laboratorium Badań Stosowanych dysponuje specjalistycznym wyposażeniem badawczo-pomiarowym, umożliwiającym prowadzenie badań naukowych, z zakresu ergonomii i funkcjonalności oraz bezpieczeństwa użytkowania wyrobów oraz realizację badań i pomiarów z zakresu szeroko pojętych badań przemysłowych, doświadczalnych, prototypowych, jak i odbiorczych.

2. Rozwój infrastruktury i potencjału badawczego akredytowanego Laboratorium

2.1. Akredytacja Polskiego Centrum Akredytacji

Akredytacja pełni bardzo ważną rolę na rzecz konsumentów i przemysłu. Jest ona dowodem formalnego uznania przez upoważnioną jednostkę akredytującą kompetencji organizacji działających w obszarze oceny zgodności. Akredytacja służy budowaniu i umacnianiu zaufania do wyników badań.

Akredytacja wpływa na poprawę jakości wyrobów i usług, kompetencji personelu oraz podnosi wiarygodność wyników certyfikacji wyrobów. Jest także mechanizmem zapewniającym publiczne zaufanie do działań, istotnych z punktu widzenia wpływu na zdrowie, bezpieczeństwo i środowisko [2].

POLSKIE CENTRUM AKREDYTACJI
POLISH CENTRE FOR ACCREDITATION
PCA
Sygnatariusz EA MLA
EA MLA Signatory
CERTYFIKAT AKREDYTACJI
LABORATORIUM BADAWCZEGO
ACCREDITATION CERTIFICATE OF TESTING LABORATORY
Nr AB 665
Potwierdza się, że: / This is to confirm that:
CENTRUM MECHANIZACJI GÓRNICTWA „KOMAG"
LABORATORIUM BADAŃ STOSOWANYCH
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice
spełnia wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005
meets requirements of the PN-EN ISO/IEC 17025:2005 standard
Akredytowana działalność jest określona w Zakresie Akredytacji Nr AB 665
Accredited activity is defined in the Scope of Accreditation No AB 665
Akredytacja pozostaje w mocy pod warunkiem przestrzegania wymagań jednostki akredytującej określonych w kontrakcie Nr AB 665
This accreditation remains in force provided the Laboratory observes the requirements of Accreditation Body defined in the Contract No AB 665
Certyfikat akredytacji ważny do dnia 20.11.2009 r.
The certificate of accreditation is valid until 20.11.2009
Akredytacji udzielono dnia 21.11.2005 r.
Accreditation was granted on 21.11.2005
DYREKTOR
POLSKIEGO CENTRUM AKREDYTACJI
KAROL HAUPTMANN
Warszawa, dnia 8 lutego 2007 roku

Rys.1. Certyfikat akredytacji Laboratorium Badań Stosowanych

W 2004 roku podjęto decyzję o przygotowaniu Laboratorium Badań Stosowanych do procesu jego akredytacji przez Polskie Centrum Akredytacji. Z uwagi na fakt, iż w Instytucie KOMAG, od lat funkcjonował System Zarządzania Jakością oparty o normę PN-EN ISO 9001 [17], przygotowano dokumentację systemową na bazie PN-EN ISO/IEC 17025 [18], umożliwiającą integrację obu systemów (rys. 1).

Efektem podjętych działań było uzyskanie przez Laboratorium Badań Stosowanych akredytacji o nr AB 665, której zakres można znaleźć na stronie internetowej: www.komag.eu/laboratorium lub na stronie Polskiego Centrum Akredytacji. System szkoleń pracowników, ich doświadczenie, wykształcenie oraz przygotowanie merytoryczne pozwoliły na sprawne przygotowanie i weryfikację oraz walidację dokumentacji oraz procedur badawczych opartych o polskie i europejskie normy oraz inne akty wykonawcze i prawne, stosowane w badaniach i pomiarach.

W ramach realizowanych badań akredytowanych, laboratorium organizuje badania międzylaboratoryjne w zakresie badań właściwości elektrostatycznych materiałów. W badaniach biorą udział renomowane jednostki badawcze: Physical-Technical Testing Institute z Ostravy-Radvanic, Główny Instytut Górnictwa z Katowic, Instytut Przemysłu Organicznego z Warszawy oraz partnerzy z przemysłu: Minova Ekochem S.A.

2.2. Badania napędów elektrycznych

Laboratorium Badań Stosowanych stale poszerza swoje możliwości badawcze poprzez inwestycje ze środków własnych oraz Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, jak również funduszy strukturalnych. W przeciągu ostatnich kilku lat, wzbogacono bazę badawczą laboratorium o nowe stanowiska badawcze, jak również sprzęt pomiarowy najwyższej jakości. Przeprowadzono modernizację hal badawczych w zakresie zasilania elektrycznego, co umożliwiło znaczące rozszerzenie możliwości badawczych laboratorium.

Dzięki pozyskanym środkom w ramach Sektorowego Programu Operacyjnego „Wzrost konkurencyjności Przedsiębiorstw" laboratorium zmodernizowało stanowisko do badań napędów energoelektronicznych, zwiększając moc hamowni do 220 kW oraz umożliwiając zasilanie badanych obiektów napięciami od 127 V do 3,3 kV (rys. 2). Ponadto, zakupiono aparaturę umożliwiającą pomiary parametrów elektrycznych dla sygnałów odkształconych oraz ich weryfikację poprzez rzeczywisty pomiar parametrów ruchowych, tj.: moment obrotowy (do 2 kNm) oraz prędkość obrotową.

2.3. Badania z zakresu dyrektywy ATEX oraz dyrektywy Niskonapięciowej

W 2005 roku Laboratorium, zrealizowało inwestycję w postaci budowy stanowisk badawczych i zakupu

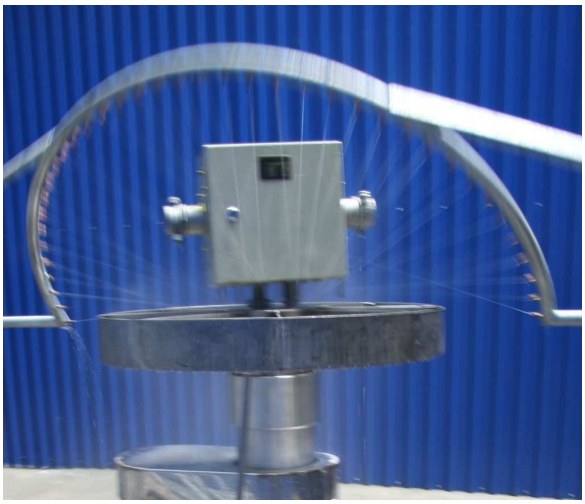
Rys.2. Stanowisko do badań napędów elektrycznych [źródło: fot. KOMAG]

odpowiedniej aparatury pomiarowej, służącej do prowadzenia badań związanych z Dyrektywą 94/9/WE (ATEX) oraz 2006/95/WE (LVD). Konsekwencją tej inwestycji, jest wyposażenie laboratorium w unikatowe stanowiska badawcze, niejednokrotnie wykonywane na specjalne zamówienie KOMAG-u. Warto nadmienić, że całość dokumentacji technicznej (założenia, dane wejściowe, dokumentacja wykonawcza), została opracowana przez pracowników KOMAG-u. Efektem realizacji wspomnianej inwestycji, są urządzenia i stanowiska badawcze, które umożliwiają następujące pomiary:

- temperatury powierzchni materiałów, gazów i cieczy,
- iskrobezpieczeństwa obwodów według normy PN-EN 60079-11 [19],
- testy klimatyczne, umożliwiające kondycjonowanie wielkogabarytowych obiektów badań w zakresie temperatur od -40℃ do +80℃ i wilgotno ści względnej powietrza od 10% do 98%, według norm: PN-EN 60068-2-1 [9], PN-EN 60068-2-2 [10] oraz PN-EN 60068-2-78 [11].
- badania stopnia ochrony przed wnikaniem ciał stałych i wody (kod IP) według norm: PN-EN 60529 [14] oraz PN-EN 60034-5 [8] (rys. 3),
- parametrów rezystancyjnych oraz elektryzacji (wielkości ładunku odłożonego na powierzchni) materiałów niemetalowych stosowanych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem; wykonanie badań według PN-EN 13463-1 [5] wymaga wcześniejszego kondycjonowania próbek przeznaczonych do badań, co realizowane jest w komorze klimatycznej; pomiar parametrów rezystancyjnych (rezystancja powierzchniowa, skrośna i między punktami) reali-

zowane za pomocą specjalnych znormalizowanych sond pomiarowych lub elektrod opisanych w PN-EN 61340-2-3 [15],

- wytrzymałości prądowej urządzeń oraz realizowanych przy tej okazji, pomiarów temperatury podczas nagrzewania się podzespołów,
- wielkości mechanicznych, takich jak: moment skręcający realizowany kluczami dynamometrycznymi wyposażonymi w dedykowaną aparaturę do ich wzorcowania, których pomiary opisano w PN-EN 60079-0 [12],
- starzenia elastomerów według PN-EN 60079-0 [12]; badania wymagają wcześniejszego kondycjonowania próbek, co realizowane jest w komorze klimatycznej o mniejszych wymiarach komory roboczej posiadającej parametry suszarki (temperatura od -70℃ do +180℃ i wilgotno ści względnej powietrza od 10% do 98%),
- parametrów elektrycznych będących celem pomiarów właściwych, jak i parametrami uzupełniającymi inne badania (rezystancja izolacji, wytrzymałość izolacji, udar napięciowy, natężenie prądu, napięcie, itp.).



Rys.3. Stanowisko do badań wodnych stopnia ochrony obudowy IP [źródło: fot. KOMAG]

2.4. Badania z obszaru wibroakustyki

W 2004 roku, w oparciu o potrzeby rynkowe Laboratorium podjęło decyzję o rozwoju kierunku badań związanych z pomiarami drgań oraz hałasu. Zakupiono rozbudowany zestaw aparatury do badań wibroakustycznych, przenośny miernik poziomu dźwięku i drgań mechanicznych oraz mobilny wielokanałowy system rejestracji i diagnostyki wibroakustycznej zawierający również dwumikrofonową sondę natężeniową. Nowa aparatura pomiarowa umożliwiła profesjonalne wykonywanie pomiarów hałasu komunikacyjnego, przemysłowego oraz drgań i hałasu na stawiskach pracy, a duże zapotrzebowanie rynku na wyżej wymienione pomiary skutkuje dalszym rozwojem zaplecza badawczego w dziedzinie wibroakustyki.

Obecnie Laboratorium posiada kilka kompletnych, mobilnych zestawów pomiarowych do całodobowych pomiarów hałasu, z możliwością sekundowej rejestracji parametrów szerokopasmowych, oktawowych, tercjowych oraz FFT. Oprogramowanie, w które wyposażona jest aparatura, umożliwia szybką i specjalistyczną analizę wyników pomiarów w czasie rzeczywistym oraz w trybie „off line".

2.5. Badania hydrauliki siłowej

W ramach pozyskanych funduszy strukturalnych zmodernizowano także stanowisko do wysokociśnieniowych badań hydraulicznych, umożliwiające kompleksowe badania hamulców hydraulicznych oraz innych maszyn i urządzeń o dużych przepływach medium olejowego, zasilanych ciśnieniem do 30 MPa (rys. 4). Automatyczne sterowanie i jednoczesna rejestracja wielu wielkości pomiarowych, umożliwia dokładną analizę zjawisk występujących w badanych obiektach oraz ich modyfikację, celem zwiększenia efektywności parametrów ruchowych.

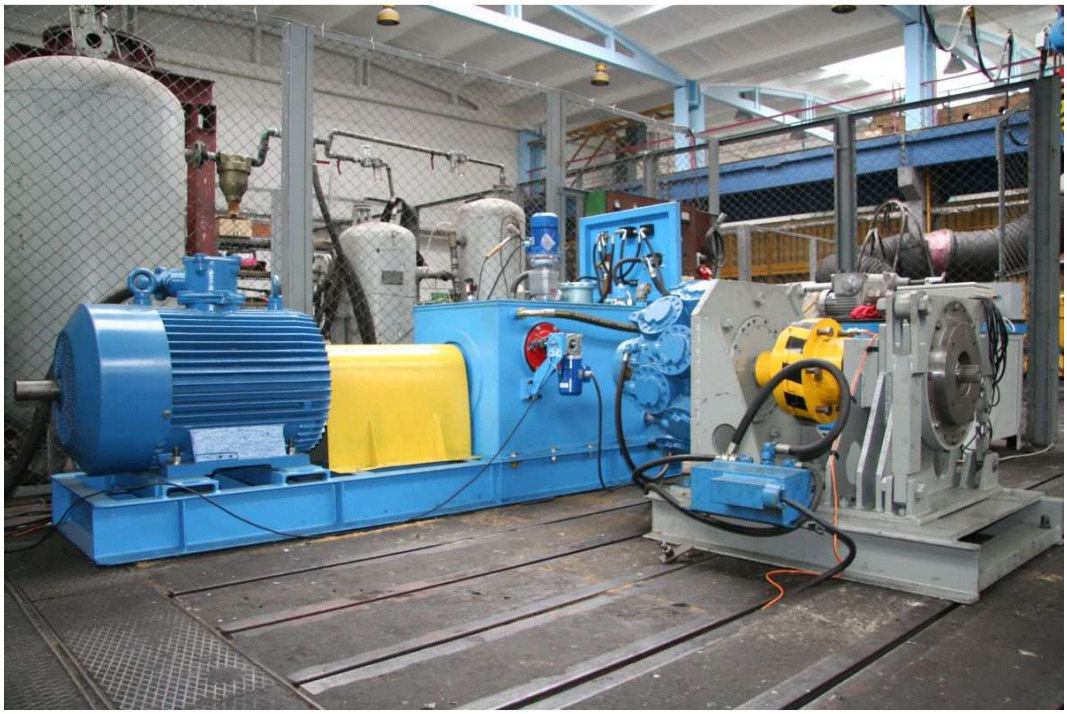
2.6. Sieć elektroenergetyczna laboratorium

Niezwykle istotną inwestycją zrealizowaną w laboratoriach w KOMAG-u była modernizacja sieci elektroenergetycznej na halach badawczych. Modernizację przeprowadzono w celu unowocześnienia infrastruktury elektrycznej oraz rozszerzenia możliwości zasilania badanych maszyn i urządzeń. Zainstalowano nowe przyłącza energetyczne, transformatory redukcyjne oraz szereg rozdzielnic elektrycznych, umożliwiających równoległe zasilanie kilku odbiorników o różnych mocach i napięciach zasilania (rys. 5).

Zakres napięć zasilających o różnych mocach został tak dobrany, aby zapewnić możliwość badań urządzeń i maszyn, o parametrach zasilania charakterystycznych dla przemysłu górniczego (od 127 V, 230 V, 400 V, 500 V 1kV do 3,3 kV). Szafy rozdzielcze, wyposażono w nowoczesne układy przekształtnikowe, umożliwiające precyzyjny rozruch i sterowanie (regulacja momentu obrotowego, prędkości obrotowej, itp.) silników elektrycznych. Modernizacja poszerzyła możliwości realizacji badań maszyn i urządzeń, zapewniając jednocześnie wysoki poziom bezpieczeństwa pracy.

2.7. Kompetencje personelu

Udzielona przez PCA akredytacja jest potwierdzaniem kompetencji Laboratorium Badań Stosowanych, że stosując odpowiednie procedury oraz wykorzystując odpowiedni kompetentny personel, laboratorium rzetelnie wykonuje badania w określonym zakresie. Ponieważ kompetencje potwierdza się tylko w odniesieniu do określonego zakresu personel laboratorium ciągle podnosi swoje kwalifikacje poprzez system szkoleń odpowiadających aktualnym potrzebom, mając na względzie stały rozwój świadczonych usług badawczych.



Rys.4. Stanowisko do badań elementów hydrauliki górniczej [źródło: fot. KOMAG]

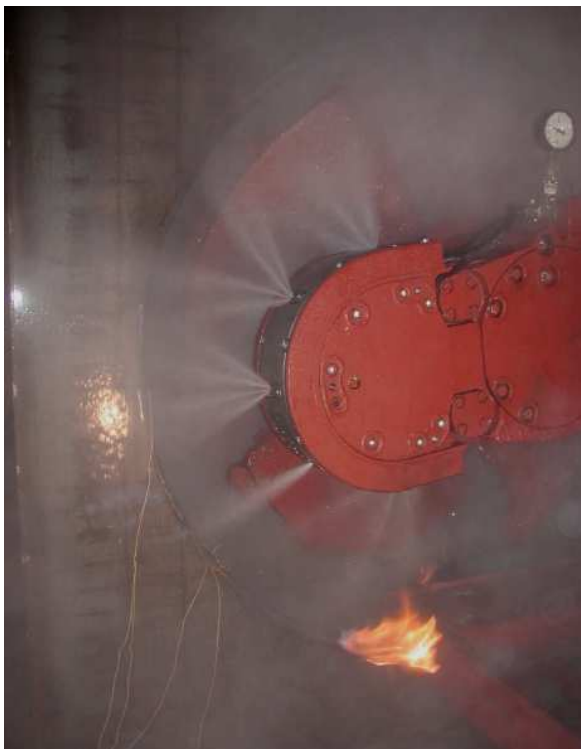
Rys.5. Zmodernizowana instalacja elektryczna na hali badawczej [źródło: fot. KOMAG]

Pracownicy laboratorium uczęszczają na studia podyplomowe z dziedzin pokrewnych do zakresu prac laboratorium (wibroakustyka, elektronika i informatyka), jak również na studia uzupełniające (BHP, elektronika). Ponadto, specjalizują się w różnych obszarach badawczych, poprzez realizację prac doktorskich oraz aktywne uczestnictwo w pracach Komitetu Technicznego Polskiego Komitetu Normalizacyjnego ds. Elektryczności Statycznej oraz Polskim Komitecie Elektrostatyki w Stowarzyszeniu Elektryków Polskich.

Prace realizowane w Laboratorium Badań Stosowanych są prezentowane na konferencjach tematycznych oraz publikowane w wielu specjalistycznych czasopismach.

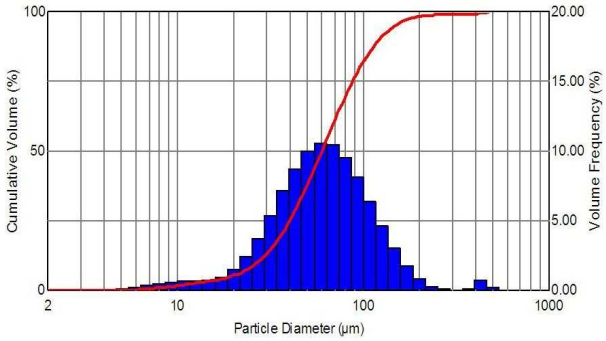
3. Realizacja prac badawczych, rozwojowych i przemysłowych

Laboratorium Badań Stosowanych aktywnie uczestniczy w pracach badawczych. Do znaczących prac zaliczyć należy opracowanie i wdrożenie powietrznowodnej instalacji zraszającej kombajnów ścianowych i chodnikowych, stosowanych w podziemnych wyrobiskach górniczych [4] (rys. 6).



Rys.6. Badania powietrzno-wodnej instalacji zraszającej [źródło: fot. KOMAG]

Badania wykonywano we współpracy z Głównym Instytutem Górnictwa, w Kopalni Doświadczalnej „Barbara". Prace prowadzone w KOMAG-u ukierunkowane były na dobór parametrów zasilania instalacji zraszającej, w aspekcie zapobiegania zapłonowi mieszaniny wybuchowej, a także możliwości skutecznego gaszenia zapalonego gazu. Badania dotyczyły również optymalizacji parametrów strugi powietrzno-wodnej, w aspekcie odpowiedniego doboru kształtu i wielkości dysz zraszających (rys. 7).



Rys.7. Przykładowy rozkład wielkości średnic cząsteczek badanej strugi powietrzno-wodnej [źródło: Sprawozdanie z badań Nr 231/BT/2009]

Przykładem współpracy Laboratorium z partnerami z przemysłu jest przeprowadzenie szeregu badań wspólnie z firmą Minova Ekochem S.A. z Siemianowic Śląskich, dotyczących badań właściwości antyelektrostatycznych tkaniny polipropylenowej z przeplotem metalowym [3] (rys. 8), która nie była dotąd stosowana w górnictwie.

Warto podkreślić, że badania wykonywane przez Laboratorium są uznawane przez wiele renomowanych

Rys.8. Badania materiału na obudowie łukowej [źródło: fotografia KOMAG]

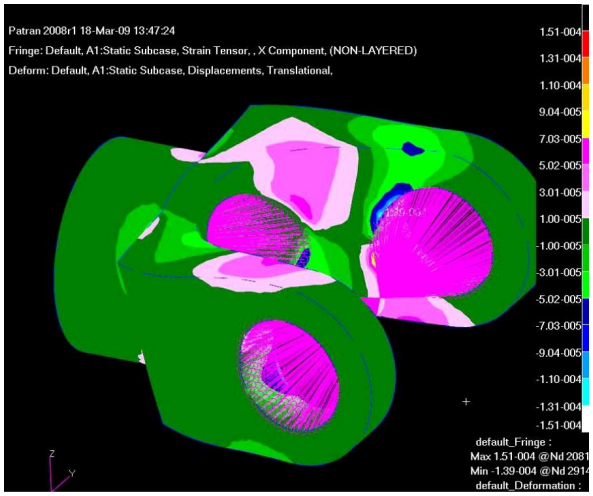
jednostek certyfikujących, zarówno w kraju jak i za granicą oraz cieszą się uznaniem wielu producentów maszyn i urządzeń z różnych gałęzi przemysłu, a także organów administracji publicznej.

4. Prace własne Laboratorium

W praktyce laboratoryjnej często występuje konieczność prowadzenia prac badawczych, których specyfika i możliwość realizacji możliwa jest tylko w bardzo trudnych warunkach. Sprawia to, że do realizacji tego typu badań konieczna jest aparatura badawczo-pomiarowa w specjalnym wykonaniu. W celu spełnienia wspomnianych wymagań Laboratorium, podejmuje prace projektowo-konstrukcyjne, których efektem jest wytwarzanie aparatury pomiarowej, służącej do wykonania badań, według określonych wymagań.

Przykładem mogą być w całości zaprojektowane i wykonane w Laboratorium urządzenia pomiarowe, takie jak:

- Rejestrator temperatury wyposażony w przetworniki temperatury z wyjściem cyfrowym, dzięki czemu zminimalizowano wpływ zakłóceń na wartość mierzonego sygnału. Jednocześnie uzyskano możliwość znacznego wydłużenia przewodów łączących przetworniki temperatury z jednostką centralną, co zapewniło większą elastyczność w rozmieszczeniu systemu pomiarowego na badanych obiektach (np. na poruszającej się kolejce górniczej). Opracowany rejestrator, ze względu na swoją niezawodność, odporność na trudne warunki pracy i niskie koszty wytworzenia, jest wykorzystywany w szeregu prac badawczych z zakresu pomiarów temperatur powierzchni maszyn i urządzeń.
- Urządzenie do pomiaru prędkości jazdy i drogi hamowania, które pozwala wykonywać pomiary zgodnie z wymaganiami norm: PN-ISO 6014 [19], PN-EN ISO 3450 [16], PN-EN 1889-1 [6] oraz PN-EN 1889-2 [7].



Rys.9. Symulacja MES obciążenia wału Cardana [1]

Urządzenia te są rutynowo wykorzystywane w bieżącej pracy Laboratorium.

Duże doświadczenie z zakresu konstruowania aparatury pomiarowej zostało wykorzystane przez pracowników Laboratorium podczas projektowania i budowy wzmacniaczy tensometrycznych przeznaczonych do pomiarów naprężeń dynamicznych w linopędni maszyny wyciągowej. Urządzenia te były dedykowane dla konkretnego zastosowania, celem weryfikacji założeń pracy naukowej [1]. Dzięki wykonanemu urządzeniu pomiarowemu przeprowadzono badania naprężeń dynamicznych linopędni maszyny wyciągowej podczas jej normalnej pracy, tj. podczas transportu urobku węgla (rys. 9).

5. Podsumowanie

Działania zespołu Laboratorium Badań Stosowanych, zgodnie z misją KOMAG-u, są ukierunkowane na innowacyjne rozwiązania oraz prowadzenie prac badawczo-rozwojowych i usług badawczych.

Dotychczasowe doświadczenie, osiągnięcia i pozycja na rynku, pozwalają stwierdzić, że prowadzone przez Laboratorium badania cieszą się dobrą renomą, a wyniki badań dzięki podpisanym umowom EA MLA (Multilateral Agreement) i ILAC MRA (ILAC Mutual Recognition Arrangment) są uznawane na terenie wszystkich państw członkowskich UE.

Stale rozszerzany obszar badawczy Laboratorium Badań Stosowanych oraz doskonalone kompetencje merytoryczne, potwierdzone akredytacją Polskiego Centrum Akredytacji, dają producentom możliwość dokonywania kompleksowej oceny wyrobów, poprzez badania na unikatowych stanowiskach badawczych i certyfikację wyrobu w Zakładzie Badań Atestacyjnych Jednostce Certyfikującej KOMAG.

Literatura

1. Drwięga A., Niedworok. A.: Metodyka badań parametrów układów napędowych pojazdów odstawczych typu CB4-PCK. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, 2010, praca oddana do recenzji.
2. http://www.pca.gov.pl/?page=akredytacja_korzysci
3. Makarski S., Rasek M., Orzech Ł., Talarek M.: Badania tkaniny polipropylenowej z przeplotem metalowym stosowanej w wyrobiskach górniczych w aspekcie zagrożenia wybuchem związanym z elektrycznością statyczną. Wiadomości Górnicze nr 9/2009, s. 540-550.
4. Pieczora E., Prostański D., Rojek P., Bałaga D.: Ocena skuteczności układów zraszania stosowanych w kombajnach na podstawie wyników badań dysz zraszających. TUR 2009. Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków 2009, s. 381-393.

5. PN-EN 13463-1:2010 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 1: Podstawowe założenia i wymagania.
6. PN-EN 1889-1:2006 Maszyny dla górnictwa podziemnego. Podziemne maszyny ruchome. Bezpieczeństwo. Część 1: Pojazdy oponowe.
7. PN-EN 1889-2:2006 Maszyny dla górnictwa podziemnego. Podziemne maszyny samobieżne. Bezpieczeństwo. Część 2: Lokomotywy szynowe.
8. PN-EN 60034-5:2004 Maszyny elektryczne wirujące. Część 5: Stopnie ochrony zapewniane przez rozwiązania konstrukcyjne maszyn elektrycznych wirujących (kod IP). Klasyfikacja Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP).
9. PN-EN 60068-2-1:2009 Badania środowiskowe. Część 2-1: Próby. Próba A: Zimno.
10. PN-EN 60068-2-2:2009 Badania środowiskowe. Część 2-2: Próby. Próba B: Suche gorąco.
11. PN-EN 60068-2-78:2007 Badania środowiskowe. Część 2-78: Próby. Próba Cab: Wilgotne gorąco stałe.
12. PN-EN 60079-0:2009 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem gazów. Część 0: Wymagania ogólne.
13. PN-EN 60079-11:2007 Atmosfery wybuchowe. Część 11: Urządzenia przeciwwybuchowe iskrobezpieczne „i".
14. PN-EN 60529:2003 Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP).
15. PN-EN 61340-2-3:2002 Elektryczność statyczna. Część 2-3. Metody badań stosowane do wyznaczania rezystancji i rezystywności płaskich materiałów stałych, używanych do zapobiegania gromadzeniu się ładunku elektrostatycznego.
16. PN-EN ISO 3450:2008 Maszyny do robót ziemnych. Układy hamulcowe maszyn na kołach z ogumieniem. Układy oraz wymagania i metody badań.
17. PN-EN ISO 9001:2009 Systemy zarządzania jakością. Wymagania.
18. PN-EN ISO/IEC 17025:2005 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
19. PN-ISO 6014:1999 Maszyny do robót ziemnych. Metody badań prędkości jazdy maszyn.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: dr inż. Antoni Kozieł

Dr inż. Beata GRYNKIEWICZ-BYLINA
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

„Od maszyny i urządzenia górniczego do zabawki" – rozwój Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska Instytutu Techniki Górniczej KOMAG

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

W artykule zaprezentowano rozwój akredytowanego Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska KOMAG, od momentu jego utworzenia w 2006 roku. Przedstawiono podstawowy zakres działalności oraz cele i obszary badań. Omówiono procedury badawcze, zwracając szczególną uwagę na badania materiałowe elementów maszyn i urządzeń górniczych oraz badania bezpieczeństwa użytkowania wyrobów, w tym szczególnie zabawek, zgodnie z wymaganiami Dyrektywy 88/378/EWG [4].

S u m m a r y

A development of KOMAG's accredited Laboratory of Material Engineering and Environment from the moment of its establishing in 2006 was presented in the paper. Basic range of its activity as well as its objectives and research fields were presented. Research procedures were discussed with special attention paid to material tests of components of mining machines and equipment as well as to tests of safety of use of products, mainly toys, according to the requirements of the 88/378/EEC Directive [4].

1. Wprowadzenie

Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska powstało w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w 2006 roku, z wyodrębnienia, z akredytowanego Laboratorium Badań, działu badań fizykochemicznych wyrobów hutniczych. W początkowym okresie, działalność nowo utworzonego laboratorium była kontynuacją prac badawczych, realizowanych przez wyżej wymieniony dział, z zakresu inżynierii materiałowej. Obejmowała również prace, zmierzające do zmodernizowania istniejącego zaplecza laboratoryjnego oraz jego rozbudowy z uwzględnieniem nowych obszarów badawczych, w tym między innymi badań bezpieczeństwa użytkowania zabawek, zgodnie z Dyrektywą 88/378/EWG.

Podstawą rozpoczęcia prac było uzyskanie pozytywnych wyników z analizy rynku z zakresu usług laboratoryjnych, w wyżej wymienionym obszarze. Podjęte działania, obejmowały opracowanie:

- projektu funkcjonalno-przestrzennego pomieszczeń Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska, uwzględniającego nową infrastrukturę laboratoryjną,
- projektu budowlanego przebudowy pomieszczeń Instytutu Techniki Górniczej KOMAG na cele laboratoryjne,
- koncepcji modernizacji budowy nowych stanowisk laboratoryjnych do badań materiałowych,
- wymagań technicznych, projektu stanowisk do badań bezpieczeństwa użytkowania zabawek, zgodnie z wymaganiami norm zharmonizowanych z Dyrektywą 88/378/EWG,
- procedur badawczych dla modernizowanych i nowych stanowisk badawczych.

W 2007 r. przeprowadzono montaż i uruchomienie nowego wyposażenia pomiarowo-badawczego w wyremontowanych pomieszczeniach laboratoryjnych [26].

Podjęto również działania związane z podnoszeniem kwalifikacji personelu Laboratorium poprzez udział w specjalistycznych szkoleniach oraz porównaniach międzylaboratoryjnych, w tym organizowanych w ramach Sekcji:

- Badań Materiałowych,
- Maszyn, Urządzeń i Środków Transportu,
- Przemysłu Tekstylnego i Skórzanego

oraz „POLLAB-CHEM/EURACHEM-PL", Klubu Polskich Laboratoriów Badawczych POLLAB, na mocy porozumienia z Polskim Centrum Akredytacji w Warszawie.

Rozbudowa laboratorium, związana była również z wdrożeniem systemu zarządzania jakością, zgodnego z PN-EN ISO/IEC 17025:2006 [6]. W tym celu opracowano, dokumentację systemową i badawczą, stanowiącą podstawę ubiegania się o akredytację. Efektem zrealizowanych prac było uzyskanie w maju 2008 r. akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji nr 910, w zakresie badań:

- materiałowych wyrobów stalowych i żeliwnych,
- odporności korozyjnej wyrobów metalowych oraz powłok ochronnych,
- nieciągłości powierzchniowych oraz podpowierzchniowych wyrobów metalowych i złączy spawanych, metodą magnetyczno-proszkową,
- bezpieczeństwa użytkowania zabawek, zgodnie z wymaganiami norm zharmonizowanych z Dyrektywą 88/378/EWG.

W kolejnym roku działalności Laboratorium kontynuowało rozbudowę zaplecza laboratoryjnego, w oparciu o inwestycje aparaturowe finansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, związane z poszerzeniem zakresu akredytowanych usług laboratoryjnych, o badania:

– wyposażenia placów zabaw i nawierzchni,
– bezpieczeństwa użytkowania zabawek elektrycznych,
– zawartości substancji niebezpiecznych, takich jak ftalany i pierwszorzędowe aminy aromatyczne w zabawkach, wyrobach wykonanych z tworzyw sztucznych i materiałów tekstylnych oraz w artykułach pielęgnacyjnych dla dzieci, zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia (WE) Nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady, w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH) [21],
– nieciągłości wewnętrznych wyrobów metalowych i złączy spawanych, metodą ultradźwiękową.

W związku z powyższym opracowano:

– projekty wstępne oraz dokumentację techniczną stanowisk laboratoryjnych do badań wyposażenia placów zabaw i nawierzchni, zgodnie z wymaganiami norm serii EN 1176 [11÷16] i PN-EN 1177 [17],
– założenia techniczne stanowisk laboratoryjnych do oznaczania substancji niebezpiecznych, metodą chromatografii gazowej oraz badań bezpieczeństwa użytkowania zabawek elektrycznych, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 62115 [8] oraz badań nieciągłości wewnętrznych wyrobów metalowych i złączy spawanych, metodą ultradźwiękową,
– procedury badawcze dla nowych stanowisk badawczych,

oraz zbudowano i uruchomiono nowe stanowiska laboratoryjne.

Przeprowadzono również:

– prace badawcze, mające na celu walidację procedur badawczych i stanowisk laboratoryjnych,
– szkolenia podnoszące kwalifikacje personelu laboratorium w zakresie poszerzonego obszaru badawczego

oraz zmodyfikowano dokumentację systemu zarządzania laboratorium.

Powyższe działania, zakończyły się w 2009 r. rozszerzeniem akredytacji o kolejny, nowy zakres badań.

Mając na uwadze ciągły rozwój i doskonalenie usług badawczych oraz zmieniające się potrzeby rynku i wymagania normowe, szczególnie w zakresie badań bezpieczeństwa użytkowania wyrobów, Laboratorium rozpoczęło prace zmierzające do poszerzenia w 2010 r. zakresu badań akredytowanych, między innymi o:

– badanie zabawek magnetycznych, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 71-1 [11],
– badanie odporności na wysoką temperaturę i żar zabawek elektrycznych, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 62115,
– oznaczania substancji niebezpiecznych w zabawkach, takich jak barwniki, monomery, plastyfikatory, kadm, zgodnie z Rozporządzeniem REACH i ołowiu, kadmu, rtęci, sześciowartościowego chromu, polibromowanych bifenyli, polibromowanego eteru difenylowego w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym, zgodnie z Dyrektywą RoHS [5].

2. Badania materiałowe elementów maszyn i urządzeń górniczych

Działalność badawcza Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska, w obszarze inżynierii materiałowej, prowadzona jest głównie w zakresie badań wyrobów stalowych i żeliwnych, stanowiących elementy konstrukcyjne maszyn i urządzeń górniczych, w tym:

– sworzni, blach i tężników sekcji ścianowej obudów zmechanizowanych,
– zgrzebeł i rynien przenośników zgrzebłowych,
– odrzwi, łączników kątowych i strzemion kabłąkowych obudów chodnikowych (rys. 1),
– noży kombajnowych organów urabiających,
– łopatek wentylatorów i wirników pomp,
– tras jezdnych kolejek podwieszanych,

oraz odcinków rurociągów ciśnieniowych.

Rys.1. Kształtownik V29 – przekrój poprzeczny oraz fragment odrzwi łukowej ŁP obudowy chodnikowej [3]

Zakres akredytowanych badań materiałowych wyżej wymienionych elementów, obejmuje:

– analizę składu chemicznego wyrobów stalowych i żeliwnych,
– pomiar twardości wyrobów metalowych,
– badanie powłok ochronnych, w tym pomiar ich chropowatości, grubości i twardości,
– badanie odporności korozyjnej wyrobów metalowych i powłok ochronnych,
– identyfikację nieciągłości powierzchniowych, podpowierzchniowych i wewnętrznych (wad materiałowych) wyrobów metalowych oraz złączy spawanych,
– pomiar grubości.

Badania realizowane są zgodnie z obowiązującymi normami i akredytowanymi procedurami badawczymi (tabela 1), przez specjalistów posiadających kwalifika-

cje w zakresie badań materiałowych, w tym indywidualne certyfikaty upoważniające do prowadzenia badań nieniszczących wydane przez Jednostkę Certyfikującą Osoby Urzędu Dozoru Technicznego (UDT-CERT).

Do badań materiałowych w Laboratorium wykorzystywane jest nowoczesne wyposażenie badawczo-pomiarowe, gwarantujące spójność pomiarową, w tym: wysoko sprawne spektrometry emisyjne do analizy składu chemicznego, aparaturę do pomiaru twardości, grubości i chropowatości powierzchni materiału oraz defektoskopy do badań nieniszczących (rys. 2).

Rys.2. Defektoskop ultradźwiękowy [2]

Badania materiałowe, wykonywane przez Laboratorium są wykorzystywane w:

- projektowaniu systemów mechanizacyjnych i w procesie certyfikacji,
- badaniach sprawdzających jakość wyrobu, na zgodność z dokumentacją techniczną, atestami hutniczymi i normami,
- ocenie stanu technicznego i stopnia zużycia urządzeń górniczych, w ramach przeglądów okresowych, interwencyjnych i dopuszczających do eksploatacji,
- weryfikacji jakości wykonania połączeń spawanych i identyfikacji wad materiałowych.

Realizacja badań przebiega zgodnie z opracowanym w Laboratorium indywidualnym programem badań, przedkładanym klientowi, przed rozpoczęciem badań. Program zawiera: cel, zakres i metody badań, z odniesieniem do stosowanych w badaniach norm i procedur badawczych (rys. 3) oraz specyfikację wymagań, stanowiących podstawę interpretacji wyników badań. Wymaganiami tymi są normy, dokumentacja techniczna i akty prawne, takie na przykład jak Rozporządzenie Ministra Gospodarki, z dnia 28 czerwca 2002 r., zawierające wymagania do oceny stopnia zużycia elementów sekcji obudowy zmechanizowanej [18].

3. Badania bezpieczeństwa użytkowania wyrobów

W obszarze bezpieczeństwa użytkowania wyrobów, Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska, prowadzi badania:

- zabawek,
- artykułów pielęgnacyjnych dla dzieci,
- materiałów z tworzyw sztucznych i tekstyliów, przeznaczonych do kontaktu z dziećmi,
- wyposażenia placów i nawierzchni.

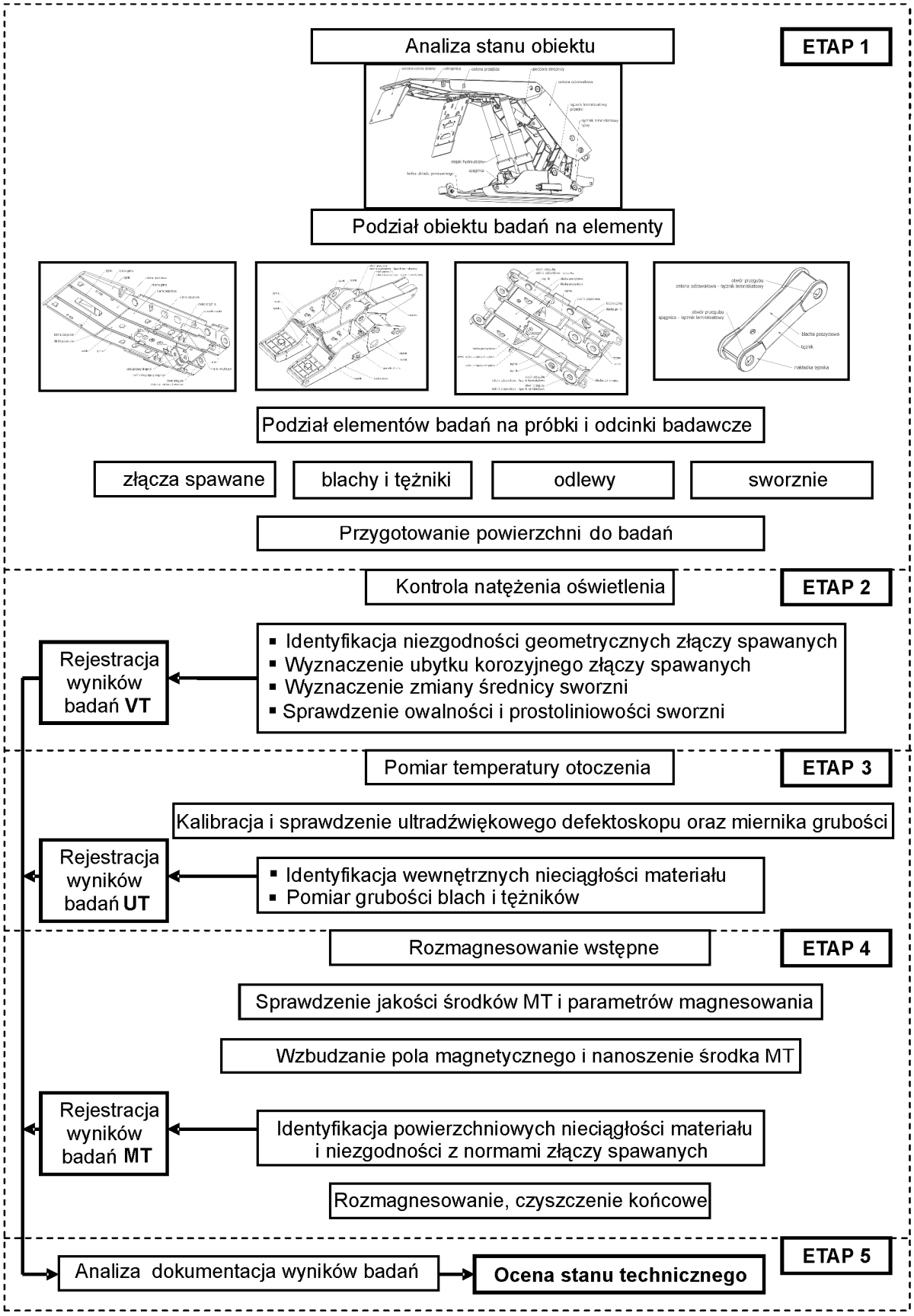
Celem wykonywanych badań jest ocena zgodności powyższych wyrobów z zasadniczymi wymaganiami bezpieczeństwa, podanymi w:

- Dyrektywie Rady Nr 88/378/EWG, dotyczącej bezpieczeństwa użytkowania zabawek,

Zestawienie norm, metod i akredytowanych procedur badawczych stosowanych w Laboratorium Inżynierii materiałowej w zakresie badań materiałowych [27]

Tabela 1

Lp.	Nazwa badania		Metoda badań	Numer procedury badawczej	Numer normy
1	Analiza składu chemicznego wyrobów stalowych i żeliwnych		Atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem iskrowym lub w plaźmie sprzężonej indukcyjnie	PB-DLS/02	-
			Absorpcji w podczerwieni		
2	Pomiar twardości wyrobów metalowych		Brinella	PB-DLS/03	PN-EN ISO 6506-1
			Rockwella		PN-EN ISO 6508-1
			Vickersa		PN-EN ISO 6507-1
			Ultradźwiękowej impedancji kontaktowej		-
3	Badanie powłok ochronnych	Pomiar chropowatości	Profilowa	PB-DLS/01	PN ISO 4288
		Pomiar grubości	Magnetyczna		PN ISO 2178
			Prądów wirowych		PN-EN ISO 2360
		Pomiar twardości	Vickersa	PB-DLS/03	PN-EN ISO 6507-1
4	Badanie odporności korozyjnej wyrobów metalowych i powłok ochronnych		W atmosferze obojętnej i kwaśnej mgły solnej	PB-DLS/04	PN-H-04603:1976
					PN-EN ISO 9227
					PN-H-04624
5	Identyfikacja nieciągłości w wyrobach metalowych i złączach spawanych		Wizualna	PB-DLS/08	PN-EN 970
			Magnetyczno-proszkowa		PN-EN ISO 17638 PN-EN ISO 10228-1,3,4 PN-EN 10246-12,18
			Ultradźwiękowa		PN-EN 1714
6	Pomiar grubości materiału		Ultradźwiękowa		PN-EN 14127



Rys.3. Algorytm procedury badań nieniszczących elementów sekcji obudowy zmechanizowanej [2]

– Rozporządzeniach Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej, w sprawie zasadniczych wymagań dla zabawek [19, 20],
– Rozporządzeniu (WE) Nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady, w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH),
– Ustawie o ogólnym bezpieczeństwie produktów [24].

Zakres oferowanych badań z obszaru bezpieczeństwa użytkowania wyrobów, obejmuje:

– badania zabawek, na zgodność z wymaganiami norm zharmonizowanymi z Dyrektywą 88/378/EWG, w tym:
  - PN-EN 71-1 „Bezpieczeństwo zabawek. Część 1. Właściwości mechaniczne i fizyczne",
  - PN-EN 71-2 „Bezpieczeństwo zabawek. Część 2. Palność",
  - PN-EN 71-3 „Bezpieczeństwo zabawek. Część 3. Migracja określonych pierwiastków",
  - PN-EN 71-8 „Bezpieczeństwo zabawek. Część 8. Huśtawki, zjeżdżalnie i podobne zabawki aktywizujące przeznaczone do użytku domowego - wewnątrz i na zewnątrz",
  - PN-EN 71-9 „Bezpieczeństwo zabawek. Część 9. Organiczne związki chemiczne. Wymagania",
  - PN-EN 62115 „Zabawki elektryczne. Bezpieczeństwo użytkowania",
– badania artykułów pielęgnacyjnych oraz materiałów z tworzyw sztucznych i tekstyliów, przeznaczonych do kontaktu z dziećmi, na zgodność z wymaganiami Rozporządzenia REACH, w tym oznaczania m.in.:
  - zawartości ftalanów, tj: di(2-etyloheksylu) (DEHP), dibutylu (DBP), benzylobutylu (BBP),di-izononylu (DINP),di-izodecylu (DIDP),di-*n*-oktylu (DNOP),
  - zawartości i obecności pierwszorzędowych amin aromatycznych, takich jak m.in.: 4-aminobifenyl, benzydyna,4-chloro-2-metylo-anilina, 2-naftyloamina, 4-chloroanilina, 4-aminoazobenzen, 4,4'-metylenodianilina, 3,3'-dichlorobenzydyna,
– badania wyposażenia placów zabaw i nawierzchni, na zgodność z wymaganiami norm:
  - PN-EN 1176-1:2008 Wyposażenie placów zabaw. Część 1: Ogólne wymagania bezpieczeństwa i metody badań,
  - PN-EN 1176-2:2008 Wyposażenie placów zabaw. Część 2: Dodatkowe wymagania bezpieczeństwa i metody badań huśtawek,
  - PN-EN 1176-3:2008 Wyposażenie placów zabaw. Część 3: Dodatkowe wymagania bezpieczeństwa i metody badań zjeżdżalni,
  - PN-EN 1176-5:2008 Wyposażenie placów zabaw. Część 5: Dodatkowe wymagania bezpieczeństwa i metody badań karuzeli,
  - PN-EN 1176-6:2008 Wyposażenie placów zabaw. Część 6: Dodatkowe wymagania bezpieczeństwa i metody badań urządzeń kołyszących,
  - PN-EN 1177:2008 Nawierzchnie placów zabaw amortyzujące upadki. Wymagania bezpieczeństwa i metody badań.

Proces badania, na zgodność z wymaganiami bezpieczeństwa użytkowania wyrobu, prowadzony jest w czterech etapach:

– opracowanie programu badań,
– badanie właściwości wyrobu, na zgodność z wymaganiami bezpieczeństwa,
– interpretacja wyników badań, w tym ocena ich zgodności z wymaganiami,
– opracowania sprawozdania z badań.

Opracowanie programu badań, obejmuje określenie:

– wymagań bezpieczeństwa, indywidualnych dla każdego rodzaju wyrobu (tabela 2),
– zakresu i metod badań oraz procedur badawczych, zgodnie z którymi realizowane są badania.

Zestawienie wymagań bezpieczeństwa, dla zabawki – grzechotki, wynikających z norm zharmonizowanych z Dyrektywą 88/378/EWG [1]

Tabela 2

PN-EN 71-1 Bezpieczeństwo zabawek. Właściwości mechaniczne i fizyczne	
4	Wymagania
4.1	Materiały
4.7	Krawędzie
4.20	Wymagania akustyczne
5.1	Zabawki przeznaczone dla dzieci w wieku poniżej 36 miesięcy. Wymagania ogólne
6	Opakowania
7.1.	Ostrzeżenia i instrukcje użytkowania. Postanowienia ogólne
PN-EN 71-2 Bezpieczeństwo zabawek. Palność	
4	Wymagania
4.1.	Postanowienia ogólne
PN-EN 71-3 Bezpieczeństwo zabawek. Migracja określonych pierwiastków	
4	Wymagania

Zakres badania wyrobu opracowywany jest na podstawie wymagań bezpieczeństwa. W przypadku wyrobu, zabawki-grzechotki, którego wymagania przedstawiono w tabeli 2, zakres badań obejmuje badania właściwości mechanicznych i fizycznych (rys. 4), palności oraz migracji pierwiastków, takich jak: chrom, arsen, selen, kadm, antymon, bar, ołów, rtęć. Badania wykonywane są zgodnie z metodami określonymi w normach oraz akredytowanych procedurach badawczych. Do badań bezpieczeństwa użytkowania wyrobów, w Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska, stosuje następujące akredytowane procedury badawcze:

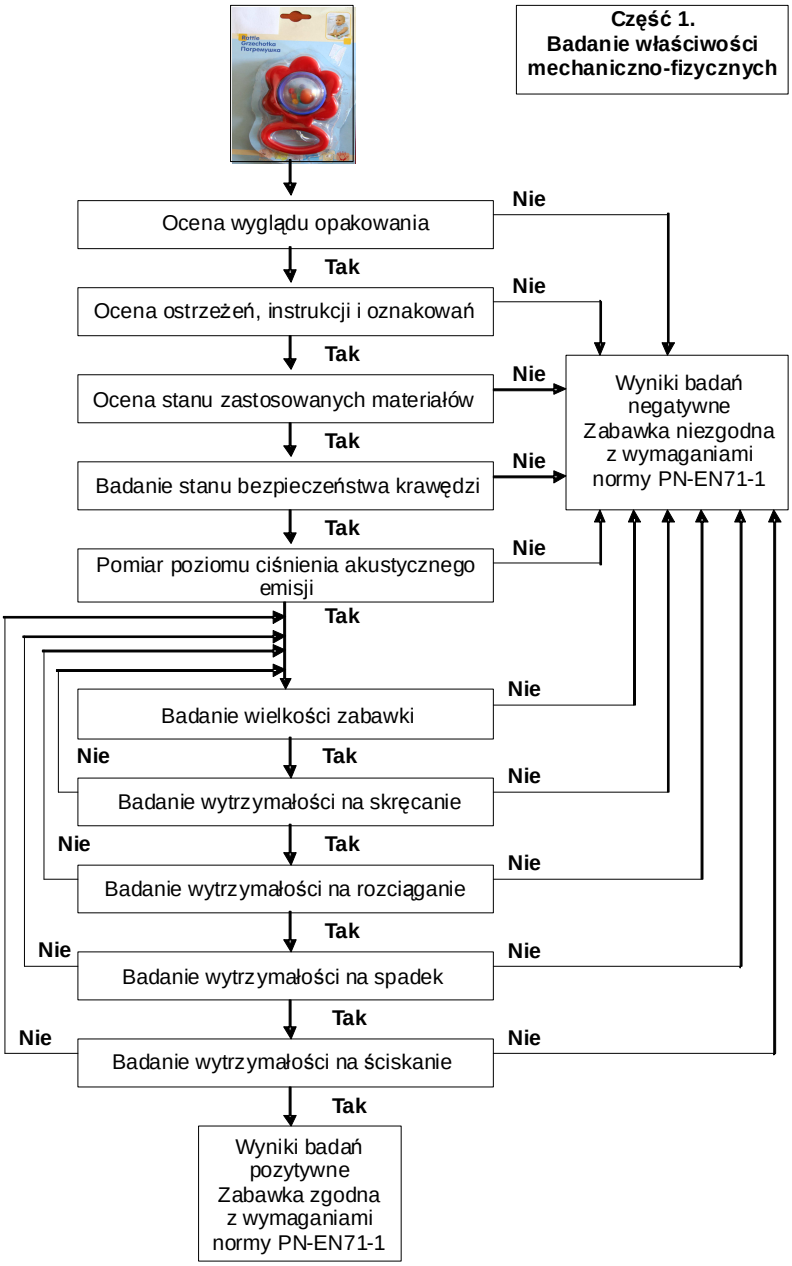
– PB-DLS/05 – Właściwości mechaniczno-fizyczne,
– PB-DLS/06 – Palność,
– PB-DLS/07 – Huśtawki, zjeżdżalnie i podobne zabawki aktywizujące przeznaczone do użytku domowego – wewnątrz i na zewnątrz,
– PB-DLS/09 – Migracja określonych pierwiastków,
– PB-DLS/10 – Zabawki elektryczne,
– PB-DLS/11 – Bezpieczeństwo nawierzchni amortyzujących upadki oraz wyposażenia placów zabaw,
– PB-DLS/12 – Analiza chromatograficzna.

Badania bezpieczeństwa użytkowania wyrobu realizowane są na zautomatyzowanych stanowiskach badawczych do badań:

– właściwości fizyczno-mechanicznych (rys 5.), w zakresie:
  - prób skręcania, rozciągania, ściskania, spadowej oraz udarności,
  - badania giętkości metalowych drutów, trwałości zabawek pobudzanych ustami, energii kinetycznej pocisków, energii uderzeniowej elementami huśtawkowymi, ostrości krawędzi i zakończeń, wytrzymałości dynamicznej, pokrywy zabawki skrzyni,
– palności i właściwości elektrycznych, a w szczególności:
  - prób palności i wciskania kulki,
  - badania płomieniem igłowym, rozżarzonym drutem i wytrzymałości elektrycznej w temperaturze pokojowej i roboczej,
– wytrzymałości dynamicznej barierek i poręczy huśtawek,
– wyznaczania krytycznej wysokości upadki (HIC) nawierzchni placów zabaw.

Laboratorium dysponuje także wysoko sprawną specjalistyczną aparaturą do badań chemicznych, składającą się ze spektrometru emisyjnego, analizatora rtęci, chromatografu gazowego, chromatografu cieczowego.

Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska wykonuje badania bezpieczeństwa użytkowania wyrobów głównie na zlecenie producentów, dystrybutorów i importerów zabawek, artykułów pielęgnacyjnych dla

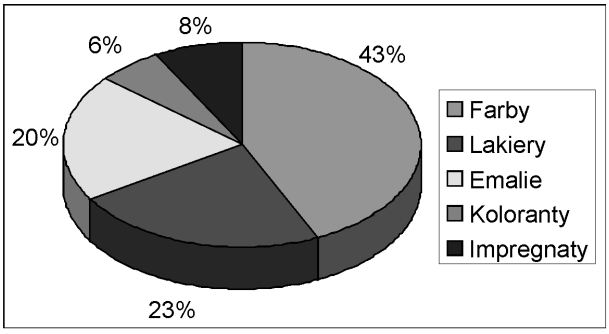


Rys.4. Algorytm badań właściwości mechaniczno-fizycznych zabawki-grzechotki [1]

dzieci, wyposażenia placów zabaw i nawierzchni oraz Inspekcji Handlowej. Do stałych klientów Laboratorium należą również producenci materiałów, z których produkowane są wyżej wymienione wyroby. Wśród tej grupy materiałów należy wymienić materiały z tworzyw sztucznych (granulaty, folie), materiały tekstylne (włókna), farby, lakiery, impregnaty, emalie, koloranty. W tym zakresie, usługi badawcze Laboratorium obejmują przede wszystkim oznaczanie szkodliwych dla zdrowia dzieci pierwiastków oraz rakotwórczych substancji, w tym ftalanów oraz amin aromatycznych.

Rys.5. Zautomatyzowane stanowiska do badań właściwości fizyczno-mechanicznych zabawek [25]

W latach 2009-2010, laboratorium wykonało między innymi na zlecenie producentów farb i lakierów, badania migracji niebezpiecznych pierwiastków w 154 rodzajach preparatów stosowanych jako powłoki elementów drewnianych i metalowych zabawek (rys. 6).



Rys.6. Procentowy udział badanych preparatów [28]

4. Podsumowanie

Zakres działalności Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska KOMAG obejmuje badania materiałowe, wyrobów stalowych i żeliwnych, stanowiących elementy maszyn urządzeń górniczych oraz bezpieczeństwa użytkowania wyrobów, takich jak zabawki, artykuły pielęgnacyjne dla dzieci, wyposażenie placów zabaw i nawierzchni.

Badania realizowane są akredytowanymi metodami badawczymi, uwzględniającymi wymagania normowe oraz aktualny stan wiedzy, przy wykorzystaniu nowoczesnych, mechatronicznych stanowisk laboratoryjnych oraz wyposażenia pomiarowo-badawczego, gwarantującego spójność pomiarową.

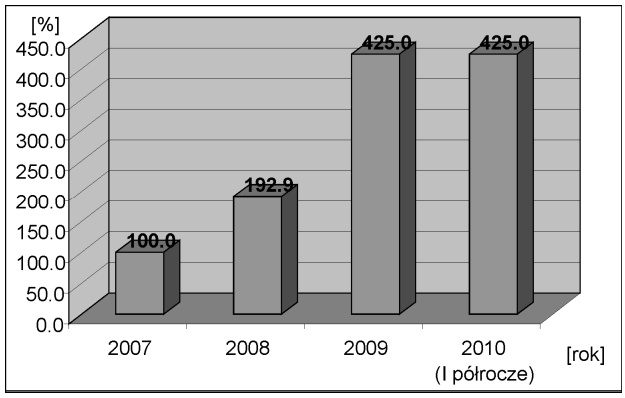
Personel laboratorium stanowią specjaliści z dziedziny inżynierii materiałowej, chemii i bezpieczeństwa użytkowania wyrobów, posiadający kwalifikacje i uprawnienia w zakresie prowadzonych badań, co zapewnia, wysoki poziom wykonywanych usług badawczych. Dbając o ciągłe podnoszenie kwalifikacji i kompetencji, specjaliści laboratorium biorą udział w licznych szkoleniach, seminariach i konferencjach naukowych oraz porównaniach międzylaboratoryjnych, w tym organizowanych przez Klub Polskich Laboratoriów Badawczych POLLAB, w ramach porozumienia z Polskim Centrum Akredytacji.

W obszarze badań bezpieczeństwa użytkowania wyrobów, specjaliści Laboratorium aktywnie uczestniczą w pracach Forum Bezpieczeństwa Zabawek oraz Komitetu Normalizacyjnego nr 237 do spraw artykułów dla niemowląt i małych dzieci oraz bezpieczeństwa zabawek, Polskiego Komitetu Normalizacyjnego.

Prowadzą szkolenia i wykłady, dla producentów, dystrybutorów i importerów dotyczące badań zabawek, na zgodność z wymaganiami bezpieczeństwa, organizowanych między innymi w ramach Targów Gier i Zabawek „Games &Toys" w Łodzi.

Laboratorium jest również jednym z wystawców na targach, mając możliwość bezpośredniego kontaktu z klientem i poznania jego potrzeb badawczych.

Wysoka jakość wykonywanych badań, zgodnie z posiadaną akredytacją, jak również powyższe działania, powodują, że Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska znajduje coraz większe zaufanie u krajowych, jak i zagranicznych, producentów, dystrybutorów oraz importerów, zabawek i wyrobów przeznaczonych dla dzieci, w tym z USA, Francji i Szwecji, o czym świadczy wzrost liczby usług badawczych, w tym zakresie (rys. 7).



Rys. 7. Wzrost procentowy liczby usług badawczych Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska, w zakresie badań bezpieczeństwa użytkowania wyrobów przeznaczonych dla dzieci [29]

Literatura

1. Grynkiewicz-Bylina B.: Badanie zgodności zabawek z wymaganiami bezpieczeństwa. Problemy Jakości nr 8, 2010.
2. Grynkiewicz-Bylina B., Jaszczuk M.: Badania nieniszczące elementów podstawowych sekcji obudowy zmechanizowanej. Praca zbiorowa. Nowoczesne, niezawodne i bezpieczne systemy mechanizacyjne dla górnictwa. Monografia. Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice 2008.
3. Grynkiewicz-Bylina B., Rakwic B., Bartoszek B.: Wykorzystanie badań materiałowych do oceny warunków technicznych pracy elementów maszyn i urządzeń. Materiały konferencyjne – KOMTECH 2007 - Innowacyjne i bezpieczne maszyny i urządzenia dla górnictwa węgla kamiennego. Szczyrk 2007.
4. Dyrektywa Rady Nr 88/378/EWG, z dnia 3 maja 1988 r., w sprawie zbliżania ustawodawstw Państw Członkowskich dotyczących bezpieczeństwa zabawek (Dz.U. WE Nr L187).
5. Dyrektywa Rady Nr 2002/95/WE z dnia 27 stycznia 2003 r. w sprawie ograniczania stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dz.U. L37) wraz ze zmianami.
6. PN-EN ISO/IEC 17025:2005. Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
7. PN-EN 71-3:1998+A1:1001+Ap1:2001+AC:2004. Bezpieczeństwo zabawek. Migracja określonych zabawek.
8. PN-EN 62115:2005. Zabawki elektryczne. Bezpieczeństwo użytkowania (oryg.).
9. PN-EN 71-2+A1:2007. Bezpieczeństwo zabawek – Część 2: Palność.
10. PN-EN 71-8+A4:2009. Bezpieczeństwo zabawek - Część 8: Huśtawki, zjeżdżalnie i podobne zabawki aktywizujące przeznaczone do użytku domowego-wewnątrz i na zewnątrz (oryg).
11. PN-EN 71-1+ A9:2009. Bezpieczeństwo zabawek – Część 1: Właściwości mechaniczne i fizyczne (oryg.).
12. PN-EN 1176-1:2009. Wyposażenie placów zabaw. Część 1: Ogólne wymagania bezpieczeństwa i metody badań.
13. PN-EN 1176-2:2009. Wyposażenie placów zabaw. Część 2: Dodatkowe wymagania bezpieczeństwa i metody badań huśtawek.
14. PN-EN 1176-3:2009. Wyposażenie placów zabaw. Część 3: Dodatkowe wymagania bezpieczeństwa placów zabaw i metody badań zjeżdżalni.
15. PN-EN 1176-5:2009. Wyposażenie placów zabaw. Część 5: Dodatkowe wymagania bezpieczeństwa placów zabaw i metody badań karuzeli.
16. PN-EN 1176-6:2009. Wyposażenie placów zabaw. Część 6: Dodatkowe wymagania bezpieczeństwa placów zabaw i metody badań urządzeń kołyszących.
17. PN EN 1171:2009. Nawierzchnia placów zabaw amortyzująca upadki. Wymagania bezpieczeństwa i metody badań.
18. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r., w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. Nr 139, poz. 1169), ze zmianami wprowadzonymi Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 9 czerwca 2006r. (Dz.U. Nr 124 poz. 863).
19. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 14 listopada 2003 r., w sprawie zasadniczych wymagań dla zabawek (Dz.U. Nr 210, poz. 2045).
20. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 11 czerwca 2008 r., w sprawie zasadniczych wymagań dla zabawek (Dz.U. Nr 110, poz. 703).
21. Rozporządzenia (WE) Nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r., w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH) i utworzenia Europejskiej Agencji Chemikaliów, zmieniające dyrektywę 1999/45/WE oraz uchylające rozporządzenie Rady (EWG) nr 793/93 i rozporządzenie Komisji (WE) nr 1488/94, jak również dyrektywę Rady 76/769/EWG i dyrektywy Komisji 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/WE i 2000/21/WE.
22. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 11 czerwca 2008 r., w sprawie zasadniczych wymagań dla zabawek (Dz.U. Nr 110, poz. 703).
23. Ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie zgodności (Dz.U. Nr 166, poz. 1360).
24. Ustawa z dnia 12 grudnia 2003 r. o ogólnym bezpieczeństwie produktów (Dz.U. z 2003 r. Nr 229, poz. 2275, z 2007 r. Nr 35, poz.215).
25. Materiały zdjęciowe Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska KOMAG (prace nie publikowane), KOMAG 2007.
26. Praca statutowa Instytutu Techniki Górniczej pt.: „Budowa Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska, Gliwice 2006-2007 r. (praca nie publikowana).
27. Procedury badawcze. Dokumentacja systemu zarządzania Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska KOMAG. Gliwice 2010 (prace niepublikowane).
28. Sprawozdania z badań Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska KOMAG, 2009÷2010 (prace nie publikowane).
29. Wykaz usług badawczych Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska z okresu 2007÷2010 (materiały własne laboratorium), KOMAG 2010.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Marek Jaszczuk

Dr inż. Krzysztof STANKIEWICZ
Mgr inż. Dariusz JASIULEK
Mgr inż. Joanna ROGALA-ROJEK
Mgr inż. Mariusz WOSZCZYŃSKI
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Prace badawcze Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w zakresie innowacyjnych rozwiązań mechatronicznych

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

W artykule przedstawiono działania organizacyjne oraz prace badawcze realizowane w KOMAG-u w zakresie mechatroniki. Opisano wyniki wybranych, zrealizowanych prac naukowo-badawczych. Opracowane rozwiązania, (np. system identyfikacji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej zrealizowany w ramach projektu celowego przy współpracy z firmą ELSTA oraz Wydziałem Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej oraz inteligentny układ sterowania kombajnu chodnikowego, realizowany w ramach projektu rozwojowego finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego przy współpracy z Wydziałem Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej) stosowane są coraz powszechniej w polskich kopalniach. Zakład Systemów Mechatronicznych aktywnie uczestniczy również w Europejskiej Przestrzeni Badawczej, poprzez udział w projektach finansowanych przez Europejski Fundusz Badawczy Węgla i Stali.

S u m m a r y

Organizational activities and research work as regards mechatronics, which were realized at KOMAG, were presented in the paper. Results of selected realized scientific-and-research work were described. Developed solutions (e.g. system for identification of components of powered-roof support realized within targeted project in collaboration with ELSTA Company and the Faculty of Mining and Geology at the Silesian university of Technology and intelligent control system of roadheader realized within development project financed by the Ministry of Science and Higher Education in collaboration with the Faculty of Mechanical Engineering at the Silesian University of Technology) are more and more popular in Polish collieries. The Division of Mechatronic Systems takes an active part in the European Research Area by participation in the projects financed by the European Research Fund for Coal and Steel.

1. Wstęp

Laboratorium Mechatroniki, funkcjonujące obecnie w strukturze Zakładu Systemów Mechatronicznych, powstało w 2004 roku. Celem podjętych działań organizacyjnych i merytorycznych była potrzeba integracji mechatroniki z procesem projektowania maszyn i urządzeń wchodzących w skład systemów mechanizacji procesów technologicznych. Wykorzystując wieloletnie doświadczenia konstrukcyjne i wiedzę technologiczną zgromadzoną w KOMAG-u utworzono komórkę organizacyjną, która poszerza ofertę realizowanych prac o zakres nowoczesnych i innowacyjnych systemów automatyki, informatyki i elektroniki. Podstawowym zadaniem Zakładu Systemów Mechatronicznych jest projektowanie i realizacja systemów sterowania, monitoringu i diagnostyki maszyn i urządzeń, w ścisłej, wielowymiarowej współpracy z komórkami konstrukcyjnymi i badawczymi KOMAG-u, a także z partnerami zewnętrznymi.

Projekty z zakresu mechatroniki realizują interdyscyplinarne zespoły specjalistów pracujące według założeń projektowania mechatronicznego. Wymaga to ścisłego nadzoru specjalistów z branży mechanicznej, elektrycznej, elektronicznej i informatycznej. Jednocześnie, każdy uczestnik projektu musi znać podstawowe zagadnienia ze wszystkich wymienionych dziedzin.

Od początku swojej działalności Zakład Systemów Mechatronicznych ukierunkowany był na realizację projektów wynikających z potrzeb rynku, w tym na prowadzenie prac naukowych i badawczo-rozwojowych z myślą o rozwiązaniach przyszłościowych. Dzięki podjętym działaniom, we współpracy z Wydziałem Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej, rozwinięto potencjał kadry zakładu oraz zaplecze badawcze, umożliwiające prowadzenie szeregu projektów o charakterze innowacyjnym.

2. Projekty badawcze – przykłady współpracy krajowej

Specjaliści Zakładu Systemów Mechatronicznych ściśle współpracują z krajowymi jednostki naukowo-badawczymi oraz jednostkami przemysłowymi. Współpraca ta realizowana jest między innymi w ramach projektów badawczych i rozwojowych, takich jak:

– „Zintegrowany system sterowania i oceny stanu technicznego ścianowego systemu mechanizacyjnego". W ramach projektu badawczo-rozwojowego, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, opracowano algorytmy i oprogramowanie zintegrowanego systemu sterowania i oce-

ny stanu technicznego ścianowego kompleksu mechanizacyjnego (rys. 1). System ten może zapewnić prawidłową współpracę elementów kompleksu i automatyczne dostosowywanie ich parametrów do warunków obciążenia. Projekt zrealizowano przy współpracy z Wydziałem Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej oraz Instytutem Technik Innowacyjnych EMAG.

– „Inteligentny układ sterowania kombajnu chodnikowego". Projekt badawczo-rozwojowy, finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, obejmował opracowanie funkcji inteligentnej analizy i przetwarzania danych w ramach układu sterowania kombajnu chodnikowego (rys. 2). W ramach projektu zbadano możliwość zastosowania technik sztucznej inteligencji, takich jak sztuczne sieci neuronowe oraz logika rozmyta w układzie sterowania kombajnu chodnikowego. Projekt zrealizowano przy współpracy z Wydziałem Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej.
– Elektroniczny System Ewidencji Elementów Sekcji Ścianowej Obudowy Zmechanizowanej" (rys. 3). Mając na uwadze ciągłe dążenie do poprawy bezpieczeństwa eksploatacji maszyn i urządzeń górniczych specjaliści KOMAG-u, Politechniki Śląskiej i firmy Elsta sp. z o.o. opracowali *Elektroniczny System Ewidencji Elementów Sekcji Ścianowej Obudowy Zmechanizowanej*. Projekt dofinansowany był przez Centrum Innowacji NOT. Ideą *Systemu* jest trwałe oznakowanie transponderami RFID (Radio Frequency Identification) elementów nośnych sekcji obudowy zmechanizowanej. W skład *Systemu* wchodzą: transpondery RFID, czytnik transponderów RFID oraz oprogramowanie bazowanowe GATHER. Począwszy od roku 2008 specjaliści KOMAG-u oraz firmy Elsta sp. z o.o. rozpoczęli proces wdrażania systemu w kopalniach węgla kamiennego, tak części sprzętowej, jak i części programowej. Każdy z etapów wymagał ścisłej współpracy specjalistów z kopalni, producenta obudów oraz firmy Elsta i KOMAG-u.

Przedstawiony system identyfikacji został wdrożony do tej pory w sześciu kopalniach, a znakowane są w ten sposób elementy sekcji obudów zmechanizowanych zastosowanych w KWK „Wujek", KWK „Murcki", KWK „Wieczorek", KWK „Staszic", KWK „Mysłowice-Wesoła", KWK „Marcel" oraz KWK „Zofiówka".

3. Realizacja projektów w Europejskiej Przestrzeni Badawczej

Specjaliści Zakładu Systemów Mechatronicznych biorą również czynny udział w pracach badawczo-rozwojowych w ramach funduszy europejskich. Prace te są realizowane w międzynarodowych zespołach, grupujących naukowców i wytwórców z wielu renomowanych ośrodków i firm. Dzięki współpracy z czołowymi europejskimi jednostkami naukowymi możliwe jest stałe podnoszenie kwalifikacji kadry naukowo-badawczej i zdobywanie cennych doświadczeń.

Spośród projektów zrealizowanych w Zakładzie Systemów Mechatronicznych i finansowanych przez Europejski Fundusz Badawczy Węgla i Stali należy wymienić:

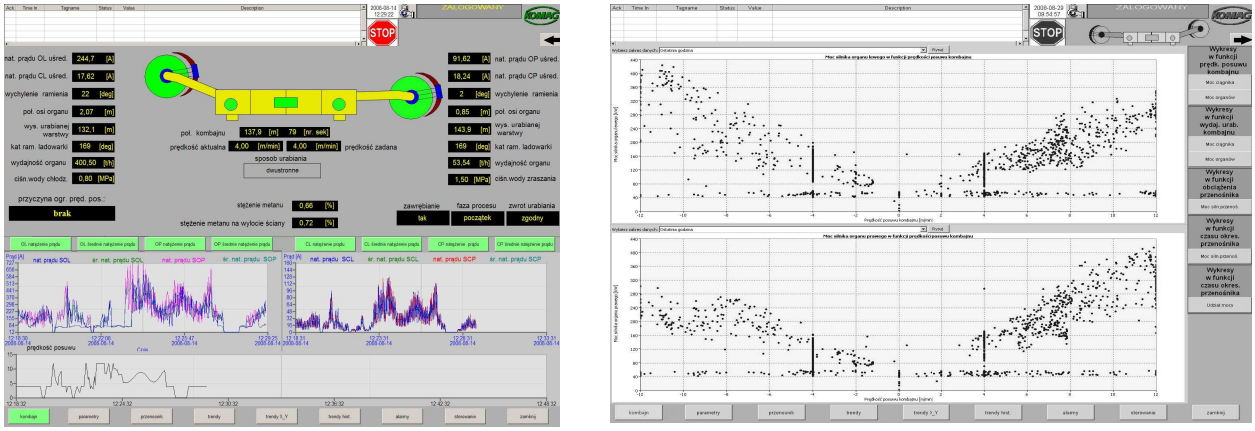
– *MINFIREX* „Minimising risk for and reducing impact of fire and explosion hazards in underground coal mining" – udział w zakresie opracowania nowatorskich zabezpieczeń przeciwpożarowych przeznaczonych do stosowania w podziemiach zakładów górniczych.
– *ADRIS* „Advanced Drivage and Roadheading Intelligent Systems" – opracowanie systemu kontroli i sterowania kombajnu chodnikowego, który zapewni optymalizację obciążenia urządzeń i uzyskanie zadanego profilu wyrobiska, przy uwzględnieniu cech geologicznych (rys. 4).
– *NEMAEQ* „New mechanisation and automation of longwall and drivage equipment" – opracowanie systemu wizualizacji i monitorowania ścianowego kompleksu zmechanizowanego wraz z implementacją funkcji diagnostycznych (rys. 5).

W trakcie realizacji projektów finansowanych przez Europejski Fundusz Badawczy Węgla i Stali specjaliści KOMAG-u współpracowali między innymi z: Deutsche Steinkohle AG (Niemcy), Rock Mechanics Technology LTD (Wielka Brytania), Mine Rescue Service LTD (Wielka Brytania) oraz AITEMIN (Hiszpania).

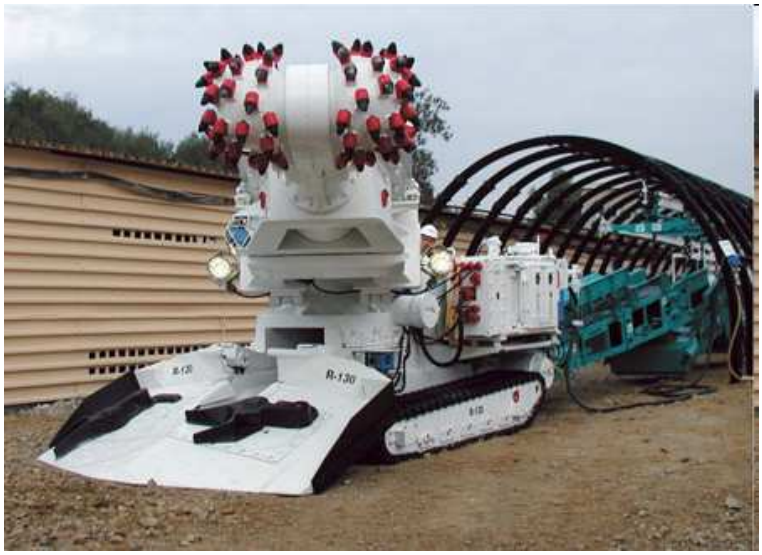
4. Realizacja prac wyprzedzających w ramach środków statutowych

KOMAG wykorzystuje środki statutowe na realizację prac rozwojowych, będących wynikiem analiz rynkowych oraz wymagań prawnych, w zakresie nowoczesnych systemów automatyki, sterowania, informatyki i monitoringu. Spośród zrealizowanych obecnie można wymienić:

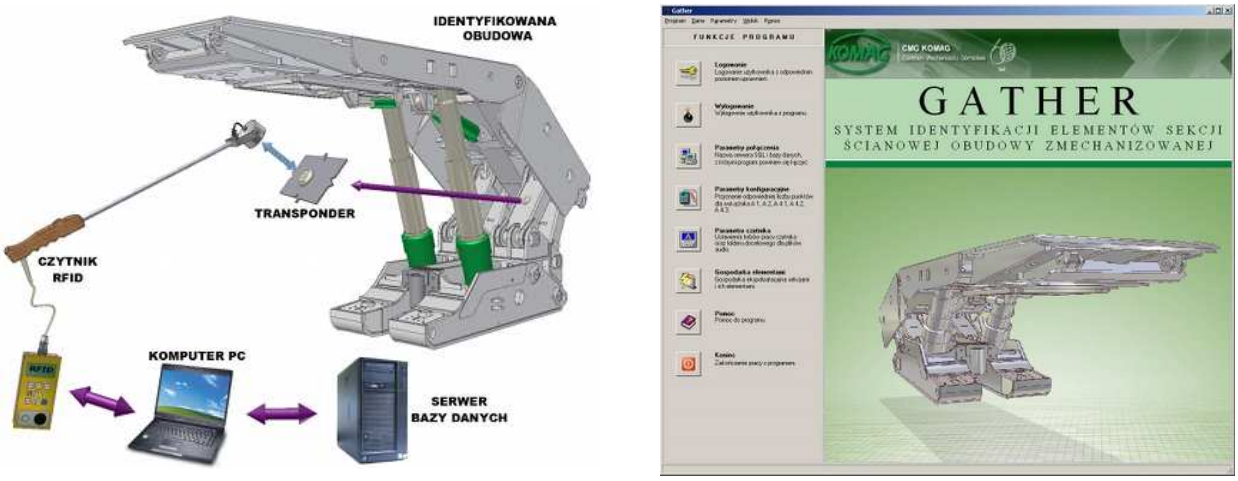
– *System sterowania osadzarki pulsacyjnej* (rys. 6). Opracowano automatyczne sterowanie pulsacją, progami, przepustami, napędami, ciśnieniem powietrza i przepływem wody. Rozszerzono zakres sterowania do urządzeń i maszyn współpracujących z osadzarką, dając możliwość szerszej kontroli procesu. Układ ten znajduje się obecnie w fazie testów i w bliskiej perspektywie czasu zostanie oferowany do sprzedaży. System powstaje przy współpracy z firmą PROREM oraz specjalistami z KWK „Budryk".
– *System monitoringu konstrukcji wielkopowierzchniowych*. W celu ograniczenia zagrożenia związanego z niebezpieczeństwem przeciążenia konstrukcji obiektów, głównie wielkopowierzchniowych, specjaliści KOMAG-u opracowali system monitoringu, umożliwiający śledzenie i analizę stanu obcią-



Rys.1. Interfejs Zintegrowanego systemu sterowania i oceny stanu technicznego ścianowego systemu mechanizacyjnego [2]

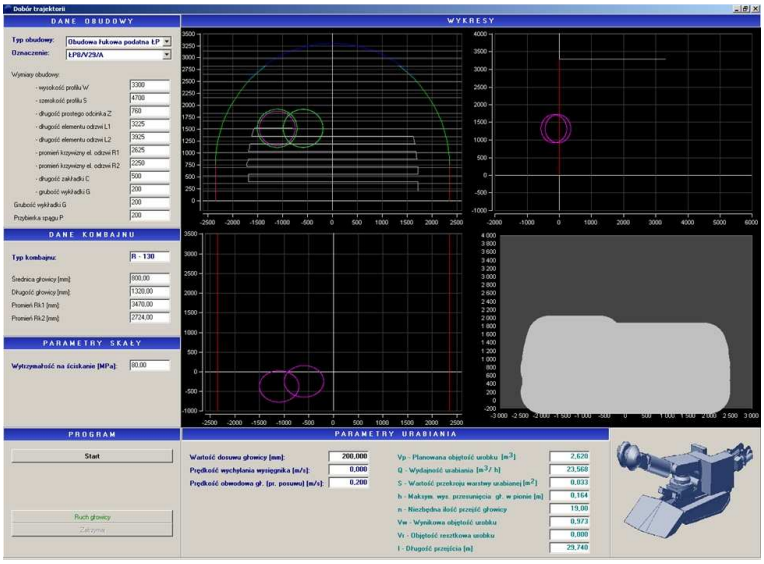


Rys.2. Kombajn R-130 produkcji REMAG S.A. [8]

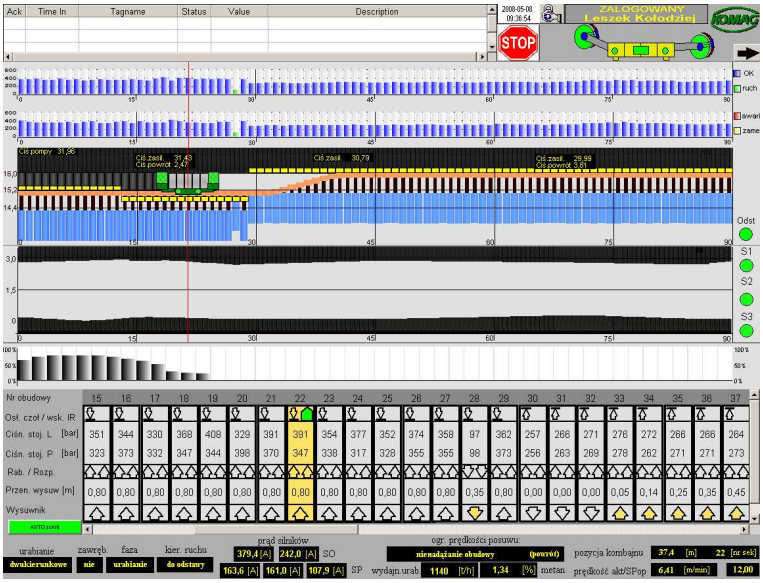


Rys.3. Elementy Elektronicznego Systemu Ewidencji Elementów Sekcji Ścianowej Obudowy Zmechanizowanej [3]

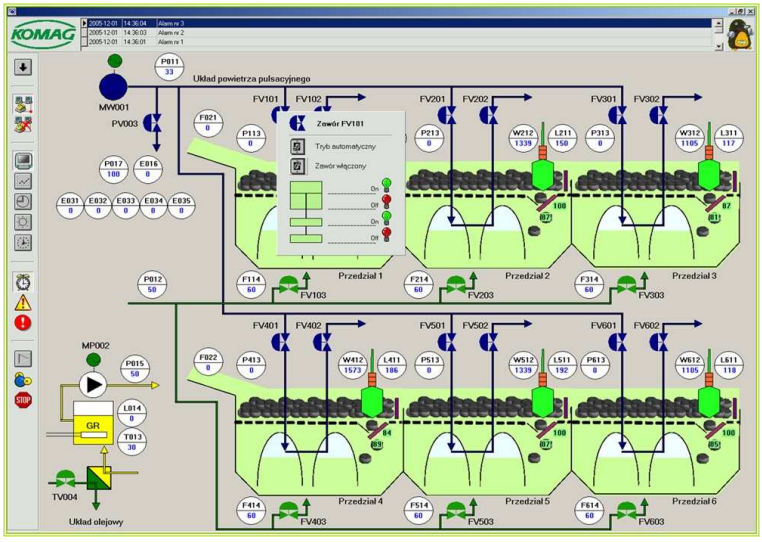
żeń statycznych, wpływających bezpośrednio na stabilność konstrukcji. System został tak zaprojektowany, aby był jak najbardziej ekonomiczny, zarówno podczas instalacji, jak i eksploatacji, a jednocześnie umożliwiał precyzyjny pomiar obciążeń, wygodny i szybki przesył wyników pomiarów, magazynowanie danych oraz ich wizualizację w aplikacji klienckiej. Dzięki komunikacji poprzez sieć Internet możliwe jest przesyłanie wyników pomiarów do dowolnego miejsca. Na rysunku 7 pokazano schemat ideowy zaprojektowanego systemu.



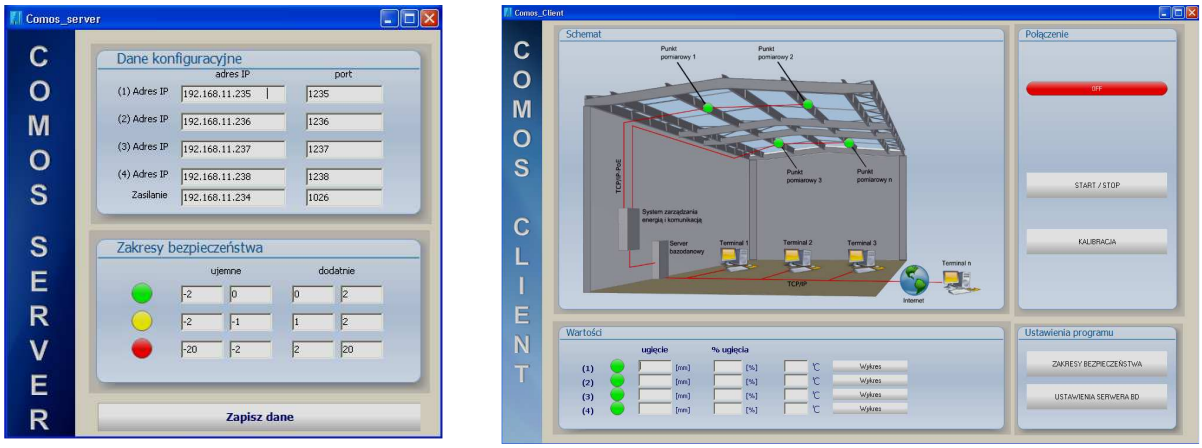
Rys.4. Aplikacja wizualizacyjna [6]



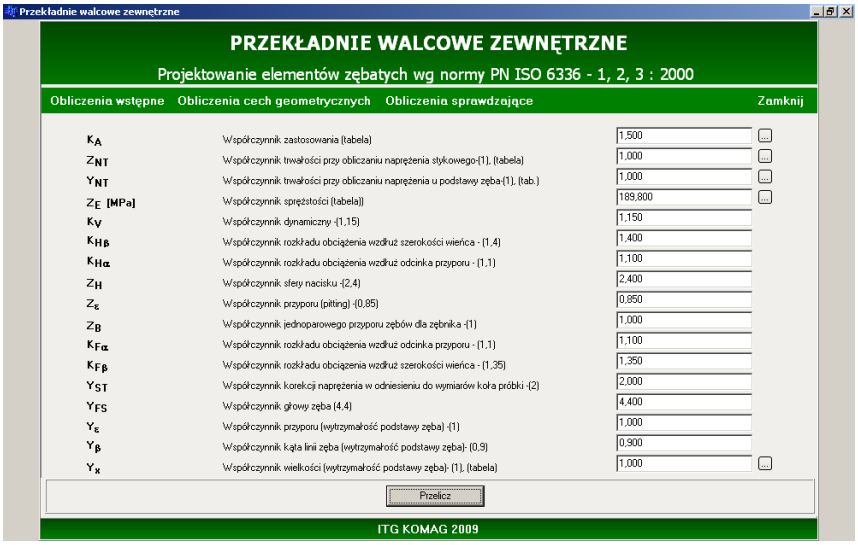
Rys.5. Okno systemu wizualizacji wykonane w ramach projektu NEAMEQ [7]



Rys.6. Okno wizualizacji systemu sterowania osadzarką pulsacyjną [4]



Rys.7. System monitoringu konstrukcji [5]



Rys.8. Oprogramowanie GearBOX – moduł obliczeń przekładni walcowych zewnętrznych [1]

– *Oprogramowanie GearBOX* (rys. 8). Wykorzystując zalecenia międzynarodowych norm ISO opracowano przy współpracy z Akademią Techniczno-Humanistyczną w Bielsku-Białej metodykę, a na jej podstawie pakiet programów inżynierskich do komputerowo wspomaganego projektowania elementów zębatych przekładni walcowych, stożkowych i ślimakowych. Obliczenia, wsparte wymienionymi pakietami programów inżynierskich, odnoszą się do sprawdzenia kryteriów oraz warunków dotyczących: naprężeń, współczynników bezpieczeństwa i trwałości urządzenia. Tak wyznaczone warunki pozwalają opracować metodykę sprawdzania kryterium dotyczącego prawdopodobieństwa niezawodnej pracy, która to jest następnym etapem badań związanych z bezpieczeństwem napędów zębatych.
– *System monitorowania ruchu załogi oraz środków transportu.* W świetle zaistniałych katastrof górniczych np. w KWK „Wujek Ruch Śląsk" podjęto prace związane z opracowaniem części programowej systemu monitorowania ruchu załogi oraz środków transportu. System taki realizowany jest w odpowiedzi na zapotrzebowanie rynkowe, wynikające z konieczności poprawy bezpieczeństwa załogi zakładów górniczych.

Poza opisanymi, przykładowymi osiągnięciami w zakresie innowacyjnych rozwiązań mechatronicznych, realizowanych jest również szereg prac na potrzeby rozwoju zaplecza badawczego KOMAG-u. Najważniejszą inwestycją realizowaną w ostatnich latach, z dużym udziałem specjalistów Zakładu Systemów Mechatronicznych, była budowa Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska. Zaprojektowano i zbudowano mechatroniczne stanowiska badawcze do badania bezpieczeństwa wyrobów.

5. Podsumowanie

Możliwości rozwoju systemów mechatronicznych są obecnie coraz większe ze względu na fakt, że większość projektowanych maszyn i urządzeń wymaga innowacyjnych układów sterowania, monitorowania i diagnostyki. Wytwarzane urządzenia i maszyny muszą być zgodne z wymogami przepisów. Stąd już na etapie ich projektowania należy integrować rozwiązania mechaniczne z systemami bezpieczeństwa i nadzoru.

Partnerzy przemysłowi KOMAG-u stale sygnalizują swoje potrzeby w zakresie systemów mechatronicznych, dzięki czemu realizowane są wspólne projekty badaw-

cze, rozwojowe i celowe. Widoczny jest ciągły rozwój kadry i zaplecza badawczo-naukowego związanego z mechatroniką. Również w przemyśle wydobywczym prowadzone są prace mające na celu wdrożenie inteligentnych systemów diagnostycznych do maszyn i urządzeń.

Realizacja prac rozwojowych przy ścisłej współpracy z przedstawicielami przemysłu, pozwala na podniesienie poziomu innowacyjności. Możliwość wsparcia tych prac poprzez finansowanie z funduszy krajowych, bądź europejskich, ułatwia zasadniczo realizację wyznaczonego celu, jakim jest zazwyczaj innowacyjny i bezpieczny produkt.

Literatura

1. Czader W., Rogala-Rojek J., Drewniak J.: Wykorzystanie standardów ISO w procesie projektowania przekładni zębatych maszyn górniczych. Materiały na konferencję: V Szkoła Mechanizacji i Automatyzacji Górnictwa, Ustroń, 24-26 marca 2010, s. 68-78.
2. Jaszczuk M., Stankiewicz K., Kot D., Jasiulek D.: Możliwość zwiększenia dyspozycyjności ścianowego systemu mechanizacyjnego poprzez wprowadzenie zintegrowanego systemu sterowania. KOMTECH 2008 „Nowoczesne, niezawodne i bezpieczne systemy mechanizacyjne dla górnictwa", CMG KOMAG, Gliwice 2008, s. 83-90.
3. Rogala J.: Elektroniczny system ewidencji Elementów sekcji obudowy zmechanizowanej. Maszyny Górnicze nr 4, 2008, s. 31-38.
4. Tejszerski J., Jasiulek D., Pająk T., Osoba M.: System sterowania osadzarką KOMAG. KOMEKO 2008, „Innowacyjne i przyjazne dla środowiska systemy przeróbcze surowców mineralnych", CMG KOMAG, Gliwice 2008, s. 195-204.
5. Stankiewicz K., Bartoszek S., Jagoda J., Jasiulek D., Rogala-Rojek J.: Zintegrowany system monitoringu konstrukcji obiektów użytkowych zwiększający bezpieczeństwo eksploatacyjne. Materiały na Konferencję: EMTECH 2009 "Zasilanie, informatyka techniczna i automatyka w przemyśle wydobywczym. Innowacyjność i bezpieczeństwo", Ustroń, 19-21 maja 2010, s. 175-182.
6. Sprawozdanie z realizacji projektu ADRIS – materiały nie publikowane.
7. Sprawozdanie z realizacji projektu NEMAEQ – materiały nie publikowane.
8. Strona internetowa firmy REMAG www.remag.com.pl

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab. inż. Jerzy Świder

Dr inż. Marek SZYGUŁA
Mgr inż. Daniel CHLEBEK
Mgr inż. Zbigniew CIEŚLAK
Mgr inż. Jacek GERLICH
Mgr inż. Dariusz JENCZMYK
Dr inż. Krzysztof MAZUREK
Mgr inż. Joachim STĘPOR
Dr inż. Krzysztof TURCZYŃSKI
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Stan techniczny sekcji obudowy zmechanizowanej na podstawie przeprowadzonych przy udziale Instytutu Techniki Górniczej KOMAG ocen stopnia zużycia

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

W pracy przedstawiono zestawienie przeprowadzonych, przy udziale Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w 2009 roku opracowań w zakresie ocen stopnia zużycia sekcji obudowy zmechanizowanej. Przeprowadzono analizę stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej eksploatowanych przez kopalnie węgla kamiennego. Omówiono wyniki przeprowadzonych ocen stopnia zużycia.

S u m m a r y

A list of reports as regards assessments of degree of wear of powered-roof supports, which were developed in 2009 with participation of the KOMAG Institute of Mining Technology, was presented in the paper. Analysis of technical condition of powered-roof supports, which operated in hard coal mines, was made. Results of assessments of degree of wear were discussed.

1. Wstęp

Sekcje obudowy zmechanizowanej, wchodzące w skład kompleksu ścianowego, są zasadniczym elementem decydującym o bezpieczeństwie ludzi pracujących w ścianie wydobywczej. Stałe dążenie do poprawy bezpieczeństwa procesu eksploatacji, wymaga prowadzenia oceny stopnia zużycia sekcji obudowy zmechanizowanej często będących w różnym stanie technicznym. Wymagania w zakresie bezpieczeństwa oraz kryteria oceny stopnia zużycia elementów obudowy zmechanizowanej w podziemnych zakładach górniczych określał w 2009 roku Załącznik nr 4 do Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych, Dz.U. nr 139, poz. 1169 (znowelizowany Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 09.06. 2006 r. Dz.U. nr 124, poz. 863). Zgodnie z powyższym dokumentem, po zakończeniu eksploatacji ściany, a przed zabudowaniem sekcji obudowy zmechanizowanej w kolejnej ścianie, sekcje obudowy poddaje się ocenie stopnia zużycia.

Instytut Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach jest jednostką upoważnioną do prowadzenia badań wyrobów, zgodnie z wykazem w Załączniku nr 2 do Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 2 lipca 2002 r. w sprawie dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych maszyn, urządzeń, materiałów oraz środków strzałowych i sprzętu strzałowego (Dz.U. nr 125, poz. 1064, z 2002 r. z późniejszymi zmianami). Na podstawie powyższego upoważnienia KOMAG prowadzi oceny stopnia zużycia sekcji obudowy zmechanizowanej pracujących w podziemnych zakładach górniczych.

2. Metody oceny stopnia zużycia sekcji obudowy zmechanizowanej według przepisów obowiązujących w tym zakresie w 2009 roku

Zgodnie z Załącznikiem nr 4 do Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenie ruchu oraz specjalnego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych, Dz.U. nr 139, poz. 1169 (znowelizowanego Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 09.06.2006 r. Dz.U. nr 124, poz. 863) stosowano następujące metody oceny stopnia zużycia sekcji obudowy zmechanizowanej:

- obliczenie wskaźnika A_w,
- przegląd techniczny,
- badanie techniczne.

Ocena stopnia zużycia sekcji obudowy zmechanizowanej polegająca na obliczeniu wskaźnika A_w, uwzględniała:

– rodzaj sekcji obudowy zmechanizowanej,
– rok produkcji lub remontu, lub modernizacji,
– sumaryczną wielkość wybiegu ścian, w których zabudowana była sekcja,
– warunki geologiczno-górnicze ściany, takie jak:
  - obciążenie,
  - rodzaj stosowanego zabezpieczenia sekcji przed obciążeniem dynamicznym,
  - stosowanie techniki strzelniczej.

Interpretację wyników obliczonych wartości wskaźnika A_w, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Wartość wskaźnika A_w	Wynik przeglądu technicznego	
	pozytywny	negatywny
$A_w < 4000$	Sekcja obudowy zmechanizowanej może być dalej eksploatowana	Sekcję obudowy zmechanizowanej należy poddać badaniu technicznemu. Jeżeli wynik badania technicznego jest: - pozytywny, sekcja obudowy może być dalej eksploatowana, - negatywny, w celu dalszej eksploatacji sekcji obudowy komisja określa zakres remontu.
$A_w \geq 4000$	Kierownik Ruchu Zakładu Górniczego w celu dalszej eksploatacji powołuje komisję, która: - przeprowadza badanie techniczne sekcji obudowy zmechanizowanej, - przekazuje wytypowaną sekcję obudowy zmechanizowanej do badań w akredytowanym laboratorium badawczym, - na podstawie wyników badania technicznego oraz badania w akredytowanym laboratorium badawczym określa zakres remontu.	

Przegląd techniczny przeprowadza Komisja powołana przez Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego. Zakres czynności przeglądu technicznego, przeprowadzonego zgodne z pkt. 4.3.5 wyżej wymienionego załącznika nr 4, obejmuje sprawdzenie stanu technicznego sekcji obudowy według następującego zakresu:

– sprawdzenie ciśnienia otwarcia i zamknięcia bloków zaworowych i zaworów upustowych w akredytowanym laboratorium badawczym,
– kontrola stanu spoin elementów nośnych sekcji obudowy zmechanizowanej na podstawie oceny wizualnej,
– kontrola odkształcenia elementów nośnych sekcji obudowy zmechanizowanej w porównaniu do danych określonych w dokumentacji techniczno-ruchowej lub poradniku obudowy na podstawie pomiarów,
– kontrola luzów połączeń sworzniowych elementów nośnych sekcji obudowy zmechanizowanej na podstawie pomiarów,
– ocena stanu połączeń przegubowych,

oraz sprawdzenie szczelności układu hydraulicznego przy wykonywaniu wszystkich funkcji sterowniczych i przeprowadzenie badań nieniszczących w zakresie określonym przez Komisję.

Badania techniczne przeprowadza się w przypadku:

– wystąpienia rozbieżności między obliczonym wskaźnikiem A_w, a wynikami uzyskanymi z przeglądu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej,
– braku możliwości określenia roku produkcji sekcji obudowy zmechanizowanej lub jej elementu nośnego,
– eksploatacji sekcji obudowy zmechanizowanej lub jej elementu nośnego powyżej 10 lat od wyprodukowania,
– gdy $A_w \geq 4000$.

Badania techniczne przeprowadza Komisja powołana przez Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego zgodnie z pkt. 4.3.6 wyżej wymienionego załącznika nr 4.

Badaniom technicznym podlegają następujące elementy składowe sekcji obudowy zmechanizowanej po jej demontażu:

– spągnica lub spągnice,
– osłona odzawałowa,
– stropnica,
– łączniki układu lemniskatowego,
– sworznie przegubów lemniskatowych (połączenie spągnicy i osłony odzawałowej z łącznikami lemniskatowymi oraz stropnicy z osłoną odzawałową),
– układ przesuwny,
– stojaki i podpory stropnicy,
– układ sterowania hydraulicznego.

Kryteria badania technicznego sekcji obudowy nakazywały, aby:

– wszystkie poddane badaniom technicznym elementy i zespoły były sprawdzone pod względem prawidłowości kształtu (deformacje plastyczne),
– odchyłki prostoliniowości elementów nośnych nie były większe niż 6 mm na 1 mb długości lub szerokości,
– elementy nie mające wpływu na przenoszenie obciążeń przez sekcję obudowy nie były odkształcone w stopniu mogącym wpływać na funkcjonalność sekcji,
– gniazda stojaków w stropnicy i w spągnicy nie były zdeformowane w stopniu umożliwiającym wypadnięcie stopy lub głowicy stojaka z gniazda,
– zużycie elementów zabezpieczających sworznie przegubów lemniskatowych nie mogło umożliwić ich wypadnięcia z otworów,
– tolerancja otworów przegubów lemniskatowych oraz mocujących podpory nie była większa więcej niż 50% od określonej w dokumentacji wykonawczej, techniczno-ruchowej lub naprawczej,
– maksymalny ubytek grubości elementów nośnych konstrukcji tzn. blach i tężników nie był większy niż 10% wymiaru według dokumentacji wykonawczej, techniczno-ruchowej lub naprawczej,
– w spoinach nośnych nie występowały jakiekolwiek pęknięcia,

– maksymalny ubytek korozyjny grubości spoin nośnych wynosił do 10% wartości nominalnej określonej w dokumentacji wykonawczej, techniczno-ruchowej lub naprawczej,
– maksymalne wżery i ubytki na średnicy sworznia zmniejszały ją maksymalnie o 2%,
– owalność i prostoliniowość sworzni mieściła się w granicach tolerancji wymiarowej.

Na podstawie powyższych kryteriów badań technicznych Komisja opracowywała wymagania szczegółowe dla sekcji obudowy zmechanizowanej poddanych badaniom technicznym.

W przypadku, gdy sekcje obudowy zmechanizowanej zostały poddane remontowi zachodziła, na podstawie pkt 4.1.13 wyżej wymienionego załącznika, konieczność przeprowadzenia badania technicznego 10% elementów nośnych obudowy zmechanizowanej po remoncie, przez Komisję powołaną przez Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego. Badania techniczne przeprowadzano zgodnie z pkt 4.3.6. wyżej wymienionego Załącznika.

KOMAG w 2009 roku brał również udział w pracach Komisji przeprowadzających kontrolę stanu technicznego zgodnie z pkt. 4.1.9 wyżej wymienionego załącznika nr 4, podczas której zwracano uwagę na następujące objawy zużycia lub uszkodzenia sekcji obudowy zmechanizowanej:
– występowanie odkształceń,
– pęknięcia spoin,
– szczelność układu hydraulicznego,
– występowanie innych uszkodzeń.

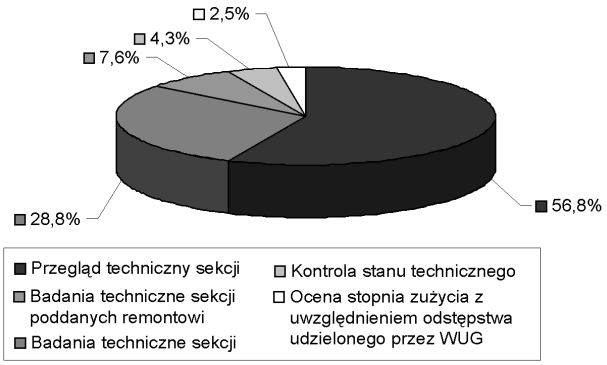
3. Analiza wybranych wyników „Ocen stopnia zużycia obudowy zmechanizowanej" przeprowadzonych w 2009 roku przy udziale Instytutu Techniki Górniczej KOMAG

Na podstawie przeprowadzonych w 2009 roku, przy udziale Instytutu Techniki Górniczej KOMAG „Ocen stopnia zużycia obudowy zmechanizowanej" przeprowadzono analizę uzyskanych wyników. Analiza pozwoliła na sformułowanie zależności, które zostały przedstawione w podsumowaniu.

W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że:
– na całkowitą liczbę 118 „Ocen stopnia zużycia obudowy zmechanizowanej":
  - 34 dotyczyło przeglądów technicznych,
  - 67 dotyczyło badań technicznych,
  - 9 dotyczyło badań technicznych sekcji po remoncie,
  - 5 dotyczyło kontroli stanu technicznego,
  - 3 dotyczyło ocen, jakie były przeprowadzane z uwzględnieniem warunków odstępstwa udzielonego przez Wyższy Urząd Górniczy, na nie-

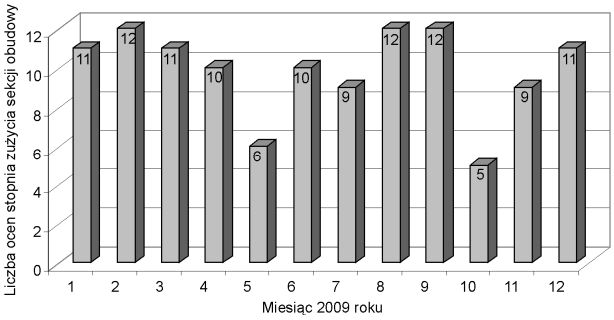
przeprowadzanie badania technicznego wszystkich sekcji obudowy zmechanizowanej.

Rozkład ocen stopnia zużycia według powyższych kryteriów przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Rozkład ocen stopnia zużycia sekcji obudowy zmechanizowanej

– na całkowitą liczbę 118 „Ocen stopnia zużycia obudowy zmechanizowanej" ich rozkład na poszczególne miesiące w 2009 roku przedstawiono na rysunku 2,

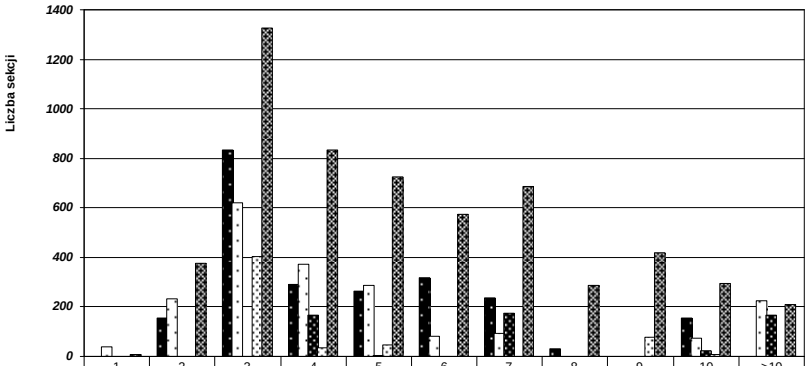


Rys.2. Liczba wykonanych „Ocen stopnia zużycia sekcji obudowy zmechanizowanej" w poszczególnych miesiącach w 2009 roku

– wśród sekcji obudowy zmechanizowanej przeważały sekcje eksploatowane od 2 do 7 lat, co przedstawiono na rysunkach 3 i 4,
– w eksploatacji znajdowały się sekcje obudowy zmechanizowanej, dla których wskaźnik A_w osiągał wartość od 2000 do 4000, co przedstawiono na rysunkach 5 i 6.

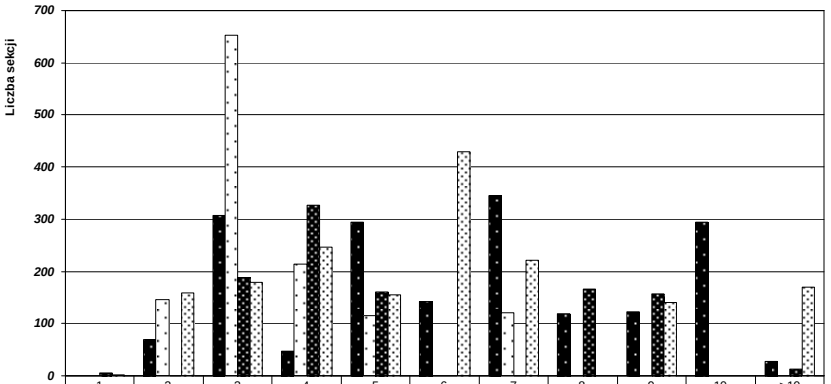
4. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić:
– W 2009 roku dokonano 118 ocen stopnia zużycia sekcji obudowy zmechanizowanej obejmujących 11147 sekcji obudowy. W ramach ocen stopnia zużycia dokonano sprawdzenia ciśnienia otwarcia i zamknięcia dla 1053 bloków zaworowych lub zaworów upustowych oraz przeprowadzono badania wytrzymałościowe 28 sekcji obudowy w laboratorium badawczym.
– Prawie dwukrotnie większa liczba wykonanych badań technicznych niż przeglądów technicznych świad-



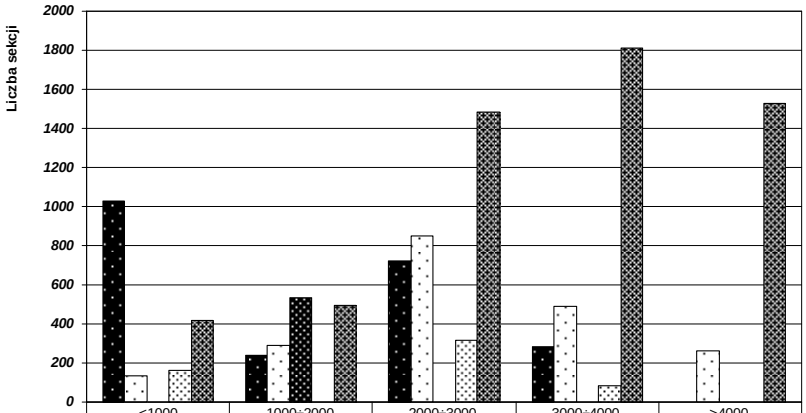
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
JSW S.A.	0	156	834	290	263	317	237	30	0	155	0
KHW S.A.	40	232	619	373	287	82	95	0	0	74	223
LW Bogdanka S.A.	0	0	0	168	3	0	175	0	0	23	167
PKW S.A.	0	0	402	35	45	0	0	0	77	7	0
KW S.A.	6	375	1327	835	725	573	687	286	420	294	210

Rys.3. Okres eksploatacji sekcji obudowy poddanych ocenie stopnia zużycia dla poszczególnych spółek węglowych



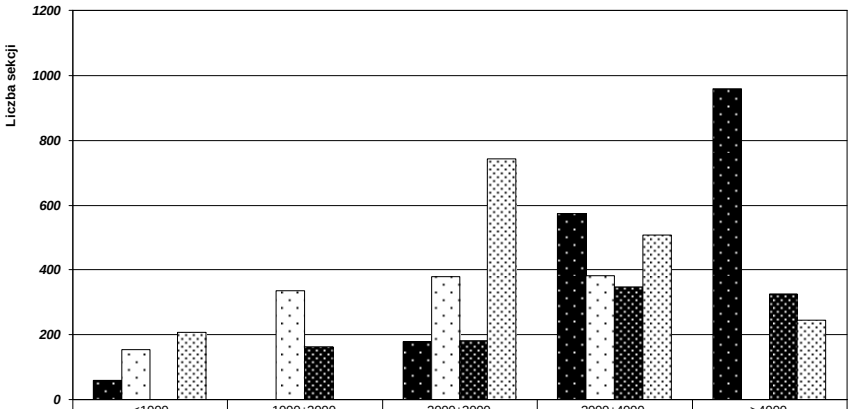
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
CW Północ	0	70	307	48	294	143	345	119	122	294	28
CW Wschód	0	146	652	213	116	0	120	0	0	0	0
CW Zachód	5	0	188	328	160	0	0	167	158	0	12
CW Południe	1	159	180	246	155	430	222	0	140	0	170

Rys.4. Okres eksploatacji sekcji obudowy poddanych ocenie stopnia zużycia sekcji dla poszczególnych Centrów Wydobywczych w Kompani Węglowej S.A.



	<1000	1000÷2000	2000÷3000	3000÷4000	>4000
JSW S.A.	1028	240	723	286	0
KHW S.A.	134	288	851	489	263
LW Bogdanka S.A.	0	536	0	0	0
PKW S.A.	163	0	319	84	0
KW S.A.	417	496	1484	1811	1530

Rys.5. Liczba sekcji obudowy poddanych ocenie stopnia zużycia w zależności od wskaźnika A_w dla poszczególnych spółek węglowych



	<1000	1000÷2000	2000÷3000	3000÷4000	>4000
CW Północ	59	0	179	574	958
CW Wschód	152	334	380	381	0
CW Zachód	0	162	182	347	327
CW Południe	206	0	743	509	245

Rys.6. Liczba sekcji obudowy poddanych ocenie stopnia zużycia w zależności od wskaźnika A_w dla poszczególnych Centrów Wydobywczych w Kompanii Węglowej S.A.

czy o tym, że wśród eksploatowanych w podziemnych zakładach górniczych sekcji obudowy zmechanizowanej jest znacznie więcej sekcji starszych niż 10 lat lub poddanych remontowi lub modernizacji, niż nie poddanych tym procesom i młodszym od 10 lat (rys. 1).

- Największą grupę eksploatowanych sekcji obudowy zmechanizowanej stanowiły sekcje wyprodukowane, wyremontowane lub zmodernizowane 3 lata wstecz. Wystąpiła mała liczba sekcji eksploatowanych od 1 roku od daty produkcji, remontu lub modernizacji, co może świadczyć o małej liczbie, realizowanych przez kopalnie, zakupów nowych sekcji obudowy (rys. 3 i 4).
- Wynikiem ocen stopnia zużycia przeprowadzonych w 2009 r. było zakwalifikowanie 10% ocenianych kompletów ścianowych do dalszej eksploatacji bez żadnych zastrzeżeń (na podstawie analizy opracowań [1]).
- W większości prowadzonych ocen stopnia zużycia ujawniono więcej uszkodzeń elementów hydrauliki siłowej (90% ocen stopnia zużycia wykonanych w 2009 r.) niż elementów nośnych obudowy (14% ocen stopnia zużycia wykonanych w 2009 r.), co świadczy o poprawiającym się stanie technicznym elementów nośnych sekcji obudowy zmechanizowanej. Wymiana uszkodzonych elementów przywracała możliwość dalszej eksploatacji obudowy (na podstawie analizy opracowań [1]).
- W wielu przypadkach niemożliwe było ustalenie daty produkcji obudowy lub części jej elementów nośnych (na podstawie analizy opracowań [1]).

Opracowany w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG system identyfikacji elementów sekcji obudowy zmechanizowanej umożliwia prowadzenie gospodarki sekcjami obudowy i przyczynia się do pełnej znajomości historii pracy poszczególnych sekcji.

W sierpniu 2010 roku weszło w życie Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 25 czerwca 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenie ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych, Dz.U. nr 126, poz. 855.

Nowe rozporządzenie zmieniło termin „ocena stopnia zużycia" na „ocena stanu technicznego". Zgodnie z tym dokumentem ocenę stanu technicznego nadal przeprowadza komisja powoływana przez kierownika ruchu zakładu górniczego. Zrezygnowano natomiast z wyliczania wskaźnika zużycia sekcji obudowy Aw. W zamian wprowadzono przygotowanie przez użytkownika sekcji obudowy raportu, zawierającego wyniki analiz dotychczasowego przebiegu użytkowania sekcji obudowy oraz analiz prowadzonych kontroli codziennych i miesięcznych. Przeglądom technicznym podlegają teraz wszystkie sekcje obudowy przeznaczone do dalszego wykorzystania. Wynik tego przeglądu oraz wnioski raportu użytkownika decydują o konieczności przeprowadzenia dodatkowych badań technicznych, liczbie sekcji kierowanych do badań technicznych oraz o konieczności przeprowadzenia dodatkowych badań laboratoryjnych.

W nowym rozporządzeniu pozostawiono konieczność sprawdzenia ciśnienia otwarcia i zamknięcia zaworów ograniczających ciśnienia w stojakach i podporach stropnicy.

Literatura

1. Protokoły z oceny stopnia zużycia obudowy zmechanizowanej przeprowadzone przy udziale Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w 2009 roku.
2. Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i hi-

gieny pracy, prowadzenie ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych, Dz.U. nr 139, poz. 1169 (znowelizowanego Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 09.06.2006 r. Dz.U. nr 124, poz. 863).

3. Załącznik nr 2 do Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 2 lipca 2002 r. w sprawie dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych maszyn, urządzeń, materiałów oraz środków strzałowych i sprzętu strzałowego (Dz.U. Nr 125, poz. 1064, z 2002 r. z późniejszymi zmianami).

4. Problematyka bezpiecznego użytkowania sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej – Monografia pod redakcją M.Jaszczuka – Gliwice 2004.

5. Cieślak Z., Gerlich J.: Ocena stanu technicznego remontowanych i modernizowanych obudów zmechanizowanych prowadzona przez CMG KOMAG w latach 2002÷2003 – Konferencja naukowo- techniczna, Ustroń, 2004.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr inż. Włodzimierz Sikora

Mgr inż. Joachim STĘPOR
Dr inż. Marek SZYGUŁA
Mgr inż. Zbigniew CIEŚLAK
Mgr inż. Dariusz JENCZMYK
Mgr inż. Jacek GERLICH
Mgr inż. Daniel CHLEBEK
Dr inż. Krzysztof MAZUREK
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Zagadnienia współpracy różnych typów sekcji obudowy zmechanizowanej w jednej ścianie na przykładzie wydanych przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG „Opinii rzeczoznawcy”

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

W artykule przedstawiono analizę wyników „Opinii rzeczoznawcy”, dotyczących możliwości równoczesnego stosowania w ścianie wydobywczej więcej niż jednego typu sekcji obudowy zmechanizowanej. Analizę opracował zespół osób upoważnionych do wydawania ,,Opinii rzeczoznawcy'' w imieniu Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. Przedstawiono „Metodykę działań Rzeczoznawcy”, według której prowadzi się proces wydawania ,,Opinii rzeczoznawcy'', omówiono jej poszczególne punkty i przedstawiono wnioski wynikające z doświadczeń nabytych podczas opracowywania opinii.

S u m m a r y

Analysis of results of “Expert’s opinions”, which refer to possibilities of simultaneous use of more than one type of powered-roof support in a longwall, was presented in the paper. The analysis was developed by a group of people authorized to issue “Expert’s opinions” on behalf of the KOMAG Institute of Mining Technology. “Methodology of expert’s actions”, according to which the process of issuing of “Expert’s opinions” is carried out, was presented, its points were discussed and conclusions resulting from experience gained during development of opinions were given.

1. Wstęp

Problematyka współpracy różnych typów sekcji obudowy zmechanizowanej w jednej ścianie pojawiła się na początku lat 80, jednak dopiero w 2002 roku została ostatecznie prawnie usankcjonowana. § 440 ust. 8 Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych, Dz.U. nr 139 poz. 1169 (znowelizowane Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 09.06.2006 r., Dz.U. nr 124, poz. 863), nakłada na użytkowników obudowy zmechanizowanej obowiązek uzyskania (przed rozpoczęciem eksploatacji ściany wydobywczej wyposażonej w więcej niż jeden typ obudowy) „Opinii rzeczoznawcy”, która powinna określić czy sekcje obudowy przeznaczone do eksploatacji w określonej ścianie mogą ze sobą współpracować.

Początkowe brzmienie § 440 ust. 8 pozwalało na dowolność w interpretacji zapisów tam zawartych, dlatego zwrócono się do Wyższego Urzędu Górniczego z prośbą o sprecyzowanie zapisów powyższego. Odpowiedź sprecyzowała sposób postępowania poprzez wydanie „Opinii rzeczoznawcy”, na podstawie zatwierdzonej przez Wyższy Urząd Górniczy „Metodyki działań Rzeczoznawcy”. Nowelizacja z 2006 roku wprowadziła zapis o konieczności uwzględnienia w „Opinii rzeczoznawcy” zarówno parametrów technicznych obudowy, jak i warunków górniczo-geologicznych przewidzianego do eksploatacji pola ścianowego.

Wydanie „Opinii rzeczoznawcy” odbywa się zatem w oparciu o zatwierdzoną przez Wyższy Urząd Górniczy uaktualnioną „Metodykę działań Rzeczoznawcy”.

2. Metodyka opracowania „Opinii rzeczoznawcy”

„Metodyka działań Rzeczoznawcy” przewiduje następujące działania:

I - Zapoznanie się z warunkami górniczo-geologicznymi i technicznymi projektowanej ściany oraz wyposażeniem maszynowym ściany,

II - Analiza charakterystyk technicznych przedmiotowych sekcji obudowy na podstawie ich Dokumentacji Techniczno-Ruchowej, ze szczególnym zwróceniem uwagi na:

a) zakres wysokości roboczej i nachylenia,
b) wartości ciśnienia zasilania,
c) krok przemieszczania sekcji,
d) charakter współpracy z przenośnikiem ścianowym,
e) wartości podporności.

III - Sporządzenie rysunków przekrojów poprzecznych ściany wyposażonej w określony kombajn, przenośnik i obudowę zmechanizowaną w celu sprawdzenia:

a) utrzymywanej rozpiętości wyrobiska ścianowego na przewidywanych wysokościach pracy dla każdego typu obudowy,

b) maksymalnej wielkości ścieżki przystropowej w celu porównania jej wymiarów z dopuszczalnym odsłonięciem stropu w danej ścianie,

c) minimalnych wymiarów przejścia dla załogi pod kątem ich zgodności z obowiązującymi przepisami,

d) zabezpieczenia przejścia załogi osłonami bocznymi stropnicy przed opadającymi ze stropu skałami,

e) możliwości „wysprzęglenia się" osłon bocznych osłon odzawałowych przy przesunięciu jednej sekcji obudowy względem drugiej w zakresie pełnego skoku siłownika przesuwu zestawu,

f) możliwości kolizji sekcji obudowy z organami urabiającymi, ramionami i kadłubem kombajnu i przenośnikiem ścianowym.

IV - Analiza możliwości i prawidłowości połączenia mechanizmów przesuwania sekcji obudowy z rynną przenośnika ścianowego i ewentualny sposób dostosowania ich współpracy.

V - Analiza poprawności doboru zastosowanych w ścianie typów obudowy zmechanizowanej do określonych warunków górniczo-geologicznych.

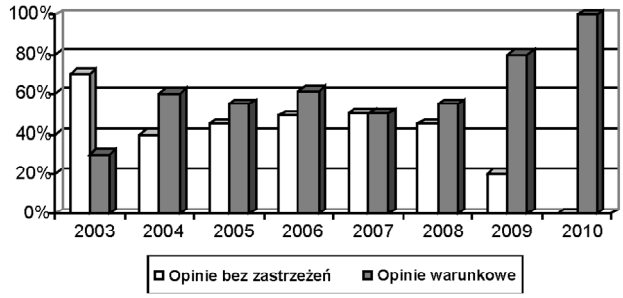
Na potrzeby niniejszego artykułu zrezygnowano z przedstawienia punktów V i II.e „Metodyki", gdyż te odnoszą się do zagadnień górniczo-geologicznych i nie wpływają na wyniki analiz pod względem technicznym całości zagadnienia oraz były poruszane w innych publikacjach.

3. „Opinie rzeczoznawcy" wydawane przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG

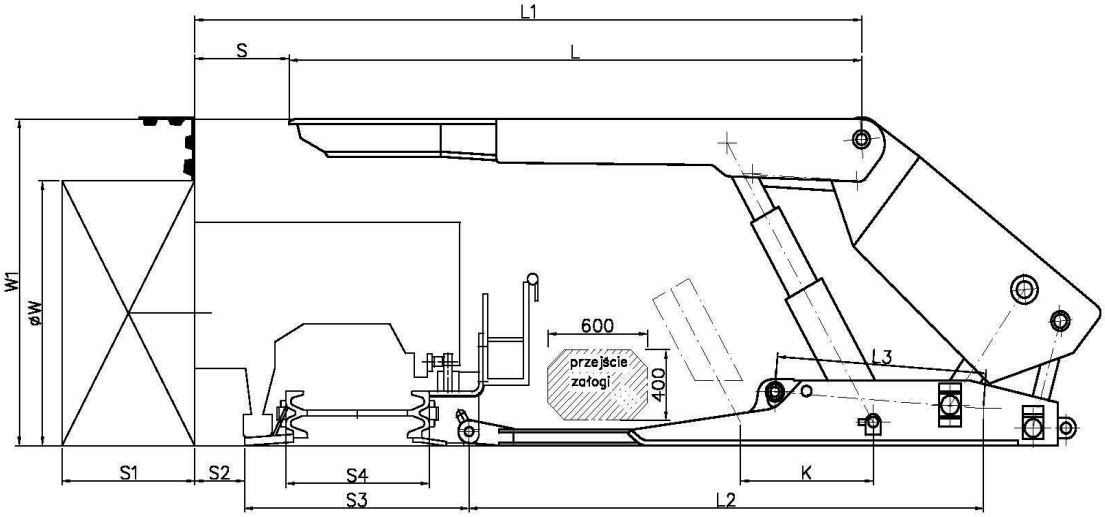
Prezes Wyższego Urzędu Górniczego nadał „Upoważnienie rzeczoznawcy do spraw ruchu zakładu górniczego" (nr 32/2002, 91/2005 i 159/2008), na mocy którego KOMAG może wydawać „Opinie rzeczoznawcy" w zakresie § 440 ust. 8 Rozporządzenia Ministra Gospodarki [1]. KOMAG wydał w latach 2003-2010 prawie 200 „Opinii rzeczoznawcy", dla większości kopalń przemysłu węglowego. Każdorazowo, by wydać „Opinię rzeczoznawcy" sporządzono rysunki przekrojów poprzecznych przez ścianę, co pozwalało wykonać analizę umaszynowienia oraz było podstawą do dalszej analizy zgodnej z „Metodyką".

Rysunki (rys. 1) wykonywano dla wszystkich typów obudowy zmechanizowanej poddanych analizie, we wszystkich możliwych do wystąpienia konfiguracjach, zarówno dla sekcji liniowych, jak i dla sekcji pracujących w rejonie napędu zwrotnego i wysypowego. Tak zebrane materiały pozwalały na kompleksową analizę całości zagadnienia i wydanie opinii. Opinia wydana dla jednej ściany, o określonej konfiguracji umaszynowienia oraz zakresie wysokości ściany i nachyleniach, jest obowiązująca dla wszystkich ścian występujących w danym polu wydobywczym, przy spełnieniu warunku braku zmian konfiguracji umaszynowienia oraz parametrów wysokości i nachyleń.

Należy zaznaczyć, że wszystkie wydane przez KOMAG „Opinie rzeczoznawcy" były pozytywne, z tym, że większość z nich miała charakter warunkowy (rys. 2).

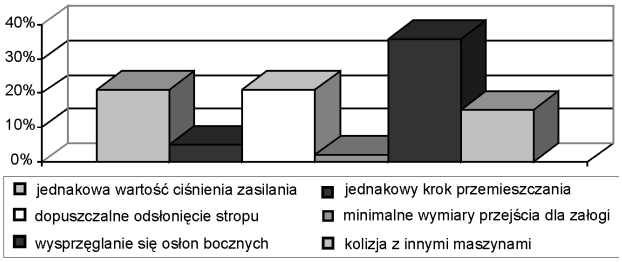


Rys.2. Zależność pomiędzy opiniami warunkowymi, a opiniami bez zastrzeżeń [3]



Rys.1. Przykładowy przekrój przez ścianę niezbędny do wydania „Opinii rzeczoznawcy"

Warunkowość wydawanych opinii wynikała z niespełnienia jednego lub kilku wymagań zawartych w „Metodyce". Każdorazowo, oprócz podania warunku, który należało spełnić by sekcje obudowy zmechanizowanej mogły współpracować w jednej ścianie wydobywczej, podawano sposób w jaki należy ten warunek spełnić.



Rys.3. Warunki niespełnione w stosunku do zawartych w „Metodyce działań Rzeczoznawcy" [3]

Głównym powodem wydawania warunkowych „Opinii rzeczoznawcy" (rys. 3) było „wysprzęglanie się" osłon bocznych osłon odzawałowych sąsiadujących ze sobą sekcji, po przesunięciu jednej z nich o wielkość równą krokowi przemieszczania obudowy.

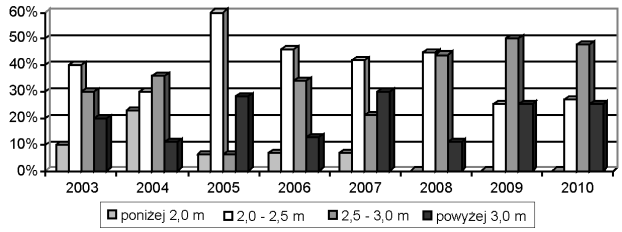
4. Analiza wyników wydanych Opinii Rzeczoznawcy

Przeanalizowano wyniki „Opinii Rzeczoznawcy" w rozbiciu na poszczególne punkty „Metodyki". Analiza wyników cząstkowych pozwoliła na określenie ogólnych zależności, które zaprezentowano w podsumowaniu artykułu.

4.1. Wysokość robocza i nachylenia ściany

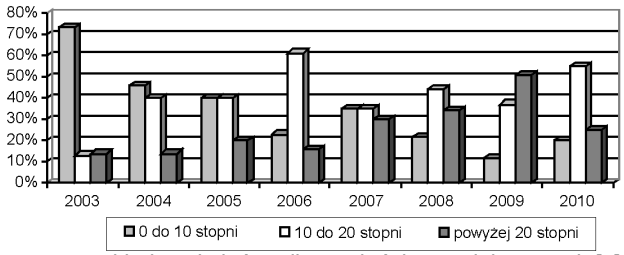
Zgodnie z „Metodyką" należy spełnić jednocześnie następujące warunki:

- wysokość ściany wydobywczej planowanej do wybrania, przy zastosowaniu analizowanych sekcji obudowy zmechanizowanej, powinna się mieścić w zakresie wysokości pracy tych sekcji obudowy,
- nachylenia podłużne i poprzeczne ściany powinny się mieścić w zakresie dopuszczalnych nachyleń dla analizowanych sekcji obudowy.

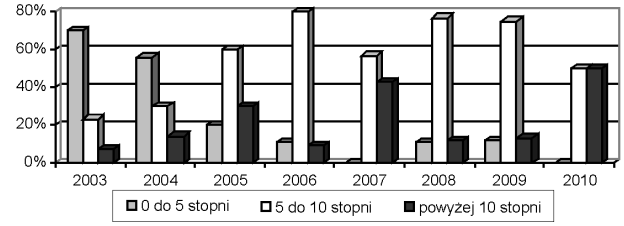


Rys.4. Rozkład wysokości ścian wydobywczych [3]

Można stwierdzić wyraźny zanik ścian w wysokości poniżej 2 m (rys. 4), przy znaczącym wzroście liczby ścian o wysokości 2,5-3,0 m. Tendencja ta wynika z ogólnego trendu do wybierania pokładów o tym zakresie wysokości.



Rys.5. Rozkład nachyleń podłużnych ścian wydobywczych [3]

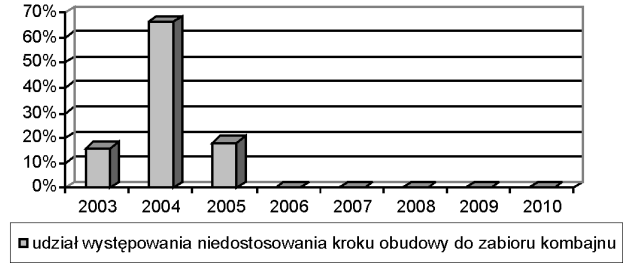


Rys.6. Rozkład nachyleń poprzecznych ścian wydobywczych [3]

Z obu wykresów (rys. 5 i 6) wynika, że nastąpił wzrost nachyleń eksploatowanych ścian, co wynikało z eksploatacji coraz trudniejszych, pod względem górniczo-geologicznym, pokładów węgla.

4.2. Krok przemieszczania obudowy

Zgodnie z „Metodyką" należy spełnić następujący warunek: obudowy mają jednakowy krok przemieszczania. Jednocześnie krok przemieszczania obudowy powinien być dostosowany do zabioru kombajnu. Jak widać na rysunku 3 około 5% wydanych opinii warunkowych wykazało niedostosowanie kroku obudowy do wielkości zabioru.



Rys.7. Rozkład niedostosowania kroku obudowy do zabioru kombajnu [3]

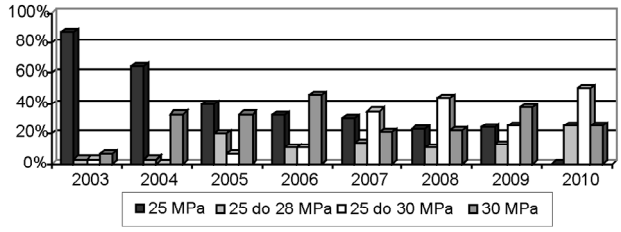
Niespełnienie tego warunku (rys. 7) występowało w latach 2003-2005 i było związane ze stosowaniem starszych typów obudowy, posiadających mniejszy niż 800 mm krok, który w tej chwili jest wielkością standardową oraz czynnikami techniczno-ekonomicznymi (użytkownicy posiadali określone typy obudowy). Wydane w tym czasie warunkowe opinie, wynikające z niespełnienia wymogów analizowanego punktu „Metodyki", podawały jednocześnie sposoby zapewnienia poprawnej współpracy analizowanych typów sekcji obudowy.

Zwykle użytkownik opracowywał specjalną technologię pracy obudowy, zapewniającą otrzymanie odpowiedniego zabioru kombajnu (tzw. podwójny krok obudowy w przypadku zbyt małego kroku, stosowanie tulei

ograniczających skok przesuwnika w przypadku zbyt dużego kroku itd.). Należy podkreślić, że około 80% analizowanych ścian miało krok obudowy 800 mm (równy zabiorowi kombajnu).

4.3. Ciśnienie zasilania

Zgodnie z „Metodyką" należy spełnić następujący warunek: obudowy mają takie same wartości ciśnienia zasilania.



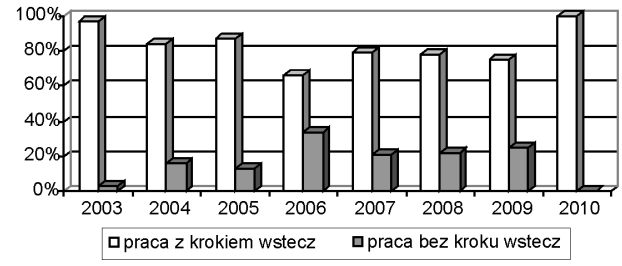
Rys.8. Rozkład ciśnienia zasilania ścian wydobywczych [3]

Zaznacza się wyraźny wzrost ciśnienia zasilania ścian w kolejnych latach (rys. 8). Ponadto widać, że częstym zjawiskiem był niewłaściwy dobór sekcji obudowy pod względem jednakowej wartości ciśnienia zasilania (ponad 20% opinii wydano warunkowo). W celu dostosowania ciśnienia zasilania sekcji obudowy zmechanizowanej do ciśnienia nominalnego w danej ścianie wydobywczej wykorzystywano dwie drogi:

- służby kopalniane opracowywały sposób zasilania, pracujących w danej ścianie sekcji obudowy, medium roboczym o wartości ciśnienia zgodnym z DTR tych sekcji obudowy (najczęściej wprowadzano dodatkowe zawory ograniczające ciśnienie),
- użytkownik zwracał się do producenta obudowy zmechanizowanej o zgodę na zasilanie obudowy medium roboczym o wartości ciśnienia innym niż przewiduje DTR danej obudowy.

4.4. Charakter współpracy z przenośnikiem ścianowym

Zgodnie z „Metodyką" należy spełnić następujący warunek: obudowy mają jednakowy charakter współpracy z przenośnikiem ścianowym. Dotyczy to sekcji obudowy pracujących w ścianie jako sekcje liniowe. Sekcje te mogły pracować „z krokiem wstecz" lub „bez kroku wstecz". Nie wystąpiła sytuacja, by w jednej ścianie pracowały jednocześnie sekcje obudowy zmechanizowanej (sekcje liniowe) „z krokiem wstecz" i „bez kroku wstecz".

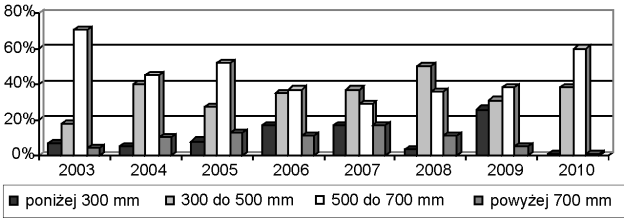


Rys.9. Rozkład charakteru pracy obudowy zmechanizowanej [3]

Większość ścian podlegających opiniom wyposażona była w sekcje obudowy wykazujące charakter współpracy z przenośnikiem ścianowym „z krokiem wstecz" (rys. 9). Ponadto w przypadku sekcji liniowych, pracujących „bez kroku wstecz", można było stwierdzić wyposażanie całej ściany w sekcje obudowy wykazujące ten sam charakter współpracy z przenośnikiem ścianowym. Tego typu ściany stwarzały zwykle szereg problemów związanych ze spełnieniem innych wymogów „Metodyki" (zapewnienie braku wysprzęglania się osłon bocznych osłon odzawałowych, co zdarzało się często w rejonach napędu zwrotnego i wysypowego).

4.5. Wielkość ścieżki przystropowej

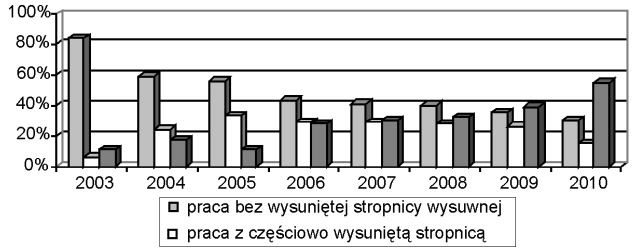
Zgodnie z „Metodyką" należy sprawdzić maksymalną wielkość ścieżki przystropowej w celu porównania jej wymiarów z dopuszczalnym odsłonięciem stropu w danej ścianie. Należy podkreslić, że nie ma uregulowań prawnych w zakresie wielkości ścieżki przystropowej, choć niektóre kopalnie posiadają ograniczenia dopuszczalnej wielkości tej ścieżki ze względu na warunki górniczo-geologiczne eksploatowanych złóż. Ponadto kopalnie starają się, by ścieżki przystropowe w eksploatowanych przez nich wyrobiskach nie przekraczały 700 mm (przed skrawem kombajnu). Należy również zaznaczyć, że wielkość ścieżki przystropowej warunkuje wyniki analiz pod kątem górniczo-geologicznym (współczynnik g, dobór obudowy do warunków górniczo-geologicznych itd.). Zagadnienie wielkości ścieżki przystropowej należy rozpatrywać na dwa sposoby – ścieżka przystropowa dla sekcji liniowych i ścieżka przystropowa dla sekcji skrajnych. Należy stwierdzić, że ponad 20% opinii było wydanych warunkowo, ze względu na zbyt duże odsłonięcie stropu (wynikające z warunków górniczo-geologicznych danej ściany jak i ekstremalnie duże ścieżki przystropowe).



Rys.10. Wielkość ścieżki przystropowej dla sekcji liniowych [3]

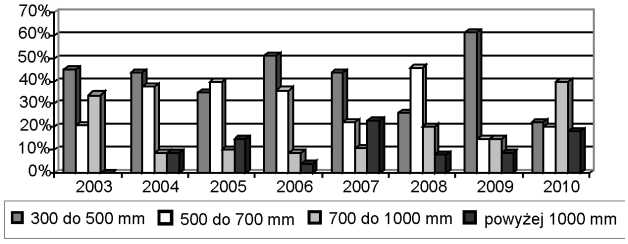
Większość ścieżek przystropowych zawierała się w granicach 300-700 mm (rys. 10), a więc przyjmowała wartości uważane za optymalne. Mniejsze wartości ścieżki przystropowej często prowadziły do występowania problemów związanych z możliwą kolizją organów urabiających ze stropnicami obudowy. Nie wszystkie, zbyt duże wielkości ścieżek przystropowych, były powodem wydania warunkowej opinii, gdyż w niektórych kopalniach, posiadających dobre warunki utrzymania stropu, opracowania dotyczące warunków górniczo-geologicznych dopuszczały większe wartości ścieżki. Wydawano natomiast opinie warunkowe, dotyczące

znacznie mniejszych wartości ścieżki przystropowej, ze względu na ograniczenia wynikające z warunków górniczo-geologicznych dla danej ściany. Największa ścieżka przystropowa, jaka wystąpiła w opiniach wyniosła 1310 mm (przed skrawem kombajnu). Zagadnienie ścieżki przystropowej dla sekcji skrajnych jest zjawiskiem bardziej złożonym. Praca sekcji skrajnych, podpiętych do płyt podnapędowych w rejonie napędu zwrotnego lub wysypowego, przy coraz większych wymiarach płyt podnapędowych, powoduje, że część z nich musi pracować z częściowo lub całkowicie wysuniętymi stropnicami wysuwnymi, w celu ograniczenia wielkości ścieżki przystropowej.



Rys.11. Rodzaj pracy sekcji skrajnych w rejonie napędu zwrotnego i wysypowego [3]

W kolejnych latach zwiększał się udział sekcji obudowy zmechanizowanej pracujących w rejonach napędu zwrotnego i wysypowego (rys. 11), z wysuniętymi częściowo lub całkowicie stropnicami wysuwnymi. Prowadzi to do pogorszenia zabezpieczenia stropu po skrawie kombajnu, co w przypadku stropów słabych i łamliwych, może doprowadzić do poważnych problemów z jego utrzymaniem w rejonach napędów przenośnika ścianowego. Koreluje to często z dużą ścieżką przystropową i bywa częstym powodem wydawania opinii warunkowych. Analiza wielkości ścieżek przystropowych w rejonach napędów przenośnika ścianowego wykazała, że napędy wysypowe wymykają się możliwości systematyzacji z racji opcjonalnego ich uwzględniania w wydanych „Opiniach rzeczoznawcy" (napędy wysypowe często sytuowane są w chodnikach i w rejonach napędów wysypowych, sekcje obudowy zmechanizowanej podłączone są zazwyczaj do rynien dołącznych lub do rynien trasy liniowej przenośnika). Stąd ograniczono się do analizy w rejonie napędu zwrotnego.

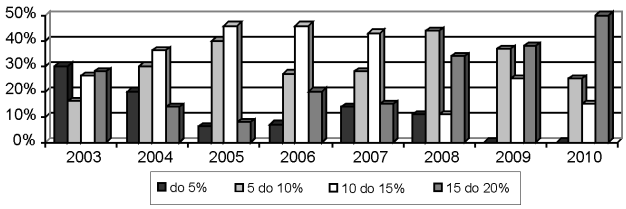


Rys.12. Wielkość ścieżki przystropowej dla sekcji skrajnych w rejonie napędu zwrotnego [3]

Jak widać, w kolejnych latach zwiększały się coraz bardziej wielkości ścieżki przystropowej, co wynikało z powiększania gabarytów napędów zwrotnych, a także stosowania w rejonie napędów zwrotnych sekcji obudowy zmechanizowanej przystosowanych do pracy jako sekcje liniowe (krótsze długości stropnic oraz brak stropnic wysuwnych) (rys. 12). Największa ścieżka przystropowa jaka wystąpiła w opiniach wyniosła 1200 mm (przed skrawem kombajnu). Opinie warunkowe wydawane na skutek zbyt dużej ścieżki przystropowej (dla sekcji liniowych i skrajnych) nie zawierały konkretnych zaleceń jak usunąć ten problem, gdyż kopalnie posiadały własne sposoby jego usunięcia. Należy podkreślić, że zagadnienie otwarcia stropu (ścieżki przystropowej) jest bardzo istotne dla doboru obudowy do warunków górniczo-geologicznych.

4.6. Rozpiętość wyrobiska ścianowego

Zgodnie z „Metodyką" należy sprawdzić utrzymywaną rozpiętość wyrobiska ścianowego dla przewidywanych wysokości pracy każdego typu obudowy. Zgodnie z zapisami „Metodyki" różnica w rozpiętości wyrobiska dla współpracujących ze sobą różnych typów obudowy zmechanizowanej powinna być mniejsza niż 20%.



Rys.13. Różnica w rozpiętości wyrobiska ścianowego pomiędzy współpracującymi ze sobą sekcjami obudowy zmechanizowanej [3]

W kolejnych latach zwiększał się udział wyrobisk, w których różnice rozpiętości dochodziły do 20% (rys. 13). Zjawisko to wynika z postępującej unifikacji w zakresie stosowanych przenośników zgrzebłowych oraz zwiększających się gabarytów napędów przenośników.

4.7. Przejście dla załogi

Zgodnie z „Metodyką" należy sprawdzić minimalne wymiary przejścia dla załogi pod kątem ich zgodności z obowiązującymi przepisami. Odnośne przepisy są zawarte w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki [1] oraz PN-EN 1804-1+A1:2010 [2]. Na każdym wykonanym rysunku przekroju poprzecznego przez ścianę wydobywczą (rys. 1) zaznacza się obszar przejścia dla załogi i analizuje czy jest on wystarczający. Część „Opinii rzeczoznawcy" była wydana warunkowo ze względu na zbyt małe wymiary przejścia dla załogi (miało to miejsce w 2003 roku). Opinie warunkowe wydano na podstawie zgody Wyższego Urzędu Górniczego na eksploatację analizowanych sekcji obudowy zmechanizowanej, bez zapewnienia odpowiedniego przejścia dla załogi. W pozostałych opiniach zawsze były spełnione wymagania przytoczonych powyżej przepisów.

4.8. Możliwość kolizji sekcji obudowy z pozostałym wyposażeniem kompleksu ścianowego

Zgodnie z „Metodyką" należy sprawdzić możliwość kolizji sekcji obudowy zmechanizowanej z organami urabiającymi, ramionami i kadłubem kombajnu i przenośnikiem ścianowym. Ze względu na ten warunek wydano około 15% opinii warunkowych (rys. 3). Jedynym źródłem kolizji obudowy z innymi maszynami kompleksu ścianowego był organ urabiający kombajnu.

Kolizje stropnic obudowy z organem urabiającym wynikały z kilku czynników. Pierwszy z nich to niewłaściwy dobór maszyn wchodzących w skład kompleksu ścianowego. Zdarzyło się, że dobór umaszynowienia spowodował uzyskanie analizowanej ścieżki przystropowej o wielkości 22 mm, co zwiększało możliwość wystąpienia kolizji. Następnym czynnikiem było stosowanie sekcji obudowy zmechanizowanej, dostosowanych do pracy jako sekcje skrajne (stropnice wychylnowysuwne z dużym wymiarem gabarytowym długości) do pracy jako sekcje liniowe (zjawisko to występowało często na skutek wydłużania ścian wydobywczych i dokładania sekcji obudowy w rejonach napędu zwrotnego i wysypowego). Powodowało to uzyskanie małych ścieżek przystropowych prowadzących do kolizji z organem urabiającym. Ostatnim czynnikiem prowadzącym do możliwości powstania kolizji było przechodzenie ściany wydobywczej przez uskoki lub zaburzenia geologiczne. Połączenie małej ścieżki przystropowej (rys. 10 i 12) z dużą wysokością ściany (rys. 4) oraz pojawiającymi się zmianami nachylenia poprzecznego (rys. 6) prowadziło do powstania możliwości kolizji. We wszystkich wydanych opiniach warunkowych zalecano stosowanie łączników pośrednich łączących belkę układu przesuwnego obudowy z uchwytem przenośnika ścianowego (o długości tak dobranej, by zabezpieczyć przed możliwością powstania kolizji).

4.9. Zabezpieczenie przejścia załogi przed opadającymi ze stropu skałami

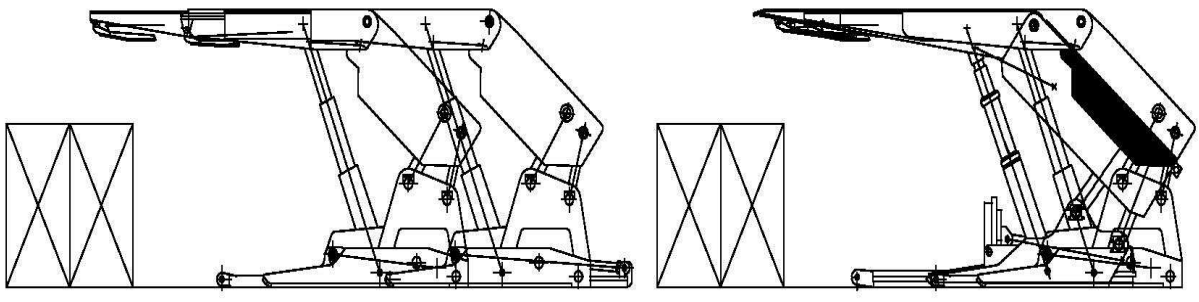
Zgodnie z „Metodyką" należy sprawdzić zabezpieczenie przejścia załogi osłonami bocznymi stropnicy przed opadającymi ze stropu skałami. Wszystkie poddane analizie typy obudowy zmechanizowanej były wyposażone w osłony boczne stropnicy, o wymiarach zapewniających zabezpieczenie pola przejścia załogi przed opadającymi ze stropu skałami. Odpowiednie wymiary osłon bocznych powinny zostać zapewnione na etapie projektowania obudowy i potwierdzone w procesie badań i certyfikacji (dopuszczenia) obudowy.

4.10. Wysprzęglanie się osłon bocznych osłon odzawałowych

Zgodnie z „Metodyką" należy sprawdzić możliwość „wysprzęglenia się" osłon bocznych osłon odzawałowych przy przesunięciu jednej sekcji obudowy względem sąsiedniej, w zakresie pełnego skoku siłownika przesuwu zestawu. Zagadnienie „wysprzęglania się" osłon bocznych odsłon odzawałowych było najczęstszym powodem wydawania opinii warunkowych (rys. 3). Prawie 40% opinii warunkowych wydano na skutek „wysprzęglenia się" osłon bocznych osłon odzawałowych.

Powyższą analizę (rys. 14) przeprowadzano dla wszystkich możliwych wariantów konfiguracji współpracujących ze sobą sekcji obudowy. Prowadziło to często do konieczności przeprowadzenia analizy dla kilkunastu możliwych przypadków. „Wysprzeglanie się" osłon bocznych występuje najczęściej dla współpracujących ze sobą sekcji w rejonach napędów przenośnika (styk sekcja liniowa – sekcja skrajna). Jest to wynikiem dużej różnicy w wartościach wymiaru S3 według rysunku 1, pomiędzy trasą liniową przenośnika, a napędem zwrotnym lub wysypowym. Występuje także na skutek wyposażenia całej ściany wydobywczej w sekcje obudowy pracujące „bez kroku wstecz". Brak rozwiązania tego problemu może powodować trudności podczas eksploatacji ściany (dostawanie się węgla i skał do obszaru przejścia dla załogi, niemożliwość przesunięcia sekcji), a w skrajnych przypadkach do wypadków.

Można temu zapobiec przez dostosowanie długości belek układu przesuwnego obudowy, zastosowanie łączników pośrednich dostosowanych do potrzeb (jeden łącznik na jednej sekcji lub zespół łączników na kilku sekcjach tworzący tzw. schodki), poszerzenie osłon bocznych osłon odzawałowych współpracujących ze sobą sekcji lub opracowanie specjalnej technologii pracy (kolejność przesuwania sekcji). W każdym przypadku trzeba jednak pamiętać o wybraniu ta-

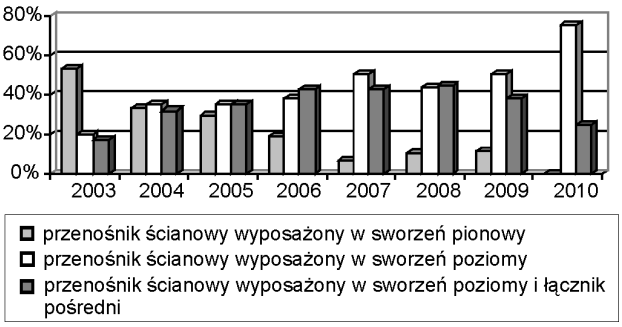


Rys.14. Przykładowa analiza „wysprzęglania się" osłon bocznych osłon odzawałowych

kiego rozwiązania, które nie powiększałoby nadmiernie ścieżki przystropowej.

4.11. Połączenie układu przesuwnego z przenośnikiem ścianowym

Zgodnie z „Metodyką" należy sprawdzić możliwość i prawidłowość połączenia mechanizmów przesuwania sekcji obudowy z rynną przenośnika ścianowego i podać ewentualny sposób ich dostosowania. Sposoby połączenia belek układu przesuwnego z przenośnikiem ścianowym analizowano w trzech grupach. Pierwsza z nich to połączenie sworznia pionowego przenośnika ścianowego z poziomym otworem belki układu przesuwnego (konieczne zastosowanie łącznika pośredniego, zwykle o długości 165 lub 180 mm). Druga, to bezpośrednie połączenie poziomego sworznia przenośnika ścianowego z poziomym otworem belki układu przesuwnego. Trzecia, to połączenie poziomego sworznia przenośnika ścianowego z poziomym otworem belki układu przesuwnego za pośrednictwem łącznika pośródniego (o bardzo zróżnicowanych długościach).



Rys.15. Udział poszczególnych połączeń (przenośnik-obudowa) [3]

Widać stopniowy zanik stosowania tradycyjnych sposobów połączeń (pionowy sworzeń przenośnika) (rys. 15). Wynika to z lepszych własności eksploatacyjnych pozostałych dwóch grup połączeń. Na rysunku 15 ujęto jedynie te łączniki pośrednie, które były zastosowane w konfiguracji wyjściowej wyposażenia ściany. Nie uwzględniono łączników pośrednich, które pojawiły się na skutek konieczności powiększenia ścieżki przystropowej, czy też konieczności zapobiegania „wysprzeglaniu się" osłon bocznych. Długości stosowanych łączników wahały się od 180 do 1000 mm. Nie wydano żadnej warunkowej opinii związanej z tym punktem „Metodyki".

5. Podsumowanie

Na podstawie przedstawionych w niniejszym artykule analiz można stwierdzić:

- Wszystkie poddane analizie sekcje obudowy zmechanizowanej (we wszystkich wydanych „Opiniach rzeczoznawcy") były poprawnie dobrane pod względem wysokości i nachyleń [3].
- Częstym zjawiskiem był niewłaściwy dobór sekcji obudowy pod względem jednakowych wartości ciśnienia zasilania [3].
- Zjawisko braku jednakowego kroku przemieszczania obudowy, które występowało w latach 2003-2005 było związane ze stosowaniem starszych typów sekcji obudowy (posiadających różne wartości kroku przemieszczania) oraz czynnikami techniczno-ekonomicznymi (użytkownicy mieli do dyspozycji jedynie określone typy sekcji obudowy) [3].
- Nie wystąpiła sytuacja, by w jednej ścianie pracowały sekcje obudowy zmechanizowanej (sekcje liniowe) jednocześnie z krokiem wstecz i bez kroku wstecz [3].
- Zwiększa się udział wyrobisk, w których różnica rozpiętości wyrobiska dochodzi do 20%. Zjawisko to wynika z postępującej unifikacji w zakresie stosowanych przenośników zgrzebłowych oraz zwiększających się gabarytów napędów przenośników [3].
- Zagadnienie otwarcia stropu (ścieżki przystropowej) ma kolosalne znaczenie dla całości zagadnienia doboru obudowy do warunków górniczo-geologicznych. Dokładne określenie wielkości ścieżki przystropowej powinno być wykonane przed rozpoczęciem prac związanych z doborem obudowy do warunków górniczo-geologicznych. Opinie warunkowe, wydawane na skutek problemu zbyt dużej ścieżki przystropowej (dla sekcji liniowych i skrajnych), nie zawierały zaleceń jak usunąć ten problem, gdyż kopalnie posiadały własne sposoby jego rozwiązania [3].
- „Wysprzęglanie się" osłon bocznych jest najbardziej negatywnym zjawiskiem występującym przy współpracy różnych typów sekcji obudowy zmechanizowanej w jednej ścianie. Brak rozwiązania tego problemu może powodować trudności podczas eksploatacji ściany (dostawanie się węgla i skał do obszaru przejścia dla załogi, niemożliwość przesunięcia sekcji), a w skrajnych przypadkach do wypadków [3].
- Jedynym źródłem kolizji sekcji obudowy z innymi maszynami kompleksu ścianowego był organ urabiający kombajnu. We wszystkich wydanych opiniach warunkowych, jako element likwidujący możliwość powstawania takiej kolizji, zalecane było stosowanie łączników pośrednich, łączących belkę układu przesuwnego obudowy z uchwytem przenośnika ścianowego (o długości tak dobranej, by zabezpieczyć się przed możliwością powstania kolizji) [3].
- Występuje stopniowy zanik stosowania tradycyjnych sposobów połączeń przenośnik-obudowa (pionowy sworzeń przenośnika), co wynika z lepszych własności eksploatacyjnych pozostałych połączeń [3].

- Zakres prac wykonywanych w celu wydania „Opinii rzeczoznawcy” może być z powodzeniem stosowany także dla ścian wydobywczych wyposażonych w jeden typ sekcji obudowy, w celu sprawdzenia poprawności doboru wyposażenia kompleksu ścianowego w aspekcie technicznym [3].
- Posiadanie przez kopalnię opinii w zakresie utrzymywania stropu i doboru obudowy do konkretnych warunków górniczo-geologicznych dla ścian, w których stosowany jest więcej niż jeden typ sekcji obudowy zmechanizowanej, nie zwalnia jej od posiadania opinii, która określa czy dane sekcje obudowy, przeznaczone do eksploatacji w jednej ścianie, mogą ze sobą współpracować w aspekcie technicznym, co powinno być zrealizowane według zatwierdzonej przez Wyższy Urząd Górniczy „Metodyki działań Rzeczoznawcy”.

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych, Dz.U. nr 139 poz. 1169 (znowelizowane Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 09.06.2006 r., Dz.U. Nr 124, poz. 863).
2. PN-EN 1804-1+A1:2010 „Maszyny dla górnictwa podziemnego – wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej – cz. 1: Sekcje obudowy i wymagania ogólne”.
3. „Opinie rzeczoznawcy” wydane w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w latach 2003-2010 (nie publikowane).

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr inż. Włodzimierz Sikora

Dr inż. Marek SZYGUŁA
Mgr inż. Daniel CHLEBEK
Mgr inż. Zbigniew CIEŚLAK
Mgr inż. Jacek GERLICH
Mgr inż. Dariusz JENCZMYK
Dr inż. Krzysztof MAZUREK
Mgr inż. Joachim STĘPOR
Dr inż. Krzysztof TURCZYŃSKI
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Nowoczesne sekcje obudowy zmechanizowanej – realizacje Zakładu Obudów Zmechanizowanych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG

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

W artykule przedstawiono parametry i charakterystyczne cechy, wyprodukowanych według dokumentacji opracowanej w KOMAG-u, nowoczesnych sekcji obudowy zmechanizowanej dla Katowickiego Holdingu Węglowego S.A. oraz modernizowanych sekcji obudowy zmechanizowanej dla Kompanii Węglowej S.A. Przedstawiono proces projektowania sekcji obudowy zmechanizowanej oraz nowatorski system odnawiania zasobów sekcji obudowy zmechanizowanej w kopalniach KHW S.A.

S u m m a r y

Parameters and characteristic features of state-of-the-art powered-roof supports manufactured according to documentation developed at KOMAG for Katowicki Coal Holding, JSC and parameters and characteristic features of powered-roof supports modernized for Coal Company, JSC were presented in the paper. The process of designing of powered-roof support and novel system for renewal of resources of powered-roof support in collieries of Katowicki Coal Holding, JSC were presented.

1. Wstęp

Jednym z głównych produktów KOMAG-u są dokumentacje konstrukcyjne sekcji obudowy zmechanizowanej, które powstają w Zakładzie Obudów Zmechanizowanych. Zakład opracowuje dokumentacje nowych sekcji obudowy zmechanizowanej, dokumentacje modernizacyjne sekcji obudowy pracujących już w kopalniach oraz dokumentacje remontowe dla sekcji obudowy wymagających przywrócenia pierwotnych własności użytkowych.

Zakład prowadzi również prace koncepcyjne i badawcze w zakresie innych maszyn i urządzeń związanych z zabezpieczeniem i utrzymaniem stropu, takich jak obudowy indywidualne, zespoły hydrauliki siłowej oraz zespoły i elementy hydrauliki sterowniczej. Dodatkowo, specjaliści zakładu dokonują oceny stopnia zużycia sekcji obudowy zmechanizowanej, będących w eksploatacji oraz oceniają możliwość współpracy różnych typów sekcji obudowy w jednej ścianie, w formie wydawanych opinii rzeczoznawcy. Specjaliści zakładu kierują pracami związanymi z wydaniem opinii w imieniu Instytutu Techniki Górniczej KOMAG, jako jednostki wskazanej jako Rzeczoznawca do spraw ruchu zakładu górniczego upoważnieniem nr 159/08, wydanym przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego.

Zakres uprawnień Rzeczoznawcy obejmuje możliwości stosowania różnych typów sekcji obudowy zmechanizowanej w jednej ścianie, uwzględniającej zarówno parametry techniczne sekcji obudowy, jak i warunki górniczo-geologiczne danego pola ścianowego (§ 440 ust. 8 rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specyficznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych Dz.U. z 2002 r. Nr 139, poz. 1169 oraz z 2006 r. Nr 124, poz. 863).

Niniejszy artykuł poświęcony jest prowadzonym w Zakładzie Obudów Zmechanizowanych procesom projektowym i prezentuje innowacyjne rozwiązania sekcji obudowy zmechanizowanej, które powstały w okresie ostatnich kilku lat.

2. Proces projektowania sekcji obudowy zmechanizowanej w Zakładzie Obudów Zmechanizowanych

Zakład Obudów Zmechanizowanych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG od wielu lat specjalizuje się w opracowywaniu konstrukcji sekcji obudowy zmechanizowanej. Już w latach 70. ubiegłego wieku powstały tu pierwsze sekcje obudowy typu podporowo-osłonowego. Ten typ sekcji obudowy jest w chwili obecnej typem podstawowym. Sekcje o innej konstrukcji spotykane są sporadycznie. W początkowym okresie działalności sekcje obudowy projektowano na potrzeby

krajowych producentów. Pojawiło się kilka podstawowych typów obudowy, które zaspokajały potrzeby polskich kopalń. W latach 80. ubiegłego wieku projektowano już sekcje obudowy dla odbiorców zagranicznych. Ze względu na zużycie, wynikające z wielu lat eksploatacji, sekcje te były później modernizowane przez różnych producentów. W początkowym okresie działalności projekty powstawały z wykorzystaniem środków technicznych wówczas dostępnych. Rysunki wykonywano na deskach kreślarskich, a obliczenia wykonywano z wykorzystaniem kalkulatorów.

Obecnie w Zakładzie Obudów Zmechanizowanych stosowane są najnowocześniejsze metody projektowania sekcji obudowy (rys. 1).

Już na etapie projektów wstępnych [9, 10, 11] wykorzystywane są systemy CAD, w najnowszych wydaniach. Wykorzystanie metod projektowania przestrzennego 3D oraz wytrzymałościowych obliczeń numerycznych, z zastosowaniem metody elementów skończonych (MES), umożliwia zweryfikowanie powstających rozwiązań jeszcze przed powstaniem prototypu. Przestrzenna wizualizacja ułatwia także szczegółowe uzgodnienie rozwiązania z przyszłym użytkownikiem. Ewentualne uwagi uwzględniane są w projekcie rozwiązania, a następnie powstaje dokumentacja konstrukcyjna, będąca podstawą wykonania prototypu. Nadzór nad wykonaniem prototypu, pozwala na korektę ewentualnych błędów oraz poprawę technologiczności konstrukcji.

Wykonany przez producenta prototyp przedstawiany jest przyszłemu użytkownikowi, a jego uwagi uwzględniane są w dokumentacji konstrukcyjnej prototypu i w samym prototypie. Następnie prototyp poddawany jest badaniom w akredytowanym laboratorium. Badania prowadzone są zgodnie z wymaganiami dyrektywy maszynowej i norm zharmonizowanych. Ewentualne zmiany po badaniach uwzględniane są w dokumentacji konstrukcyjnej, a jeżeli jest to konieczne, wprowadzane do prototypu. Pozytywny wynik badań jest podstawą do wystąpienia do Jednostki Certyfikującej o wydanie Certyfikatu Badania Typu WE. Dokumentacja wraz z certyfikatem przekazywana jest producentowi.

3. Przegląd sekcji obudowy zmechanizowanej opracowanych dla kopalń KHW S.A.

W latach 2006 do 2009 w Zakładzie Obudów Zmechanizowanych opracowano, z wykorzystaniem przedstawionych wyżej metod, dokumentację konstrukcyjną do produkcji czterech nowych typów sekcji obudowy oraz czterech typów sekcji modernizowanych. Nowe typy sekcji obudowy opracowano dla Katowickiego Holdingu Węglowego S.A.

Pierwszą sekcją obudowy, która powstała dla KHW S.A., była sekcja obudowy zmechanizowanej typu KHW-14/24-Pp (rys. 2) i jej odmiana skrajna KHW-14/24-Pp/BSN (rys. 3). Sekcje te przeznaczone są do eksploatacji w ścianach z podsadzką hydrauliczną.

Założenia i wymagania techniczne do projektu uzgodniono z KWK „Wujek". W sierpniu 2008 roku sekcje obudowy rozpoczęły pracę w jednej ze ścian KWK „Wujek". Rozwiązania konstrukcyjne obu sekcji obudowy uzyskały Złoty Medal na Międzynarodowej Wystawie Wynalazków IWIS 2009.

Podstawowe dane techniczne sekcji KHW-14/24-Pp i KHW-14/24-Pp/BSN przedstawiono w tabeli 1.

Dane techniczne sekcji KHW-14/24-Pp i KHW-14/24-Pp/BSN

Tabela 1

Zakres wysokości geometrycznej [m]	1,3-2,4
Zakres wysokości pracy [m]	1,5-2,3
Podziałka sekcji [m]	2
Liczba stojaków w sekcji	4
Podporność jednego stojaka [MN]	1,67
Ciśnienie zasilania [MPa]	25-30

Kolejną sekcją obudowy opracowaną dla KHW S.A. była sekcja obudowy zmechanizowanej typu KHW-12/28-POz (rys. 4) i jej odmiana skrajna KHW-12/28-POz/BSN (rys. 5), przeznaczone do eksploatacji w ścianach zawałowych. Założenia i wymagania techniczne do projektu tych sekcji obudowy uzgodniono z KWK „Murcki". Pierwszy komplet 60 sekcji tej obudowy był eksploatowany w okresie od maja do września 2008 roku w jednej ze ścian KWK „Murcki". Pozytywne doświadczenia z eksploatacji skłoniły kopalnie do zakupienia kolejnych kompletów ścianowych, dla KWK „Murcki" oraz dla KWK „Wujek-Śląsk".

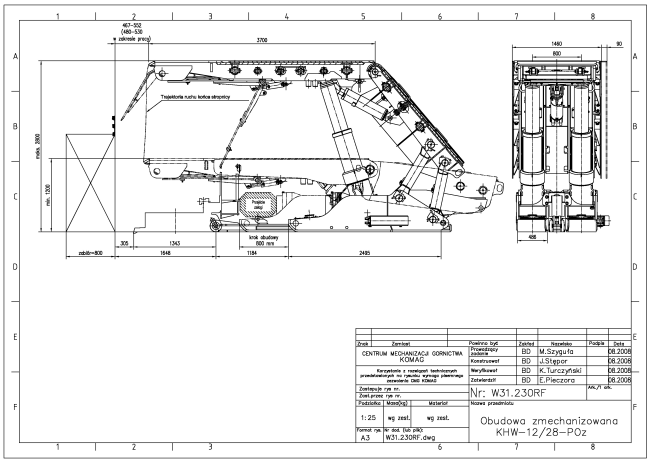
Podstawowe dane techniczne sekcji KHW-12/28-POz i KHW-12/28-POz/BSN przedstawiono w tabeli 2.

Dane techniczne sekcji KHW-12/28-POz i KHW-12/28-POz/BSN

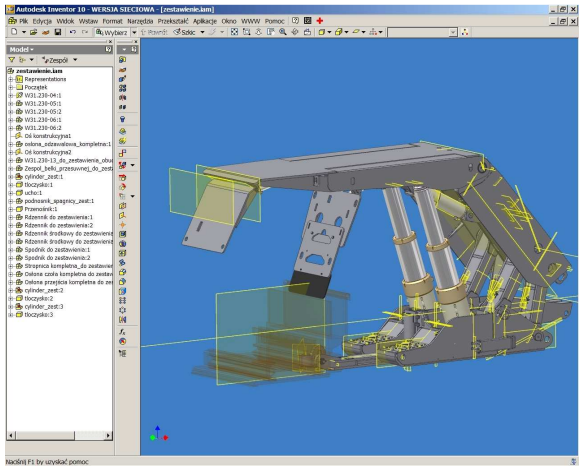
Tabela 2

Zakres wysokości geometrycznej [m]	1,2-2,8
Zakres wysokości pracy [m]	1,5-2,7
Podziałka sekcji [m]	1,5
Liczba stojaków w sekcji	2
Podporność jednego stojaka [MN]	2,73
Ciśnienie zasilania [MPa]	25-30

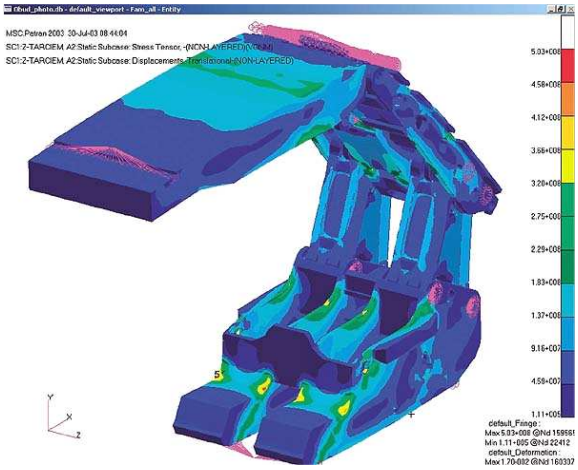
Trzecią sekcją obudowy, opracowaną dla KHW S.A., była obudowa zmechanizowana typu KHW-24/46-POz (rys. 6) i jej odmiana skrajna KHW-24/46-POz/BSN (rys. 7) przeznaczone do eksploatacji w ścianach zawałowych. Założenia i wymagania techniczne do projektu tej obudowy uzgodniono z KKW „Mysłowice-Wesoła". W 2009 roku przygotowano pełną dokumentację do wykonania prototypu sekcji liniowej i sekcji skrajnej. Obudowa nie została jeszcze zastosowana. Dla obu sekcji obudowy opracowano dokumentację nowoczesnego dwuteleskopowego stojaka o średnicy cylindra 400 mm.



Projekt wstępny



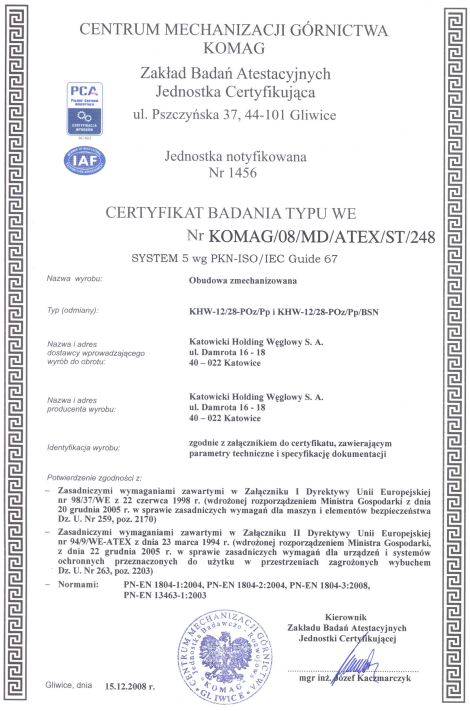
Model przestrzenny



Obliczenia MES

Prototyp

Badania stanowiskowe



CENTRUM MECHANIZACJI GÓRNICTWA
KOMAG

Zakład Badań Atestacyjnych
Jednostka Certyfikująca
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

Jednostka notyfikowana
Nr 1456

CERTYFIKAT BADANIA TYPU WE
Nr KOMAG/08/MD/ATEX/ST/248
SYSTEM 5 wg PKN-ISO/IEC Guide 67

Nazwa wyrobu:	**Obudowa zmechanizowana**
Typ (odmiany):	**KHW-12/28-POz/Pp i KHW-12/28-POz/Pp/BSN**
Nazwa i adres dostawcy wprowadzającego wyrób do obrotu:	**Katowicki Holding Węglowy S. A. ul. Damrota 16 - 18 40 – 022 Katowice**
Nazwa i adres producenta wyrobu:	**Katowicki Holding Węglowy S. A. ul. Damrota 16 - 18 40 – 022 Katowice**
Identyfikacja wyrobu:	**zgodnie z załącznikiem do certyfikatu, zawierającym parametry techniczne i specyfikację dokumentacji**

Potwierdzenie zgodności z:

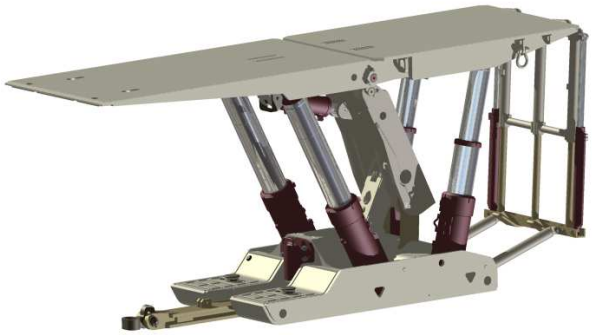
- **Zasadniczymi wymaganiami zawartymi w Załączniku I Dyrektywy Unii Europejskiej nr 98/37/WE z 22 czerwca 1998 r. (wdrożonej rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 20 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn i elementów bezpieczeństwa Dz. U. Nr 259, poz. 2170)**
- **Zasadniczymi wymaganiami zawartymi w Załączniku II Dyrektywy Unii Europejskiej nr 94/9/WE-ATEX z dnia 23 marca 1994 r. (wdrożonej rozporządzeniem Ministra Gospodarki, z dnia 22 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem Dz. U. Nr 263, poz. 2203)**
- **Normami: PN-EN 1804-1:2004, PN-EN 1804-2:2004, PN-EN 1804-3:2008, PN-EN 13463-1:2003**

Kierownik
Zakładu Badań Atestacyjnych
Jednostki Certyfikującej
mgr inż. Józef Kaczmarczyk

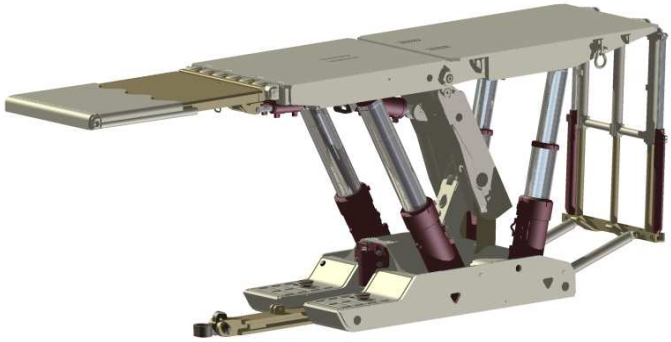
Gliwice, dnia 15.12.2008 r.

Certyfikat badania typu WE

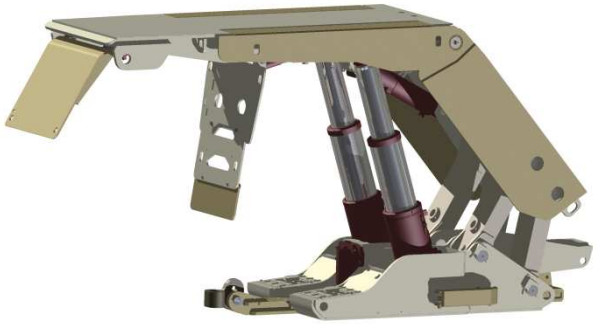
Rys.1. Etapy projektowania sekcji obudowy zmechanizowanej



Rys.2. Sekcja obudowy zmechanizowanej KHW-14/24-Pp [1]

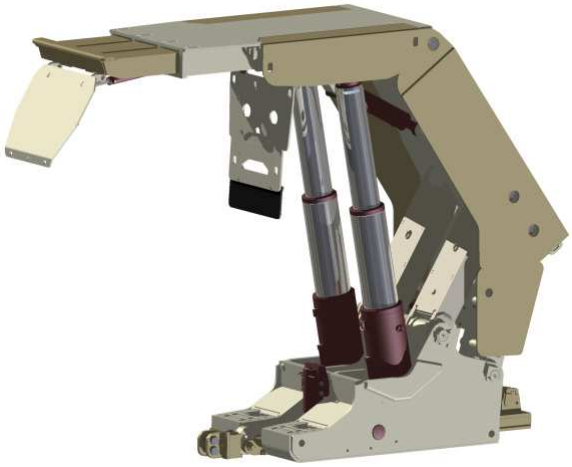


Rys.3. Sekcja obudowy zmechanizowanej KHW-14/24-Pp/BSN [1]

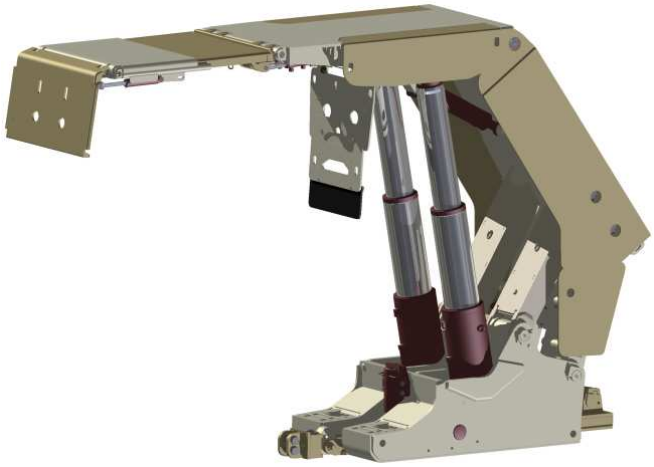


Rys.4. Sekcja obudowy zmechanizowanej KHW-12/28-POz [2]

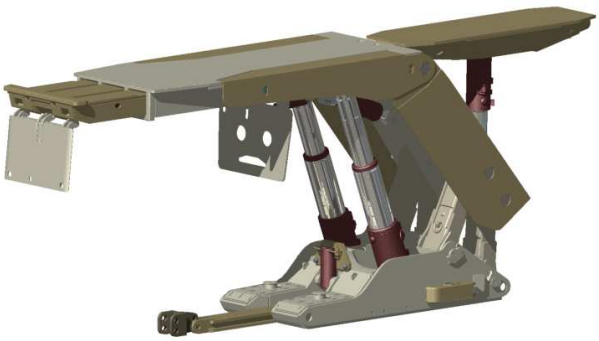
Rys.5. Sekcja obudowy zmechanizowanej KHW-12/28-POz/BSN [2]



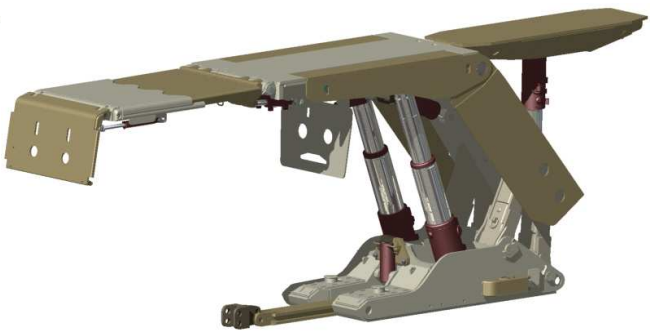
Rys.6. Sekcja obudowy zmechanizowanej KHW-24/46-POz [4]



Rys.7. Sekcja obudowy zmechanizowanej KHW-24/46-POz/BSN [4]



Rys.8. Sekcja obudowy zmechanizowanej KHW-12/28-POz/Pp [3]



Rys.9. Sekcja obudowy zmechanizowanej KHW-12/28-POz/Pp/BSN [3]

Podstawowe dane techniczne sekcji KHW-24/46-POz i KHW-24/46-POz/BSN przedstawiono w tabeli 3.

Dane techniczne sekcji KHW-24/46-POz i KHW-24/46-POz/BSN

Tabela 3

Zakres wysokości geometrycznej [m]	2,4-4,6
Zakres wysokości pracy [m]	2,7-4,5
Podziałka sekcji [m]	1,75
Liczba stojaków w sekcji	2
Podporność jednego stojaka [MN]	4,52
Ciśnienie zasilania [MPa]	25-30

Czwartą z nowych sekcji obudowy, która powstała wg uzgodnień z KHW S.A. była sekcja obudowy zmechanizowanej typu KHW-12/28-POz/Pp (rys. 8) i jej odmiana skrajna KHW-12/28-POz/Pp/BSN (rys. 9), przeznaczone do eksploatacji zarówno w ścianach zawałowych, jak i z podsadzką hydrauliczną. Założenia i wymagania techniczne do projektu tej obudowy uzgodniono z KWK „Wieczorek". W sierpniu 2009 roku sekcje obudowy rozpoczęły pracę w tej kopalni.

Podstawowe dane techniczne sekcji KHW-12/28-POz/Pp i KHW-12/28-POz/Pp/BSN przedstawiono w tabeli 4.

Dane techniczne sekcji KHW-12/28-POz/Pp i KHW-12/28-POz/Pp/BSN

Tabela 4

Zakres wysokości geometrycznej [m]	wersja zawałowa 1,3-2,7 wersja podsadzkowa 1,5-2,7
Zakres wysokości pracy [m]	wersja zawałowa 1,5-2,6 wersja podsadzkowa 1,8-2,6
Podziałka sekcji [m]	wersja zawałowa 1,5 wersja podsadzkowa 1,5/2,0/2,5/3,0
Liczba stojaków w sekcji	wersja zawałowa 2 wersja podsadzkowa 3
Podporność jednego stojaka [MN]	wersja zawałowa 2,34 wersja podsadzkowa przedni 2,16 tylny 1,11
Ciśnienie zasilania [MPa]	wersja zawałowa 23-30 wersja podsadzkowa 20-28

Przygotowano również dokumentację dla nowej sekcji obudowy będącej modernizacją kilku typów starszych sekcji eksploatowanych już w KWK „Staszic" lub pozyskanych z innych kopalń, mianowicie sekcji typu Glinik-11/26-POz, Glinik-12/22-POz, Glinik-10/26-OzK, Pumar-12/26-POz oraz Pumar-08/22-POz KHW.S.A.

Przygotowano pełną dokumentację do wykonania prototypu sekcji obudowy KHW-13/26-POz (rys. 10). Sekcja ta przeznaczona jest do eksploatacji w ścianach zawałowych.

Podstawowe dane techniczne sekcji KHW-13/26-POz przedstawiono w tabeli 5.

Dane techniczne sekcji KHW-13/26-POz

Tabela 5

Zakres wysokości geometrycznej [m]	1,3-2,6
Zakres wysokości pracy [m]	1,5-2,5
Podziałka sekcji [m]	1,5
Liczba stojaków w sekcji	2
Podporność jednego stojaka [MN]	1,67
Ciśnienie zasilania [MPa]	25-30

W wyniku współpracy podjętej z Zakładem Remontowo-Produkcyjnym Kompanii Węglowej S.A. opracowano dokumentację trzech sekcji obudowy przeznaczonych do eksploatacji w KWK „Halemba-Wirek" i KWK „Szczygłowice". Wszystkie trzy sekcje stanowią modernizacje już eksploatowanych w tych kopalniach sekcji obudowy i zostały wdrożone do eksploatacji.

Pierwszą z nich była sekcja obudowy KW-12/28-POz/ZRP (rys. 11) i jej odmiana skrajna KW-12/28-POz/BSN/ZRP (rys. 12). Sekcje te powstały w wyniku modernizacji sekcji obudowy FAZOS-12/28-POz-B i przeznaczone są do eksploatacji w ścianach zawałowych. Sekcje rozpoczęły pracę w 2008 roku w KWK „Szczygłowice".

Podstawowe dane techniczne sekcji KW-12/28-POz/ZRP i KW-12/28-POz/BSN/ZRP przedstawiono w tabeli 6.

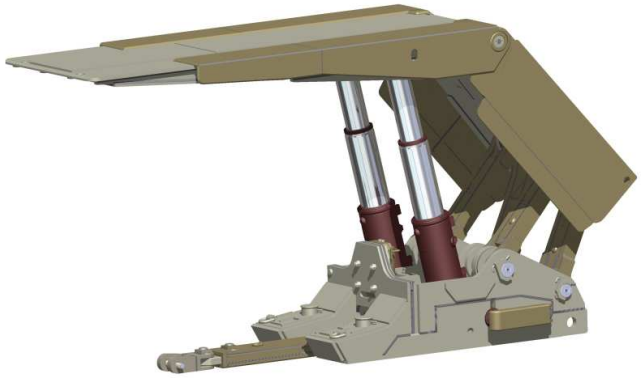
Dane techniczne sekcji KW-12/28-POz/ZRP i KW-12/28-POz/BSN/ZRP

Tabela 6

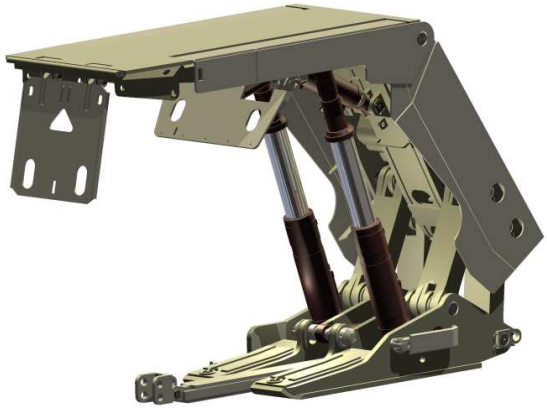
Zakres wysokości geometrycznej [m]	1,2-2,89
Zakres wysokości pracy [m]	1,4-2,7
Podziałka sekcji [m]	1,5
Liczba stojaków w sekcji	2
Podporność jednego stojaka [MN]	1,5
Ciśnienie zasilania [MPa]	25

Kolejną sekcją obudowy, przygotowaną dla KWK „Halemba-Wirek", była sekcja KW-12/31-POzW1/ZRP (rys. 13) i jej odmiana skrajna KW-12/31-POzW1/BSN/ZRP (rys. 14). Sekcje te powstały w wyniku modernizacji sekcji obudowy FAZOS-12/28-POz i przeznaczone są do eksploatacji w ścianach zawałowych. Sekcje rozpoczęły pracę w 2008 roku.

Podstawowe dane techniczne sekcji KW-12/31-POzW1/ZRP i KW-12/31-POzW1/BSN/ZRP przedstawiono w tabeli 7.



Rys.10. Sekcja obudowy zmechanizowanej KHW-13/26-POz [5]



Rys.11. Sekcja obudowy zmechanizowanej KW-12/28-POz/ZRP [6]

Rys.12. Sekcja obudowy zmechanizowanej KW-12/28-POz/BSN/ZRP [6]

Rys.13. Sekcja obudowy zmechanizowanej KW-12/31-POzW1/ZRP [7]

Rys.14. Sekcja obudowy zmechanizowanej KW-12/31-POzW1/BSN/ZRP [7]

Rys.15. Sekcja obudowy zmechanizowanej KW-12/31-POzW2/ZRP [8]

Rys.16. Sekcja obudowy zmechanizowanej KW-12/31-POzW2/BSN/ZRP [8]

Dane techniczne sekcji KW-12/31-POzW1/ZRP i KW-12/31-POzW1/BSN/ZRP

Tabela 7

Zakres wysokości geometrycznej [m]	1,2-2,8
Zakres wysokości pracy [m]	1,4-2,7
Podziałka sekcji [m]	1,5
Liczba stojaków w sekcji	2
Podporność jednego stojaka [MN]	1,86
Ciśnienie zasilania [MPa]	25-30

Ostatnią z sekcji obudowy, przygotowaną również dla KWK „Halemba-Wirek", była sekcja KW-12/31-POzW2/ZRP (rys. 15) i jej odmiana skrajna KW-12/31-POzW2/BSN/ZRP (rys. 16). Sekcje te powstały w wyniku modernizacji sekcji obudowy ZBMD-12/31-POz/H i przeznaczone są do eksploatacji w ścianach zawałowych. Sekcje rozpoczęły pracę w 2008 roku.

Podstawowe dane techniczne sekcji KW-12/31-POzW2/ZRP i KW-12/31-POzW2/BSN/ZRP przedstawiono w tabeli 8.

Dane techniczne sekcji KW-12/31-POzW2/ZRP i KW-12/31-POzW2/BSN/ZRP

Tabela 8

Zakres wysokości geometrycznej [m]	1,47-3,1
Zakres wysokości pracy [m]	1,7-3,0
Podziałka sekcji [m]	1,5
Liczba stojaków w sekcji	2
Podporność jednego stojaka [MN]	1,85
Ciśnienie zasilania [MPa]	25-30

Jak wspomniano, większość z opracowanych sekcji obudowy została już wdrożona do eksploatacji. W tabeli 9 przedstawiono liczbę wdrożonych sekcji poszczególnych typów.

Zestawienie wdrożonych sekcji obudowy

Tabela 9

Typ sekcji obudowy	Liczba wdrożonych sekcji	Miejsce eksploatacji
KHW-14/24-Pp i KHW-14/24-Pp/BSN	107	KWK „Wujek-Śląsk"
KHW-12/28-POz i KHW-12/28-POz/BSN	398	KWK „Murcki" KWK „Wujek-Śląsk"
KHW-24/46-POz i KHW-24/46-POz/BSN	-	-
KHW-12/28-POz i KHW-12/28-POz/Pp/BSN	155	KWK „Wieczorek"
KHW-13/26-POz	-	-
KW-12/28-POz/ZRP KW-12/28-POz/BSN/ZRP	164	KWK „Szczygłowice"
KW-12/31-POzW1/ZRP KW-12/31-POzW1/BSN/ZRP	234	KWK „Halemba-Wirek"
KW-12/31-POzW2/ZRP i KW-12/31-POzW2/BSN/ZRP	180	KWK „Halemba-Wirek"
Razem:	1238	

We wszystkich, przedstawionych wyżej, typach nowych sekcji obudowy zmechanizowanej, a mianowicie KHW-14/24-Pp, KHW-12/28-POz, KHW-12/28-POz/Pp i KHW-24/46-POz zastosowano materiały konstrukcyjne o wysokiej wytrzymałości (granica plastyczności 690 MPa) obok materiałów tradycyjnych (granica plastyczności 355 i 460 MPa). Udział poszczególnych materiałów konstrukcyjnych został dobrany na podstawie szczegółowych analiz wytrzymałościowych prowadzonych z wykorzystaniem zaawansowanych technik obliczeniowych.

Ponadto w każdej z wymienionych sekcji obudowy zastosowano nowe rozwiązania konstrukcyjne. W sekcji obudowy KHW-14/24-Pp zastosowano nowatorski, nigdy wcześniej nie stosowany układ stabilizacji, umożliwiający minimalizację długości podtrzymywanego stropu. W sekcji obudowy KHW-12/28-POz zastosowano stojaki hydrauliczne o bardzo wysokiej podporności, jak na sekcje obudowy o właśnie takim zakresie wysokości pracy. Natomiast sekcje obudowy KHW-12/28-POz/Pp umożliwiają eksploatację zarówno ścian zawałowych, jak i podsadzkowych. Zmiana sposobu eksploatacji jest możliwa w trakcie biegu ściany. W sekcji obudowy KHW-24/46-POz zastosowano podziałkę 1,75 m i stojaki hydrauliczne o średnicy cylindra 400 mm. Tego typu rozwiązania są obecnie rzadko spotykane, zwłaszcza w polskich kopalniach. Wszystkie przedstawione sekcje obudowy zmechanizowanej zostały wyposażone w elementy, opracowanego w KOMAG-u, systemu elektronicznej identyfikacji na bazie RFID.

4. Nowatorski system odnawiania zasobów sekcji obudowy zmechanizowanej

Dokumentacje sekcji obudowy zmechanizowanej dla kopalń KHW S.A. zostały opracowane w ramach umowy zawartej pomiędzy KHW S.A. i KOMAG-iem. Umowa ta reguluje zasady dwustronnej współpracy w zakresie nowych rozwiązań obudów zmechanizowanych dla kopalń KHW S.A.

KOMAG zobowiązał się m.in. do opracowywania projektów wstępnych i dokumentacji nowych rozwiązań sekcji obudowy zmechanizowanej, zgodnie z danymi wejściowymi, uzgadnianymi każdorazowo z KHW S.A., prowadzenia nadzoru nad ich wykonawstwem i przygotowywania materiałów szkoleniowych dla obsługi sekcji. Dzięki tej współpracy KHW S.A. może dysponować ściśle określonymi rozwiązaniami obudów, spełniającymi oczekiwania użytkowników. Jest to możliwe dzięki konsultacjom z przedstawicielami kopalń, na etapie opracowywania dokumentacji, a także podczas prezentacji prototypu rozwiązania. Na tym etapie, jeszcze przed badaniami, możliwe jest wprowadzanie zmian.

Prototyp zbudowany na podstawie przygotowanej dokumentacji poddawany jest badaniom typu WE w akredytowanym laboratorium badawczym. Na podstawie dokumentacji i wyników badań przeprowadzana jest procedura certyfikacji typu obudowy. Taki system działania pozwala potwierdzić, iż obudowa, wykonana zgodnie z dokumentacją, jest w pełni sprawdzona pod względem bezpieczeństwa jej użytkowania.

Zadaniem firmy wygrywającej przetarg jest wyłącznie wykonawstwo obudowy zgodnie z otrzymaną dokumentacją, a o wyborze wykonawcy decyduje jedynie najniższa cena, ponieważ przy wycenie wykonawstwa wszyscy oferenci posługują się tą samą dokumentacją. KHW S.A. mający pełne prawa do dokumentacji, ma gwarancję, że dostarczane sekcje obudowy, o określonych parametrach, zawsze będą takie same i znikną problemy dotyczące ich współpracy w jednej ścianie.

Wyposażenie kilku ścian na różnych kopalniach w ten sam typ obudowy umożliwia przekazywanie sekcji obudowy pomiędzy kopalniami, w zależności od aktualnych potrzeb. Możliwe jest również utrzymywanie znacznie mniejszego zapasu części zamiennych, wspólnego dla kilku kopalń.

Wprowadzenie nowego systemu odnawiania zasobów sekcji obudowy zmechanizowanej dla kopalń KHW S.A., umożliwiło:

- ograniczenie liczby typów sekcji obudowy zmechanizowanej użytkowanych w kopalniach KHW S.A.,
- możliwość wyposażania danej ściany w jeden typ obudowy,
- wymianę sekcji obudowy pomiędzy kopalniami,
- możliwość ograniczenia zapasów części zmiennych,
- pełną powtarzalność konstrukcji sekcji pozyskanych w różnych procedurach przetargowych,
- utrzymanie pełni praw KHW S.A. do opracowanych w KOMAG-u dokumentacji technicznych obudów,
- stały nadzór autorski specjalistów KOMAG-u nad produkcją i użytkowaniem pozyskiwanych sekcji obudowy,
- bieżące unowocześnianie konstrukcji przez KOMAG na podstawie doświadczeń eksploatacyjnych i potrzeb kopalń,
- pozyskiwanie kolejnych kompletnych dokumentacji nowych sekcji obudowy zmechanizowanej przebadanych zgodnie z obowiązującymi przepisami i posiadających Certyfikat Badania Typu WE,
- obniżenie kosztów pozyskania nowych sekcji obudowy zmechanizowanej.

5. Podsumowanie

W wyniku, prowadzonych w Zakładzie Obudów Zmechanizowanych, prac badawczych, w latach 2006 do 2009 opracowano dokumentacje techniczne 8 typów sekcji obudowy zmechanizowanej przeznaczonych dla kopalń KHW S.A. i KW S.A. Z 5 typów sekcji opracowanych dla kopalń KHW S.A. 3 zostały wdrożone do eksploatacji.

Wykonano w sumie 660 nowoczesnych sekcji obudowy, które pracują bezawaryjnie w trzech kopalniach. Dla kopalń KW S.A. opracowano trzy typy sekcji modernizowanych, które zostały wyprodukowane w łącznej liczbie 578 sekcji.

Wszystkie wdrożone typy sekcji obudowy uzyskały Certyfikaty Badania Typu WE na podstawie pozytywnych wyników przeprowadzonych badań laboratoryjnych.

Literatura

1. Dokumentacja techniczno-ruchowa W31.234DTR, Obudowa zmechanizowana KHW-14/24-Pp, Obudowa zmechanizowana KHW-14/24-Pp/BSN, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2009.
2. Dokumentacja techniczno-ruchowa W31.230DTR, Obudowa zmechanizowana KHW-12/28-POz, Obudowa zmechanizowana KHW-12/28-POz/BSN, Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice 2008.
3. Dokumentacja techniczno-ruchowa W31.242DTR, Obudowa zmechanizowana KHW-12/28-POz/Pp, Obudowa zmechanizowana KHW-12/28-POz/Pp/BSN, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2009.
4. Dokumentacja techniczna W31.231 i W31.232, Obudowa zmechanizowana KHW-24/46-POz, Obudowa zmechanizowana KHW-24/46-POz/BSN, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2009.
5. Dokumentacja techniczna W31.246, Obudowa zmechanizowana KHW-13/26-POz, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2009.
6. Dokumentacja techniczno-ruchowa W31.238DTR, Obudowa zmechanizowana KW-12/28-POz, Obudowa zmechanizowana KW-12/28-POz/BSN, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2009.
7. Dokumentacja techniczno-ruchowa W31.240DTR, Obudowa zmechanizowana KW-12/31-POzW1/ZRP, Obudowa zmechanizowana KW-12/31-POzW1/BSN/ZRP, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2009.
8. Dokumentacja techniczno-ruchowa W31.244DTR, Obudowa zmechanizowana KW-12/31-POzW2, Obudowa zmechanizowana KW-12/31-POzW2/BSN/ZRP, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2009.
9. Opracowanie projektu wstępnego stojaka hydraulicznego dla obudowy KHW-12/28-POz w dwóch wariantach wykonania, Prace własne E/BDO-9505/OR1 (materiały nie publikowane).
10. Opracowanie projektu wstępnego sekcji obudowy KHW-24/46-POz dla KWK Mysłowice, Prace własne E/BDO-5112/OR (materiały nie publikowane).
11. Opracowanie projektu wstępnego sekcji obudowy KHW-14/24-Pp, Opracowanie projektu wstępnego stojaka hydraulicznego dla obudowy KHW-14/24-Pp, Opracowanie projektu wstępnego mechanicznej tamy podsadzkowej, współpracującej z obudową KHW-14/24-Pp, Prace własne E/BDO-5133/OR-OR2 (materiały nie publikowane).

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr inż. Włodzimierz Sikora

Prof.dr hab.inż. Teodor WINKLER
Dr inż. Jarosław TOKARCZYK
Dr inż. Wojciech CHUCHNOWSKI
Dr inż. Marek DUDEK
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Kształtowanie bezpiecznych warunków pracy w transporcie kopalnianym z użyciem kolejek podwieszonych i spągowych

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

W artykule przedstawiono wyniki prac Instytutu Techniki Górniczej KOMAG uzyskane w trakcie realizacji europejskiego projektu badawczego MINTOS, współfinansowanego przez Fundusz Badawczy Węgla i Stali. Tematyka projektu związana była z poprawą niezawodności transportu kopalnianego. Przedstawiono, opracowany na platformę internetową, System Wspomagania Obliczeń Trakcyjnych, wspomagający projektanta systemu transportu podczas doboru środków transportu oraz urządzeń transportowych dla kolejek podwieszonych z napędem własnym. Omówiono program do badania kolizyjności ładunków transportowanych kolejkami podwieszonymi. Przedstawiono wykorzystanie symulacji numerycznych zdarzeń awaryjnych oraz niebezpiecznych w kształtowaniu bezpieczeństwa operatorów kolejek spągowych.

S u m m a r y

Results of work of the KOMAG Institute of Mining Technology obtained during realization of the MINTOS European research project, which was co-financed by the Research Fund for Coal and Steel, were presented in the paper. The project subject matter was associated with improvement of reliability of mine transportation. The System for Aiding of Traction Calculations, which was developed for the purpose of the internet platform and which aids designer of transportation system during selection of transportation means and transportation equipment for suspended monorails with their own drive, was presented. Software for testing collision possibility of loads transported by suspended monorails was discussed. Use of numerical simulations of emergency and dangerous events in shaping of safety of floor-mounted railways operators was presented.

1. Wprowadzenie

Projektowanie podziemnych systemów transportu wymaga m.in. doboru środków transportu ze względu na występowanie potrzeb przemieszczenia ludzi lub ładunków w podziemnych wyrobiskach kopalnianych. W fazie projektowania wyrobiska, system transportu powstaje poprzez dobór środków transportu i wyposażenia spośród rozwiązań proponowanych przez ich wytwórców. W fazie eksploatacji wyrobiska, w związku z likwidacją i zbrojeniem ścian, zachodzi potrzeba zmiany dróg transportowych, a system transportu tworzony jest ze środków transportu i wyposażenia pozostających w dyspozycji kopalni. Istotne jest przy tym wykorzystanie ww. środków transportu w aspekcie bezpieczeństwa.

Problematykę tę podjęto w ramach realizacji projektu badawczego MINTOS [2], finansowanego przez Fundusz Badawczy Węgla i Stali RCFS (ang. *Research Found for Coal and Steel)*. W ramach projektu utworzono narzędzia wspomagające kształtowanie bezpieczeństwa w podziemnych systemach transportu górniczego, ze szczególnym uwzględnieniem kolejek podwieszonych. Narzędzia te są adresowane do projektantów i użytkowników systemów transportowych w kopalniach. Wchodzą one w skład tzw. repozytorium wiedzy, udostępnianego projektantom systemów transportowych na platformie internetowej oraz użytkownikom systemów transportowych, bezpośrednio zatrudnionym w operacjach transportowych pod ziemią. Repozytorium wiedzy zawiera wytyczne projektowania i weryfikacji projektów. Stosowane podczas weryfikacji kryteria bezpieczeństwa wynikają z obowiązujących aktów prawnych, przepisów, wytycznych, norm oraz Dokumentacji Techniczno-Ruchowej producenta [4, 5, 6].

W ramach projektu opracowano metodę przeprowadzania dodatkowych analiz numerycznych, na zlecenie użytkownika (np. kopalni), przez ekspertów zewnętrznych. W tym przypadku dane wejściowe zostaną zdefiniowane w trakcie sesji na platformie internetowej.

2. Opis systemu wspomagania obliczeń trakcyjnych

Głównym zadaniem systemu komputerowego opartego na platformie internetowej jest wspomaganie projektanta w tworzeniu nowego lub weryfikacji istniejącego systemu transportu. Jednym z zadań, które można usprawnić lub przyspieszyć komputerowymi metodami projektowania są obliczenia trakcyjne. Obliczenia te są częścią składową każdego projektu systemu transportu i obejmują następujące etapy:

1 – konfigurację trasy kolejki podwieszonej,

2 – wyznaczenie dopuszczalnej masy całkowitej zestawu,

3 – dobór wózków awaryjnego hamowania,

4 – formowanie zestawu transportowego,

5 – wyznaczenie drogi hamowania zestawu transportowego,

6 – wyznaczanie drogi hamowania ciągnikiem.

2.1. Konfiguracja trasy kolejki podwieszonej

Konfiguracja trasy kolejki podwieszonej jest pierwszym etapem obliczeń trakcyjnych (rys. 1). Pozwala na rozmieszczenie jezdni kolejki podwieszonej w wybranym wyrobisku chodnikowym. Użytkownik programu wybiera typ obudowy chodnikowej, oznaczenie kształtownika oraz oznaczenie przekroju obudowy, podaje wartość oddalenia jezdni od osi wyrobiska X [mm], odległość jezdni od spągu wyrobiska Y [mm], długość szyny L [mm] oraz nośność złącza Q [kN].

2.2. Wyznaczenie dopuszczalnej masy całkowitej zestawu

Kolejnym etapem obliczeń trakcyjnych jest wyznaczenie dopuszczalnej masy całkowitej zestawu. Zadanie to realizuje okno dialogowe pokazane na rysunku 2.

Okno dialogowe wyznaczenia dopuszczalnej masy całkowitej zestawu podzielono na trzy główne obszary:

1 – lista środków transportu dostępnych w systemie,

2 – dane wejściowe do obliczeń – zastosowany środek transportu, maksymalne nachylenie wyrobiska na wzniosie, maksymalne nachylenie wyrobiska na upadzie, maksymalna siła pociągowa zestawu,

3 – wyniki obliczeń – prędkość jazdy, dopuszczalna masa całkowita zestawu.

Użytkownik może wybrać z listy dostępny środek transportu. Lista dostępnych konfiguracji jest zgodna z Dokumentacją Techniczno-Ruchową (DTR) producenta ciągnika kolejki podwieszonej. Następnie wprowadzana jest wartość nachylenia wzdłużnego wyrobiska (po wzniosie i po upadzie), po którym prowadzony będzie transport. W DTR producenci zamieszczają, w formie wykresów, tzw. charakterystyki jazdy, zawierające zależności pomiędzy prędkością jazdy, siłą pociągową oraz dopuszczalną masą całkowitą zestawu. Wykresy te przekształcono do postaci równań. Użytkownik wybiera wartość siły pociągowej z dopuszczalnego zakresu dla danego ciągnika i otrzymuje informacje z jaką prędkością będzie prowadzony transport i jaka będzie wartość maksymalnej masy zestawu transportowego, wyznaczonej w oparciu o siłę pociągową wybranego środka transportu.

2.3. Dobór wózków hamulcowych

W podziemnych zakładach górniczych środki służące do przewozu ludzi i transportu materiałów w wyrobiskach poziomych i pochyłych o nachyleniu do 45^{o} muszą być wyposażone w urządzenia awaryjnego hamowania, zgodne z wymogami zawartymi w rozporządzeniu Ministra Gospodarki [4].

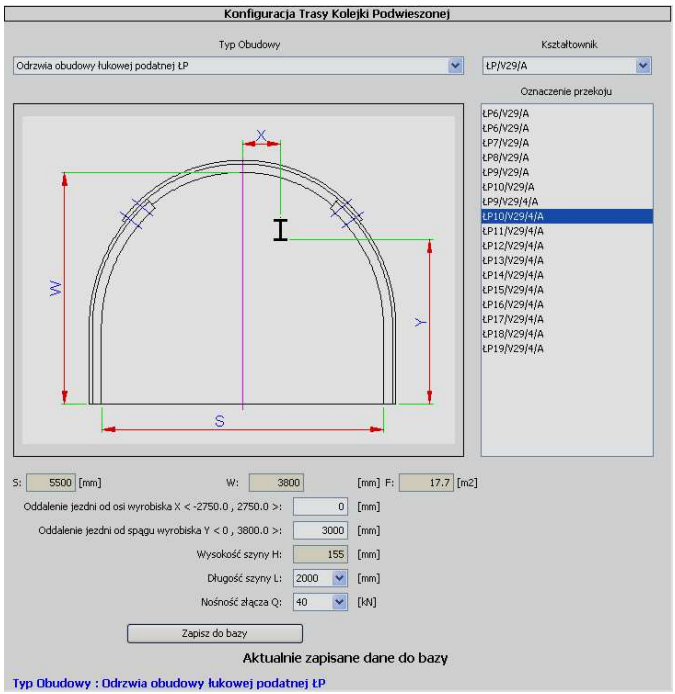
W zestawach kolejek podwieszonych i spągowych powinien znajdować się wózek hamulcowy lub inne urządzenie hamujące, którego umiejscowienie w składzie jest uzależnione od rodzaju nachylenia trasy. Podczas prowadzenia transportu na trasach o nachyleniu jednokierunkowym urządzenie hamujące powinno znajdować się na końcu składu, od strony upadu. W przypadku dwukierunkowego nachylenia trasy wózki hamulcowe powinny być rozmieszczone na początku i na końcu składu. Działanie wózka hamulcowego jest automatyczne i polega na wyzwoleniu siły hamującej po przekroczeniu określonej prędkości. Prędkość ta zależy od nominalnej prędkości danej kolejki. Przykładowo, maksymalna prędkość przewozu ludzi środkami transportu linowego, z napędem własnym, nie może być większa niż 2 m/s. Nastawa prędkości wyzwalania hamulca jest wyższa od prędkości nominalnej danego środka transportu maksymalnie o 50%, ale nie więcej niż o 1 m/s.

Po obliczeniu dopuszczalnej masy całkowitej zestawu następuje dobór wózków hamulcowych. Użytkownik wybiera z listy typ wózka hamulcowego. Wózki hamulcowe są dołączane do zestawów transportowych pojedynczo lub w postaci układów. Dostępne układy to: podwójny (DUO), potrójny (TRIO) oraz poczwórny (QUADRO). Po wyborze typu wózka hamulcowego oraz układu wózków, z charakterystyk hamowania [3], dla maksymalnego nachylenia wyrobiska, wyznaczana jest maksymalna całkowita masa zestawu transportowego zabezpieczana przez wózek (lub zespół wózków). Masa ta porównywana jest z maksymalną dopuszczalną masą zestawu transportowego wyznaczoną w etapie 2 obliczeń trakcyjnych. W dalszych obliczeniach (formowanie zestawu transportowego) uwzględniana jest mniejsza z nich.

2.4. Formowanie zestawu transportowego

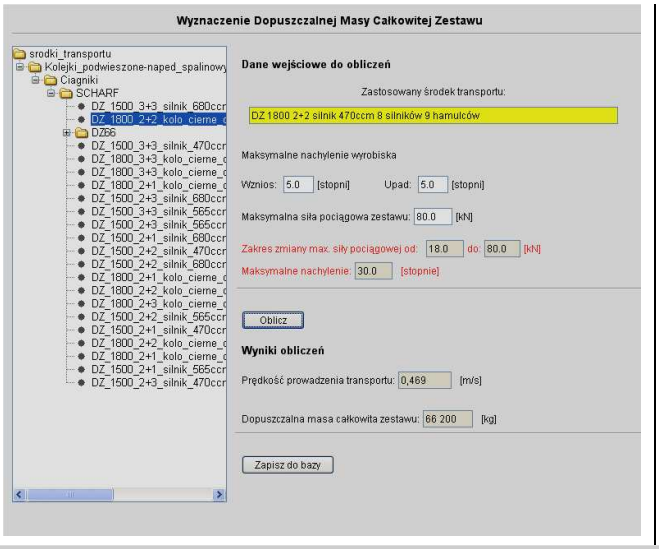
Kolejnym etapem po doborze wózków hamulcowych jest formowanie zestawu transportowego, realizowane przez okno dialogowe pokazane na rysunku 3. Dane wejściowe do obliczeń pochodzą z poprzednich etapów – zastosowany środek transportu, typ wózka hamulcowego, dopuszczalna masa całkowita zestawu.

Użytkownik formuje zestaw transportowy posługując się aktywnymi elementami graficznymi, oznaczającymi środki transportu. Aktywne elementy graficzne są uporządkowane na ekranie zgodnie z kolejnością środków transportu w zestawie. Kolejność wstawiania aktywnych elementów graficznych na ekranie jest dowolna, zaś w każdym stadium formowania zestawu możliwe jest jego skracanie i wydłużanie poprzez wstawianie/usuwanie aktywnych elementów graficznych, w dowolnym jego miejscu.



Rys.1. Okno dialogowe konfiguracji trasy kolejki podwieszonej [2]

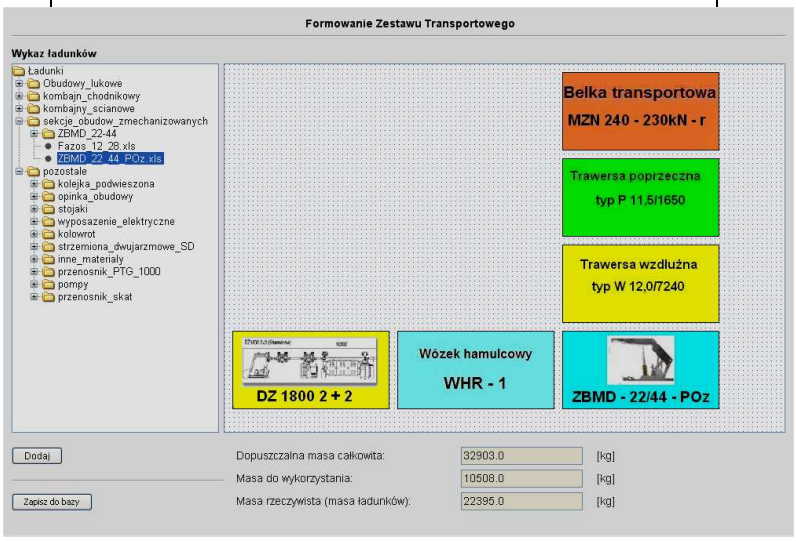
1



2

3

Rys.2. Okno dialogowe wyznaczenia dopuszczalnej masy całkowitej zestawu [2]



Rys.3. Okno dialogowe formowania zestawu transportowego – transport sekcji obudowy zmechanizowanej [2]

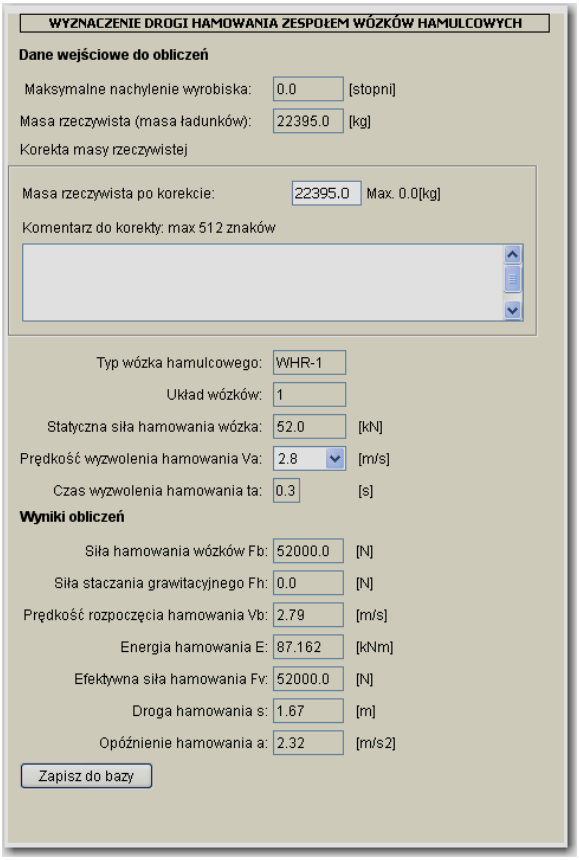
Program korzysta z kart katalogowych środków transportu oraz transportowanych materiałów, z których pobiera dane. Karty katalogowe zapisane są w formacie plików Excel (xls) i umieszczone są na serwerze.

Po zakończeniu formowania zestawu transportowego uzyskuje się są następujące dane:

- rzeczywista masa całkowita zestawu transportowego, niezbędna do wyznaczenia drogi hamowania,
- opis zestawu transportowego zawierający transportowane materiały, urządzenia transportowe, środki transportu, trawersy, wózki hamulcowe,
- minimalne odległości poszczególnych ładunków od spągu.

2.5. Wyznaczenie drogi hamowania zestawu transportowego

Po uformowaniu zestawu transportowego wyznaczana jest jego droga hamowania. Realizuje to okno dialogowe przedstawione na rysunku 4.



Rys.4. Okno dialogowe wyznaczenia drogi hamowania zestawu transportowego [2]

Większość danych wejściowych pochodzi z poprzednich etapów obliczeń trakcyjnych i umieszczona jest w szarych polach okna dialogowego w części „Dane wejściowe do obliczeń". Użytkownik wybiera z listy jedynie prędkość wyzwolenia hamowania *Va* (w zakresie 3,0 ±2 m/s), po przekroczeniu której uruchamia się hamulec wózka hamulcowego. W efekcie realizacji etapu 4 obliczeń trakcyjnych użytkownik otrzymuje następujące dane: siła hamowania wózków F_b, siła staczania grawitacyjnego F_h, prędkość rozpoczęcia hamowania V_b, energia hamowania E, efektywna siła hamowania F_v, droga hamowania s, opóźnienie hamowania a.

2.6. Wyznaczenie drogi hamowania ciągnikiem

Ostatnim etapem obliczeń trakcyjnych jest wyznaczenie drogi hamowania zestawu transportowego ciągnikiem. Większość danych wejściowych pochodzi z poprzednich etapów obliczeń trakcyjnych. W tym etapie masa rzeczywista jest powiększona o masę ciągnika kolejki podwieszonej, a użytkownik wybiera z listy jedynie minimalną oraz maksymalną prędkość, po przekroczeniu której rozpoczyna się proces hamowania ciągnikiem: V_{a1} oraz V_{a2} (w zakresie 3,0 ±2 m/s). Wyniki obliczeń są następujące: siła hamowania ciągnikiem F_b, siła staczania grawitacyjnego F_h, minimalna prędkość rozpoczęcia hamowania V_{b1}, maksymalna prędkość rozpoczęcia hamowania V_{b2}, minimalna energia hamowania E_1, maksymalna energia hamowania E_2, efektywna siła hamowania F_v, minimalna droga hamowania s_1, maksymalna droga hamowania s_2, opóźnienie hamowania a.

2.7. Raport z obliczeń trakcyjnych

Po wykonaniu wszystkich sześciu etapów obliczeń trakcyjnych użytkownik ma możliwość przeglądu wyników obliczeń na stronie internetowej, zapisu wyników do pliku w formacie Microsoft Word lub ich wydruku w formie karty obliczeń trakcyjnych.

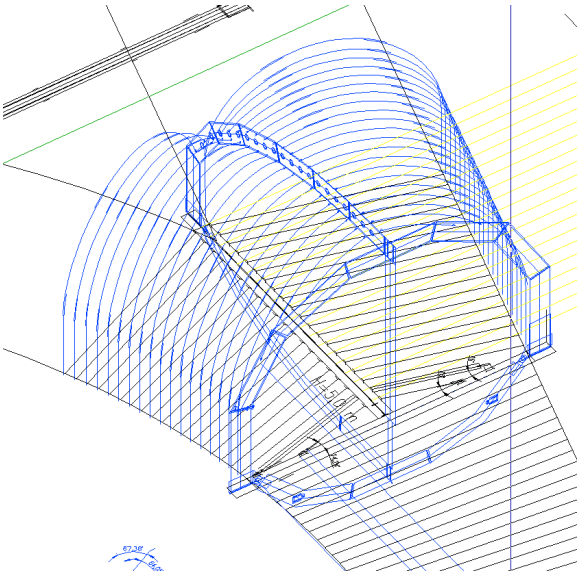
3. Badanie kolizyjności

Projekty systemu transportu tworzone obecnie przez pracowników Działów Przygotowania Produkcji kopalń, w dużej części powstają z wykorzystaniem systemu projektowania AutoCAD. Niezmiernie ważnym zadaniem dla projektanta systemu transportu jest zapewnienie możliwości jego bezkolizyjnego prowadzenia na całej trasie. Kolizja na trasie transportu może wystąpić pomiędzy transportowanym materiałem lub urządzeniem transportowym (trawersy poprzeczne i podłużne, kontener, itp.) a obudową wyrobiska, czy też innymi urządzeniami stanowiącymi jego wyposażenie. Analiza kolizyjności na drogach transportowych ma szczególne znaczenie w przypadku projektów systemu transportu, w których należy założyć zmniejszenie się pola przekroju poprzecznego wyrobiska chodnikowego wskutek oddziaływania górotworu.

W ramach realizacji projektu MINTOS opracowano komputerową metodę wspomagania analizy kolizyjności 3D za pomocą programu AutoCAD, autorskiego oprogramowania, pracującego w jego środowisku oraz aplikacji przygotowującej dane wejściowe udostępnionej na platformie internetowej.

Pierwszym etapem przygotowania danych wejściowych dla programu analizy kolizyjności jest budowa

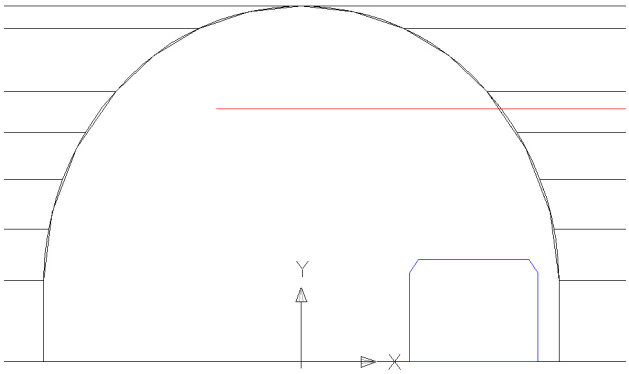
modelu wybranego fragmentu wyrobiska chodnikowego, w którym może dojść do kolizji transportowanego ładunku z otoczeniem. Danymi wejściowymi do budowy wybranego fragmentu wyrobiska chodnikowego są: przekroje poprzeczne wyrobisk, lokalizacja trasy kolejki podwieszonej w przekroju poprzecznym wyrobiska, maszyny i urządzenia zlokalizowane w wyrobisku. Program analizy kolizyjności korzysta z modelu wyrobiska zbudowanego w oparciu o model bryłowy. Do budowy modelu wyrobiska można wykorzystać jego model przestrzenny krawędziowy. Na rysunku 5 pokazano przykładowy model skrzyżowania dróg transportowych.



Rys.5. Modelowanie skrzyżowania dróg transportowych [2]

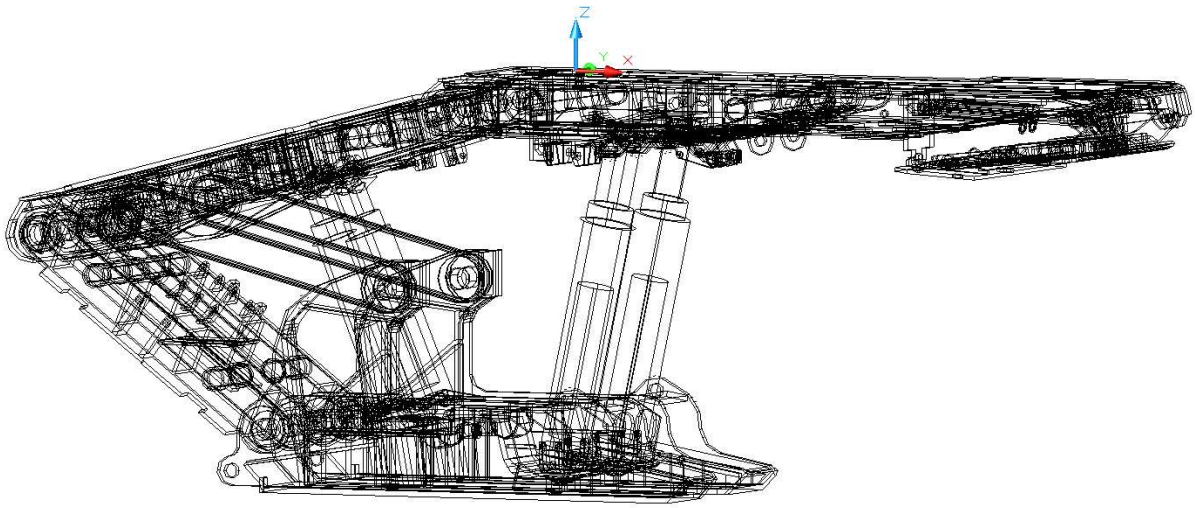
Trasę jezdni kolejki podwieszonej zamodelowano w programie AutoCAD jako linię 2D, leżącą na płaszczyźnie zorientowanej względem bryły wyrobiska oraz względem przekroju poprzecznego wyrobiska. Rozpatrywany model wyrobiska może zawierać dodatkowe maszyny, urządzenia oraz materiały, które mogą stanowić przeszkody podczas prowadzenia transportu i tym samym powinny być uwzględnione podczas analizy możliwości wystąpienia kolizji. Modele przeszkód są również wykonane w programie Auto CAD jako modele przestrzenne bryłowe. Na rysunku 6 przedstawiono przykładowy model przenośnika taśmowego, zlokalizowanego w wyrobisku chodnikowym, przecinającego trasę kolejki podwieszonej. Jest to model bryłowy opisujący skrajne wymiary przenośnika.

Transportowany ładunek wielkogabarytowy podczepiony jest do urządzenia transportowego zazwyczaj poprzez układ trawers wzdłużnych i poprzecznych. Na podstawie wybranego urządzenia transportowego program automatycznie generuje jego łańcuch kinematyczny w zadanym punkcie trasy kolejki oraz określa układ współrzędnych i punkt wstawienia modelu transportowanego ładunku oraz modelu zespołu trawers.



Rys.6. Przykładowy model przenośnika taśmowego na trasie kolejki podwieszonej [2]

Model transportowanego ładunku tworzony jest w programie AutoCAD jako model bryłowy. Jest on wczytywany automatycznie przez program symulacyjny i orientowany względem łańcucha kinematycznego zastosowanego urządzenia transportowego. Na rysunku 7 pokazano przykładowy model 3D obudowy ścianowej ZBMD-22/44-Poz.



Rys.7. Przykładowy model 3D transportowanego ładunku [2]

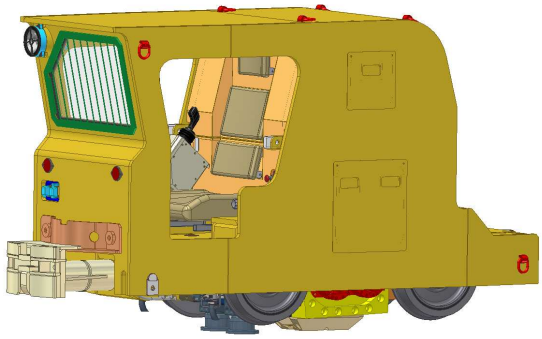
Dla przyjętych danych wejściowych (model skrzyżowania dróg transportowych, model wyrobiska z przeszkodami, model urządzenia transportowanego, model ładunku) program automatycznie przeprowadza analizę możliwości wystąpienia kolizji dla wybranego odcinka trasy kolejki – transport obudowy na zakręcie skrzyżowania chodników. Na rysunku 8a przedstawiono punkt początkowy symulacji, a na rysunku 8b przemieszczanie się środka ciężkości ładunku względem trasy kolejki.

Dla każdego z etapów symulacji program dokonuje analizy możliwości wystąpienia kolizji. W przypadku stwierdzenia jej wystąpienia, tworzona jest automatycznie bryła kolizji. Bryła ta po zakończeniu symulacji może być poddana analizie celem zaproponowania środków eliminacji kolizji. Na rysunku 9 przedstawiono wybrane kroki symulacji pokonywania zakrętu. Dodatkowo na rysunku 9 widoczna jest bryła kolizji pomiędzy obudową, a przenośnikiem taśmowym.

4. Metoda oceny bezpieczeństwa pracy operatorów kolejki spągowej z zastosowaniem symulacji komputerowej

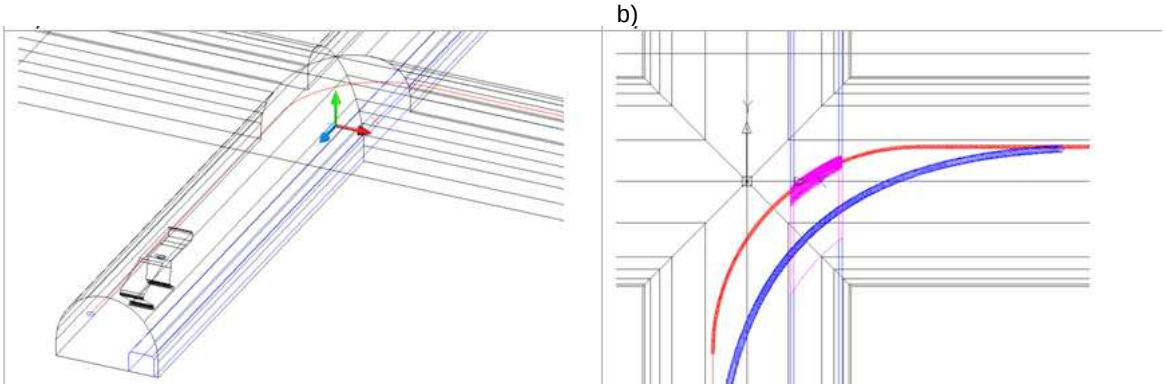
Analiza dynamiczna zachowania się ciała operatora kolejki górniczej w sytuacjach awaryjnych, jakimi są m.in. awaryjne hamowanie na upadzie lub zderzenie z przeszkodą znajdującą się na torowisku, może skutkować poprawą bezpieczeństwa pracy operatora. Zaproponowana metoda oceny bezpieczeństwa pracy operatorów kolejki spągowej, z zastosowaniem symulacji komputerowej, może być wykorzystana na etapie projektowym, jako metoda wspomagająca projektowanie postaci konstrukcyjnej kabin kolejek górniczych, ze względu na kryterium bezpieczeństwa. Zaprezentowana metoda składa się z następujących etapów:

a) Budowa modelu geometrycznego kabiny. Model geometryczny (rys. 10) powstaje w czasie procesu konstrukcyjnego. Z reguły jest to model parametryczny, wykonany w programie CAD. Model CAD kabiny wymaga uproszczenia i przygotowania, w celu utworzenia na jego podstawie modelu numerycznego. Polega to na scaleniu oraz usunięciu zbędnych szczegółów, mogących powodować powstanie błędów dyskretyzacji oraz wydłużenie czasu obliczeń.

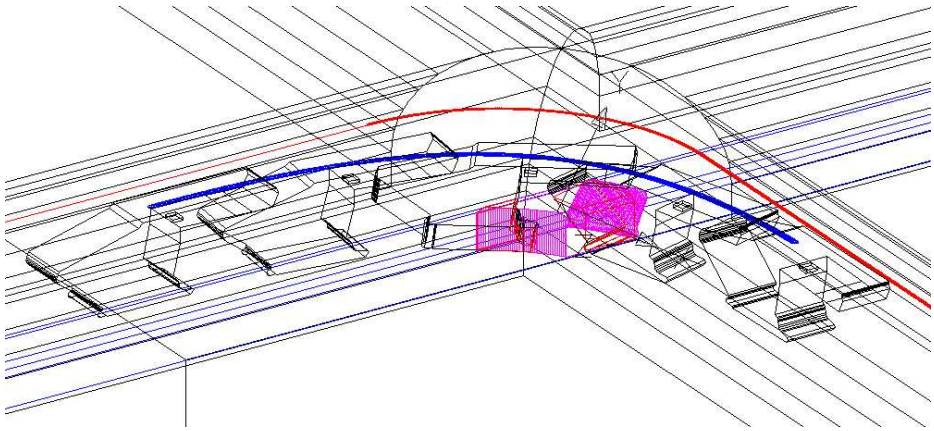


Rys.10. Parametryczny model geometryczny kabiny kolejki spągowej CLS -120 [1]

a) b)



Rys.8. Model 3D trasy kolejki podwieszonej – transport obudowy zmechanizowanej [2]



Rys.9. Symulacja transportu obudowy zmechanizowanej modułowym zestawem nośnym [2]

b) Budowa modelu numerycznego kabiny. Na podstawie wcześniej przygotowanego modelu geometrycznego tworzony jest model numeryczny kabiny, umożliwiający przeprowadzenie symulacji. Model numeryczny kabiny składa się z siatki elementów skończonych odwzorowujących przestrzeń wewnątrz kabiny, w której znajduje się operator.

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

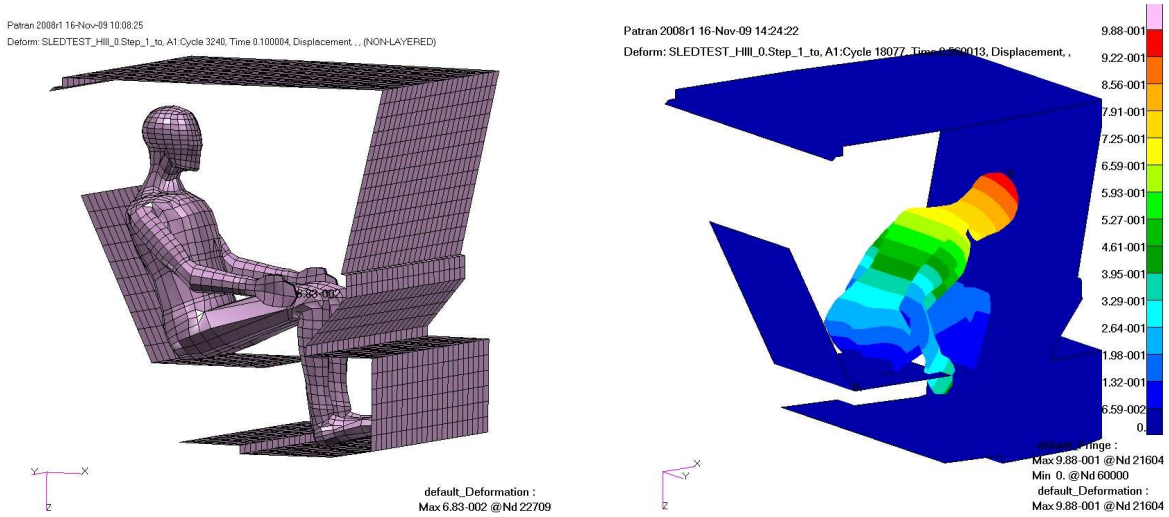
d) Przeprowadzenie symulacji numerycznej zdarzeń awaryjnych i niebezpiecznych. Symulacje numeryczne przeprowadza się metodą układów wielocłonowych (MBS), w programie MSC.ADAMS. Do symulacji stosuje się parametryczny model geometryczny kabiny. Na podstawie opracowanych scenariuszy zdarzeń niebezpiecznych i awaryjnych przyjmuje się warunki początkowe (prędkość początkowa, siły działające na kabinę) oraz warunki brzegowe (kontakt pomiędzy poszczególnymi modelami geometrycznymi) symulacji. W wyniku przeprowadzonych symulacji otrzymuje się przebiegi czasowe przyspieszeń, prędkości oraz przemieszczeń kabiny, w czasie analizowanego zdarzenia awaryjnego.

e) Wyznaczenie warunków początkowych i wartości początkowych przyspieszeń. Na podstawie przeprowadzonych symulacji w programie MSC.ADAMS wyznacza się warunki początkowe przebiegów czasowych przyspieszeń, wykorzystanych w dalszej analizie dynamicznej.

f) Budowa modelu cech antropometrycznych operatora. W programie MSC.Dytran tworzy się siatkę modelu ciała operatora, wraz z parametrami masowymi oraz parametrami sprężysto-tłumiącymi poszczególnych par kinematycznych. W czasie tworzenia siatki ciała operatora zdefiniowane mogą być takie wartości, jak: wzrost, masa oraz pozycja wyjściowa ciała operatora. Siatka ciała operatora, poprzez zmianę kąta w poszczególnych stawach, dopasowana zostaje do pozycji, jaką przyjmuje operator kolejki podczas pracy.

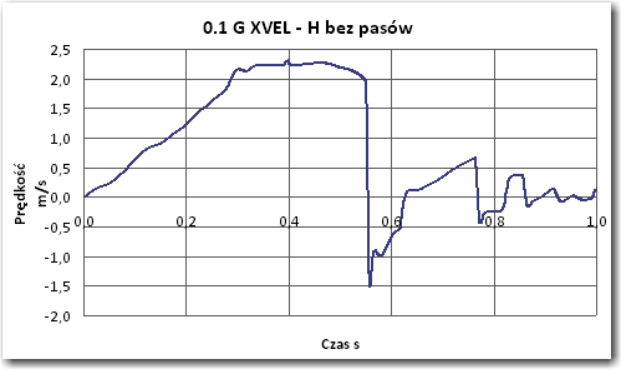
g) Przeprowadzenie symulacji numerycznej ruchu ciała operatora. Na podstawie danych wejściowych opisanych w punktach (a),(d),(e), w programie MSC.DYTRAN przeprowadza się symulację numeryczną zachowania się poszczególnych segmentów ciała operatora pod działaniem wymuszeń dynamicznych. Modelowi siatki ciała operatora nadaje się początkowe przyspieszenie uzyskane w symulacji przeprowadzonej w punkcie (c). W wyniku symulacji otrzymuje się przemieszczenia wszystkich segmentów ciała operatora względem siebie oraz względem kabiny kolejki, oraz obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego operatora w czasie awaryjnego hamowania, co pokazano na rysunku 11.

h) Analiza wyników symulacji, ocena bezpieczeństwa operatora. Na podstawie przeprowadzonej symulacji wykonuje się wykresy przedstawiające przebiegi czasowe przyspieszenia, prędkości oraz przemieszczeń poszczególnych części ciała względem kabiny oraz względem siebie (rys. 12). Mo-



Rys.11. Model ciała operatora ograniczony powierzchnią kabiny kolejki w środowisku programu MSC.Dytran [1]

żliwe jest także przedstawienie, w formie wykresów, sił działających na każdy segment ciała operatora. Identyfikuje się możliwość uderzenia głową lub inną częścią ciała operatora o element kabiny. Podczas symulacji zderzenia uwzględnia się wypadnięcie operatora z wnętrza kabiny. Na podstawie wyników symulacji określa się, które części ciała, i w jakim stopniu, narażone są na uraz dla wybranego scenariusza zdarzeń awaryjnych i niebezpiecznych.



Rys.12. Przebieg prędkości dla głowy operatora [1]

i) Opracowanie wniosków dotyczących bezpieczeństwa operatora. Znając możliwe sytuacje niebezpieczne oraz zachowanie się poszczególnych elementów struktury anatomicznej operatora w takiej sytuacji, w razie potrzeby modyfikuje się postać konstrukcyjną kabiny kolejki w taki sposób, aby zwiększyć bezpieczeństwo operatora. Zmiany te mogą uwzględnić takie modyfikacje jak: zwiększenie przestrzeni na nogi operatora, zmianę ustawienia fotela operatora, zastosowanie pasów bezpieczeństwa, zmianę nachylenia ścianek kabiny, zastosowanie w kabinie operatora materiałów hiperodkształcalnych (np. gumy).

5. Podsumowanie

W wyniku realizacji projektu badawczego MINTOS powstały prototypy narzędzi, które w znacznym stopniu przyczynią się do poprawy niezawodności oraz bezpieczeństwa górniczego transportu kopalnianego.

System wspomagania obliczeń trakcyjnych oparty na repozytorium wiedzy udostępnianym na platformie internetowej, przeznaczony jest dla projektantów systemów transportu. Wspomaga on projektanta w trakcie procesu przeprowadzania obliczeń trakcyjnych oraz generuje raport końcowy z tych obliczeń. Jest czynnikiem integrującym rozproszone środowisko projektantów, użytkowników systemów transportowych i producentów składników tych systemów. Zasoby wiedzy tworzone są przez każdą z wymienionych grup i są udostępniane każdej z nich.

W artykule przedstawiono przykład zastosowania programu AutoCAD do wspomagania weryfikacji trasy kolejki podwieszonej pod kątem możliwości wystąpienia kolizji podczas transportu materiałów wielkogabarytowych. Przedstawiona metoda analizy kolizyjności na trasach kolejek podwieszonych może również znaleźć zastosowanie dla ładunków transportowanych kolejkami spągowymi oraz w transporcie szynowym za pomocą lokomotyw.

Na przykładzie górniczej kolejki spągowej CLS-120 przedstawiono metodę oceny bezpieczeństwa pracy operatorów kolejki spągowej z zastosowaniem symulacji komputerowej. Metoda przedstawiona w artykule ma charakter ogólny i może być stosowana do określania cech konstrukcyjnych szerokiej klasy rozwiązań środków transportu.

Prototypy narzędzi opracowane w projekcie MINTOS zostały pozytywnie ocenione przez pracowników Kompanii Węglowej S.A., która brała udział w projekcie jako partner przemysłowy. Prototypy te są w chwili obecnej ciągle rozwijane, udoskonalane oraz przygotowywane do komercyjnego wdrożenia na wybranych kopalniach.

Literatura

1. Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Praca badawcza E/DLM – 10426/OR1: Procedura oceny rozwiązań konstrukcyjnych górniczej kolejki spągowej w świetle kryteriów bezpieczeństwa na przykładzie kolejki CLS–120. Gliwice, 2009.
2. MINTOS: Improving Mining Transport Reliability. RFCS Coal RTD Programme, Contract No.RCR-CT-2007-00003, 2007-2010.
3. REMASZ. Dokumentacja Techniczno – Ruchowa: Wózek hamulcowy WHR-1. Ruda Śląska, 06.2007.
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. Nr 139, poz. 1169 oraz z 2006 r. Nr 124, poz. 863).
5. Winkler T.: Organizacja zasobów wiedzy projektowej i eksploatacyjnej w cyklu życia maszyn i urządzeń górniczych. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2009. Sympozja i Konferencje nr 74. Kraków 2009.
6. Winkler T., Chuchnowski W., Dudek M., Tokarczyk J., Szewerda K.: Narzędzia internetowe wspomagające weryfikację projektów transportu podziemnego w świetle kryterium bezpieczeństwa. I Międzynarodowa konferencja Problemy bezpieczeństwa w budowie i eksploatacji maszyn i urządzeń górnictwa podziemnego. Ustroń 2009.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Adam Klich

Dr inż. Zbigniew SZKUDLAREK
Instytut Techniki Górniczej KOMAG
Mgr inż. Marek WITUŁA
CARBOMECH sp. z o.o.
Mgr inż. Piotr BOJARSKI
Kopalnia Węgla Kamiennego „Jas-Mos”

Urządzenia wspomagające bezpieczną jazdę ludzi przenośnikami taśmowymi

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

W artykule przedstawiono wymagania stawiane przenośnikom taśmowym przystosowanym do jazdy ludzi. Odniesiono się do aktualnie obowiązujących przepisów oraz omówiono techniczne możliwości aplikacji osprzętu mechanicznego firmy CARBOMECH sp. z o.o. wdrożonego w KWK „Jas-Mos”. Otrzymana przez kopalnię decyzja udzielająca zezwolenia na odstępstwo od wymagań określonych w przepisach oraz zezwolenie na oddanie do ruchu urządzenia i układu przewozu ludzi przenośnikami taśmowymi zostały uzyskane w wyniku opracowania wymaganej dokumentacji przez KOMAG przy ścisłej współpracy z użytkownikiem i producentem.

S u m m a r y

Requirements for belt conveyors adapted for transportation of people were presented in the paper. Regulations, which are in force at present, were mentioned and technical possibilities of application of mechanical equipment manufactured by CARBOMECH, Ltd., which was implemented in “Jas-Mos” Colliery, were discussed. Permissions for not obeying requirements included in regulations and permission for operation of equipment and system for transportation of people on belt conveyors were obtained in a result of development of required documentation, which was prepared by KOMAG in close collaboration with users and manufacturer.

1. Wprowadzenie

Coraz bardziej odległe oddziały wydobywcze i większe głębokości zalegania eksploatowanych pokładów wydłużają czas dojścia załogi do miejsc pracy, co niejednokrotnie stanowi 20% ogólnego czasu pracy oraz powoduje zwiększony wydatek energetyczny, pogarszający komfort i wydajność pracy.

Jednocześnie, coraz częściej, wzdłuż przenośników taśmowych (po opuszczeniu dworca osobowego lub oddziałów wydobywczych) przemieszcza się załoga do i z miejsc pracy. To ciągłe „obcowanie” załogi z przenośnikami wpływa na podejmowanie przez pracowników zachowań ryzykownych, polegających na jeździe przenośnikami nieprzystosowanymi do jazdy ludzi. Powodem są głównie przyczyny ekonomiczne oraz techniczno-organizacyjne warunkujące uzupełnianie systemów transportowych w nowe środki techniczne do przewozu osób tj. szynowe kolejki podwieszane lub spągowe, czy przenośniki taśmowe wyposażone i dostosowane do jazdy ludzi.

Przenośniki taśmowe, jako środki transportu, odznaczają się dużą dyspozycyjnością i niezawodnością pracy, co predysponuje je do wykorzystania w transporcie ludzi i prowadzi w ten sposób do efektywniejszego wykorzystania czasu pracy załogi [4].

Problem niedozwolonej jazdy ludzi przenośnikami taśmowymi można rozwiązać poprzez zastosowanie nowych konstrukcji pomostów do wsiadania i wysiadania i ich adaptację, w już istniejących przenośnikach taśmowych.

KOMAG wspólnie z firmą CARBOMECH sp. z o.o. oraz kopalnią „Jas-Mos” przygotował dokumentację pozwalającą na użytkowanie urządzeń wspomagających bezpieczny transport ludzi przenośnikami taśmowymi.

2. Przystosowanie przenośników taśmowych do prowadzenia jazdy ludzi – wymagania prawne

Problem jazdy ludzi przenośnikami taśmowymi reguluje art. 78 ust. 1 ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2005 r. Nr 228, poz. 1947) w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. z 2002 r. Nr 139, poz. 1169 oraz Dz.U. z 2006 r. Nr 124, poz. 863) wraz z Załącznikiem Nr 4 do wyżej wymienionego rozporządzenia, w którym uregulowano zasady prowadzenia ruchu układów transportu w wyrobiskach poziomych i o nachyleniu do 45° [2].

Dodatkowe wymagania dotyczące wyposażenia umożliwiającego przewóz osób przenośnikami taś-

mowymi ustalono w normie PN-G-50005:1997 – Ochrona pracy w górnictwie – Przenośniki taśmowe – Wymagania bezpieczeństwa i ergonomii [3].

W myśl wyżej wymienionego rozporządzenia urządzenia i układy przewozu ludzi w wyrobiskach poziomych oraz pochyłych o nachyleniu do 45° zostały zaliczone do podstawowych obiektów, maszyn i urządzeń zakładu górniczego, które przed oddaniem do ruchu wymagają uzyskania przez zakład górniczy zezwolenia wydanego przez właściwy organ nadzoru górniczego. Uzyskanie powyższego zezwolenia uwarunkowane jest spełnieniem przez zakład górniczy wymagań zawartych w rozporządzeniu w § 571÷577 oraz w Załączniku Nr 4 pkt. 6.14 i 6.15 do tego rozporządzenia. Wymienione akty prawne zawierają szereg szczegółowych wymagań organizacyjnych, kontrolnych i technicznych, które muszą być spełnione, aby transport ludzi przenośnikami taśmowymi był bezpieczny i uzyskał zezwolenie.

Wyrobisko, w którym odbywa się jazda ludzi, musi zachowywać wystarczające gabaryty i odległości od konstrukcji trasy do ociosów i stropu [5]. Do transportu służą jedynie odpowiednio oznakowane przenośniki, które zostały uprzednio wyposażone w przewidziane przepisami pomosty do wsiadania i wysiadania. Podstawowe wymagania techniczne są następujące:

a) ograniczenia prędkości jazdy ludzi przenośnikiem taśmowym do prędkości 2,5 m/s, niezależnie od warunków lokalnych i konstrukcji pomostu,
b) jazda ludzi przenośnikami taśmowymi może się odbywać na nachyleniach do 18° po wzniosie i do 12° po upadzie na taśmie górnej i dolnej,
c) nominalna szerokość taśmy przenośnika powinna wynosić co najmniej 1 m, a jej wytrzymałość nominalna na rozerwanie nie może być mniejsza niż 1000 kN/m szerokości,
d) pomosty do wsiadania i wysiadania należy wyposażyć w kompletne poręcze, schody, uchwyty ułatwiające wsiadanie i wysiadanie oraz bariery, a wymagania wymiarowe określone przepisami wynoszą:
   - wysokość pomostów nad krążnikami tocznymi powinna wynosi co najwyżej 0,05 m,
   - szerokość pomostów powinna wynosić co najmniej 0,8 m, długość pomostu do wsiadania powinna wynosić co najmniej 2,5 m natomiast do wysiadania co najmniej 10 m, a wysokość wolnej przestrzeni nad pomostem powinna wynosić co najmniej 1,8 m,
   - pomost do wysiadania z górnej taśmy powinien być zabudowany w odległości odpowiadającej półtorakrotnemu wybiegowi taśmy podczas hamowania, mierzonej od osi napędu,
   - pomost do wsiadania na górną taśmę należy zabudować w odległości 10 m od osi bębna wysięgnika przenośnika podającego,
e) za pomostem do wysiadania należy zamontować wyłączniki krańcowe w kształcie uchylnych bramek – jeden w odległości 1 m od pomostu, a drugi 3 m od pomostu; element uruchamiający wyłącznik krańcowy powinien być tak zabudowany, aby odległość między taśmą a elementem wyłączającym była większa niż 50 mm; element uruchamiający powinien obejmować swoim zasięgiem całą szerokość taśmy i uniemożliwić przypadkowe przejechanie punktu krańcowego,
f) przenośnik musi być wyposażony w hamulec, regularnie rozmieszczone wyłączniki awaryjne i specjalną sygnalizację dla jazdy ludzi.

Mimo tych uwarunkowań możliwe jest jednak wprowadzanie do użytkowania nowych rozwiązań w systemach transportu załogi przenośnikami taśmowymi. Pozwala na to art. 78 ust. 4 Ustawy – Prawo geologiczne i górnicze, który umożliwia Prezesowi WUG, w szczególnych przypadkach uzasadnionych warunkami bezpieczeństwa lub gdy to jest niezbędne, na **wydanie decyzji udzielającej zezwolenia na odstępstwo od wymagań**, określonych w przepisach wydanych na podstawie wyżej wymienionej ustawy.

Z uwagi na fakt, że urządzenia i układy przewozu ludzi w wyrobiskach poziomych oraz pochyłych o nachyleniu do 45° zaliczone zostały do podstawowych obiektów, maszyn i urządzeń zakładu górniczego, na oddanie do ruchu wymagane jest **uzyskanie przez zakład górniczy zezwolenia**, wydanego przez właściwy organ nadzoru górniczego. Zezwolenie wydaje się na podstawie dokumentacji układu transportu zatwierdzonej przez kierownika ruchu zakładu górniczego oraz protokołu odbioru technicznego. Uzyskanie powyższego zezwolenia uwarunkowane jest spełnieniem przez zakład górniczy wymagań zawartych w rozporządzeniu w § 571÷577 oraz w Załączniku Nr 4 pkt. 6.14 i 6.15 do tego rozporządzenia.

Ponadto, nowe rozwiązania techniczne, wymagają **uzyskania pozytywnej opinii** wydanej przez jednostkę upoważnioną do prowadzenia badań i oceny wyrobu.

We wniosku do WUG o udzielenie zezwolenia na odstępstwo od wymagań § 568 ust. 1 pkt. 3 i § 572 ust. 3 oraz wymagań punktu 6.14.6 i 6.14.9 Załącznika nr 4 do wyżej wymienionego rozporządzenia, zakres odstępstwa dotyczy:

- zmniejszenia odległości pomiędzy elementem pomostu do wsiadania do taśmy górnej, która powinna wynosić co najmniej 0,6 m;
- zwiększenia odległości pomiędzy pomostem do wsiadania, a krążnikami tocznymi tak, aby nie wynosiła ona co najwyżej 0,05 m;
- zmniejszenia szerokości i długości pomostu do wsiadania, która powinna odpowiednio wynosić co najmniej 0,8 m i 2,5 m;

– zmniejszenia szerokości i długości pomostu do wysiadania, które powinny odpowiednio wynosić co najmniej 0,8 m i 10 m;
– zwiększenia odległości między taśmą, a elementem wyłączającym uruchamiającym wyłącznik krańcowy, która powinna być nie większa niż 50 mm.

Po stwierdzeniu spełnienia wszystkich określonych przepisami wymagań właściwy organ nadzoru górniczego wydaje zezwolenie na jazdę ludzi przenośnikiem taśmowym.

3. Urządzenia firmy CARBOMECH sp. z o.o.

Wprowadzenie do stosowania nowych rozwiązań konstrukcyjnych firmy CARBOMECH sp. z o.o. w kopalni „Jas-Mos" umożliwi jazdę ludzi górną taśmą przenośnika o szerokości taśmy 1000 mm. Do tego celu zastosowane będzie następujące doposażenie mechaniczne przenośnika:

– wahadłowy pomost do wsiadania ludzi na górną taśmę w osi przenośnika typ 21-103.1 (rys. 1),
– pomost do wysiadania ludzi z taśmy przenośnika typ 21-102.1 (rys. 2),
– konstrukcja typ 21-182 do zabudowy wyłącznika siatkowego (rys. 3),
– konstrukcja typ 21-162 uchylnej bramki do zabudowy wyłącznika krańcowego (rys. 4),
– konstrukcja typ 21-181 urządzenia do kontroli schodzenia taśmy (rys. 5).

Przewóz ludzi będzie się odbywał na taśmie górnej bez i z urobkiem, po wzniosie. Długość trasy przewozu ludzi wynosić będzie dla przenośnika Gwarek 1000/ NPZ nr 3 – 420 m, a dla przenośnika Gwarek B1000 nr 4 – 290 m.

W celu zapewnienia bezpieczeństwa w czasie eksploatacji pomostów wykonanych na podstawie zezwolenia na odstępstwo należało:

a) wykonać urządzenia (rys. 1÷5) zgodnie z dokumentacją techniczno-ruchową dostarczoną przez producenta, a ich montaż wykonać zgodnie z wymaganiami określonymi w dokumentacji techniczno-ruchowej przy zachowaniu wymagań zawartych w obowiązujących przepisach,
b) przed oddaniem urządzeń do ruchu należało przeprowadzić jego komisyjny odbiór techniczny przez komisję powołaną przez Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego i do każdego egzemplarza pomostu dostarczyć świadectwo wytwórcy,
c) dodatkowo zabudować przy pomoście do wsiadania i wysiadania po dwa urządzenia kontroli schodzenia taśmy,
d) w miejscu wsiadania na taśmę zabudować dodatkową stalową prowadnicę podtrzymującą taśmę i zabezpieczającą wsiadających przed rozciętą lub uszkodzoną taśmą,
e) za pomostem do wysiadania na pierwszej bramce, w odległości 1 m za pomostem, zabudować dodatkowo włącznik awaryjny typu WAJL-07 wykrywający sygnał nadajnika lokacyjnego GLON zainstalowanego w obudowie lampy osobistej górniczej osób jadących przenośnikami taśmowymi i powodujący wyłączenie układu sterowania przenośnikiem taśmowym,
f) dodatkowo za uchylnymi bramkami w odległości określonej przez Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego zabudować należy konstrukcję z wyłącznikiem siatkowym na długości 6 m wyłączającym przenośnik taśmowy, umożliwiającym wyłączenie układu sterowania przenośnika,
g) na pomoście do wsiadania na górną taśmę zainstalować należy urządzenie kontroli i sygnalizowania poprawnej współpracy nadajnika lokacyjnego GLON z wyłącznikiem awaryjnym typu WAJL-07.

Uzasadniając niespełnienie postanowień wynikających z zapisów zawartych w wyżej wymienionym rozporządzeniu zwrócono uwagę na następujące aspekty:

a) W odniesieniu do proponowanego pomostu typ 21-103.1 odstępstwo wynika z jego nowatorskiego rozwiązania techniczno-konstrukcyjnego, tj. przy wysokości pomostu 400÷500 mm nad taśmą tworzy się w osi trasy przenośnika łagodną pochylnię zejścia ludzi na taśmę, a zabudowa pomostu z konstrukcji usytuowanej bocznie na znajdującą się w osi przenośnika powoduje, że zejście na przenośnik taśmowy odbywać się będzie w osi przenośnika, a wsiadająca osoba wykonywać będzie ruch do przodu za biegiem taśmy, co pozwoli jej na pewniejsze utrzymanie równowagi. Jednocześnie zmienione wymiary szerokości i długości wymagane przepisami, nie pogorszą warunków uznanych za ergonomiczne i bezpieczeństwa przy wsiadaniu.
b) W odniesieniu do proponowanego pomostu typ 21-102.1 odstępstwo wynika z jego nowatorskiego rozwiązania techniczno-konstrukcyjnego i doświadczeń dotychczas stosowanych pomostów bocznych, gdzie ze względu na zbyt dużą szerokość pomostu, wynoszącą 0,8 m, podczas wysiadania ludzi nie było możliwości dosięgnięcia bocznej poręczy podczas zejścia – taka konstrukcja powodowała konieczność budowy dodatkowych poręczy na pomoście.
c) W odniesieniu do wyłącznika krańcowego odstępstwo wynika z konieczności stworzenia warunków do prowadzenia jazdy ludzi na urobku, podczas której zachodzi konieczność zwiększenia wysokości uchylnej bramki od taśmy do wartości, przy której transportowany urobek nie spowoduje zbędnego wyłączenia, dając jednocześnie możliwość zachowania strefy kontrolowanej przez wyłącznik uchylny.
d) Dodatkowe zabudowanie na pierwszej bramce uchylnej urządzenia wyłączającego uruchamiane-

Rys.1. Pomost do wsiadania [5]

Rys.2. Pomost do wysiadania [5]

Rys.3. Wyłącznik siatkowy [5]

Rys.4. Bramka uchylna [5]

Rys.5. Urządzenie do kontroli schodzenia taśmy [5]

go od nadajników zabudowanych w lampach osobistych. Proponowane rozwiązanie do zabudowy na pierwszej bramce to wyłącznik awaryjny typu WAJL-07 wykrywający sygnał nadajnika lokacyjnego GLON, zainstalowanego w obudowie lampy osobistej górniczej osób jadących przenośnikiem taśmowym, i zatrzymujący ruch przenośnika. Jednocześnie na pomoście do wsiadania na górną taśmę typ 21-103.1 zostanie zainstalowane urządzenie kontroli obecności załogi typu UKOZ-08/1 przeznaczone do kontroli i sygnalizowania poprawnej współpracy nadajnika lokacyjnego GLON z wyłącznikiem awaryjnym typu WAJL-07. Ponadto dla dodatkowego zabezpieczenia strefy przejechania pomostu do wysiadania, w warunkach transportu urobku, za uchylnymi bramkami, proponuje się zabudowę konstrukcji siatkowej na odcinku 6 m, powodującej zatrzymanie ruchu przenośnika, w przypadku gdyby znaleźli się tam ludzie. Zatrzymanie następuje poprzez złapanie się rękami lub innymi częściami ciała za rozciągniętą siatkę, która działając na wyłącznik awaryjny i układ sterowania powoduje zatrzymanie ruchu przenośnika.

4. Wdrażanie układu transportowego jazdy ludzi przenośnikiem taśmowym w warunkach KWK „Jas-Mos”

W kopalni KWK „Jas-Mos” zostanie uruchomiony system przewozu ludzi dwoma przenośnikami taśmowymi zabudowany w chodniku podścianowym 24-W3 pokład 505/2, który ułatwi i skróci czas powrotu załogi pod szyb, co spowoduje, że wydłuży się efektywny czas pracy załogi zatrudnionej w wyżej wymienionym rejonie. Z tego względu przenośniki taśmowe typu Gwarek 1000/NPZ nr 3 i Gwarek B1000 nr 4, służące do odstawy urobku ze ściany 24-W3 oraz z przodków oddziałów przygotowawczych, zostaną przystosowane do przewozu ludzi z uwzględnieniem obowiązujących przepisów (rys. 6).

Konfiguracja stacji osobowych dla przenośników będzie wyglądała następująco:

- Gwarek B1000 nr 4 – stacja osobowa nr 1 do wsiadania (rys. 7) zlokalizowana będzie w odległości 30 m od stacji zwrotnej przenośnika na długości 2,0 m natomiast stacja osobowa nr 2 do wysiadania (rys. 8) zlokalizowana będzie w odległości około 50 m od wysięgnika na długości 7,5 m. Przenośnik usytuowany jest po stronie zachodniej wyrobiska. Pomost do wsiadania zabudowany będzie w osi przenośnika, a wejście na pomost jest od strony wschodniej wyrobiska, pomost do wysiadania zlokalizowany będzie również na stronę wschodnią wyrobiska.
- Gwarek 1000/NPZ nr 3 – stacja osobowa nr 1 do wsiadania (rys. 7) zlokalizowana będzie w odległości 20 m stacji zwrotnej przenośnika na długości 2,0 m, natomiast stacja osobowa nr 2 do wysiadania (rys. 8) zlokalizowana będzie w odległości ok. 40 m od wysięgnika na długości 7,5 m. Przenośnik usytuowany jest po stronie zachodniej wyrobiska. Pomost do wsiadania zabudowany będzie w osi przenośnika, a wejście na pomost będzie od strony zachodniej wyrobiska, natomiast pomost do wysiadania po stronie przeciwnej.

Za pomostami do wysiadania zainstalowane zostaną wyłączniki krańcowe tzw. bramki – jedna w odległości 1 m od pomostu, a druga w odległości 3 m od pomostu oraz dodatkowy wyłącznik siatkowy (rys. 9). Przenośniki taśmowe wyposażone będą w urządzenia kontroli ruchu i samoczynnie uruchamiane urządzenia gaśnicze.

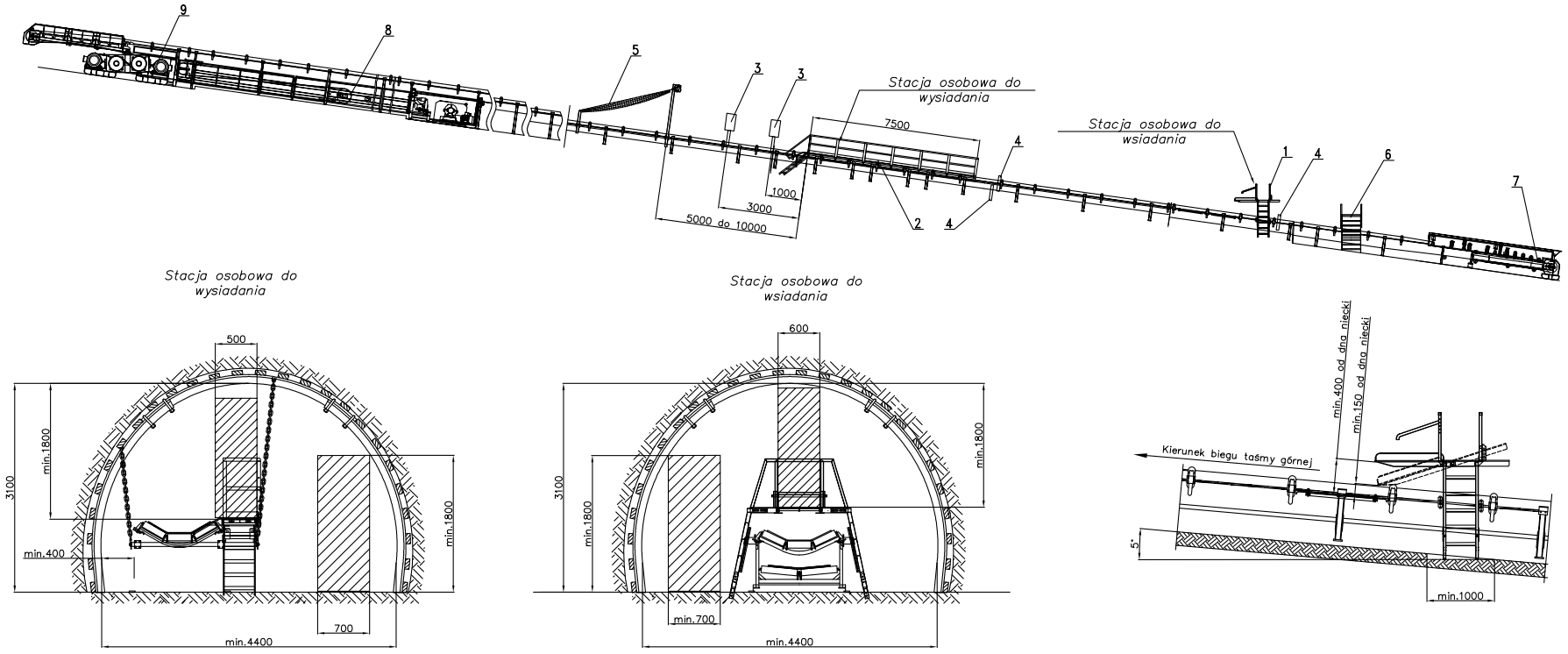
Wyrobiska, w których zabudowane będą przenośniki taśmowe, będą tak utrzymane, aby wzdłuż trasy zapewnione były następujące odległości:

- szerokość pomostów do wsiadania 0,6 m, a ich długość 2 m, natomiast szerokość pomostów do wysiadania 0,5 m, a długość pomostu do wysiadania co najmniej 7,5 m, wysokość wolnej przestrzeni nad pomostami co najmniej 1,8 m,
- 0,4 m od ociosu, obudowy lub innych stałych elementów urządzeń i instalacji do konstrukcji trasy przenośnika dla przenośników z jazdą ludzi,
- 0,7 m od ociosu, obudowy lub innych stałych elementów urządzeń lub instalacji, po stronie przejścia dla ludzi do konstrukcji trasy przenośnika,
- odległość taśmy górnej od stropu lub urządzeń zabudowanych pod stropem wynosić będzie najmniej 1 m na całej długości trasy, a 20 m za pomostem do wsiadania i 20 m przed pomostem do wysiadania – nie mniej niż 1,5 m,
- w odległości 20 m przed przednią krawędzią pomostu do wysiadania po stronie pomostu, zainstalowane zostaną, przy przenośniku, żółte światło ostrzegawcze i piktogram (lub tylko piktogram, podświetlony żółtym światłem), a w odległości 1,5 m przed tą krawędzią światło czerwone oraz tablica ostrzegawcza z napisem "Uwaga wysiadać",

oraz:

- odległość napędu przenośnika taśmowego od obudowy wyrobiska lub zainstalowanych maszyn i urządzeń będzie wynosić, co najmniej 0,7 m po obu jego stronach,
- pomost do wysiadania będzie zabudowany co najmniej 10 m od osi bębna wysięgnika przenośnika podającego.

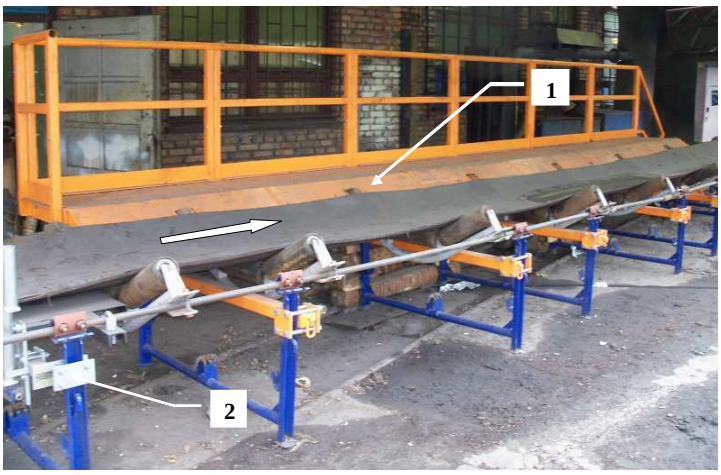
Droga przejścia dla załogi oznakowana będzie tabliczką zawieszoną w poprzek wyrobiska z napisem „Przejście”, a przy pomoście do wsiadania zabudowany zostanie transparent „Jazda ludzi dozwolona” oraz piktogram.



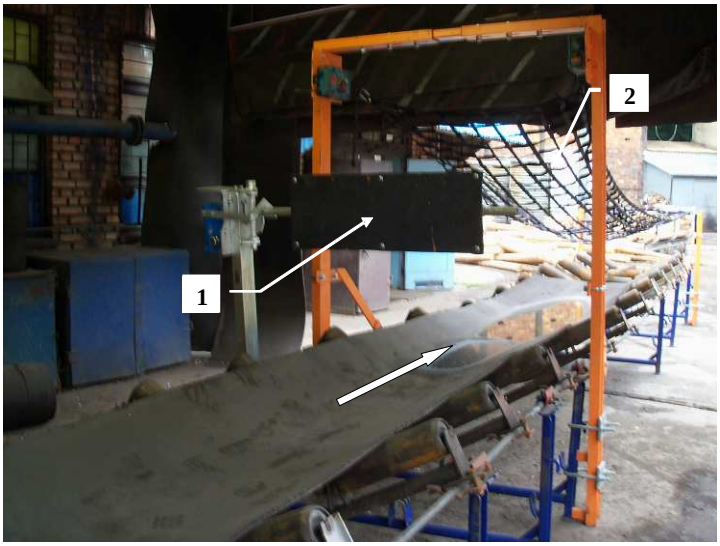
Rys.6. Przenośnik taśmowy przystosowany do jazdy ludzi na górnej taśmie

1 – pomost wahadłowy do wsiadania, 2 – pomost do wysiadania, 3 – blokada bramkowa konstrukcji uchylnej wyposażona w system WAIL współpracujący z GLON, 4 – czujnik kontroli schodzenia taśmy, 5 – wyłącznik siatkowy, 6 – przejście, 7 – zwrotnia, 8 – pętlica, 9 – napęd przenośnika

Rys.7. Pomost wahadłowy do wsiadania poz.1 z czujnikiem schodzenia taśmy poz. 2 i prowadnicą poz. 3 podtrzymującą taśmę



Rys.8. Pomost do wysiadania poz. 1 z czujnikiem schodzenia taśmy poz. 2



Rys.9. Bramka bezpieczeństwa poz. 1 oraz siatka bezpieczeństwa poz. 2 zabudowane za pomostem do wysiadania

5. Podsumowanie

Opracowane w KOMAG dokumenty, wspólnie z producentem urządzeń oraz użytkownikiem, pozwoliły na uzyskanie przez kopalnię „Jas-Mos" decyzji Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego dotyczącej odstępstwa od postanowień §§ 568 ust. 1 pkt. 3, 572 ust. 3 oraz punktów 6.14.6 i 6.14.9 załącznika nr 4 oraz decyzji Dyrektora OUG zezwalającej na oddanie do ruchu urządzenia i systemu przewozu ludzi przenośnikami taśmowymi, umożliwiających poprawę sytuacji w zakresie bezpiecznego wykorzystania przenośników taśmowych do jazdy ludzi bez urobku i z urobkiem.

Zastosowanie nowej konstrukcji systemu pomostów do wsiadania i wysiadania ludzi, produkowanych przez firmę CARBOMECH sp. z o.o., daje możliwość rozpowszechnienia transportu ludzi przenośnikami taśmowymi w innych polskich kopalniach.

Można zaadaptować każdy przenośnik taśmowy, odpowiednio zabudowany i doposażony w osprzęt mechaniczny i wyposażenie elektryczne. Koszt dostosowania jest niewspółmiernie mały w porównaniu z zakupem, bezpośrednio u producenta, nowego przenośnika przystosowanego do prowadzenia jazdy ludzi.

Literatura

1. Ustawa z dnia 4 lutego „Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. Nr 27 z 1994 r. wraz z późn. zmianami).
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. Nr 139, poz. 1169 wraz z późn. zmianami – nowelizacja: ustawa z dnia 9.06.2006 r. Dz.U. Nr 124, poz. 862, 963).
3. Polska Norma PN-G-50005:1997 – Ochrona pracy w górnictwie – Przenośniki taśmowe – Wymagania bezpieczeństwa i ergonomii.
4. Uszko M., Łaskawiec L., Śpiewak T.: Systemy transportu ludzi w podziemnych kopalniach węgla kamiennego. Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze nr 2, 2009.
5. Wituła M., Widera P.: Nowe rozwiązania konstrukcyjne pomostów do jazdy ludzi przenośnikami taśmowymi. Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze nr 3 i 4, 2009.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Aleksander Lutyński

Mgr inż. Danuta CEBULA
Dr inż. Marek KALITA
Dr inż. Dariusz PROSTAŃSKI
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Nowoczesne maszyny i urządzenia wspierające proces drążenia wyrobisk korytarzowych z wykorzystaniem materiałów wybuchowych

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

W artykule przedstawiono wybrane rozwiązania konstrukcyjne KOMAG-u w zakresie maszyn i urządzeń wykorzystywanych w procesie drążenia kamiennych i kamienno-węglowych przodków chodnikowych z wykorzystaniem materiałów wybuchowych. Zaprezentowano ładowarki bocznie wysypujące współpracujące z wozem wiertniczym, które w znaczący sposób wpływają na przyspieszenie prowadzonych prac w przodku. Zastosowanie dodatkowych urządzeń współpracujących z gąsienicowymi maszynami przodkowymi poszerzają zakres ich wykorzystania i zwiększają bezpieczeństwo pracy operatorów i załóg górniczych.

S u m m a r y

Selected KOMAG's design as regards machines and equipment, which are used in a development of stony and stone-and-coal roadway faces with use of explosives, were presented in the paper. Side-discharge loaders cooperating with drilling jumbo, which have significant impact on speeding up work in the face, were presented. Use of additional equipment cooperating with caterpillar face machines extends the range of their use and increases work safety of operators and mining teams.

1. Wstęp

Zarówno w polskim, jak i światowym górnictwie węgla kamiennego drążenie kamiennych wyrobisk korytarzowych w skałach trudno urabialnych, w przeważającej większości, realizowane jest techniką strzałową z użyciem materiałów wybuchowych. Na technologię drążenia wyrobisk chodnikowych z użyciem materiałów wybuchowych składają się następujące czynności:

- wiercenie otworów strzałowych,
- ładowanie otworów strzałowych,
- strzelanie,
- ładowanie i odstawa odstrzelonego urobku,
- zabudowa wyrobiska.

Technika strzelnicza jest alternatywą dla urabiania kombajnami chodnikowymi, których zastosowanie wiąże się z dużą energochłonnością procesu urabiania, ze względu na własności mechaniczne urabianych skał.

Technologia urabiania z wykorzystaniem materiałów wybuchowych uwarunkowana jest coraz trudniejszymi warunkami górniczo-geologicznymi występującymi przy prowadzeniu robót udostępniających i przygotowawczych [4, 10, 14].

Prowadzenie wyrobisk o coraz większym przekroju poprzecznym, na coraz niższych poziomach, w coraz trudniejszych warunkach górniczych i klimatycznych, wymusza opracowanie środków mechanizacji procesu drążenia o większej efektywności. Rosnące tempo prac przodkowych ogranicza do minimum czynności wykonywane ręcznie kosztem wprowadzania do przodku maszyn wiercąco-ładujących.

Podstawowymi maszynami wykorzystywanymi w technologii drążenia wyrobisk chodnikowych techniką strzelniczą są wozy wiertnicze (z możliwością kotwienia), ładowarki przeznaczone do przemieszczania odstrzelonego urobku na dalsze środki odstawy oraz urządzenia wykorzystywane do wspomagania prac związanych z zabudową wyrobiska.

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom i potrzebom kopalń oraz przedsiębiorstw wykonujących roboty górnicze, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, wraz ze swoimi partnerami przemysłowymi opracował i wdrożył szereg maszyn i urządzeń wspierających proces drążenia wyrobisk korytarzowych z zastosowaniem MW. Zaprojektowane maszyny i urządzenia, takie jak: ładowarki górnicze, wozy wiertnicze oraz szereg urządzeń współpracujących z nimi, pozwalają na usprawnienie procesu drążenia chodników. Świadczą o tym wieloletnie doświadczenia eksploatacyjne z ładowarkami bocznie wysypującymi oraz wozami wiertniczymi.

2. Maszyny wspierające proces drążenia wyrobisk

W KOMAG-u opracowano wiele maszyn i urządzeń przeznaczonych do mechanizacji drążenia wyrobisk korytarzowych w skałach trudno urabialnych [1, 2, 5, 15, 17]. Są to różnego typu ładowarki zgarniakowe, zasięrzutne, bocznie wysypujące oraz wozy wiertnicze. Maszyny te znacznie zwiększyły efektywność drążenia wyrobisk korytarzowych.

2.1. Wóz wiertniczy MWW-1

Jedną z podstawowych czynności wykonywanych podczas drążenia wyrobisk korytarzowych za pomocą materiałów wybuchowych jest wiercenie otworów strzałowych.

Wykonanie metryki strzałowej na całym obrysie przodku zajmuje dużo czasu, w związku z tym od sprawności prowadzenia tego procesu w dużej mierze zależy postęp urabiania. W ostatnich kilkunastu latach, KOMAG opracował kilka rozwiązań wozów wiertniczych [3, 16].

Wspólnie z Zakładami Mechanicznymi BUMAR Łabędy S.A. w ramach projektu celowego nr 6 ZR8 2006C/06772, KOMAG opracował i wdrożył do produkcji małogabarytowy wóz wiertniczy MWW-1 (rys. 1).

Wóz wiertniczy MWW-1 charakteryzuje się bardzo konkurencyjnymi w stosunku do innych maszyn tego typu, wymiarami gabarytowymi. Jego długość nie przekracza 10000 mm, wysokość w pozycji transportowej 1400 mm, a szerokość wynosi zaledwie 1000 mm. Mała szerokość maszyny jest szczególnie istotna podczas eksploatacji wozu w chodnikach o niewielkim przekroju poprzecznym, w przypadku jego wycofywania z przodku i ustępowania miejsca przejazdu ładowarce.

Podstawowe parametry techniczne wozu MWW-1 przedstawiono w tabeli 1, natomiast jego wymiary zobrazowano na rysunku 2.

Podstawowe parametry techniczne wozu MWW-1

Tabela 1

Parametr	Wymiar
Masa	9500 kg
Długość	10000 mm
Wysokość	1400 mm
Szerokość	1000 mm
Moc zainstalowana	55 kW
Maksymalne nachylenie podłużne/poprzeczne	$20/8^{o}$
Prędkość jazdy	0÷1 m/s
Maksymalna wysokość wiercenia	~5400 mm
Maksymalny zasięg poziomy wiercenia	±3100 mm

Z jednego ustawienia wóz wiertniczy MWW-1 umożliwia wykonanie otworów strzałowych o standardowej średnicy ϕ 42 mm, w przodku o szerokości do 6200 mm i wysokości do 5400 mm.

Elektrohydrauliczny napęd podwozia (rys. 3), którego głównymi elementami są pompa napędzana silnikiem elektrycznym oraz silniki jazdy wraz z przekładniami i samoczynnie włączanymi hamulcami, zapewnia możliwość pracy wozu na nachyleniach podłużnych $\pm 20^{o}$ oraz poprzecznych $\pm 8^{o}$.

W wozie MWW-1 zastosowano układ automatycznej stabilizacji podwozia, który powoduje samoczynne wysunięcie i rozparcie podpór, w momencie przełączenia maszyny w tryb wiercenia. W przypadku przełączenia maszyny w tryb jazdy, zespół podpór ulega samoczynnemu złożeniu. Taki sposób działania podpór uniemożliwia manewrowanie wysięgnikiem wiertniczym, bez wcześniejszego zastabilizowania maszyny oraz zapewnia zachowanie stateczności wozu podczas wiercenia i zwiększa bezpieczeństwo pracy. Automatyczny układ stabilizacji podwozia zastosowany na wozie jest autorskim rozwiązaniem KOMAG-u zgłoszonym do Urzędu Patentowego RP.

Małogabarytowy wóz wiertniczy MWW-1 jest wykonany zgodnie z wymaganiami zasadniczymi ujętymi w dyrektywach nowego podejścia. Jego wyposażenie elektryczne jest przystosowane do pracy w pomieszczeniach o stopniu niebezpieczeństwa „a", „b" i „c" wybuchu metanu oraz klasy „A" i „B" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Maszyna posiada certyfikat zgodności w zakresie dyrektywy maszynowej [12] i ATEX [13].

Istotną zaletą wozu wiertniczego to jego niewielka szerokość (wynosząca 1000 mm) umożliwiająca sprawne przemieszczanie się w przodku i wymijanie innych maszyn, nawet w małych przekrojach poprzecznych wyrobiska.

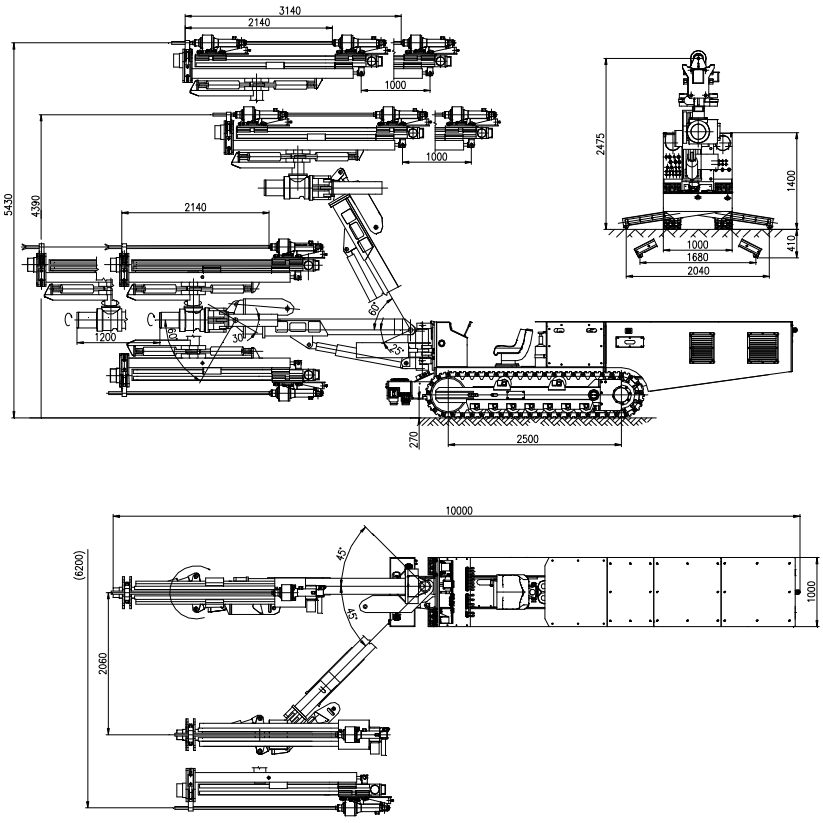
2.2. Ładowarki bocznie wysypujące

Podstawową maszyną przeznaczoną do przemieszczania urobku w przodku drążonym z zastosowaniem materiałów wybuchowych jest ładowarka bocznie wysypująca. Najnowsze ładowarki bocznie wysypujące opracowane w KOMAG-u, to: ŁBT-1200EH/LS-A, ŁBT-1200M oraz ŁJK-1200. Obecnie w podziemnych zakładach górniczych pracuje dwadzieścia ładowarek zaprojektowanych przez KOMAG, głównie produkcji Zakładów Mechanicznych BUMAR Łabędy S.A. Maszyny te w wyniku doskonaleń zyskały renomę wśród przedsiębiorstw robót górniczych, a zastosowane w nich nowoczesne rozwiązania techniczne sprawiają, że konstrukcje te nie ustępują funkcjonalnością, trwałością i niezawodnością maszynom zagranicznym.

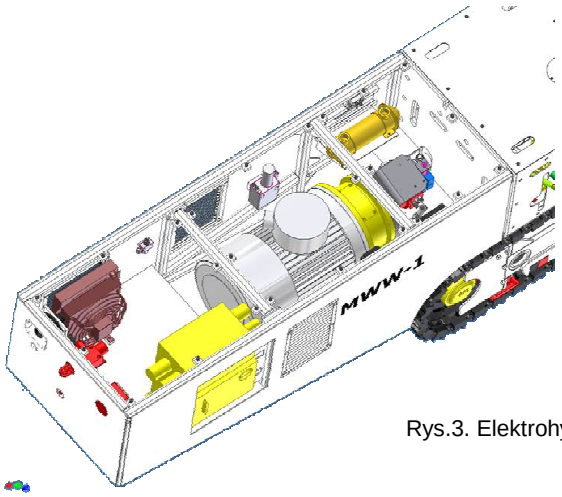
Ładowarka ŁBT-1200EH/LS-A (rys. 4) produkowana przez Zakłady Mechaniczne BUMAR Łabędy S.A. przeznaczona jest do ładowania urobku do wozów odstawczych lub na przenośniki.

Budowa zespołu ładującego maszyny umożliwia boczne wysypywanie zgromadzonego w czerpaku urobku na prawą lub lewą stronę maszyny. Zastosowanie wysięgnika teleskopowego z wysuwnym o 900 mm ramieniem wewnętrznym, umożliwia ładowanie urobku z przodu o szerokości 4400 mm, z jednego ustawienia maszyny. Cecha ta ma szczególne znaczenie w przodkach mokrych i zabłoconych, gdzie przemieszczanie maszyny wpływa na degradację spągu. Mniejsza częstotliwość przemieszczania maszyny to również mniej uderzeń i wstrząsów oddziaływujących na układ kostno-szkieletowy operatora, tak jak ma to miejsce w ładowarkach ze sztywnym wysięgnikiem.

Rys.1. Małogabarytowy wóz wiertniczy MWW-1 [4]

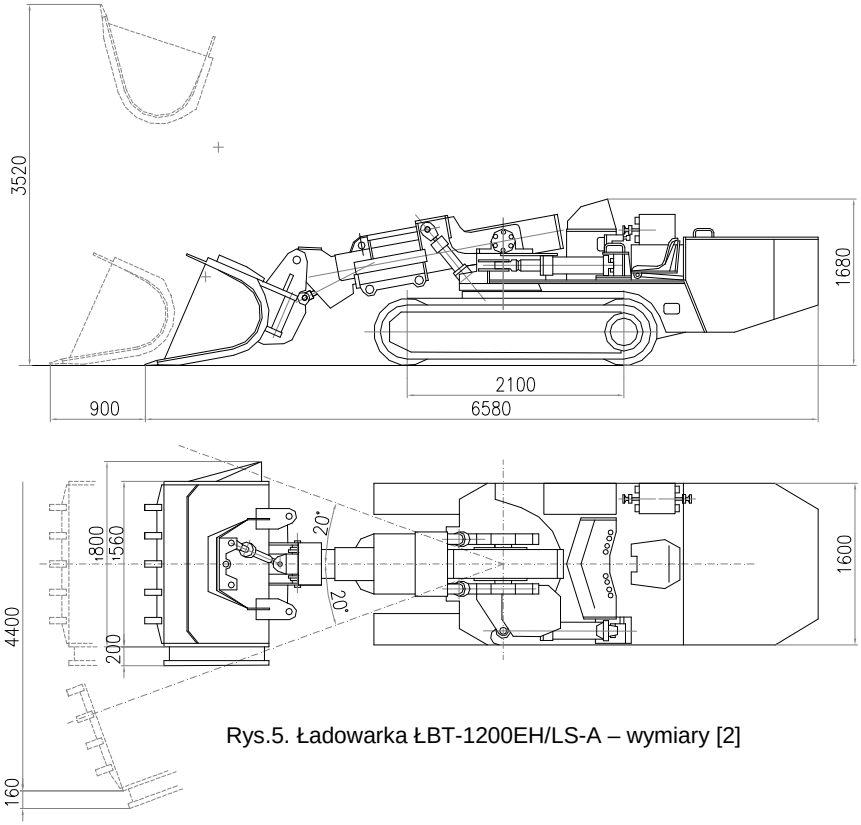


Rys.2. Wymiary wozu MWW-1 [4]

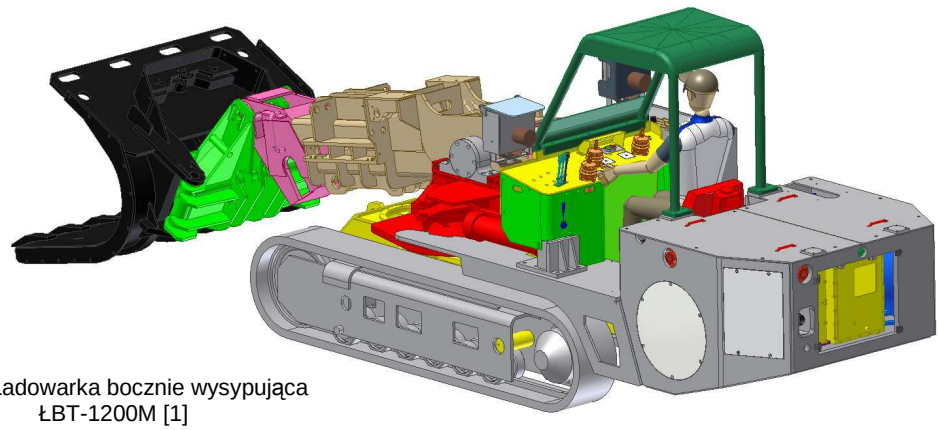


Rys.3. Elektrohydrauliczny napęd podwozia wozu MWW-1 [4]

Rys.4. Ładowarka bocznie wysypująca ŁBT-1200EH/LS-A [2]



Rys.5. Ładowarka ŁBT-1200EH/LS-A – wymiary [2]



Rys.6. Ładowarka bocznie wysypująca ŁBT-1200M [1]

Produkowana przez Zakłady Mechaniczne BUMAR Łabędy S.A. ładowarka ŁBT-1200EH/LS-A, której wymiary gabarytowe przedstawiono na rysunku 5, wyposażona jest w elektrohydrauliczny układ typu „load sensing" regulujący wydatek mocy, w zależności od jej chwilowego zapotrzebowania. Układ ten, oprócz oszczędności energii zapewnia również zwiększenie żywotności poszczególnych elementów wyposażenia hydraulicznego.

Podstawowe parametry techniczne ładowarki ŁBT-1200EH/LS-A zestawiono w tabeli 2.

Podstawowe parametry techniczne ładowarki ŁBT-1200EH/LS-A

Tabela 2

Parametr	Wymiar
Masa	14500 kg
Długość	6580 mm
Wysokość	1680 mm
Szerokość	1600 mm
Moc zainstalowana	55 kW
Maksymalne nachylenie podłużne/ poprzeczne	$20/8^{o}$
Prędkość jazdy	0÷1 m/s
Pojemność czerpaka	1,2 m^3
Wysuw wysięgnika	900 mm

Ładowarka umożliwia pracę na nachyleniach podłużnych $\pm 20^{o}$ oraz na nachyleniach poprzecznych $\pm 8^{o}$, a jej wyposażenie elektryczne umożliwia eksploatację maszyny w przestrzeniach o stopniu niebezpieczeństwa „a", „b" i „c" wybuchu metanu oraz klasy „A" i „B" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

Również opracowana przez KOMAG ładowarka bocznie wysypującą ŁBT-1200M (rys. 6) jest maszyną produkowaną przez Zakłady Mechaniczne BUMAR Łabędy S.A.

Ładowarka ŁBT-1200M jest unowocześnioną wersją ładowarki ŁBT-1200EH/LS-A. W maszynie tej zastosowano szereg rozwiązań w zakresie podniesienia bezpieczeństwa pracy i jej funkcjonalności, takich jak: wyłączniki awaryjne, sygnalizację ostrzegawczą, podest roboczy czy podnośnik stropnic.

Podstawowe parametry techniczne ładowarki ŁBT-1200M (tabela 3) oraz wymiary gabarytowe (rys. 7) są porównywalne z parametrami ładowarki ŁBT-1200EH/LS-A.

Podstawowe parametry techniczne ładowarki ŁBT-1200M

Tabela 3

Parametr	Wymiar
Masa	14400 kg
Długość	6670 mm
Wysokość bez osłony operatora	1460 mm
Wysokość z osłoną operatora	2260 mm
Szerokość	1560 mm
Moc zainstalowana	55 kW
Maksymalne nachylenie podłużne/ poprzeczne	$20/8^{o}$
Prędkość jazdy	0÷1 m/s
Pojemność czerpaka	1,2 m^3
Wysuw wysięgnika	900 mm

W zależności od zapotrzebowania ładowarka może być dostarczona do użytkownika z wyposażeniem hydraulicznym w jednej z dwóch wersji.

Sterowanie pracą ładowarki, w zależności od wykonania, realizowane jest z pulpitu operatora (rys. 8) za pomocą manipulatorów hydraulicznych sterujących wielosekcyjnym rozdzielaczem wykonawczym.

Na ładowarce ŁBT-1200M zabudowano konstrukcję chroniącą operatora przed przypadkowo spadającymi skałami stropowymi. Wytrzymałość konstrukcji ochronnej została zweryfikowana za pomocą numerycznych metod obliczeniowych. Egzemplarz konstrukcji ochronnej operatora został poddany badaniom stanowiskowym niszczącym, zgodnie z normami: PN-EN 13627:2002, PN-ISO 3164:1998, PN-G-50000:2002, PN-G-50033:1996 [6, 7, 8, 9]. Badania stanowiskowe niszczące oraz wyniki obliczeń numerycznych potwierdziły zdolność pochłaniania przez konstrukcję energii uderzenia w zakresie FOPS *(falling-object protective structures)*.

Na maszynie zabudowano układ do napełniania i opróżniania zbiorników oleju, układ centralnego smarowania łożyska wieńcowego obrotnicy oraz przewidziano możliwość podłączenia do układu hydraulicznego maszyny urządzeń zewnętrznych (np. zakrętaka hydraulicznego). Konstrukcja ładowarki umożliwia również zabudowę podestu roboczego i podnośnika stropnic przeznaczonych do wspomagania prac związanych z zabudową wyrobiska chodnikowego.

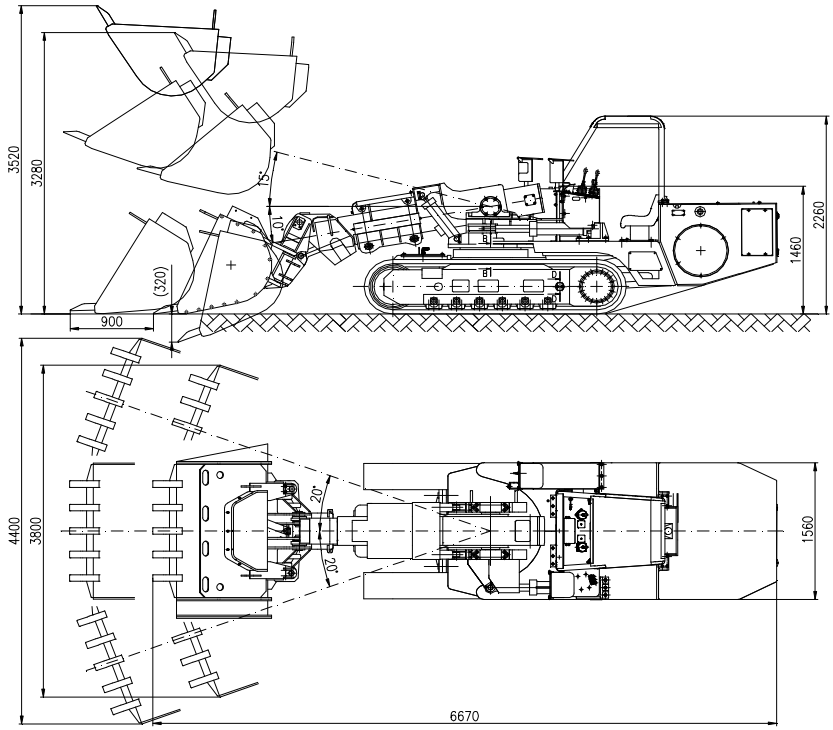
Zastosowane w budowie ładowarki wyposażenie przystosowane jest do pracy w pomieszczeniach o stopniu niebezpieczeństwa „a", „b" i „c" wybuchu metanu oraz klasy „A" i „B" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

Zaprezentowane ładowarki typu ŁBT są efektem wieloletniej współpracy KOMAG-u i Zakładów Mechanicznych BUMAR Łabędy S.A. w zakresie doskonalenia konstrukcji maszyny niejednokrotnie dofinansowywanej z projektów badawczych.

Kolejną maszyną przeznaczoną do przemieszczania urobku w wyrobiskach korytarzowych drążonych z zastosowaniem MW, opracowaną przez KOMAG i wdrożoną przez firmę TECHMAT sp. z o.o., jest ładowarka górnicza bocznie wysypująca ŁJK-1200 (rys. 9)

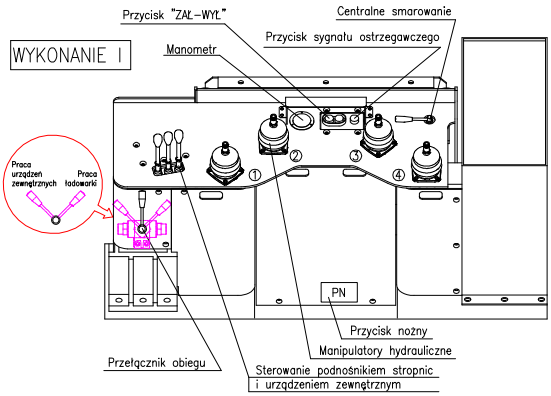
Maszynę zaprojektowano i wykonano z wykorzystaniem sprawdzonych w warunkach dołowych podzespołów mechanicznych powtórnie wprowadzonych do obrotu. W ładowarce zastosowano najnowszej generacji wyposażenie elektrohydrauliczne spełniające wymagania zasadnicze ujęte w dyrektywach nowego podejścia [11, 13].

Wykorzystanie w budowie ładowarki ŁJK-1200 elementów pozyskanych na rynku wtórnym ładowarek

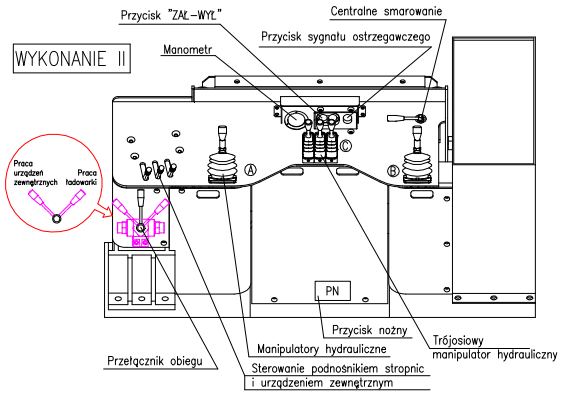


Rys.7. Ładowarka ŁBT-1200M – wymiary [1]

a)

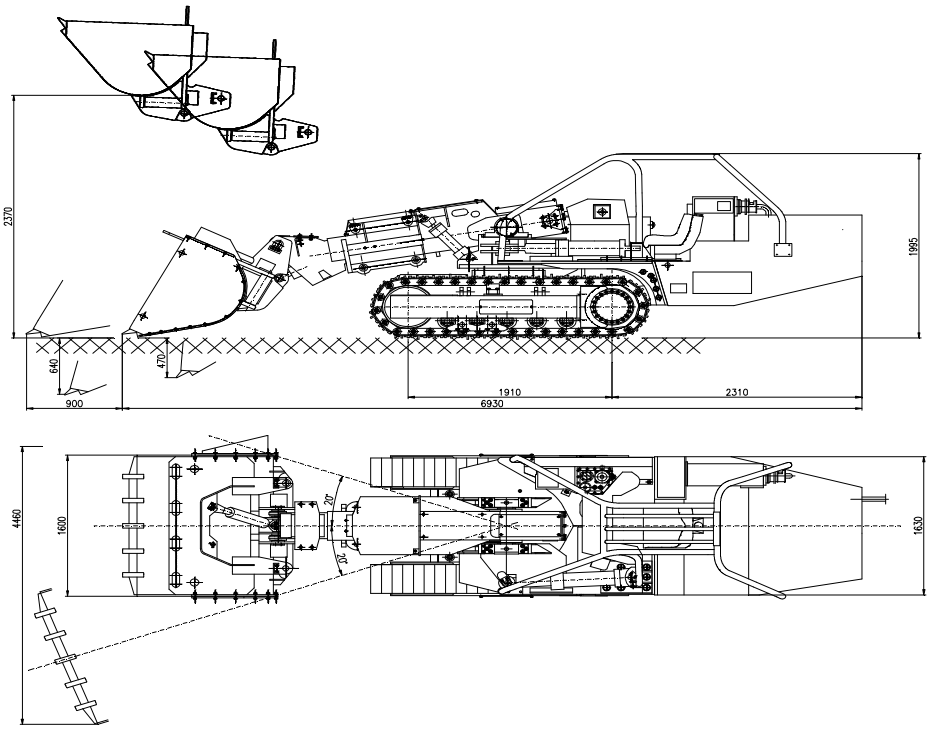


b)



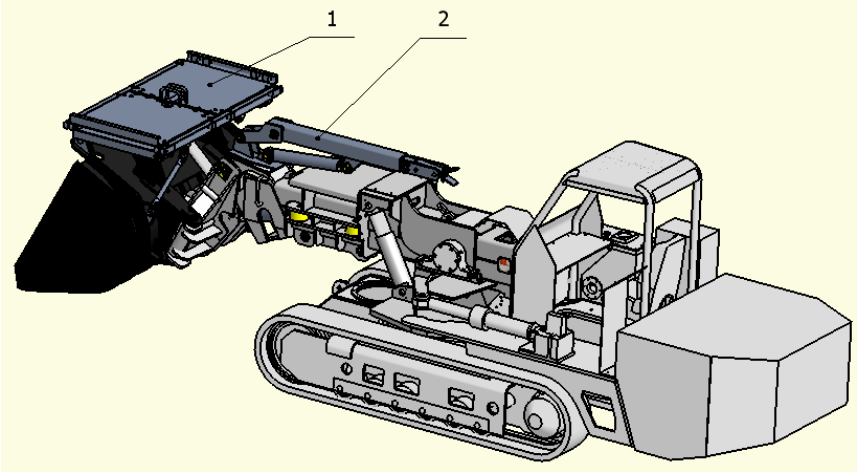
Rys.8. Pulpit operatora ładowarki ŁBT-1200M: a) - wykonanie I, b) - wykonanie II [1]

Rys.9. Ładowarka górnicza bocznie wysypująca ŁJK-1200 [15]



Rys.10. Ładowarka ŁJK-1200 – gabaryty [15]

Rys.11. Pulpit sterowniczy ładowarki ŁJK-1200 [15]



Rys.12. Urządzenie do wznoszenia obudowy chodnikowej WOCh-1 [2]

serynie produkowanych, w znaczący sposób przełożyło się na obniżenie kosztu produkcji maszyny, przy jednoczesnym zachowaniu najwyższych standardów bezpieczeństwa, funkcjonalności i ergonomii.

Podstawowe parametry techniczne ładowarki ŁJK-1200 zestawiono w tabeli 4, a jej wymiary pokazano na rysunku 10.

Podstawowe parametry techniczne ładowarki ŁJK-1200

Tabela 4

Parametr	Wymiar
Masa	12500 kg
Długość	6930 mm
Wysokość bez osłony operatora	1665 mm
Wysokość z osłoną operatora	2000 mm
Szerokość	1600 mm
Moc zainstalowana	55 kW
Maksymalne nachylenie podłużne/ poprzeczne	$20/8^{o}$
Prędkość jazdy	0÷1 m/s
Pojemność czerpaka	1,2 m^3
Wysuw wysięgnika	900 mm

Układ hydrauliczny ładowarki został zaprojektowany jako układ proporcjonalny ze sterowaniem hydraulicznym. Podstawowym podzespołem jest pompa hydrauliczna tłoczkowa, osiowa zmiennego wydatku, sterowana z bloku hydraulicznego sygnałem ciśnieniowym LS, dzięki któremu wydatek pompy ustawiany jest zgodnie z zapotrzebowaniem odbiorników. Dla zabezpieczenia silnika elektrycznego, napędzającego pompę hydrauliczną, przed przeciążeniem zabudowano na pompie regulator stałej mocy.

Sterowanie odbiornikami realizowane jest za pomocą czterech manipulatorów hydraulicznych, znajdujących się na pulpicie sterowniczym (rys. 11), które sterują suwakami hydraulicznymi w bloku rozdzielczym zasilającym poszczególne elementy wykonawcze maszyny. Manipulatory hydrauliczne zostały dobrane tak, aby w prosty sposób można było sterować poszczególnymi ruchami, jak również kojarzyć ze sobą ruchy określonych odbiorników.

3. Urządzenia dodatkowe

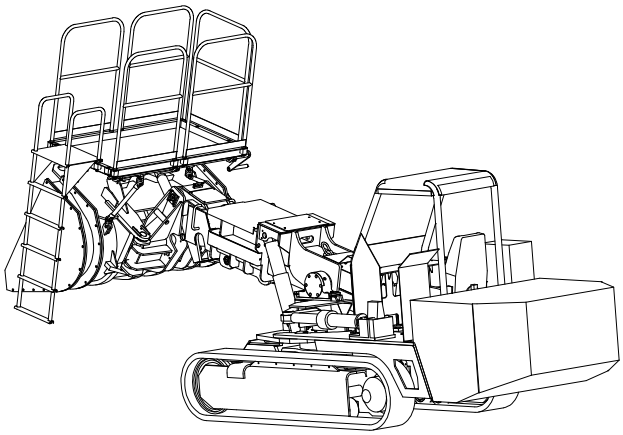
W KOMAG-u zaprojektowano również szereg urządzeń przeznaczonych do zabudowy wyrobiska, zamontowanych na maszynach górniczych. Urządzenia te rozszerzają zakres możliwości wykorzystania tych maszyn w przodku chodnikowym.

Jednym z urządzeń dodatkowych, które przystosowane są do zabudowy na ładowarkach górniczych jest urządzenie do wznoszenia obudowy chodnikowej WOCh-1 (rys. 12).

Proponowane urządzenie do wspomagania procesu wznoszenia obudowy chodnikowej (rys. 12) jest dodatkowym wyposażeniem, na stałe montowanym do ładowarki. Składa się ono z wahliwie zamocowanego (z możliwością jego poziomowania) podestu roboczego (poz. 1) oraz podnośnika stropnic (poz. 2). Podest roboczy w pozycji transportowej mieści się w wymiarach czerpaka.

Urządzenie Woch-1 umożliwia wznoszenie obudowy w wyrobiskach chodnikowych o przekroju poprzecznym ŁP-8 do ŁP-12. Zaprojektowane urządzenie charakteryzuje się możliwością wypoziomowania podestu, niezależnie od wychylenia czerpaka. Teleskopowe ramię podnośnika stropnic umożliwia precyzyjne ustawienie łuku stropowego. Ponadto konstrukcja podestu umożliwia jego pracę w pozycji ze złożonymi lub z rozłożonymi podestami bocznymi (rys. 14).

Inną propozycją KOMAG-u w zakresie urządzeń wspomagających proces zabudowy wyrobiska jest uniwersalny podest roboczy (rys. 13).



Rys.13. Uniwersalny podest roboczy [1]

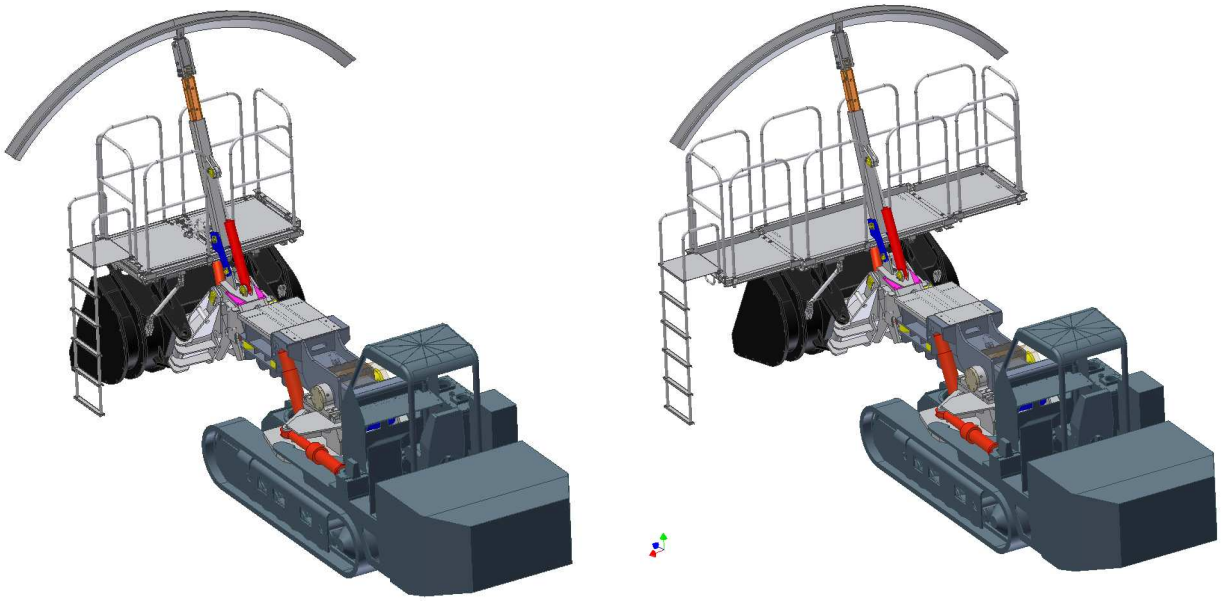
Podest ten również montowany jest na czerpaku ładowarki, z możliwością jego poziomowania. Jest to uproszczona wersja urządzenia WOCh-1.

Z wieloletnich obserwacji pracy gąsienicowych maszyn górniczych z napędem elektrohydraulicznym wynika, że bardzo istotne zagadnienie stanowi sposób prowadzenia przewodu elektrycznego. Brak kontroli położenia przewodu elektrycznego może skutkować jego uszkodzeniem. Problem prowadzenia przewodu elektrycznego za maszyną użytkownicy rozwiązują we własnym zakresie z mniejszym lub większym powodzeniem.

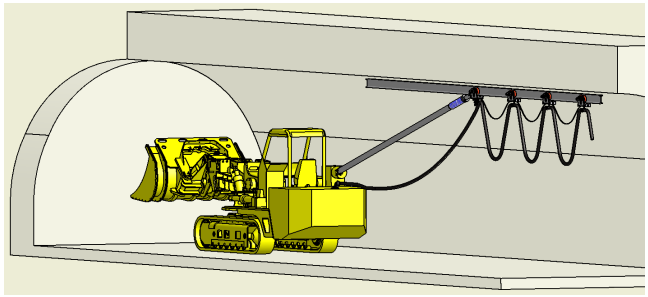
W ramach projektowania maszyn i urządzeń do kompleksów chodnikowych przeznaczonych do drążenia z wykorzystaniem materiałów wybuchowych, KOMAG opracował dwie odmiany (linową i szynową) urządzeń do prowadzenia przewodu elektrycznego (rys. 15).

Idea działania tych urządzeń polega na ciągnięciu przez maszynę, za pomocą prowadnika, połączonych ze sobą łańcuchami wózków, do których zamocowany jest przewód zasilający. Wózki, w zależności od wykonania, mogą poruszać się po linie rozpiętej między łukami obudowy chodnikowej lub po podwieszonej szynie o profilu I 155.

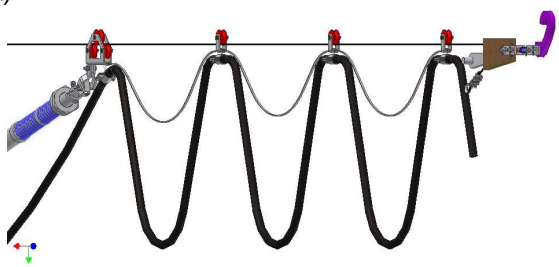
a) b)



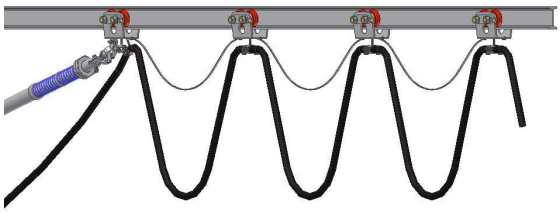
Rys.14. Urządzenie WOCh-1: a) podest złożony, b) podest rozłożony [1]



a)



b)



Rys.15. Urządzenie do podwieszania przewodu zasilającego: a) linowe, b) szynowe [1]

Opracowane urządzenie do podwieszania przewodu zasilającego chroni przewód zasilający przed przypadkowym najechaniem przez maszynę lub innymi uszkodzeniami mechanicznymi.

4. Podsumowanie

Potrzeba prowadzenia robót udostępniających i przygotowawczych w coraz trudniejszych warunkach powoduje wzrost zapotrzebowania na maszyny i urządzenia realizujące proces drążenia z wykorzystaniem materiałów wybuchowych. Opracowane przez KOMAG maszyny i urządzenia wchodzące w skład kompleksów mechanizujących proces drążenia wyrobisk chodnikowych w znacznym stopniu ułatwiają prace, są bezpieczniejsze, a zastosowane w nich nowoczesne rozwiązania techniczne powodują, że maszyny te stanowią konkurencję dla innych maszyn tego typu produkcji krajowej i zagranicznej.

Proponowane przez KOMAG ładowarki oraz wóz wiertniczy, wraz z urządzeniami dodatkowymi, w znacznym stopniu ułatwiają drążenie chodnika i zwiększają bezpieczeństwo prac wykonywanych w przodku.

Zaprojektowany wóz wiertniczy o szerokości podwozia równej 1000 mm w połączeniu z ładowarkami bocznie wysypującymi mogą stanowić kompleksowe wyposażenie zmechanizowanego przodku i znacząco poprawić wydajność drążenia wyrobiska chodnikowego. Urządzenia te w połączeniu z wyposażeniem dodatkowym znacząco ułatwiają i przyspieszają prace ograniczając do minimum czynności wykonywane ręcznie.

Zastosowanie urządzeń dodatkowych, bezpośrednio współpracujących z maszynami wykorzystywanymi w procesie drążenia wyrobisk techniką strzelniczą, przyczynia się do zwiększenia wydajności prowadzonych prac, zmniejsza występowanie awarii oraz poprawia bezpieczeństwo pracy.

Wyposażanie maszyn górniczych w układ napełniania i opróżniania zbiorników oleju, znacząco wpływa na czystość medium roboczego i żywotność elementów wyposażenia hydraulicznego.

Literatura

1. Instrukcja. Ładowarka bocznie wysypująca ŁBT-1200M., nr W16.055DTR, KOMAG.
2. Kalita M., Pieczora E., Prostański D., Wyrobek E., Małyska G., Mazurek A.: Ładowarka bocznie wysypująca ŁBT-1200EH/LS-A nowoczesną i bezpieczną maszyną ładującą. Konferencja Innowacyjne i Bezpieczne Systemy Mechanizacyjne do Eksploatacji Surowców Mineralnych, Zakopane 2006, Tom I, s. 119-127.
3. Kasperlik K., Wyrobek E.: Nowoczesna zespolona maszyna wiercąco-kotwiąco-ładująca do drążenia kamiennych wyrobisk korytarzowych i komorowych w skałach wymagających zastosowania techniki strzelniczej. Nowoczesne metody drążenia wyrobisk korytarzowych z uwzględnieniem aspektów bezpieczeństwa pracy. Materiały konferencyjne, Szczyrk, maj 1996.
4. Kozieł A., Pieczora E., Prostański D.: Nowe rozwiązania mechaniczne dla technologii drążenia wyrobisk przygotowawczych z użyciem materiałów wybuchowych. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2009, Sympozja i Konferencje nr 74, Kraków 16-20 lutego 2009, s. 279-291.
5. Pikul M., Dzik M.: Ładowarka bocznie wysypująca ŁBT-1200EH/LS z wysięgnikiem teleskopowym. Maszyny Górnicze nr 88, 2001.
6. Polska Norma PN-EN 13627:2002 Maszyny do robót ziemnych. Konstrukcje chroniące przed spadającymi przedmiotami. Wymagania i badania laboratoryjne.
7. Polska Norma PN-G-50000:2002 Ochrona pracy w górnictwie. Maszyny górnicze. Ogólne wymagania bezpieczeństwa i ergonomii.
8. Polska Norma PN-G-50033:1996 Ochrona pracy w górnictwie. Ładowarki. Wymagania bezpieczeństwa i ergonomii.
9. Polska Norma PN-ISO 3164:1998 Maszyny do robót ziemnych. Laboratoryjna ocena konstrukcji chroniących operatora. Wymagania dotyczące przestrzeni chronionej.
10. Redakcja naukowa: Jaszczuk M., Kozieł A.: Scenariusze rozwoju technologicznego mechanizacji podstawowych procesów produkcyjnych w górnictwie węgla kamiennego. Monografia nr 1, Seria: Innowacyjne techniki i technologie mechanizacyjne, Gliwice, 2008.
11. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 20 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn i elementów bezpieczeństwa (Dz.U. Nr 259, poz. 2170).
12. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz.U. Nr 199, poz. 1228).
13. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (Dz.U. Nr 263, poz. 2203).
14. Sikora W.: Scenariusze rozwoju technologii wydobycia węgla w warunkach utrudnień górniczych. Maszyny Górnicze nr 4, 2007.
15. Talarek M., Kamiński T., Rybka A.: Badania stanowiskowe prototypu ładowarki górniczej bocznie wysypującej ŁJK-1200. Sprawozdanie z badań nr 249/BT/2009 (materiały nie publikowane).
16. Wóz wiertniczy WWS-12 Gwarectwo Mechanizacji Górnictwa POLMAG. Informator ’86 Maszyny i urządzenia górnicze chodnikowe. Katowice 1986.
17. Żyliński R., Wyrobek., Prostański D.: Ładowarka bocznie wysypująca ŁBT-1200EH/LS z wysięgnikiem teleskopowym – doświadczenia eksploatacyjne i kierunki modernizacji. Materiały na konferencję: „Górnictwo zrównoważonego rozwoju 2002”. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo 2002 nr 255, s. 267-274.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Adam Klich

Mgr inż. Marek JEDZINIAK
Mgr inż. Marcin STEINDOR
Instytut Techniki Górniczej KOMAG
Mgr inż. Walenty FRYDEL
Wiromag sp. z o.o.
Mgr inż. Krzysztof SEKULAR
SelmaG sp. z o.o.

Nowoczesne metody przewietrzania i odpylania wyrobisk korytarzowych w podziemnych zakładach górniczych

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

W artykule przedstawiono metody przewietrzania i oczyszczania powietrza w wyrobiskach korytarzowych drążonych za pomocą kombajnów chodnikowych, w aspekcie bezpieczeństwa, poprawy jakości powietrza i ochrony zdrowia górników. Omówiono nowoczesne urządzenia wprowadzone na rynek w ostatnich latach, na podstawie projektów i dokumentacji opracowanych przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Zaprezentowano przykłady współpracy między KOMAG-iem, a małymi przedsiębiorstwami produkującymi urządzenia do układów wentylacji i odpylania. Opisano prace normalizacyjne prowadzone przez KOMAG w wyżej wymienionym zakresie.

S u m m a r y

Methods for ventilation and air cleaning in roadways driven by roadheaders were presented in the paper in the aspect of safety, improvement of air quality and protection of miners health. State-of-the-art devices released within last years on the basis of designs and documentations developed by the KOMAG Institute of Mining Technology were discussed. Examples of collaboration between KOMAG and small enterprises manufacturing devices for ventilation systems and dust control were presented. Normalization work carried out by KOMAG in the field mentioned above was described.

1. Wstęp

Większość ślepych wyrobisk korytarzowych drążonych w polskich kopalniach węgla kamiennego realizowana jest za pomocą kombajnów chodnikowych. Skrawanie skał w czole przodka powoduje emisję pyłu, który stwarza zagrożenie dla zdrowia oraz – w przypadku pyłu węglowego – zagrożenie wybuchem. Dodatkowo w wyrobisku może ulegać pogorszeniu jakość powietrza na skutek emisji metanu z pokładów węgla oraz zużywania się tlenu. Stąd w wyrobiskach korytarzowych drążonych kombajnami chodnikowymi konieczne jest stosowanie układów przewietrzania i odpylania, zapewniających odpowiedni skład powietrza oraz neutralizację zagrożeń metanowych i pyłowych.

Instytut Techniki Górniczej KOMAG od szeregu lat realizuje prace dotyczące systemów wentylacji i przewietrzania wyrobisk, a w szczególności opracowuje rozwiązania urządzeń wchodzących w ich skład, tj.: urządzenia odpylające, lutnie wirowe, wentylatory lutniowe oraz urządzenia pomocnicze, takie jak komory napowietrzające czy dmuchawy.

Oprócz prac o charakterze projektowo-badawczym, KOMAG prowadzi również prace normalizacyjne, kształtujące wymagania oraz określające zakres badań tych urządzeń.

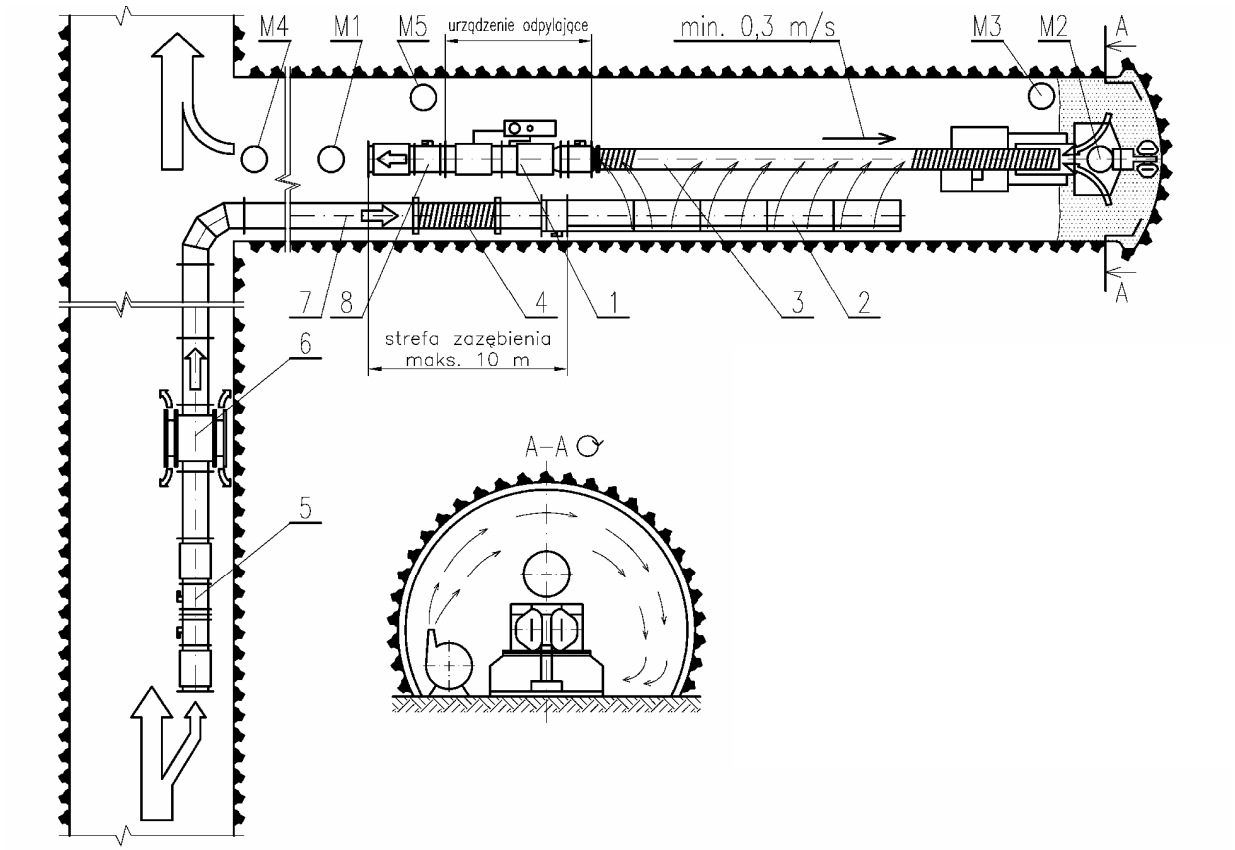
2. Systemy wentylacji ślepych wyrobisk korytarzowych

Podstawowym zadaniem systemu przewietrzania wyrobiska korytarzowego jest wymuszenie przepływu powietrza w wyrobisku za pomocą wentylatora lutniowego, którego wydajność i spiętrzenie są dobrane odpowiednio do przekroju i wybiegu chodnika. Stosowane są dwa układy wentylacji:

– wentylacja ssąca, w której zużyte powietrze jest odciągane z przodka za pomocą lutniociągu; powoduje to powstanie podciśnienia w wyrobisku, wywołującego samoczynny napływ świeżego powietrza z ciągu głównego całym przekrojem wyrobiska, w kierunku jego czoła;
– wentylacja tłocząca, w której świeże powietrze jest tłoczone lutniociągiem do przodka wyrobiska, co powoduje samoczynny wypływ zużytego powietrza.

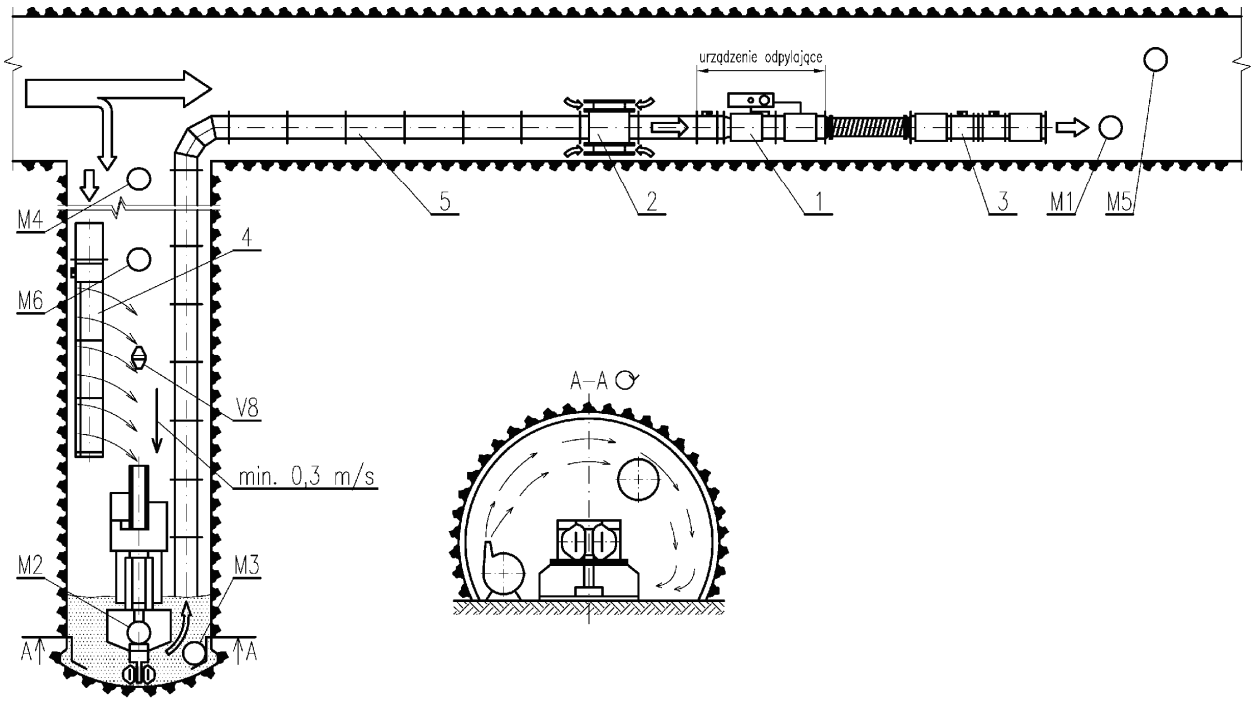
Z uwagi na konieczność oczyszczania powietrza z pyłu powstającego w czasie pracy kombajnu chodnikowego, w wariancie wentylacji tłoczącej, w strefie przodkowej zabudowuje się krótki odcinek odrębnego lutniociągu ssącego, zakończonego urządzeniem odpylającym i wentylatorem lutniowym. Taki wariant nosi nazwę wentylacji kombinowanej (ssąco-tłoczącej).

Ponadto w określonych miejscach wyrobiska przeprowadza się pomiary zawartości metanu. Zasady za-



Rys.1. Schemat układu wentylacji kombinowanej [5, 11]

1 – urządzenie odpylające, 2 – lutnia wirowa, 3 – zespół lutni ssawnej, 4 – zasobnik lutniowy, 5 wentylator WLE, 6 – komora napowietrzająca, 7 – lutniociąg tłoczący, 8 – wentylator urządzenia odpylającego, M1-M6 – metanomierze



Rys.2. Schemat układu wentylacji ssącej [5, 11]

1 – urządzenie odpylające, 2 – komora napowietrzająca, 3 – wentylator WLE (przodkowy), 4 – lutnia wirowa, 5 – lutniociąg ssący, M1-M6 – metanomierze, V8 – anemometr

budowy poszczególnych układów oraz wymagania są określone w rozporządzeniu Ministra Gospodarki [1].

Na rysunkach 1 i 2 pokazano schematy zabudowy układów wentylacji ssącej i kombinowanej, ilustrujące rozmieszczenie poszczególnych urządzeń oraz punktów pomiaru zawartości metanu w powietrzu.

2.1. Wentylacja kombinowana

Wentylacja kombinowana stosowana jest w około 40% drążonych wyrobisk [2], szczególnie w przypadku wyrobisk o długich wybiegach. W układzie tym świeże powietrze wtłaczane jest do wyrobiska za pomocą lutniociągu złożonego z wentylatora lutniowego, komory napowietrzającej, odcinków lutni elastycznych bądź metalowych oraz lutni wirowej. W strefie przodkowej zabudowany jest krótki lutniociąg ssący składający się z odcinków lutni elastycznych, urządzenia odpylającego i wentylatora lutniowego.

Układ wentylacji kombinowanej pracuje w dwóch trybach:

- Podczas urabiania skał, gdy powstaje zapylenie. Świeże powietrze wydostaje się przez szczelinę lutni wirowej i jest rozprowadzane ruchem wirowym w całym przekroju poprzecznym wyrobiska, a następnie ruchem postępowym kierowane jest w stronę przodka. Powstająca wokół organu urabiającego chmura pyłu jest zasysana do wlotu pomocniczego lutniociągu ssącego, gdzie powietrze zostaje oczyszczone z pyłu w urządzeniu odpylającym, a następnie jest kierowane w stronę wlotu do wyrobiska. Ten wariant pracy jest utrzymywany przez pewien czas po zatrzymaniu kombajnu, w celu usunięcia całego zapylenia obecnego w strefie przodkowej.
- Podczas postoju kombajnu chodnikowego. Świeże powietrze wydostaje się przez wylot ostatniego segmentu lutni wirowej, wzdłuż jej osi, następnie dopływa do przodka i zawraca w kierunku wlotu do wyrobiska.

W układzie tym zabudowane są metanomierze na wylocie z urządzenia odpylającego, na kombajnie chodnikowym, w strefie przyprzodkowej, na wlocie do wyrobiska oraz w strefie zazębienia.

Wydajność powietrza w strefie przyprzodkowej powinna być tak dobrana, aby zachować minimalną prędkość powietrza w kierunku czoła, na poziomie 0,3 m/s. Taka sama wydajność powinna być w pomocniczym lutniociągu ssącym, który powinien odprowadzić całość powietrza dostającego się do przodka. Do wyrobiska należy jednak dostarczyć co najmniej 20% więcej powietrza, w celu zapewnienia ruchu powietrza w tzw. strefie zazębienia, pomiędzy początkiem szczeliny lutni wirowej, a wylotem z urządzenia odpylającego (pomocniczego lutniociągu ssącego). W przeciwnym przypadku w odcinku tym może dojść do zatrzymania przewietrzania, bądź powstania cyrkulacji na skutek zawracania powietrza wydostającego się z urządzenia odpylającego w kierunku przodka. Cyrkulacja powietrza może z czasem spowodować przekroczenie dopuszczalnych stężeń metanu na skutek jego dyfuzji ze ścian wyrobiska, do cyrkulującej, stale tej samej masy powietrza.

2.2. Wentylacja ssąca

Wentylacja ssąca jest dominującym sposobem przewietrzania wyrobisk korytarzowych – stosuje się ją w 43% drążonych chodników [2]. Jest ona stosowana szczególnie dla wyrobisk o krótszych wybiegach, z uwagi na konieczność transportowania zapylonego powietrza. W układzie tym świeże powietrze napływa samoczynnie całym przekrojem wyrobiska w kierunku przodka, na skutek podciśnienia wywołanego przez lutniociąg ssący. Lutniociąg ten jest zbudowany najczęściej z lutni metalowych, rzadziej z elastycznych i odprowadza zużyte (zapylone) powietrze poza wyrobisko, gdzie następuje jego oczyszczenie z pyłu w urządzeniu odpylającym.

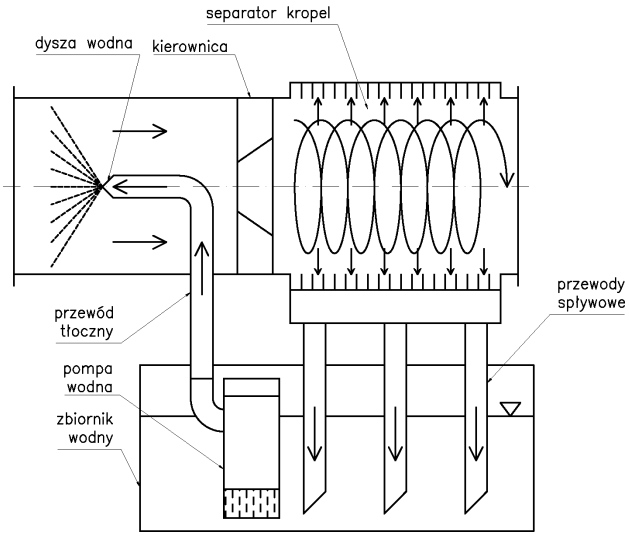
W strefie przyprzodkowej świeże powietrze może być rozprowadzane za pomocą lutni wirowej, jednak w przeciwieństwie do wentylacji kombinowanej, jej stosowanie nie jest obowiązkowe. W układzie tym metanomierze zabudowane są na wylocie z urządzenia odpylającego, na kombajnie chodnikowym, w strefie przodkowej, na wlocie do wyrobiska, w ciągu głównym, za wylotem z lutniociągu ssącego oraz przed wylotem z lutniociągu tłoczącego, w strefie przyprzodkowej.

3. Urządzenia stosowane w układach wentylacji i odpylania

3.1. Urządzenia odpylające

Ze względu na konieczność neutralizacji wybuchowych właściwości mieszaniny pyłu węglowego z powietrzem, do odpylania powietrza w wyrobiskach podziemnych stosowane są w większości przypadków mokre urządzenia odpylające. Zastosowanie suchych urządzeń odpylających, których zasada działania oparta jest na filtracji tkaninowej, ogranicza się do wyrobisk, gdzie udział pyłu kamiennego w całkowitej masie pyłu jest na tyle duży, że mieszanina taka nie stwarza zagrożenia wybuchem.

Proces odpylania ze stosowanymi obecnie konstrukcjami mokrych odpylaczy jest dwustopniowy. Najpierw struga zapylonego powietrza jest zraszana wodą, wskutek czego cząstki pyłu wnikają do kropel wody, następnie struga ulega zawirowaniu, przez co siła odśrodkowa odrzuca krople wody z pyłem na ścianki separatora, skąd woda (i zawarty w niej pył) spływa do zbiornika. W urządzeniu stosowany jest zamknięty obieg wodny. Na rysunku 3 przedstawiono schemat obiegu wody i powietrza w urządzeniu odpylającym mokrym.



Rys.3. Obieg wody i powietrza w mokrym urządzeniu odpylającym

Poszczególne urządzenia odpylające różnią się konstrukcją. Spośród opracowanych i wprowadzonych w ostatnich latach na rynek konstrukcji możemy wyróżnić:

- typoszereg urządzeń odpylających typu UO (rys. 5), w których struga zapylonego powietrza jest zraszana wodą za pomocą dysz stałych, bądź dyszy wirowej; następnie woda ulega separacji według opisanego powyżej mechanizmu działania siły odśrodkowej,
- urządzenia LDCU, w których struga zapylonego powietrza najpierw ulega rozdziałowi na kilka strumieni cząstkowych, a następnie jest zraszana wodą dyszami stałymi; dzięki częstym zmianom kierunku przepływu w układzie labiryntowym, cząstki pyłu tracą energię kinetyczną i łatwiej wnikają do kropel wody, które następnie są oddzielane w układzie kierownicy i separatora kropel,
- urządzenie DCU, w którym woda wtryskiwana jest na wirnik pełniący jednocześnie rolę wentylatora przetłaczającego powietrze przez urządzenie odpylające; dzięki temu mechanizmowi krople wody uzyskują energię umożliwiającą łączenie się z cząstkami pyłu, jednocześnie wirnik powoduje zawirowanie strugi, co umożliwia oddzielenie kropel w separatorze,
- urządzenie DRU, w którym do zraszania stosowane są dysze stałe, a separacja kropel odbywa się dzięki silnemu zawirowaniu strugi w układzie dwóch kierownic, usytuowanych jedna za drugą.

Parametry techniczne urządzeń odpylających zestawiono w tabeli 1.

KOMAG prowadzi również prace nad konstrukcją odpylacza filtracyjnego suchego, wyposażonego w układ detekcji i aktywnego tłumienia wybuchu. Układ ten umożliwia wykrywanie źródła zapłonu, w postaci błysku płomienia w komorze urządzenia odpylającego, a następnie zadziałanie gaśnic, które w bardzo krótkim czasie wypełniają przestrzeń odpylacza proszkiem gaśniczym, zapobiegając rozwinięciu i propagacji płomienia wybuchu. Przeprowadzone do tej pory prace badawcze wskazują na możliwość wdrożenia takiego urządzenia do eksploatacji w bliskiej perspektywie czasowej.

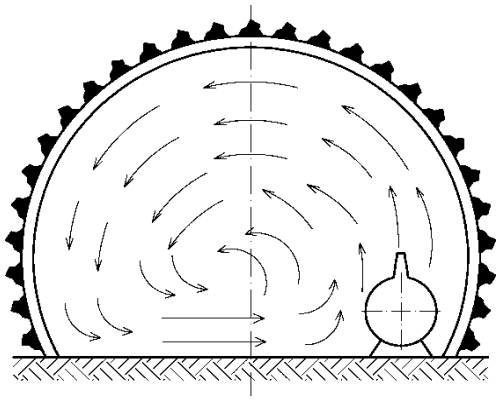
Parametry urządzeń odpylających

Tabela 1

Jednostka	Wydajność [m^3/min]	Skuteczność odpylania [%]
UO-630 (w różnych odmianach)	150–400	97–99,8
UO-1000 (w różnych odmianach)	350–800	97–99,6
LDCU-630	280–300	do 99%
LDCU-800	400–520	do 97%
DCU-600C/260-320	260–320	97–99%
DRU-400	200–400	do 99%

3.2. Lutnie wirowe

Lutnia wirowa jest urządzeniem stosowanym w układach wentylacji kombinowanej i służy do właściwego formowania strumienia świeżego powietrza w strefie przyprzodkowej. Instaluje się ją na końcu lutniociągu tłoczącego, na spągu, w pobliżu ociosu wyrobiska. Lutnia wirowa może być wyposażona w klapę zamykającą wypływ powietrza przez wylot ostatniego segmentu, bądź w zespół napędowy, powodujący powstanie wiru powietrza wewnątrz lutni, na skutek czego wypływa ono przez szczelinę lutni. Wydostające się w ten sposób powietrze opływa cały poprzeczny przekrój wyrobiska, efektywnie je przewietrzając, w szczególności w strefie przystropowej, gdzie może gromadzić się lżejszy od powietrza metan [4]. Schemat przewietrzania wyrobiska za pomocą lutni wirowej przedstawiono na rysunku 4.



Rys.4. Schemat przewietrzania wyrobiska za pomocą lutni wirowej [9]

Wirowemu ruchowi powietrza w przekroju poprzecznym towarzyszy jego ruch postępowy w kierunku czoła wyrobiska. W ten sposób sumaryczny ruch powietrza ma charakter przepływu tłokowego, co powoduje ograniczenie rozprzestrzeniania się zapylenia w strefie pracy kombajnu chodnikowego. Dzięki temu rozwiązaniu chmura pyłu jest w całości zasysana do pomocniczego, krótkiego lutniociągu ssącego i oczysz-

Rys.5. Urządzenie odpylające UO-1000 (fot. Wiromag sp. z o.o.)

Rys.6. Lutnia wirowa VV-700 (fot. KOMAG)

Rys.7. Komora napowietrzająca (fot. SelmaG sp. z o.o.)

czana w urządzeniu odpylającym, a nie przedostaje się do strefy, gdzie znajdują się górnicy.

Poszczególne konstrukcje lutni wirowych różnią się budową – lutnie typu WIR mają szczelinę umieszczoną centralnie, zaś lutnie typu VT oraz VV (rys. 6) mają szczelinę usytuowaną stycznie, po lewej, bądź po prawej stronie. Wydajności powietrza przepływającego przez lutnie są dostosowane do konstrukcji urządzeń odpylających, według warunku zapewnienia 20% nadmiaru wydajności lutni w stosunku do wydajności urządzenia odpylającego.

3.3. Komora napowietrzająca

Komora napowietrzająca (rys. 7) jest urządzeniem pomocniczym, służącym do otwierania lutniociągu i mieszania powietrza w lutniociągu z powietrzem z otoczenia komory.

Komora napowietrzająca, zabudowana zgodnie z obowiązującą dokumentacją, jako odpowiedni zestaw przystosowany do konfiguracji lutniociągu, znajduje zastosowanie w różnych układach wentylacji [5]:

- w systemie wentylacji ssącej – przy likwidacji nadmiernego stężenia metanowego w ślepym wyrobisku korytarzowym przewietrzanym wentylacją ssącą oraz w lutniociągu ssącym na zasadzie mieszania niewielkiej ilości zasysanego powietrza, zawierającego duże stężenie metanu z powietrzem świeżym – obiegowym, pobieranym przez współpracujący z nim wentylator do komory mieszania,
- w systemie wentylacji ssącej – do powolnego rozruchu masy powietrza w lutniociągu ssącym podczas wznawiania procesu wentylacji, po wymianie wentylatora lub po okresowym przedłużeniu lutniociągu ssącego wykonanego z lutni elastycznych i po wymianie znacznych odcinków lutni,
- w systemie wentylacji tłoczącej – do powolnego napełnienia lutniociągu tłoczącego, wykonanego z lutni elastycznych, powietrzem świeżym, podczas wznawiania procesu wentylacji, po wymianie wentylatora lub po okresowym przedłużeniu lutniociągu tłoczącego wykonanego z lutni elastycznych i po wymianie znacznych odcinków lutni.

Komora, w normalnych warunkach pracy, jest elementem nie wpływającym na przepływ powietrza w lutniociągu. W jednym z opisanych powyżej przypadków następuje zamknięcie tarczy zaporowej i otwarcie pokrywy komory mieszania, dzięki czemu następuje wypływ powietrza z lutniociągu na zewnątrz, bądź zasysanie powietrza do wewnątrz. Komora napowietrzająca jest urządzeniem zalecanym do stosowania jako efektywny środek niwelowania zagrożeń i niekorzystnych sytuacji występujących w układach wentylacji ssącej i tłoczącej, przy wznowieniu procesu wentylacji.

3.4. Wentylatory lutniowe i dmuchawy

Wentylatory lutniowe są wentylatorami osiowymi, służącymi do przetłaczania powietrza przez lutniociągi, rzadziej do swobodnego nadmuchu powietrza. Mogą one mieć budowę typu „A”, w której silnik jest odsłonięty i chłodzony powietrzem przepływającym przez wentylator lub budowę typu „B”, w której silnik umieszczony jest w osłonie i jest chłodzony powietrzem spoza wentylatora. Wentylatory typu „A” mogą przetłaczać wyłącznie świeże powietrze, wentylatory typu „B” mogą tłoczyć bądź zasysać powietrze zawierające pył, bądź metan.

KOMAG uczestniczy we wdrażaniu nowych konstrukcji wentylatorów lutniowych typu „B”. Większe konstrukcje (WLE-1010B i WLE/M-1200B/1, rys. 8) są przeznaczone głównie do przewietrzania wyrobisk korytarzowych, szczególnie wyrobisk o dużych wybiegach, zaś mniejsze jednostki (typoszereg GWE) przystosowane są przede wszystkim do pracy z urządzeniami odpylającymi w pomocniczych lutniociągach ssących.

Podstawowe parametry techniczne wentylatorów lutniowych, wdrożonych w ostatnich latach przez KOMAG, we współpracy z firmami Grama i Wiromag, zestawiono w tabeli 2.

Dmuchawa strumienicowa elektryczna DSE-400 (rys. 9), wyposażona w silnik o mocy 1,5 kW, jest urządzeniem pomocniczym, stosowanym do lokalnego nadmuchiwania powietrza [6]. W szczególności dmuchawa znajduje zastosowanie do:

- wymieszania, rozrzedzenia i usuwania lokalnych i przystropowych nagromadzeń metanu,
- rozrzedzania lub usuwania lokalnych nagromadzeń tlenku lub dwutlenku węgla,

Parametry techniczne wentylatorów lutniowych

Tabela 2

Jednostka	Wydajność nominalna [m^3/s]	Spiętrzenie nominalne [Pa]	Moc silnika (silników) [kW]	Średnica nominalna [mm]
WLE-1010B	10,33	4600	2 x 37	1000
WLE/M-1200B/1	14,40	4000	90	1200
GWE 630B/18,5	6,17	2100	18,5	630
GWE 630B/2x18,5	6,17	4000	2 x 18,5	630
GWE 660B/22	6,50	2150	22	660
GWE 660B/2x22	6,50	3260	2 x 22	660

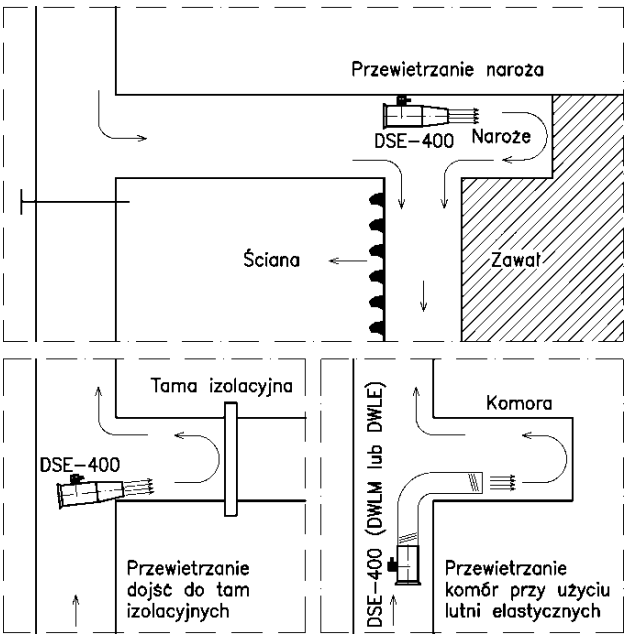
Rys.8. Wentylator WLE/M-1200B/1 na stanowisku badawczym (fot. KOMAG)

Rys.9. Dmuchawa strumienicowa elektryczna DSE-400 (fot. SelmaG sp. z o.o.)

- wentylacji pomieszczeń, w których mogą wystąpić koncentracje wyżej wymienionych gazów,
- poprawy warunków klimatycznych i wentylacji miejsc pracy, np. w przodkach z wentylacją ssącą, tłoczącą, podczas prowadzenia akcji ratowniczych, rabowań obudowy, w pomieszczeniach zakładów mechanicznej przeróbki węgla i innych sytuacjach wymagających poprawy wentylacji lokalnej,
- przewietrzania w systemie wentylacji tłoczącej krótkich wyrobisk górniczych niemetanowych i metanowych, których długość nie przekracza 15 m.

Dmuchawa może pracować w swobodnych (obiegowych) oraz wymuszonych prądach powietrza i jest przystosowana do zabudowy w układach lutniociągów, zbudowanych z lutni metalowych i elastycznych.

Na rysunku 10 przedstawiono schematycznie zastosowanie dmuchawy do wentylacji lokalnej w przypadku naroża, dojścia do tamy izolacyjnej i komory.



Rys.10. Przykłady zastosowania dmuchawy DSE-400 [10]

3.5. Badania urządzeń

Instytut Techniki Górniczej KOMAG dysponuje stanowiskiem do badania urządzeń odpylających, lutni wirowych i wentylatorów lutniowych. Na stanowisku możliwe jest prowadzenie pomiarów następujących parametrów:

- temperatura i wilgotność powietrza,
- natężenie przepływu i prędkość liniowa powietrza,
- ciśnienie powietrza,
- stężenie pyłu w powietrzu przepływającym przez kanał,
- parametry hałasu,
- parametry elektryczne (moc, napięcie),
- drgania.

Pozwala to na realizowanie pełnego zakresu badań, zgodnie z PN-G-52002 oraz prPN-G-43042. Wyniki badań są uznawane w procesie oceny zgodności, prowadzonym w jednostkach notyfikowanych w zakresie dyrektywy maszynowej i ATEX. Stanowisko do badań urządzeń odpylających [8] jest unikatowe w skali kraju i spełnia wymagania normy PN-G-52002.

KOMAG przeprowadza również badania wentylatorów lutniowych na stanowiskach badawczych typu C, zgodnie z PN-ISO 5801 [7], tj. w układzie, w którym wentylator zasysa powietrze przez kanał pomiarowy, ze swobodnym wypływem powietrza do otoczenia. Badania te pozwalają na wyznaczenie charakterystyk przedstawiających zależności ciśnienia, mocy i sprawności w funkcji wydajności wentylatora. Na tej podstawie określany jest nominalny punkt pracy wentylatora oraz zakres dozwolonej wydajności i spiętrzenia.

4. Współpraca KOMAG-u z małymi i średnimi przedsiębiorstwami w zakresie wdrażania nowych konstrukcji

Instytut Techniki Górniczej KOMAG współpracuje z małymi i średnimi przedsiębiorstwami produkcyjnymi w zakresie wdrażania nowych konstrukcji urządzeń odpylających, lutni wirowych i innych elementów systemów wentylacji. Współpraca ta ma szeroki zakres – od wykonywania przez projektantów KOMAG-u, na zlecenie producenta, dokumentacji urządzeń, poprzez badania, po nadzór nad procesem certyfikacji i pomoc w zakresie marketingowym oraz wspólną promocję nowych rozwiązań.

W zakresie urządzeń do układów przewietrzania i odpylania wyrobisk korytarzowych, współpraca prowadzona jest przede wszystkim z firmą Wiromag sp. z o.o., producentem urządzeń odpylających typu UO, lutni wirowych WIR i wentylatorów lutniowych GWE, firmą SelmaG sp. z o.o., producentem urządzeń odpylających typu DCU i LDCU, lutni wirowych VT i VV, komory napowietrzającej 800 i dmuchawy strumienicowej elektrycznej DSE-400 oraz z firmą Grama sp. z o. o., producentem wentylatorów lutniowych typu WLE.

Przykładami efektywnej współpracy z małymi i średnimi podmiotami gospodarczymi są realizowane projekty celowe. Środki projektu są kierowane bezpośrednio przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, bądź za pośrednictwem Centrum Innowacji Naczelnej Organizacji Technicznej. Projekt celowy składa się z dwóch faz. W pierwszej fazie, obejmującej badania przemysłowe i prace rozwojowe, prowadzone są badania mające na celu przełożenie posiadanej wiedzy na model, a w dalszej kolejności na prototyp nowego urządzenia. W fazie tej powstaje dokumentacja opracowywanego rozwiązania oraz prowadzone są badania. Druga faza projektu obejmuje certyfikację urządzeń, na podstawie opracowanych dokumentacji i wyników przeprowadzonych badań oraz wdrożenie urządzenia na rynku.

W ostatnich latach KOMAG zrealizował trzy projekty celowe, obejmujące urządzenia do systemów wentylacji:

- Urządzenie odpylające z kierownicami stałymi do wentylacji kombinowanej wyrobisk chodnikowych – z firmą Hydrotech S.A. (projekt zakończono w 2005 r.) [12],
- Wentylator lutniowy WLE/M-1200B/1 do przewietrzania wyrobisk korytarzowych o długim wybiegu – z firmą Grama sp. z o.o. (projekt zakończono w 2007 r.) [13],
- Odpylacz dyspersyjny do wentylacji ssącej wyrobisk kopalnianych – z firmą Wiromag sp. z o.o. (projekt zakończono w 2007 r.) [14].

Obecnie realizowany jest kolejny projekt celowy z firmą Wiromag sp. z o.o. pt. „Uniwersalny system przewietrzania i odpylania wyrobisk chodnikowych", którego zakończenie planowane jest w 2011 roku. W ramach projektu opracowane zostaną nowe konstrukcje urządzeń odpylających i lutni wirowych.

Wymiernymi efektami współpracy są uzyskiwane przez producentów wielkości sprzedaży. Opracowane w ramach wspólnych projektów urządzenia znajdują uznanie nie tylko wśród użytkowników. W 2007 roku Urządzenie odpylające UO-1000/***/***, a w 2009 roku Komora napowietrzająca 800, zostały wyróżnione Złotymi Medalami Międzynarodowych Targów Poznańskich na Międzynarodowych Targach Ochrony Środowiska Poleko w Poznaniu (rys. 11).

Rys.11. Medal Targów Poleko 2009 (fot. KOMAG)

5. Działalność normalizacyjna w zakresie odpylania i przewietrzania wyrobisk

Naturalną konsekwencją opracowanych licznych nowych rozwiązań konstrukcyjnych były działania w zakresie zmian wymagań normatywnych zawartych w Polskich Normach. W ostatnich latach w Komitecie Technicznym nr 285 ds. Górniczych Maszyn i Urządzeń Dołowych, którego sekretariat usytuowany jest w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG:

- dokonano nowelizacji normy PN-G-52002 Urządzenia odpylające w górnictwie podziemnym – Wymagania i badania [3],
- opracowano nową normę PN-G-43042 Lutnie wirowe w górnictwie podziemnym – Wymagania i badania [9].

W normie PN-G-52002:2009 ujednolicono wymagania i metody badań urządzeń odpylających, zbliżając je do wymagań zasadniczych zawartych w dyrektywach europejskich. Dzięki temu dokument ten może stanowić podstawę do dokonywania oceny zgodności. Norma ujednolica i gromadzi w jednym dokumencie wymagania, które do tej pory były zawarte w kilku różnych dokumentach, odnosząc je jednocześnie do aktualnego stanu techniki i rozwoju urządzeń odpylających.

Norma PN-G-43042 jest zupełnie nowym dokumentem. Będzie obejmował wymagania konstrukcyjne, materiałowe, wykonawcze i użytkowe dla lutni wirowych stosowanych w podziemnych wyrobiskach górniczych. Zagadnienia wymagań stawianych lutniom wirowym nie były do tej pory przedmiotem żadnych uregulowań, stąd norma zawiera zarówno jednolite wymagania, jak i definiuje metody badań. Pozwoli to na tworzenie bezpiecznych konstrukcji, a ponadto stanowić będzie podstawę ich oceny zgodności.

6. Podsumowanie

Zaprezentowane w artykule sposoby przewietrzania i oczyszczania powietrza w wyrobiskach chodnikowych, są zgodne z obowiązującymi przepisami i są stosowane w większości wyrobisk kopalń węgla kamiennego w Polsce. Systemy te wykorzystują szereg urządzeń, do których zalicza się przede wszystkim urządzenia odpylające, lutnie wirowe i wentylatory lutniowe. Instytut Techniki Górniczej KOMAG od szeregu lat opracowuje nowe konstrukcje tych urządzeń, prowadzi ich badania, uczestniczy w procesach oceny zgodności oraz aktywnie wspomaga producentów, szczególnie małe i średnie przedsiębiorstwa.

Potencjał badawczy KOMAG-u pozwala na prowadzenie wszystkich badań wymaganych normami. Podejmowane formy współpracy z producentami urządzeń mają różną formę, przy czym na szczególne wyróżnienie zasługują projekty celowe, w których nowe urządzenie bądź technologia są wprowadzane na rynek poprzez realizację badań, mających na celu przełożenie wiedzy naukowej do praktyki, w postaci modelu i prototypu, a następnie wdrożenie pierwszych egzemplarzy na rynku.

Opracowane przez KOMAG konstrukcje znajdują uznanie zarówno wśród użytkowników końcowych, jak i na targach i konkursach, czego przykładem są Złote Medale Międzynarodowych Targów Poznańskich uzyskane w 2007 i 2009 roku na Międzynarodowych Targach Ochrony Środowiska POLEKO w Poznaniu dla urządzeń opracowanych przez KOMAG.

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. 2002 Nr 109, poz. 962).
2. Szlęzak N., Szlęzak J., Tor A.: Systemy przewietrzania wyrobisk ślepych w kopalniach węgla kamiennego w warunkach zagrożenia metanowego i pyłowego, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2003.

3. PN-G-52002:2009 Urządzenia odpylające w górnictwie podziemnym – Wymagania i badania.
4. Frydel W., Krzykowski R.: Lutnia wirowa WIR 630 w systemie wentylacji kombinowanej. Bezp. Pr. Ochr. Śr. Gór. nr 9, 2003, s. 27-29.
5. Jedziniak M.: Komora napowietrzająca – urządzenie wspomagające rozruch układu wentylacji wyrobiska chodnikowego (komunikat). Bezp. Pr. Ochr. Śr. Gór. nr 10, 2009, s. 26-29.
6. Sekular K., Bednarski J.: Budowa i przeznaczenie instalacji odpylających typu IO i małogabarytowej dmuchawy strumienicowej z odpylaczem. Materiały konferencyjne. Zarząd Głównego Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa w Katowicach, Zarząd Oddziału Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa w Zabrzu, CMG KOMAG. Szczyrk, maj 1993, s. XVI 1-6.
7. PN-ISO 5801:2002 Wentylatory przemysłowe – Badania charakterystyk pracy na stanowiskach znormalizowanych.
8. Chmielniak T., Otte J., Frydel W., Roj L., Steindor M.: Stanowisko do badań podstawowych i atestacji odpylaczy i wentylatorów. Materiały na konferencję: Organizacja i kierowanie pracami badawczo-rozwojowymi w dziedzinie maszyn i urządzeń górniczych ze szczególnym uwzględnieniem wymagań technicznych i metodyk badań atestacyjnych dla obudów zmechanizowanych i przenośników. Szczyrk, marzec 1993 s. XVIII 1-6.
9. Projekt normy PN-G-43042 Lutnie wirowe w górnictwie podziemnym – Wymagania i badania.
10. Dmuchawa strumienicowa elektryczna DSE-400, materiały reklamowe SelmaG sp. z o.o.
11. Frydel W.: Zastosowanie urządzeń odpylających typu UO w systemie wentylacji ssącej i kombinowanej. Maszyny Górnicze nr 78, 1999, s. 9-17.
12. Projekt celowy nr ROW-580-2004 „Urządzenie odpylające z kierownicami stałymi do wentylacji kombinowanej wyrobisk chodnikowych" realizowany na zlecenie HYDROTECH Spółka Akcyjna w ramach umowy z FSNT-NOT.
13. Projekt celowy nr 6 T12 2004 C/06423 „Wentylator lutniowy WLE/M-1200B/1 do przewietrzania wyrobisk korytarzowych o długim wybiegu" realizowany na zlecenie Grama sp. z o.o. w ramach umowy z Ministrem Nauki i Szkolnictwa Wyższego.
14. Projekt celowy nr ROW- II-139-2006 „Odpylacz dyspersyjny do wentylacji ssącej wyrobisk kopalnianych" realizowany na zlecenie Wiromag sp. z o. o. w ramach umowy z FSNT-NOT.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Adam Klich

Dr inż. Leszek KOWAL
Dr inż. Krzysztof TUREWICZ
Mgr inż. Piotr HELMRICH
Mgr inż. Karol NYGA
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Nowe rozwiązania techniczne Instytutu Techniki Górniczej KOMAG wdrażane w maszynach wyciągowych

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

W artykule przedstawiono osiągnięcia Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w ostatnich latach związane z wdrażaniem nowoczesnych rozwiązań technicznych w maszynach wyciągowych górniczych wyciągów szybowych. Oprócz projektowania maszyn wyciągowych, KOMAG aktywnie uczestniczy w tworzeniu nowoczesnych podzespołów stanowiących ich wyposażenie. Szczególną uwagę skierowano na nowoczesne układy sterowania hamulców maszyn wyciągowych, tak w zakresie hamulców pneumatycznych, jak i hydraulicznych. Ważną grupą realizowanych zadań są dokumentacje remontowe i modernizacyjne części maszyn, które nie tylko pozwalają utrzymać ich sprawność ruchową, ale również podnieść niezawodność działania i bezpieczeństwo prowadzenia ruchu górniczymi wyciągami szybowymi. Istotną rolę w opracowywaniu, wspólnie z partnerami przemysłowymi (w tym szczególnie z małymi i średnimi przedsiębiorstwami MŚP), nowych rozwiązań odgrywa realizacja projektów badawczych, współfinansowanych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz rozwój nowych technologii.

S u m m a r y

Last achievements of KOMAG Institute of Mining Technology associated with implementation of state-of-the-art technical solutions in hoisting machines of mining shaft hoists were presented in the paper. Besides designing of hoisting machines, KOMAG actively participates in creation of state-of-the-art sub-systems, which are the equipment of hoisting machines. Special attention was paid to state-of-the-art control systems of brakes of hoisting machines as regards both pneumatic and hydraulic brakes. Repair and modernization documentations of machine components, which not only enable to maintain those components in operation but also to increase reliability of operation and safety of transportation with use of mining shaft hoists, are important part of realized tasks. Realization of research projects co-financed by the Ministry of Science and Higher Education and development of new technologies play significant role in a development of new solutions together with industrial partners (including mainly SMEs).

1. Wprowadzenie

Zakład Transportu Pionowego Instytutu Techniki Górniczej KOMAG projektuje nowe, nowoczesne urządzenia, które znajdują licznych odbiorców. Dobra współpraca z sektorem MŚP daje wymierne efekty ekonomiczne, jak również zaspokaja potrzeby kopalń w zakresie modernizacji i remontów istniejących maszyn wyciągowych. Nowe rozwiązania podnoszą bezpieczeństwo prowadzenia ruchu górniczymi wyciągami szybowymi, jak również pozwalają utrzymać właściwy poziom techniczny eksploatowanych maszyn i urządzeń.

W ostatnich latach KOMAG, oprócz projektów maszyn wyciągowych, koncentrował się na opracowywaniu rozwiązań technicznych przeznaczonych do sterowania hamulców maszyn wyciągowych. Powstało również szereg innych rozwiązań modernizujących istniejące maszyny, przy zaangażowaniu ze strony kopalni stosunkowo niewielkich środków finansowych. Ważne dla odbiorców są również opracowywane w KOMAG-u dokumentacje remontowe, pozwalające poprawić stan techniczny wyeksploatowanych nieraz elementów maszyn wyciągowych.

2. Układy sterowania hamulców

Pod koniec lat 90. XX w. rozpoczęto w KOMAG-u projekt badawczy, którego celem było opracowanie nowoczesnego, elektropneumatycznego zespołu sterowania hamulców maszyn wyciągowych, który miał zastąpić zaprojektowane w latach 60. i wdrażane do lat 80. ubiegłego wieku elektropneumatyczne zespoły ZEP, jak i dźwigniowo-pneumatyczne układy sterowania hamulców.

W wyniku zrealizowanego, wspólnie z firmą OPAROW sp. z o.o., projektu celowego dofinansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, zbudowano prototyp użytkowy nowego zespołu sterowania (rys. 1). Prototyp zespołu ZSHP zainstalowany został w górniczym wyciągu szybowym szybu III KWK „Marcel", gdzie przeszedł pomyślnie próby ruchowe – eksploatacyjne. Zespół ZSHP uzyskał dopuszczenie do stosowania w maszynach wyciągowych podziemnych zakładów górniczych, co umożliwiło jego wdrożenie w kopalniach. W ciągu 10 lat eksploatacji zespół, ciągle unowocześniany i doskonalony doczekał się

a) szafa wyposażenia pneumatycznego zespołu ZSHP-A

b) szafa wyposażenia pneumatycznego zespołu ZSHP-A1

c) panel operatorski zespołu ZSHP zainstalowany na stanowisku maszynisty

d) szafa z wyposażeniem elektrycznym i sterownikami programowalnymi

Rys.1. Elektropneumatyczny zespół sterowania hamulców typu ZSHP – elementy składowe

ponad 40 wdrożeń, co stanowi około 20% rynku maszyn, w których może być on zastosowany.

Zespół ZSHP w wersji wykonania A (z dwuwariantowym hamowaniem bezpieczeństwa) i B (z jednowariantowym hamowaniem bezpieczeństwa) oraz kolejne jego odmiany, przeznaczony jest do hamulców maszyn wyciągowych wyposażonych w napędy pneumatyczno-obciążnikowe, których jest jeszcze zdecydowana większość w całej populacji eksploatowanych w Polsce maszyn wyciągowych.

W Polskich kopalniach eksploatowana jest nieliczna grupa maszyn wyciągowych wyposażonych w napędy hamulcowe, sprężynowo-obciążnikowe odwodzone pneumatycznie, które produkowane były przez Doniecką Fabrykę Maszyn. W związku z powyższym KOMAG i OPA-ROW sp. z o.o. zdecydowały się opracować, na bazie doświadczeń nabytych przy wdrażaniu i eksploatacji zespołu ZSHP, zespół sterowania dedykowany do tego typu napędów hamulcowych. W ramach kolejnego wspólnego projektu celowego dofinansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego opracowano, zbudowano i zainstalowano w maszynie wyciągowej zespół typu ZSHP-SO (rys. 2). Zespół ten uzyskał dopuszczenie do stosowania w polskich kopalniach i stanowi alternatywę dla wyeksploatowanych i przestarzałych zespołów sterowania zabudowanych obecnie w maszynach wyciągowych z tego typu napędami hamulcowymi. Ponadto, zespół może znaleźć zastosowanie w wielu maszynach wyciągowych, funkcjonujących w kopalniach Ukrainy, Białorusi, Rosji, gdzie wyroby Donieckiej Fabryki Maszyn były powszechnie stosowane. Obecnie prowadzona jest akcja promocyjna mająca na celu wdrożenie zespołu ZSHP-SO na wyżej wymienionych rynkach.

Oprócz prowadzonych prac nad elektropneumatycznymi zespołami sterowania hamulców, KOMAG wspólnie z firmą ELCAM sp. z o.o. opracował elektrohydrauliczny zespół sterowania hamulców maszyn wyciągowych. Budowane nowe maszyny od lat 70. XX w. wyposażane są w hamulce tarczowe hydrauliczne, które znalazły szerokie zastosowanie w kraju, jak i za granicą, wypierając stopniowo i systematycznie, cylindryczne-szczękowe układy hamulcowe z napędami pneumatycznymi.

Obecnie, kilka polskich firm posiada swoje autorskie rozwiązania elektrohydraulicznego zespołu sterowania hamulców, który wdrażają w przypadku realizowania przez siebie modernizacji istniejącej maszyny lub też przy budowie nowej maszyny wyciągowej.

Elektrohydrauliczny zespół sterowania typu EL (rys. 3) firmy ELCAM Sp. z o.o. zaprojektowano wspólnie z Instytutem Techniki Górniczej KOMAG. Jest on alternatywą zespołu sterowania w odniesieniu do wyrobów innych firm.

Zespół sterowania EL umożliwia sterowanie hamulca maszyny wyciągowej wyposażonego w siłowniki hamulcowe, sprężynowe, odwodzone hydraulicznie (zwalniaki hydrauliczne), stanowiące zespół napędowo-roboczy hamulca, o ciśnieniu roboczym zasilania do 16 MPa. Zespół sterowania EL może być stosowany w sterowaniu ręcznym, jak i w układzie automatycznym sterowania maszyny wyciągowej, realizując hamowanie zatrzymujące (STOP). Zespół EL umożliwia realizowanie dwuwariantowego hamowania bezpieczeństwa siłą o wartości odpowiadającej jednemu z dwóch ciśnień resztkowych, nastawianych w zespole hydraulicznym, wybieranych automatycznie, zależnie od wielkości i kierunku ruchu nadwagi.

Znamiennym rozwiązaniem zastosowanym w zespole EL, oprócz podstawowych dróg spływu, jest zastosowanie dodatkowej asekuracyjnej drogi spływu, która może nie tylko zrealizować spływ oleju z układu hamulcowego, gwarantując zatrzymanie maszyny, ale umożliwia również kontrolowanie poprawności działania podstawowej drogi spływu oleju.

Pierwszy egzemplarz zespołu zainstalowany został w 2007 r. w kopalni „Murcki", a kolejne egzemplarze w KWK „Halemba-Wirek", KWK „Jankowice". Obecnie przygotowywane jest uruchomienie w KWK „Budryk".

3. Remonty i modernizacje

W KOMAG-u opracowywane są również, na potrzeby kopalń, dokumentacje remontowe, jak również dokumentacje drobnych modernizacji, które przy stosunkowo niskich nakładach inwestycyjnych umożliwiają, w istotny sposób, podniesienie niezawodności działania i bezpieczeństwo prowadzenia ruchu górniczym wyciągiem szybowym.

Po zdarzeniu awaryjnym, na jednej z maszyn wyciągowych w 2003 r., w wyniku którego zerwana została lina nośna, co spowodowało zniszczenie części maszyny wyciągowej oraz poważne uszkodzenia w szybie, Wyższy Urząd Górniczy zalecił zainstalowanie w układach hamulcowych maszyn wyciągowych urządzenia mechanicznego do awaryjnego zatrzymania maszyny.

KOMAG wspólnie z firmą PROEL sp. z o.o. opracował zespół awaryjnego zatrzymania typu ZAZ (rys. 4) przeznaczony do maszyn wyciągowych wyposażonych w hamulce hydrauliczne. Zespół ZAZ został wykonany i zainstalowany w kilkunastu maszynach wyciągowych.

Kolejnym rozwiązaniem opracowanym wspólnie z PROEL sp. z o.o. był układ dodatkowej drogi spływu oleju DDS (rys. 4), przewidziany do zastosowania w eksploatowanych hydraulicznych zespołach sterowania firmy ASEA, z lat 70. ubiegłego wieku.

a) szafa zespołu ZSHP-SO

b) zespół ZSHP-SO podczas uruchamiania na obiekcie

Rys.2. Elektropneumatyczny zespół sterowania ZSHP-SO

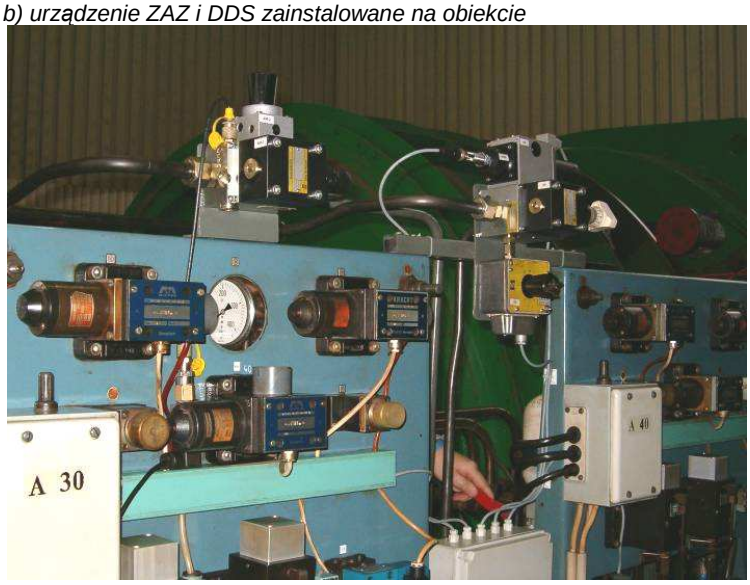
a) Zespół EL-2

b) Zespół EL-3

Rys.3. Agregaty hydrauliczne zespołu sterowania EL

a) elementy urządzenia ZAZ

b) urządzenie ZAZ i DDS zainstalowane na obiekcie



Rys.4. Hydrauliczne agregaty zasilająco-sterujące z dobudowanymi urządzeniami ZAZ i DDS

W ślad za urządzeniem do awaryjnego zatrzymania maszyny typu ZAZ, przeznaczonego do maszyn z hamulcami hydraulicznymi, KOMAG wspólnie z firmą ELCAM sp. z o.o. opracował podobne urządzenie typu ZAZ-P przeznaczone do maszyn wyposażonych w hamulce pneumatyczne (rys. 5).

Jednym z ciekawych, zrealizowanych tematów była modernizacja węzłów uszczelniających w napędach hamulcowych typu HOP (rys. 6), przeznaczonych i stosowanych w maszynach wyciągowych. Zadanie to KOMAG zrealizował wspólnie z firmą KORD sp. z o.o. Opracowane w latach 60. XX w. jednoosiowe napędy hamulcowe, różnej wielkości, wykonano w ponad 100 egzemplarzach i zainstalowano w kilkudziesięciu maszynach. Napędy te posiadające cylindry pneumatyczne, o średnicach od 160 mm do 630 mm, wyposażane były w uszczelnienia części ruchomych wykonane ze skóry – materiału uszczelniającego powszechnie stosowanego w tych czasach. Eksploatowane do chwili obecnej napędy ulegały częstemu rozszczelnianiu w wyniku zużycia skórzanych pierścieni uszczelniających. Firmy remontowe miały zatem duże problemy w pozyskaniu właściwej jakości materiału w celu wykonania nowego skórzanego pierścienia uszczelniającego. W związku z powyższym Instytut Techniki Górniczej KOMAG i firma KORD sp. z o.o. w ramach projektu celowego, dofinansowanego przez Federację Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT podjęły się zaprojektowania nowego rozwiązania węzłów uszczelniających w napędach typu HOP, wykorzystujących pierścienie uszczelniające, wykonywane z nowoczesnych materiałów uszczelniających (tworzyw sztucznych).

Po zaprojektowaniu nowego rozwiązania węzłów uszczelniających, dla całego typoszeregu napędów typu HOP, przeprowadzono badania stanowiskowe w KOMAG-u, a następnie uzyskano zgodę Wyższego Urzędu Górniczego na stosowanie tego rozwiązania w napędach hamulcowych typu HOP, eksploatowanych w maszynach wyciągowych górniczych wyciągów szybowych.

W chwili obecnej rozwiązanie to zastosowano już w kilku napędach hamulcowych m.in. w KWK „Pokój", KWK „Halemba-Wirek", KWK „Janina", KWK „Marcel", KS „Bochnia". Zastosowanie tworzyw sztucznych, jako materiału uszczelniającego, wydłuża czas pomiędzy kolejnymi wymianami standardowych uszczelnień skórzanych, co obniża koszty eksploatacyjne, jak też ogranicza postój remontowy maszyny. Użytkownicy pozytywnie wyrażają się na temat zastosowanego nowego rozwiązania.

KOMAG opracowywał również liczne dokumentacje remontowe maszyn wyciągowych obejmujące swoim zakresem eksploatowane elementy części mechanicznej maszyn wyciągowych. Prace te bardzo często realizowane są wspólnie z ich wykonawcą, firmą KORD sp. z o.o.

Zużyciu i konieczności regeneracji bardzo często ulegają elementy dźwigniowego układu przeniesień siłowych napędów hamulcowych w hamulcach pneumatycznych. Dokumentacje oraz zakres remontów obejmują wymianę sworzni, regenerację połączeń sworzniowych i w wielu przypadkach ich modernizację polegającą na tulejowaniu przegubów.

Ciekawym zagadnieniem było wprowadzenie zmian w istniejącej konstrukcji linopędni maszyny wyciągowej 2L-6000/1000, zainstalowanej w szybie III KWK „Krupiński" JSW S.A. polegających na odsztywnieniu konstrukcji bębna pędnego, dzięki czemu uzyskano możliwość podniesienia parametrów obciążenia (transportowanego ładunku) maszyny wyciągowej. Opracowanie dokumentacji remontowej, poparte wnikliwą analizą wytrzymałościową MES, dotychczasowej konstrukcji linopędni, pozwoliło, po uzyskaniu pozytywnej opinii atestacyjnej oraz dopuszczeniu zaproponowanej zmiany, na jej wdrożenie (rys. 7, 8).

Zestawienie obciążeń i wartości naprężeń maksymalnych linopędni podczas zerwania liny dla nowego układu obciążeń i dla układu odsztywnionego

Tabela 1

	Linopędnia przed remontem	Linopędnia po wprowadzonych zmianach
Element linopędni	Naprężenia zredukowane	
Płaszcz	459 MPa	119 MPa
Tarcza boczna	230 MPa	230 MPa
Żebro	517 MPa	175 MPa

Zestawione w tabeli 1 wartości wskazują, że odsztywnienie konstrukcji linopędni w okolicach żeber w istotny sposób obniżyło wartości naprężeń w przypadku zaistnienia zdarzenia awaryjnego (zerwanie lin nośnych), schodząc do wartości poniżej granicy plastyczności materiału. Obniżenie poziomów naprężeń uzyskano również w wyniku wprowadzonej zmiany w odniesieniu do warunków ruchowych, uzyskując naprężenia w konstrukcji linopędni na poziomie 26 MPa, co gwarantuje trwałą wytrzymałość zmęczeniową linopędni.

Obecnie KOMAG prowadzi projekt badawczo-rozwojowy, finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, realizowany wspólnie z Instytutem Techniki Cieplnej Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej oraz Instytutem Mechanizacji Górnictwa Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej, mający na celu opracowanie nowej metody prognozowania zjawisk cieplnych zachodzących w hamulcach tarczowych maszyn wyciągowych.

Przy wykorzystaniu mobilnego stanowiska badawczego do pomiarów temperatury tarcz hamulcowych, w trakcie hamowania bezpieczeństwa, prowadzone są na obiektach rzeczywistych pomiary (rys. 9), których wyniki posłużą do weryfikacji analiz numerycznych prowadzonych przy zastosowaniu specjalistycznego oprogramowania.

a) element operacyjny zabudowany na stanowisku maszynisty

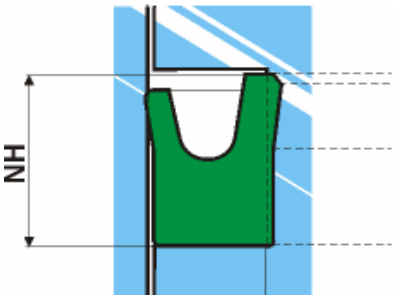
b) elementy wykonawcze zabudowane w pobliżu napędu hamulcowego

Rys.5. Urządzenie ZAZ-P

a) demontaż napędu hamulcowego typu HOP-VI przed zabudową nowych węzłów uszczelniających i badaniami stanowiskowymi

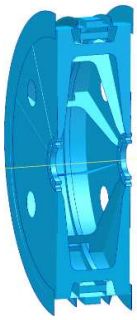
b) dotychczasowe skórzane uszczelnienia stosowane w napędzie typu HOP-VI

c) kształt nowego pierścienia uszczelniającego z tworzywa sztucznego



Rys.6. Jednoosiowy pneumatyczno-obciążnikowy napęd hamulcowy typu HOP wielkość VI przeznaczony do maszyn wyciągowych

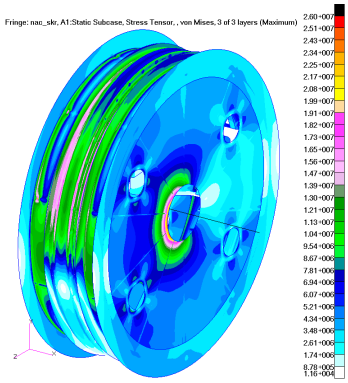
a) model 3D linopędni



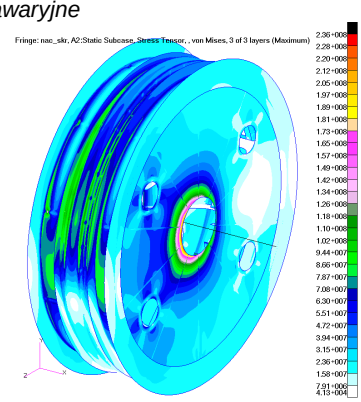
b) mapa naprężeń w żebrze linopędni przed remontem

Rys.7. Linopędnia 2L-6000

a) warunki ruchowe

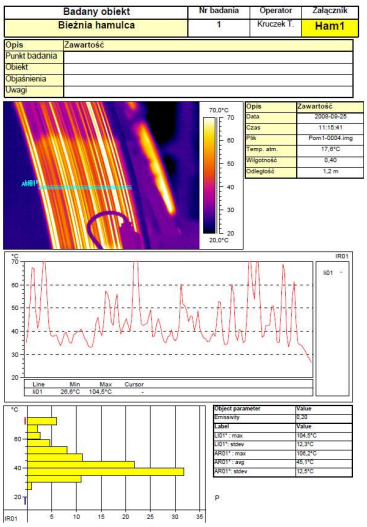


b) warunki awaryjne



Rys.8. Mapy naprężeń w linopędni w odniesieniu do warunków ruchowych i awaryjnych

Rys.9. Ogólny widok wyposażenia stanowiska Instytutu Techniki Cieplnej Politechniki Śląskiej dostosowany do pomiarów temperatury bieżni hamulcowych na obiektach rzeczywistych



Rys.10. Przykład analizy rozkładu temperatury tarczy podczas hamowania

4. Podsumowanie

Zaprezentowane w artykule zagadnienia, to przykłady współpracy KOMAG-u z firmami z sektora MŚP, które znajdują bezpośrednie zastosowanie w zakładach górniczych.

Transfer wiedzy pomiędzy specjalistami KOMAG-u oraz współpracującymi firmami pozwala tworzyć nowoczesne rozwiązania, unikalne na krajowym jak i europejskim rynku.

Wspieranie projektów rozwiązań technicznych, ze środków budżetowych przeznaczonych na rozwój, obniża koszty opracowania nowego rozwiązania i jego wdrażanie, co zachęca MŚP do podejmowania nowych wyzwań. Efekty prac wdrażane w maszynach wyciągowych pozwalają podnieść ich niezawodność działania, jak również bezpieczeństwo prowadzenia ruchu górniczymi wyciągami szybowymi.

Proponowane rozwiązania cieszą się uznaniem odbiorców, a niektóre z nich zostały wyróżnione i nagrodzone przez ekspertów:

- „Zespół sterowania hamulców pneumatycznych maszyn wyciągowych (ZSHP) górniczych wyciągów szybowych" w Ogólnopolskim Konkursie Poprawy Warunków Pracy organizowanym przez Ministerstwo Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej otrzymał „Nagrodę I Stopnia", Warszawa 2003 r.,
- „Urządzenie ZAZ-P do awaryjnego zatrzymania maszyny wyciągowej wyposażonej w hamulce pneumatyczne" w Ogólnopolskim Konkursie Poprawy Warunków Pracy organizowanym przez Ministerstwo Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej otrzymało „Wyróżnienie", Warszawa 2006 r.

Literatura

1. Dokumentacje techniczne Instytutu Techniki Górniczej KOMAG.

*) *Fotografie i rysunki zaczerpnięte z materiałów archiwalnych: KOMAG-u Zakład BDW, OPA-ROW sp. z o.o., PPUH ELCAM sp. z o.o., PROEL sp. z o.o., Instytutu Techniki Cieplnej Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej.*

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Adam Klich

Dr inż. Leszek KOWAL
Dr inż. Krzysztof TUREWICZ
Mgr inż. Piotr HELMRICH
Mgr inż. Karol NYGA
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Doskonalenie konstrukcji maszyn wyciągowych projektowanych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG

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

W artykule przedstawiono rozwój maszyn wyciągowych w oparciu o projekty zrealizowane w KOMAG-u oraz zaprezentowano nowe rozwiązania techniczne maszyn wyciągowych górniczych wyciągów szybowych. KOMAG jest jedną z nielicznych, krajowych instytucji, zajmujących się projektowaniem maszyn wyciągowych w zakresie części mechanicznej. Na przestrzeni sześćdziesięciu lat istnienia KOMAG-u efekty prac projektowych zaowocowały licznymi rozwiązaniami wdrożonymi w górniczych wyciągach szybowych w kraju, jak również za granicą. KOMAG współpracował i współpracuje nadal, w tym zakresie, z wieloma producentami i firmami, które wykonują zabudowę maszyn na obiektach. W artykule zaprezentowano, oprócz starszych rozwiązań, maszyny wyciągowe zaprojektowane i wdrożone w ostatnich latach.

S u m m a r y

A development of hoisting machines was presented in the paper on the basis of projects realized at KOMAG and new technical solutions of hoisting machines of mining shaft hoists were given. KOMAG is one of few Polish institutions, which design hoisting machines as regards their mechanical parts. Within 60 years of KOMAG's activity, many of its design solutions were implemented in mining shaft winders in Poland and abroad. KOMAG collaborated and still collaborates in this field with many manufacturers and companies, which install machines on the objects. Apart of former solutions, the hoisting machines, which were designed and implemented recently were presented in the paper.

1. Wprowadzenie

Podstawowym celem prac naukowych, badawczych i rozwojowych realizowanych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG jest tworzenie nowych rozwiązań, które przy współudziale partnerów przemysłowych, znajdują zastosowanie u użytkowników, którymi w głównej mierze są podziemne zakłady górnicze. Na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat KOMAG zawsze specjalizował się w projektowaniu maszyn i urządzeń przeznaczonych do stosowania w transporcie pionowym kopalń. Efektem myśli technicznej były projekty, a następnie wdrożenia szeregu maszyn wyciągowych, które niejednokrotnie eksploatowane są do chwili obecnej.

Od końca XX wieku wzrost zapotrzebowania na nowe inwestycje związane z koniecznością modernizacji istniejących górniczych wyciągów szybowych generował potrzebę modernizowania istniejących lub projektowania nowych maszyn wyciągowych. Zgodnie z powyższymi potrzebami KOMAG realizuje projekty maszyn wyciągowych, które spełniają coraz większe wymagania techniczne przyszłych użytkowników oraz standardy bezpieczeństwa zgodnie z wymaganiami przepisów.

2. Maszyny wyciągowe KOMAG-u XX wieku

W drugiej połowie XX wieku KOMAG stanowił wiodącą instytucję projektową, realizującą projekty nowych maszyn i urządzeń przeznaczonych dla górnictwa podziemnego, w tym w zakresie wyposażenia górniczych wyciągów szybowych.

Po II Wojnie Światowej rynek projektowania i produkcji maszyn wyciągowych podzielony był na dwie grupy: jedna, do której należały Zakłady Konstrukcyjno-Mechanizacyjne Przemysłu Węglowego (ZKMPW) (obecnie KOMAG), które zajmowały się projektowaniem małych i średniej wielkości maszyn wyciągowych (do średnic linpędni 3500 mm), których wykonawcą części mechanicznej była Rybnicka Fabryka Maszyn, oraz druga grupa, którą stanowił Zakład Urządzeń Technicznych ZGODA, wraz ze swoim biurem konstrukcyjnym, produkujący część mechaniczną dużych maszyn wyciągowych prądu stałego.

Wprowadzona typizacja małych i średnich maszyn wyciągowych miała na celu obniżenie kosztów produkcji i zaspokojenie potrzeb krajowego przemysłu wydobywczego. Zestawienie podstawowych parametrów typowych maszyn produkowanych ówcześnie zamieszczono w tabeli 1. Typizacja maszyn wiązała się z ujednoliceniem szeregu elementów i podzespołów maszyn wyciągowych. W tamtych latach na rynku nie było wyspecjalizowanych firm, które oferowałyby podzespoły do maszyn wyciągowych, zwłaszcza w części mechanicznej, spełniające stawiane im wymagania. Odnosiło się to do przekładni, sprzęgieł, zespołów hamulcowych, pulpitów sterowniczych, zespołów sprężarkowych i innych. Wszystkie te podzespoły produkowane były w Rybnickiej Fabryce Maszyn RYFAMA lub ZUT ZGODA.

Dane techniczne typowych maszyn wyciągowych [5]

Tabela 1

Dane techniczne	Symbol maszyny											
	B-1500 BB-1500 K-1500		B-2000 BB-2000 K-2000			B-2500 BB-2500 K-2500		B-3000 BB-3000 K-3000		B-3500 BB-3500 K-3500	
Średnica linopędni, mm	1500		2000			2500		3000		3500	
Szerokość bębna maszyny - jednobębnowej, mm - dwubębnowej, mm	600 500		750 600			900 750		1100 1000		1300 1150	
Prędkość ciągnienia m/s	2	3	2	3	4	3	4	4	6	4	6
Ciężar użyteczny w układzie dwuklatkowym, kG	1500		2000			3000		4000		5000	
Maksymalna siłą zrywająca linę - maszyny bębnowe kG - z kołem pędnym kG	35000 40000		50000 56000			66000 85000		90000 115000		115000 140000	
Maksymalna średnica liny - bębnowe, mm - z kołem pędnym, mm	23 24		25 28			30 34		36 40		40 44	
Zakres głębokości - bębnowe, m - z kołem pędnym, m	80 300		120 350			160 400		220 500		260 600	
Silnik napędowy - obroty nominalne, obr/min - moc maksymalna, kW - napięcie normalne, V	1000 55 500	1500 75 500	500 65 500	750 100 500	100 130 500	750 160 500	1000 200 6000	500 250 6000	750 400 6000	500 315 6000	750 500 6000

Opracowana przez Ministerstwo Górnictwa Węglowego norma resortowa RN-55/MG-62011 pt. „Maszyny wyciągowe z silnikami asynchronicznymi o prędkości ciągnienia do 4 m/sek", określała wymagania techniczne m.in. maszyn zestawionych w tabeli 1.

Oprócz zestawionych w tabeli 1 typowych maszyn wyciągowych, zaprojektowano w KOMAG-u i wykonano również inne maszyny wyciągowe, takie jak:

- KP-1400 – mała maszyna zaprojektowana z wyposażeniem ognioszczelnym przeznaczona do pomieszczeń zagrożonych wybuchem o dużym stopniu gazowości, prędkość ciągnienia 2 m/s, ciężar użyteczny 1600 kg, moc 100 KM lub 64 KM, (napęd powietrzny o ciśnieniu 0,4 MPa),
- BOB-5500 – maszyna dwubobinowa do głębienia szybów w zakresie 1000 m o średnicy nawojowej od 1350 mm do 5500 mm, średnia prędkość ciągnienia 8 m/s, ciężar użyteczny 3600 kg, moc 630 kW,
- WL4-2000 – maszyna czterolinowa do zabudowy na wieży o prędkości ciągnienia 8 m/s, ciężar użyteczny 4200 kg, moc 500 kW (rys. 2),
- K-4000/8 – maszyna jednolinowa o prędkości ciągnienia 8 m/s, ciężar użyteczny 4200 kg, moc 500 kW,
- K-4000/4 – maszyna jednolinowa o prędkości ciągnienia 4 m/s, ciężar użyteczny 2500 kg, moc 125 kW,
- BB-3500 – maszyna dwubębnowa o prędkości ciągnienia 6 m/s, ciężar użyteczny 5000 kg, moc 500 kW,
- BB-3000 – maszyna dwubębnowa o prędkości ciągnienia 4 m/s, ciężar użyteczny 4000 kg, moc 315 kW (rys. 1),
- BB-4000 – maszyna dwubębnowa o prędkości ciągnienia 6 m/s, ciężar użyteczny 5000 kg, moc 500 kW,
- B-3000 – maszyna jednobębnowa o prędkości ciągnienia 2 m/s, ciężar użyteczny 4000 kg, moc 130 kW.

Niektóre z tych maszyn wykonano tylko w jednym egzemplarzu, natomiast opracowane projekty stanowiły nieraz bazę do opracowania projektów kolejnych maszyn wyciągowych.

Pośród maszyn, które znalazły szersze zastosowanie i są eksploatowane do dnia dzisiejszego, są takie maszyny, jak: maszyna jednolinowa B-5000 (rys. 3) przeznaczona do głębienia szybów, która modernizowana w zakresie części zasilania napędu i sterowania spełnia w dalszym ciągu założone cele. Stosowana jest również, jako jednokońcowa maszyna wyciągowa do prowadzenia transportu i jazdy ludzi. Modernizację maszyny B-5000 w wyżej wymienionym zakresie zrealizowała firma MWM Elektro sp. z o.o. dostosowując ją do określonych wymagań górniczego wyciągu szybowego.

Oprócz maszyn wyciągowych w drugiej połowie XX wieku powstały również maszyny jednobębnowe B-1500A i B-1100A, które zabudowywane na niezależnych ramach są nadal stosowane, jako stacjonarne lub też, mocowane na platformach przewoźnych. Stały się mobilnymi maszynami wykorzystywanymi np. do prac pomocniczych w szybach i rewizji szybów.

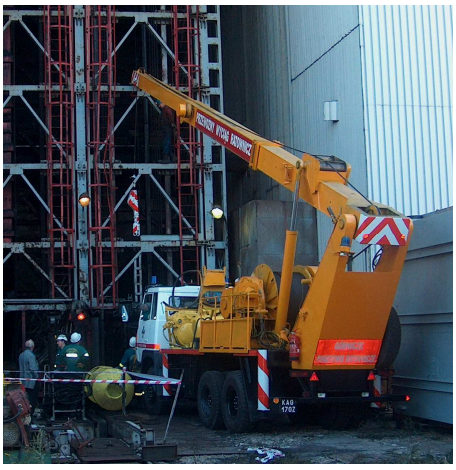
Maszyna B-650 zabudowana na podwoziu samochodowym do chwili obecnej jest czynna i stanowi wyposażenie Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego (rys. 4).

W KOMAG-u zaprojektowano również popularne wciągarki wolnobieżne KUBA-5 (rys. 5), KUBA-10 (rys. 6) wykonane co najmniej w kilkunastu egzemplarzach oraz powstały projekty i prototypy wciągarek KUBA-1 i KUBA-35.

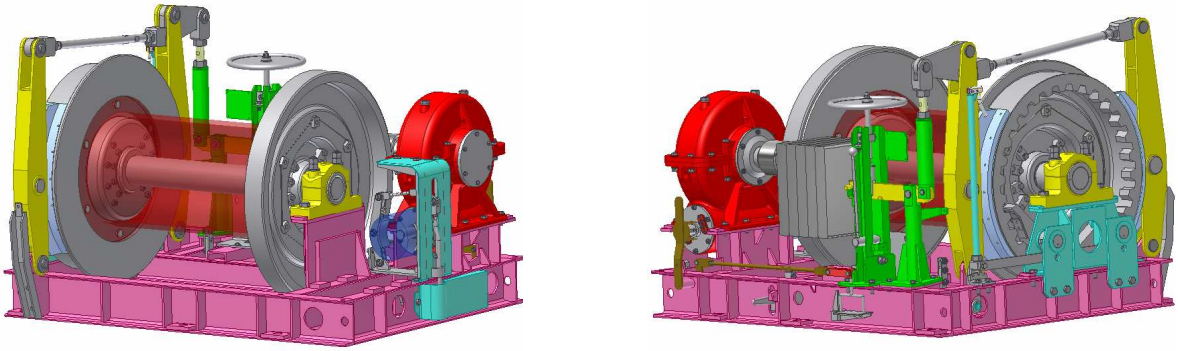
Rys.1. Maszyna BB-3000

Rys.2. Maszyna WL4-2000

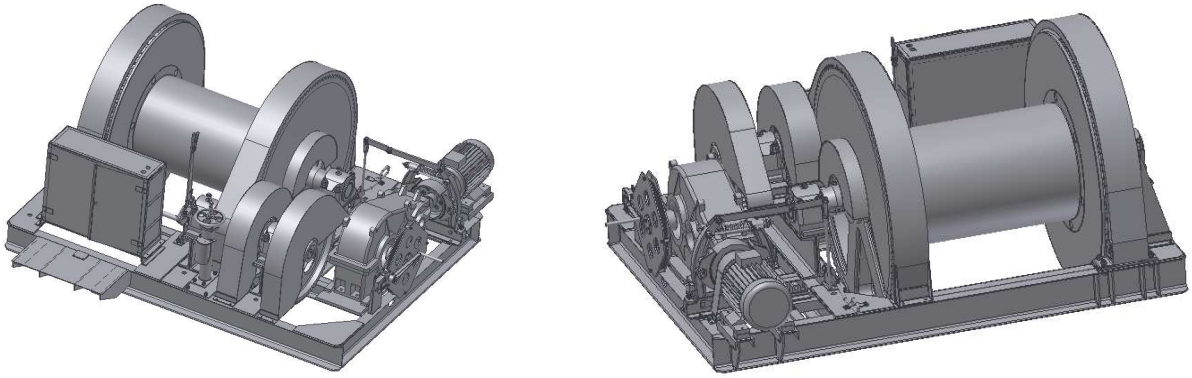
Rys.3. Maszyna B-5000



Rys.4. Wyciąg ratowniczy CSRG z wciągarką-650



Rys.5. Model wciągarki KUBA-5



Rys.6. Model wciągarki KUBA-10

Te i inne projekty maszyn wyciągowych realizowane były przez kilkudziesięciu osobowy zespół specjalistów (rys. 7) kierowany przez doc. dr inż. Tadeusza Zmysłowskiego oraz mgr inż. Aleksandra Leszczyńskiego. Ważną rolę w rozwoju maszyn wyciągowych odegrał również śp. mgr inż. Marcin Hudzik, który zajmował się atestacją maszyn wyciągowych.

Maszynę z napędem pośrednim wyposażono w silnik szybkoobrotowy prądu stałego i przekładnię zębatą firmy PIV. Bęben dwulinowy spawany połączony jest z wałem osadzonym w łożyskach tocznych baryłkowych dwurzędowych firmy SKF. Maszynę wyciągową wyposażono w hydrauliczny hamulec tarczowy, który tworzy hamulec główny działający na bęben z 6 parami

Rys.7. Zespół projektantów maszyn wyciągowych w KOMAG-u w latach 80. XX wieku

3. Maszyny wyciągowe KOMAG-u XXI wieku

W latach 90. XX wieku rozpoczął się okres modernizacji istniejących maszyn, jak i budowy nowych maszyn wyciągowych. To początek nowych projektów maszyn wyciągowych realizowanych w KOMAG-u

Głównym partnerem KOMAG-u w zakresie projektowania nowych maszyn wyciągowych jest firma MWM Elektro sp. z o.o. Wynikiem tej współpracy jest zrealizowanie i wdrożenie kilku nowych maszyn wyciągowych. KOMAG koncentruje się na projektowaniu części mechanicznej maszyn, natomiast firma MWM Elektro sp. z o.o. projektuje część elektryczną w zakresie napędu, zasilania i sterowania maszyny oraz zajmuje się wykonawstwem i wdrożeniem maszyny u użytkownika.

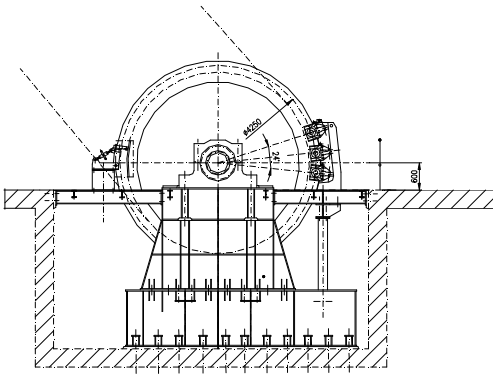
W 1999 roku zaprojektowano maszynę wyciągową 2L-4000/DC-6m/s, która zabudowana została w górniczym wyciągu szybowym szybu L-III KGHM Polska Miedź S.A. o/ZG Lubin (rys. 8). Maszyna ta, o dopuszczalnej transportowanej masie użytkowej 9500 kg, przeznaczona jest do transportu urobku i materiałów oraz jazdy ludzi w szybie o głębokości ciągnienia 610 m. Maszyna eksploatowana jest w układzie zrównoważonym, dwunaczyniowym klatka-klatka.

Maszynę 2L-4000/DC-6m/s zabudowano na zrębie szybu, w miejsce eksploatowanej wcześniej maszyny wyciągowej dwubębnowej, co wymagało zaprojektowania i zbudowania konstrukcji wsporczej fundamentowej, wiążącej maszynę z istniejącym fundamentem.

siłowników hamulcowych BSFG-408 oraz hamulec pomocniczy (napędu), który stanowi 1 para siłowników BSFH-210. Siłowniki firmy Svendborg Brakes zasilane są z hydraulicznego zespołu zasilająco-sterującego produkcji firmy MWM Elektro sp. z o.o.

Kolejną maszyną zaprojektowaną w 2000 r., w zakresie części mechanicznej, wspólnie przez KOMAG oraz firmę Proserw-Zgoda sp. z o.o. jest maszyna K-5000/DC-10m/s (rys. 9). Głównym realizatorem inwestycji była również firma MWM Elektro sp. z o.o., a maszynę zabudowano w górniczym wyciągu szybowym szybu L-I KGHM Polska Miedź S.A. o/ZG Lubin. Nowa maszyna zastąpiła dotychczas stosowaną maszynę ČKD.

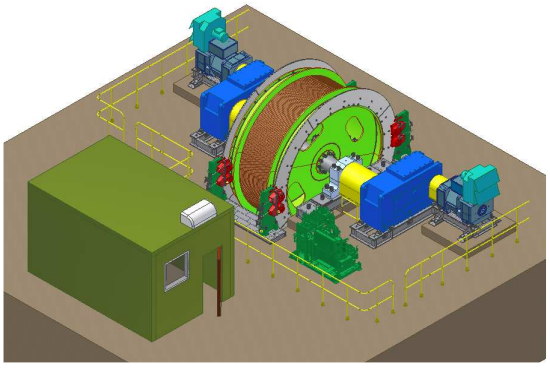
Specyfiką rozwiązania było założenie wykorzystania istniejącego silnika napędowego wolnoobrotowego i zamiana układu trzypodporowego wału głównego maszyny w układ dwupodporowy. Wirnik silnika połączony został z wałem bębna od strony linopędni pierścieniem pośrednim z połączeniem śrubowym. Pierścień pośredni osadzony na wale przenosi moment obrotowy poprzez kliny styczne. Drugi koniec wirnika wsparty został na wale poprzez pierścień rozprężny Ringfeder, który dodatkowo przenosi moment obrotowy pomiędzy silnikiem, a wałem głównym maszyny. Maszynę wyposażono w hydrauliczny hamulec tarczowy, oddziaływujący na dwie tarcze hamulcowe przymocowane do linopędni.

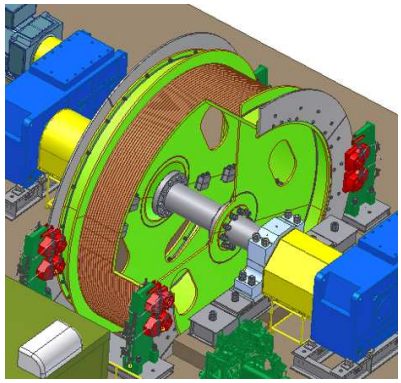


Rys.8. Maszyna wyciągowa 2L-4000/DC-6m/s

Rys.9. Maszyna wyciągowa K-5000/DC-10m/s

Rys.10. Wieża szybu Guido kopalni M-300 i maszyna wyciągowa B-1200/AC-2m/s





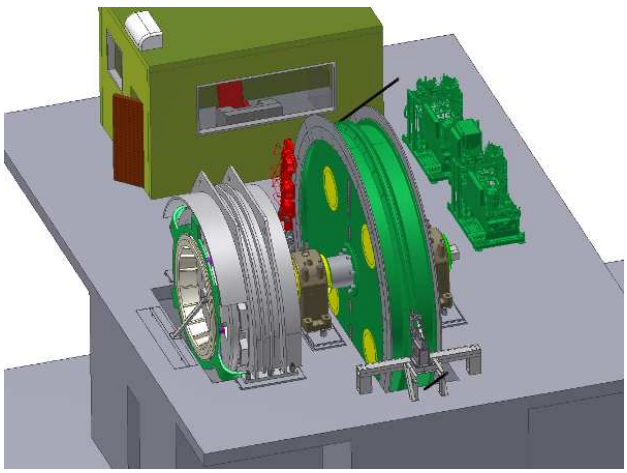
Rys.11. Model 3D maszyny wyciągowej B-4300/DC-8m/s

Zespół hamulca stanowi 6 par siłowników BSFG-408 firmy Svendborg Brakes, które zasilane są i sterowane elektrohydraulicznym zespołem sterowania firmy MWM Elektro sp. z o.o. W realizacji obu projektów ważną rolę odegrał prof. S. Bućko z Politechniki Krakowskiej, który jako jeden z pierwszych zajmował się zastosowaniem metody elementów skończonych MES w projektowaniu linopędni maszyn wyciągowych górniczych wyciągów szybowych. Wyniki analiz wytrzymałościowych w obu przypadkach nakreślały wymagania odnoszące się do konstrukcji linopędni 2L-4000 oraz K-5000.

Kolejnym projektem maszyny wyciągowej zrealizowanym w KOMAG-u w 2004 r. był projekt maszyny bębnowej B-1200/AC-2m/s (rys. 10), która wykonana w dwóch egzemplarzach zastosowana została w szybie Guido kopalni M-300 w Zabrzu. Obie maszyny zabudowano na wieży górniczego wyciągu szybowego, przy czym jedna z maszyn obsługuje szyb od zrębu szybu do poziomu 170 m, a druga obsługuje szybik Guido, pomiędzy poziomami 170 m, a 320 m.

Maszyna zabudowana na ramie napędzana jest silnikiem szybkoobrotowym prądu zmiennego, poprzez przekładnię kątową przenosząc napęd na wał główny z bębnem nawojowym. Wał osadzony jest w łożyskach tocznych firmy SKF. Prawidłowe nawijanie liny na bęben realizowane jest dzięki zastosowaniu wykładziny stalowej, z równoległym rowkowaniem i podwójnym skośnym przejściem liny produkcji firmy Lebus. Podobnie jak w przypadku dwóch wcześniej prezentowanych maszyn głównym realizatorem inwestycji była firma MWM Elektro sp. z o.o., która projektowała część elektryczną zasilania i sterowania oraz wyposażała hamulec maszyny w swój elektrohydrauliczny zespół zasilająco-sterujący.

W 2009 roku rozpoczęto, wspólnie z MWM Elektro sp. z o.o., prace koncepcyjne i projektowe dwóch maszyn wyciągowych: maszyny bębnowej B-4300/DC-8m/s (rys. 11) oraz maszyny typu Koepe K-6000/DC-16m/s (rys. 12).



Rys.12. Model 3D maszyny wyciągowej K-6000/DC-16m/s

Maszyna B-4300/DC-8m/s, bębnowa jednokońcowa przewidziana jest głównie do zastosowania przy głębieniu szybów górniczych. Może być również stosowana jako maszyna do prowadzenia regularnego ruchu w wyciągu szybowym. Maszyna wyciągowa przeznaczona jest do głębokości 1500 m i udźwigu maksymalnym 240 kN. Maszyna z napędem pośrednim zdwojonym wyposażona jest w dwa silniki o mocy 1000 kW oraz dwie przekładnie główne zębate przenoszące napęd z silnika na wał główny z bębnem nawojowym. Wał główny osadzony jest w łożyskach tocznych baryłkowych dwurzędowych firmy SKF. Bęben jest konstrukcji dzielonej, co ułatwia transport, zwłaszcza w przypadku maszyny wykorzystywanej do głębienia szybów i zastosowania jej w kilku różnych miejscach zabudowy.

W celu zagwarantowania prawidłowego nawijania liny, bęben wyposażono w wykładzinę firmy Lebus. Pierwszy prototypowy egzemplarz maszyny jest obecnie wykonywany w zakładzie wytwórczym. Maszyna typu B-4300/DC-8m/s prawdopodobnie zostanie wykonana, w co najmniej kilku egzemplarzach. Maszyna ta zastąpi zaprojektowaną w latach 60. XX wieku w KOMAG-u maszynę wyciągową B-5000 z hamulcami pneumatycznymi, przewidzianą do głębienia szybów i stosowaną przez wiele firm do chwili obecnej. Maszyna B-4300/DC-8m/s posiada wyższe parametry udźwigu i głębokości ciągnienia niż maszyna B-5000 oraz wyposażona jest w nowocześniejsze rozwiązania techniczne układów sterowania i zabezpieczeń, powszechnie stosowanych obecnie w maszynach wyciągowych.

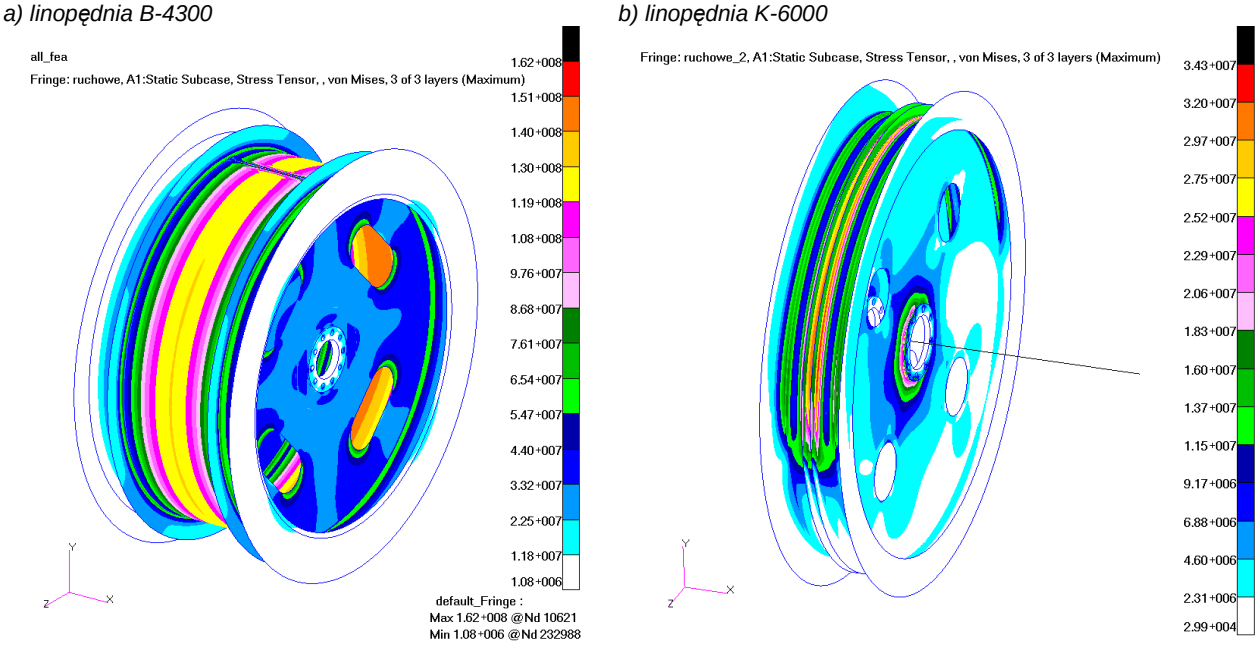
Maszyna K-6000/DC-16m/s przeznaczona jest do zastosowania w górniczym wyciągu szybowym szybu Piotr kopalni Mysłowice-Wesoła Katowickiego Holdingu Węglowego S.A. Maszyna w układzie dwukońcowym, z dwoma klatkami, przewidziana jest do prowadzenia transportu urobku lub materiałów o masie 10000 kg oraz jazdy ludzi do głębokości 865 m. Maszyna zabudowana zostanie na istniejącym fundamencie maszyny wyciągowej, w miejsce wcześniej eksploatowanej maszyny wyciągowej firmy ČKD. Maszyna z wałem dwupodporowym, osadzonym w łożyskach ślizgowych, posiada dzielone koło pędne i zawieszony na końcu wału wirnik silnika PW-114 o mocy 2000 kW.

Obie maszyny, B-4300/DC-8m/s oraz K-6000/DC-16m/s wyposażone będą w układy zasilania napędów oraz sterowania i zabezpieczeń maszyny opracowane prze firmę MWM Elektro sp. z o.o. Obie posiadać będą hydrauliczne hamulce tarczowe z siłownikami typowymi dla maszyn wyciągowych typu BSFG-408 firmy Svendborg Brakes oraz zespołami zasilająco-sterującymi hamulców firmy MWM Elektro sp. z o.o.

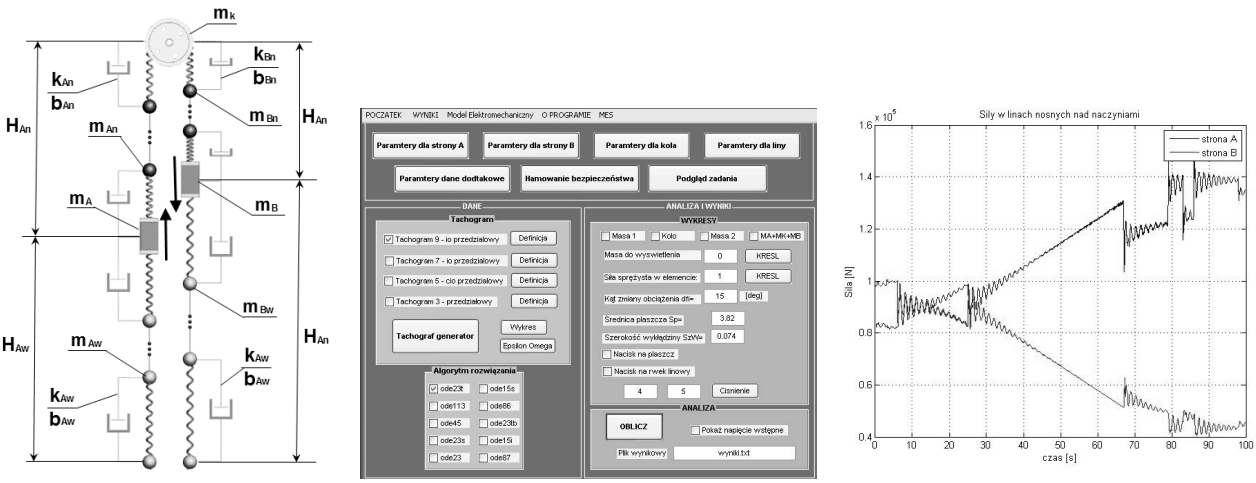
Przy projektowaniu obu maszyn zastosowano metodę wirtualnego prototypowania opartą o modelo-

a) linopędnia B-4300

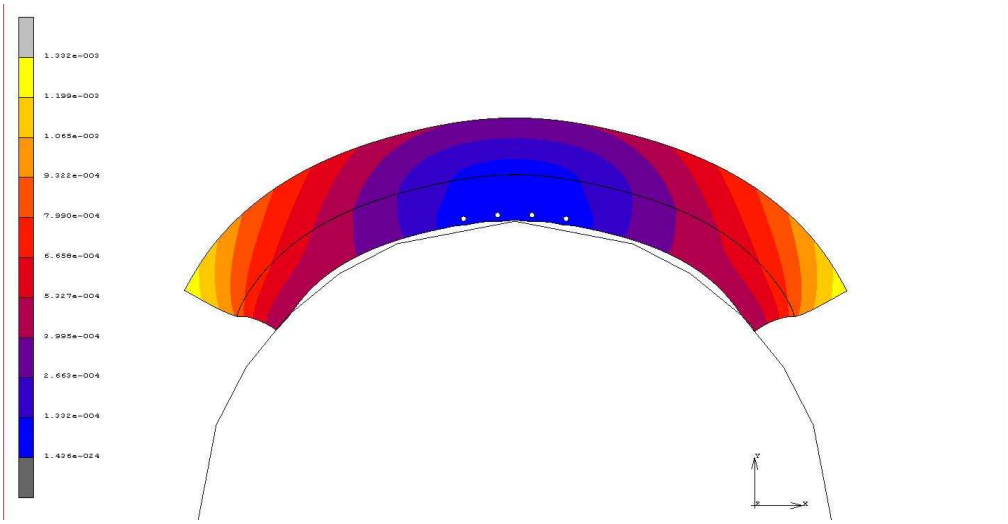
b) linopędnia K-6000



Rys.13. Wyniki analiz numerycznych MES – mapy naprężeń zredukowanych w linopęniach



Rys.14. Oprogramowanie do wyznaczania obciążeń linopędni z uwzględnieniem zjawisk dynamicznych



Rys.15. Mapa odkształceń segmentu tarczy hamulcowej w wyniku jej nagrzewania

wanie maszyn 3D w oprogramowaniu AIS. Analizy wytrzymałościowe obu linopędni przeprowadzono w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, przy zastosowaniu oprogramowania MSC Nastran, wykorzystującego do obliczeń metodę elementów skończonych (MES) (rys. 13).

4. Podsumowanie

W zakresie projektowania nowych maszyn wyciągowych KOMAG realizuje potrzeby rynku, proponując nowe rozwiązania dedykowane do określonych wymagań zamawiającego.

W ostatnich latach daje się zauważyć rosnące zapotrzebowanie na nowe maszyny wyciągowe, jak również, na modernizacje istniejących maszyn wyciągowych.

Oprócz wdrażanych nowych maszyn, opartych na projektach KOMAG-u, przygotowywane są obecnie liczne dokumentacje ofertowe kolejnych rozwiązań maszyn wyciągowych.

Zaplecze techniczne będące w posiadaniu KOMAG-u stosowane w projektowaniu maszyn wyciągowych, jak i wiedza i umiejętności specjalistów pozwalają stosować w fazie projektowania najnowsze metody projektowe oparte na metodzie wirtualnego prototypowania maszyn.

Narzędzia wspomagające obliczenia niezbędne do zaprojektowania konstrukcji umożliwiają wykonywanie szeregu analiz, pozwalających np. wyznaczać dynamiczne obciążenia maszyny wyciągowej (rys. 14) w określonych warunkach ruchu górniczego wyciągu szybowego. Pozwalają również wykonywać obliczenia wytrzymałościowe złożonych konstrukcji linopędni (kół i bębnów pędnych, jak i bębnów nawojowych) oraz analizować zjawiska cieplne zachodzące na styku pary ciernej hamulca w trakcie tzw. hamowania bezpieczeństwa, jak i skutki nagrzewania się tarcz hamulcowych (rys. 15).

Zaprezentowane przykłady to efekt transferu wiedzy będącej wynikiem badań doświadczalnych i prac badawczych oraz rozwojowych, jak również działalności statutowej KOMAG-u.

Literatura

1. Kowal L.: Działalność KOMAG-u w latach 1980-2009 w zakresie transportu pionowego. Transport szybowy, Wydawnictwo KOMAG, Gliwice 2009.
2. Kowal L, Turewicz K.: Projektowanie zestawów wałów głównych maszyn wyciągowych z wykorzystaniem nowoczesnych technik komputerowych. Maszyny Górnicze nr 93, 2003, s. 27-36.
3. Tejszerska D., Turewicz K.: Obliczenia wytrzymałościowe linopędni maszyn wyciągowych z uwzględnieniem wybranych obciążeń dynamicznych. Prace naukowe – Monografie KOMAG 2009.
4. Tejszerska D., Turewicz K., Helmrich P., Niedworok A.: Modelowanie i badania weryfikacyjne elementów górniczego wyciągu szybowego. ZNT Katedry Transportu Linowego AGH nr 41, Kraków 2007.
5. Zmysłowski T.: Maszyny wyciągowe z napędem asynchronicznym. Dane techniczne i konstrukcja. Wydawnictwo ZKMPW, Gliwice 1962.
6. Zmysłowski T.: Górnicze maszyny wyciągowe – część mechaniczna. Wydawnictwo Śląsk, Katowice-Warszawa 2004.
7. Dokumentacja techniczna ZKMPW/KOMAG

*) *Fotografie i rysunki zaczerpnięte z materiałów archiwalnych: Instytutu Techniki Górniczej KOMAG Zakład BDW oraz MWM Elektro sp. z o.o.*

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Adam Klich

Dr inż. Marek LENARTOWICZ
Dr inż. Piotr MATUSIAK
Mgr inż. Daniel KOWOL
Michał ŁAGÓDKA
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Innowacyjne rozwiązanie klasyfikatora pulsacyjnego do oczyszczania surowców mineralnych

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

Coraz wyższe wymagania odbiorców surowców mineralnych wymusiły produkcję kruszywa o lepszej jakości zgodnie z kryteriami efektywności i ochrony środowiska. Skuteczne oddzielenie zanieczyszczeń poprawia jego jakość. W tym celu opracowano innowacyjne rozwiązanie, jakim jest klasyfikator pulsacyjny. W artykule przedstawiono i opisano technologię oraz zasadę działania klasyfikatora. Zaprezentowano wersje rozwiązań konstrukcyjnych i przykłady wdrożeń klasyfikatorów. Omówiono wpływ parametrów regulacyjnych na skuteczność wydzielania zanieczyszczeń.

S u m m a r y

Production of aggregates of better quality according to criteria of effectiveness and environment protection was forced by tougher requirements of receivers of raw minerals. Effective separation of impurities improves the aggregates quality. Innovative solution in a form of pulsating classifier was developed fro that purpose. Technology and principle of operation of the classifier were presented and described in the paper. Different solutions and examples of implementation of classifier were presented. Impact of control parameters on efficiency of separation of impurities was discussed.

1. Wprowadzenie

Rosnące wymagania odbiorców w zakresie jakości klasyfikacji kruszyw mineralnych wykorzystywanych w różnych gałęziach gospodarki, wymusiły realizację procesów klasyfikacji, płukania i rozdzielania frakcji żwirowych od piaskowych. Do końca lat 90. XX wieku brak było w kraju urządzeń polskiej produkcji, które spełniałyby powyższe cele w zadawalającym stopniu.

W związku z powyższym w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, w ramach projektu celowego numer 6 T07 045 2001 C/5462, pt.: „Instalacja do produkcji naturalnych kruszyw płukanych – pulsacyjny klasyfikator kruszyw naturalnych" dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych, opracowano nową konstrukcję urządzenia do rozdziału kruszyw naturalnych, a jego prototyp zabudowano w kopalni kruszyw „Dębówko", wchodzącej w skład Szczecińskich Kopalń Surowców Mineralnych S.A.

Wieloletnie doświadczenia z zakresu osadzarek do wzbogacania węgla kamiennego umożliwiły modyfikację i dostosowanie osadzarki do rozdziału i oczyszczania nadaw żwirowo-piaskowych [1, 3].

Powstała konstrukcja klasyfikatora, która jest w pełni rozwiązaniem innowacyjnym, i której zasada działania opiera się na typowym procesie wzbogacania minerałów poprzez rozwarstwienie w pulsacyjnym ośrodku wodnym odpowiednio przygotowanej nadawy, wg jej składu ziarnowego oraz gęstości składników.

Do podstawowych zalet klasyfikatora pulsacyjnego należy zaliczyć:

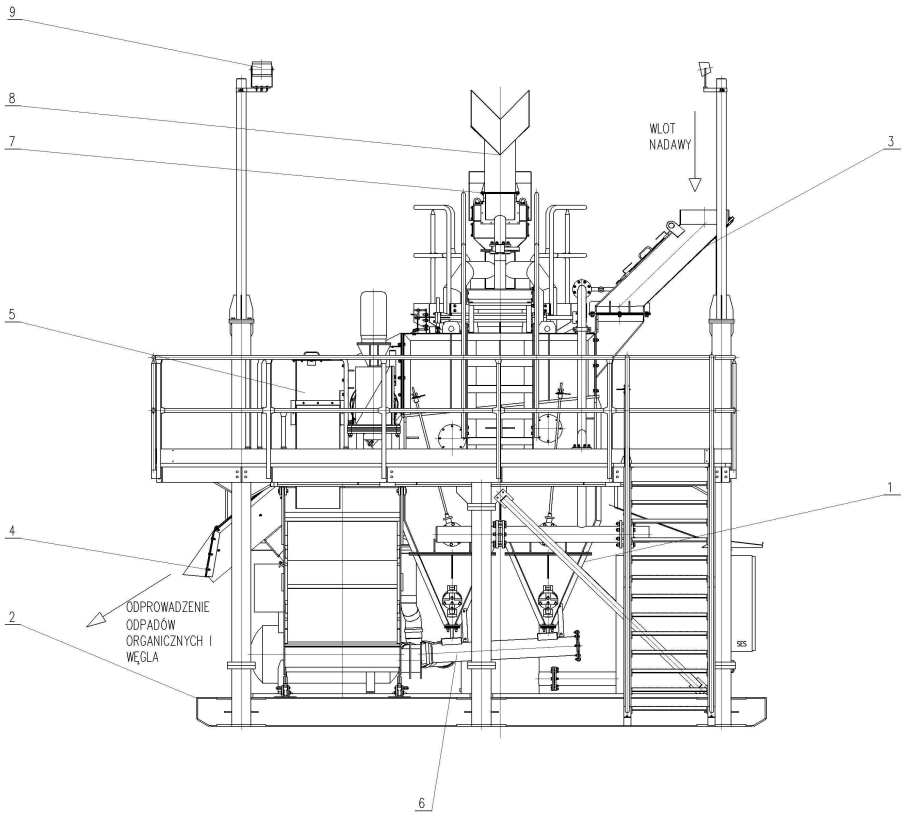
- możliwość doboru parametrów cyklu pulsacji wody do zmiennych parametrów technologicznych nadawy, co pozwala na skuteczny rozdział i oczyszczanie frakcji żwirowo-piaskowej,
- automatyczne sterowanie procesem technologicznym,
- dostosowanie parametrów technologicznych produktów do wymagań odbiorcy,
- produkcja piasku i żwiru spełniającego wymagania norm jakościowych,
- bezobsługowa eksploatacja urządzenia,
- możliwość dostosowania konstrukcji do wymagań konkretnych odbiorców.

2. Budowa i zasada działania klasyfikatora

Klasyfikator pulsacyjny przeznaczony jest do rozdziału nadawy żwirowo-piaskowej o granulacji 16-2 (0) mm na dwa produkty oraz wydzielania zanieczyszczeń organicznych i mineralnych z pozyskiwanych kruszyw.

Klasyfikator składa się z następujących elementów (rys. 1):

1 - komory roboczej klasyfikatora pulsacyjnego,
2 - podbudowy klasyfikatora z podestem obsługi i schodami,
3 - zsuwni nadawy,
4 - zsuwni odprowadzenia żwiru,
5 - koryta przelewu odpadów,
6 - instalacji odprowadzającej wodę i piasek z lejków,



Rys.1 Klasyfikator pulsacyjny K101 [5]

7 - zaworu pulsacyjnego ZP-4,

8 - tłumika wylotu powietrza,

9 - oświetlenia klasyfikatora

Jak już wspomniano zasada działania klasyfikatora opiera się na typowym procesie wzbogacania grawitacyjnego minerałów i polega na rozwarstwieniu, w pulsacyjnym ośrodku wodnym, odpowiednio przygotowanej nadawy, według jej składu ziarnowego oraz gęstości składników.

Produktem koncentratowym urządzenia są ziarna żwirowe o zmniejszonych udziałach zanieczyszczeń i ziaren piaskowych, natomiast produktem odpadowym ziarna piaskowe i zanieczyszczenia. Produkt koncentratowy wyprowadzany jest na końcu koryta roboczego z poziomu jego pokładu sitowego za pomocą wynoszącego odbieralnika obrotowego. Produkt odpadowy odprowadzany jest przez krawędź progu przelewowego koryta roboczego oraz przez otwory stożków wypływowych usytuowanych w dolnej części klasyfikatora.

Prawidłową pracę klasyfikatora zapewnia system elektronicznego sterowania, który umożliwia sterowanie charakterystyką pulsacji wody i odbiorem oczyszczonego żwiru.

Dodatkowe wyposażenie klasyfikatora stanowią: sprężarka śrubowa oraz dmuchawa powietrza roboczego.

3. Układy regulacji czynników procesowych klasyfikatora pulsacyjnego

3.1. Regulacje powietrza roboczego

Parametry ruchu pulsacyjnego wody w komorze roboczej klasyfikatora uzyskiwane w procesie oczyszczania nadaw żwirowych i żwirowo-piaskowych uzależnione są od wielu wzajemnie na siebie oddziaływujących czynników. W wyniku naprzemiennego wprowadzania i odprowadzania sprężonego powietrza do podsitowych komór pulsacyjnych, powodujących przepływy wody pomiędzy wyżej wymienionymi komorami, a komorą roboczą, następują oscylacyjne zmiany wysokości położenia lustra wody w obydwu rodzajach komór klasyfikatora. Częstotliwość tych zmian oraz udziały w pojedynczym cyklu pulsacji wody faz wznoszenia i opadania strumienia wody oraz przerwy między nimi są zależne od wartości wprowadzanych nastaw w elektronicznym układzie sterującym działaniem zespołu zaworów pulsacyjnych rozrządu sprężonego powietrza.

Podczas regulacji technologicznych dokonywanych przez dobór nastaw działania zaworów pulsacyjnych uwzględniane są dwa istotne parametry procesowe, tj. skuteczność rozdziału oraz wydajność urządzenia. W związku z tym, że zarówno rozdział cząstek lekkich od kruszywa, jak i transport materiału wzdłuż komory roboczej, możliwy jest jedynie wtedy, gdy pod wpływem przepływu strumienia wznoszącego wody następuje rozluzowanie warstwy łoża, udział tej fazy ruchu

pulsacyjnego wody jest największy. Udział fazy, w której następuje ruch opadający strumienia wody jest ograniczony do niezbędnego minimum wymaganego do odprowadzenia z komory pulsacyjnej zużytego powietrza do atmosfery.

Oprócz regulacji faz pracy zaworów rozrządu sprężonego powietrza, w klasyfikatorze pulsacyjnym możliwe jest sterowanie natężeniem jego przepływu za pomocą ręcznych zaworów zabudowanych w kolektorach wlotowo-wylotowych powietrza, oddzielnych dla każdej z dwóch komór pulsacyjnych. Dla intensyfikacji ruchu pulsacyjnego w pierwszej części komory roboczej, gdzie warstwa łoża jest najniższa, a operacja rozwarstwiania przebiega dzięki temu w sposób najskuteczniejszy, stosowane jest pełne otwarcie zaworu. Zasilanie drugiej komory pulsacyjnej położonej bliżej progu przelewowego jest ograniczane w celu minimalizacji negatywnego wpływu zmian pracy odbieralnika produktu żwirowego na stabilność warstwy rozdzielczej położonej przy przelewie produktu lekkiego [4].

3.2. Regulacje wody dolnej

Ilość wody dolnej dostarczanej pod komory pulsacyjnej jest regulowana przez główny zawór przepustnicowy oraz dodatkowo poprzez dwa oddzielne zawory przepustnicowe różnicujące przepływ wody pomiędzy dwiema komorami pulsacyjnymi.

W celu uzyskania właściwego rozluzowania materiału regułą jest maksymalizacja dopływu wody dolnej do pierwszej części klasyfikatora. Powyższy zabieg pozwala na uzyskanie poziomej składowej strumienia wody, korzystnie wpływając na wzrost prędkości transportu materiału wzdłuż koryta roboczego. Otrzymana dzięki temu tendencja do zmniejszania się grubości łoża w pierwszej części koryta roboczego poprawia warunki, w których odbywa się operacja rozwarstwiania ze względu na większe rozluzowanie materiału i krótszą drogę wynoszenia cząstek lekkich.

Ilość wody przepływającej przez łoże klasyfikatora i odprowadzanej z niego przelewem jest zależna od parametrów nadawy. Wraz ze wzrostem trudności rozdziału cząstek o mniejszej gęstości od kruszywa wymagane jest stosowanie większego natężenia strumienia wody przepływającego wzdłuż koryta roboczego dla odprowadzenia przelewem zanieczyszczeń oraz intensyfikacja strumienia wznoszącego wody podczas ruchu pulsacyjnego dla wydłużenia czasu rozluzowania łoża.

Prawidłowy dobór wartości natężenia dopływu wody dolnej powinien zapewniać również stałe utrzymywanie materiału w korycie roboczym pod lustrem wody dla całego stosowanego zakresu wydajności klasyfikatora przy uwzględnieniu wypływu wraz z produktem żwirowym podczas pracy odbieralnika obrotowego [4].

3.3. Regulacje operacji rozdziału i odprowadzania produktów

Podczas procesu oczyszczania kruszywa, operacja odprowadzania produktów z przestrzeni roboczej klasyfikatora jest szczególnie istotna ze względu na niską zawartość substancji lekkich, których osadzanie się w łożu nie prowadzi do utworzenia jednorodnej warstwy.

Ustalenie położenia warstwy rozdzielczej oraz minimalnej grubości dokonywane przez regulację położenia czujników zbliżeniowych systemu sterowania pozwalających na dostosowanie tych wielkości do gęstości i rozmiaru oddzielanych zanieczyszczeń. Jej celem jest otrzymanie odpowiedniego natężenia przepływu strumienia wody nad warstwą żwirową oraz krawędzią progu przelewowego pozwalającego na transport i odprowadzanie zanieczyszczeń. Wpływ poziomu stabilizowanej warstwy rozdzielczej na operację odprowadzania produktu górnego powoduje, że wraz ze wzrostem rozmiaru i gęstości cząstek zanieczyszczeń wymagane jest zmniejszanie różnicy wysokości pomiędzy wyżej wymienioną warstwą a krawędzią progu przelewowego oraz jednoczesne zwiększanie natężenia przepływu i ruchu pulsacyjnego wody.

Doświadczenia z prac regulacyjnych wykazały okresowość w odprowadzaniu produktu żwirowego, która jest charakterystyczna w trakcie eksploatacji klasyfikatora pulsacyjnego przy zmniejszonym obciążeniu nadawą. Takie działanie nie wpływa negatywnie na skuteczność rozdziału, o ile czas przerw w odbiorze jest na tyle krótki, że nie powoduje spiętrzenia się materiału (wzrostu zagęszczenia łoża) w komorze roboczej. Krótkotrwałe zatrzymanie odbieralnika obrotowego powoduje największy wzrost zagęszczenia w kanale odbiorczym łączącym go z komorą oraz zwiększenie natężenia przepływu wody na przelewie, co ułatwia odprowadzanie ponad progiem zanieczyszczeń zgromadzonych na końcu komory roboczej i osadzonych na warstwie żwirowej. Realizowana w ten sposób operacja odprowadzania produktów pozwala optymalizować zużycie wody [4].

4. Wdrożenia klasyfikatorów pulsacyjnych [5]

Prototyp klasyfikatora zabudowano i uruchomiono w roku 2002 w kopalni kruszyw „Dębówko", należącej do Szczecińskich Kopalń Surowców Mineralnych S.A. Prowadzone na terenie KK „Dębówko" prace wdrożeniowe polegały na włączeniu prototypu klasyfikatora do ciągu technologicznego zakładu w systemie bezobsługowym, oraz doskonalenie przebiegu podstawowych procesów technologicznych mających wpływ na skuteczność wydzielania zanieczyszczeń organicznych.

Doświadczenia z badań prototypu klasyfikatora były podstawą do wdrożenia do eksploatacji jego dwóch egzemplarzy na różnych obiektach przemysłowych (2005 r.).

Rys.2. Klasyfikator K-100 w Borzęcinie [5]

Rys.3. Klasyfikator K-100 w Suwałkach [5]

Rys.4. Klasyfikator K-100 w Januszkowicach [5]

Rys.5. Klasyfikator K-100 w Zdzieszowicach [5]

Rys.6. Klasyfikator K-150 w Bierawie [5]

Rys.7. Klasyfikator K-80 w okolicach Lublina [5]

W nowo wybudowanej Żwirowni KSM sp. z o.o. w Borzęcinie, należącej do CEMEX Polska (rys. 2) wdrożono klasyfikator wykorzystywany do oczyszczania nadawy żwirowo-piaskowej, w klasie ziarnowej 16-2 mm, głównie z zanieczyszczeń organicznych.

W Zakładzie Produkcji Kruszyw i prefabrykatów w Suwałkach, należącym do PPMD KRUSZBET S.A., wdrożono kolejny klasyfikator. W ramach projektu „Linia technologiczna do produkcji betonu i urządzenie do oczyszczania kruszyw z zanieczyszczeń" dofinansowanego w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, wybudowano nowy układ technologiczny, a klasyfikator (rys. 3) zastosowano do oczyszczania nadawy żwirowo-piaskowej z występujących w niej głównie zanieczyszczeń mineralnych.

W następnych latach wdrożono kolejne egzemplarze klasyfikatorów pulsacyjnych.

W roku 2007 uruchomiono klasyfikator pulsacyjny na terenie Żwirowni PRInż. Surowce sp. z o.o. w Januszkowicach, przejętej następnie przez CEMEX Polska. Tu po raz pierwszy klasyfikator został posadowiony na własnej mobilnej konstrukcji (rys. 4).

W tym samym roku nastąpił również rozruch kolejnego urządzenia w Zakładzie Produkcji Betonów w Zdzieszowicach, należącym do Przedsiębiorstwa Usługowo Handlowego „M +" sp. z o.o. w Kędzierzynie Koźlu (rys. 5). W obydwu przypadkach urządzenie zostało wykorzystane do wydzielania z nadawy zanieczyszczeń organicznych. Nowością było zastosowanie zsuwni rozprowadzającej nadawę oraz zsuwni odwadniającej produkt żwirowy, oraz regulowanej zsuwni odwadniającej odpady.

W wyniku prowadzonych prac rozwojowych w kolejnym roku skonstruowano klasyfikator pulsacyjny o zwiększonej wydajności do 150 t/h (K-150), który wdrożono w Żwirowni Bierawa, należącej do CEMEX Polska (rys. 6).

Najnowsza realizacja wzbogacalnika do żwiru to klasyfikator pulsacyjny K-80 zainstalowany w Żwirowni Rokitno, w którym kruszywo zanieczyszczone jest ziarnami kredowymi o wysokiej gęstości (rys. 7). Klasyfikator ten wykorzystywany jest do oddzielnego oczyszczania nadawy żwirowej w dwóch klasach ziarnowych 16–8 oraz 8–2 mm.

W roku 2010 zmodernizowano klasyfikator K-100 nazwany klasyfikatorem pulsacyjnym K-101. Zmieniono w nim m.in. zawór pulsacyjny oraz zastosowano niezależne sterowanie układu doprowadzenia powietrza roboczego. Zastosowano nowy algorytm pracy klasyfikatora, zainstalowano skuteczniejszy tłumik, zmodernizowano urządzenie odbioru produktu. Wprowadzono szereg zmian i ulepszeń służących większemu zakresowi parametrów regulacyjnych, a co za tym idzie uzyskaniu lepszej skuteczności oczyszczania żwiru.

We wszystkich wdrożeniach klasyfikatora pulsacyjnego osiągnięto sprawność wydzielania zanieczyszczeń na poziomie 90-96% [5], co pozwoliło na uzyskiwanie produktu żwirowego o wymaganych parametrach jakościowych.

5. Podsumowanie

Wieloletnie doświadczenia Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w konstruowaniu i doborze technologicznym osadzarek do wzbogacania węgla kamiennego umożliwiły modyfikację i dostosowanie konstrukcji osadzarki do rozdziału i oczyszczania nadaw żwirowo-piaskowych [1, 3].

Powstała konstrukcja klasyfikatora jest rozwiązaniem o charakterze innowacyjnym, a jego zasada działania opiera się na typowym procesie wzbogacania minerałów, poprzez rozwarstwianie w pulsacyjnym ośrodku wodnym odpowiednio przygotowanej nadawy, wg jej składu ziarnowego oraz gęstości składników.

Klasyfikator pulsacyjny przeznaczony jest do rozdziału i wydzielania zanieczyszczeń organicznych i mineralnych z kruszyw naturalnych ze szczególnym uwzględnieniem nadawy żwirowo-piaskowej o granulacji 16–2(0) mm.

Zastosowane rozwiązania konstrukcyjne klasyfikatora pulsacyjnego umożliwiają jego zabudowę i eksploatację w ciągu technologicznym dowolnego zakładu produkcji kruszyw. Klasyfikator ten pozwala na produkcję piasku i żwiru spełniającego wymagania jakościowe oraz dostosowanie parametrów technologicznych produktów do wymagań rynku.

Zastosowane w klasyfikatorze innowacyjne rozwiązanie systemu elektronicznego sterowania i zaworu pulsacyjnego nowej generacji umożliwia:

- dobór parametrów cyklu pulsacji wody do zmiennych parametrów technologicznych nadawy żwirowo-piaskowej,
- automatyczne sterowanie i kontrolę procesu technologicznego,
- bezobsługową eksploatację.

Dzięki temu uzyskuje się wysoką skuteczność rozdziału produktów oraz wydzielania zanieczyszczeń organicznych i mineralnych. Niewątpliwą zaletą klasyfikatora typu KOMAG jest możliwość dostosowania konstrukcji do wymagań konkretnego odbiorcy, pod względem warunków przestrzennych miejsca zabudowy oraz oczekiwanej wydajności i jakości produktów handlowych, co daje gwarancję wysokiej funkcjonalności [1].

Klasyfikator pulsacyjny jest krajowym urządzeniem o nowatorskim rozwiązaniu, pozwalającym na otrzymanie produktów handlowych spełniających wymagania norm PN oraz ISO i zaspokajających wymagania

rynku, konkurencyjnym cenowo w porównaniu do podobnych urządzeń zagranicznych producentów.

Zastosowanie wyżej wymienionego urządzenia do klasyfikacji i oczyszczania nadaw żwirowo-piaskowych powoduje wymierne korzyści ekonomiczne w wyniku różnic w cenie kruszywa klasyfikowanego (płukanego) w stosunku do niesortu.

Dzięki swojej funkcjonalności oraz dostosowania konstrukcji do konkretnych wymagań odbiorcy przeprowadzono dotychczas siedem wdrożeń klasyfikatora pulsacyjnego. Prowadzone są prace udoskonalające, prowadzące do kolejnych wdrożeń.

Literatura

1. Osoba M., Lutyński A.: Nowa generacja osadzarek pulsacyjnych typu KOMAG do pozyskiwania żwiru i piasku. Maszyny Górnicze nr 2, 2004.
2. Osoba M.: Osadzarki wodne pulsacyjne typu KOMAG do przeróbki kruszyw naturalnych, KOMEKO 2006 Innowacyjne systemy przeróbcze surowców mineralnych. CMG KOMAG, Gliwice 2006.
3. Osoba M.: Nowe osadzarki wodne pulsacyjne KOMAG w instalacjach do przeróbki węgla kamiennego i kruszyw mineralnych. KOMEKO 2008 Innowacyjne i przyjazne dla środowiska systemy przeróbcze surowców mineralnych, CMG KOMAG, Gliwice 2008.
4. Określenie skuteczności rozdziału w klasyfikatorach pulsacyjnych typu KOMAG i opracowanie bazy danych w zakresie ich parametrów technologiczno-konstrukcyjnych. Materiały nie publikowane Instytutu Techniki Górniczej.
5. Prace statutowe Instytutu Techniki Górniczej KOMAG 2002-2010.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Aleksander Lutyński

Dr inż. Marek LENARTOWICZ
Dr inż. Piotr MATUSIAK
Mgr inż. Antoni JĘDO
Mgr inż. Daniel KOWOL
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Rozwój osadzarek pulsacyjnych typu KOMAG

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

W artykule przedstawiono rozwój konstrukcji osadzarek pulsacyjnych typu KOMAG. Dokonano przeglądu rozwoju podstawowych podzespołów osadzarek wodnych pulsacyjnych. Opisano zmiany w systemach dystrybucji powietrza roboczego, rozwiązaniach konstrukcyjnych odbioru produktów wzbogacania oraz zmiany w systemach sterowania osadzarką.

S u m m a r y

Development of design of KOMAG pulsatory jigs was presented in the paper. Development of main subsystems of water pulsatory jigs was reviewed. Changes in the systems for operational air distribution, in solutions of collection of beneficiation products and in control systems of jig, were described.

1. Wprowadzenie

Pierwsze opisy procesu wzbogacania w pulsującym ośrodku wodnym pochodzą z książki „De Re Metallica" Agricoli z XVI wieku. Wzbogacanie było początkowo procesem okresowym, prowadzonym w sposób ręczny. Pierwsze usprawnienia polegały na mechanicznym wywoływaniu ruchu sita lub wytwarzaniu ruchu pulsacyjnego (Petherick jig) [13].

Pierwsza osadzarka do węgla o działaniu ciągłym (stałym odbiorze produktów rozdziału) skonstruowana została w 1848 roku (Berard jig), w której do wywoływania ruchu pulsacyjnego wykorzystano tłokowy napęd mimośrodowy, zastosowany z kolei po raz pierwszy w roku 1840 w osadzarkach typu Harz [3, 6].

Za początek nowoczesnej ery osadzarek przyjmuje się skonstruowanie osadzarki beztłokowej typu Baum w 1891 roku. Była to pierwsza osadzarka, różniąca się w stosunku do poprzednich rozwiązań zastąpieniem mechanicznego tłoka urządzeniem do doprowadzania i odprowadzania sprężonego powietrza do bocznej komory pulsacyjnej. W pierwszym rozwiązaniu materiał przepływał w poprzek do ściany komory powietrznej i dopiero kolejne zmiany (1901) spowodowały zmianę kierunku przepływu materiału w korycie roboczym [3, 6, 8, 13].

W kolejnych latach osadzarki podlegały stałemu rozwojowi w zakresie technologii i konstrukcji poszczególnych podzespołów. Prowadzone prace doprowadziły do opatentowania i zastosowania w osadzarkach pulsacji podsitowej, które umożliwiło zwiększenie wydajności tych maszyn, zmniejszenie zapotrzebowania wody i ciśnienia powietrza roboczego, a także spowodowało uproszczenie konstrukcji [14].

Dla zwiększenia dokładności pracy i zakresu regulacji w sterowaniu przepływem powietrza przez komory pulsacyjne powstawały nowe rozwiązania zaworów pulsacyjnych, w których stopniowo wykorzystywano możliwości, jakie daje elektronika w obszarze doboru parametrów nastaw cyklu pulsacji. Równocześnie, wraz z rozwojem automatyki, następowały zmiany w konstrukcji układów odbioru produktów wzbogacania mające na celu zwiększenie precyzji rozdziału rozwarstwionego materiału.

W Polsce osadzarki zaczęto konstruować w latach sześćdziesiątych XX wieku. Były to osadzarki, które posiadały komory powietrzne umieszczone wzdłuż osi osadzarki, obok koryta roboczego. Stosowano osadzarki OBM (osadzarka beztłokowa miałowa), ODM (osadzarka beztłokowa miałowa dwukorytowa) i OBZ (osadzarka beztłokowa ziarnowa) [12]. Osadzarki te charakteryzowały się znacznymi wymiarami i dużą masą.

W latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia zaczęto wprowadzać osadzarki posiadające komory powietrzne zlokalizowane pod pokładem sitowym, zabudowane w skrzyniach dolnych poprzecznie do osi wzdłużnej osadzarki (spowodowało to zmniejszenie wymiarów i masy osadzarki). Aktualnie konstruuje się osadzarki OM (osadzarka miałowa), OS (osadzarka średnioziarnowa), OZ (osadzarka ziarnowa). Konstrukcje te bazują na powyższych rozwiązaniach, jednak są stale modernizowane, zarówno pod względem geometrii kształtu skrzyń dolnych, mocowania pokładów sitowych, usprawnienia urządzeń automatycznej regulacji odbioru produktów ciężkich, zaworów pulsacyjnych oraz kolektorów powietrza roboczego [12].

2. Rozwój osadzarek pulsacyjnych typu KOMAG

Wraz z rozwojem konstrukcyjnym wodnych pulsacyjnych osadzarek zmianom podlegały wszystkie pod-

zespoły począwszy od mechanizmów wywołujących ruch pulsacyjny, poprzez rodzaj i sposób mocowania pokładów sitowych, ukształtowanie komór pulsacyjnych, a zakończywszy na sposobach odbioru produktów wzbogacania.

Rozwój podzespołów osadzarek pulsacyjnych typu KOMAG i ich ewolucję przedstawiono na przykładzie dwóch najważniejszych elementów, z punktu widzenia technologii prowadzenia procesu wzbogacania, tj.: zespołów rozrządu powietrza pulsacyjnego oraz układów odbioru produktów rozdziału. Opisano również rozwój w sposobach regulacji i automatyzacji procesu wzbogacania w osadzarkach pulsacyjnych typu KOMAG.

2.1. Zespoły rozrządu powietrza pulsacyjnego

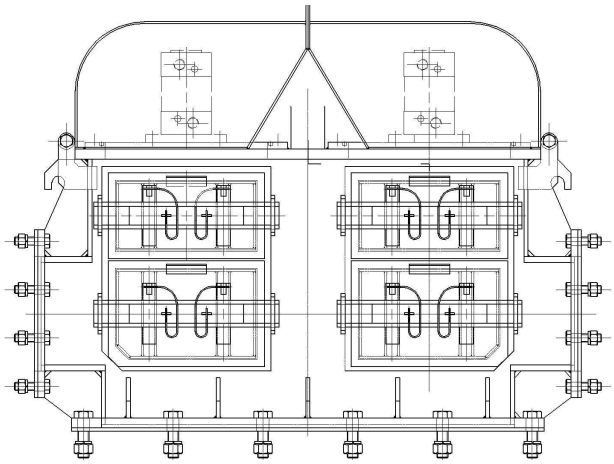
W osadzarkach typu KOMAG stosowano dwa rodzaje zaworów pulsacyjnych. W starszych konstrukcjach, do początku lat 80., pulsacyjny ruch wody wywoływany był za pomocą zaworów obrotowych.

Zawory obrotowe stosowane w osadzarkach typu KOMAG posiadały ograniczenia konstrukcyjne uniemożliwiające regulację czasu trwania faz cyklu pulsacji, zwłaszcza wlotowego i nie pozwalające na pełną dowolność kształtowania krzywej pulsacji wody. W celu zróżnicowania wartości ciśnienia powietrza roboczego, w osadzarkach wyposażonych w zawory obrotowe, często wykorzystywano przesunięcie fazowe o ½ (180°) lub o ⅓ (120°) okresu cyklu w I przedziale względem kolejnych [12].

W początkowym okresie stosowano zawory obrotowe 1-fazowe, a następnie zawory obrotowe 3-fazowe [12]. Obecnie w osadzarkach typu KOMAG stosowane są zawory pulsacyjne talerzowe, różniące się wielkością i geometrią ukształtowania korpusów, które dostosowane są do wielkości i kształtu poszczególnych osadzarek. Cechą charakterystyczną stosowanych zaworów pulsacyjnych jest możliwość jednoczesnego kontrolowania przepływu powietrza roboczego w dwóch podsitowych komorach roboczych. W osadzarkach jednokorytowych pojedynczy zawór pulsacyjny zasila powietrzem dwie posobne komory robocze pojedynczego przedziału koryta, natomiast w osadzarkach dwukorytowych najczęściej dwie naprzeciwlegle położone w korytach komory. Dla uzyskania wymaganej powierzchni przekroju kanałów przelotowych w zaworze pulsacyjnym stosowane są podwójne zawory wlotu i wylotu powietrza roboczego. Zarówno zawór wlotowy, jak i wylotowy posiada dwa usytuowane poziomo talerze mocowane na wspólnym trzpieniu połączonym z tłoczyskiem siłownika pneumatycznego [8, 10].

Zawory pulsacyjne w osadzarkach typu KOMAG usytuowane są na górnej powierzchni zbiornika powietrza wyrównawczego, które zabudowane są na burcie koryta roboczego.

Dla różnicowania ilości powietrza przepływającego przez dwie komory robocze wykorzystywane są przepustnice klapowe (obrotowe), których obudowy umiejscowione są pomiędzy zaworem pulsacyjnym a zbiornikiem wyrównawczym. W zaworach pulsacyjnych, które posiadają boczne otwory wlotu sprężonego powietrza i jego wylotu do atmosfery, poprzez sprzężone przepustnice kontrolowany jest jego przepływ z obu podsitowych komór roboczych.



Rys.1. Zawór pulsacyjny dwutalerzowy typu KOMAG [8, 10]

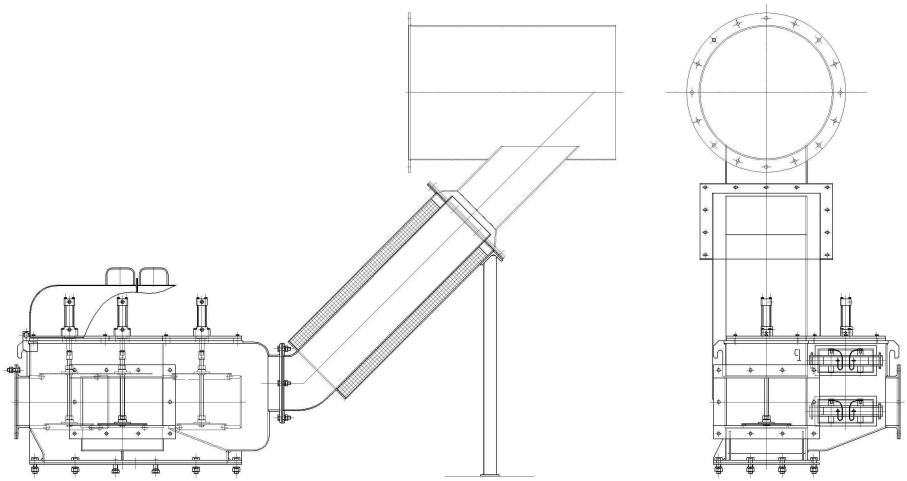
W celu uzyskania możliwości dwuciśnieniowego zasilania komór powietrzem roboczym opracowano rozwiązania konstrukcyjne w oparciu o podwójne i pojedyncze zawory talerzowe (rys. 1 i 2). Ich konstrukcja różni się od pozostałych rozwiązań zaworów zastosowaniem dwóch zaworów wlotowych i jednego wylotowego oraz przystosowaniem do zasilania z dwóch osobnych źródeł powietrza o zróżnicowanym ciśnieniu. Niezależnie sterowane zawory wlotowe kolejno otwierające przepływ sprężonego powietrza roboczego o odpowiednim ciśnieniu do komór roboczych umożliwiają uzyskanie trapezoidalnego przebiegu krzywej pulsacji wody w korycie osadzarki. Do napędu zaworów mogą być stosowane zarówno siłowniki pneumatyczne, jak i hydrauliczne [8, 10].

2.2. Układy odbioru produktów rozdziału

W rozwiązaniach konstrukcyjnych układów odbiorczych produktu dolnego osadzarek pulsacyjnych wzbogacających nadawy węglowe stosowane są różne metody odprowadzania ziaren frakcji ciężkich z powierzchni roboczej koryta. Wynikają one głównie z rozmiaru ziaren nadawy oraz przyjętych założeń projektowych odnośnie stopnia kontroli procesu rozdziału lub przewidywanego obciążenia.

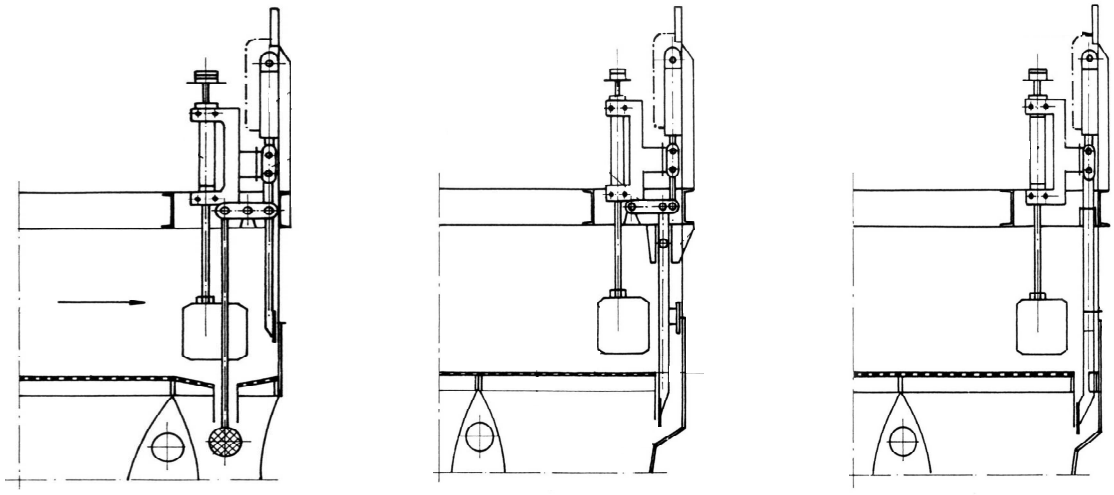
Osadzarki miałowe

W osadzarkach miałowych OM, wzbogacających nadawy o uziarnieniu 20(30)–0,5(0) mm stosowane są przepusty rurowe typu „R” oraz zasuwowe typu „Z” (rys. 3). Ich wspólną cechą jest posiadanie kanału odbiorczego, dzięki któremu zwiększono wysokość warstwy materiału nad szczeliną przepustu [7, 9].



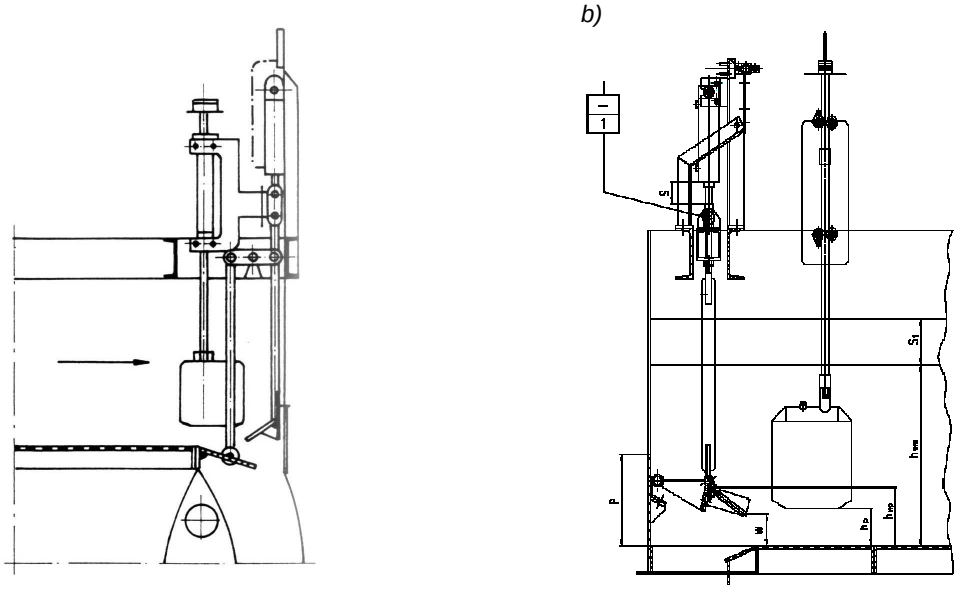
Rys.2. Zawór pulsacyjny dwuciśnieniowy z napędem hydraulicznycm typu KOMAG [8, 10]

a) *b)* *c)*



Rys.3. Przepusty produktów w osadzarkach miałowych typu KOMAG [7, 9]: a) rurowy, b) zasuwowy dźwigniowy, c) zasuwowy prostoliniowy

a) *b)*



Rys.4. Przepusty klawiszowe produktów w osadzarkach ziarnowych (a) i średnioziarnowych (b) typu KOMAG [7, 9]

W starszych konstrukcjach osadzarek miałowych stosowane były przepusty rurowe. Koryto przepustu typu „R", usytuowane przy progu przelewowym przedziału, wyposażone jest w sita symetrycznie nachylone w stronę kanału odbiorczego o przekroju prostokątnym. Elementem regulującym stopień otwarcia przepustu jest rura lub kątownik podwieszony na ruchomych cięgnach. Odprowadzanie ziaren produktu ciężkiego z kanału odbiorczego przepustu odbywa się poprzez dwie równoległe szczeliny, których powiększanie następuje w wyniku obniżania położenia elementu wykonawczego.

Powyższy sposób regulacji ilości odprowadzanego materiału pozwala utrzymywać jego stałą wysokość w kanale odbiorczym, co wpływa korzystnie na stabilizację prędkości przepływu strumienia pulsacyjnego wody w obszarze rozdzielczym łoża oraz na dokładność pomiaru gęstości warstwy poprzez czujnik pływakowy, który jest umiejscowiony nad otworem wlotowym kanału przepustu. Opisywane rozwiązanie stosowane w osadzarkach wyposażonych w dwustronne komory robocze powodowało, że przepusty zabudowane były między płaszczyznami pionowymi wyznaczonymi przez próg stały i szczyt drugiej komory przedziału. Skutkiem takiego wzajemnego usytuowania wyżej wymienionych elementów było znaczne uzależnienie parametrów pulsacji od stopnia otwarcia szczeliny przepustu [7, 11]. Przepusty typu „R" stosowane są również w nowych rozwiązaniach osadzarek miałowych typu KOMAG.

W układach odbioru produktu dolnego, w których stosowano przepusty zasuwowe, elementem wykonawczym tego rozwiązania jest pionowa zasuwa tworząca tak samo usytuowany otwór szczelinowy. Ich wprowadzenie związane było z szeregiem zmian w konstrukcji osadzarek miałowych, które miały na celu m.in. poprawę stabilności rozluzowania materiału w strefie przyprogowej. Powyższy efekt uzyskano poprzez zastąpienie dwustronnych podsitowych komór pulsacyjnych, jednostronnymi (oddalonymi bardziej od progu i przepustu), umiejscowienie kanału odbiorczego przepustu bezpośrednio przy płaszczyźnie progu, a czujnika pływakowego jedynie nad powierzchnią sita.

Przepusty zasuwowe można podzielić na dźwigniowe oraz prostoliniowe. W pierwszym z nich występował ruch obrotowy części elementów zespołu, natomiast w drugim rozwiązaniu elementy wykonawcze, poczynając od siłownika hydraulicznego, a kończąc na zasuwie wykonują podczas pracy układu w założeniu ruch prostoliniowy [7, 9, 11].

W dotychczas stosowanych osadzarkach miałowych typu KOMAG, w których szerokość koryta roboczego wynosi od 2 do 3 metrów stosowane są dla każdego przedziału pojedyncze zespoły odbioru.

Osadzarki średnioziarnowe i ziarnowe

Odprowadzanie produktu dolnego podczas procesu wzbogacania nadaw węglowych o uziarnieniu 120-50(20) mm w osadzarkach ziarnowych OZ oraz 50(70)-0,5 mm w osadzarkach średnioziarnowych OS odbywa się najczęściej przy wykorzystaniu przepustów klawiszowych (rys. 4).

Przepusty tego typu w odróżnieniu od rozwiązań stosowanych w osadzarkach miałowych nie posiadają kanału odbiorczego a materiał ciężki jest odprowadzany z przestrzeni roboczej poprzez szczelinę umieszczoną na poziomie zbliżonym do powierzchni sit w korycie roboczym. Szczelina powstaje na skutek jednoczesnego obniżania klapy będącej przedłużeniem pokładu sitowego oraz podnoszenia progu ruchomego wyposażonego w szereg uchylnych klawiszy. Klapy przepustu posiadają perforowane otwory dla zapewnienia przepływu strumienia pulsacyjnego wody w obszarze przyprogowym oraz redukcji jego prędkości w szczelinie odbiorczej podczas odprowadzania materiału [7, 11].

Na podstawie analizy skuteczności działania dotychczas stosowanych rozwiązań osadzarek typu KOMAG opracowano koncepcje nowych rozwiązań układów odbiorczych produktu dolnego dla osadzarek miałowych i średnioziarnowych.

W proponowanych rozwiązaniach uwzględniono uwarunkowania eksploatacyjne wynikające z dotychczasowych przemysłowych zastosowań osadzarek typu KOMAG w polskim przemyśle węglowym. Często występującym zjawiskiem jest niestabilne obciążenie osadzarki nadawą, które powoduje znaczne zmiany w ilości odprowadzanego produktu dolnego. Uzyskanie prawidłowego przebiegu procesu wzbogacania podczas występowania powyższych zmian wymaga, aby układy osadzarki, w tym odprowadzania, zapewniały stały odbiór produktów, odpowiedni do ilości dostarczonej nadawy. W propozycji nowych rozwiązań uwzględniono wpływ zmian prędkości przepływu pulsacyjnego wody w przestrzeni odbiorczej osadzarki na skuteczność rozdziału łoża na produkty wzbogacania.

Opracowując koncepcję układu odbioru frakcji odpadowych o wymiarze 20(30)-0 mm założono (rys. 5a), że dla zapewnienia stałego odprowadzania ziaren przez przepust w sposób niezależny od ich ilości, zastosowany odbiór umożliwi oscylacyjne zmiany stopnia otwarcia szczeliny odbiorczej, co w przypadku zgodności częstotliwości jego pracy z pulsacyjnym przepływem wody wykorzystany może być do regulacji natężenia przepływu przez szczelinę przepustu.

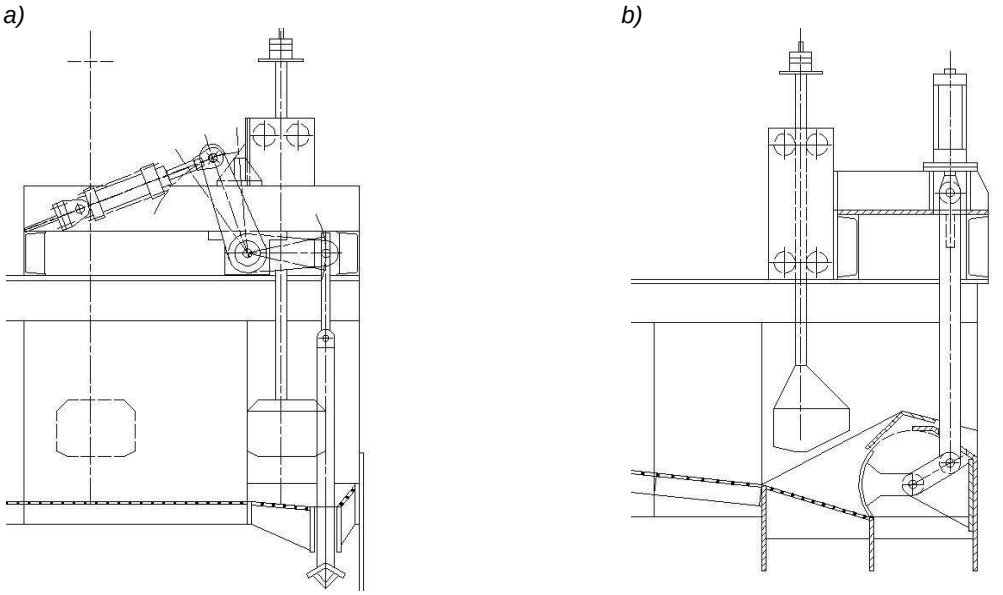
W proponowanym rozwiązaniu układ pomiarowy czujnika pływakowego warstwy jest mechanicznie oddzielony od mechanizmów regulujących przepust i może być przemieszczony w osi podłużnej drugiej części przedziału.

W koncepcji układu odbioru produktu dolnego o rozmiarze 60(80)-0 mm zaproponowano (rys. 5b) oddzielenie kanału odbiorczego produktu dolnego od skrzyń osadzarki zasilanych przez komory pulsacyjne. Część sitową odbioru usytuowaną od strony wlotu nadawy oddzielono od kanału odbiorczego osadzarki i przewidziano jej zasilanie przez osobną komorę pulsacyjną posiadającą własny układ regulacji natężenia przepływu powietrza pulsacyjnego i dopływu wody dolnej sprzężony ze sterownikiem układu odbiorczego.

Podobnie jak w przypadku koncepcji rozwiązania dla osadzarek miałowych, układ pomiarowy czujnika pływakowego warstwy jest mechanicznie oddzielony od elementów regulacyjnych przepustu [7, 11].

Występujące w tym rozwiązaniu sprzężenie elementu pomiarowego z układem wykonawczym wywołującym zmiany wielkości szczeliny przepustu produktu dolnego, powoduje, że wysokość położenia warstwy rozdzielczej jest zależna wprost proporcjonalnie od ilości odprowadzanego produktu ciężkiego.

W późniejszych aplikacjach wprowadzano zmiany, które polegały m.in. na rezygnacji z regulacji progów w ostatnich przedziałach osadzarki, zastosowaniu siłowników hydraulicznych do sterowania ruchem zaworów pulsacyjnych oraz propozycji wykorzystania pomiaru ciśnienia w kolektorze powietrza roboczego i zaworze pulsacyjnym do stabilizacji parametrów pulsacyjnych w korycie roboczym osadzarki.



Rys.5. Koncepcje przepustu produktów dla osadzarek miałowych (a) i średnioziarnowych (b) typu KOMAG [7, 10]

2.3. Sterowanie osadzarką pulsacyjną

Pierwszym elektronicznym układem sterowania osadzarkami typu KOMAG, w zakresie regulacji odbioru produktu dolnego oraz sterowania pulsacją był PULS 83, który po zmodernizowaniu otrzymał nazwę PULS 84 [15]. System stworzony został w CEiAG EMAG, a następnie był rozwijany w Zakładzie Automatyki BGG pod nazwą SSO. System SSO przeznaczony do osadzarek wyposażonych w pulsacyjne zawory talerzowe z napędem pneumatycznym, elektrohydrauliczne zespoły regulacji odprowadzania produktu dolnego oraz elektrohydraulicznie sterowane przepustnice powietrza zapewniał sterowanie pulsacją, automatyczną regulację odbioru produktu dolnego oraz automatyczną regulację rozluzowania łoża [4, 5].

W systemie sterowania SSO układ do regulacji odbioru produktu dolnego wykorzystuje technologię progów ruchomych. Technologia pomiaru wysokości warstwy i skoku wzbogacanego materiału oparta jest w opisywanym systemie o ruch nadążny elementu pomiarowego (cewka indukcyjna, czujnik ultradźwiękowy) za czujnikiem pływakowym.

Drugim systemem sterowania, który jest wykorzystywany w osadzarkach pulsacyjnych typu KOMAG jest system AS 2000 Instytutu Technik Innowacyjnych EMAG, którego integralną częścią jest urządzenie automatycznego odbioru produktów wzbogacania BOSS 2000.

W układzie tym występuje niezależne działanie dwóch siłowników sterujących progiem przelewowym i zasuwą odbierającą produkt dolny. Siłownik zasuwy produktu dolnego zmienia swoje położenie proporcjonalnie do położenia pływaka, natomiast drugi siłownik w stanie przejściowym zapewnia chwilową zmianę położenia progu przelewowego i tłumienie stanu przejściowego. W zależności od wysokości warstwy (wskazania pływaka) sterowana jest ilość powietrza roboczego wprowadzanego do komór roboczych oraz wody dolnej [1, 2].

W ostatnich latach w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG opracowano autorski system sterowania osadzarki pulsacyjnej (rys. 6). System ten umożliwia sterowanie pulsacją wody i regulację rozdziału odprowadzanych produktów [18].

Podstawową jego zaletą jest możliwość wdrożenia systemu na osadzarce dowolnego producenta. W systemie jako nowe rozwiązanie zastosowano funkcję stabilizacji łoża oraz możliwość adaptacji dla konkretnego odbiorcy.

Rys.6. Ekran wizualizacji elektronicznego systemu sterowania osadzarką opracowany przez KOMAG [18]

Automatyczny system sterowania kontroluje zmiany położenia czujnika pływakowego oraz wartości ciśnienia w komorach powietrznych, określając parametry syntetyczne:

- minimalną, maksymalną i średnią wysokość położenia pływaka w cyklu pulsacji,
- amplitudę ruchu pływaka,
- minimalne, maksymalne i średnie ciśnienie w cyklu pulsacji.

System pozwala na utrzymywanie cyklu czasowego pulsacji, a także na utrzymywanie zadanych parametrów syntetycznych pulsacji, poprzez automatyczne korekty długości faz cyklu.

Nastawialne parametry pracy zaworów obejmują: częstotliwość cykli pulsacji, początki i zakończenia faz wlotu i wylotu powietrza, a także amplitudę pulsacji i średnie ciśnienie w komorach powietrznych.

System może pracować:

- w cyklu jednofazowym, o pojedynczym wlocie powietrza roboczego, któremu odpowiada jeden wylot,
- w cyklu wielofazowym, w którym kilku fazom wlotu powietrza roboczego, oddzielonym pauzami, odpowiada jeden wylot.

System steruje przepustem oraz progiem, z uwzględnieniem pomiarów aktualnego położenia. Ruchomy próg może być sprzężony mechanicznie z przepustem, regulującym wielkość szczeliny odprowadzającej produkt dolny lub posiadać sterowanie niezależne, umożliwiające korektę związku między położeniem progu i stopniem otwarcia przepustu. Regulacja położenia przepustu i progu ruchomego może być realizowana poprzez napędy hydrauliczne lub pneumatyczne.

Układ regulacji odbioru produktu ciężkiego koryguje położenie przepustu, w oparciu o różnicę między zadaną i aktualną wartością wskaźnika położenia czujnika pływakowego (minimalnego, maksymalnego lub średniego, w jednym lub kilku cyklach), z ewentualnymi korektami, uwzględniającymi m.in. stopień otwarcia przepustu.

W skład systemu wchodzą również skrzynki przedziałowe, ułatwiające sterowanie przepustem w trybie pracy automatycznej lub ręcznej oraz regulację wysokości warstwy zadanej.

3. Podsumowanie

W Polsce osadzarki zaczęto konstruować w latach sześćdziesiątych XX wieku. Pierwsze osadzarki posiadały komory powietrzne umieszczone wzdłużnie, obok koryta roboczego. W latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia zaczęto wprowadzać osadzarki posiadające komory powietrzne zlokalizowane pod pokładem sitowym, zabudowane w skrzyniach dolnych poprzecznie do osi wzdłużnej osadzarki, co spowodowało zmniejszenie wymiarów i masy osadzarki. Wraz z rozwojem konstrukcyjnym wodnych pulsacyjnych osadzarek zmianom podlegały wszystkie podzespoły począwszy od mechanizmów wywołujących ruch pulsacyjny – układu zaworów pulsacyjnych, poprzez rodzaj i sposób mocowania pokładów sitowych, ukształtowanie komór pulsacyjnych, a zakończywszy na sposobach odbioru produktów wzbogacania oraz materiałach użytych do jej konstrukcji. W 2004 roku pojawiła się pierwsza osadzarka całkowicie wykonana ze stali nierdzewnej.

Prace prowadzone przez KOMAG realizowano we współpracy z innymi jednostkami badawczo-rozwojowymi oraz uczelniami, producentami i użytkownikami, co zaowocowało powstaniem innowacyjnych rozwiązań technologiczno-konstrukcyjnych.

Uzyskanie koncentratu węglowego o zadanych parametrach technologicznych oraz minimalnych stratach węgla w odpadach osiągnięto dzięki rozwojowi rozwiązań konstrukcyjnych, między innymi: układów doprowadzenia powietrza roboczego (zaworów pulsacyjnych), zespołów odbioru produktów ciężkich oraz systemów sterowania osadzarką.

Udoskonalenia osadzarek zaowocowały obniżeniem ich masy, zmniejszeniem pola powierzchni ich zabudowy, wzroście wydajności, zmniejszeniu zużycia wody technologicznej poprawie wskaźnika imperfekcji [9].

Literatura

1. Będkowski Z.: Układ automatycznego odbioru produktów wzbogacania w aspekcie kompleksowego systemu sterowania węzłem osadzarki pulsacyjnej. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 9-10, 2000.

2. Będkowski Z.: Kompleksowy system sterowania pracą węzła wzbogacalnika osadzarkowego w zakładach przeróbki mechanicznej węgla AS 2000 z zastosowaniem układu automatycznego odbioru produktów wzbogacania BOSS 2000. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 8, 2001.
3. Fellensiek E., Erdmann.: Jigging – historical and technical development. Aufbereistung-Technik 32, 1991.
4. Głowiak S.: Wybrane zagadnienia sterowania procesem wzbogacania w nowoczesnych osadzarkach. Automatyzacja Procesów Przeróbki Mechanicznej Kopalin, Materiały konferencyjne, Szczyrk 1995.
5. Głowiak S., Grabowski M.: System sterowania dla osadzarek konstrukcji CMG KOMAG. Mechaniczna Przeróbka Kopalin i Gospodarka Odpadami w Aspekcie Ochrony Środowiska, Materiały konferencyjne, Szczyrk 1995.
6. Kellerwessel H.: The Baum jig – 100 years old or young ?, Aufbereitungs-Technik 32, 1991.
7. Kowol D., Lenartowicz M., Łagódka M.: Rozwiązania konstrukcyjne układów odprowadzania produktu dolnego w osadzarkach pulsacyjnych. KOMEKO 2009, Innowacyjne i przyjazne dla środowiska systemy przeróbcze surowców mineralnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju, KOMAG, Gliwice 2009.
8. Kowol D., Lenartowicz M., Łagódka M., Matusiak P.: Przegląd rozwiązań konstrukcyjnych zespołów rozrządu powietrza pulsacyjnego w osadzarkach pulsacyjnych, Automatyzacja Procesów Przeróbki Kopalin, Materiały konferencyjne, Szczyrk 2009
9. Osoba M., Jędo A.: Wpływ modernizacji osadzarek na uzyskiwane parametry jakościowe produktów wzbogacania. KOMEKO 2000. Materiały konferencyjne, CMG KOMAG, Gliwice 2000.
10. Ocena aktualnego stanu techniki na świecie pod kątem modyfikacji rozwiązań konstrukcyjnych w osadzarkach typu KOMAG. Materiały nie publikowane Instytutu Techniki Górniczej KOMAG.
11. Opracowanie metod poprawy i stabilizacji charakterystyki ilościowo-jakościowej produktów rozdziału we wzbogacalnikach pulsacyjnych z uwzględnieniem cienkowarstwowego wzbogacania i sterowania urządzeniami odbioru produktów. Materiały nie publikowane Instytutu Techniki Górniczej KOMAG.
12. Osoba M.: Wpływ charakterystyki pulsacji wody w wodnych osadzarkach pulsacyjnych na proces pozyskiwania wybranych produktów mineralnych. Praca doktorska. Politechnika Śląska, 2006.
13. Praca zbiorowa: Advanced coal preparation monograph series, Volume III Coarse coal beneficiation. The Australian Coal Preparation Society, 2002.
14. Sanders G.J., Ziaja D., Kottman J.: Cost efficient beneficiation of coal by Romjigs and Batac jigs. XIV International Coal Preparation Congress and Exhibition. South African Institute of Mining and Metallurgy, 2002.
15. Tejszerski J., Jasiulek D., Pająk T., Osoba M.: System sterowania osadzarką KOMAG. KOMEKO 2008, Innowacyjne i przyjazne dla środowiska systemy przeróbcze surowców mineralnych, CMG KOMAG, Gliwice 2008.
16. Zapała W.: Opracowanie i cyfrowe badania symulacyjne algorytmów sterowania procesu wzbogacania węgla z wykorzystaniem pomiaru rozkładu frakcji densymetrycznych w łożu osadzarki. Praca Doktorska, Politechnika Śląska, 1988.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Aleksander Lutyński

Mgr inż. Marek PIERCHAŁA
Mgr inż. Aneta AUGUSTYN
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Zastosowanie modelowania pól akustycznych w zwalczaniu ponadnormatywnej emisji dźwięku

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

Wibroakustyka jest jedną z dziedzin nauki, która podlega ciągłemu, dynamicznemu rozwojowi. Prowadzone przez KOMAG prace badawcze, przyczyniają się do istotnego rozwoju akustyki, szczególnie w zakresie modelowania rozkładu pola akustycznego w przestrzeniach zamkniętych, w środowisku, a także do projektowania biernych środków redukcji hałasu. Działalność Zakładu Wibroakustyki Stosowanej obejmuje nie tylko prowadzenie analiz akustycznych dla pojedynczych instalacji i zakładów przemysłowych, ale również miast i aglomeracji, dla których zbudowano modele obliczeniowe obejmujące wszystkie rodzaje hałasu, wraz z określeniem ponadnormatywnej emisji dźwięku. W dotychczasowej działalności Zakładu z uznaniem spotkały się bierne środki redukcji hałasu, w szczególności tłumiki i niskoemisyjne systemy wentylacji obiektów, jak również ekrany akustyczne oraz osłony i obudowy dźwiękoizolacyjne.

S u m m a r y

Vibroacoustics is one of sciences, which develops in a continuous and dynamic way. Research work carried out by KOMAG contribute to a significant development of acoustics, especially as regards modelling of acoustic field distribution in closed spaces, in the environment, as well as to designing of passive means for noise reduction. Activity of the Division of Applied Vibroacoustics includes not only acoustic analyses for single installations and industrial plants, but also analyses for cities and agglomerations for which computational models, which include all types of noise, were built and over-standard sound emission was determined. Passive means for noise reduction, especially dampers and low-emission ventilation systems of the objects as well as acoustic screens and soundproof housings developed by the Division received recognition.

1. Modele pól akustycznych

Modelowanie akustyczne jest alternatywnym rozwiązaniem w stosunku do kosztownych badań i pomiarów bezpośrednich. Metoda określania poziomu emisji dźwięku, w tym rozkładu pola akustycznego jest przydatna zarówno w przestrzeniach zamkniętych, jak i w środowisku. Znane są obecnie i stosowane modele połączone wewnętrzno-zewnętrzne, obejmujące swoim zasięgiem oba wymienione obszary.

Modelowanie akustyczne wykorzystywane jest przede wszystkim w określaniu zasięgu emisji ze źródeł i instalacji, na etapie projektowania (gdy źródła jeszcze nie istnieją), a także wszędzie tam, gdzie konieczne jest sporządzenie koncepcji ograniczenia ponadnormatywnej emisji hałasu. Możliwe jest badanie zarówno aktywnych, jak i biernych środków redukcji dźwięku, takich jak tłumiki przepływowe, ekrany akustyczne, osłony dźwiękochłonne, obudowy dźwiękochłonnno-izolacyjne.

2. Metody i narzędzia modelowania pól akustycznych

Do badań modelowych używa się metod geometrycznych. Każdy model rozkładu pola akustycznego składa się z dwóch połączonych ze sobą elementów:

- numerycznego modelu terenu,
- modelu akustycznego.

Aby model rozkładu pola akustycznego mógł zostać uznany za poprawny, powinien zawierać przestrzenny (trójwymiarowy model terenu), który odzwierciedla rzeczywisty układ odbiornik-nadajnik. Często stosuje się modele płaskie. Tymczasem propagacja fal akustycznych w dużym stopniu zależy od ukształtowania terenu i lokalizacji źródeł hałasu. Modele płaskie są zdecydowanie tańsze w opracowaniu, stąd są powszechnie stosowane w badaniach nad możliwościami ograniczenia ponadnormatywnej emisji.

Przestrzenny model terenu zawiera punkty, linie wysokościowe i elementy terenu, takie jak: obszary zagospodarowania, budynki, elementy pochłaniające i ekranujące fale akustyczne (ekrany, wały ziemne, itp.). Modele przestrzenne opracowuje się na podstawie map zasadniczych / map ewidencyjnych, a także, na podstawie autorskich pomiarów niwelety w terenie oraz pomiarów rzeczywistej niwelety terenu. Przeprowadzone badania porównawcze dla tego samego układu, odbiornik-nadajnik dowodzą, iż odwzorowanie pola akustycznego w modelach płaskich jest gorsze od odwzorowania w modelach przestrzennych o około 2,0 dB; co może mieć negatywny wpływ na podejmowane decyzje, np. w zakresie ograniczania ponadnormatywnej emisji hałasu. Stwierdzono to, m.in. na podstawie badań modelowych, których wizualizację przedstawiono na rysunku 1, zaś jego rozkład pola akustycznego pokazano na rysunku 2.

Często, okazuje się, iż zastosowane środki redukcji nie pozwalają na ograniczenie ponadnormatywnej emisji hałasu i konieczne jest podjęcie kolejnych działań i niezwykle kosztownych inwestycji, a nawet wprowadzenie obszaru ograniczonego użytkowania. Wprowadzenie takiego obszaru, wiąże się z analizami, w trakcie których należy wykazać i udowodnić, iż zastosowało się środek techniczny i organizacyjny o największej możliwej skuteczności. Konsekwencje błędów modelowych mogą prowadzić nawet do nakazu demontażu niewłaściwie dobranych środków technicznych i zainstalowania środków o największej skuteczności. Dlatego zawsze należy przeanalizować, jaki numeryczny model terenu zastosować, aby jak najwierniej odwzorować rzeczywisty układ nadajnik-odbiornik.

Kolejnym problemem na etapie projektowania jest brak uwzględniania zagospodarowania przestrzennego terenu. Jednostka opracowująca numeryczny model terenu oraz zamawiający odpowiadają za korelację modelu akustycznego z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego terenu, a gdy nie jest on zatwierdzony, ze studium kierunków i rozwoju.

Temat ten był szeroko poruszany i komentowany na konferencji Noise Control 2010, w związku z problemami związanymi z lokalizacją ekranów akustycznych poza terenami podlegającymi ochronie. Błąd związany z prawidłową lokalizacją ekranów jest często powtarzany i widoczny na przykład w przypadku ekranów stosowanych do ochrony przed hałasem komunikacyjnym. Analizując zagospodarowanie terenu w rejonie dróg pod kątem lokalizacji ekranów akustycznych można wykazać, jak duża jest skala problemu i jak wielkie koszty poniesiono na nieuzasadnione inwestycje. Przykład złożonego modelu akustycznego na potrzeby badań hałasu komunikacyjnego przedstawiono na rysunku 3.

Przy prowadzeniu obliczeń modelowych dla typowych instalacji przemysłowych nie sposób nie wspomnieć o konieczności uwzględniania hałasu komunikacyjnego. Praktycznie każdy z zakładów przemysłowych posiada na swoim terenie parkingi, jak również jest odbiorcą różnego rodzaju materiałów. Weryfikując modele obliczeniowe można stwierdzić pomijanie tego źródła hałasu. Często prowadzi to do konfliktów społecznych, które przeradzają się w zbiorowe spory mieszkańców sąsiadujących z zakładami przemysłowymi.

3. Zastosowania modeli pól akustycznych

Opracowanie zarówno programu, jak i koncepcji ograniczenia emisji hałasu powinno być poparte wielowariantowymi badaniami modelowymi. Modele obliczeniowe, mogą dotyczyć nie tylko wybranego rodzaju hałasu, lub połączenia kilku ich rodzajów. Zakres badań modelowych może obejmować niejednokrotnie całe miasta, a nawet aglomeracje i województwa.

Złożone modele akustyczne jak to pokazano na rysunku 4, powinny uwzględniać wszelkie źródła emisji dźwięku, a więc: źródła przemysłowe, źródła hałasu komunikacyjnego, w tym: drogowego, kolejowego, tramwajowego, a także hałas lotniczy. KOMAG realizuje modele, obejmujące nie tylko aglomeracje, ale również województwa.

Problemem w opracowywaniu tak złożonych modeli jest zachowanie jego spójności (gdyż łączy on wiele źródeł i ich rodzajów oddziaływań), poprzez zagwarantowanie możliwie najniższego błędu przybliżenia badań modelowych. Często, przy złożonych modelach, pojawia się także problem definicji błędu, który jest nieodzownym elementem każdych badań. Rażącym zaniedbaniem jest nieświadomość występowania przedmiotowego błędu, jak również jego ukrywanie przed klientem. Niejednokrotnie nieuwzględnienie tego błędu stwarza wrażenie spełnienia wymogów akustycznych, takich jak: dopuszczalnych poziomów dźwięku, zachowanie wymaganej transmisji lub absorpcji.

Opracowując programy i koncepcje ograniczenia emisji hałasu niezwykle istotne jest także przyjęcie wskaźników, na podstawie których możliwe będzie określenie kolejności prowadzenia działań naprawczych. Kolejność prowadzenia tych działań powinna odnosić się zarówno do skali przekroczeń dopuszczalnego poziomu dźwięku, jak również do liczby osób narażonych na ponadnormatywną emisję hałasu. Często stosowany jest wskaźnik M [4]:

$$M = 0{,}1 \cdot m \, (10^{0{,}1 \cdot \Delta L} - 1)$$

gdzie:

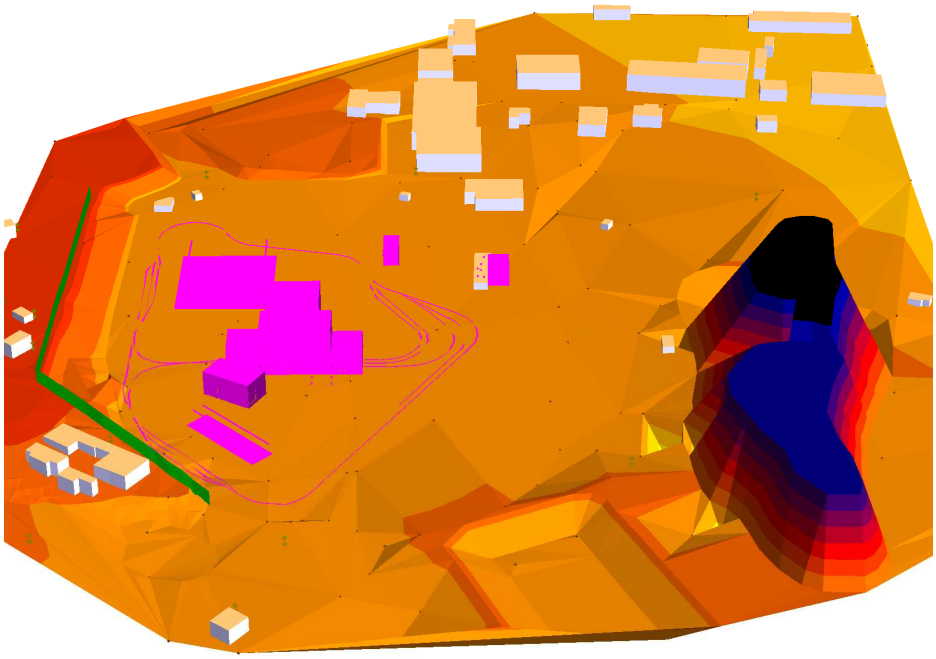
ΔL – wielkość przekroczenia dopuszczalnego poziomu dźwięku [dB],

m – liczba osób na terenie o przekroczonym poziomie dopuszczalnym.

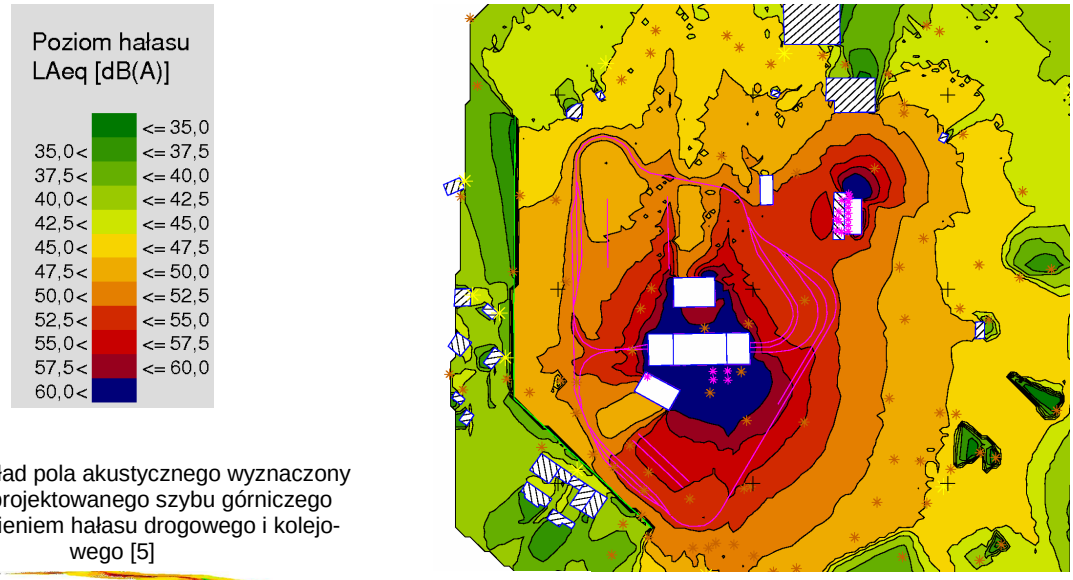
Dotyczy on zasadniczo badań prowadzonych w środowisku, jednakże może być stosowany także i dla stanowisk pracy. Na podstawie wskaźnika M możliwe jest dokładne określenie planu badań modelowych, a także ustalenie kolejności stosowania w modelu obliczeniowym środków redukcji hałasu.

Osiągnięcie wysokiej skuteczności redukcji ponadnormatywnej emisji hałasu, wymaga zatem pewnych i sprawdzonych modeli obliczeniowych, a opracowanie środka redukcji dźwięku, o żądanej skuteczności, wymaga żmudnych i często długotrwałych obliczeń, w trakcie których zmieniając geometrię środka technicznego, czy też jego materiałowe cechy konstrukcyjne, określa się poziom dźwięku w newralgicznych obszarach, dążąc do jego minimalizacji. Przykładem takich badań jest rysunek 5, a także rysunek 6.

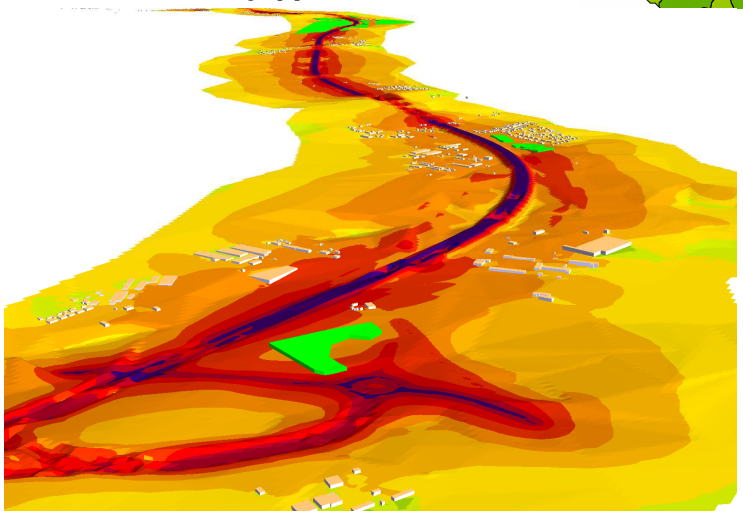
Podczas badań, których wyniki w postaci rozkładu pola akustycznego przedstawiono na rysunku 5, weryfikowano cechy konstrukcyjne ekranu akustycznego.



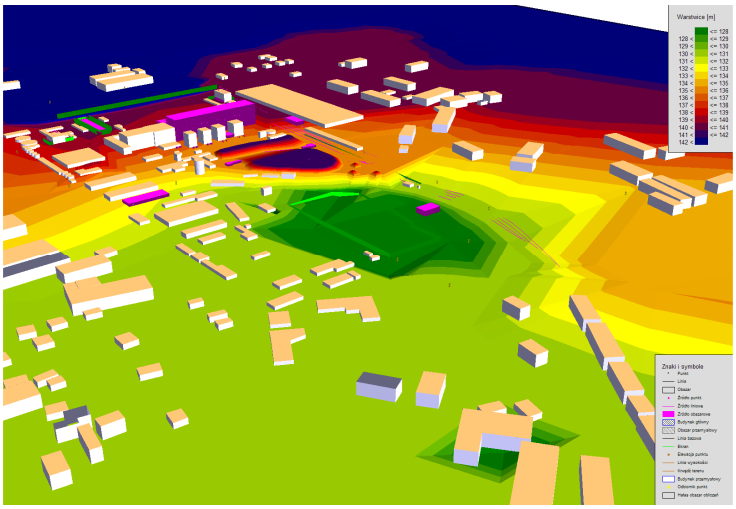
Rys.1. Model rzeźby terenu w rejonie projektowanego szybu górniczego [5]



Rys.2. Rozkład pola akustycznego wyznaczony w rejonie projektowanego szybu górniczego z uwzględnieniem hałasu drogowego i kolejowego [5]

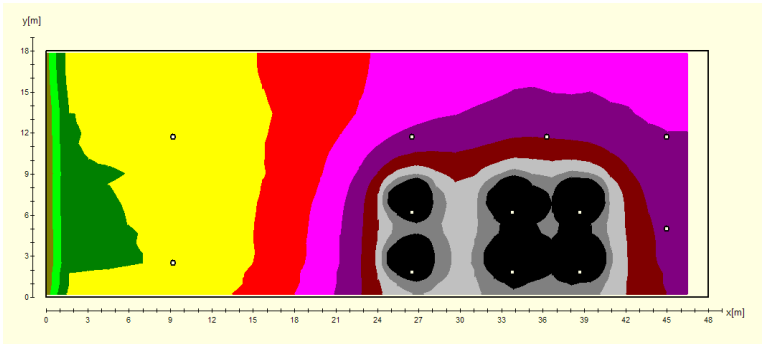


Rys.3. Rozkład pola akustycznego w rejonie jednej z projektowanych autostrad [6]

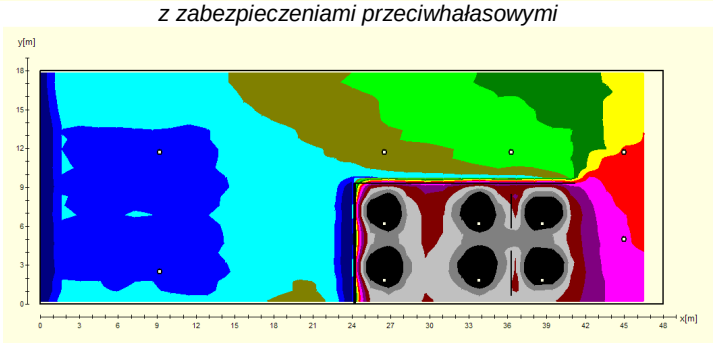


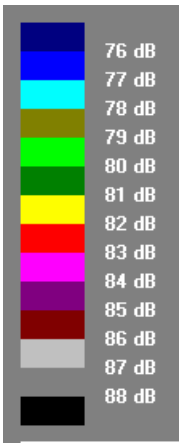
Rys.4. Numeryczny model rzeźby terenu miasta o powyżej 200 tyś. mieszkańców [7]

bez zabezpieczeń przeciwhałasowych

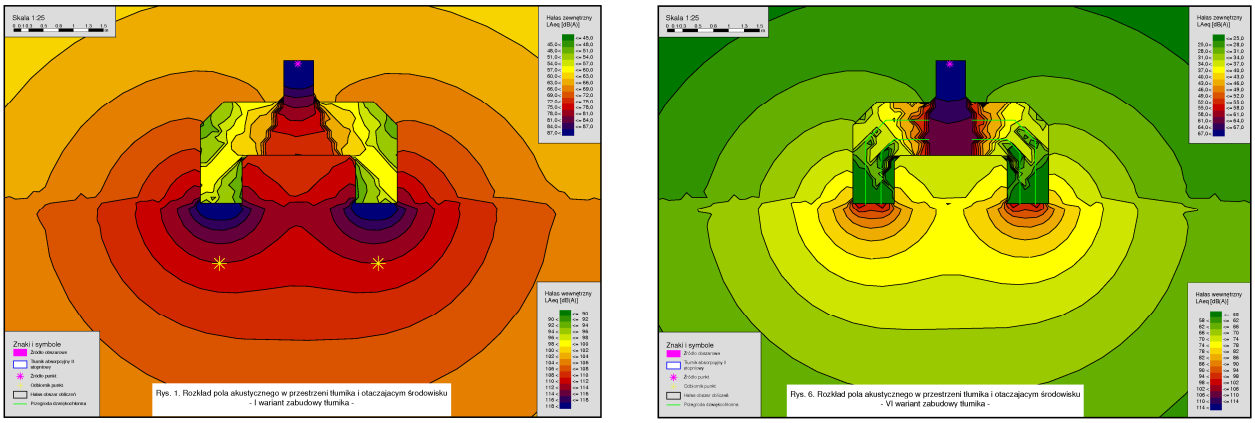


z zabezpieczeniami przeciwhałasowymi





Rys.5. Rozkład pola na terenie hali konstrukcji, bez oraz z ekranami akustycznymi wyznaczony na potrzeby określenia skuteczności zabezpieczeń [8]



Rys.6. Porównanie rozkładów pola akustycznego dla różnych wariantów zabudowy kasetami dźwiękochłonnymi tłumika przepływowego (rys. lewy - tłumik bez dodatkowych przegród, rys. prawy - tłumik dwustopniowy) [9]

Przedmiotowy ekran przeznaczony jest do ochrony stanowisk pracy przed ponadnormatywnym hałasem emitowanym przez stanowiska szlifowania. Porównanie rozkładów pola akustycznego, przed i po instalacji zabezpieczeń przeciwhałasowych, pozwala na określenie wpływu zabudowy zabezpieczeń przeciwhałasowych na poziom dźwięku w analizowanej przestrzeni badawczej.

Rysunek 6 przedstawia natomiast badania wpływu zabudowy elementów akustycznych, takich jak m.in. kasety dźwiękochłonne (ich liczby i położenia w przestrzenni) na skuteczność projektowanego środka redukcji. Przykład ten jest interesujący, ze względu na to, iż przedstawia połączony model wewnętrzno-zewnętrzny rozkładu pola akustycznego, obrazując nie tylko rozkład pola akustycznego we wnętrzu tłumika, ale określa także poziom dźwięku dla wybranych punktów w środowisku, w którym planuje się zabudowę środka redukcji.

Modelowanie akustyczne pozwala także na weryfikacje organizacyjnych metod redukcji hałasu. Możliwe są m.in. badania wpływu zmian układu pracy źródeł, zmian ich parametrów, w tym przede wszystkim mocy (obciążenia), z jaką pracują poszczególne urządzenia i maszyny.

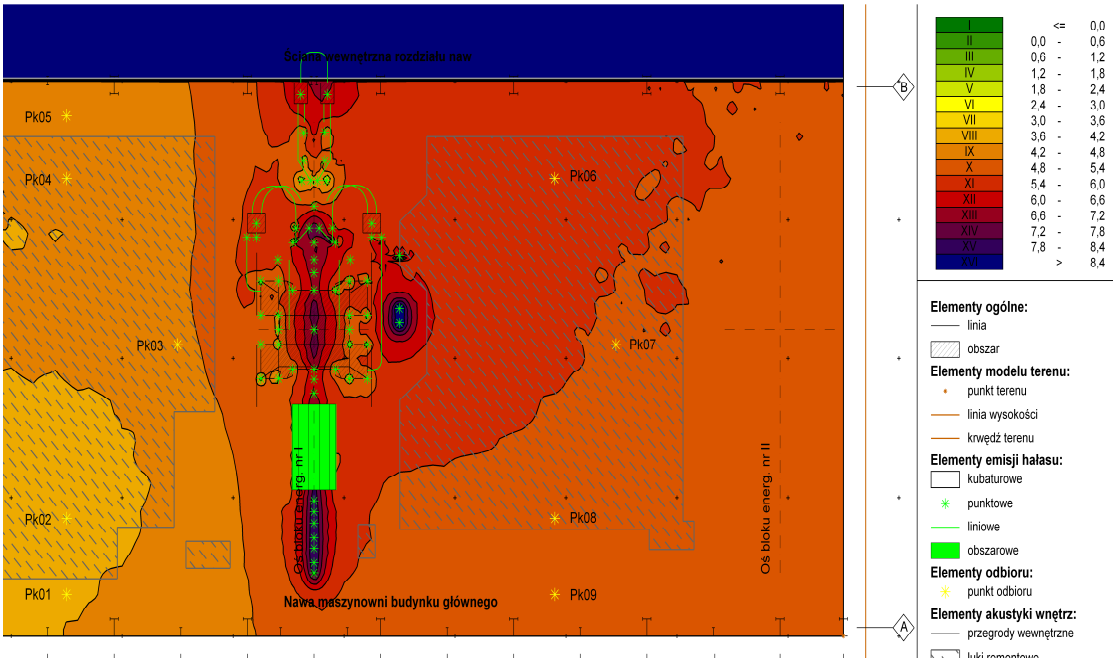
W obszarze modelowania akustycznego, oraz w zakresie analiz środowiskowych nastąpiła istotna poprawa. Istnieje jednak ciągle niewielkie zapotrzebowanie na analizy akustyczne w przestrzeniach zamkniętych. Tymczasem to właśnie w przestrzeniach zamkniętych jest największe zapotrzebowanie na stosowanie środków redukcji hałasu (m.in. do ochrony pracowników przed ponadnormatywną emisją dźwięku), a tym samym można by się spodziewać zapotrzebowania na badania modelowe.

KOMAG prowadzi badania i analizy dla modeli wewnętrznych, z uwzględnieniem wpływu czynników takich jak: zmiany obciążenia i stanu technicznego na rozkład pola akustycznego. Analizy takie prowadzono dla obiektów górniczych, a także energetycznych. Przykład zrealizowanego modelu pokazano na rysunku 7, gdzie zobrazowano rozkład pola w rejonie poszczególnych źródeł emisji dźwięku klasycznej elektrowni cieplnej.

4. Wnioski

Modelowanie akustyczne jest istotnym elementem badań i analiz akustycznych. Zgromadzona wiedza i narzędzia inżynierskie pozwalają na opracowanie zarówno środowiskowych, jak i przestrzennych modeli zamkniętych, na podstawie których możliwe jest wyznaczanie rozkładu pola akustycznego. Rozwój badań modelowych zmierza w kierunku stosowania połączonych modeli wewnętrzno-zewnętrznych.

Istotnym elementem każdego modelu akustycznego jest poprawnie sporządzony numeryczny model terenu, który powinien mieć formę przestrzenną, zaś podstawą do jego opracowania winna być, co najmniej inwentaryzacja terenu, w połączeniu z digitalizacją map zasadniczych. Błędy popełnione na tym etapie, a w szczególności badania w modelach płaskich, mogą dać rozkład pola akustycznego odbiegający od rzeczywistego o poziom przekraczający 2,0 dB. Każdy model akustyczny powinien odnosić się do zatwierdzonego planu zagospodarowania przestrzennego, przedsta-



Rys.7. Rozkład pola akustycznego bez osłony rejonu wzbudzenia dla złożonych źródeł emisji dźwięku [4]

wiając faktyczną klasyfikację terenu. Istotne jest, również, aby wyniki badań modelowych miały określony błąd przybliżenia, który powinien być przyjmowany w wartości maksymalnej, gdyż tylko wtedy można określić rzeczywisty poziom przekroczeń dopuszczalnego poziomu dźwięku. Nie uwzględnianie przedmiotowego przybliżenia prowadzi niejednokrotnie do błędów w projektowaniu środków ograniczających ponadnormatywną emisję dźwięku, przez co w konsekwencji powoduje niską skuteczność redukcji dźwięku.

KOMAG opracowuje modele akustyczne przestrzeni zamkniętych, modele połączone wewnętrzno-zewnętrzne i prowadzi analizy środowiskowe. Znaczącym osiągnięciem są zaprojektowane, na podstawie autorskich badań modelowych, bierne środki redukcji hałasu, w postaci tłumików, osłon i obudów, a także ekranów akustycznych, które spotkały się ze znacznym uznaniem w środowisku naukowo-badawczym, przemysłowym oraz na targach i konferencjach zagranicznych.

Wdrożenie zaawansowanych modeli obliczeniowych pozwoliło na zaprojektowanie przez KOMAG tłumika charakteryzującego się wysoką skutecznością, przekraczającą 36 dB, a także wdrożenie do praktyki przemysłowej wiele innowacyjnych rozwiązań, które przedstawiono w artykule pt.: „Innowacyjne środki redukcji ponadnormatywnej emisji dźwięku", zawartym w niniejszym wydaniu „Maszyn Górniczych".

KOMAG opracował także wiele programów i koncepcji ograniczenia ponadnormatywnej emisji hałasu, budując niejednokrotnie modele całych województw dla Komisji Europejskiej i przedstawiając je na sesjach plenarnych Sejmików Wojewódzkich. Na podstawie tych modeli, opracowano projekty środków ograniczających emisję dźwięku, które następnie wdrożono. Weryfikacja skuteczności tych środków poprzez badania doświadczalne na obiekcie rzeczywistym, jednoznacznie potwierdziła poprawność użytych modeli akustycznych.

Dotychczas opracowano łącznie ponad dwadzieścia modeli akustycznych przestrzeni zamkniętych, kilka modeli połączonych, wewnętrzno-zewnętrznych i kilkaset modeli środowiska.

Literatura

1. Engel Z., Czerwiński J.: Mapy akustyczne i monitoring w świetle obowiązujących przepisów. Proc. of Noise Control'01. Kielce 24-26.09.2001.
2. Kompała J.: Mapy akustyczne jako narzędzia zarządzania klimatem akustycznym na terenach zurbanizowanych. Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach, II Konferencja Naukowa Hałas w środowisku, Katowice 21.04.2005.
3. Lipowczan A., Kompała J.: The Utilisation of GIS and GPS Systems in Creating Acoustical Databases in Outer Environment, Proc. of Noise Control '01, Kielce 24-26.09.2001.
4. Pierchała M.: Methodology of testing of acoustic field distribution in power plants of complex structure. Proc. of Noise Control'10. 6-9.06.2010, Książ.
5. Analiza akustyczna rozkładu pola W53.025PY. KOMAG, 2007 (nie publikowana).
6. Raport o oddziaływaniu na środowisko projektowanego odcinka autostrady A-1. KOMAG, 2007 (praca nie publikowana).
7. Metody identyfikacji i ograniczania emisji hałasu podstawowych źródeł zlokalizowanych w obiektach energetycznych. KOMAG, 2007 (praca nie publikowana).
8. Analiza skuteczności ekranów akustycznych w zakresie ograniczania ponadnormatywnej emisji hałasu w typowych halach produkcyjnych oraz w środowisku. KOMAG, 2006 (praca nie publikowana).
9. Koncepcyjny projekt szeregu tłumików refleksyjnych i absorpcyjnych. KOMAG, 2008 (praca nie publikowana).
10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 października 2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinien odpowiadać program ochrony środowiska przed hałasem (Dz.U. z 2002 r. nr 179, poz. 1498).

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r

Recenzent: prof.dr hab.inż. Teodor Winkler

Mgr inż. Marek PIERCHAŁA
Mgr inż. Aneta AUGUSTYN
Instytut Techniki Górniczej KOMAG
Mgr inż. Zbigniew MARZEC
Mgr inż. Mieczysław RACHWALSKI
GRAMA sp. z o.o.

Innowacyjne środki redukcji ponadnormatywnej emisji dźwięku

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

Konieczność ograniczania ponadnormatywnej emisji dźwięku, zarówno w środowisku, jak i na stanowiskach pracy, wynika z obowiązujących wymogów formalno-prawnych [17, 18]. Dotychczasowe efekty ograniczenia emisji do poziomów dopuszczalnych, nie były zgodne z oczekiwaniami w zakresie redukcji hałasu, co było wynikiem stosowanych środków technicznych. Zastosowanie zaawansowanych modeli obliczeniowych, pozwoliło na wyprzedzające projektowanie środków technicznych, o zdecydowanie większej skuteczności. Przykładami takich rozwiązań są przedstawione w niniejszej publikacji tłumiki, zaprojektowane w KOMAG-u i wdrożone przez firmę GRAMA sp. z o.o., jak również ekrany akustyczne, z zainstalowanymi elementami rozpraszającymi falę akustyczną. Przedstawiono również innowacyjne osłony i obudowy dźwiękoizolacyjne, charakteryzujące się wysoką skutecznością izolacyjności akustycznej.

S u m m a r y

The necessity of limiting of over-standard sound emission, both in the environment and at work places results from formal-and-legal requirements, which are in force [17, 18]. Effects of limiting of sound emission to permissible levels, which were gained so far, were not in accordance with expectations as regards noise reduction, what was the result of used technical means. Use of advanced computational models enabled pre-designing of technical means of significantly higher efficiency. Dampers designed at KOMAG and implemented by GRAMA, Ltd. as well as acoustic screens with installed components dissipating acoustic wave, which were presented in the paper, are the examples of such solutions. Innovative shields and soundproof casings of high acoustic insulation effectiveness were also presented.

1. Wstęp

Artykuł przedstawia efekty wdrażania biernych środków redukcji na podstawie złożonych modeli akustycznych i jest uzupełnieniem treści zawartej w artykule pt.: „Modelowanie akustyczne jako skuteczne narzędzie identyfikacji i redukcji ponadnormatywnej emisji dźwięku" w niniejszym numerze „Maszyn Górniczych".

Ponadnormatywna emisja dźwięku może być ograniczana za pomocą metod organizacyjnych, jak również metod technicznych.

Do metod organizacyjnych zalicza się wszelkie wymagania formalno-prawne, w postaci: norm i normatyw, aktów prawnych, instrukcji oraz decyzji i zarządzeń. Celem metod organizacyjnych jest takie zarządzanie źródłami emisji dźwięku, aby można było zapewnić jak najlepszą ochronę przed hałasem. Działania (decyzje, zarządzenia) te mogą dotyczyć nie tylko źródeł emisji, ale również podlegających ochronie obszarów (np. ochrona pracowników poprzez ścisłe wytyczenie i zawężenie ciągów komunikacyjnych do miejsc, gdzie oddziaływanie jest najmniejsze).

Przykładem zastosowania metod organizacyjnych w zarządzaniu źródłami emisji dźwięku jest sterowanie ruchem wewnętrznych środków transportu w zakładzie pracy, dobór czasu i wariantów pracy źródeł (dane źródło jest wyłączone z ruchu ciągle lub w określonym czasie, ze względu na zły stan techniczny, który powoduje podwyższoną emisję itp.). Metody organizacyjne często i chętnie stosuje się również na terenach obiektów górniczych, jak również w energetyce, ze względu na nadmiarowość maszyn, urządzeń i aparatów.

2. Metody i sposoby technicznej redukcji dźwięku

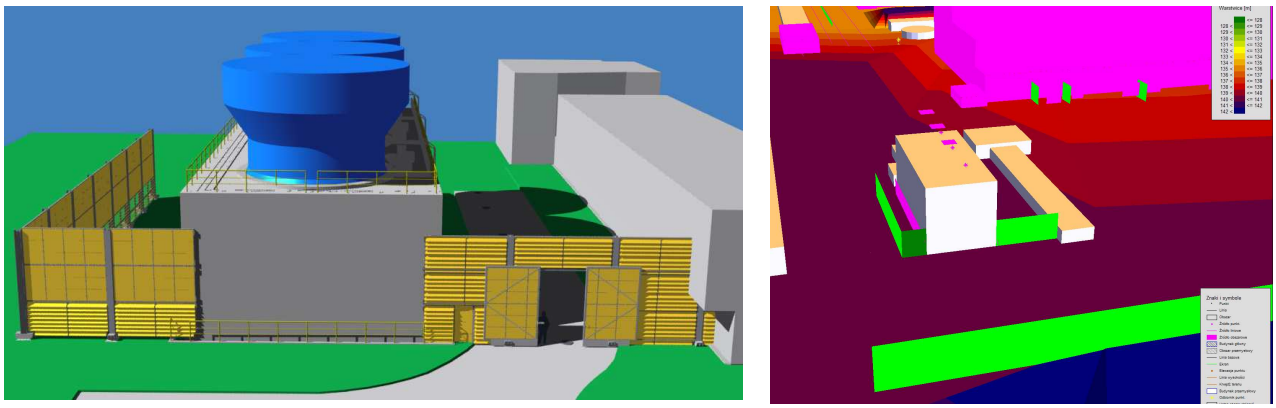
Do metod i sposobów tych zaliczamy:

- ograniczenie emisji dźwięku w źródle,
- ograniczenie transmisji energii wibroakustycznej,
- umieszczenie w układzie nadajnik - odbiornik dodatkowych środków ograniczających,
- aktywną redukcję dźwięku,
- indywidualne środki ochrony.

Do najbardziej rozpowszechnionych środków redukcji dźwięku należą ekrany akustyczne, tłumiki, jak również osłony dźwiękochłonne i obudowy dźwiękochłonno-izolacyjne.

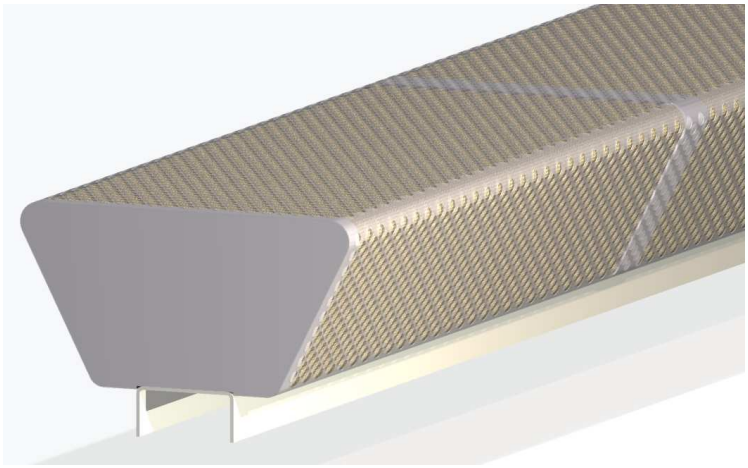
Wszystkie zaprojektowane w Zakładzie Wibroakustyki Stosowanej KOMAG zabezpieczenia przeciwhałasowe zostały poddane badaniom modelowym.

a) *b)*



Rys.1. Ekran akustyczny w rejonie chłodni wyparnej turbiny: a) model geometryczny, b) model akustyczny [6]

Rys.2. Ekran akustyczny w rejonie chłodni wyparnej turbiny [13]



Rys.3. Dyfraktor akustyczny BW-E dla klasycznych ekranów zaprojektowany przez KOMAG [11]

Zwiększyły one nakłady pracy na opracowanie środka technicznego, jednakże były gwarancją osiągnięcia możliwie najwyższej skuteczności.

3. Innowacyjne rozwiązania w zakresie stosowania ekranów akustycznych

Ekrany akustyczne, stosowane są najczęściej tam, gdzie niemożliwe jest ograniczenie emisji dźwięku innymi środkami. Cechują się one istotnie mniejszą skutecznością od pozostałych środków redukcji, takich jak osłony, czy tez obudowy dźwiękochłonno-izolacyjne i nie nadają się generalnie do ograniczania niskich częstotliwości, tj. poniżej 200 Hz. Jednakże ich zastosowanie pozwala na dobry dostęp do stref maszyn, urządzeń i aparatów, a także nie wpływa istotnie na parametry takie jak np. opory przepływu, chłodzenie itp.

Odrębnym, od klasycznie stosowanych ekranów akustycznych i zarazem niezwykle innowacyjnym w zakresie konstrukcji, a także parametrów przejścia fal akustycznych rozwiązaniem, jest ekran z zabudowanymi kasetami w formie żaluzji, jak również z drzwiami ewakuacyjnymi i przesuwną bramą (złożony układ przeniesienia obciążeń wynikających z naporu wiatru). Pomimo dużej złożoności konstrukcji udało się zachować wysoką skuteczność redukcji dźwięku, osiągając w punkcie referencyjnym, zlokalizowanym na terenie chronionym, obniżenie poziomu dźwięku o ponad 8,0 dB. Dodatkowo ekran ten nie wpłynął negatywnie na parametry termodynamiczne chłodni, dzięki zastosowaniu odpowiedniej postaci geometrycznej całego układu. Rozwiązanie to przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

4. Innowacyjne środki służące podniesieniu skuteczności istniejących zabezpieczeń

Jedną z metod poprawy parametrów ekranów akustycznych jest zastosowanie, w górnej krawędzi ekranu, elementów dyfrakcyjnych, zmieniających układ załamania się fal akustycznych. Przykład dyfraktorów akustycznych, przeznaczonych do instalacji zarówno na nowo projektowanych, jak i istniejących ekranach, przedstawiono na rysunku 3.

Zaletą stosowania elementów dyfrakcyjnych jest możliwość podniesienia skuteczności ekranów, które utraciły ją na skutek np. pogorszenia stanu technicznego źródła, bądź też zwiększenia liczby źródeł, czy też ich mocy akustycznej. Przeprowadzone przez KOMAG badania jednoznacznie potwierdziły, iż największą skutecznością cechuje się dyfraktor typu BW-E, przedstawiony na rysunku 3, a także dyfraktor ortogonalny. Dyfraktor ortogonalny ma kształt dwunastokąta. Zasada działania jest taka sama jak dla innych dyfraktorów (wykorzystanie zjawiska złamania się fal, na płaszczyznach o ściśle dobranych kątach pochylenia).

Oba powyższe dyfraktory wypełnione są materiałem pochłaniającym (wełną mineralną o klasie pochłaniania A) i zabezpieczone blachą perforowaną, pełniącą funkcję elementu kierunkującego dla fal akustycznych.

5. Rozwiązania w zakresie tłumików przepływowych

Istotnym źródłem przekroczeń dopuszczalnego poziomu dźwięku na stanowiskach pracy w podziemnych wyrobiskach górniczych są wentylatory np. wentylator typu WLE, przeznaczony do przewietrzania ślepych wyrobisk korytarzowych drążonych kombajnami chodnikowymi.

Typowy wentylator WLE-1010 o nominalnej wydajności 620 m^3/min i spiętrzeniu całkowitym 4600 Pa, charakteryzuje się uśrednionym poziomem dźwięku: L_{Aeq} = *117,0 ± 2,3 dB* i mocą akustyczną L_{WA} = *131,7 ±2,3 dB*. Tak wysoki poziom mocy akustycznej wymusza konieczność stosowania zabezpieczeń przeciwhałasowych, ograniczających narażenie pracowników na ponadnormatywną emisję. Przykładem innowacyjnego zabezpieczenia jest zaprojektowany przez KOMAG tłumik TG ø 1010/2200 o skuteczności redukcji poziomu dźwięku 18,1 dB [4, 5].

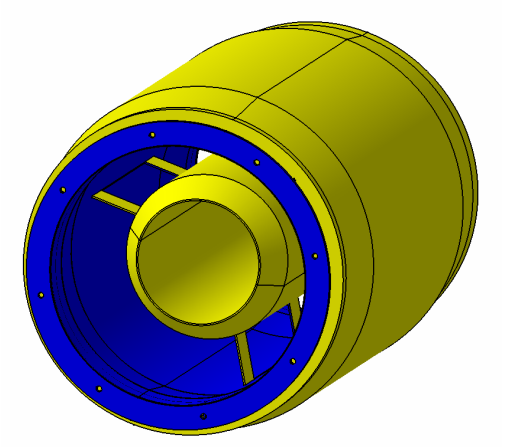
Tłumiki typu TG są także stosowane na powierzchni zakładów górniczych, oraz tam, gdzie występuje zagrożenie wybuchem mieszanin (metan, pył węglowy).

Kolejnym rozwiązaniem jest tłumik hałasu czerpni i wyrzutni powietrza do współpracy z wentylatorami dużej mocy przedstawiony na rysunku 6. Zastosowanie tego tłumika pozwoliło na obniżenie poziom dźwięku o 36,9 dB. Do jego największych zalet należy zaliczyć szerokopasmowe widmo tłumienia, w tym bardzo dobre tłumienie niskich częstotliwości, niskie opory przepływu medium przez tłumik, możliwość zabudowy w atmosferze pyłów, gazów i mieszanin wybuchowych, ale przede wszystkim brak negatywnego wpływu tłumika na parametry techniczne wentylatora, w tym brak istotnego wpływu ma temperaturę pracy silnika wentylatora. Tłumik ten został opracowany w postaci segmentowej, z podziałem na rejon wlotu / wylotu medium, co znacznie ułatwiło jego montaż.

Rozwiązanie to jest uniwersalne i pozwala ograniczyć zarówno hałas czerpni, jak i wyrzutni powietrza, zarówno na elewacjach, jak i na dachach. Na rysunku 7 przedstawiono wpływ tłumika na widmo dźwięku emitowanego do środowiska.

W KOMAG-u opracowano również rozwiązania dla układów o mniejszej wydajności (do max 500 m^3/min), charakteryzujących się skutecznością redukcji dźwięku powyżej 22,0 dB, a także niskimi oporami przepływu.

a)

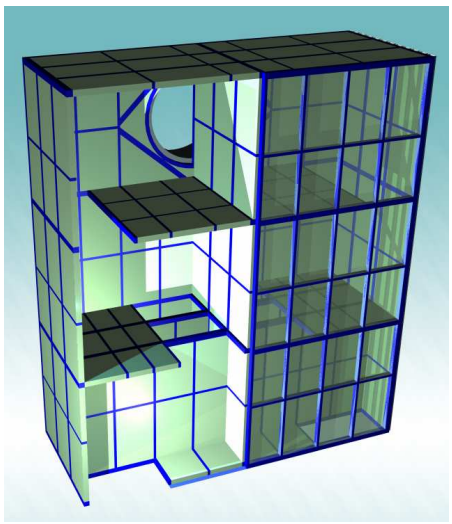


Rys.4. Tłumiki typu TG, do stosowania w atmosferze zagrożenia wybuchem metanu i pyłu węglowego [4, 5]: a) tłumik TG 630/2000, b) typoszereg tłumików TG z elementem rozpraszającym

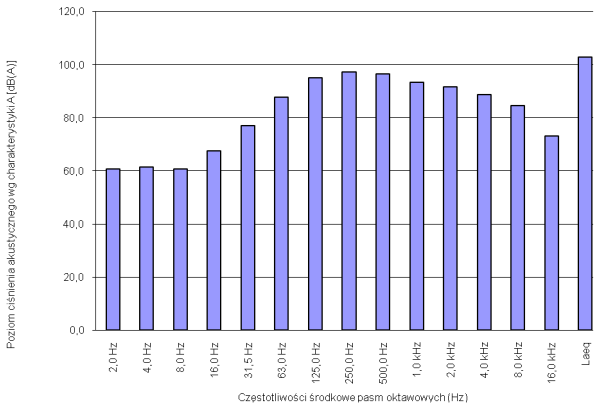
b)

⬅ Rys.5. Tłumiki typu TG zastosowane w instalacji odpylania w Zakładzie Mechanicznej Przeróbki Węgla [4, 5, 9]

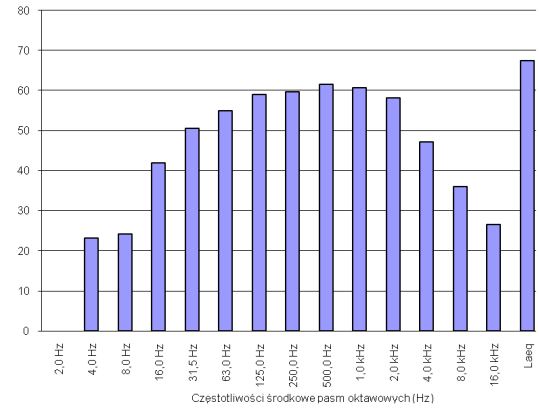
⬇ Rys.6. Tłumik hałasu do współpracy z wentylatorami dużej mocy [8, 10]



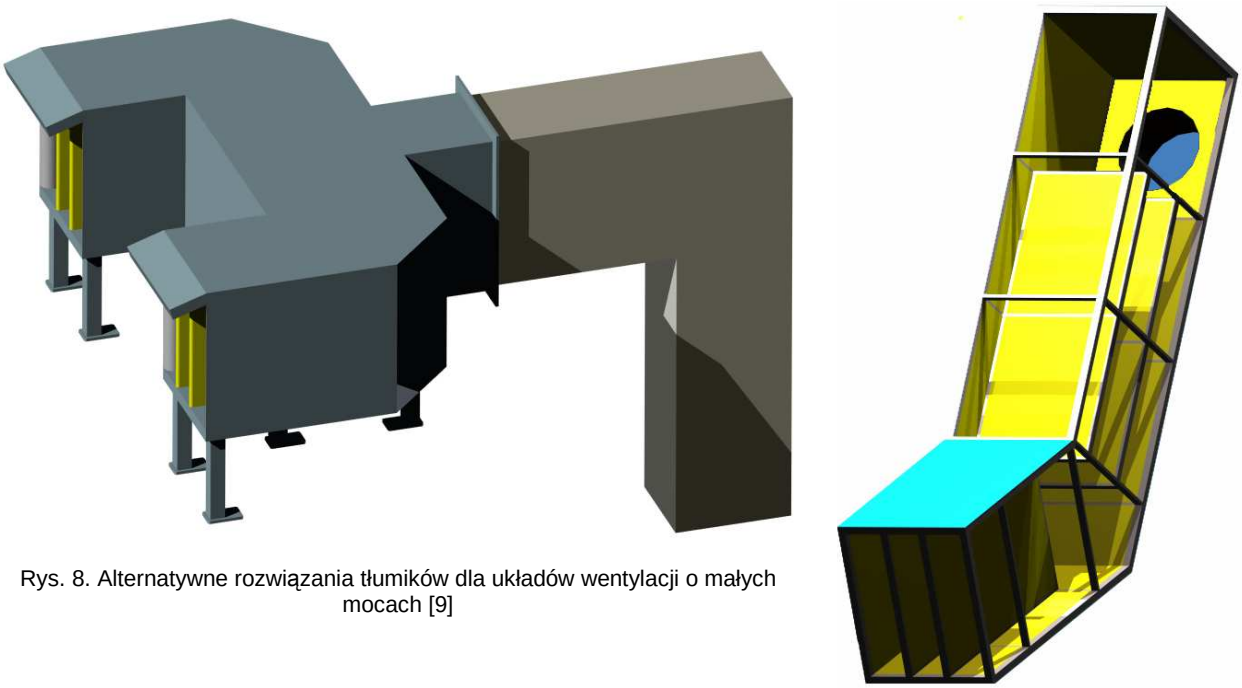
a)



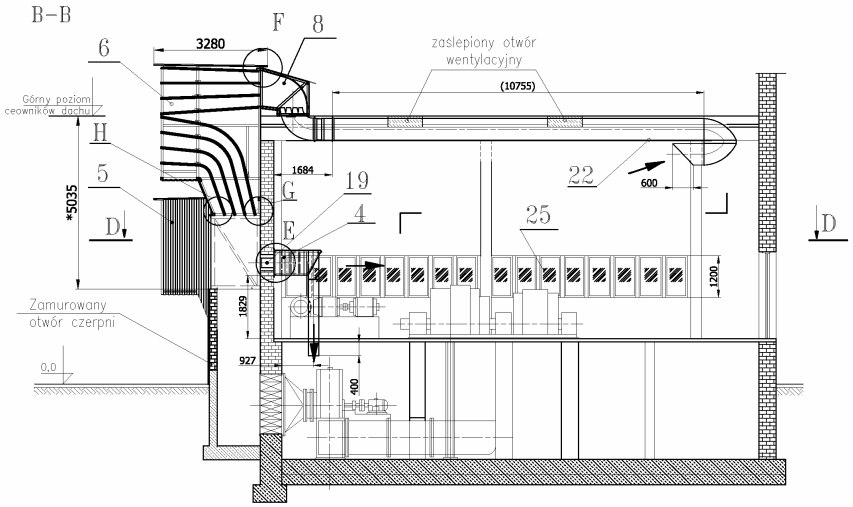
b)

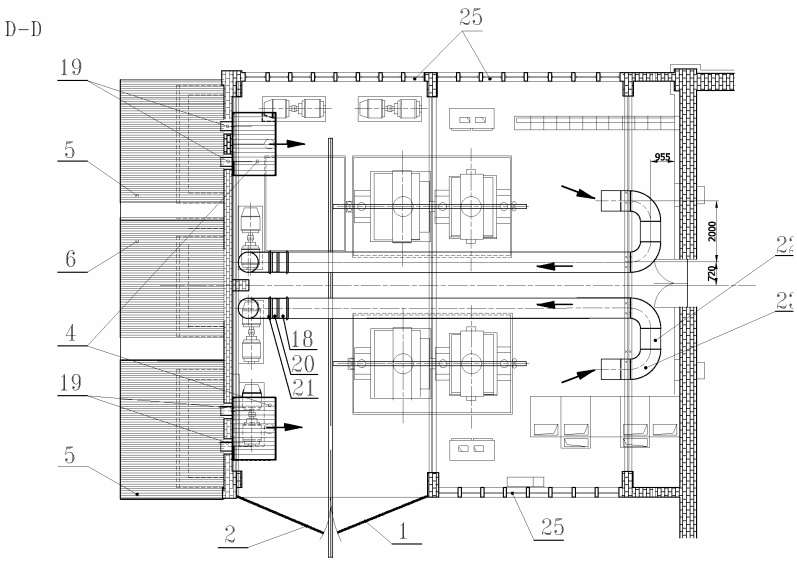


Rys.7. Uśrednione widmo emisji dźwięku wentylatora promieniowego [8]: a) przed zabudowaniem tłumika, b) po zabudowie tłumika

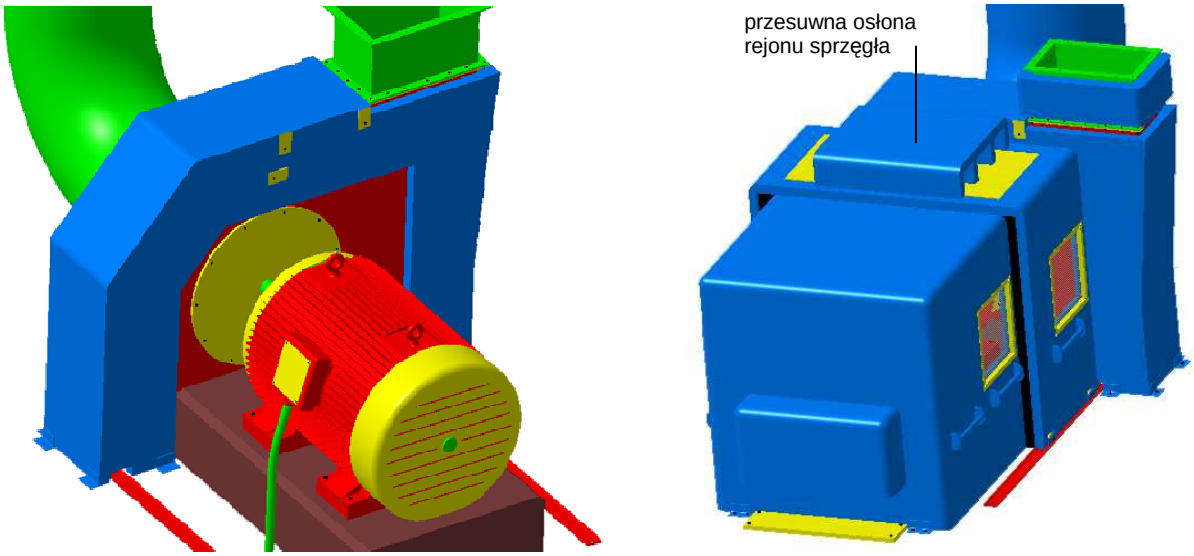


Rys. 8. Alternatywne rozwiązania tłumików dla układów wentylacji o małych mocach [9]

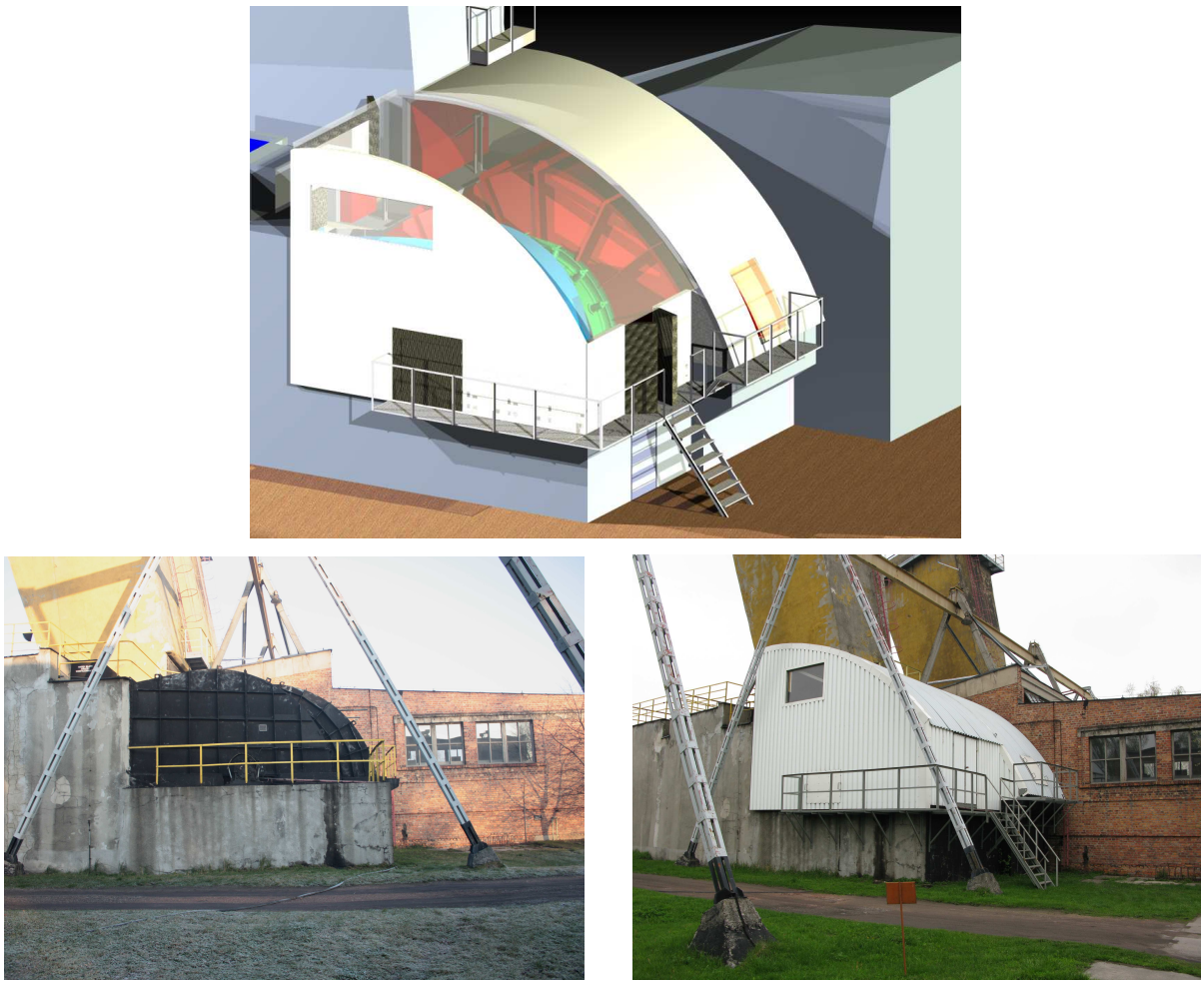




Rys.9. Przekrój poprzeczny i rzut na poziom ± 0,0 m przez zabudowany dla maszyny wyciągowej, nisko-emisyjny akustycznie system wentylacji obiektu [15]



Rys.10. System tłumienia wentylatora [7]



Rys.11. Obudowa dźwiękochłonno-izolacyjna zaprojektowana przez KOMAG w ramach zadania wytłumienia wentylatora wyciągowego [5] (model geometryczny obudowy, układ wentylatora przed zabudową obudowy i po jej zabudowie)

Rys.12. Zabudowa stacji załadunkowej węgla ograniczająca emisję dźwięku z przesiewacza wibracyjnego [12]

Rozwiązanie takie zastosowano z powodzeniem w układach wentylatorów w wieżach szybu wydobywczego, zaś ich przykłady przedstawiono na rysunku 8.

W KOMAG-u projektowane są także niskoemisyjne akustycznie systemy wentylacji budynków, przeznaczone dla obiektów o znaczeniu strategicznym. Zabudowa takich systemów niejednokrotnie związana jest z adaptacją akustyczną całego obiektu, włącznie ze zwiększeniem izolacyjności wszystkich przegród budowlanych i wymianą stolarki okiennej.

Przedstawiony na rysunku 9 system składa się z trzech tłumików zewnętrznych, ograniczających emisję do środowiska, jak również z dwóch tłumików wewnętrznych ograniczających hałas na stanowiskach pracy. Jego istota polega na tym, iż część tłumików pełni podwójną funkcję, zapewniając właściwą cyrkulację powietrza w obiekcie. Ponadto system gwarantuje tłumienie przenoszenia na poziomie powyżej 25,0 dB; nie przekraczając poziomu 75,0 dB dla żadnego ze źródeł. Jego istotną zaletą są niewielkie gabaryty w stosunku do rozwiązań konkurencyjnych, przy zachowaniu niewielkich oporów przepływu.

6. Rozwiązania osłon i obudów dźwiękochłonno-izolacyjnych

Kolejnym rozwiązaniem z zakresu biernych środków redukcji dźwięku są osłony i obudowy dźwiękochłonno-izolacyjne. Osłony i obudowy stosowane są najczęściej w przestrzeniach otwartych, dla źródeł takich jak wentylatory, silniki dużej mocy, a także w przestrzeniach zamkniętych, dla młynów, pomp, turbin itp. Problemem w projektowaniu wyżej wymienionych zabezpieczeń jest zagwarantowanie poprawnego odprowadzania ciepła z zabezpieczanych w ten sposób maszyn, urządzeń i aparatów. Środki te są często kompromisem pomiędzy wysoką skutecznością redukcji, a parametrami funkcjonalnymi, jak np.: zagwarantowanie dostępu do stref ciągłego nadzoru, szybkość demontażu itp.

Rozwiązaniem spełniającym powyższe wymogi, a także cechującym się skutecznością powyżej 20,0 dB; jest system osłon dla wentylatora przedstawiony na rysunku 10. Zapewnia on swobodny dostęp zarówno do rejonu sprzęgła, jak i do przyłączy kablowych silnika, a także daje możliwość poruszania się w osłonie i prowadzenie ciągłego nadzoru.

Zastosowane rozwiązania w zakresie wytłumienia stref wymiany powietrza, poprzez zabudowę tłumików labiryntowych, z poprzecznie zabudowanymi kasetami dźwiękochłonnymi, pozwoliło na istotne ograniczenie emisji hałasu na stanowiskach pracy. System ten zaprojektowano tak, by zapewnić możliwie jak największą izolacyjność akustyczną w miejscu połączenia poszczególnych segmentów osłony.

Kolejnym przykładem, obudów dźwiękochłonno-izolacyjnych jest obudowa przedstawiona na rysunku 11. Pozwoliła ona na ograniczenie ponadnormatywnej emisji dźwięku do środowiska, poprzez zabudowę przegród budowlanych, o wysokiej izolacyjności, pełniących jednocześnie funkcję pochłaniania energii fal akustycznych. Skuteczność obudowy przekracza poziom 25,0 dB, zapewniając dotrzymanie dopuszczalnych poziomów dźwięku na granicy terenów przemysłowych, z terenami podlegającymi ustawowej ochronie przed hałasem.

Innym przykładem stosowania obudów jest zaprojektowany przez KOMAG budynek stacji załadunkowej węgla, gdzie zastosowanie przegród o wysokiej izolacyjności, a także tłumika przepływowego i kasety dźwiękochłonnej, ponad strefą załadunku, spowodowało ograniczenie poziomu dźwięku na terenach chronionych do dopuszczalnego poziomu w porze dnia $L_{Aeq,D} = 55{,}0\ dB$.

7. Podsumowanie

Dynamiczny rozwój modeli obliczeniowych, pozwolił na projektowanie, innowacyjnych środków redukcji ponadnormatywnego dźwięku, o wysokiej skuteczności. Obecnie możliwe jest ograniczenie oddziaływania akustycznego układów wentylacji o wartości przekraczające 30,0 dB. Dostępne materiały dźwiękochłonne, a także dźwiękoizolacyjne pozwalają na projektowanie zabezpieczeń przeciwhałasowych, nie stanowiących zagrożenia dla środowiska naturalnego, na żadnym z etapów życia środka technicznego, tj. produkcji, użytkowania i recyklingu. Ponadto możliwe jest tworzenie środków redukcji cechujących się istotnie lepszym tłumieniem dźwięku w pasmach poniżej 200 Hz.

Zdobyte przez specjalistów KOMAG-u doświadczenia i opracowywane rozwiązania w zakresie ograniczania ponadnormatywnej emisji dźwięku pozwalają na redukcję hałasu dla praktycznie wszystkich znanych typów źródeł emisji.

Przedstawione powyżej rozwiązania były zweryfikowane poprzez badania w akredytowanych laboratoriach badawczych na etapie wdrożenia do praktyki przemysłowej. Efektem przeprowadzonych badań było wystawienie pozytywnych opinii przez Urząd Wojewódzki, a także Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach (instytucje niezależne) dla projektowanych przez KOMAG biernych środków redukcji hałasu.

Badania potwierdziły m.in. skuteczność zaprojektowanego tłumika hałasu czerpni i wyrzutni określając, iż przewyższa ona 36 dB. Dotychczas zrealizowano prace badawcze dla Wojewódzkich Zarządów Dróg, Kompanii Węglowej S.A., Południowego Koncernu Węglowego

S.A., urzędów miast, w tym Warszawy, Skierniewic, Lublina, a także dla kilku elektrociepłowni i ciepłowni.

Najczęściej ograniczano hałas emitowany przez układy wentylacji, poprzez zabudowę tłumików przepływowych. Wdrożono także wiele wariantów ekranów akustycznych, włącznie z tymi, dla których wydano dyfraktowy akustyczne w postaci typu BW-E.

Literatura

1. Engel Z.: Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa 2001.
2. Kinsler L., Frey A., Coppens A., Sanders J.: Fundamentals of Acoustics. J. Wiley. New York 1982.
3. Badania tłumików przepływowych. Praca badawcza. KOMAG 2006 (praca nie publikowana).
4. Analiza przyczynowo skutkowa oddziaływania zakładów przemysłowych na klimat akustyczny aglomeracji. Maszyny Górnicze nr 1, 2007 s. 7÷15.
5. Metodyka identyfikacji i ograniczania emisji hałasu podstawowych źródeł zlokalizowanych w obiektach energetycznych. Praca badawcza. KOMAG 2007 (praca nie publikowana).
6. System tłumienia wentylatora. Zgłoszenie patentowe nr P 378392, 2007.
7. Ograniczanie ponadnormatywnej emisji hałasu wentylatorów dużej mocy. Maszyny Górnicze nr 2, 2008, s. 39 ÷ 46.
8. Koncepcyjny projekt szeregu tłumików refleksyjnych i absorpcyjnych oraz wytłumionego zespołu nawiewno/wywiewnego. Praca badawcza. KOMAG 2008 (praca nie publikowana).
9. Tłumik hałasu czerpni i wyrzutni powietrza do współpracy z wentylatorami dużej mocy. Zgłoszenie patentowe nr P 385546, 2008.
10. Projekt techniczny szeregu dyfraktorów akustycznych. Praca badawcza. KOMAG 2007 (praca nie publikowana).
11. Koncepcja ograniczenia ponadnormatywnej emisji hałasu stacji załadunkowych. KOMAG 2008 (praca nie publikowana).
12. Projekt budowlano-wykonawczy i wdrożenie wyciszenia chłodni hali przetwornic maszyny wyciągowej. KOMAG 2009 (materiały nie publikowane).
13. Projekt budowlano-wykonawczy i wdrożenie wyciszenia chłodni turbiny TZ4. KOMAG 2008 (praca nie publikowana).
14. Projekt budowlano-wykonawczy i wdrożenie wyciszenia hali przetwornic maszyny wyciągowej. KOMAG 2009 (praca nie publikowana).
15. Strauss K.: Kraftwerkstechnik. Berlin, Springer Verlag 1994.
16. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. z 2007 r. Nr 120, poz. 826).
17. PN-N-01307:1994: Hałas. Dopuszczalne wartości parametrów hałasu w środowisku pracy. Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż.Teodor Winkler

Dr inż. Krzysztof NIEŚPIAŁOWSKI
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Układy hydrauliczne maszyn i urządzeń dla przemysłu górniczego

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

W przemyśle górniczym wykorzystywane są systemy, składające się z maszyn i urządzeń, przeznaczone do udostępniania wyrobisk, wybierania, odstawy oraz transportu urobku i materiałów. Z racji specyficznych warunków panujących w zakładach górniczych, maszyny i urządzenia wyposażane są w hydrauliczne układy zasilania i sterowania. Układy hydrauliczne, oprócz swojego podstawowego zadania, jakim jest prawidłowe funkcjonowanie maszyny, pełnią często funkcję pomocniczą, jaką jest zasilanie urządzeń małej mechanizacji, niezbędnych w procesie produkcyjnym. W artykule przedstawiono przykładowe rozwiązania układów hydraulicznych zaimplementowanych w maszynach i urządzeniach projektowanych w KOMAG-u.

S u m m a r y

Systems consisting of machines and equipment designed for development of workings, for mining and for transportation of run-of-mine and materials are used in the mining industry. Due to specific conditions in mining plants, machines and equipment are equipped with hydraulic systems for supply and control. Hydraulic systems, besides their basic task, which is proper operation of machine, often play auxiliary function, which is supplying of small-mechanization equipment indispensable in a production process. Exemplary solutions of hydraulic systems implemented in machines and equipment designed at the KOMAG Institute of Mining Technology were presented in the paper.

1. Wprowadzenie

Napędy i sterowanie hydrauliczne posiadają szereg zalet, do których należą:

- duża wydajność energetyczna z jednostki masy lub objętości,
- możliwość uzyskania przełożeń zmiennych w sposób ciągły (bezstopniowy),
- bardzo mała bezwładność układu, umożliwiająca dokonywanie częstych i gwałtownych zmian prędkości i obciążenia przy dobrych własnościach tłumiących procesy przejściowe,
- samosmarowość,
- łatwość bezpośredniej i ciągłej kontroli obciążenia przez pomiar ciśnienia, a także łatwość ograniczenia obciążenia zaworami maksymalnymi,
- znacznie mniejsza (niż w przypadku napędu mechanicznego) ilość ograniczeń konstrukcyjnych przy projektowaniu wynikająca z możności połączenia pompy z silnikiem przez aparaturę sterowania przewodami sztywnymi o dowolnym ułożeniu lub przewodami elastycznymi,
- łatwość zamiany ruchu obrotowego na prostoliniowy,
- łatwość uzyskania nawrotu i rozgałęzienia mocy,
- możliwość komponowania układów hydrostatycznych przeznaczonych do różnych maszyn i różnych celów oraz warunków pracy z ograniczonej liczby znormalizowanych i zunifikowanych elementów, produkowanych masowo przez wyspecjalizowane firmy (pod tym względem układy hydrostatyczne dorównują układom elektrycznym i elektronicznym),
- łatwość automatyzacji, zdalnego sterowania, sterowania programowego itp., uzyskiwanych przeważnie hydraulicznie, elektrohydraulicznie lub elektroniczno-hydraulicznie [3, 4, 7, 14].

Dzięki swym zaletom znajdują szerokie zastosowanie w maszynach górniczych. Występująca (szczególnie w ostatnim okresie) tendencja do obniżania kosztów, przy równoczesnym zwiększeniu efektywności wydobycia węgla wymusza opracowywanie nowoczesnych układów hydraulicznych do maszyn górniczych w zakresie:

- elementów hydrauliki o coraz wyższym ciśnieniu pracy,
- układów hydraulicznych o coraz większej sprawności przeniesienia mocy w całym zakresie obciążeń,
- coraz szerszego stosowania elektrohydraulicznego sterowania proporcjonalnego [10].

Na obecnym etapie rozwoju hydrostatycznych układów napędowych, dąży się do polepszenia ich sprawności i żywotności, zwiększenia precyzji sterowania, a tym samym zwiększenia dokładności wykonywanych zadań technologicznych oraz wspomagania procesu automatyzacji wybranych ruchów roboczych. Jednym z takich rozwiązań, zapewniających wysoką sprawność hydrostatycznych układów napędowych maszyn i pojazdów, są układy z kompensacją obciążenia (Load Sensing – LS), które, w stosunku do układów sterowanych dławieniowo, charakteryzują się wyższą sprawnością w znacznej części zakresu roboczego pomp hydraulicznych.

Hydrostatyczne układy napędowe z kompensacją obciążenia zapewniają utrzymanie stałych parametrów pracy układu hydraulicznego, bez względu na wielkość i charakter jego obciążenia, a także pozwalają na precyzyjne sterowanie elementami wykonawczymi układu.

Kolejnym etapem rozwoju hydrostatycznych układów napędowych są systemy LUDV (**L**astdruck**u**nabhängige **D**urchfluss**v**erteilung) – niezależnego od obciążenia rozdziału wydajności pompy, w których, podobnie jak w układach LS, wartości prędkości roboczych każdego z elementów wykonawczych mogą być precyzyjnie sterowane – bez względu na wielkość i charakter zmian obciążenia zewnętrznego. Podstawową zaletą tego typu układów jest automatyczne redukowanie prędkości wszystkich odbiorników w przypadku, gdy wydajność pompy jest niewystarczająca, do zapewnienia wymaganej chłonności wszystkich odbiorników.

Rozwój hydrostatycznych układów napędowych maszyn i pojazdów (coraz częściej wyposażanych w systemy LS czy LUDV) i korzyści wynikające z ich wprowadzania sprawiają, że rozwiązania te obejmują kolejne grupy maszyn i pojazdów. Maszyny wyposażone w hydrostatyczne układy napędowe charakteryzują się większą precyzją sterowania, mniejszymi nadwyżkami dynamicznymi, lepszą ergonomią i podatnością na zdalne i automatyczne sterowanie [1, 5].

Coraz szersze stosowanie rozwiązania mechatroniki w układach hydraulicznych pozwala na miniaturyzację układów sterowania pracą zespołów wykonawczych, co skutkuje ograniczeniem do niezbędnego minimum miejsca zabudowy. Dzięki swoim zaletom, takim jak:

- elastyczność,
- zwarta budowa,
- pewien stopień inteligencji,
- wielofunkcjonalność,
- komunikatywność,
- dobre właściwości dynamiczne,
- duża dokładność pozycjonowania i prowadzenia,
- szeroki zakres regulacji,
- proste sterowanie,
- komfortowa obsługa,

coraz intensywniej rozwijać się będzie hydronika. Jej rozwój polegał będzie głównie na:

- rozwoju mikroprocesorów i cyfrowych metod sterowania,
- rozwoju oprogramowania i sieci informatycznej,
- budowie zaworów zintegrowanych z regulatorem cyfrowym,
- budowie autonomicznych osi hydraulicznych o pewnym stopniu inteligencji,
- rozwoju mikrohydrauliki i jej zastosowaniem w konwencjonalnych napędach,
- wprowadzeniu elementów piezoelektrycznych [2].

Zagadnieniami napędów i sterowań hydraulicznych maszyn i urządzeń zajmują się specjaliści Zakładu Systemów Chodnikowych i Hydrauliki KOMAG-u. W zakładzie powstało szereg rozwiązań układów hydraulicznych, których aplikacje znalazły miejsce, między innymi, w następujących maszynach i urządzeniach:

- kombajn chodnikowy KR-150 – REMAG S.A.,
- kombajn chodnikowy P110 – NKMZ Ukraina,
- ładowarka bocznie wysypująca ŁPS-1200EH/LS – BUMAR Łabędy S.A.,
- ładowarka bocznie wysypująca ŁJK-1200 – JUKATOR sp. z o.o.,
- ładowarka bocznie wysypująca DBW-1200T – MAMC Indie,
- ładowarka bocznie wysypująca DBN-1000T – Bhilai Engineering Indie,
- lokomotywa dołowa spalinowa Lds-100K-EM – ENERGO-MECHANIK sp. z o.o.,
- lokomotywa dołowa spalinowa Lds-100K-EM-A – ENERGO-MECHANIK sp. z o.o.,
- lokomotywa spalinowa WLP-50 – ENERGO-MECHANIK sp. z o.o.,
- szynowa kolej zębata SKZ-8 – RYFAMA S.A.,
- wiertnica MDR 03AT-E – ZMUW sp. z o.o.,
- wiertnica MDR 06A – ZMUW sp. z o.o.,
- wiertnica WMD-150 – ZMUW sp. z o.o.,
- wiertnica WIG-200 – ZMUW sp. z o.o..

Należy zauważyć, że wszystkie rozwiązania układów hydraulicznych projektowanych maszyn są poddawane badaniom na stanowiskach badawczych Laboratorium Badań Stosowanych KOMAG-u. Wykwalifikowana obsługa i bogate wyposażenie laboratorium zapewnia doskonałą jakość prowadzonych prac badawczych [8].

2. Układy hydrauliczne lokomotyw typu Lds

Jednym ze stosowanych w zakładach górniczych środków transportu jest uniwersalna i mobilna lokomotywa typu Lds z niskotoksycznym silnikiem spalinowym. Dzięki swym właściwościom, wpływa ona na usprawnienie transportu oraz poprawę warunków pracy w wyrobiskach kopalnianych. Uniwersalność lokomotywy polega na możliwości wykorzystania jej do transportu maszyn, urządzeń i ich zespołów o dużych masach, a także do przewozu pracowników. Jej mobilność przyczynia się do wzrostu efektywnego czasu pracy załóg górniczych zatrudnionych w przodkach, a także skrócenia czasu relokacji maszyn i urządzeń, związanej z przesuwaniem się frontu eksploatacji [9, 13].

W ITG KOMAG opracowano dwa rozwiązania lokomotyw dołowych spalinowych:

- Lds-100K-EM do zastosowań w kopalniach rud, spełniające wymagania Dyrektywy Maszynowej,

– Lds-100K-EM-A do zastosowań w kopalniach węgla kamiennego, spełniające wymagania Dyrektywy Maszynowej oraz Dyrektywy ATEX.

Lokomotywy typu Lds zbudowane są w formie modułowej, obejmującej dwie kabiny operatorskie, rozdzielone przedziałem silnikowym (rys. 1). W przedziale silnikowym zabudowano zespół napędowy wraz ze sterująco-wykonawczym układem hydraulicznym i elektrycznym.

Zespół napędowy złożony jest z niskotoksycznego wysokoprężnego, turbodoładowanego silnika spalinowego, napędzającego przez przekładnię hydrokinetyczną i przekładnię rewersyjną dwie przekładnie kątowe, których wały stanowią osie zestawów kołowych. Dla obu wymienionych lokomotyw opracowano odrębne rozwiązania układu hydraulicznego. W przypadku lokomotywy Lds-100K-EM, układ hydrauliczny zapewnia realizację następujących funkcji:

– zasilanie i smarowanie przekładni hydrokinetycznej,
– smarowanie i sterowanie pracą przekładni rewersyjnej,
– sterowanie prędkością jazdy,
– hamowanie manewrowe oraz awaryjno-postojowe,
– uruchamianie piasecznic.

Dla lokomotywy Lds-100K-EM-A w układzie hydraulicznym przewidziano dodatkowo:

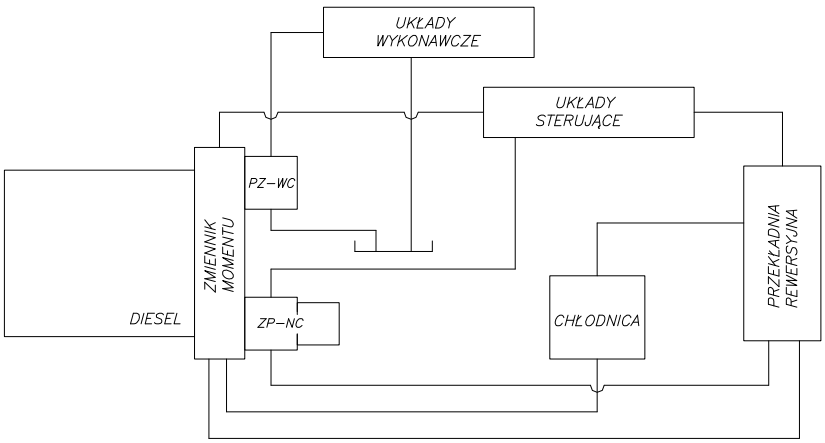
– układ rozruchu silnika spalinowego,
– układ napędu silnika wentylatora chłodnicy oleju.

Układ hydrauliczny lokomotyw typu Lds-100K (rys. 2) zbudowany jest w oparciu o:

– zespół pompowy (ZP-NC), złożony z pomp zębatych, z których jedna współpracuje bezpośrednio z przekładnią hydrokinetyczną (zmiennikiem momentu), a druga pracuje w obwodzie niskiego ciśnienia,
– pompę zębatą (PZ-WC) pracującą w obwodzie wysokiego ciśnienia.

Zespół pompowy (ZP-NC) zapewnia zasilanie i smarowanie przekładni hydrokinetycznej, jak również smarowanie i sterowanie pracą przekładni rewersyjnej. Pompa zębata (PZ-WC), pracująca w obwodzie wysokiego ciśnienia, zapewnia sterowanie prędkością jazdy, hamowanie manewrowe, zwalnianie hamulca postojowego,

Rys.1. Lokomotywa dołowa spalinowa typu Lds [13]



Rys.2. Hydrauliczny schemat blokowy lokomotywy typu Lds: PZ-WC – pompa zębata obwodu wysokiego ciśnienia, ZP-NC – zespół pompowy obwodu niskiego ciśnienia [13]

uruchamianie piasecznic, ładowanie akumulatora hydraulicznego przeznaczonego do awaryjnego hamowania za pomocą hamulców manewrowych.

Dla lokomotywy pracującej w warunkach zagrożenia wybuchem, w układzie hydraulicznym przewidziano dodatkowo zasilanie silnika wentylatora chłodnicy oleju z linii niskiego ciśnienia oraz ładowanie akumulatorów hydraulicznych odpowiadających za rozruch silnika spalinowego.

Na linii tłocznej każdej z pomp zabudowano filtr wysokociśnieniowy dokładny oraz zawór zabezpieczający układ przed nadmiernym wzrostem ciśnienia.

Układ hydrauliczny lokomotyw typu Lds charakteryzuje się następującymi parametrami:

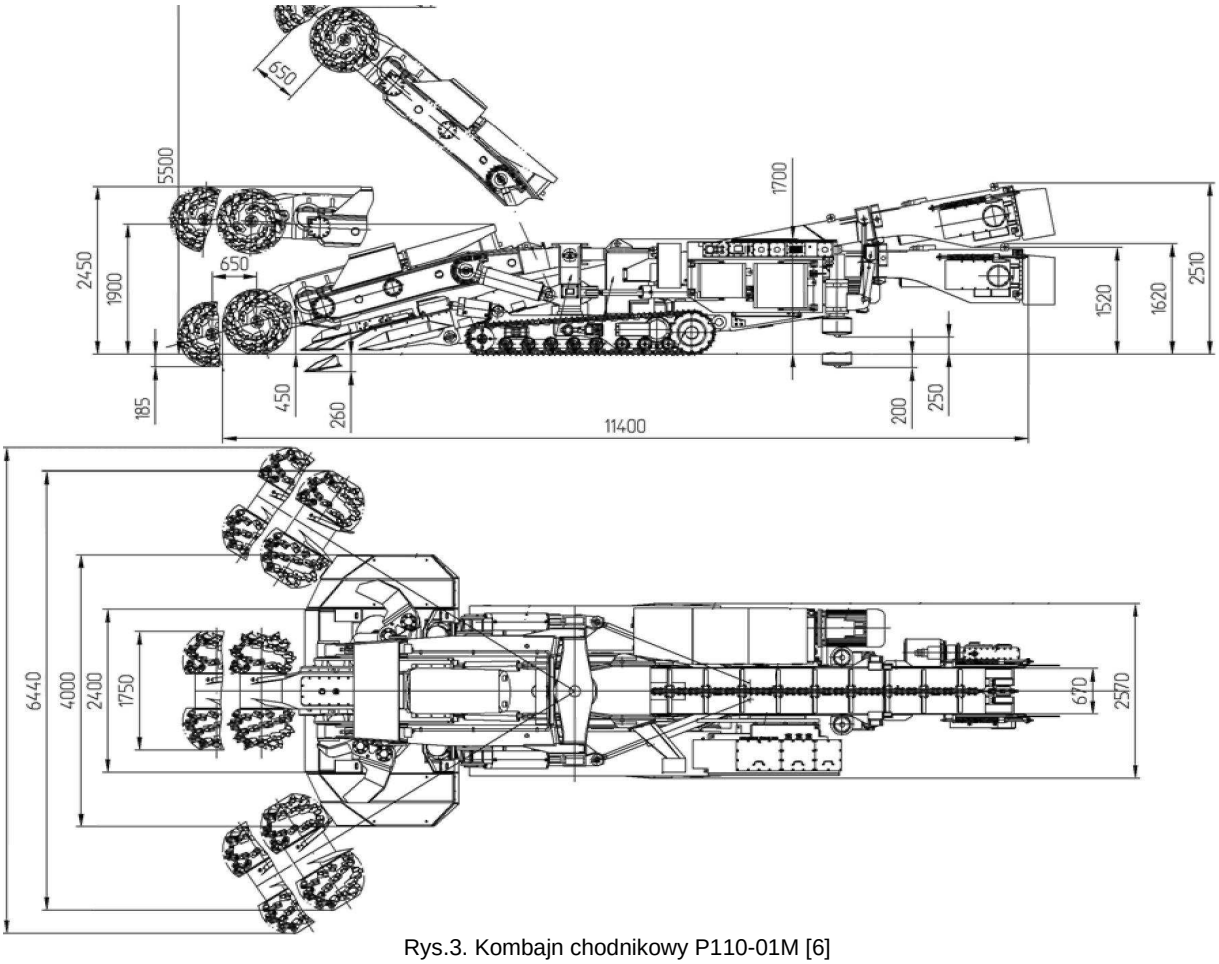
- wydajność pompy obwodu niskociśnieniowego Qn = 29,5 cm^3/obr
- wydajność pompy obwodu wysokociśnieniowego Qw = 12,4 cm^3/obr
- maksymalne ciśnienie obwodu niskociśnieniowego pn = 1,7 MPa
- maksymalne ciśnienie obwodu wysokociśnieniowego pw = 16 MPa
- dokładność filtracji β = 10 µm
- ciecz robocza HLP68 lub HLP46

3. Układ hydrauliczny kombajnu chodnikowego P110-01M

Kombajn chodnikowy P110-01M (rys. 3) przeznaczony jest do urabiania, ładowania oraz transportu urobku podczas prowadzenia wyrobisk o przekroju łukowym, trapezowym oraz prostokątnym o powierzchni od 10 m^2 do 35 m^2 w świetle i o nachyleniu do ±12°, prowadzonych w węglu, skale i przodku mieszanym, z maksymalnym zakresem twardości skał przy jednoosiowym ściskaniu do 120 MPa (f = 8), w pokładach zagrożonych wybuchem metanu lub pyłu węglowego, za wyjątkiem pokładów zagrożonych wyrzutami [6].

Jako założenia projektowe dla układu hydraulicznego przyjęto następujące wymagania:

- jazda kombajnu, gąsienica lewa, gąsienica prawa,
- podnoszenie-opuszczanie, wysuw-wsuw i obrót organu urabiającego,
- podnoszenie-opuszczanie stołu załadowczego,
- obrót ładowarek stołu załadowczego,
- stawianie podpory,
- podnoszenie-opuszczanie i obrót przenośnika,
- podnoszenie-opuszczanie i przesuw stropnicy,
- zasilanie instalacji wiertniczej,
- zasilanie wiertarki ręcznej,



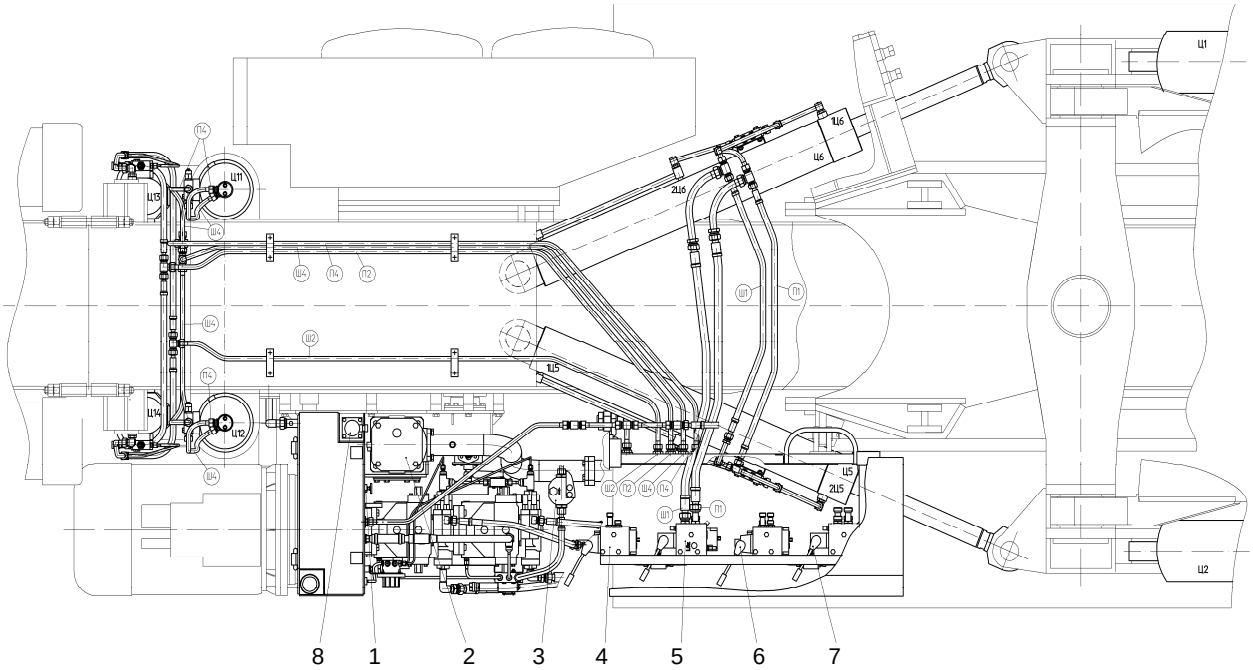
Rys.3. Kombajn chodnikowy P110-01M [6]

– układ sterowania – LS w układzie zamkniętym, przystosowany do współpracy z pompami zmiennej wydajności,
– układ sterowania elektrohydrauliczny w wersji iskrobezpiecznej,
– sterowanie w sposób ciągły prędkością jazdy oraz prędkością przemieszczania organu urabiającego w pionie i poziomie (pozostałe mechanizmy będą sterowane w sposób dyskretny).

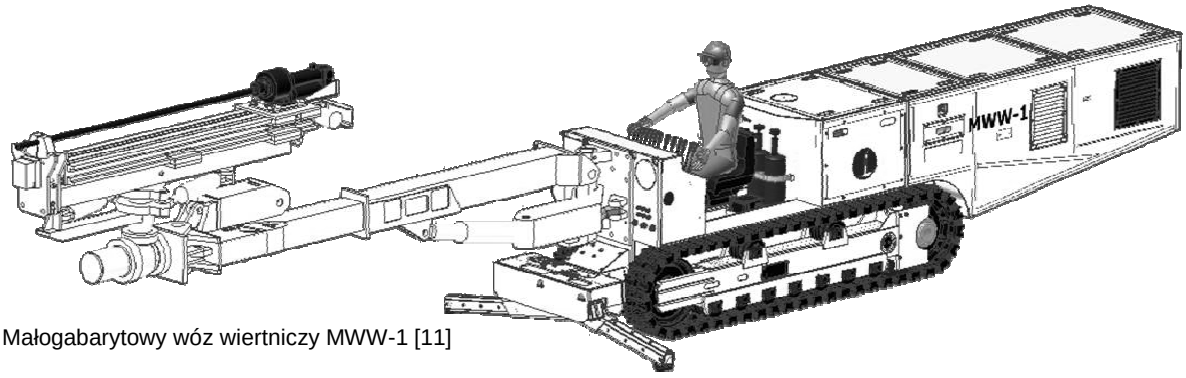
Układ hydrauliczny kombajnu zbudowano w oparciu o dwie pompy wielotłoczkowe osiowe zmiennej wydajności z regulatorami ciśnienia i przepływu DFR (**D**ruck und **F**örderstrom**r**egler). Pompy zasilają bloki rozdzielaczy sekcyjnych, odpowiedzialnych za sterowanie pracą poszczególnych organów wykonawczych. Każda sekcja bloków rozdzielaczy jest sterowana w sposób hydrauliczny i wyposażona jest w kompensator ciśnienia, który utrzymuje stałą wartość przepływu, niezależnie od zmian obciążenia. Dzięki układowi typu LS, generowany w rozdzielaczach sygnał ciśnieniowy podawany jest, poprzez zawory, na regulatory DFR pomp wysterowując je tak, by dostosować ich wydajność do sumarycznego zapotrzebowania odbiorników.

Sekcje rozdzielaczy są sterowane w sposób hydrauliczny, a odpowiedni sygnał sterujący jest uzyskiwany za pomocą rozdzielaczy ze sterowaniem elektrycznym w wersji iskrobezpiecznej. Do sterowania sekcjami gąsienicy lewej i prawej oraz sekcjami organu urabiającego zastosowano proporcjonalne zawory redukcyjne. Pozwala to na zmianę w sposób ciągły wydajności przepływu przez ww. sekcje a tym samym na płynną regulację ruchów roboczych silników hydraulicznych.

W układzie napędu gąsienicy lewej i prawej zastosowano przekładnie planetarne z zabudowanymi silnikami hydraulicznymi stałej chłonności. Przekładnie posiadają hamulec tarczowy postojowy, a silniki hydrauliczne są wyposażone w zawory przeciążeniowe i dodatkowo w bloki hamujące. Do napędu ładowarek stołu załadowczego zastosowano wolnoobrotowe, wysokomomentowe silniki hydrauliczne stałej chłonności. Cylindry hydrauliczne są zabezpieczone za pomocą zaworów hamujących. Pełnią one równocześnie rolę zamków i zaworów przeciążeniowych.



Rys.4. Rozmieszczenie niektórych podzespołów układu hydraulicznego kombajnu chodnikowego P110-01M – widok z góry



Rys.5. Małogabarytowy wóz wiertniczy MWW-1 [11]

W układzie hydraulicznym, oprócz przedstawionej części wysokociśnieniowej, zastosowano także układ niskociśnieniowy, wykorzystywany do zasilania układu sterowania.

Na zbiorniku zabudowano filtry spływowe i chłodnice wodne oleju. Ponadto znajduje się tu zintegrowany czujnik poziomu oleju i temperatury. Do pomiaru ciśnienia w układach wykorzystany jest wielozakresowy przełącznik manometru. Napełnianie zbiornika jest realizowane za pomocą ręcznej pompy skrzydełkowej.

Rozmieszczenie niektórych podzespołów układu hydraulicznego pokazano na rysunku 4.

4. Układ hydrauliczny małogabarytowego wozu wiertniczego MWW-1

W przypadku urabiania skał bardzo twardych (R > 100 MPa), ekonomicznie uzasadnione jest drążenie wyrobisk korytarzowych metodą z wykorzystaniem materiałów wybuchowych. Jedną z podstawowych czynności wykonywanych podczas drążenia wyrobisk korytarzowych za pomocą tej metody jest wiercenie otworów strzałowych.

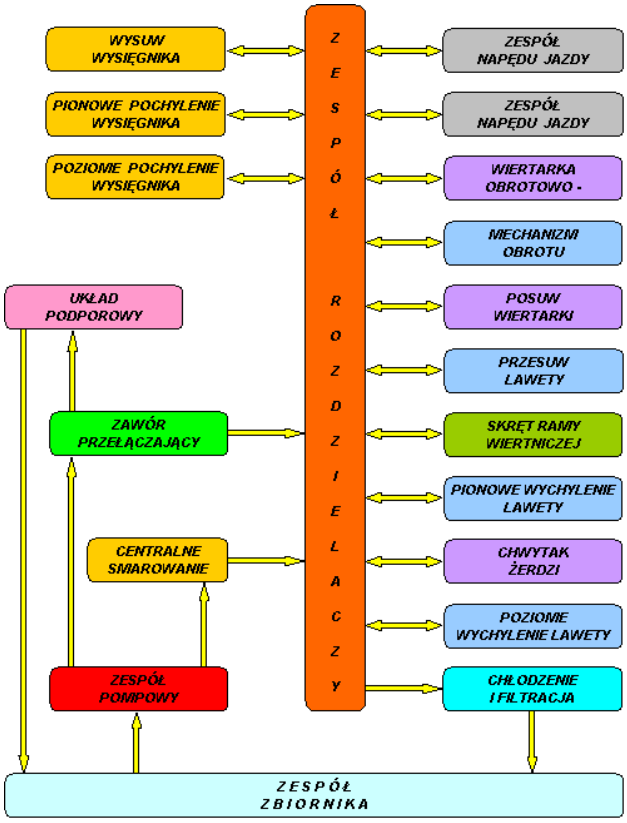
Obecnie w polskich kopalniach węgla kamiennego wiercenie wykonywane jest wiertarkami ręcznymi. Jest to przedsięwzięcie czasochłonne i niebezpieczne. Jednocześnie od efektywności prowadzenia tego procesu zależy w dużej mierze postęp przodka. W celu zwiększenia efektywności wiercenia, do przodków wyrobisk stopniowo wprowadzane są wozy wiertnicze.

Opracowany w KOMAG-u małogabarytowy wóz wiertniczy MWW-1 (rys. 5) przeznaczony jest do mechanizacji procesu wiercenia otworów strzałowych (o standardowej średnicy ϕ 42 mm i długości do 2250 mm) w podziemnych wyrobiskach górniczych o stopniu niebezpieczeństwa „a", „b" i „c" wybuchu metanu oraz klasy „A" i „B" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego [11, 12].

Wóz MWW-1 złożony jest z następujących głównych zespołów:

– podwozia gąsienicowego,
– wysięgnika wiertniczego,
– agregatu hydraulicznego z wyposażeniem hydraulicznym.

Układ hydrauliczny małogabarytowego wozu wiertniczego MWW-1 (schemat blokowy przedstawiono na rysunku 6) jest hydrostatycznym układem otwartym, zbudowanym w oparciu o pompę tłoczkową typu A10 z podstawowym regulatorem ciśnienia DR (**D**ruc**r**egler). Zaletą zastosowanej pompy jest dopasowanie jej wydatku do poboru oleju przez odbiorniki, przy zachowaniu ciśnienia nastawionego na regulatorze DR. Takie rozwiązanie pozwala na uniknięcie strat energetycznych, związanych z przelewem niewykorzystanej części strumienia medium roboczego przez zawór zabezpieczający układ.



Rys.6. Schemat blokowy układu hydraulicznego małogabarytowego wozu wiertniczego MWW-1

Pompa zasila oddzielnie dwa podstawowe układy robocze:

– napędu jazdy wozu wiertniczego,
– wysięgnika wiertniczego.

Hydrauliczny układ napędu jazdy złożony jest z dwóch silników tłoczkowych o stałej chłonności, napędzających gąsienice. Silniki hydrauliczne wyposażone są w zawory hamujące, zabezpieczające małogabarytowy wóz wiertniczy MWW-1 przed niekontrolowanym ruchem. W układzie zastosowano przekaźnik ciśnienia współpracujący z sygnalizacją dźwiękową, uruchamianą podczas jazdy wozu do tyłu.

W układzie hydraulicznym wysięgnika wiertniczego zastosowano zmodyfikowany blok hydrauliczny 6URRE6 produkcji Ponar Wadowice o przepustowości do 60 dm³/min na sekcję oraz szereg elementów wykonawczych (głównie w postaci cylindrów hydraulicznych). Zastosowanie tego bloku zapewnia wystarczającą ilość medium dla wszystkich zespołów wykonawczych wysięgnika wiertniczego wozu wiertniczego, a w szczególności:

– napędu ruchu obrotowego wrzeciona wiertarki,
– napędu udaru,
– napędu ruchów ramienia wysięgnika.

Cylindry hydrauliczne wysięgnika posiadają zamontowane zawory hamujące, zabezpieczające przed niekontrolowanym ruchem ramienia wysięgnika oraz przed oddziaływaniem masy wysięgnika na prędkość jego ruchu.

W układzie zasilania napędu wiertarki zastosowano zawór zwrotny sterowany, którego zadaniem jest umożliwienie przepływu wody płuczkowej jedynie w momencie włączenia wiertarki.

Z magistrali tłocznej pompy głównej doprowadzone zostało zasilanie dla układu centralnego smarowania wysięgnika. Jego włączanie następuje poprzez przesterowanie zaworu kulowego.

Dzięki trójdrogowemu zaworowi kulowemu (zabudowanemu w dogodnym dla operatora miejscu), możliwe jest przełączanie zasilania między gałęzią układu napędu jazdy, a gałęzią układu wysięgnika wiertniczego. Po przesterowaniu zaworu kulowego w położenie umożliwiające przepływ oleju do układu jazdy, w pierwszej kolejności następuje automatyczne, sekwencyjne złożenie układu podporowego wozu bez ingerencji operatora. Przesterowanie zaworu kulowego w drugie skrajne położenie, powoduje automatyczne, sekwencyjne rozłożenie układu podporowego wozu z jednoczesnym podaniem ciśnienia na gałąź zasilania układu roboczego.

Układ podporowy, zabudowany w przedniej części maszyny, służy do zapewnienia wymaganej stateczności. Zbudowany jest on z obrotowo zamocowanych podpór, wraz z siłownikami hydraulicznymi, realizującymi poszczególne ruchy całego układu. Podczas rozkładania podpór, w pierwszej kolejności, następuje wysuw ramienia wewnętrznego, a następnie jego obrót, aż do uzyskania wymaganego podparcia. Składanie podpór odbywa się w kolejności odwrotnej.

Do napełniania zbiornika olejem zastosowano pompę ręczną, połączoną hydraulicznie z filtrem zlewowym, uniemożliwiając w ten sposób przypadkowe zanieczyszczenie układu hydraulicznego. Konstrukcja układu napełniania zapewnia (poprzez odpowiednią zabudowę dwóch zaworów kulowych uruchamianych jedną dźwignią) opróżnianie zbiornika ze zużytego oleju tą samą pompą ręczną.

W połączeniach układu hydraulicznego wykorzystano przewody rurowe, przewody giętkie oraz elementy złączne, co pozwoliło na łączenie komponentów układu w zespoły w niewielkiej przestrzeni, zapewniając przy tym szczelność i trwałość połączeń.

5. Podsumowanie

Dzięki swym zaletom, napędy hydrauliczne posiadają wręcz nieograniczone możliwości sterowania i regulacji, przenoszenia napędu na duże odległości, wysoką sprawność, prostą budowę elementów sterowania, możliwość budowy sztywnych i elastycznych połączeń oraz bezpośrednie połączenie silnika lub cylindra z maszyną roboczą lub jej podzespołem.

Rozwój hydrauliki siłowej podyktowany coraz szerszym wkraczaniem w tą dziedzinę nowoczesnych układów elektronicznych sprawia, że obsługa maszyn i urządzeń jest łatwiejsza i bardziej bezpieczna.

Efektem zrealizowanych prac badawczo-rozwojowych prowadzonych w Zakładzie Systemów Chodnikowych i Hydrauliki ITG KOMAG jest szereg wdrożonych do produkcji maszyn i urządzeń wyposażonych w hydrauliczne układy robocze.

Opracowane układy hydrauliczne cechują się nowoczesnością i rozwiązaniami poprawiającymi bezpieczeństwo, wydajność oraz ergonomię użytkowania.

Niska energochłonność, funkcjonalność i niezawodność projektowanych układów hydraulicznych, w sposób bezpośredni przekłada się na zwiększenie bezpieczeństwa procesowego.

Współpraca z producentami i użytkownikami maszyn i urządzeń wyposażanych w hydrauliczne układy napędu i sterowania, pozwala na ich sukcesywne doskonalenie.

Coraz szerzej stosowane rozwiązania mechatroniki w układach hydraulicznych pozwalają na miniaturyzację układów sterowania pracą zespołów wykonawczych, co skutkuje ograniczeniem do niezbędnego minimum miejsca zabudowy.

Dzięki swoim zaletom (elastyczność, zwarta budowa, pewien stopień inteligencji, wielofunkcjonalność, komunikatywność, dobre właściwości dynamiczne, duża dokładność pozycjonowania i prowadzenia, szeroki zakres regulacji, proste sterowanie, komfortowa obsługa), coraz intensywniej rozwijać się będzie hydrotronika. Jej rozwój polegał będzie głównie na:

- rozwoju mikroprocesorów i cyfrowych metod sterowania,
- rozwoju oprogramowania i sieci informatycznej,
- budowie zaworów zintegrowanych z regulatorem cyfrowym,
- budowie autonomicznych osi hydraulicznych o pewnym stopniu inteligencji,
- rozwoju mikrohydrauliki i jej zastosowaniem w konwencjonalnych napędach,
- wprowadzeniu elementów piezoelektrycznych.

Literatura

1. http://dtm.vstu.ru/research/progress2005/bartinicki.pdf
2. www.kmpkm.po.opole.pl/prmr2008/materialy/mechatronika.ppt
3. http://naftowka.pl/zsp4/media/pomoce/wiertnik/sterowanie_pneumatyczne i_hydrauliczne.pdf

4. http://pl.wikipedia.org/wiki/Nap%C4%99d_hydrauliczny
5. http://www.boschrexroth.com/country_units/europe/poland/pl/files/archive_DC_local/gazetka_local_04.03.pdf
6. http://www.nkmz.com/English/index.html
7. http://www.scribd.com/doc/7249193/maszynoznawstwo
8. Kozieł A.: Innowacyjne rozwiązania hydrauliczne i pneumatyczne stosowane w maszynach górniczych. Hydraul. Pneum. nr 4, 2005.
9. Marciniak Z., Mierzwa Z., Nieśpiałowski K., Pieczora E.: Hydrauliczny układ napędu i sterowania lokomotywy podwieszanej spalinowej LPS-90. Materiały na konferencję: CYLINDER 2000, Dziesiąta Jubileuszowa Ogólnopolska Konferencja "Badanie, konstrukcja, wytwarzanie i eksploatacja układów hydraulicznych", Szczyrk, wrzesień 2000.
10. Mierzwa Z.: Energooszczędne hydrauliczne układy maszyn górniczych. Ogólnopolskie sympozjum na temat: Badanie, konstrukcja, wytwarzanie układów hydraulicznych. Maszyny Górnicze nr 44, 1993 Wydanie Specjalne.
11. Nieśpiałowski K., Kalita M., Rojek P., Rawicki N.: Układ hydrauliczny małogabarytowego wozu wiertniczego MWW-1. Napędy i Sterowanie nr 7/8, 2008.
12. Nieśpiałowski K., Rojek P., Rawicki N., Kalita M.: Układ hydrauliczny wozu wiertniczego konstrukcji CMG KOMAG. CYLINDER 2008, Badanie, konstrukcja, wytwarzanie i eksploatacja układów hydraulicznych, Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice 2008.
13. Nieśpiałowski K., Rojek P., Jasiulek T.: Hydraulic systems of Lds lokomotives designed by KOMAG Centre. Układy hydrauliczne dla lokomotyw Lds zaprojektowanych przez CMG KOMAG. Materiały na konferencję: Riadenie tekutinovych systemov 2008, VIII medzinarodna vedecka a odborna konferencia, Strbske Pleso (Slovakia), 2.4.-4.4.2008.
14. Osiecki A.: Hydrostatyczny napęd maszyn. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Edward Palczak

Dr inż. Dariusz PROSTAŃSKI
Mgr inż. Dominik BAŁAGA
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Prace badawcze Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w zakresie powietrzno-wodnych instalacji zraszających

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

W artykule przedstawiono wyniki prac badawczych KOMAG-u, w zakresie opracowań kurtyny powietrzno-wodnej. Opisano przeprowadzone badania stanowiskowe rozwiązań instalacji powietrzno-wodnej, poprzedzające wdrożenia do przemysłu. Omówiono rozwiązania instalacji stosowane w kombajnach ścianowych oraz chodnikowych. Zaprezentowano również kierunki prac przyszłościowych.

S u m m a r y

Results of research work carried out by KOMAG as regards development of air-and-water curtain were presented in the paper. Conducted stand tests of air-and-water systems proceeding their implementation in industry, were described. Solutions of installations used in longwall shearers and roadheaders were discussed. Directions of future work were also presented.

1. Wstęp

Jednym z najczęściej występujących zagrożeń w kopalniach węgla kamiennego podczas procesu eksploatacji, są zagrożenia zapłonem metanu i wybuchu pyłu węglowego oraz zagrożenie spowodowane zapyleniem powietrza. Stąd istotnym, z uwagi na ochronę życia i zdrowia górników pracujących w zakładach górniczych, jest podnoszenie bezpieczeństwa podczas eksploatacji górniczej i ograniczanie wyżej wymienionych zagrożeń.

Instalacje wodnego zraszania są obecnie jednym z głównych i najważniejszych środków służących do zwalczania wyżej wymienionych zagrożeń, stosowanymi w kopalniach węgla. Głównym warunkiem właściwego wykorzystania wody, jest zapewnienie jej odpowiedniej ilości i czystości oraz prawidłowe zaprojektowanie układu zraszającego. Nowością w tym zakresie jest zastosowanie w instalacjach zraszających aerozolu powietrzno-wodnego. Inspiracją do opracowania nowego systemu zraszania były zaistniałe zdarzenia zapłonu i wybuchy metanu w podziemiach zakładów górniczych.

Wykorzystanie w instalacjach zraszających wody pod niewielkim ciśnieniem (około 0,3÷0,5 MPa) oraz sprężonego powietrza, zapewnia bardzo dobre i równomierne rozdrobnienie kropel wody w strumieniach powietrzno-wodnych wyrzucanych przez dysze zraszające, co ma niezwykle istotne znaczenie dla skuteczności jej działania. Prowadzi to także do zmniejszenia ilości wody w urobku, co ma znaczenie dla jakości węgla oraz poprawy komfortu pracy górników przez obniżenie poziomu wilgotności oraz poprawę jakości powietrza w wyrobisku.

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG opracowano system zraszania aerozolem powietrzno-wodnym, przeznaczonym dla kombajnów ścianowych oraz chodnikowych. System taki może być również wykorzystywany w innych miejscach, tam gdzie występuje zapylenie lub metan w niebezpiecznych stężeniach.

2. Budowa i zasada działania instalacji zraszania powietrzno-wodnego przeznaczonego do kombajnów

Stosowanie zraszania powietrzno-wodnego [1] jednoznacznie wykazało, że połączenie dwóch mediów, tj. wody i powietrza, zwiększa skuteczność zwalczania zapylenia oraz skuteczność gaszenia zapłonu metanu. Efektem tego typu zraszania jest wielokrotne obniżenie wydatku wody oraz poprawa komfortu pracy górników podczas pracy. Bardzo istotną cechą tego systemu jest ciśnienie mediów, które zawiera się w granicach około 0,5÷1,5 MPa i jest znacznie niższe niż w powszechnie stosowanym wysokociśnieniowym zraszaniu wodnym.

Nowy powietrzno-wodny system zraszania dla kombajnów ścianowych został opracowany w ramach projektu celowego zrealizowanego przez Jastrzębską Spółkę Węglową S.A. oraz Instytut Techniki Górniczej KOMAG przy współudziale Zabrzańskich Zakładów Mechanicznych S.A. [12]. Celem projektu było zaprojektowanie i wdrożenie systemu do ograniczania zagrożenia zapłonu metanu przeznaczonego dla kombajnów ścianowych (rys. 1).

Istota rozwiązania opracowania powietrzno-wodnej instalacji do kombajnów ścianowych polega na zastosowaniu dwóch układów zraszania [2]:

– zewnętrznego, zabudowanego na ramionach, wytwarzającego izolującą od otoczenia kurtynę wodną wokół każdego z organów urabiających kombajnu,

– wewnętrznego, zraszającego wodnymi lub powietrzno-wodnymi strumieniami, wyrzucanymi z dysz osadzonych w specjalnych uchwytach nożowych, rozmieszczonych na płatach i tarczy ociosowej w organach; takie ułożenie dysz wykorzystuje metodę zraszania zanożowego (strumień zraszający podawany jest na tylną ściankę ostrza noża i na bruzdę jego skrawania).

Obydwa układy zraszania, zarówno zewnętrznego na ramionach, jak i wewnętrznego organów urabiających, zasilane są wodą doprowadzaną z rurociągu p.poż. (poprzez zestaw filtracyjny) za pomocą pompy podnoszącej ciśnienie. Powietrze doprowadzane jest do poszczególnych układów zraszania bezpośrednio z magistrali zasilanej sprężarką. W ścianie, obydwie magistrale, ułożone są w układaku przewodów przemieszczającym się w zastawkach przenośnika ścianowego. Na maszynie znajduje się instalacja rozprowadzająca poszczególne czynniki do dysz zraszających oraz do systemu chłodzenia kombajnu. W instalacji zabudowane są mieszalniki mediów zraszających, zawory, czujniki przepływu i ciśnienia oraz wskaźniki ich wielkości, kontrolujące zadane parametry.

Powietrzno-wodna instalacja zraszająca kombajnu ścianowego posiada następujące parametry techniczne:

– ciśnienie powietrza 0,55 MPa
– zużycie powietrza w instalacji zraszania zewnętrznego 1,8÷3,2 m^3/min
– ciśnienie wody w instalacji zraszania zewnętrznego 0,50 MPa
– zużycie wody w instalacji zraszania zewnętrznego 18÷32 dm^3/min
– ciśnienie wody w instalacji zraszania wewnętrznego 2,0÷4,0 MPa
– minimalne zużycie wody w instalacji zraszania wewnętrznego (wodne) 70 dm^3/min
– liczba dysz w ramionach (lewe + prawe) zależy od typu ramienia 18÷32 szt.
– liczba dysz w organach (lewym + prawym) zależy od typu organów 80÷110 szt.

Wyniki badań i pozytywne efekty pracy powietrzno-wodnej instalacji zraszającej zastosowanej w kombajnach ścianowych, spowodowały zainteresowanie rozwiązaniem producenta kombajnów chodnikowych firmę REMAG S.A. W wyniku współpracy REMAG S.A. z Instytutem Techniki Górniczej KOMAG, opracowano rozwiązanie dla kombajnu chodnikowego typu R-200 [3]. Opracowane rozwiązanie to sprzężony z podestem zestaw osłoniętych baterii zraszających, który składa się z ośmiu bloków dysz rozmieszczonych względem kombajnowego wysięgnika w układzie zbliżonym do zwróconych do siebie liter „C". Dodatkowo, na górnej powierzchni wysięgnika zastosowano 3 dysze (bateria centralna). Takie rozmieszczenie baterii powoduje, że zabudowane w nich dwuczynnikowe zraszające dysze obejmują, swoimi strumieniami całą przestrzeń organu urabiającego, stwarzając swoim działaniem szczelną powietrzno-wodną kurtynę, obejmującą i izolującą obszar jego pracy. W bateriach woda i sprężone powietrze przepływają niezależnymi kanałami, aż do dysz, gdzie następuje wymieszanie mediów, a następnie wyrzucenie ich w formie rozpylonego aerozolu w kierunku organu urabiającego (rys. 2).

Powietrzno-wodna kurtyna kombajnu chodnikowego zasilana jest wodą wykorzystywaną w układzie chłodzenia. Woda, poprzez zestaw filtrów dostarczana jest z rurociągu p.poż. lub pompy, do kombajnu. Powietrze sprężone dostarczane jest do kurtyny przewodami łączącymi ją ze sprężarką ulokowaną w drążonym chodniku. Podobnie jak dla kombajnu ścianowego na maszynie ulokowana jest instalacja rozprowadzająca i kontrolująca poszczególne czynniki zraszania, złożona z zaworów (redukcyjnych, zwrotnych i bezpieczeństwa), progowych czujników ciśnienia, regulatorów przepływu i czujników przepływu wody.

Powietrzno-wodna kurtyna zraszająca zamontowana na kombajnie chodnikowym posiada następujące parametry techniczne:

– ciśnienie powietrza 0,55 MPa
– zużycie powietrza 2,7-3,2 m^3/min
– ciśnienie wody 0,50 MPa
– zużycie wody w instalacji zraszania zewnętrznego 29÷32 dm^3/min
– liczba dysz zraszających (zależy od typu ramienia kombajnu) 27÷29 szt.

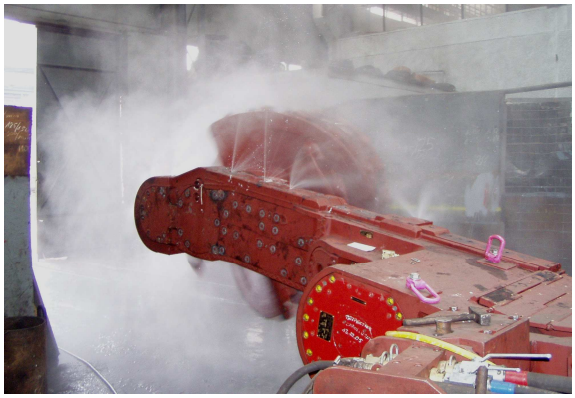
3. Prace badawcze

Każdorazowo wykonanie i wdrożenie powietrzno-wodnych instalacji poprzedzono bardzo szerokimi analizami oraz badaniami, które obejmowały:

– symulacje komputerowe przewidywanych rozwiązań,
– badania stanowiskowe dwuczynnikowych dysz zraszających,
– próby stanowiskowe doświadczalnego układu zraszania z ramienia kombajnu ścianowego i z jego organu oraz próby stanowiskowe kombajnu chodnikowego wyposażonego w kurtynę powietrzno-wodną,
– badania stanowiskowe skuteczności działania systemu zraszania, w aspekcie gaszenia i zapobieganiu zapłonom gazu, zarówno w zastosowaniu do kombajnu ścianowego, jak i kombajnu chodnikowego.

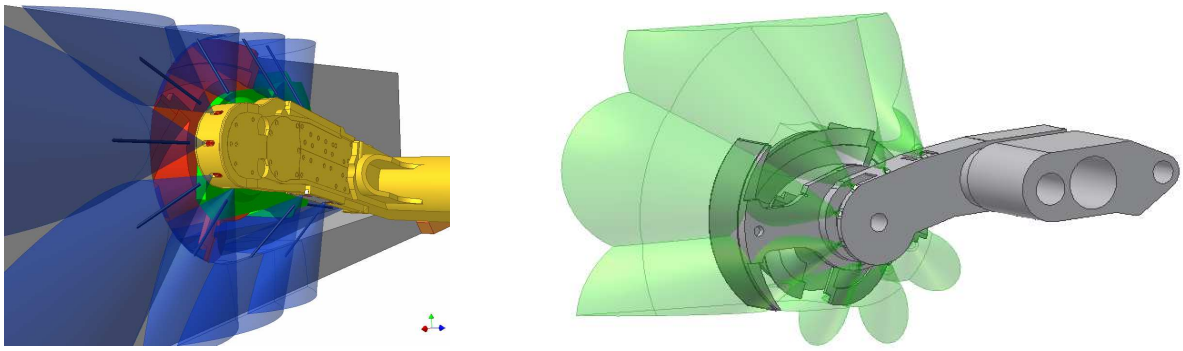
3.1. Symulacje i badania instalacji zraszającej dla kombajnu ścianowego

Prace nad kurtyną powietrzno-wodną, rozpoczęto od symulacji komputerowych, które miały na celu określenie najkorzystniejszego rozmieszczenia dysz dwuczynnikowych na ramieniu kombajnu ścianowego [4] (rys. 3).



Rys.1. Kombajn ścianowy KSW-460NE wyposażony w nowe rozwiązanie instalacji zraszającej powietrzno-wodnej [2]

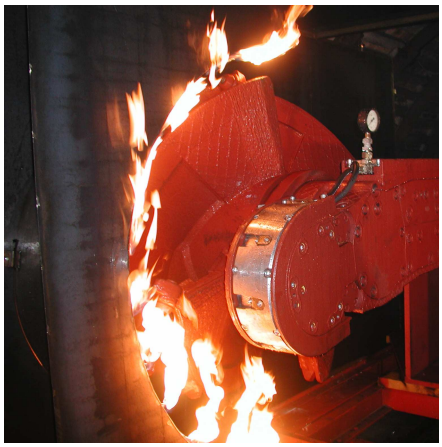
Rys.2. Kombajn chodnikowy R-200 wyposażony w kurtynę zraszania powietrzno-wodnego [3]



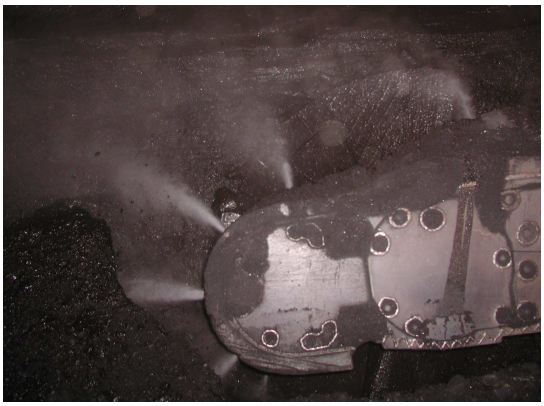
Rys.3. Modele rozkładu strumieni zraszających na ramieniu kombajnu ścianowego [4]

Rys.4. Stanowisko do badań rozkładu frakcyjnego kropel pochodzących z dysz [4]

Rys.5. Próby stanowiskowe instalacji zraszającej powietrzno-wodnej na modelu ramienia kombajnu ścianowego [4]



Rys.6. Badania skuteczności instalacji w gaszeniu i niedopuszczaniu do zapłonu gazu w KD BARBARA [5]



Rys.7. Kombajn ścianowy wyposażony w instalację zraszania powietrzno-wodnego podczas eksploatacji [5]

W kolejnym etapie prac, zbadano istniejące rozwiązania dysz dwuczynnikowych, a następnie zaprojektowano nowe rozwiązanie dyszy powietrzno-wodnej, której budowa charakteryzuje się niezawodną i skuteczną pracą. Badanie dysz prowadzono pod kątem parametrów geometrycznych strugi oraz ilości i jakości rozpylanej wody (rys. 4).

W ramach kolejnych prac, przeprowadzono próby i badania instalacji zraszającej na modelu ramienia kombajnu ścianowego wraz z organem urabiającym o rzeczywistych wymiarach. Badania te pozwoliły na ostateczną weryfikację spodziewanych efektów działania kurtyny zraszającej (rys. 5).

Badania skuteczności działania instalacji w gaszeniu i niedopuszczaniu do zapłonu gazu przeprowadzano na specjalnie zbudowanym stanowisku badawczym w akredytowanym laboratorium Kopalni Doświadczalnej „Barbara" [5]. Na stanowisku zabudowano, ramię ścianowego kombajnu typu KSW-460NE wraz z organem urabiającym wyposażone w powietrzno-wodną instalację (rys. 6). Zespoły te były częścią kombajnu przewidzianego do pracy w KWK „Pniówek".

Wielokrotnie przeprowadzone testy wykazały, że zastosowana instalacja jest skuteczna w natychmiastowym gaszeniu płomieni zapalonego gazu, jak również nie dopuszcza do powstania zapłonu gazu inicjowanego w atmosferze gazowej.

Pozytywne efekty wdrożenia kombajnu KSW-460NE w KWK „Pniówek" (rys. 7), przyczyniły się do powstania instalacji zraszających powietrzno-wodnych, dla kolejnych typów kombajnów i zostały z powodzeniem wdrożone w kopalniach węglowych.

3.2. Symulacje i badania instalacji zraszającej kombajnu chodnikowego

Podobnie jak dla kombajnów ścianowych, projektowanie kurtyny powietrzno-wodnej dla kombajnów chodnikowych, poprzedzono wykonaniem symulacji komputerowych, które pozwoliły na określenie rozmieszczenia baterii zraszających na ramieniu kombajnu chodnikowego, w aspekcie utworzenia szczelnej kurtyny izolującej organ urabiający (rys. 8).

W trakcie prac symulacyjnych, stwierdzono konieczność zmiany parametrów geometrycznych dysz, aby dopasować je do zabudowy na kurtynie zraszającej kombajnu chodnikowego. Modyfikacji poddano również średnice otworów w dyszach, w aspekcie natężenia przepływu mediów zraszających (rys. 4).

Wykonane badania symulacyjne umożliwiły weryfikację przyjętych założeń przed wykonaniem dokumentacji technicznej, na podstawie której wykonano egzemplarz prototypowy (rys. 9).

W Kopalni Doświadczalnej „Barbara", podobne jak w przypadku kombajnu ścianowego, przeprowadzono badania, podczas których na stanowisku zabudowano wysięgnik kombajnu chodnikowego R-200 [7], wyposażonego w kurtynę powietrzno-wodną wraz z poprzecznym organem urabiającym (bez zraszania sektorowego) (rys. 10).

Wielokrotnie przeprowadzone testy wykazały, że zastosowana kurtyna jest zdolna niemal natychmiast zgasić płomienie zapalonego gazu, jak również nie pozwala na powstanie zapłonu gazu w atmosferze gazowej.

4. Wdrożenia kombajnów z powietrzno-wodnymi instalacjami zraszającymi

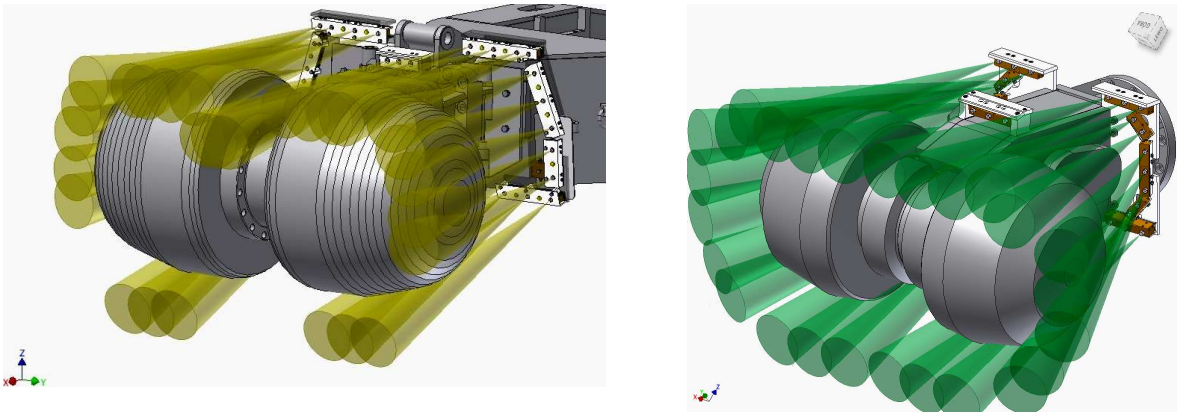
Pierwszą kopalnią, po KWK „Pniówek", do której dostarczono kombajn z powietrzno-wodną instalacją zraszającą, była KWK "BUDRYK". Wdrożono tam kombajn KSW-460NE, a zastosowana w nim instalacja uległa pewnej modernizacji w aspekcie korzystniejszego rozprowadzenia mediów oraz w zakresie ulokowania elementów instalacji zabezpieczającego przed uszkodzeniami.

Pozytywne wyniki pracy powietrzno-wodnej instalacji w kombajnie typu KSW-460NE oraz wysoka skuteczność w zwalczaniu płomieni i zapłonu gazu stwierdzona podczas testów stanowiskowych, spowodowała wzrost zainteresowania tym rozwiązaniem ze strony szeregu kopalń. Efektem tego była decyzja o wprowadzeniu tego rozwiązania także do innych typów kombajnów ścianowych produkowanych przez Zabrzańskie Zakłady Mechaniczne S.A. KOMAG opracował dokumentacje powietrzno-wodnej kurtyny zraszającej do nowych typów kombajnów o symbolach KSW-880EU i KSW-1140EZ oraz KSW-1500EU.

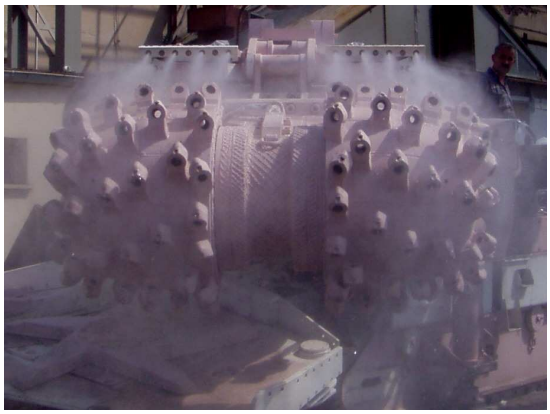
Kombajny KSW-460NE wyposażone w powietrzno-wodną instalację zraszającą pracują obecnie w kopalniach: KWK „Budryk", KWK „Pniówek", KWK „Jankowice", KWK „JasMos". Kombajny KSW-880EU wyposażone w wyżej wymienioną instalację, pracują w: KWK „Budryk", KWK „Sośnica-Makoszowy", a kombajny typu KSW-1140EZ, z zabudowaną instalacją zraszającą, pracują w: KWK „Bobrek", KWK „Mysłowice-Wesoła".

Najnowsze rozwiązanie powietrzno-wodnej instalacji zraszającej, zostało wykonane dla kombajnu KSW-1500EU, który pracuje w jednej z chińskich kopalń.

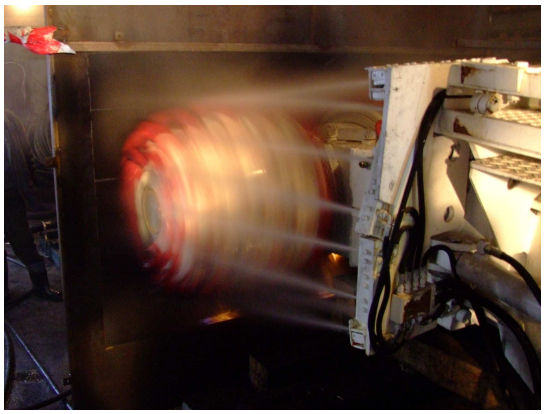
Po pozytywnych doświadczeniach wdrożenia powietrzno-wodnej instalacji zraszającej na kombajnach ścianowych, w 2007 roku zaprojektowano i zabudowano nowe rozwiązanie kurtyny powietrzno-wodnej na kombajnie R-200. Kombajn ten pokazany po raz pierwszy na stanowisku firmy REMAG S.A. podczas Międzynarodowych Targów Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego KATOWICE 2007, został wdrożony w grudniu 2008 roku w KWK „Murcki". Okres testów kombajnu zakończył się w połowie roku 2010 z pozytywną oceną kurtyny zraszającej.



Rys.8. Modele rozkładu strumieni zraszających na ramionach kombajnów chodnikowych [6]

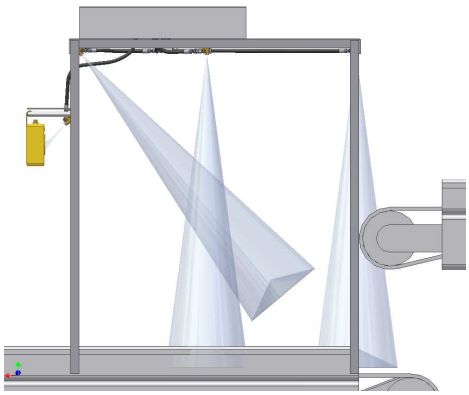


Rys.9. Działanie kurtyny powietrzno-wodnej na kombajnie chodnikowym [6]

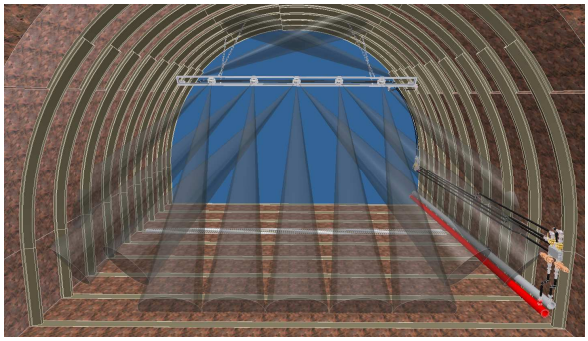


Rys.10. Badania skuteczności kurtyny w gaszeniu i niedopuszczaniu do zapłonu gazu [7]

Rys.11. Kurtyna powietrzno-wodna kombajnu R-130, zaprezentowana na Międzynarodowych Targach Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego KATOWICE 2009 [8]



Rys.12. Koncepcja zraszania powietrzno-wodnego na przesypie przenośnika taśmowego [10]



Rys.13. Koncepcja zraszania powietrzno-wodnego na przesypie przenośnika taśmowego [11]

Jeszcze przed zakończeniem testów, a po obiecujących kilku miesiącach pracy nowej instalacji, firma REMAG S.A. wykonała, na podstawie dokumentacji KOMAG-u, kolejne rozwiązania kurtyny zraszającej. Rozwiązania wykonano dla kombajnów chodnikowych: R-130, R-120, AM-50, AM50wz, R-50, które pozytywnie przeszły odpowiednie testy i badania. W roku 2009 na Międzynarodowych Targach Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego KATOWICE 2009, rozwiązanie kurtyny powietrzno-wodnej dla kombajnu chodnikowego R-130 (rys. 11), otrzymało wyróżnienie. Obecnie trwają prace przygotowujące przedmiotową kurtynę do wdrożenia.

5. Kierunki dalszych prac nad wykorzystaniem instalacji z użyciem aerozolu powietrzno-wodnego

W KOMAG-u prowadzone są dalsze badania nad zjawiskami zachodzącymi podczas mieszania się aerozolu powietrzno-wodnego z lotnym pyłem kopalnianym oraz prace nad dalszymi możliwościami wykorzystania tego typu systemów zraszania. Pierwszą z propozycji dalszego wykorzystania zraszania powietrzno-wodnego, jest system zraszania zainstalowany na przesypach przenośników taśmowych (rys. 12).

Proponowany system powietrzno-wodny, ma charakteryzować się wykorzystaniem mieszaniny powietrzno-wodnej, jako czynnika zraszającego oraz uzależniać działanie systemu od stężenia zapylenia [10]. System zapewni ograniczenie zapylenia, przy możliwie małej ilości wody (do około 6 dm^3/min). Kształt baterii powietrzno-wodnych i ich liczba będzie uzależniona od wyznaczonego obszaru zraszania. Instalacja będzie umieszczona w konstrukcji ramowej, o niewielkich gabarytach, pozwalając obsłudze na szybki demontaż i zmianę położenia instalacji.

Kolejną propozycją wykorzystania zraszania powietrzno-wodnego, jest budowanie zapór przeciwpyłowych [11] (rys. 13), które również będą miały za zadanie eliminację lub redukcję pyłu występującego w chodnikach. Proponowana zapora pyłowa, będzie charakteryzować się niewielkim zużyciem wody i powietrza, w ilości około 15 dm^3/min, a swym zasięgiem działania ma objąć około 90 % przekroju wyrobiska. Rozwiązanie to składać się będzie z kilkunastu baterii zraszających, o odpowiednio ustalonym położeniu i będzie dostarczało wodę oraz powietrze z rurociągów zabudowanych w chodnikach lub innych źródeł.

Zaletą wyżej wymienionych rozwiązań, podobnie jak w przypadku powietrzno-wodnych instalacji zraszających na kombajnach, będą niskie wartości ciśnienia zasilania mediów (około 0,3÷0,5 MPa) oraz niższe zużycie wody.

6. Podsumowanie

Powietrzno-wodne instalacje zraszające znajdują coraz szersze zastosowanie w kombajnach ścianowych i chodnikowych stosowanych w polskim górnictwie węglowym. Zastosowane rozwiązania uzyskały akceptację i pozytywną opinię użytkowników. W ich opinii polepszyły komfort pracy i bezpieczeństwo oraz zmniejszyły ilości wody, w porównaniu z typowymi instalacjami zraszającymi.

Jak wykazały badania w Kopalni Doświadczalnej „Barbara", zraszanie powietrzno-wodne powoduje znaczne ograniczenie zagrożenia zapłonu metanu (i wybuchu pyłu węglowego).

Analiza przedstawionego dotychczasowego zakresu prac, w tym: wyników badań i wdrożeń powietrzno-wodnych instalacji zraszających w kombajnach górniczych daje podstawę do prowadzenia dalszych prac badawczych nad wykorzystaniem tego rozwiązania do innych aplikacji.

Aktualnie trwają prace nad wdrożeniem instalacji zraszających na kolejne typy kombajnów ścianowych, jak i chodnikowych oraz dla nowych obszarów wyrobisk górniczych, w których notuje się przekraczanie wartości dopuszczalnych stężeń zapylenia powietrza pyłem węglowym i kamiennym.

Literatura

1. Jeschner E.: Poprawa bezpieczeństwa pracy w niemieckim górnictwie węgla kamiennego przez zastosowanie powietrzno-wodnego systemu zraszania firmy PAURAT. Referat na konferencję CMG KOMAG pt. „Nowoczesne metody drążenia wyrobisk korytarzowych z uwzględnieniem aspektów bezpieczeństwa pracy", Szczyrk, maj 1996.
2. Lebecki K., Prostański D., Sedlaczek J., Zellner E.: Wyniki pilotażowych badań nowej instalacji powietrzno-wodnego zraszania na kombajnach ścianowych, w aspekcie gaszenia i zapobiegania zapłonom gazu. Przegląd Górniczy nr 7-8/2006, lipiec-sierpień 2006.
3. Staniczek F., Trzęsimiech K., Puchała B., Pieczora E., Prostański D., Rojek P., Bałaga D.: Kurtyna powietrzno-wodna kombajnu chodnikowego R-200. Innowacyjne i bezpieczne maszyny i urządzenia dla górnictwa węgla kamiennego. Maszyny Górnicze 4/2007, grudzień 2007.
4. Prostański D., Rojek P., Bałaga D.: Zastosowanie instalacji zraszającej aerozolem powietrzno-wodnym w aspekcie walki z zagrożeniem metanowym i pyłowym przeznaczonej dla kombajnów ścianowych. KOMEKO materiały konferencyjne – wydawnictwo CMG KOMAG. Szczyrk, marzec 2007.

5. Prostański D., Rojek P., Bałaga D., Wiśniarz D., Mentlik K.: Badania i ocena wdrożenia powietrzno-wodnej instalacji zraszającej kombajnu KSW-460NE". KOMTECH materiały konferencyjne – wydawnictwo CMG KOMAG. Szczyrk, listopad 2007.
6. Nadzór nad wykonaniem kurtyny powietrzno-wodnej kombajnu chodnikowego R-200. Nadzór autorski. Praca nie publikowana, sierpień 2007.
7. Prostański D., Bałaga D., Rojek P., Sedlaczek J.: Wyniki badań stanowiskowych kurtyny powietrzno-wodnej do kombajnu R-200. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie nr 8, 2008.
8. Nadzór nad wykonaniem kurtyny powietrzno-wodnej lekkiego kombajnu chodnikowego. Nadzór autorski. Praca nie publikowana, sierpień 2009.
9. Bałaga D., i inni: Badania stanowiskowe skuteczności kurtyny powietrzno-wodnej w gaszeniu i niedopuszczaniu do zapłonu metanu. Sprawozdanie z badań nr 76/BT/2007. Laboratorium Badań Stosowanych CMG KOMAG. Praca nie publikowana. Gliwice, listopad 2007.
10. Koncepcja systemu powietrzno-wodnego zraszania dróg transportowych sterowanych w zależności od wielkości zapylenia. Praca nie publikowana, marzec 2008.
11. Koncepcja przeciwpyłowej kurtyny powietrzno-wodnej, przeznaczonej do zabudowy w chodnikach. Praca nie publikowana, maj 2010.
12. Projekt celowy nr 6T12 2004/06337 pt.: System zewnętrznego zraszania kombajnu ścianowego zapewniający bezpieczną eksploatację w warunkach zagrożenia metanowego, 2004÷2006.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Adam Klich

Mgr inż. Piotr DOBRZANIECKI
Mgr inż. Krzysztof KACZMARCZYK
Mgr inż. Hubert SUFFNER
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Kierunki prac badawczych zmierzających do ograniczenia substancji toksycznych emitowanych przez napędy spalinowe maszyn stosowanych w kopalniach głębinowych

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

W artykule poruszono problematykę dotyczącą poprawy jakości spalin w aspekcie stosowania napędów spalinowych w górnictwie. Dokonano przeglądu górniczych napędów spalinowych oraz układów mających na celu ograniczenie emisji substancji toksycznych. Przedstawiono metody oczyszczania spalin, ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystania katalizatora.

S u m m a r y

Problems referring to improvement of quality of exhaust gases, in the aspect of use of diesel drives in the mining industry, were discussed in the paper. Mining diesel drives and systems, aim of which is to limit emission of toxic substances, were reviewed. Methods for treatment of exhaust gases, mainly with use of catalyst, were presented.

1. Wstęp

Problem jakości spalin, w aspekcie ich składu chemicznego, pojawił się w wraz z wprowadzeniem napędów spalinowych do podziemnych wyrobisk górniczych. Wynika on z faktu ograniczonej ilości tlenu w powietrzu kopalnianym, już zanieczyszczonego czynnikami związanymi z eksploatacją, do którego wprowadzone są dodatkowe czynniki szkodliwe. Tak zanieczyszczone powietrze kopalniane, przepływające przez wyrobiska, w istotny sposób obniża komfort pracy załogi oraz nie pozostaje bez wpływu na rozwój chorób zawodowych.

Prace prowadzone w latach 70. i 80. ubiegłego wieku przez specjalistów Instytutu Techniki Górniczej KOMAG oraz specjalistów z Politechniki Śląskiej, Politechniki Wrocławskiej i Głównego Instytutu Górnictwa (KD „Barbara") pozwoliły na określenie czynników mających bezpośredni wpływ na jakość spalin.

Czynniki te można pogrupować ze względu na:

a) konstrukcję i stan techniczny silnika spalinowego,
b) stosowaną mieszankę paliwowo-powietrzną,
c) konstrukcję i stan osprzętu zabezpieczającego silnik,
d) skuteczność działania oprzyrządowania stosowanego do zmiany składu spalin.

2. Silniki spalinowe stosowane w maszynach górniczych

W opracowanych w latach 70-80 ubiegłego wieku konstrukcjach górniczych napędów spalinowych stosowane były silniki SW 400 Andoria, zmodernizowane pod kątem ograniczenia emisji tlenku węgla (CO). Niedogodnością stosowania tych silników w podziemiach kopalń była ich duża wrażliwość na zużycie elementów związanych z procesem spalania ładunku, czego efektem było szybkie zwiększanie emisji CO. Eksploatowane silniki musiały być poddawane częstej regeneracji, raz lub nawet dwa razy w roku, w celu utrzymania emisji CO na dopuszczalnym poziomie.

Lepsze pod tym względem były silniki firmy Deutz typu 916, które zostały zastosowane w napędach spalinowych według konstrukcji KOMAG-u w połowie lat 80. ubiegłego wieku. Silniki te oprócz dobrych wyników w zakresie jakości spalin cechowała duża trwałość. Z uwagi na zaprzestanie z końcem lat 90. ubiegłego wieku ich produkcji, do rozwiązań napędów spalinowych opracowanych przez KOMAG wprowadzono silniki nowej generacji serii BFM1013 oferowane przez firmę Deutz.

Należy zaznaczyć, iż produkcją silników spalinowych stosowanych w urządzeniach eksploatowanych w podziemiach kopalń zajmuje się kilku znanych producentów światowych, jednak w większości nie produkują oni jednostek przystosowanych do warunków górniczych panujących w kopalniach węgla. Adaptacją silników spalinowych zajmują się firmy specjalistyczne, najczęściej producenci urządzeń górniczych.

W tabeli 1 zestawiono przykładowe urządzenia dołowe z napędem spalinowym, eksploatowane w kopalniach głębinowych rud miedzi, węgla i soli oraz typy silników wysokoprężnych wraz ze stosowanymi metodami oczyszczania spalin. Silniki te spełniają z reguły wymagania normy jakości spalin Tier 2 lub Stage II, co jest możliwe jedynie przy stosowaniu turbodoładowania, często powiązanego z chłodzeniem powietrza doładowującego.

Przykładowe urządzenia z napędem spalinowym stosowane w górnictwie

Tabela 1

Nazwa maszyny	Producent maszyny	Silnik typ i producent	Norma jakości spalin	Metoda oczyszczania spalin
Lds -100K EM	ENERGO-MECHANIK	Silnik 4BTAA3.9 firmy Cummins	*Stage II Tier 2*	Katalitycznie
Lds -100K EMA	ENERGO-MECHANIK	Silnik D5AT firmy VOLVO PENTA	*Stage II Tier 2*	Płuczka wodna spalin
CS-120	PIOMA-FAMUR	Silnik BF6M1013M firmy Deutz	*Stage II Tier 2*	Suchy wymiennik ciepła
Ładowarka LKP-0901	ZANAM LEGMET	Silnik F10L FW firmy Deutz	*Stage II Tier 2*	Katalityczne
Wóz odstawczy CB4PCK	ZANAM LEGMET	Cummins 6CTAA8.3 C230	*bd*	Katalityczne
Lokomotywa spalinowa DLP140F	FERRIT s.r.o.	Silnik 6068F John Deere	*bd*	Płuczka wodna spalin

Dopuszczalne wartości emisji czynników szkodliwych dla silników stosowanych w podziemiach [4]

Tabela 2

Moc P	Tlenek węgla CO	Węglowodory HC	Tlenki azotu NO_x	Cząstki stałe PM
[kW]	[g/kWh]	[g/kWh]	[g/kWh]	[g/kWh]
37 ≤ P < 75	6,5	1,3	9,2	0,85
75 ≤ P < 130	5,0	1,3	9,2	0,7
130 ≤ P < 560	5,0	1,3	9,2	0,54

2.1. Ładunek, a jakość spalin

Wymogi odnośnie jakości spalin zawarte są w następujących dokumentach:

1) normie PN-EN 1679-1:2000 (tabela 2),
2) dyrektywie 97/68/WE, tzw. Dyrektywie Spalinowej,
3) rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych

Możliwość wprowadzenia napędu spalinowego do danego wyrobiska warunkowana jest sumą składników szkodliwych wprowadzanych do powietrza kopalnianego pod postacią spalin. Suma ta nie może przekroczyć dopuszczalnego poziomu dla danego składnika.

Wpływ ładunku, rozumianego jako mieszaniny paliwa i powietrza, na jakość spalin jest bezsprzeczny i wynika zarówno z różnic w składzie powietrza, które jest zasysane z otoczenia, jak i różnic w składzie wykorzystywanego oleju napędowego.

Powietrze kopalniane cechuje się zwiększoną zawartością gazów, takich jak: CO, CO_2, CH_4, NO_x, co automatycznie zwiększa również ich zawartość w spalinach.

Wymagania odnośnie składu oleju napędowego regulują takie dokumenty jak:

1) Norma PN-EN 590:2005. Paliwa do pojazdów samochodowych. Oleje napędowe. Wymagania i metody badań,
2) Dyrektywa 98/70/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 13 października 1998 r. odnosząca się do jakości benzyny i olejów napędowych,
3) Dyrektywa 2003/17/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 3 marca 2003 r. zmieniająca dyrektywę 98/70/WE odnoszącą się do jakości benzyny i olejów napędowych.

W normie PN-EN 590:2005 określono progowe wartości takich składników, jak: siarka, woda, zanieczyszczenia stałe, węglowodory aromatyczne, zawartych w oleju napędowym. Producenci deklarują często inny, z reguły korzystniejszy dla środowiska, skład tego paliwa. Przykładowo firma STATOIL [7] dla swojego produktu Diesel Gold deklaruje wybrane parametry zestawione z wymaganiami jakościowymi obowiązującej normy PN-EN 590 (tabela 3).

Z powyższego wynika, że pomimo stosowania paliwa spełniającego wymogi PN-EN 590, produkt jego spalania może mieć różny skład.

Kolejnym czynnikiem wpływającym na jakość spalin jest stan techniczny podzespołów silnika. Można założyć, że deklarowany przez producenta skład spalin, spełniający wymogi norm Stage lub Tier, dotyczy takiego stanu silnika, w którym ciśnienie sprężania w cylindrach, parametry powietrza zasilającego (np. nadciśnienie w kolektorze dolotowym) oraz stan aparatury paliwowej są zgodne z zaleceniami producenta.

Eksploatacja silnika bez regularnych przeglądów, regulacji i wymiany zużytych elementów aparatury paliwowej oraz z nieszczelnymi komorami spalania

Porównanie przykładowego paliwa z wymaganiami normy PN-EN 590:2005

Tabela 3

Parametr	Jednostka miary	Metoda badawcza	Wymagania według normy PN-EN 590	Typowe średnie parametry DieselGold
Liczba cetanowa		PN-EN ISO 5165	min 51	~ 53
Pozostałość po koksowaniu	% m/m	PN-EN ISO 10370	max 0,3	0,1
Pozostałość po spopieleniu	% m/m	PN-EN ISO 6245	max 0,01	0,002
Zawartość zanieczyszczeń stałych	mg/kg	PN-EN 12662	max 24	7,9
Działanie korozyjne na miedz (50℃, 3h)		PN-EN ISO 2160	Klasa 1	Klasa 1
Zawartość siarki	mg/kg	PN-EN ISO 20846	max 10	5,8 ÷ 6,8
Smarność, skorygowana średnica śladu zużycia w temperaturze 60℃	µm	PN-EN ISO 12156-1	max 460	~200
Temperatura zablokowania zimnego filtru dla oleju F	℃	PN-EN 116	max -20	poni żej -24

(tłoki, pierścienie, cylindry) prowadzi do dodatkowej emisji czynników szkodliwych do atmosfery kopalnianej, ze wszystkimi tego konsekwencjami.

3. Konstrukcja i stan osprzętu zabezpieczającego silniki spalinowe

Wprowadzenie napędu spalinowego do przestrzeni zagrożonej wybuchem gazu i/lub pyłu palnego wymaga wyposażenia silnika z zapłonem samoczynnym (tylko ten typ można stosować) w układy zabezpieczające, które mają zapobiec potencjalnemu zapłonowi tego pyłu lub gazu.

Osprzęt ten tworzą:

- iskrobezpieczne lub ognioszczelne wyposażenie elektryczne monitorowania i sterowania pracą silnika,
- ognioszczelny układ dolotowy,
- ognioszczelny układ wylotowy.

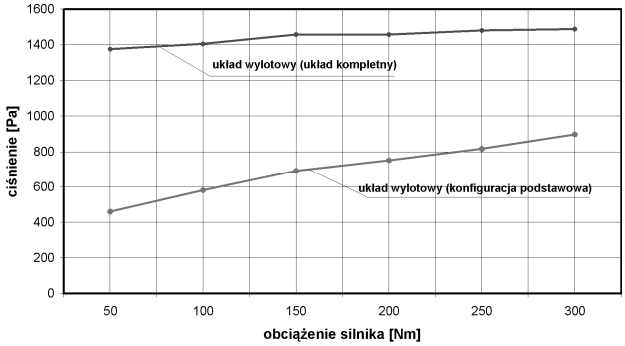
Bezpośredni wpływ na jakość spalin mają:

- ognioszczelny układ dolotowy – wpływ na proces spalania w silniku,
- ognioszczelny układ wylotowy – wpływ na proces dopalania spalin.

Zwiększone wartości podciśnienia w układzie dolotowym oraz nadciśnienia w układzie wylotowym, będące konsekwencją zastosowanego osprzętu, mogą powodować powstawanie większych oporów przepływu i niekorzystnie wpływać na stężenia substancji toksycznych obecnych w spalinach.

Na rysunku 1 pokazano charakterystykę zmian ciśnienia w układzie wylotowym w zależności od stopnia jego kompletacji (na podstawie badań przeprowadzonych w KOMAG-u).

Podczas badań podstawowej konfiguracji silnik pracował bez ognioszczelnego układu dolotowo-wylotowego. Silnik był wyposażony jedynie w filtr powietrza oraz elastyczny przewód służący do odprowadzenia spalin ze stanowiska badawczego. Kompletna konfiguracja składała się z układu dolotowo-wylotowego spełniającego wymagania Dyrektywy 94/9/WE ATEX.



Rys.1. Zmiany wartości ciśnienia w układzie wylotowym w zależności od jego konfiguracji [3]

Z przedstawionej zależności wynika, że kompletny układ wylotowy stawia przepływającym spalinom znacznie większy opór niż układ w podstawowej konfiguracji. Na wzrost oporów przepływu największy wpływ ma wypełniona wodą płuczka spalin.

Analogiczna sytuacja jak w układzie wylotowym ma miejsce w układzie dolotowym, gdzie zastosowane zespoły powodują spadek nadciśnienia (wzrost podciśnienia) w układzie.

4. Metody oczyszczania spalin i ich skuteczność

Aktualnie w napędach spalinowych stosowanych w podziemiach kopalń możemy wyszczególnić dwie podstawowe metody oczyszczania spalin:

- katalityczną,
- płuczkową.

Stosowanie katalizatora ma na celu eliminację ze spalin tlenków azotu (NOx), tlenku węgla (CO), węglowodorów (HC). Zasadniczo układy te nie wpływają na proces spalania, a ich funkcja polega na konwersji substancji toksycznych lub ich magazynowaniu.

Klasycznymi metodami oczyszczania spalin są reaktory katalityczne. Wzbudzenie w nich konwersji substancji toksycznej do nieszkodliwej wymaga zaistnienia następujących reakcji (rys. 2):

$CO,\ O_2 \rightarrow CO_2$

$H_nC_m,\ O_2 \rightarrow CO_2,\ H_2O$

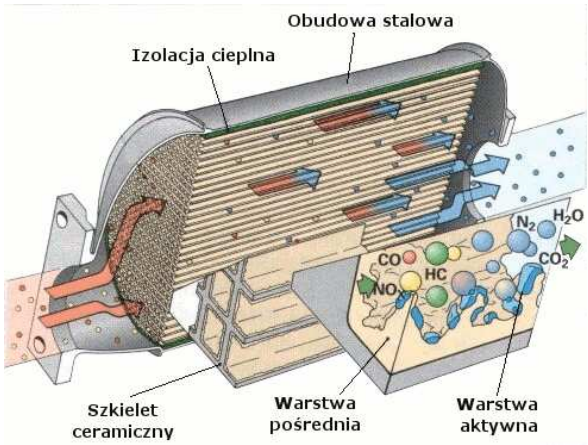
$H_nC,\ H_2O \rightarrow CO_2,\ H_2$

$H_2,\ O_2 \rightarrow H_2O$

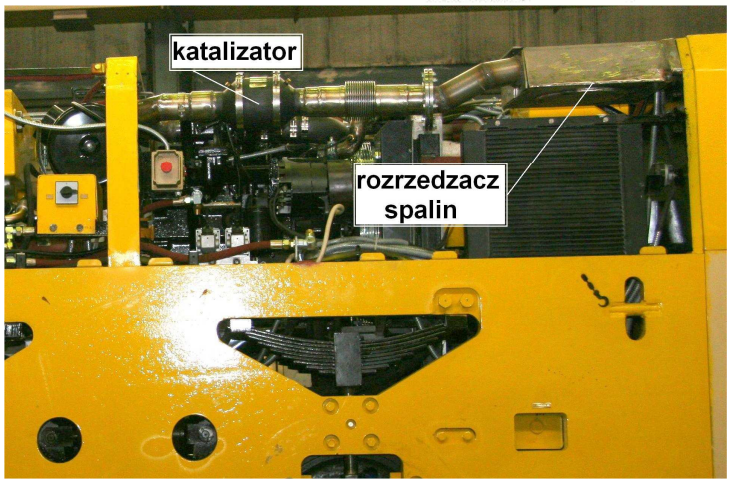
$NO_X,\ CO \rightarrow N_2,\ CO_2$

$NO_X,\ H_2 \rightarrow N_2,\ H_2O$

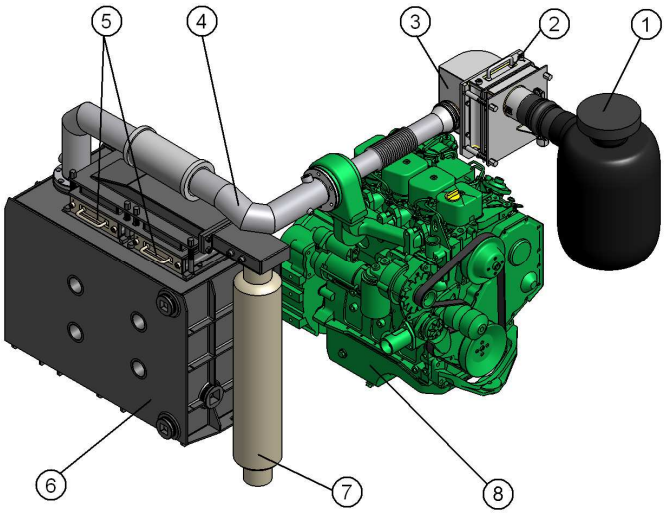
$NO_X,\ C_mH_n \rightarrow N_2,\ H_2O,\ CO_2$



Rys.2. Budowa katalizatora oraz zachodzące w nim reakcje [1]



Rys.3. Lokomotywa Lds100K-EM z zabudowanym katalizatorem [1]



Rys.4. Górniczy napęd spalinowy [3]

Katalizatory ze względu na zachodzące w nich reakcje dzielimy na: utleniające, redukujące.

Reakcje utleniania i redukcji są sobie przeciwstawne. Powoduje to problemy w procesie oczyszczania spalin, ponieważ duża zawartość tlenu, korzystna dla procesów utleniania tlenku węgla (CO) i węglowodorów (HC), wpływa niekorzystnie na ilość tlenków azotu (NOx) i odwrotnie.

Szczególnym rozwiązaniem jest katalizator trójfunkcyjny TWC. Dzięki niemu mogą występować zarówno reakcje utleniające, jak i redukujące. Wadą tego rozwiązania jest to, że dużą sprawność konwersji wszystkich trzech składników toksycznych uzyskuje się w wąskim przedziale współczynnika nadmiaru powietrza $\lambda \approx 1$ < 0,996-1,006 >, co odpowiada mieszance stechiometrycznej. Silniki z zapłonem samoczynnym pracują na

mieszance ubogiej λ >> 1, co powoduje, że katalizatory tego typu, jak i katalizatory redukujące nie znajdują zastosowania w silnikach wysokoprężnych, a jedynym typem katalizatora do zastosowania jest katalizator utleniający, w obecności którego następuje dopalanie tlenku węgla (CO) i węglowodorów (HC).

Istotnym parametrem charakteryzującym katalizator jest jego temperatura pracy. Temperatura niezawodnej pracy dopalacza katalitycznego wynosi 250ºC-900ºC. Jest to wielkość znacznie przekraczająca wymagania dotyczące maksymalnych temperatur zewnętrznych powierzchni górniczych napędów spalinowych dla górnictwa węgla kamiennego. W związku z tym zastosowanie katalizatorów tego typu wymaga zapewnienia rozgrzania ich do wymaganej temperatury pracy, przy jednoczesnym zapewnieniu temperatury zewnętrznej powierzchni nie przekraczającej 150ºC. Katalizatory te z powodzeniem są stosowanie w górnictwie miedzi.

Przykładem jest pokazany na rysunku 3 górniczy napęd spalinowy konstrukcji KOMAG-u, wyposażony w katalizator spalin.

5. Górniczy napęd spalinowy dla kopalń węgla

Ze względu na wymogi bezpieczeństwa, stawiane urządzeniom pracującym w podziemnych wyrobiskach kopalń węgla, napęd spalinowy różni się od używanego w kopalniach rud miedzi.

Podstawową różnicą jest możliwość pracy napędu w atmosferze potencjalnie wybuchowej (zagrożonej wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego), dzięki ognioszczelnej konstrukcji układu dolotowo-wylotowego. Ponadto dyrektywa 94/9/WE ATEX, określa maksymalną temperaturę zewnętrznych powierzchni napędu, mających kontakt z atmosferą wyrobiska, wynoszącą 150℃. W wyniku tego nie jest możliwe zastosowanie katalizatora ze względu na silne rozgrzewanie się jego obudowy podczas pracy.

Aby spełnić wymogi formalne, dotyczące temperatury i jakości spalin, w górniczych napędach spalinowych dla kopalń węgla stosuje się wodną (mokrą) płuczkę spalin.

Mokra płuczka spalin przeznaczona jest głównie do schładzania spalin oraz wychwytywania cząstek stałych (sadzy; redukcja o około 20%). Przyjmuje się jednak, że w trakcie kąpieli wodnej część toksycznych składników spalin reaguje chemiczne z wodą „wytrącając się" ze strumienia spalin. Według [4] wodne płuczki spalin, w zależności od konstrukcji, mogą usuwać 50÷80% SO_2 i do 20% węglowodorów. Z tego względu, w trakcie czyszczenia, wodę z płuczki spalin należy poddać utylizacji. Niedogodnością stosowania wodnej płuczki spalin jest konieczność okresowego uzupełniania wody, gdyż parująca woda uchodząca z płuczki obniża skuteczność jej działania zarówno jako reduktora chemicznego, jak i chłodnicy. Wskazane jest stosowanie płuczek o możliwie największej pojemności oraz układów chłodzenia wody w płuczce. Użytkownik powinien dbać o utrzymanie wymaganego poziomu wody w płuczce i jej okresowe czyszczenie, ponieważ parująca woda zabiera ze sobą również czynniki szkodliwe, emitując je do otaczającej atmosfery.

Przykładowe, opracowane w KOMAG-u, rozwiązanie górniczego napędu spalinowego z płuczkowym systemem oczyszczania spalin, przeznaczonego do eksploatacji w przestrzeniach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego pokazano na rysunku 4. Napęd składa się z następujących elementów:

1) filtra powietrza dolotowego,
2) dolotowego przerywacza płomienia,
3) ognioszczelnego układu dolotowego,
4) chłodzonego wodą przewodu wylotowego spalin,
5) wylotowych przerywaczy płomienia,
6) wodnej płuczki spalin,
7) iskrochronu,
8) silnika.

Ognioszczelny układ dolotowo-wylotowy stanowią elementy, począwszy od dolotowego przerywacza płomienia do wylotowego przerywacza płomienia.

Zadaniami ognioszczelnego układu dolotowo-wylotowego silnika jest, oprócz zasilania powietrzem i odprowadzenia spalin z silnika, zapewnienie bezpiecznej pracy w atmosferze potencjalnie wybuchowej (zgodnie z wymaganiami dyrektywy ATEX).

Chłodzony wodą przewód wylotowy spalin, o specjalnej, dwupłaszczowej konstrukcji, ma za zadanie schłodzenie gorących spalin z silnika i odprowadzenie ich do dalszej części układu wylotowego.

Wodna płuczka spalin ma do spełnienia potrójną funkcję:

– chłodzenie spalin w kąpieli wodnej,
– wygaszenie iskier,
– wyeliminowanie cząstek stałych („ułowienie" sadzy w kąpieli wodnej).

Iskrochron stanowi ostateczną barierę dla iskier w przypadku braku wody w płuczce.

Pomimo postępu, jaki dokonał się w konstruowaniu silników, a co za tym idzie znacznej poprawy osiągów silnika (moc, zmniejszenie emisji szkodliwych substancji do atmosfery), stosowanie specjalistycznego oprzyrządowania górniczego może negatywnie wpływać na parametry pracy silnika.

Zwiększone wartości podciśnienia w układzie dolotowym oraz nadciśnienia w wylotowym, będące konsekwencją zastosowanego osprzętu, powodujące powstawanie większych oporów przepływu mogą niekorzystnie wpływać na stężenie substancji toksycznych obecnych w spalinach.

6. Podsumowanie

Rozwój silników spalinowych oraz technik oczyszczania spalin, a także powszechne wykorzystanie napędów spalinowych w maszynach i urządzeniach górniczych, wymaga prac nad jego doskonaleniem. Mogą one przynieść wymierne korzyści, zarówno w postaci poprawy parametrów pracy urządzenia (moc, emisja szkodliwych substancji), jak i nowych wdrożeń. Rozwiązaniem przyszłościowym mogą być katalizatory, jednak w tym celu należy rozwiązać problem termicznej izolacji jego korpusu tak, aby temperatura powierzchni mającej kontakt z atmosferą potencjalnie wybuchową nie przekraczała 150℃.

Istnieje możliwość zastosowania suchego wymiennika ciepła w układzie wylotowym napędu spalinowego. W tym celu należy jednak wyposażyć układ w urządzenia, które funkcjonalnie zastąpią wyeliminowaną wodną płuczkę spalin (uławianie sadzy, chłodzenie spalin itp.).

W KOMAG-u prowadzone są prace nad wymiennikiem własnej konstrukcji, który zapewni odpowiednią moc cieplną potrzebną do obniżenia temperatury spalin, przy jednoczesnym ograniczeniu wymiarów urządzenia. Ułatwi to jego zabudowę w przedziale silnikowym urządzeń opartych o napęd spalinowy.

Literatura

1. Pieczora E., Pawlicki D., Kaczmarczyk K., Dobrzaniecki P., Suffner H.: Nowe rozwiązania dołowych lokomotyw spalinowych opracowane w CMG KOMAG. Monografia – Konferencja „Innowacyjne i Bezpieczne Systemy Mechanizacyjne do Eksploatacji Surowców Mineralnych", Zakopane 14-16.11.2006, Tom I, s. 107-117.
2. Dobrzaniecki P., Suffner H., Budzyński Z.: Nowoczesne lokomotywy dołowe produkcji Energo-Mechanik sp. z o.o. Transport przemysłowy 2007, nr 3(29).
3. Dobrzaniecki P.: Badania napędu spalinowego w aspekcie wybranych parametrów pracy. Sprawozdanie z realizacji pracy statutowej E33/EG-05836, materiały nie publikowane, KOMAG 2009.
4. Szlązak N., Borowski M.: Wentylacyjne aspekty stosowania maszyn z silnikami spalinowymi w kopalniach podziemnych. Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Kraków 2002.
5. Merkisz J.: Ekologiczne aspekty stosowania silników spalinowych. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 1995.
6. Kaczmarczyk K., Dobrzaniecki P.: Wybrane metody oczyszczania spalin możliwe do zastosowania w górniczych napędach spalinowych. Monografia – Konferencja KOMEKO 2010 „Paliwa, bezpieczeństwo, środowisko", Gliwice 2010.
7. Materiały firmy STATOIL.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Adam Klich

Prof.dr hab.inż. Teodor WINKLER
Dr inż. Magdalena ROZMUS
Dr inż. Dariusz MICHALAK
Mgr inż. Łukasz JASZCZYK
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Oparte na wiedzy utrzymanie ruchu maszyn górniczych

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

W artykule przedstawiono utrzymanie ruchu maszyn górniczych, które jest jednym z czynników warunkujących prawidłowy przebieg procesów produkcyjnych w przedsiębiorstwie. Utrzymanie ruchu maszyn jest procesem, którego prawidłowa realizacja uwarunkowana jest wiedzą zaangażowanego w ten proces personelu działu utrzymania ruchu.

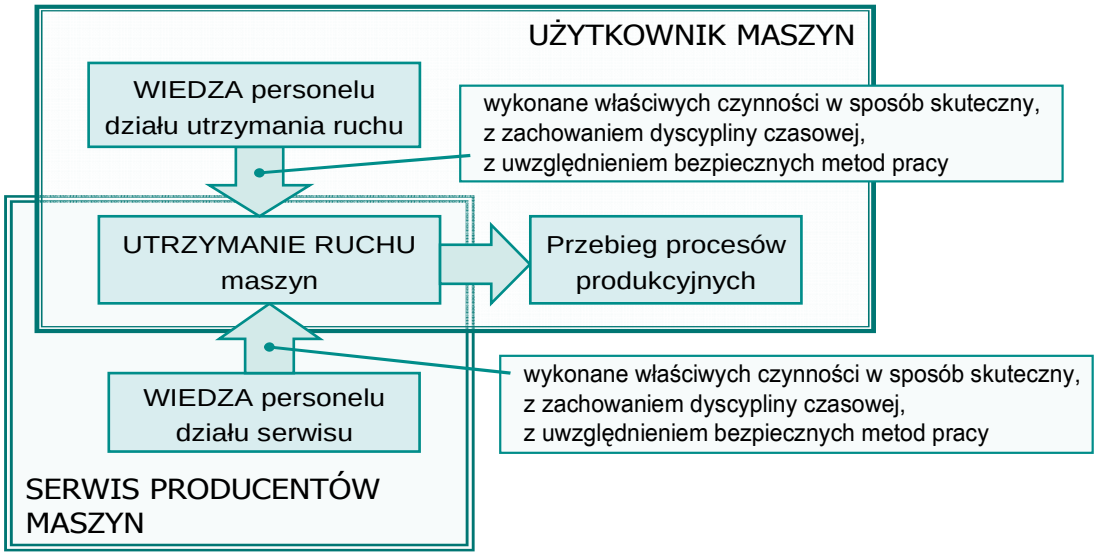
S u m m a r y

Maintenance of mining machines, as one of the factors conditioning a proper realization of production in the factory, was presented in the paper. Machines maintenance is the process, which realization is conditioned by knowledge of the personnel involved in the process of maintenance.

1. Wprowadzenie

Utrzymanie ruchu maszyn jest jednym z czynników warunkujących prawidłowy przebieg procesów produkcyjnych w przedsiębiorstwach (zwanych dalej także *„użytkownikami maszyn”*). Utrzymanie ruchu maszyn jest procesem, którego prawidłowa realizacja uwarunkowana jest wiedzą zaangażowanego w ten proces personelu działu utrzymania ruchu danego użytkownika maszyn, jak również wiedzą personelu działu serwisu producentów maszyn. Wiedza ta umożliwia wykonywanie niezbędnych czynności w sposób skuteczny, z zachowaniem dyscypliny czasowej oraz z uwzględnieniem bezpiecznych metod pracy. Zależności te przedstawiono na rysunku 1.

Maszyny górnicze charakteryzuje złożona oraz zindywidualizowana konstrukcja. Z uwagi na ich gabaryty, lokalizację stanowisk pracy oraz panujące na nich warunki, a także warunki panujące na drogach transportowych, transport maszyn na powierzchnię jest problematyczny i czasochłonny. Czynności z zakresu utrzymania ruchu wykonywane są więc na stanowiskach, na których maszyny są użytkowane. Na każdym takim stanowisku panują indywidualne warunki w zakresie dysponowanej przestrzeni, przyczepności podłoża, możliwości wspomagania czynności manualnych, oddziaływania na maszynę itd. Tak więc sposób wykonywania danej czynności względem poszczególnych egzemplarzy maszyny danego typu także jest zindywidualizowany.



Rys.1. Zależności między procesami produkcyjnymi przedsiębiorstwa, utrzymaniem ruchu oraz wiedzą realizującego go personelu

2. Zasoby wiedzy w utrzymaniu ruchu maszyn górniczych

Obecnie uczestnicy procesu utrzymania ruchu maszyn górniczych korzystają z wiedzy jawnej oraz z wiedzy ukrytej. Zasoby wiedzy jawnej obejmują dokumentacje techniczno-ruchowe oraz tzw. instrukcje. Dokumentacje techniczno-ruchowe stosowane są przez personel serwisu producentów maszyn oraz przez personel użytkownika maszyn, czyli kopalni. Instrukcje opracowywane są we własnym zakresie przez kopalnię i wyłącznie na własny użytek. Zasoby wiedzy jawnej stosowane są na powierzchni. Czasem niektóre ich fragmenty sprowadzane są na miejsce realizacji zadania z zakresu utrzymania ruchu.

Zakres tematyczny dokumentacji techniczno-ruchowej obejmuje m.in. konstrukcję maszyny, warunki eksploatacji, sposób użytkowania, czynności z zakresu utrzymania ruchu, jakie może wykonywać użytkownik maszyny, czynności transportowe, obowiązujące zasady bezpieczeństwa. Prezentowana w niej wiedza dotyczy konkretnego egzemplarza maszyny, jednak nie uwzględnia warunków panujących na stanowisku pracy, na którym jest ona użytkowana. Instrukcje mają postać procedur opisujących przebieg i sposób wykonywania poszczególnych zadań z zakresu utrzymania ruchu względem maszyny danego typu na danym stanowisku pracy, z uwzględnieniem obowiązujących zasad bezpieczeństwa oraz aspektów organizacyjnych – wskazane są komórki organizacyjne, z których personel jest przypisany do realizacji poszczególnych czynności.

Zasoby wiedzy jawnej zawierają jedynie część wiedzy stosowanej dla utrzymania ruchu maszyn. Pozostały zakres stosowanej wiedzy to wiedza ukryta, z której jedynie część zostaje przekształcona w wiedzę jawną w postaci instrukcji. Tak więc zasoby wiedzy stosowanej przez personel realizujący utrzymanie ruchu maszyn są budowane i rozwijane na bazie doświadczeń wraz z upływem życia maszyny.

Zasoby wiedzy jawnej opierają się na tradycyjnych formach prezentacji wiedzy, takich jak tekst i obraz statyczny. Ogranicza to możliwości prezentacji niektórych aspektów wiedzy, takich jak np. zasada działania poszczególnych systemów maszyny, sposób wykonania poszczególnych czynności. Dysponowanie wyłącznie tradycyjnymi formami prezentacji wiedzy sprawia więc, że niektóre zasoby wiedzy ukrytej nie poddają się formalizacji, czyli przekształceniu w wiedzę jawną. Rozpowszechnianie i użytkowanie zasobów wiedzy jawnej na nośniku papierowym utrudnia także ich aktualizację i rozbudowę, ponieważ wszyscy uczestnicy zadań z zakresu utrzymania ruchu powinni dysponować identycznymi wersjami zasobów wiedzy jawnej.

Zadania z zakresu utrzymania ruchu maszyn stosowanych w kopalniach, w warunkach dołowych realizowane są przede wszystkim na stanowiskach pracy tych maszyn. Charakteryzują się one rozproszeniem geograficznym, utrudnioną dostępnością (problem dotarcia na miejsce oraz dostarczenia niezbędnych zasobów rzeczowych) oraz specyficznymi warunkami także w zakresie oświetlenia, wilgoci, zanieczyszczenia. Nie sprzyja to stosowaniu tradycyjnych, papierowych zasobów wiedzy.

Rozpowszechnianie zasobów wiedzy ukrytej możliwe jest jedynie poprzez doświadczenie – podczas realizacji powierzonych zadań (np. poprzez bieżący instruktarz). Przyswajaniu tej wiedzy nie sprzyjają: dyscyplina czasowa realizacji zadań z zakresu utrzymania ruchu (szczególnie dotyczy to napraw) oraz warunki panujące na stanowisku pracy maszyny (ograniczenia przestrzenne, hałas, słabe oświetlenie).

Na potrzeby realizacji procesów utrzymania ruchu, zaangażowany do tego celu personel poddawany jest szkoleniom, podczas których przekazywane są treści zapisane w zasobach wiedzy jawnej lub treści stanowiące hybrydę wiedzy jawnej oraz wiedzy ukrytej. Wiedza stosowana w utrzymaniu ruchu maszyn jest specyficzna ze względu na konstrukcję danego egzemplarza maszyny oraz warunki panujące na danym stanowisku. Uwzględnienie tych zagadnień podczas szkoleń stanowi poważny problem finansowy oraz organizacyjny. Szkolenie przy konkretnej maszynie użytkowanej w kopalni nie jest praktykowane. Z kolei podczas szkoleń „przy maszynie" odbywających się na hali u producenta przeważnie dostarczane są maszyny o podobnej konstrukcji, nie ma natomiast możliwości uwzględnienia warunków charakterystycznych dla podziemnych stanowisk pracy maszyn górniczych.

3. Zastosowanie nowoczesnych form rozpowszechniania wiedzy w utrzymaniu ruchu maszyn górniczych

Dla skutecznego wspomagania utrzymania ruchu maszyn górniczych należy sięgnąć po formy rozpowszechniania zasobów wiedzy, które:

- dają większe możliwości przekształcania wiedzy ukrytej w wiedzę jawną,
- prezentują wiedzę w sposób czytelny i łatwo przyswajalny,
- umożliwiają szybkie wyszukiwanie zasobów wiedzy, które są adekwatne do bieżących potrzeb pracowników realizujących zadania z zakresu utrzymania ruchu,
- umożliwiają stosowanie zasobów wiedzy w dowolnym miejscu i czasie, niezależnie do warunków.

Spełnienie tych oczekiwań jest możliwe poprzez komplementarne zastosowanie rozwiązań, takich jak:

- interaktywne instrukcje obsługi,

– instrukcje obsługi udostępniane z zastosowaniem technologii wzmocnionej rzeczywistości (Augmented Reality, w skrócie AR),
– listy kontrolne udostępniane za pośrednictwem technologii RFID.

Wszystkie te rozwiązania zostały opracowane w Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii Instytutu Techniki Górniczej KOMAG.

3.1. Interaktywne instrukcje obsługi

Interaktywne instrukcje obsługi [1] mogą obejmować dowolny zakres wiedzy, w szczególności treści zawarte w obecnie stosowanych zasobach wiedzy jawnej, rozszerzone o informacje na temat wypadków, jakie zaszły w związku z wykonywaniem czynności z zakresu utrzymania ruchu względem danej maszyny.

Zasoby wiedzy są prezentowane w postaci opisów tekstowych, statycznych obrazów, jak również trójwymiarowych modeli (maszyny i jej zespołów), interaktywnych animacji prezentujących konstrukcję maszyny i sposób jej montażu i demontażu, animacji prezentujących sposób działania maszyny (jej wybranych systemów) oraz sposób wykonywania poszczególnych czynności z zakresu utrzymania ruchu.

Interaktywne instrukcje obsługi opracowywane są w dwóch zasadniczych wariantach:

– wersja stacjonarna (rys. 2a) – przeznaczona do użytkowania na powierzchni, na komputerach stacjonarnych; zasoby wiedzy zlokalizowane są na serwerze i udostępniane po zalogowaniu się uprawnionej osoby, z poziomu jej komputera; praca z aplikacją odbywa się poprzez przeglądarkę internetową.
– wersja mobilna (rys. 2b) – przeznaczona do użytkowania na przenośnych komputerach, takich jak PDA. Zasoby wiedzy oraz aplikacja znajdują się na danym komputerze przenośnym, gdzie obsługiwane są przez odpowiednią przeglądarkę; zastosowanie PDA w wersji spełniającej wymogi dyrektywy ATEX pozwala na przeniesienie zasobów w podziemia kopalń; tak więc interaktywne instrukcje obsługi w wersji mobilnej mogą stanowić podręczną pomoc podczas wykonywania poszczególnych czynności z zakresu utrzymania ruchu maszyn.

Realizowanym obecnie kierunkiem rozwoju jest także udostępnianie interaktywnej instrukcji obsługi na komputerze pokładowym maszyny górniczej.

3.2. Zastosowanie technologii Augmented Reality w upowszechnianiu instrukcji obsługi

Technologia Augmented Reality [2, 3, 4, 5], czyli rozszerzonej rzeczywistości, polega na nałożeniu na obraz rzeczywisty dodatkowych informacji, zwanych dalej *informacjami związanymi* – rysunek 3. Takimi informacjami mogą być np. etykiety opisujące poszczególne części maszyny, animacje prezentujące sposób działania wybranych instalacji, wskazówki dotyczące kolejnych kroków, jakie należy wykonać, by zrealizować dane zadanie z zakresu utrzymania ruchu. Informacje przypisane są do znaczników zamieszczonych na maszynie lub jej modelu. Informacje wyświetlone w kontekście konkretnych znaczników stanowią zasoby wiedzy.

Technologia Augmented Reality jest nowym rozwiązaniem, dlatego nie istnieje oprogramowanie o pożądanych funkcjach, które można zastosować dla wspomagania utrzymania ruchu. Oprogramowanie dostępne na rynku jest ukierunkowane na sektor rozrywki, gdzie jest stosowane jako ciekawostka technologiczna. Istnieją specjalne biblioteki dla rozpoznawania obrazów, ale ich zastosowanie wymaga zastosowania języków oprogramowania, takich jak C++ lub C#. Oprogramowanie obecnie opracowane w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG jest oparte na autorskich rozwiązaniach programowych oraz doświadczeniach z zakończonych projektów europejskich.

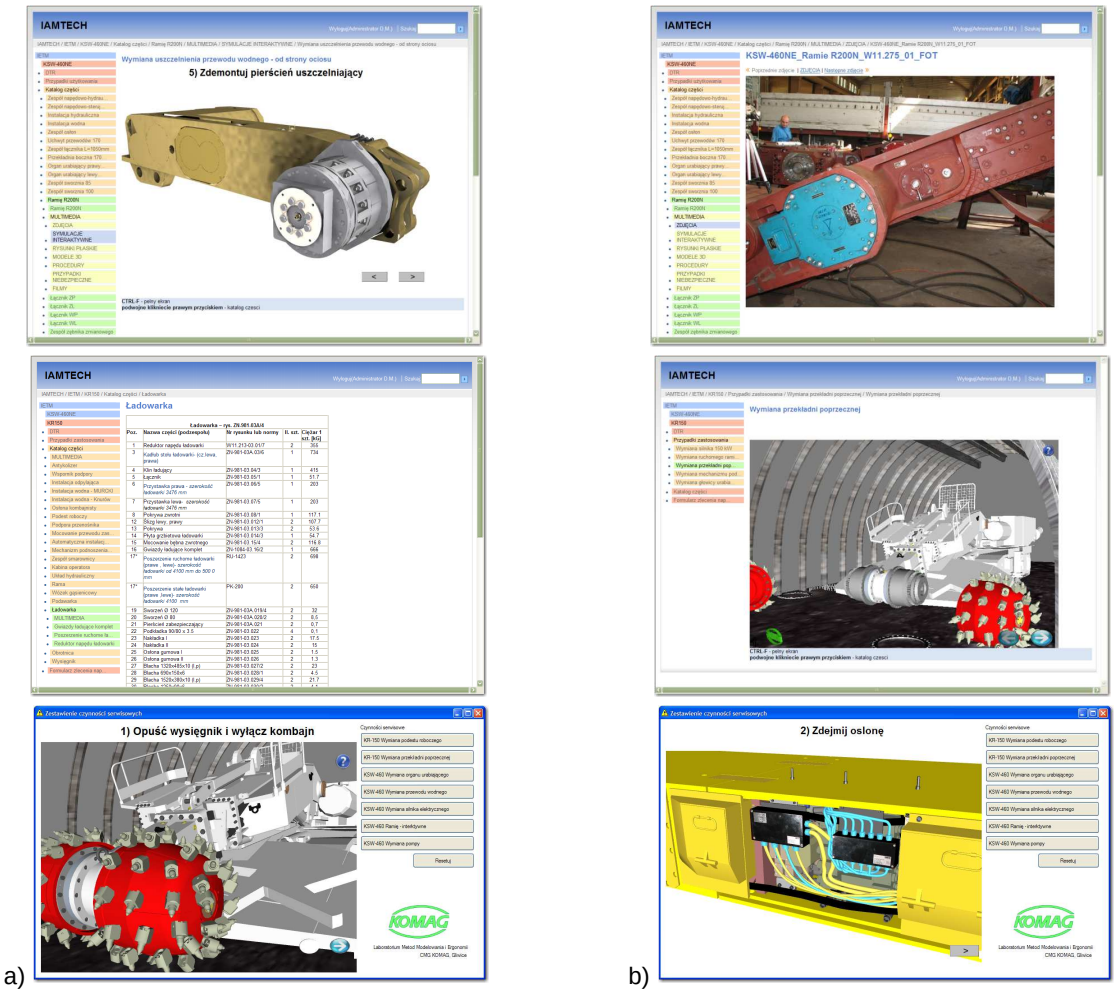
Zastosowanie instrukcji obsługi udostępnianych z zastosowaniem technologii Augmented Reality opiera się na systemie złożonym z (rys. 4): 1) pracownika zaangażowanego w realizację utrzymania ruchu maszyn, 2) wyposażenia sprzętowo-programowego oraz 3) maszyny (lub jej modelu) oznaczonej znacznikami.

Komputer zawiera repozytorium wiedzy, na które składają się repozytorium informacji związanych oraz aplikacją, w ramach której następuje przypisanie informacji związanych do poszczególnych znaczników oraz ich przeglądanie na tle obrazu rzeczywistego. Niezbędnymi elementami są także kamera rejestrująca obraz rzeczywisty oraz wyświetlacz, na którym wyświetlany jest obraz rzeczywisty wraz z nałożonymi informacjami związanymi. Oba te elementy mogą być zintegrowane z przenośnym komputerem (rys. 5a), jak również mogą być zintegrowane z nagłównym sprzętem rejestrująco-wyświetlającym, takim jak gogle 3D (rys.5b).

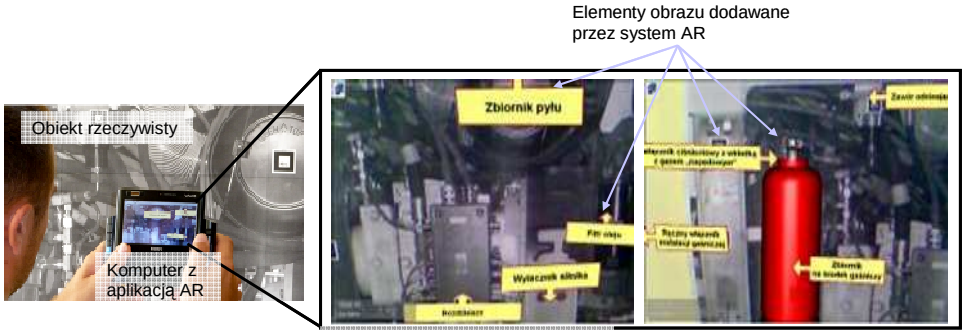
Funkcjonalność wyposażenia sprzętowo-programowego powinna uwzględniać rejestrowanie i wyświetlanie obrazu rzeczywistego, gromadzenie informacji związanych, identyfikowanie znaczników oraz identyfikację i wyświetlanie na obrazie rzeczywistym informacji tekstowych i graficznych przypisanych do poszczególnych znaczników.

W opracowanej aplikacji kontekstowe przeglądanie zasobów wiedzy realizowane jest poprzez powiązanie znaczników i informacji związanych, jak również poprzez odpowiednio zorganizowane menu – rysunek 6.

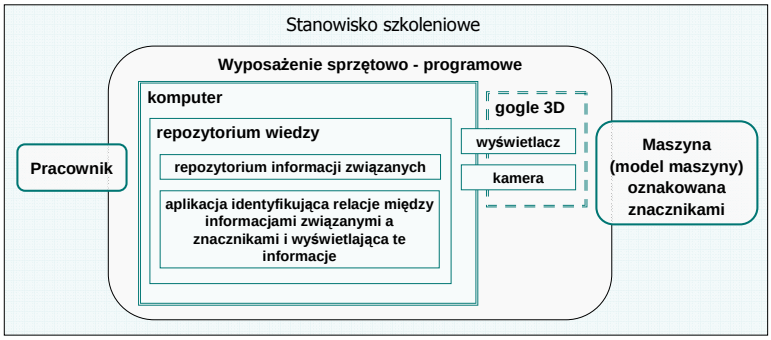
Przedstawione rozwiązanie obecnie może być stosowane jedynie na stanowiskach szkoleniowych. Identyfikacja znaczników wymaga dobrego oświetlenia, co nie jest osiągalne na stanowiskach pracy maszyn. Problematyczna jest także dostępność odpowiedniego komputera spełniającego wymogi dyrektywy ATEX.



Rys.2. Interaktywne instrukcje obsługi: a) wersja stacjonarna, b) wersja mobilna

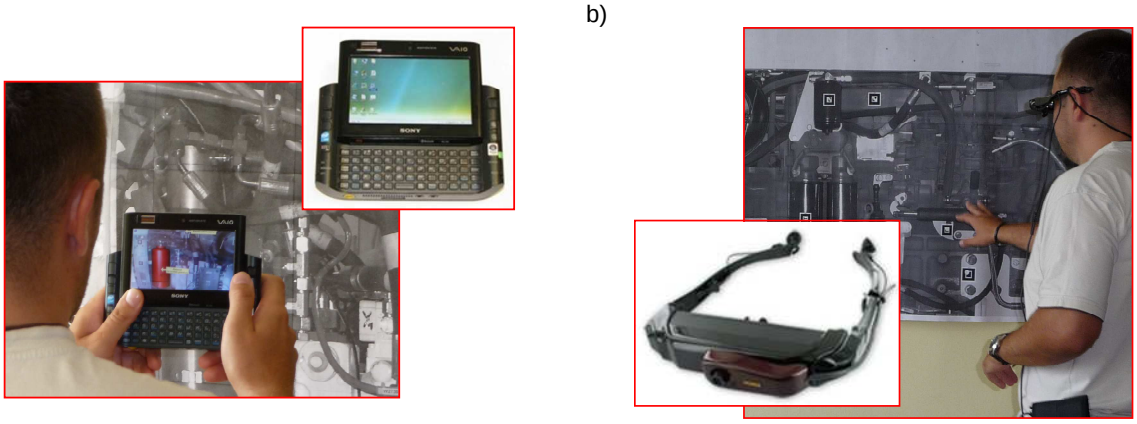


Rys.3. Idea technologii Augmented Reality [2]



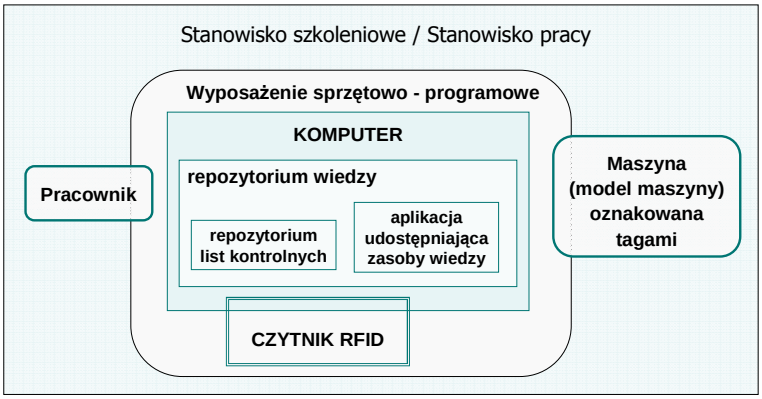
Rys.4. System upowszechniania wiedzy z zakresu utrzymania ruchu z zastosowaniem technologii Augmented Reality

a) b)



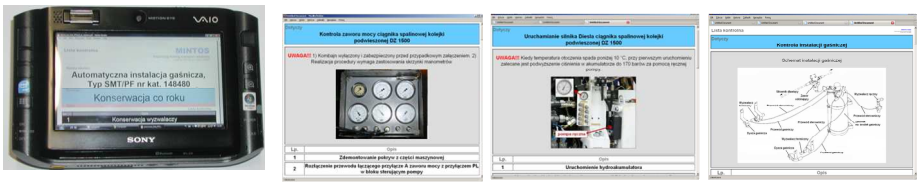
Rys.5. Zastosowanie UMPC (a) oraz gogli 3D (b) w technologii Augmented Reality [2]

Rys.6. Menu aplikacji udostępniającej zasoby wiedzy z zastosowaniem technologii Augmented Reality

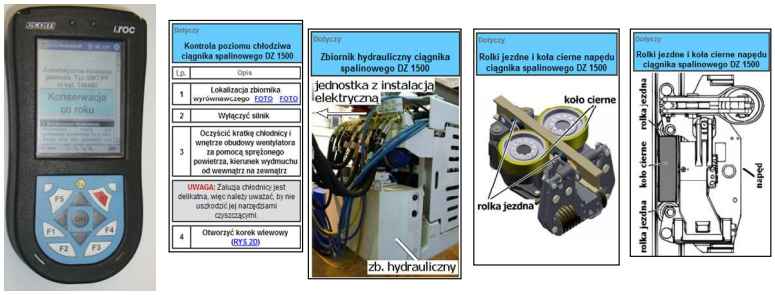


Rys.7. System upowszechniania wiedzy z zakresu utrzymania ruchu z zastosowaniem technologii RFID

a)



b)



Rys.8. Listy kontrolne opracowane w wersji UMPC (a) oraz PDA (b)

3.3. Zastosowanie technologii RFID w upowszechnianiu list kontrolnych

Dla wspomagania uczestników procesu utrzymania ruchu w KOMAG-u opracowano także rozwiązanie stanowiące adaptację technologii RFID (ang. Radio Frequency Identification) [6] dla rozpowszechniania zasobów wiedzy [2]. Zasoby wiedzy opracowano w postaci list kontrolnych. Listy kontrolne mają formę procedur opisujących działania realizowane w ramach procesu utrzymania ruchu. Odpowiednio opracowana aplikacja umożliwia ich jednoznaczne przypisane do tagów (zwanych także transponderami) zamieszczonych na maszynie. Na podstawie odczytu identyfikatora taga, dokonanego za pomocą czytnika, aplikacja wyświetla listę kontrolną do niego przypisaną. Tak więc zasoby wiedzy dostępne są w kontekście przewidywanych potrzeb personelu realizującego utrzymanie ruchu maszyn. Udostępniane listy kontrolne obsługiwane są przez przeglądarkę internetową. Zbiór list kontrolnych przypisanych do poszczególnych tagów stanowi repozytorium wiedzy.

Ponieważ listy kontrolne mają postać stron internetowych, istnieje możliwość ich wzajemnego powiązania, jak również powiązania z listami kontrolnymi, które nie są bezpośrednio przypisane do tagów, a znajdują się w repozytorium wiedzy. Istnieje więc możliwość przypisania do danego taga pewnego zbioru list kontrolnych, przy czym tylko jedna z nich jest do niego przypisana w sposób bezpośredni.

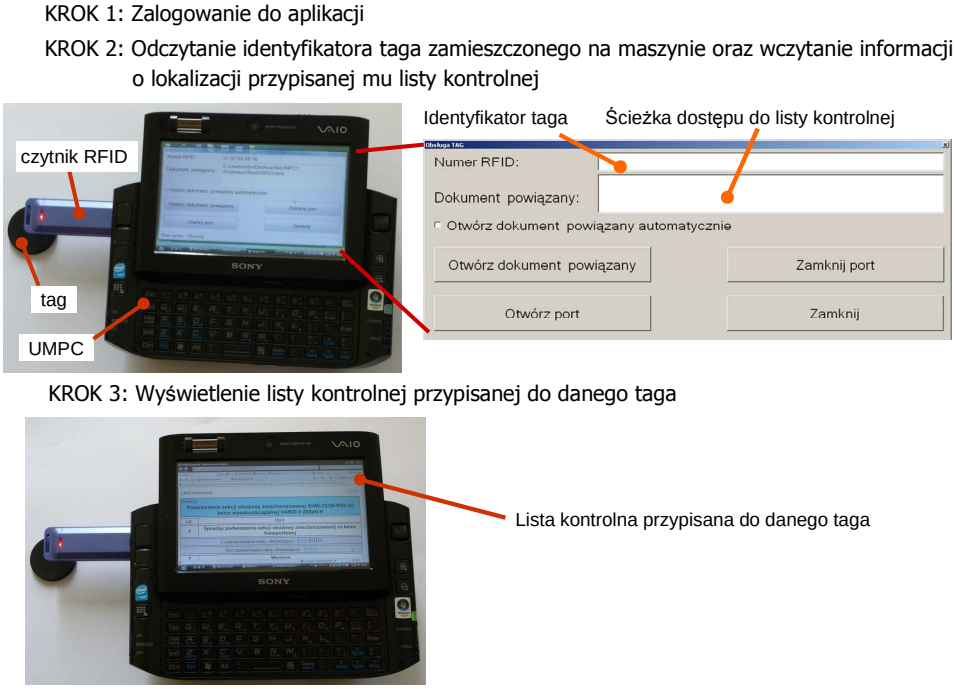
Zastosowanie list kontrolnych udostępnianych za pośrednictwem technologii RFID opiera się na systemie złożonym z (rys. 7): 1) pracownika zaangażowanego w realizację utrzymania ruchu maszyn, 2) wyposażenia sprzętowo-programowego oraz 3) maszyny oznaczonej tagami. Czytnik RFID może stanowić odrębny element podłączany do komputera lub może być zintegrowany z komputerem. Taki system może zostać zastosowany bezpośrednio na miejscu wykonywania czynności z zakresu utrzymania ruchu. Instrukcje udostępniane z zastosowaniem technologii RFID służą wówczas jako podręczna pomoc. Modyfikacja systemu poprzez zamieszczenie tagów na modelu maszyny pozwala na jego zastosowanie na stanowisku szkoleniowym.

Na miejscu wykonywania czynności z zakresu utrzymania ruchu jako komputer może posłużyć PDA spełniający wymogi dyrektywy ATEX, z kolei na stanowisku szkoleniowym – np. zwyczajny (bez ATEX-u) PDA lub UMPC. Zasoby wiedzy opracowywane są z uwzględnieniem rozmiaru wyświetlacza komputera, na którym będą przeglądane – rysunek 8.

Na rysunku 9 przybliżono sposób działania przykładowej aplikacji udostępniającej listy kontrolne za pośrednictwem RFID.

4. Podsumowanie

Warunki realizacji działań z zakresu utrzymania ruchu maszyn górniczych powodują, że obecnie stosowane rozwiązania w zakresie zasobów wiedzy wspomagających personel zaangażowany w proces utrzymania ruchu nie są wystarczające. Ograniczenia tkwią w tradycyjnych formach prezentacji wiedzy, jak również w stosowaniu nośnika papierowego.



Rys.9. Zasada działania aplikacji udostępniającej listy kontrolne za pośrednictwem technologii RFID [1]

Dla pokonania tego problemu zaproponowano system rozwiązań opartych na nowoczesnych formach upowszechniania wiedzy. Żadne z tych rozwiązań nie jest w stanie samodzielnie pokonać wszystkie słabości istniejące po stronie obecnie stosowanych zasobów wiedzy. Jednak ich komplementarne zastosowanie w dużym stopniu to umożliwia.

Literatura

1. Michalak D., Rozmus M., Jaszczyk Ł.: Możliwości zastosowania technologii Augmented Reality i RFID w szkoleniach pracowników transportu. Materiały na konferencję: Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie, V Międzynarodowa Konferencja, Ustroń, 4-6 listopada 2009.
2. Michalak D., Winkler T., Jaszczyk Ł., Zastosowanie technologii Augmented Realisty oraz RFID w szkoleniach operatorów maszyn. Materiały na konferencję: XIV Międzynarodowa Szkoła Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji, Jurata 10-14 maja 2010.
3. Cawood S.: Augmented Reality : A Practical Guide, Pragmatic Bookshelf 2008, ISBN: 978-1934356036.
4. Haller M.: Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design, IGI Publishing 2006, ISBN: 978-1599040660.
5. Hainich R.R.: The End of Hardware, 3rd Edition: Augmented Reality and Beyond, BookSurge Publishing 2009, ISBN: 978-1439236024.
6. Miles S.B.: RFID Technology and Applications, Cambridge University Press 2008, ISBN-13: 9780521880930.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab. inż. Jerzy Świder

Mgr inż. Zdzisław BUDZYŃSKI
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Innowacyjne rozwiązania układów sterowania i napędów lokomotyw elektrycznych kopalnianych kolei szynowych

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

Spośród wszystkich dostępnych środków kołowego transportu kopalnianego znaczącą rolę odgrywają elektryczne koleje szynowe, w których wykorzystywane są lokomotywy trakcyjne i akumulatorowe. W artykule przedstawiono innowacyjne rozwiązanie układu sterowania i napędu w lokomotywie trakcyjnej typu Ld-31EM oraz prace prowadzone nad innowacyjnym rozwiązaniem układu sterowania i napędu w lokomotywie akumulatorowej typu Lea-BM12.

S u m m a r y

Electric railways with traction and battery locomotives play significant role among all available mine wheeled transportation means. Innovative solution of control system and drive in traction locomotive of Ld-31EM type and work on innovative solution of control system and drive in battery locomotive of Lea-BM12 type were presented in the paper.

1. Wprowadzenie

Lokomotywa elektryczna w przewozie dołowym została zastosowana po raz pierwszy w 1882 r. w kopalni węgla „Zanckerode" koło Drezna. Na Śląsku pierwszą lokomotywę elektryczną uruchomiono w kopalni „Szombierki" w 1883 r.

W pierwszych rozwiązaniach lokomotyw, do napędu stosowano silniki prądu stałego o mocy 7,5 kW. Regulacja prędkości odbywała się przez regulację napięcia na zaciskach silnika, polegająca na włączaniu rezystorów w obwód silnika. Do 1939 r. stosowano w kopalniach różne wartości napięć prądu stałego do zasilania lokomotyw trakcyjnych, np.: w kopalni „Szombierki" – 350 V, w kopalni „Wirek" – 450 V, a w kopalni „Paryż" – 600 V. Najwięcej jednak pracujących lokomotyw było zasilane napięciem stałym 220 V. W 1948 r. ujednolicono systemy zasilania, przyjmując dla trakcji napięcie 250 V [3].

Pierwsze lokomotywy dołowe serii Ld wyprodukowano w KONSTALU w Chorzowie w 1951 r. Powstały lokomotywy Ld1 o masie 7 ton i mocy 34 kW, Ld2 o masie 10 ton i mocy 46 kW oraz typ Ld3 o masie 14 ton i mocy 83 kW. W lokomotywach zastosowano dwa silnika szeregowe prądu stałego. Lokomotywy te ciągle modernizowano pod kątem konstrukcji elementów wchodzących w skład wyposażenia.

Rozwój elementów półprzewodnikowych sprawił, że w 1965 r. rozpoczęto prace nad tyrystorowym układem sterowania napędem trakcyjnym. Pierwsze prace naukowo-badawcze w Polsce prowadzone były w AGH nad tyrystorowym przerywaczem z komutacją szeregową. Prace naukowo badawcze nad rozwojem lokomotyw trakcyjnych były prowadzone w ZKMPW, a następnie w ośrodku EMAG.

W latach 90. został wdrożony układ tyrystorowy typu TUSDELK firmy ELSTA umożliwiający hamowanie dynamiczne silnikiem.

W kopalniach oprócz lokomotyw elektrycznych, zasilanych z sieci trakcyjnej, rozpowszechnione zostały lokomotywy elektryczne akumulatorowe, które wykonane jako przeciwwybuchowe znalazły zastosowanie przede wszystkim na drogach przewozowych, gdzie występuje zagrożenie wybuchu metanu lub pyłu węglowego.

Pierwsze lokomotywy zasilane z baterii akumulatorów pojawiły się na Śląsku już na początku XX wieku. Lokomotywa składała się z ciągnika i tendra, który był wyposażony w baterię akumulatorów kwasowych. Do napędu lokomotyw akumulatorów stosowano silniki szeregowe prądu stałego, w których sterowanie prędkością uzyskano przez zmianę rezystancji włączonej w obwód silnika. W lokomotywie akumulatorowej system sterowania napędami, w postaci silników prądu stałego nie różni się od systemu w lokomotywie trakcyjnej. Wymagał jedynie umieszczenia go w obudowach ognioszczelnych. Powszechnie stosowane w Polsce lokomotywy akumulatorowe to małe, typu Ldag 05M oraz Lea BM-12 w różnych wersjach wykonania, posiadające ten sam silnik i konstrukcję mechaniczną [4].

Obecnie prowadzone są prace nad innymi systemami napędu z wykorzystaniem silników prądu przemiennego. Na Słowacji wyprodukowano lokomotywy akumulatorowe wyposażone w silniki indukcyjne prądu przemiennego sterowane za pomocą tranzystorowych przekształtników energoelektronicznych.

Z analizy stanu obecnego w zakresie lokomotyw elektrycznych wynika, że istnieje potrzeba modernizacji

zasilania i napędu tych maszyn, zwłaszcza w warunkach istniejących zagrożeń naturalnych, w tym zagrożenia metanowego, pyłowego, temperaturowego, wodnego i pożarowego.

2. Innowacyjne rozwiązanie napędu i sterowania dla lokomotyw trakcyjnych

Lokomotywę trakcyjną Ld-31 modernizowano etapowo. W pierwszej kolejności opracowano nowatorski system napędowy, polegający na zastosowaniu w miejsce dotychczasowych silników prądu stałego, bezszczotkowych silników z magnesami trwałymi, zasilanych z trakcji elektrycznej za pośrednictwem przekształtników energoelektronicznych [1].

Opracowanie silnika bezszczotkowego z magnesami trwałymi i jego pierwsze wdrożenie w napędzie lokomotywy kopalnianej jest rozwiązaniem innowacyjnym w skali światowej.

Podstawowe, innowacyjne cechy silnika z magnesami trwałymi to:

- znacznie wyższa sprawność w stosunku do silników indukcyjnych i silników prądu stałego,
- większa gęstość mocy w stosunku do silników indukcyjnych i silników prądu stałego, co pozwala na zmniejszenie wymiarów i masy urządzenia lub zwiększenia mocy, bez zwiększania wymiarów,
- wysoki współczynnik przeciążalności momentem, nawet do kilkakrotnej wielkości momentu znamionowego,
- wysoki współczynnik mocy cos φ w stosunku do silników indukcyjnych, dzięki ograniczeniu prądu magnesującego, pobieranego z sieci i magnesowaniu maszyny magnesami trwałymi,
- wysoka trwałość i niezawodność, zwłaszcza w porównaniu z silnikami prądu stałego, dzięki wyeliminowaniu komutatora mechanicznego, co spowodowało uproszczenie procedur eksploatacyjnych; skrócenie czasów przeglądów i remontów, obniżenie kosztów eksploatacji,
- doskonałe parametry regulacyjne i dynamiczne, liniowa zależność momentu na wale od prądu zasilania, możliwość uzyskania dużych przyśpieszeń kątowych dzięki niskim momentom bezwładności i wysokiej przeciążalności momentem,
- możliwość pracy w układzie napędowym w funkcji hamulca elektromagnetycznego dynamicznego i statycznego.

Silnik PMPg250L ze względu na sposób zabudowy w lokomotywie, wykonano w kadłubie silnika trakcyjnego, który został skrócony o część komutatorową.

Z porównania podstawowych parametrów dotychczas stosowanego silnika trakcyjnego i wdrożonego do eksploatacji innowacyjnego silnika z magnesami trwałymi, wynikają ewidentne zalety silników bezszczotkowych.

Parametry silników

Tabela 1

Rodzaj silnika	Moc znamionowa	Sprawność
Silnik trakcyjny prądu stałego Lda 327a	Pn(S1) = 25 kW	η (S1) = 86% η (S2) = 87%
Innowacyjny silnik PMPg250 L	Pn(S1) = 33 kW	η (S1) = 98% η (S2) = 97%

Napęd lokomotywy Ld-31EM bazuje na bezszczotkowych silnikach z magnesami trwałymi typu PMPg 250L (rys. 2), produkowanych przez Branżowy Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Maszyn Elektrycznych KOMEL, zasilanych z przekształtników energoelektronicznych wykonanych przez ENEL sp. z o.o., za pomocą których odbywa się sterowanie kierunkiem jazdy oraz prędkością. Każdy zestaw kołowy (rys. 2) napędzany jest niezależnie, silnikiem o mocy 33 kW przy pracy S1. Sterowanie wektorowe momentem odbywa się na zasadzie przypisania jednemu ze sterowników przekształtnika funkcji „master" a drugiemu „slave". Komunikacja pomiędzy nimi odbywa się łączem RS-485. Zastosowany po raz pierwszy w lokomotywie trakcyjnej manipulator w postaci joysticka (rys. 3) przeznaczony jest do sterowania prędkością lokomotywy i hamowania. Manipulator wyposażony jest w dwa przyciski. Pierwszy (usytuowany w górnej części manipulatora) służy do nadawania sygnału ostrzegawczego. Drugi (usytuowany w środkowej części) spełnia rolę „czuwaka".

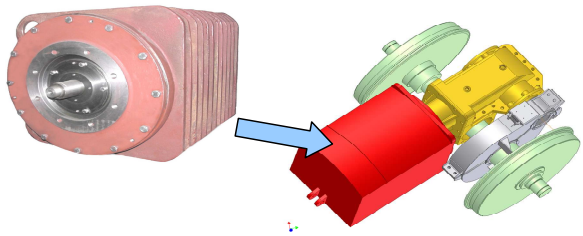
Lokomotywa Ld-31EM wyposażona jest w elektryczny hamulec manewrowy o działaniu proporcjonalnym, sprężynowy hamulec awaryjno-postojowy, jak również w system kontrolujący sprawność maszynisty, tzw. czuwak. W przypadku wykrycia przez system nieprawidłowości następuje hamowanie awaryjne realizowane równocześnie za pomocą elektrycznego hamulca manewrowego i hamulca awaryjno-postojowego.

W celu dostosowania wyposażenia lokomotywy do obowiązujących przepisów i aktualnych norm zastosowano odbierak prądu z elektropneumatycznym układem podnoszenia oraz opuszczania. W kabinie operatora zastosowano dwa niezależne pulpity: sterowniczy i sygnalizacyjny (rys. 4).

Wadą takiego rozwiązania jest ograniczona możliwość monitorowania parametrów związanych z pracą lokomotywy oraz duża ilość przewodów elektrycznych i skrzynek rozgałęźnych. Oprócz sterowania lokalnego (z kabiny operatora) sterowanie lokomotywą może się odbywać również zdalnie na drodze radiowej. Sterowanie zdalne umożliwia:

- załączenie i wyłączenie lokomotywy,
- nadawanie sygnału ostrzegawczego,
- sterowanie lokomotywą na małej programowalnej prędkości.

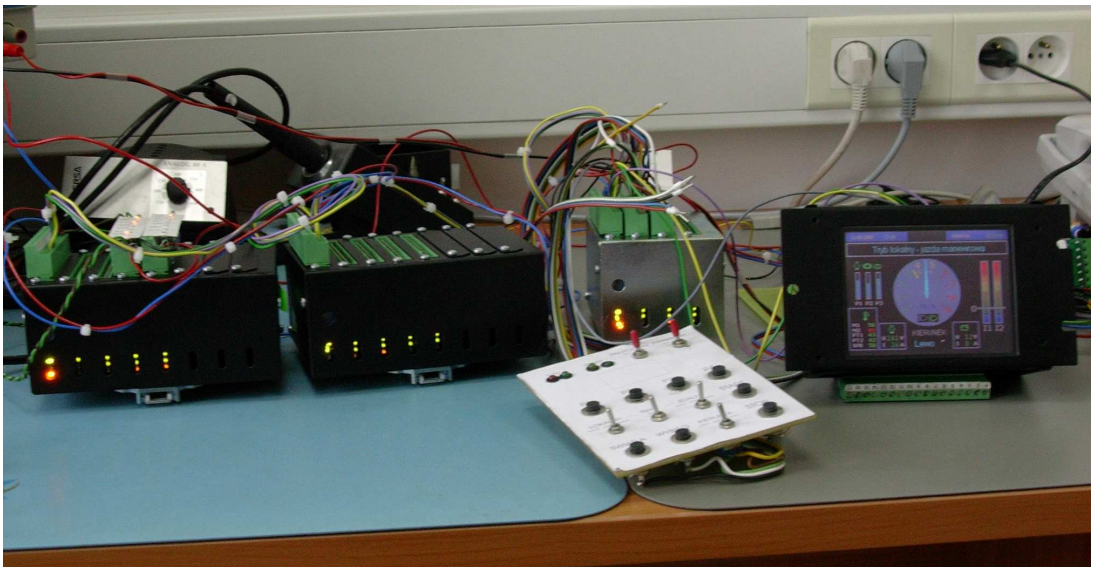
Rys.1. Lokomotywa Ld-31EM podczas prób ruchowych w KGHM Polska Miedź S.A (fot. KOMAG)



Rys.2. Zespół napędowy z silnikiem z magnesami trwałymi PMPg-250L

Rys.3. Wnętrze lokomotywy Ld-31EM (fot. KOMAG)

Rys.4. Widok pulpitu sterowniczego i sygnalizacyjnego w kabinie (fot. KOMAG)



Rys.5. Model pulpitu sterowniczego wraz z koncentratorami sygnałów na stanowisku badawczym (fot. KOMAG)

Rozwiązanie to pozwala operatorowi lokomotywy na sterowanie lokomotywą z bezpiecznej odległości szczególnie podczas załadunku oraz rozładowywania urobku.

Lokomotywa Ld-31EM, w której zabudowano bezszczotkowe silniki z magnesami trwałymi, testowana była w jednej z kopalń rud miedzi. W wyniku zdobytych doświadczeń przystąpiono do drugiego etapu modernizacji. Polegał na opracowaniu mikroprocesorowego systemu sterowania dla lokomotywy Ld-31EM [2].

W skład systemu wchodzą: specjalnie skonstruowany nowoczesny pulpit operatorski, z centralnym sterownikiem mikroprocesorowym oraz lokalne sterowniki (koncentratory sygnałów) znajdujące się w module zasilania, w pulpicie do obsługi elementów manipulacyjnych oraz w specjalnej obudowie do obsługi czujników znajdujących się w lokomotywie. Oba napędy sterowane są wektorowo. Sterownik centralny komunikuje się ze sterownikami przekształtników energoelektronicznych, sterując prędkością i kierunkiem jazdy w obu napędach. Badania laboratoryjne modelu opracowanego rozwiązania sterowania (rys. 5), przeprowadzono na stanowisku badawczym firmy SOMAR. Próby i badania poszczególnych podzespołów układu sterowania potwierdziły poprawność przyjętych założeń oraz poprawność działania modelu.

Pilotujący egzemplarz rozwiązania sterowania, z pulpitem (rys. 6) przetestowano, na zbliżonym do rzeczywistego, układzie napędowym, składającym się z przekształtnika energoelektronicznego i silnika, na stanowisku badawczym w BOBRME KOMEL. Przeprowadzono testy na biegu jałowym i z maksymalnym obciążeniem, z różnymi prędkościami dla obu kierunków obrotów silnika. Próby potwierdziły poprawność transmisji danych pomiędzy sterownikiem pulpitu, a sterownikiem przekształtnika.

Na płycie czołowej tego pulpitu zabudowano:

- wyświetlacz (ekran) ciekłokrystaliczny o wysokiej rozdzielczości,
- przycisk wyłączenia awaryjnego z blokadą,
- diodę sygnalizującą obecność napięcia 12 V,
- diodę sygnalizującą załączenie lokomotywy,
- przyciski START do załączenia i STOP do wyłączenia lokomotywy,
- przycisk zmiany świateł: krótkie/długie,
- przycisk do jazdy wybiegiem z opuszczonym odbierakiem prądu,
- stacyjka do wyboru rodzaju sterowania: lokalne z kabiny lub zdalne z pilota radiowego,
- łącznik wyboru rodzaju sterowania lokalnego: praca manewrowa/0/praca transportowa,
- łącznik wyboru rodzaju sterowania zdalnego: holowanie/praca na wywrocie/załadunek,
- łącznik wyboru kierunku jazdy,
- łącznik do podnoszenia i opuszczania odbieraka prądu,
- przyciski serwisowe.

Umieszczony na pulpicie przycisk do „jazdy wybiegiem" umożliwia opuszczenie odbieraka prądu i jazdę lokomotywy nagromadzoną energią kinetyczną. Wciśnięcie przycisku WYBIEG blokuje możliwość zadawania dodatkowego momentu napędowego. „Jazda wybiegiem" umożliwia przejazd lokomotywy przez strefy, w których występuje chwilowy brak sieci trakcyjnej oraz przejazd na rozjazdach, gdzie wymagane jest opuszczenie odbieraka prądu celem przejazdu przez zwrotnicę w wymaganym kierunku.

Nowością jest również możliwość pracy lokomotywy przy obniżonym napięciu zasilania. Praca w tym trybie pozwala na jazdę lokomotywy w miejscach, gdzie napięcie trakcji jest niższe od wymaganego np. w zajezdni lub pod suwnicami. W celu szybkiej lokalizacji nieprawidłowości spowodowanych np: błędnymi ustawieniami łączników, wystąpieniem stanów przed awaryjnych lub awarii, niezbędne informacje są wyświetlane w postaci komunikatów dedykowanych dla użytkownika oraz serwisu. Komunikaty te są wyświetlane na ekranie pulpitu (rys. 7). Komunikaty dla serwisu są możliwe do odczytu po wprowadzeniu kodu dostępu. Nastawy parametrów eksploatacyjnych mogą być korygowane tylko przez serwis lub upoważnione osoby.

Ekran ciekłokrystaliczny umożliwia wyświetlanie:

- komunikatów tekstowych,
- aktualnej prędkości jazdy w m/s,
- aktualnej daty oraz godziny,
- ilości przebytych kilometrów (dobowych oraz całkowitych),
- napięcia sieci trakcyjnej oraz pobieranego przez lokomotywę prądu całkowitego,
- wartości prądu pobieranego przez poszczególne silniki,
- aktualnej temperatury poszczególnych silników oraz przekształtników,
- napięcia na akumulatorze oraz prądu,
- wybranego rodzaju świateł (krótkie /długie),
- ciśnienia sprężonego powietrza w układzie odbieraka prądu, hamulców oraz zbiornika,
- wybranego kierunku jazdy.

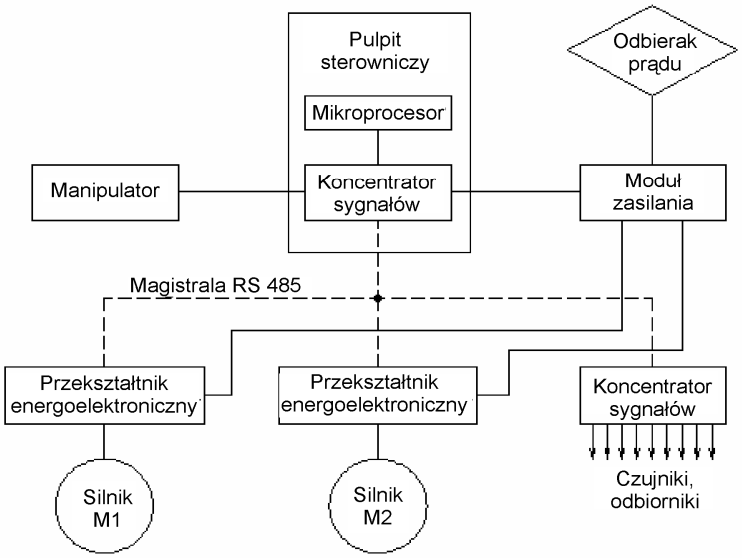
Zastosowanie ekranu ciekłokrystalicznego wysokiej rozdzielczości umożliwia, w bardzo dobry i wygodny sposób, obserwację i analizę aktualnych parametrów ruchowych lokomotywy.

W pulpicie sterowniczym MPS-1 (rys. 8) mikroprocesor zapisuje w nieulotnej pamięci wszystkie parametry pracy, w tym pomiary, wartości zadane oraz stany wewnętrznych zmiennych, poszczególnych podsystemów.

Rys.6. Pulpit na stanowisku badawczym (fot. KOMAG)

Rys.8. Nowoczesny pulpit sterowniczy MPS-1 zabudowany w kabinie lokomotywy (fot. KOMAG)

Rys.7. Widok ekranu pulpitu sterowniczego (fot. KOMAG)



Rys.9. Schemat blokowy sterowania z nowoczesnym pulpitem

Schemat blokowy sterowania z nowym pulpitem przedstawiono na rysunku 9.

Przeprowadzone próby podzespołów na stanowisku badawczym u producenta pulpitu oraz testy na stanowisku badawczym w BOBRME KOMEL dały pozytywne wyniki w aspekcie poprawności transmisji danych pomiędzy sterownikiem pulpitu, a sterownikiem przekształtnika. Zastosowanie nowego pulpitu pozwala na zwiększenie możliwości monitorowania parametrów ruchowych lokomotywy, na znaczne zredukowanie ilości przewodów elektrycznych oraz wyeliminowanie z układu skrzynek rozgałęźnych. Zastosowanie w pulpicie mikroprocesora zapisującego w pamięci wszystkie parametry pracy pozwoli na wgląd w historię pracy lokomotywy.

Po uzyskaniu aneksu do certyfikatu, lokomotywa poddawana jest obserwacjom ruchowym na jednej z kopalń węgla kamiennego.

3. Koncepcja rozwiązania napędu i sterowania dla lokomotyw akumulatorowych

Na głównych drogach transportowych podziemnych wyrobisk górniczych zagrożonych wybuchem metanu i pyłu węglowego do ciągnięcia składów pociągowych stosuje się lokomotywy elektryczne akumulatorowe typu Lea skonstruowane w latach 1970-1985. Lokomotywy służą do transportu ludzi, urobku oraz materiałów związanych ze zbrojeniem ścian, eksploatacją i likwidacją ścian. W eksploatacji znajdują się również małe lokomotywy typu Ldag 05M. Wszystkie wersje lokomotyw napędzane są silnikami prądu stałego w wykonaniu przeciwwybuchowym zasilanym z baterii akumulatorów w wykonaniu specjalnym. Regulacja prędkości w starszych wykonaniach odbywa się za pomocą rezystorów rozruchowych, w nowszych rozwiązaniach za pomocą łącznika tyrystorowego poprzez regulację prądu wzbudzenia silnika. Zmiana kierunku wirowania silnika realizowana jest za pomocą dwóch styczników zmieniających kierunek przepływu prądu w obwodzie wirnika.

Charakterystykę techniczną lokomotyw akumulatorowych przedstawiono w tabeli 2.

Lokomotywa Lea BM-15 po próbach ruchowych nie weszła do produkcji seryjnej, a lokomotywy Lea BM-8 praktycznie zostały wyparte przez lokomotywy Lea BM-12, które to stanowią zdecydowaną większość całego taboru w kopalniach.

Silnik elektryczny za pomocą wałów Cardana i przekładni napędza obie osie lokomotywy. Do napędu stosuje się silnik prądu stałego: typ LDs-245, napięcie zasilania 144V DC.

Parametry silnika przy pracy D30:

- moc 38 kW,
- prędkość 1550 obr/min.

Charakterystyka techniczna lokomotyw akumulatorowych

Tabela 2

Wyszczególnienie	Lokomotywa akumulatorowa			
	Lea-BM8	Lea-BM12	Lea-BM15	Ldag 05M
Masa, t	8	12	15	5
Szerokość toru, mm	550÷750	600÷950	600÷950	600÷950
Siła pociągowa godzinowa, kN	11,2	16,8	16,8	5,3
Prędkość godzinowa, km/h	7	8	8	7,2
Prędkość maksymalna, km/h	14	16	16	14,4
Moc godzinowa silników, kW	24	38	25 (50)	11
Liczba silników	1	1	2	2
Napięcie baterii, V	110	144	240	84
Pojemność akumulatorów, Ah	570	760	2x330	420
Stopień ochrony	IP 54	IP 54	IP 54	IP 54
Bateria akumulatorów (marka oraz typ ogniw)	HAWKER SBS-4W 8PzS-840			HAWKER SBS-5W 6PzB-780
Gabaryty, mm	2325 x 840 x 590			1870 x 835 x 750
Masa (z załadowanymi ogniwami), t	5,5			2,1
Pojemność, Ah	840			480
Cecha budowy przeciwwybuchowej	IM2 EExeI , II2GD EExeII			

3.1. Budowa lokomotywy

Szkielet lokomotywy składa się z trzech zasadniczych części, tj. z części środkowej oraz kabiny przedniej i tylnej. Na górze części środkowej usytuowane są trzy belki z rolkami, po których przesuwana jest bateria akumulatorów w czasie jej wymiany oraz zaczepy służące do mocowania baterii. We wnętrzu środkowej części szkieletu znajduje się jeden silnik elektryczny oraz pozostałe zespoły lokomotywy jak: hamulec, piasecznica, zestawy kołowe, resory itp.

Pod siedzeniem w jednej kabinie znajduje się skrzynia aparatowa TUSO21 mocowana do podłogi kabiny, w której znajduje się przekształtnik tyrystorowy, układ sterowania ze sterownikiem oraz układ ochronny i pomiarowy.

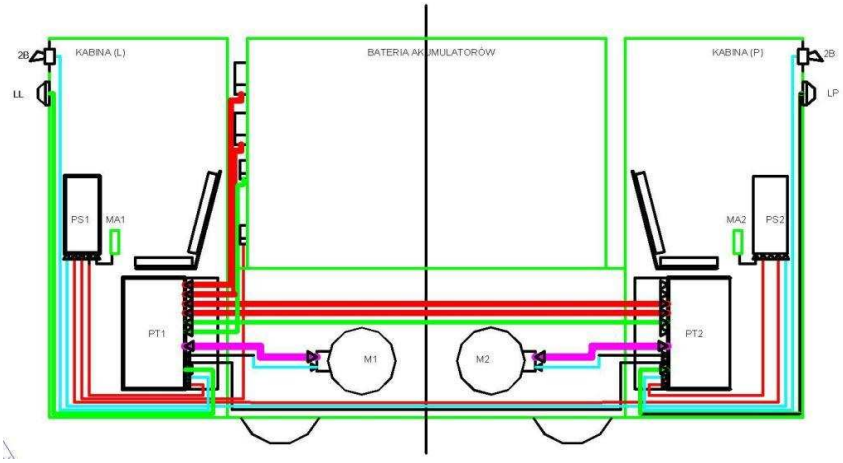
W drugiej kabinie w analogicznym miejscu znajduje się skrzynia aparatowa TUSO22 mocowana do podłogi, w której znajdują się: styczniki; do realizacji nawrotu silnika, rozruchu i obwodu wzbudzenia oraz elementy dodatkowe obwodu wzbudzenia.

W każdej kabinie znajduje się:

- nastawnik z dwoma dźwigniami nawrotu oraz rozruchu i hamowania wraz z rezystorami do nastawiania maksymalnego i minimalnego prądu wirnika,
- czuwak usytuowany pod nastawnikiem,
- zestaw wskaźników,
- przycisk dzwonka,
- przyciski oświetlenia.

Rys.10. Lokomotywa akumulatorowa Lea BM-12 (fot. KOMAG)

Rys.11. Widok kabiny lokomotywy Lea BM-12 (fot. KOMAG)



Rys.12. Koncepcja napędu i sterowania lokomotywy Lea BM-12

Układ sterowania impulsowego lokomotywy akumulatorowej pozwala przeprowadzić, z obu kabin (niejednocześnie), następujące procesy:

- rozruch lokomotywy do przodu lub do tyłu z jednoczesną regulacją prądu wirnika,
- hamowanie lokomotywy z odzyskiem energii do baterii przy jeździe do przodu lub do tyłu z jednoczesną regulacją prądu wirnika,
- załączenie dwóch stopni osłabienia wzbudzenia przy rozruchu 80% i 50%,
- załączenie hamowania przy puszczeniu przez maszynistę czuwaka, gdy poprzednio odbywała się jazda, a zachowanie hamowania przy poprzednim hamowaniu,
- wyłączenie układu w przypadku niesprawności układu impulsowego i przekroczenie w wirniku prądu 400 A.

Przed przystąpieniem do prac nad nowym rozwiązaniem napędu i sterowania lokomotywy akumulatorowej, przeprowadzono analizę stosowanych napędów w dotychczasowych rozwiązaniach krajowych i zagranicznych oraz przeprowadzono konsultacje z użytkownikami w zakresie:

- poziomu napięcia zasilania,
- czasu pracy bez wymiany baterii,
- monitoringu i rejestracji parametrów pracy,
- przewożonych mas,
- systemu ładowania baterii,
- charakteru pracy,
- cyklu pracy,
- sposobu załadunku i wyładunku,
- maksymalnych prędkości,
- konfiguracji tras transportowych.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że napięcie zasilania baterii akumulatorów należy pozostawić na dotychczasowym poziomie, z uwagi na obecną infrastrukturę ładowni i znajdujących się na ich wyposażeniu ładowarek. W zakresie czasu pracy baterii oczekiwania idą w kierunku wydłużenia czasu pracy. Jest to możliwe poprzez zwiększenie pojemności baterii akumulatorów lub poprzez zwiększenie sprawności układu zasilania przekształtnik-silnik oraz maksymalne wykorzystanie energii hamowania elektrycznego do doładowania akumulatorów. Pozostałe informacje są wiedzą źródłową do prawidłowego rozwiązania układu sterowania, rejestracji parametrów i monitoringu.

Z rozważań nad układem przeniesienia napędu wynika, że dotychczasowy układ napędowy, w postaci jednego silnika i przeniesienia napędu na dwie osie za pomocą wałów Kardana, jest awaryjny oraz mało funkcjonalny. Każdorazowa awaria układu napędowego powoduje unieruchomienie lokomotywy. W dotychczasowych wykonaniach brak jest monitoringu i rejestracji wszystkich istotnych parametrów pracy lokomotywy.

3.2. Koncepcja napędu

Biorąc pod uwagę powyższe zaproponowano układ napędowy wyposażony w dwie jednostki napędowe, składające się z silnika i przekształtnika energoelektronicznego, w wykonaniu przeciwwybuchowym. Rozważane są trzy warianty jednostek napędowych:

- z silnikiem szeregowym prądu stałego, sterowany tranzystorami mocy,
- z silnikiem indukcyjnym prądu przemiennego, sterowany wektorowo z przekształtnika tranzystorowego,
- z bezszczotkowym silnikiem z magnesami trwałymi, sterowany wektorowo z przekształtnika tranzystorowego.

Decyzja o wyborze optymalnego układu napędowego zapadnie po badaniach na stanowisku badawczym, odwzorowującym wybrany cykl pracy z jednej z kopalń.

Obie jednostki napędowe będą zasilane z baterii akumulatorów o podwyższonej pojemności i napięciu 144 V. Bateria akumulatorów będzie spełniać wymagania dla urządzeń pracujących w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem metanu i pyłu węglowego oraz będzie dostosowana do istniejącej infrastruktury ładowni akumulatorów w zakresie montażu i demontażu z lokomotywy i podłączenia przewodów z obecnie stosowanych ładowarek.

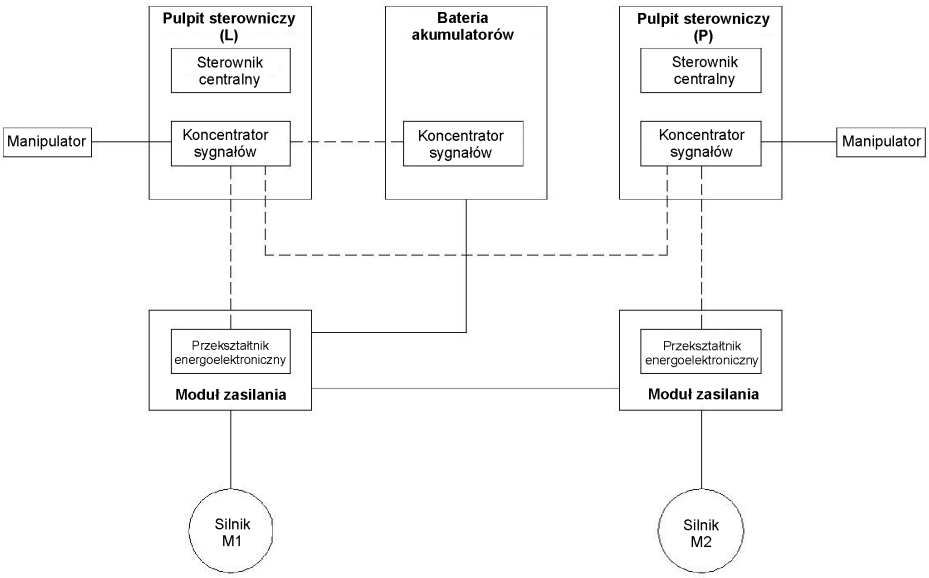
3.3. Koncepcja układu sterowania

Koncepcję rozwiązania systemu sterowania (rys. 12), oparto na opracowaniu dwóch identycznych, iskrobezpiecznych pulpitów PS1i PS2, umieszczonych w kabinach, obsługiwanych po usprawnieniu jednego z nich przez maszynistę. Pulpit wyposażony będzie w mikroprocesorowy sterownik spełniający funkcję sterownika centralnego oraz w:

- wyświetlacz (ekran) ciekłokrystaliczny o wysokiej rozdzielczości,
- przycisk wyłączenia awaryjnego z blokadą,
- diodę sygnalizującą obecność napięcia 144 V,
- diodę sygnalizującą załączenie lokomotywy,
- przyciski START do załączenia i STOP do wyłączenia lokomotywy,
- przycisk zmiany świateł: krótkie/długie,
- stacyjkę do wyboru rodzaju sterowania,
- łącznik wyboru rodzaju sterowania zdalnego: holowanie/praca na wywrocie/załadunek,
- łącznik wyboru kierunku jazdy,
- przyciski serwisowe.

Ekran ciekłokrystaliczny umożliwiać będzie wyświetlanie:

- komunikatów tekstowych,
- aktualnej prędkości jazdy w m/s,
- aktualnej daty oraz godziny,



Rys.13. Schemat blokowy sterowania lokomotywy akumulatorowej

- ilości przebytych kilometrów (dobowych oraz całkowitych),
- napięcie baterii oraz pobieranego przez lokomotywę prądu całkowitego,
- wartości prądu pobieranego przez poszczególne silniki,
- aktualnej temperatury poszczególnych silników oraz przekształtników,
- stan naładowania akumulatora,
- wybrany rodzaju świateł (krótkie /długie),
- ciśnienia w układzie hamulców,
- wybranego kierunku jazdy.

Do sterowania prędkością oraz hamowaniem silnikami M1i M2 przewiduje się zastosowanie, w każdej kabinie, manipulatora z funkcją „czuwaka" i z możliwością nadawania sygnałów ostrzegawczych.

Całą aparaturę sterowniczą, wraz z zabezpieczeniami oraz przekształtnikiem energoelektronicznym, przewiduje się umieścić w specjalnej ognioszczelnej skrzyni, za fotelem maszynisty, w każdej z kabin.

Sterownik centralny pulpitu będzie się komunikować ze sterownikami lokalnymi przekształtników, baterii akumulatorów oraz koncentratorami sygnałów obsługującym czujniki zabudowane na lokomotywie i będzie sterować wszystkimi funkcjami lokomotywy. Schemat blokowy układu sterowania lokomotywy akumulatorowej przedstawiono na rysunku 13.

4. Podsumowanie

Rozwój energoelektroniki oraz układów mikroprocesorowych pozwala na modernizację ważnej dziedziny transportu dołowego, w tym lokomotyw elektrycznych. Dotychczasowe rozwiązania układów napędowych wykorzystujące do napędu silniki szeregowe prądu stałego są nieefektywne i awaryjne. Sprawność silników prądu stałego jest gorsza od silników prądu przemiennego, a konieczność stosowania komutatora mechanicznego, zwiększa koszty wykonania oraz wymaga dodatkowej obsługi związanej z wymianą szczotek.

Dodatkowo układ mechanicznego komutatora jest bardzo wrażliwy na przeciążenia i zanieczyszczenia pyłem, które są przyczynami awarii. To powoduje, że brak jest producentów silników prądu stałego w wykonaniu przeciwwybuchowym. Proponowane powyżej rozwiązania prowadzą do wydatnej poprawy istniejącego stanu.

Literatura

1. Budzyński Z., Deja P., Kaczmarczyk K., Suffner H., Pawlicki D.: Kopalniana lokomotywa trakcyjna napędzana nowoczesnymi silnikami z magnesami trwałymi. Materiały na konferencję: KOMTECH 2007 „Innowacyjne i bezpieczne maszyny i urządzenia dla górnictwa węgla kamiennego", Szczyrk 2007, Wydawnictwo CMG KOMAG.
2. Budzyński Z., Deja P.: Nowe rozwiązanie sterowania lokomotywy trakcyjnej Ld-31EM. Materiały na konferencję: KOMTECH 2008 „Nowoczesne, niezawodne i bezpieczne systemy mechanizacyjne dla górnictwa", Szczyrk 2008, Wydawnictwo CMG KOMAG.
3. Gierlotka S.: Rozwój napędu trakcji elektrycznej w kopalniach. Przegląd Górniczy, 2005.
4. Hefczyc M., Daniłow J.: Lokomotywy kopalniane ognioszczelne akumulatorowe. Nowe rozwiązania układów sterowania napędem, Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 10 (292) październik 1994.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Aleksander Lutyński

Dr inż. Andrzej FIGIEL
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Ocena zgodności maszyn jako element zapewnienia bezpieczeństwa ich eksploatacji

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

W artykule omówiono zasady i procedury oceny zgodności maszyn z wymaganiami zasadniczymi dyrektywy 2006/42/WE, ze szczególnym uwzględnieniem takich zagadnień, jak: dokumentacja techniczna obejmująca projektowanie i wytwarzanie maszyny w zakresie koniecznym do jej oceny, ocena ryzyka, bezpieczeństwo funkcjonalne układów sterowania, rodzaje możliwych do zastosowania procedur oceny zgodności. Zaprezentowano również zakres działalności Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej, jako jednostki notyfikowanej do realizacji zadań wynikających z dyrektywy maszynowej.

S u m m a r y

Principles and procedures on assessment of machines conformity to requirements of 2006/42/EC Directive with a special attention to such problems like: technical documentation of designing and manufacture of the machine in such a range to enable its assessment; risk assessment; functional safety of control systems, types of possible procedures used for conformity assessment, were discussed in the paper. Range of activity of Division of Attestation Tests, Certifying Body, as the notified body for realization of certification tasks resulting from Machinery Directive, were presented.

1. Wprowadzenie

Przeprowadzenie oceny zgodności wyrobów z wymaganiami dyrektyw jest podstawowym obowiązkiem producenta. Ocena zgodności dotyczy fazy projektowania i wytwarzania i musi być przeprowadzona zgodnie z ustalonymi procedurami. W artykule zaprezentowano wybrane zagadnienia dotyczące oceny zgodności maszyn z zasadniczymi wymaganiami, obowiązującej w Polsce od 29.12.2009 r., dyrektywy 2006/42/WE oraz działalność Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej, wynikającą z tej dyrektywy.

Producent przed wprowadzeniem wyrobu do obrotu, zgodnie z wymaganiami ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności [2], powinien upewnić się, czy wyrób ten spełnia zasadnicze wymagania określone w rozporządzeniach (dyrektywach). Wymagania zasadnicze oraz procedury oceny zgodności dotyczące maszyn zawiera rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. (Dz.U. Nr 199, poz. 1228) [1], wprowadzające do prawa krajowego przepisy dyrektywy maszynowej 2006/42/WE. W porównaniu z dyrektywą 98/37/WE, dyrektywa 2006/42/WE wprowadza szereg zmian, z których najważniejsze to:

- wprowadzenie pojęcia „maszyna nieukończona" oraz określenie dla wyrobów zaliczonych do tej grupy, zasad i trybu wprowadzania do obrotu,
- zdefiniowanie składu i zawartości dokumentacji technicznej, sporządzenie której ma na celu udokumentowanie zgodności maszyny z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy,
- określenie wymagań dla dokumentacji oceny ryzyka, wchodzącej w skład dokumentacji technicznej,
- rozszerzenie wymagań dotyczących instrukcji przekazywanych wraz z maszyną użytkownikowi,
- wprowadzenie procedury oceny zgodności - „pełne zapewnienie jakości", mającej zastosowanie wobec wyrobów wymienionych w dyrektywie (Załączniku nr 5 do rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. - Dz.U. Nr 199, poz. 1228 [1]), w której uczestniczą jednostki notyfikowane,
- zdefiniowanie pojęcia „element bezpieczeństwa" oraz określenie orientacyjnego wykazu elementów bezpieczeństwa (Załącznik nr 1 do rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. - Dz.U. Nr 199, poz. 1228 [1]), ułatwiającego producentom stwierdzenie, czy wytwarzany przez nich wyrób można zaliczyć do tej kategorii wyrobów, i w związku z tym, czy podlega dyrektywie maszynowej.

Podstawowe obowiązki producenta, związane z wprowadzaniem maszyn do obrotu, nie uległy zmianie i obejmują:

- zapewnienie, że maszyna spełnia odpowiednie zasadnicze wymagania w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa,
- zapewnienie, że dostępna jest dokumentacja techniczna wykazująca, że maszyna spełnia wymagania zasadnicze,
- opracowanie niezbędnych informacji, od których zależy bezpieczeństwo użytkowania maszyny, w szczególności instrukcji obsługi,
- przeprowadzenie właściwych procedur oceny zgodności,
- sporządzenie deklaracji zgodności oraz zapewnienie, że zostanie dostarczona wraz z maszyną,
- umieszczenie oznakowania CE na maszynie.

2. Dokumentacja techniczna

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. (Dz.U. Nr 199, poz. 1228 [1]) kładzie duży nacisk na konieczność opracowania dokumentacji technicznej, obejmującej projektowanie, wytwarzanie i działanie maszyny w zakresie koniecznym do jej oceny. Dokumentacja techniczna powinna wykazać, że maszyna spełnia zasadnicze wymagania wymienione w rozporządzeniu, przede wszystkim z powodu tego, że jest przedmiotem szczegółowych analiz, dokonywanych przez właściwy organ nadzoru rynku, gdy dochodzi do wypadku z udziałem maszyny. Skład oraz szczegółowe wymagania dla poszczególnych części składowych dokumentacji technicznej określa Załącznik nr 2 do rozporządzenia [1].

Dokumentacja techniczna powinna obejmować:

- środki, jakie zostaną podjęte przez producenta w celu zapewnienia zgodności maszyny z przepisami rozporządzenia,
- dokumentację konstrukcyjną, zawierającą:
  - ogólny opis maszyny,
  - rysunek zestawieniowy maszyny i schematy obwodów sterowania, jak również istotne opisy i objaśnienia niezbędne do zrozumienia działania maszyny,
  - rysunki szczegółowe, wraz z dołączonymi obliczeniami, wynikami badań, certyfikatami itp., niezbędne do sprawdzenia zgodności maszyny z zasadniczymi wymaganiami w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa,
  - dokumentację oceny ryzyka, przedstawiającą zastosowaną procedurę, zawierającą: wykaz zasadniczych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa, które mają zastosowanie do maszyny, opis środków wdrożonych w celu wyeliminowania zidentyfikowanych zagrożeń lub zmniejszenia ryzyka oraz wskazanie ryzyka resztkowego związanego z maszyną,
  - zastosowane normy i inne specyfikacje techniczne, wskazujące zasadnicze wymagania w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa objęte tymi normami,
  - kopię instrukcji maszyny,
  - wszelkie sprawozdania techniczne, podające wyniki badań przeprowadzonych przez producenta albo przez jednostkę wybraną przez producenta lub jego upoważnionego przedstawiciela,
  - deklarację włączenia wmontowanej maszyny nieukończonej i odpowiednią instrukcję montażu takiej maszyny,
  - kopię deklaracji zgodności WE maszyn lub innych wyrobów włączonych do maszyny,
  - kopię deklaracji zgodności WE.

Zawartość deklaracji zgodności WE powinna być sporządzona zgodnie z wymaganiami Załącznika nr 3 do rozporządzenia [1]. Kolejnym, bardzo ważnym, dla użytkownika maszyny, składnikiem dokumentacji technicznej jest instrukcja, ponieważ od przestrzegania zawartych w niej zaleceń zależy bezpieczeństwo stosowania maszyny. Nowym wymaganiem jest to, aby na instrukcji był umieszczony napis informujący, czy mamy do czynienia z instrukcją oryginalną, sporządzoną przez producenta lub jego upoważnionego przedstawiciela w jednym z oficjalnych języków Unii Europejskiej, czy z jej tłumaczeniem. Wymóg ten skutkuje koniecznością starannego tłumaczenia tekstu tak, aby treść instrukcji przetłumaczonej w pełni odpowiadała tekstowi oryginalnemu.

Znaczenie dokumentacji technicznej zostało dodatkowo wzmocnione poprzez konieczność umieszczania w deklaracji zgodności WE nazwiska i adresu osoby mającej zamieszkanie na terytorium Unii Europejskiej, upoważnionej do jej przygotowania.

3. Ocena ryzyka

Jednym ze składników dokumentacji technicznej jest dokumentacja oceny ryzyka. Dokumentacja ta jest dowodem przeprowadzenia procesu oceny ryzyka, którego etapami są:

- określenie ograniczeń dotyczących maszyny (zastosowanie zgodne z przeznaczeniem i wszelkie, możliwe do przewidzenia niewłaściwe użycie),
- zidentyfikowanie zagrożeń, jakie może stwarzać maszyna i związanych z tym sytuacji niebezpiecznych,
- oszacowanie ryzyka, biorąc pod uwagę ciężkość możliwych urazów lub uszczerbku na zdrowiu i prawdopodobieństwo ich wystąpienia,
- ocena ryzyka, w celu ustalenia jakie środki redukcji ryzyka zastosować.

W wyniku analizy ryzyka przeprowadzonej z wykorzystaniem norm, przede wszystkim PN-EN ISO 14121-1:2008 [3], PN-EN ISO 12100-1:2005 [4], PN-EN ISO 12100-2:2005 [5], identyfikuje się wszystkie zagrożenia i sytuacje niebezpieczne jakie stwarza maszyna, a następnie, na podstawie wyników oceny ryzyka, wprowadza środki redukujące ryzyko do akceptowalnego poziomu, przy zachowaniu następującej hierarchii działań:

- zmiana konstrukcji maszyny, tak, aby była bezpieczna sama w sobie,
- zastosowanie środków ochronnych,
- w przypadku, gdy zastosowane środki ochronne nie ograniczają ryzyka w stopniu wystarczającym, poinformowanie użytkowników o ryzyku resztkowym, w tym o konieczności przeszkolenia operatora(-ów) maszyny.

W procesie oceny ryzyka należy uwzględnić wszystkie zagrożenia, w tym takie które wcześniej nie występowały lub ich wpływ na bezpieczeństwo był po-

mijany, a które wynikają z rozwoju techniki. Przykładem mogą być układy sterowania (elektryczne, elektroniczne lub elektroniczne programowalne) nadzorujące pracę maszyny, które nie dopuszczają do przekroczenia dopuszczalnych parametrów. Podjęcie decyzji o ograniczeniu ryzyka za pomocą układu sterowania skutkuje koniecznością uwzględnienia zagrożenia związanego z jego ewentualnym, wadliwym działaniem. Takie podejście wynika z dyrektywy maszynowej, zgodnie z którą układy sterowania należy projektować i wykonać tak, aby:

- zapewniały bezpieczeństwo oraz zapobiegały sytuacji zagrożenia,
- defekty sprzętu komputerowego i oprogramowania układu sterowania nie prowadziły do powstawania sytuacji niebezpiecznych,
- były odporne na obciążenia wynikające z zamierzonego zastosowania oraz na wpływ czynników zewnętrznych,
- błędy w układach logicznych nie doprowadziły do sytuacji niebezpiecznych,
- możliwe do przewidzenia błędy ludzkie nie doprowadziły do powstania sytuacji niebezpiecznych.

Uwzględnienie wyżej wymienionych czynników podczas projektowania układów sterowania powoduje, że założone funkcje są realizowane nawet w warunkach uszkodzenia, w przewidywalny sposób i z określoną niezawodnością przez cały cykl życia maszyny. Również norma PN-EN 60204-1:2006 [6] wymaga, aby w sytuacji, gdy uszkodzenia lub zakłócenia w pracy wyposażenia elektrycznego mogą spowodować sytuację zagrożenia, uszkodzenie maszyny lub produkcji w toku, podjąć odpowiednie środki minimalizujące prawdopodobieństwo wystąpienia takich uszkodzeń lub zakłóceń. Podjęte środki i ich zakres zależą od poziomu ryzyka związanego z określoną funkcją sterowniczą. Wymagany poziom bezpieczeństwa funkcji sterowniczych określa się na podstawie analizy ryzyka, zgodnie z wymaganiami norm:

- PN-EN ISO 13849-1:2008 [7] oraz PN-EN ISO 13849-2:2008 [8], w której miarą niezawodności funkcji jest poziom bezpieczeństwa PL (performance level) lub
- PN-EN 62061:2008 [9], w której miarą niezawodności funkcji jest poziom nienaruszalności bezpieczeństwa SIL (safety integrity level).

Należy pamiętać, że przytoczone normy dotyczą funkcji bezpieczeństwa realizowanych przez układ sterowania. Nie zawierają wymagań dotyczących innych środków, które można zastosować, aby wyeliminować dane zagrożenie. W związku z tym, w pierwszej kolejności dla danej maszyny należy zidentyfikować funkcje bezpieczeństwa realizowane przez układ sterowania, i tylko dla tych funkcji należy stosować metodykę wyznaczania i potwierdzania wymaganego poziomu bezpieczeństwa (PL) lub nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL).

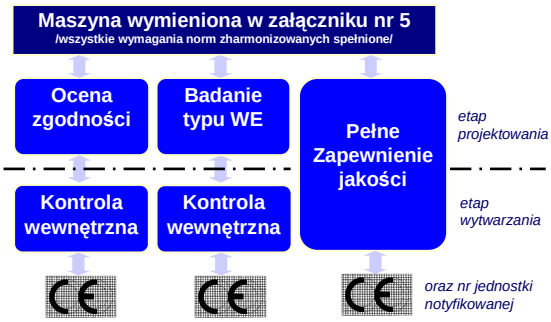
4. Procedury oceny zgodności

W celu poświadczenia zgodności maszyny z wymaganiami dyrektywy maszynowej producent powinien zastosować właściwe procedury oceny obejmujące fazę projektowania oraz wytwarzania. Rodzaj możliwych do wykorzystania w konkretnym przypadku procedur zależy od tego, czy podczas projektowania i wytwarzania danej maszyny uwzględniono wszystkie wymaganiami norm zharmonizowanych jej dotyczących, oraz od tego, czy można ją zaliczyć do jednej z kategorii maszyn wymienionych w dyrektywie (Załączniku nr 5 do rozporządzenia [1]).

W odniesieniu do wyrobów, których stosowanie wiąże się z największym ryzykiem utraty zdrowia lub życia mają zastosowanie procedury oceny zgodności z udziałem jednostki notyfikowanej. Są to procedury: *badanie typu WE* oraz *pełne zapewnienia jakości*.

Producent maszyny wymienionej w dyrektywie (Załączniku nr 5 do rozporządzenia [1]), wyprodukowanej zgodnie z normami zharmonizowanymi, obejmującymi wszystkie zasadnicze wymagania w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia może zastosować jedną z następujących procedur (rys. 1):

- ocena zgodności połączona z kontrolą wewnętrzną,
- badanie typu WE wraz z kontrolą wewnętrzną,
- pełne zapewnienie jakości.



Rys.1. Procedury oceny zgodności maszyn wymienionych w Załączniku nr 5 rozporządzenia [1]

W przypadku, gdy maszynę można zaliczyć do jednej z kategorii wymienionych w Załączniku nr 5 do rozporządzenia [1] i nie została wyprodukowana zgodnie z wszystkimi wymaganiami norm zharmonizowanych, lub normy zharmonizowane nie obejmują wszystkich istotnych zasadniczych wymagań w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, ewentualnie nie istnieją normy zharmonizowane dla danej kategorii maszyn, producent nie możne potwierdzać jej zgodności poprzez samodzielne przeprowadzenie procedury oceny zgodności połączonej z kontrolą wewnętrzną. Taką procedurę może zastosować wobec wszystkich maszyn kategorii nie wymienionych w Załączniku nr 5 do rozporządzenia [1].

5. Ocena zgodności prowadzona przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Jedną z jednostek notyfikowanych m.in. w zakresie dyrektywy 2006/42/WE jest KOMAG Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca, posiadający uprawnienia do wydawania certyfikatów badania typu WE dla maszyn do robót podziemnych: obudów zmechanizowanych, lokomotyw oraz wózków hamulcowych. Ponadto, jako akredytowana jednostka certyfikująca wyroby, na podstawie akredytacji udzielonej przez Polskie Centrum Akredytacji (certyfikat akredytacji nr AC023), prowadzi certyfikację maszyn i urządzeń, głównie przeznaczonych do stosowania w zakładach górniczych.

Procedura certyfikacji wyrobów obejmuje weryfikację dokumentacji technicznej oraz cech konstrukcyjnych wyrobów poprzez wykonanie odpowiednich badań w akredytowanych laboratoriach. W procesie certyfikacji wykorzystuje się kryteria techniczne zaczerpnięte z norm, w przeważającej większości przypadków, zharmonizowanych z dyrektywami obowiązującymi w Unii Europejskiej.

Certyfikat zgodności wydany przez KOMAG Zakład Badań Atestacyjnych Jednostkę Certyfikującą upewnia producenta, że dopełnił wszystkich swoich obowiązków oraz użytkowników, że dostarczany wyrób spełnia wszystkie zasadnicze wymagania a przekazana wraz z wyrobem instrukcja jest wyczerpująca i odnosi się do zidentyfikowanego ryzyka resztkowego. Oprócz certyfikacji wyrobów w ramach krajowego systemu oceny zgodności nadzorowanego przez Polskie Centrum Akredytacji, producent może uzyskać dla swojego wyrobu dobrowolny certyfikat na zastrzeżony znak towarowy „B", potwierdzający, że wyrób ten nie stwarza zagrożenia dla życia, zdrowia, mienia i środowiska naturalnego. W procesie certyfikacji na zastrzeżony znak towarowy „B" wykorzystuje się kryteria techniczne zaczerpnięte z krajowych norm branżowych oraz kryteria techniczne ustalone z producentem i użytkownikiem.

Producenci lub projektanci mogą również uzyskać wsparcie KOMAG-u w zakresie prowadzenia i dokumentowania analizy i wyników oceny ryzyka maszyn i urządzeń, jak również systemów technologicznych.

Ważnym wsparciem dla projektantów układów sterowania związanych z bezpieczeństwem oraz ich podzespołów jest oferowana pomoc przy określaniu funkcji bezpieczeństwa maszyn lub systemów, jak również weryfikowanie wymaganego i osiągniętego środkami technicznymi, poziomu bezpieczeństwa z wykorzystaniem normy PN-EN ISO 13849-1:2008 [7], PN-EN ISO 13849-2:2008 [8] oraz PN-EN 62061:2008 [9] (np. w odniesieniu do systemów sterowania zbudowanych w oparciu o sterowniki programowalne).

6. Wnioski

Przeprowadzenie oceny zgodności wyrobów z wymaganiami dyrektyw jest procesem decydującym o bezpieczeństwie użytkowania wyrobów. Z tego powodu wymagane przez dyrektywy procedury oceny zgodności należy przeprowadzać z należytą starannością, posługując się kryteriami technicznymi z najnowszych wydań norm zharmonizowanych, odpowiadających aktualnemu poziomowi wiedzy technicznej.

Projektując układy sterowania maszyn realizujące funkcje związane z bezpieczeństwem należy uwzględnić wymagania niezawodnościowe, postępując zgodnie z zasadami zawartymi w normach PN-EN ISO 13849-1:2008 [7], PN-EN ISO 13849-2:2008 [8] lub PN-EN 62061:2008 [9]. Wymóg ten do tej pory nie jest w pełni realizowany z powodu m.in. braku przetłumaczonych na język polski norm serii PN-EN 13849, braku danych niezawodnościowych podzespołów oraz ograniczonego dostępu do certyfikowanych elementów logicznych przeznaczonych do realizacji funkcji bezpieczeństwa.

Tylko osoby posiadające odpowiednie kwalifikacje i wiedzę techniczną w zakresie ocenianego wyrobu są w stanie rzetelnie i obiektywnie stwierdzić, czy konstrukcja wyrobu, zastosowane środki ochronne oraz informacje przekazywane użytkownikom zapewniają zgodność z wymaganiami dyrektyw oraz gwarantują przekazanie użytkownikowi wyrobu, którego stosowanie nie wiąże się z ryzykiem na nieakceptowanym poziomie.

Biorąc pod uwagę powyższe przesłanki, korzystanie z oferty Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej w zakresie certyfikacji maszyn oraz prowadzenia analiz i oceny ryzyka maszyn oraz systemów sterowania jest jak najbardziej celowe, co zresztą potwierdza liczba wydawanych przez tą jednostkę certyfikatów, ekspertyz i opinii.

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz.U. nr 199, poz.1228).
2. Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz.U. nr 166 poz. 1360 wraz z późniejszymi zmianami).
3. PN-EN ISO 14121-1:2008 Bezpieczeństwo maszyn. Ocena ryzyka. Część 1: Zasady (oryg.).

4. PN-EN ISO 12100-1:2005 Bezpieczeństwo maszyn. Pojęcia podstawowe, ogólne zasady projektowania. Część 1: Podstawowa terminologia, metodyka.
5. PN-EN ISO 12100-2:2005 Bezpieczeństwo maszyn. Pojęcia podstawowe, ogólne zasady projektowania. Część 2: Zasady techniczne.
6. PN-EN 60204-1:2006 Bezpieczeństwo maszyn. Wyposażenie elektryczne maszyn. Część 1: Wymagania ogólne.
7. PN-EN ISO 13849-1:2008 Bezpieczeństwo maszyn. Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem. Część 1: Ogólne zasady projektowania (oryg.).
8. PN-EN ISO 13849-2:2008 Bezpieczeństwo maszyn. Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem. Część 2: Walidacja (oryg.).
9. PN-EN 62061:2008 Bezpieczeństwo maszyn – Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych, elektronicznych i elektronicznych programowalnych systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Teodor Winkler

Mgr inż. Romana ZAJĄC
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Zintegrowany system zarządzania Instytutu Techniki Górniczej KOMAG

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

Najbardziej popularnym systemem zarządzania zarówno w Polsce, jak i w Europie jest system zarządzania jakością (SZJ) bazujący na międzynarodowej normie ISO 9001. Ideą tego systemu jest stałe doskonalenie zachodzących w organizacji procesów oraz stałe dążenie do zaspokajania wymagań klientów. Niniejszy artykuł ma na celu zaprezentowanie zintegrowanego systemu zarządzania Instytutu Techniki Górniczej KOMAG, jako skutecznego i efektywnego narzędzia warunkującego osiągnięcie przewagi konkurencyjnej. W artykule opisano najistotniejsze czynniki wpływające na doskonalenie systemu, takie jak audity, działania korygujące i zapobiegawcze, przeglądy kierownictwa, opinie klientów.

S u m m a r y

Quality management system based on the international ISO 9001 Standard is the most popular management system both in Poland and in Europe. Permanent improvement of processes, which take place in an organization, and permanent aiming at meeting the requirements of customers are the idea of the system. The paper aims at presentation of integrated management system of the KOMAG Institute of Mining Technology as efficient and effective tool for being competitive. Most important factors, which have impact on improvement of the system, such as audits, correction and prevention measures, inspections and opinions of customers, were described in the paper.

1. Wprowadzenie

Zmieniające się potrzeby i nasilająca się rywalizacja przedsiębiorstw powodują, z jednej strony presję związaną z osiągnięciem dodatniego wyniku finansowego, z drugiej strony potrzebę dostarczania odbiorcom towarów/usług wysokiej jakości, co w konsekwencji wpływa na konieczność poszukiwania skutecznych metod wspomagających zarządzanie przedsiębiorstwami.

Jedną z najlepszych i sprawdzonych metod cieszącą się popularnością nieprzerwanie od prawie dwudziestu lat jest zarządzanie poprzez jakość, wykorzystująca wymagania zawarte w normie ISO 9001. Podstawową przyczyną tak dużej popularności tego systemu są korzyści, jakie osiąga się w wyniku jego stosowania, przy założeniu, że system ISO 9001 jest poprawnie wdrożony i stale doskonalony [1, 7].

Podstawowa działalność Instytutu Techniki Górniczej KOMAG podobnie jak większości polskich jednostek badawczo-rozwojowych skupia się przede wszystkim na pracach studialnych, naukowo-badawczych i badawczo-rozwojowych oraz na tworzeniu innowacyjnych rozwiązań dla gospodarki i świadczeniu standardowych usług na rzecz konkretnych klientów, czyli szeroko rozumianego przemysłu. Istotnym zatem celem Instytutu było wypracowanie mechanizmów, które gwarantowałyby powtarzalność procesów oraz upewniły klientów o wysokiej jakości oferowanych usług.

Analizując systemy zarządzania w nowoczesnych organizacjach europejskich stwierdzono, że *„jakość”* jest niezwykle istotnym czynnikiem zarządzania dotyczący wszystkich obszarów jednostki. Dodatkowo cecha ta może być identyfikowana z usługą, poziomem pracy, kompetencjami osób realizujących zadania oraz szeroko pojętą obsługą klienta [13, 14].

W 1995 roku Laboratorium Badań KOMAG, chcąc potwierdzić kompetencje, niezależność i bezstronność na rynku wdrożyło system jakości zgodny z PN-EN 45001:1993, a Polskie Centrum Badań i Certyfikacji udzieliło akredytacji na określony zakres obejmujący badania: obudów, elementów hydrauliki oraz materiałów.

W tym samym roku Zakład Badań Atestacyjnych 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 KOMAG-u przez Ministerstwo Gospodarki i Pracy, a w konsekwencji notyfikacji przez Komisję Europejską [4, 10].

Uzyskanie obu certyfikatów akredytacji zachęciło KOMAG do kompleksowego podejścia do zagadnienia jakości, w wyniku czego podjęto decyzję o wprowadzeniu w całej jednostce nowoczesnych metod zarządzania.

W roku 1998 w Instytucie rozpoczęto prace nad systemem zarządzania jakością 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 [13, 14]

Efektem końcowym tych działań była ocena przeprowadzona w 1999 roku przez niezależną jednostkę – Polskie Centrum Badań i Certyfikacji oraz europejską organizację IQnet i wydanie certyfikatu systemu zarządzania jakością.

W latach następnych, równolegle do stale rozszerzanej oferty usług badawczych kolejne laboratoria: Laboratorium Badań Stosowanych oraz Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska potwierdziły swoje kompetencje poprzez uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji.

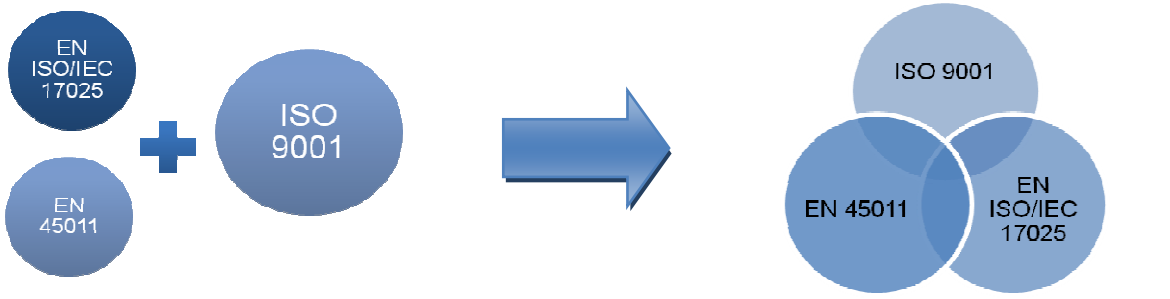
2. Zintegrowany system zarządzania Instytutu Techniki Górniczej KOMAG

Prace nad trzema systemami jakości KOMAG-u, dowiodły, że ukierunkowanie na przyszłość, wymaga stałego kreatywnego myślenia, dużej wyobraźni, intuicji i chęci ciągłych zmian.

przedsiębiorstwa zintegrowanych systemów zarządzania. Firmy łączyły najczęściej trzy obszary zarządzania, tj. zarządzania jakością, środowiskiem i bezpieczeństwem pracy w jeden zintegrowany system [3].

Integracja wspomnianych systemów jest tym bardziej logiczna, gdyż występuje duża zgodność pomiędzy normami: ISO EN-PN 9001:2000, ISO EN-PN 14001:2005 i PN-N-18001, a wszystkie trzy normy wskazują na podejście procesowe w zarządzaniu jakością, środowiskiem oraz bezpieczeństwem i higieną pracy.

Inaczej wyglądała możliwość integracji systemów w przypadku stosowania norm innych niż wymienione wcześniej, stąd też z chwilą wdrożenia w KOMAG-u główne kierunki prac skierowane były na integrację trzech systemów funkcjonujących w Instytucie. Pozwoliło to na współdziałanie różnych elementów i synergię wspomaganą czynnikami organizacyjnymi i ludzkimi. Proces integracji systemów w KOMAG-u przedstawiono na rysunku 1.



Systemy autonomiczne

Systemy zintegrowane - bez dominacji żadnego systemu

Rys.1. Proces integracji systemów jakości w KOMAG-u, źródło: opracowanie własne, na podstawie [11]

Jednocześnie stwierdzono, że uzyskanie certyfikatów i akredytacji dla określonych rodzajów usług było niewątpliwie osiągnięciem, lecz stanowiły tylko jeden z etapów rozwoju jednostki, a równie ważnym elementem są stałe zmiany i modyfikacje systemu ściśle powiązane z realizowanymi przez KOMAG zadaniami.

Nowelizacja serii norm ISO 9000 zarówno w 2000 jak i w 2009 roku spowodowała zwrot w działaniach doskonalących w KOMAG-u. Wprowadzono procesowe podejście, co znacznie uprościło system zarządzania.

Podobnie stało się z systemami zarządzania w akredytowanych laboratoriach badawczych, kiedy po kolejnych nowelizacjach w 2001 i 2005 roku dostosowano system do wymagań nowej normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005.

W kolejnych latach analiza norm jakościowych wykazała, że dla podniesienia skuteczności zarządzania coraz powszechniejsze stawało się wdrażanie przez

Proces integracji systemów objął trzy podstawowe poziomy zarządzania:

- poziom zintegrowanej polityki zarządzania, która uwzględnia zarządzanie jakościowe jednostki, system akredytacji laboratoriów badawczych oraz system akredytacji jednostki certyfikującej wyroby,
- poziom uwzględniający wszystkie funkcje, w ujęciu procesowym oraz działania doskonalące, o różnym charakterze (organizacyjne, techniczne, metodologiczne, informatyczne, itp.), ukierunkowane na znajdowanie najlepszych rozwiązań na poszczególnych poziomach organizacyjnych i w poszczególnych sferach funkcjonowania instytutu,
- poziom zintegrowania dokumentacji systemu zarządzania [3].

Podstawą zintegrowanego systemu zarządzania jest certyfikowany system zarządzania jakością w zakresie:

„Prac naukowych, prac badawczo-rozwojowych, projektowania i nadzoru autorskiego maszyn i urządzeń oraz prac eksperckich”

Certyfikat nr 295/6/2009

System ten jest skonfigurowany z systemami zarządzania, wynikającymi z posiadanych akredytacji, udzielonych przez Polskie Centrum Akredytacji i łączy w sobie:

- system zarządzania jakością wg normy **PN-EN ISO 9001:2009,** funkcjonujący w całym Instytucie,
- system zarządzania wg normy **PN-EN ISO/IEC 17025:2005,** obowiązujący w obszarze badań akredytowanych,
- system zarządzania wg normy **PN-EN 45011:2000**, obowiązujący w obszarze certyfikacji wyrobów.

Zaletą zintegrowanego systemu zarządzania jest:

- jednolita Polityka Jakości uwzględniająca wymagania wszystkich standardów,
- jednolity układ dokumentacji i brak powielania dokumentów i formularzy,
- łatwość nadzorowania systemu zarządzania i jego doskonalenia poprzez prowadzenie wspólnych auditów wewnętrznych i przeglądów zarządzania oraz realizację wspólnych działań korygujących i zapobiegawczych.

W większości przypadków zintegrowane systemy zarządzania obejmujące jakość, środowisko i bezpieczeństwo pracy podlegają certyfikacji, która jest jednocześnie potwierdzeniem właściwego funkcjonowania takiego systemu.

Oryginalność systemu Instytutu polegająca na połączeniu norm ISO 9001, EN ISO/IEC 17025 i EN 45011 sprawia, że system ten nie podlega certyfikacji jako całość. W dalszym ciągu wybrane obszary działalności oceniane są przez odrębne jednostki. Jednak fakt ten nie dyskredytuje samej idei integracji – ważniejsze bowiem od posiadania certyfikatu są korzyści z funkcjonowania systemu zarządzania.

Zbudowanie w KOMAG-u jednego systemu zarządzania spowodowało przede wszystkim:

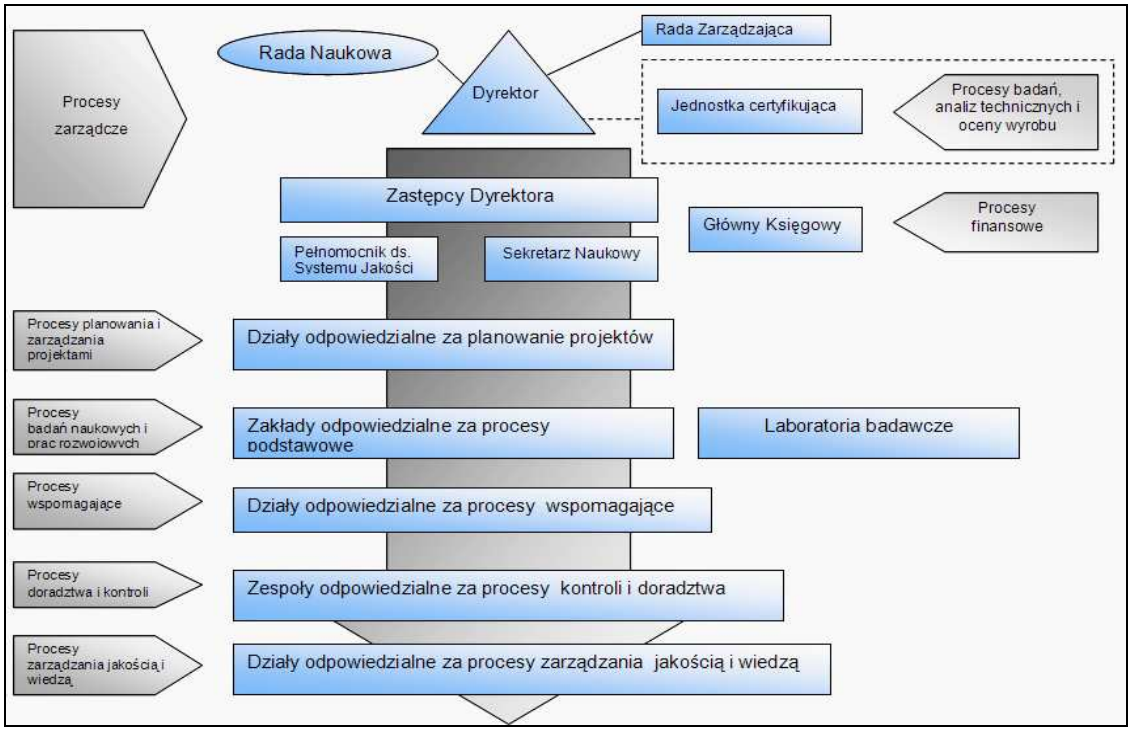
- poprawę współpracy osób bezpośrednio zaangażowanych w sprawy jakości,
- wymianę doświadczeń i wzajemne uczenie się na błędach,
- zastosowanie jednakowych zasad wdrażania i monitorowania.

Istotnym efektem tego procesu było także zmniejszenie liczby procedur i instrukcji systemowych w akredytowanych laboratoriach i jednostce certyfikującej wyroby [13].

Opracowanie w Instytucie zintegrowanego systemu związane było nie tylko z połączeniem w jeden organizm funkcjonujących systemów zarządzania, ale również stworzeniem struktury organizacyjnej, określeniem uprawnień i odpowiedzialności za poszczególne zadania.

Nastąpiło przejście z formalnych struktur liniowych, posiadających hierarchiczne powiązanie wszystkich komórek organizacyjnych na rzecz struktury macierzowej, w której zrezygnowano z zasady jedności kierowania, a pracownicy są jednocześnie członkami komórek organizacyjnych oraz zespołów problemowych.

Macierz organizacyjna KOMAG-u przedstawiona na rysunku 2 jest odzwierciedleniem struktury wielokrot-



Rys.2. Uproszczona struktura organizacyjna KOMAG-u, źródło: opracowanie własne

nego podporządkowania oraz zachodzących w Instytucie procesów.

Wykorzystana przez instytut struktura macierzowa ma szereg zalet:

- sprzyja elastyczności działań,
- umożliwia tworzenie zespołów, których (skład i organizacja może być zmieniana),
- sprzyja lepszemu wykorzystaniu zasobów ludzkich,

Pracownicy są silniej zaangażowani w systemie zintegrowanego zarządzania i pozyskują nowe umiejętności i wiedzę oraz współpracują ze sobą w ramach realizacji poszczególnych zadań. Dodatkowo osoby odpowiedzialne za integrację systemów zarządzania mają możliwość procesowego spojrzenia na procesy podstawowe i pomocnicze zachodzące w Instytucie.

Warty podkreślenia jest również fakt, że funkcjonujący w KOMAG-u system zarządzania ze względu na swoją oryginalność został kilkakrotnie wysoko oceniony przez niezależne jednostki zewnętrzne, czego dowodem są zdobyte nagrody:

- I nagroda w Konkursie Forum Jakości Quality International 2007, w kategorii QI services – usługi najwyższej jakości,
- Złote godła QUALITY INTERNATIONAL 2009 w kategoriach:
  - QI ORDER – zarządzanie najwyższej jakości,
  - QI SERVICES – usługi najwyższej jakości.
- Złote godła QUALITY INTERNATIONAL 2010 w kategoriach:
  - QI ORDER – zarządzanie najwyższej jakości,
  - QI SERVICES – usługi najwyższej jakości.

Przyznane nagrody tym bardziej cieszą, gdyż Konkurs *Najwyższa Jakość Quality International* wyróżnia tytułami podmioty odznaczające się szczególną dbałością o najwyższą jakość oferowanych produktów i usług.

3. Ciągłe doskonalenie zintegrowanego systemu zarządzania

Idea ciągłego doskonalenia zapisała się na dobre w świadomości osób zajmujących się zarządzaniem jakością i niewątpliwie stanowi rozwinięcie jednej z zasad Deminga, która mówi że: *„ciągle należy szukać przyczyn problemów powstających w systemie, a następnie je usuwać tak aby działania i elementy systemu stawały się coraz lepsze...”,* dlatego doskonalenie jest procesem, który odnosi się do wszystkich obszarów działalności, w ramach którego Instytut:

- dokonuje analizy i oceny istniejącej sytuacji w celu zidentyfikowania obszarów do doskonalenia,
- ustanawia cele cząstkowe dotyczące wytyczonych obszarów,
- poszukuje możliwych rozwiązań do osiągnięcia celów,
- wdraża wybrane rozwiązania,

Zgodnie z zasadami zawartymi w normie ISO 9001 ciągłe doskonalenie systemu bazuje na kilku elementach, które pozwalają oceniać system, jak i doskonalić jego skuteczność. Cykl doskonalenia obejmuje: ocenę polityki jakości Instytutu, zdefiniowanie celów w odniesieniu do polityki, monitorowanie i pomiary skuteczności realizacji celów, analizę uzyskanych efektów, natomiast podstawowymi elementami pozwalającymi na doskonalenie są: przegląd zarządzania, audity, działania zapobiegawcze i korygujące oraz analiza danych [12].

3.1. Przegląd zarządzania

Przegląd zarządzania, obok auditu wewnętrznego, jest najważniejszym narzędziem doskonalenia każdego systemu zarządzania i może stanowić dowód na to, że najwyższe kierownictwo oraz pracownicy podejmują starania w kierunku doskonalenia jakości.

Rys.3. Dyplomy Złote Godła - QI ORDER oraz QI SERVICES zdobyte w 2009 i 2010 roku

W większości przypadków sposób przeprowadzenia przeglądu jest zdeterminowany takimi czynnikami, jak: wielkość przedsiębiorstwa, rodzaj świadczonych usług oraz złożoność procesów.

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG przegląd realizowany jest łącznie dla całego zintegrowanego systemu zarządzania, gdyż tylko w ten sposób można ocenić możliwości doskonalenia i potrzebę zmian; łącznie z polityką jakości i celami dotyczącymi całego Instytutu.

Zgodnie z zasadami dane wejściowe do przeglądu zarządzania obejmują:

- wyniki auditów, zarówno wewnętrznych jak i zewnętrznych,
- informacje zwrotne od klientów,
- wyniki podjętych działań zapobiegawczych i korygujących,
- działania podjęte w następstwie wcześniejszych przeglądów zarządzania,
- zmiany, które mogą wpływać na system zarządzania,
- zalecenia dotyczące doskonalenia.

Z kolei dane wyjściowe z przeglądu zarządzania obejmują wszelkie decyzje i działania związane z:

- doskonaleniem skuteczności systemu zarządzania i jego procesów,
- doskonaleniem usług w powiązaniu z wymaganiami klienta i potrzebnymi zasobami.

Przegląd systemu zarządzania w KOMAG-u obejmuje wszystkie poziomy zarządzania i dotyczy wszystkich istotnych obszarów działalności, zarówno w krótkim, jak i długim horyzoncie czasowym i jest ściśle powiązany z wizją oraz strategią Instytutu, co przedstawiono na rysunku 3.

Rys.4. Poziomy zarządzania Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. Źródło: opracowanie własne

3.2 Audity wewnętrzne w obszarze prac projektowych, badań oraz usług certyfikacyjnych

Realizowane w KOMAG-u audity wewnętrzne odbiegają formą i zakresem od standardowych auditów realizowanych w wielu zakładach produkcyjnych, gdyż ich charakter dostosowany jest do działalności badawczo-rozwojowej Instytutu, a cel wynika przede wszystkim ze specyfiki zadań realizowanych przez KOMAG.

Podstawową cechą funkcjonującego w KOMAG-u zintegrowanego systemu zarządzania jest jego powiązanie z systemami typowymi dla posiadanych akredytacji, dlatego też najczęściej realizowane są:

- audity w układzie przekrojowym badające powiązania podstawowych procesów, realizowanych w różnych komórkach organizacyjnych,
- audity w układzie procesowo-systemowym, polegające na badaniu procesów wyodrębnionych w wymiarze zadań realizowanych w pojedynczych lub wielu powiązanych komórkach struktury organizacyjnej.

Realizowane audity zawsze uwzględniają specyfikę poszczególnych systemów składowych, toteż ich przedmiotem mogą być:

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

Charakter auditów wewnętrznych zależy przede wszystkim od obszaru działalności KOMAG-u oraz zakresu wykonywanych zadań.

W przypadku usługi związanej z procesem projektowania wyrobów, a tym samym tworzenia dokumentacji technicznej, w Instytucie najczęściej stosowany jest audit procesu, przebiegający przez kilka komórek organizacyjnych. Audit procesu projektowania, przebiega nie tylko w zespołach konstrukcyjnych, ale także w działach wspomagających proces projektowania; począwszy od etapu zawarcia umowy z klientem, analizę wymagań prawnych, zagadnień normalizacji, własności intelektualnej, a kończąc na archiwizacji dokumentacji i przekazaniu jej klientowi.

W przypadku badań wykonywanych przez akredytowane laboratoria badawcze oraz procesów certyfikacji wyrobu w ramach oceny zgodności, audity wewnętrzne realizowane są w ujęciu procesowo-systemowym, co pozwala na ocenę zadań realizowanych bezpośrednio w komórce odpowiedzialnej za proces. Tego typu audity skupiają się przede wszystkim na ocenie spełnienia wymagań zawartych w normach stanowiących podstawę udzielonej akredytacji, a więc PN-EN ISO/IEC 17025:2005 w przypadku laboratoriów badawczych oraz PN-EN 45011:200 w przypadku jednostki certyfikującej wyroby [2, 5].

W trakcie wspomnianych auditów obok standardowych wymagań dotyczących systemu, zarządzania dokumentami i zapisami skupia się także na nadzorze nad WPiB, spójności pomiarowej, nadzorze nad obiektami badań oraz kompetencjach personelu, a w przypadku auditu procesu certyfikacji wyrobu oceniane są: możliwości badawcze jednostki certyfikującej, poprawność i powtarzalność procesu certyfikacji oraz obszar związany z nadzorem nad certyfikatem [16].

3.3 Analiza jakości usług w obszarze prac projektowych, badań i usług certyfikacyjnych na podstawie badań ankietowych

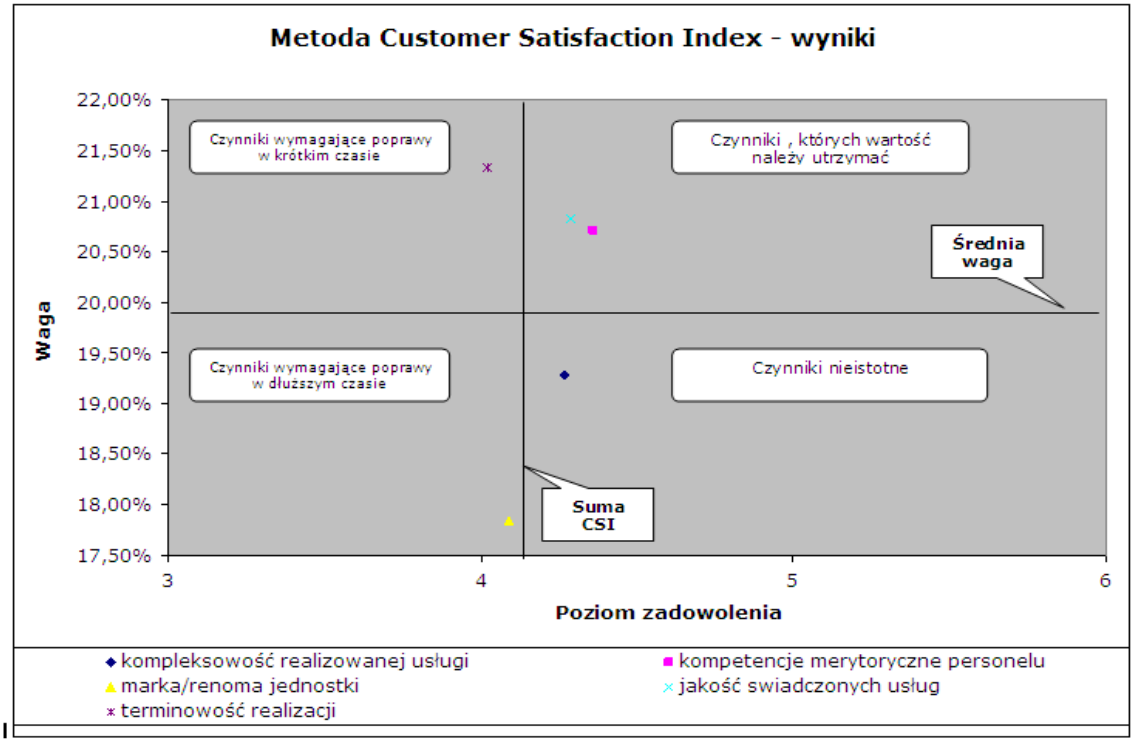
Nieodłącznych elementem polityki jakości realizowanej w KOMAG-u jest stałe badanie stopnia zadowolenia klienta. Ma ono na celu systematyczne monitorowanie zmieniającego się rynku, jego potrzeb i wymagań w odniesieniu do świadczonych usług.

Monitorowanie i wykrywanie na bieżąco wszelkich zmian w poziomie satysfakcji klienta pozwala podejmować na bieżąco działania doskonalące.

Coroczne poznanie postaw klientów wobec oferty Instytutu umożliwia elastyczne dostosowanie działań do wymagań nabywców tym bardziej, że oferowane przez tą jednostkę usługi obejmują bardzo różnorodne obszary działalności – od wykonywania ekspertyz i opinii poprzez tworzenie projektów nowych maszyn i urządzeń, kończąc na badaniach laboratoryjnych oraz dobrowolnej ocenie zgodności [9, 15].

Zadaniem nadrzędnym Instytutu KOMAG jest określenie stopnia zadowolenia klientów, preferencji w zakresie oferty świadczonych usług, zbadanie postrzegania organizacji przez odbiorców, ocena, spełnienia oczekiwań klientów, określenie silnych i słabych stron przy szczególnym uwzględnieniu obszarów wymagających poprawy.

W ankiecie wprowadzono nową metodę pomiarową – *Customer Satisfaction Index (CSI)*, polegającą na tym, że ankietowani podają wagę dla poszczególnych czynników oraz ocenę dla poszczególnych czynników, a jej zaletą jest m.in. wskazanie czynników ważnych dla Klienta, wyróżnienie czynników wymagających poprawy oraz wskazanie możliwości doskonalenia. Przykładowe wyniki dla CSI za rok 2009 zaprezentowano na rysunku 5.



Rys.5. Wyniki przeprowadzonych przez KOMAG badań według Customer Satisfaction Index za rok 2009

4. Podsumowanie

Coraz więcej przedsiębiorstw wdraża i doskonali systemy zarządzania, mając świadomość, iż wpływają one na uporządkowanie sfery organizacyjnej, poprawę komunikacji i wzrost kompetencji personelu.

Mając na uwadze strukturę oraz zakres świadczonych usług w KOMAG-u zdecydowano się na opracowanie jednego, zintegrowanego systemu zarządzania obejmującego zarówno normę ISO 9001 i jak ISO/IEC 17025 i EN 45011 przy jednoczesnym zachowaniu częściowej integralności wynikającej ze specyfiki posiadanych akredytacji. Integracja ta w sposób znaczący wpłynęła na:

- dynamiczny rozwój Instytutu,
- optymalizację kosztów związanych z utrzymywaniem systemu,
- lepszą organizację pracy i uporządkowanie działań we wszystkich obszarach,
- efektywne gospodarowanie posiadanymi zasobami,
- ujednolicenie i zmniejszenie ilości dokumentacji – powiązanie ze sobą w sposób przejrzysty i logiczny procedur oraz procesów odnoszących się do różnych systemów,
- zwiększenie elastyczności Instytutu we wprowadzaniu zmian,

– zapewnienie szybkiego dostosowania uregulowań wewnętrznych do zmian zachodzących w obowiązującym systemie prawnym,
– pozytywne kształtowanie wizerunku Instytutu w oczach klientów.

Doskonalenie jakości wymaga narzędzi, od których oczekuje się powtarzalności, dokładności, jednoznacznej interpretacji wyników pomiarów oraz niezależności od warunków przeprowadzania pomiaru. W KOMAG-u przyjęto zasadę, że zbudowany zintegrowany system zarządzania ma na celu, w pierwszej kolejności powiązanie ze sobą oraz uproszczenie wszystkich zachodzących w Instytucie procesów, a jakość i potrzeba stałego doskonalenia stanowią podstawowe wartości, które wpływają na konkurencyjność [6, 8].

Działania te realizowane są zgodnie z zasadą: planuj, działaj, sprawdzaj, koryguj. To umożliwia wgląd we wszystkie prowadzone przedsięwzięcia oraz szybką reakcję w przypadku uchybień lub niepokojących zjawisk. Do podstawowych elementów wykorzystywanych w doskonaleniu systemu zaliczyć należy: wyniki przeglądów, auditów oraz wyniki badania zadowolenia klientów.

Zarówno w trakcie budowy systemów, jak i podczas późniejszej ich integracji uniknięto szeregu błędów, które bardzo często wpływają na poprawność funkcjonowania systemów.

Nie sprowadzono motywów wdrażania systemu zarządzania wyłącznie do uzyskania certyfikatu – oczekiwano od systemu znacznie więcej. W pierwszej fazie wykorzystano wiedzę i doświadczenie pracowników z poszczególnych obszarów funkcjonalnych KOMAG-u.

Wykorzystano istniejące programy jakościowe oraz szkolenia zewnętrzne i przyjęto zasadę, że system zarządzania zostanie opracowany i wdrożony samodzielnie. Zrezygnowano z ofert zewnętrznych konsultantów, a zainwestowano w profesjonalne szkolenia własnych pracowników.

Podsumowując należy podkreślić, iż o powodzeniu funkcjonowania systemu decydują pracownicy oraz metody zastosowane w organizacji ich pracy. Wdrożenie systemu zarządzania w każdej organizacji jest zawsze poważnym przedsięwzięciem, zarówno dla kadry kierowniczej, jak i pracowników.

W KOMAG-u zespół osób odpowiedzialnych za budowę systemu zarządzania spotkał się ze strony kierownictwa z ogromnym poparciem i stałą motywacją do działania.

Literatura

1. Buszko A.: Strategia zarządzania jakością a procesy innowacyjne – aspekt empiryczny. Problemy Jakości nr 2, 2009.
2. EA-2/05, The Scope of Accreditation and Consideration of Methods and Criteria for the Assessment of the Scope in Testing, European co-operation for Accreditation, EA-EUROLAB-EURACHEM Group, Revision 2002.
3. Gajdzik B.: Zintegrowane zarządzanie. Problemy Jakości nr 7, 2008.
4. Grzywocz W.: Laboratorium Badań CMG KOMAG akredytowane przez Polskie Centrum Badań i Certyfikacji. Maszyny Górnicze nr 57.
5. IAF Guidance on the Application of ISO/IEC Guide 65:1996, General Requirementsfor Bodies operating Product Certification Systems, Issue 2 (IAF GD 5:2006), International Accreditation Forum, Inc. 2006
6. Kowalczyk J.: Doskonalenie zarządzania organizacją. Problemy Jakości nr 3, 2010.
7. Pacana A.: Wdrażanie systemu zarządzania jakością z wykorzystaniem metod pracy zespołowej. Problemy Jakości nr 7, 2009.
8. Rosam I., and Peddle R.: Understanding ISO 9001:2008 and Process-based Management Systems (Second Edition), British Standards Institution, July 2009.
9. Stoma M.: Jakość a satysfakcja – różnice i wzajemne relacje. Problemy Jakości nr 4, 2009.
10. Tarnawski Z.: Certyfikacja wyrobów drogą do zapewnienia jakości. Maszyny Górnicze nr 57.
11. 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.
12. Witkiewicz W., Mączyński A., Jelonek J.: Ocena skuteczności i doskonalenie procesu auditu wewnętrznego. Materiały konferencyjne „Doskonalenie procesu auditowania", Rydzyna, 10-12.04. 2002.
13. Zając R.: Działania doskonalące w systemie zarządzania jakością. Maszyny Górnicze nr 1, 2005.
14. Zając R.: Systemy zarządzania jakością w CMG KOMAG. Rola auditów wewnętrznych. Maszyny Górnicze nr 4, 2005.
15. Zając R.: Badanie satysfakcji klienta w kontekście zarządzania jakością usług. Zarządzanie Jakością nr 3, 2007.
16. Zając R.: Audity wewnętrzne w procesach projektowania maszyn i urządzeń, badań laboratoryjnych oraz certyfikacji wyrobów. Zarządzanie Jakością nr 3, 2008.

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2010 r.

Recenzent: dr inż. Antoni Kozieł

Jubileusz 50-lecia pracy naukowej prof. dr. hab. inż. Zdzisława Kłeczka

Prof. dr hab. inż. Zdzisław KŁECZEK, wybitny ekspert w dziedzinie zwalczania zagrożeń naturalnych występujących w górnictwie podziemnym, urodził się w Jarosławiu 2 marca 1937 roku. Do matury, którą zdał w 1954 roku mieszkał w Jarosławiu. Następnie rozpoczął studia na Wydziale Górniczym Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, które zakończył uzyskaniem dyplomu mgr. inż. górnika o specjalności technika podziemnej eksploatacji złóż. Po studiach podjął pracę w Kopalni Węgla Kamiennego „Rozbark" w Bytomiu, jako pracownik dozoru górniczego.

W dniu 15 września 1960 roku wygrał konkurs na stanowisko asystenta w Katedrze Mechaniki Górniczej AGH, rozpoczynając karierę naukową pod kierunkiem prof. Antoniego Sałustowicza. W 1967 roku obronił rozprawę doktorską z zakresu mechaniki górotworu, na temat własności reologicznych skał karbońskich i doświadczalnego kryterium doboru modelu reologicznego dla skał, uzyskując stopień doktora nauk technicznych, natomiast w 1971 roku – rozprawę habilitacyjną na temat zmian naprężeniowo-odkształceniowych zachodzących wokół szybów głębionych pod osłoną mrożenia górotworu.

W 1979 roku Jubilat uzyskał tytuł naukowy profesora i otrzymał stanowisko profesora nadzwyczajnego. Na profesora zwyczajnego został mianowany w 1991 r.

W latach 1975-1978 pełnił funkcję prodziekana ds. dydaktycznych na Wydziale Górniczym AGH, w latach 1972-1979 był kierownikiem studium doktoranckiego Wydziału Górniczego AGH, natomiast w latach 1975-1985 pełnił funkcję zastępcy dyrektora, a następnie dyrektora Instytutu Geomechaniki Górniczej AGH. Przez 17 lat, od 1980 roku do 1997 roku sprawował funkcję naczelnego redaktora Uczelnianych Wydawnictw Naukowo-Dydaktycznych AGH, które zreformował i przekształcił w nowoczesną oficynę wydawniczą.

Jako nauczyciel akademicki może poszczycić się wieloma sukcesami, m.in. wygrywając liczne ankiety na najlepszego dydaktyka w dziedzinie szkolenia kadr inżynierskich dla przemysłu wydobywczego. Wykształcił rzesze dyplomantów studiów magisterskich i podyplomowych. Warto wspomnieć, że był promotorem w 16 przewodach doktorskich, w tym w 3 przewodach zagranicznych oraz, że opracował 58 recenzji rozpraw doktorskich, habilitacyjnych i wniosków o nadanie tytułu naukowego.

Od 1967 r. datuje się ścisła współpraca Dostojnego Jubilata z przemysłem wydobywczym w kraju i za granicą.

Był wiceprzewodniczącym Rady Nadzorczej KGHM Polska Miedź S.A., wiceprzewodniczącym Rady Nad-

zorczej Zakładu Maszyn Górniczych GLINIK, przewodniczącym Rady Nadzorczej Centrum Badawczo-Rozwojowego Miedzi CUPRUM sp. z o.o., Rady Nadzorczej Katowickiego Holdingu Węglowego S.A., Bytomskiej Spółki Węglowej S.A., Rudzkiej Spółki Węglowej S.A. Aktualnie jest członkiem Rady Nadzorczej Minova-Ekochem S.A.

W latach 1985-1991, jako członek, uczestniczył w pracach Rady Naukowej Głównego Instytutu Górnictwa oraz Rady Naukowej Państwowego Instytutu Geologicznego. W latach 1991-1997 działał aktywnie jako członek Komitetu Badań Naukowych, kierując w latach 1991-1994 pracą Zespołu Transportu, Górnictwa, Geologii oraz Pozyskiwania i Użytkowania Energii, natomiast w latach 1994-1997 był przewodniczącym Zespołu Górnictwa, Geodezji i Transportu.

Należy zaznaczyć, że Profesor Kłeczek przez wiele lat sprawował funkcję przewodniczącego Komisji ds. Tąpań przy prezesie Wyższego Urzędu Górniczego.

Od 1991 roku przewodniczył Radzie Naukowej Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Górnictwa Surowców Chemicznych CHEMKOP, od 1999 roku – Radzie Naukowej KOMAG-u, a od 2003 r. – KGHM CUPRUM. Od 2002 roku jest członkiem Zespołu Doradców Europejskiego Centrum Doskonałości Badań Środowiska Abiotycznego. W latach 1982-1999 był członkiem Komitetu Górnictwa Polskiej Akademii Nauk i przewodniczącym jego Sekcji Mechaniki Górotworu.

Jubilat może poszczycić się wieloma znaczącymi osiągnięciami w dziedzinie prognozowania i zwalczania geodynamicznych zagrożeń naturalnych w górnictwie podziemnym, jak również w zakresie stateczności budowli podziemnych, przeznaczonych m.in. do magazynowania ropy i gazu oraz składowania odpadów niebezpiecznych. Prowadzone badania mają istotny wpływ na bezpieczeństwo ludzi pracujących pod ziemią oraz w znaczący sposób przyczyniają się do ochrony środowiska naturalnego.

O innowacyjności rozwiązań naukowych i badawczych Profesora świadczy 15 patentów, których jest współtwórcą.

Należy podkreślić, że w ciągu 50 lat pracy naukowej opracował ponad 200 ekspertyz technicznych. Wyniki badań przedstawił w prawie 200 publikacjach naukowych, które ukazały się w Polsce i za granicą. Do najważniejszych publikacji można zaliczyć:

- „Doświadczalne kryterium doboru modelu reologicznego dla skał",
- „Badania modelowe nad rozkładem naprężeń i nośnością graniczną filarów górniczych",
- „Odkształcenia górotworu solnego w świetle pomiarów konwergencji podziemnych zbiorników" (w jęz. ang.),
- „Poglądy i rozwiązania dotyczące tąpań w kopalniach węgla kamiennego",
- „Potrzeba i możliwości budowy w Polsce podziemnego składowiska odpadów promieniotwórczych",
- „Podstawy mechaniki górotworu" (w jęz. serbskim),
- „Geomechanika górnicza",
- „Podziemne składowisko odpadów niebezpiecznych w strukturze solnej LGOM" – Monografia KOMAG,
- „Przydatność polskich złóż soli do budowy podziemnych magazynów gazu",
- „Podziemne magazynowanie" – Monografia KOMAG,
- „Podziemne składowanie" – Monografia KOMAG,
- „Perspektywa zagospodarowania złoża soli kamiennej" – Monografia KGHM Polska Miedź S.A.,
- „Wytrzymałość soli kamiennej w podwyższonych temperaturach".

Profesor Kłeczek jest autorem innowacyjnych rozwiązań technologicznych, do których należą m.in.:

- Metoda prognozowania wstrząsów górotworu i ich skutków, zastosowana w kopalniach rud miedzi „Rudna", „Lubin", „Polkowice-Sieroszowice" oraz w kopalniach węgla kamiennego „Staszic" i „Wesoła".
- Metoda zapewnienia stateczności największego zbiornika wodnego w Polsce („Żelazny Most").
- Technologia eksploatacji rud miedzi w filarze ochronnym dla miasta Polkowice.
- Innowacyjne rozwiązanie podziemnego składowania odpadów niebezpiecznych w strukturach solnych.
- Technologia podziemnego magazynowania ropy naftowej i gazu dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju.

Do najważniejszych projektów i programów badawczych, realizowanych przez Jubilata, trzeba zaliczyć:

- Reologiczne własności górotworu solnego.
- Ochrona skarp i zboczy obiektów hydrogeologicznych przed erozją eoliczną.
- Założenia do programu badawczego dotyczącego podziemnego składowania i magazynowania odpadów niebezpiecznych, w tym odpadów promieniotwórczych.

Profesor Kłeczek specjalizuje się w doskonaleniu technik podziemnej eksploatacji surowców mineralnych, zwłaszcza eksploatacji w warunkach zagrożenia tąpaniami, nadmiernymi ciśnieniami górotworu oraz

eksploatacji pod obiektami powierzchniowymi. Tematyka badawcza od wielu lat koncentruje się wokół problemów zwalczania zagrożeń litosferycznych w górnictwie podziemnym, w szczególności wstrząsów górotworu i wywołanych nimi tąpań.

Za największe osiągnięcie Profesora należy uznać jego wkład w poprawę bezpieczeństwa uzyskany na drodze profilaktyki tąpaniowej, zwalczania skutków wstrząsów górotworu i prognozowania ich miejsca, energii i czasu wystąpienia. Ten ostatni element prognozy, prognoza czasu wystąpienia wstrząsu górotworu, jest w dalszym ciągu niewystarczający.

Wyniki działalności naukowo-badawczej Profesora są szeroko znane nie tylko w kraju, ale również za granicą, w szczególności w Republice Południowej Afryki, Serbii, Bośni i Słowenii.

Obecnie Dostojny Jubilat koncentruje działania naukowe i badawcze na problematyce podziemnego składowania odpadów niebezpiecznych, wychodząc naprzeciw potrzebom polskiej energetyki, w tym energetyki jądrowej, co znajduje wyraz w wielu pracach badawczych dotyczących lokalizacji, budowy i ekologicznej eksploatacji podziemnego składowiska odpadów niebezpiecznych, w tym odpadów promieniotwórczych. W oparciu o istniejące rozwiązania w Niemczech, USA i w krajach skandynawskich autor wraz ze współpracującym zespołem badawczym dokonał, na drodze wnikliwej analizy, doboru odpowiedniej struktury geologicznej dla lokalizacji w Polsce podziemnego składowiska odpadów, zapewniającego warunek trwałej jego izolacji od biosfery. Jest to cechsztyńskie złoże soli kamiennej w LGOM. Stworzył też geomechaniczne podstawy wymiarowania wszystkich elementów składowiska, w aspekcie jego długotrwałego bezpieczeństwa ekologicznego i warunku ekonomicznej opłacalności tego przedsięwzięcia.

Z wiedzy i doświadczenia Profesora Kłeczka korzystają organy nadzoru górniczego (Wyższy Urząd Górniczy, Okręgowe Urzędy Górnicze), gdzie aktywnie działa w komisjach i zespołach opiniodawczo-doradczych, Katowicki Holding Węglowy, gdzie jest wiceprzewodniczącym Rady Nadzorczej, Instytut Technik Innowacyjnych EMAG oraz Instytut Techniki Górniczej KOMAG, gdzie od wielu lat pracuje na stanowisku kierownika Zespołu Doradców i jednocześnie pełni funkcję Przewodniczącego Rady Naukowej.

Profesor Kłeczek otrzymał wiele nagród i wyróżnień za wybitne osiągnięcia naukowe, badawcze, techniczne i dydaktyczne. Należą do nich: nagrody ministra edukacji narodowej, Medal Komisji Edukacji Narodowej, Krzyże: Kawalerski, Oficerski i Komandorski Orderu Odrodzenia Polski, Srebrny i Złoty Krzyż Zasługi, Odznaka „Zasłużony dla górnictwa", „Honorowy Ratownik Górniczy", Dyrektor Górniczy wszystkich stopni.

Dewiza życiowa Dostojnego Jubilata brzmi:

„POSTĘPUJ W ŻYCIU TAK,
BY NIE KRZYWDZIĆ DRUGIEGO,
NAWET OBCEGO".

Osoby, które miały lub mają zaszczyt współpracować z Profesorem Kłeczkiem podkreślają, że ta dewiza nie jest tylko pustym hasłem.

Gratulując Dostojnemu Jubilatowi tak wielu wspaniałych osiągnięć naukowych, Redakcja kwartalnika „Maszyny Górnicze" życzy wielu dalszych sukcesów oraz pomyślnej realizacji planów i zamierzeń.

50 lat pracy naukowej prof. dr. hab. inż. Jerzego Antoniaka

Jerzy Bogdan Kazimierz ANTONIAK urodził się w Chorzowie 7 listopada 1930 roku.

W 1950 r. uzyskał dyplom technika mechanika, w 1954 r. tytuł inżyniera mechanika, a w 1956 r. na Wydziale Górniczym Politechniki Śląskiej uzyskał tytuł magistra inżyniera mechanizacji górnictwa.

Po studiach w 1956 roku podjął pracę w Katedrze Maszyn Górniczych Politechniki Śląskiej pod kierunkiem prof. zw. dr hab. inż., dr h.c. Oktawiana Popowicza i prof. Jana Zyzaka. W 1964 r. uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych za pracę pt.: „Badania sprężystości stycznej i promieniowej w wykładzinach kół pędnych oraz wpływu jej na wyrównanie naciągów w układach wielolinowych".

W latach od 1957 do 1961 roku, równolegle z pracą na Uczelni, pracował w KWK „Sośnica" jako kierownik dwóch oddziałów Kopalnianej Kolei Podziemnej, był też ratownikiem górniczym.

W 1968 roku na Wydziale Górniczym obronił pracę habilitacyjną pt.: „Badania teoretyczne i ruchowe rozkładu obciążenia na liny nośne w układach wyciągowych wielolinowych". Zarówno praca doktorska, jak i habilitacyjna zostały wyróżnione nagrodą III stopnia Ministra Szkolnictwa Wyższego i Ministra Oświaty i Szkolnictwa Wyższego.

Aktywna współpraca naukowa i techniczna Profesora Jerzego Antoniaka i Profesora Oktawiana Popowicza z Zakładem Urządzeń Technicznych ZGODA w Świętochłowicach, zaowocowała opracowaniem nowoczesnych konstrukcji górniczych maszyn wyciągowych jedno-, dwu- i czterolinowych o dużych mocach, udźwigach i prędkościach jazdy. Ten poważny i znaczący w skali światowej dorobek badawczo-konstrukcyjny w dziedzinie budowy górniczych maszyn wyciągowych został nagrodzony w 1980 roku Zespołową Nagrodą Państwową I stopnia.

W latach 1965-1966 dr inż. Jerzy Antoniak był stypendystą Rządu Francuskiego. W latach 1968-1979 pełnił funkcję Sekretarza i Przewodniczącego Zarządu Oddziału Gliwickiego Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej. Od 1974 do 1978 r. był wiceprzewodniczącym i zastępcą Sekretarza Generalnego Zarządu Głównego PTMTiS w Warszawie, a w latach 1972-1975 członkiem Kolegium Programowego Poradnika Górnika.

W latach 1974-2008 Profesor Antoniak prowadził współpracę naukową z Rosją, Wielką Brytanią, Chińską Republiką Ludową, Niemcami, Czechami, Słowacją oraz innymi państwami. Nawiązana w tym okresie współpraca Politechniki Śląskiej z uczelniami zagranicznymi – RWTH Aachen, VŠB Ostrava, Uniwersytetem Technicznym w Koszycach, Uniwersytetem w Belgradzie, Państwowym Instytutem Górniczym w Moskwie jest kontynuowana do dzisiaj.

W latach 1983-1990 Profesor Antoniak prowadził wykłady i opiekował się specjalnością Maszyny górnicze, na Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej.

Od 1990 r. kierował grupą badaczy z Instytutu Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej, z kopalń, z GIG-u i z CMG KOMAG, prowadząc unikatowe w skali światowej badania maszyn górniczych i przenośników taśmowych w podziemiach kopalń węgla kamiennego. Wyniki tych badań były szeroko prezentowane w kraju i za granicą. Tej problematyce Profesor Antoniak poświęcił 10 podręczników akademickich i skryptów oraz był współautorem 3 podręczników akademickich. Niektóre z tych podręczników były wielokrotnie wznawiane, a podręcznik akademicki: „Przenośniki taśmowe w górnictwie podziemnym i odkrywkowym" został nagrodzony Nagrodą Ministra Infrastruktury w 2008 roku.

Profesor Antoniak od przeszło dwudziestu lat zajmuje się problematyką nowoczesnych maszyn górniczych, systemami transportu przenośnikami taśmowymi, a szczególnie energooszczędnymi oraz współczesnym modelem kopalni węgla kamiennego. Za rozwój i wdrożenie nowoczesnych przenośników taśmowych, jako kierujący pracami uzyskał Nagrodę Prezesa Rady Ministrów RP w 2000 r.

Po przejściu w 2001 roku na emeryturę Profesor J. Antoniak dalej bardzo aktywnie zajmuje się wykorzystaniem teorii i metod mechatroniki w projektowaniu energooszczędnych przenośników taśmowych, zwłaszcza wznoszących. Do jego osiągnięć zalicza się energooszczędny przenośnik taśmowy wznoszący z krzywizną przestrzenną pracujący w KWK „Jankowice" i energooszczędny super przenośnik taśmowy zainstalowany w 2008 r. w pochylni odstawczej, w KWK „Marcel".

W ciągu swej kariery zawodowej był promotorem 18 doktorów nauk technicznych, czterech jego uczniów zostało profesorami, był także promotorem dwóch doktorów honoris causa Politechniki Śląskiej: prof. zw. dr hab. inż. dr h.c. Oktawiana Popowicza i prof. dr inż. dr h.c. Klausa Spiesa (Niemcy, RWTH Aachen).

Kierował Instytutem Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej i Zakładem Maszyn Roboczych i Systemów Transportu we wspomnianym Instytucie, jak również pełnił obowiązki Prorektora ds. Nauki i Współpracy z Przemysłem Politechniki Śląskiej, w kadencjach od 1984 do 1990.

Profesor J. Antoniak był członkiem licznych gremiów naukowych: Komitetu Górnictwa PAN, Komisji Górniczej Oddziału PAN w Katowicach i przewodniczącym Sekcji Mechanizacji i Automatyzacji Górnictwa od 1978 do 2004 r., członkiem Rad Naukowych: CMG KOMAG, OBR Budowy Maszyn Ciężkich, Rady Dozoru Technicznego w Warszawie, Centrum EMAG, Maszyn Hutniczych w Bytomiu, Państwowej Rady Górnictwa w Warszawie, członkiem Państwowej Komisji Nagród Państwowych w Warszawie, Rady Wydziału Górnictwa i Geologii oraz Senatu Politechniki Śląskiej, Society of Mining Professors (Wielka Brytania) i innych.

Profesor Antoniak był także członkiem: komitetu redakcyjnego Journal of Theoretical and Applied Mechanics (1974-1979), kwartalnika Archiwum Górnictwa PAN (1986-2000 r.), Międzynarodowej Rady Redakcyjnej Archives of Mining Science (2000-2003 r.).

Profesor Antoniak jest laureatem wielu nagród indywidualnych i zbiorowych, między innymi: Rektora Politechniki Śląskiej, Komitetu Nauki i Techniki oraz Ministra Górnictwa.

Był wielokrotnie odznaczany, w 2001 r. został uhonorowany Medalem Komisji Edukacji Narodowej, a w 2000 roku Krzyżem Komandorskim Orderu Odrodzenia Polski.

Gratulując Dostojnemu Jubilatowi tak wielu wspaniałych osiągnięć naukowych, Redakcja kwartalnika „Maszyny Górnicze" życzy wielu dalszych sukcesów oraz pomyślnej realizacji planów i zamierzeń.

Sylwetkę Jubilata zaprezentował:

prof. dr hab. inż. Aleksander Lutyński