Mgr inż. Romana ZAJĄC
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Działalność wydawnicza ITG KOMAG na tle trzydziestolecia istnienia kwartalnika Maszyny Górnicze

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

W bieżącym roku upływa 30 lat od ukazania się pierwszego numeru kwartalnika Maszyny Górnicze. Wyrósł on z potrzeby pełniejszego komunikowania się i szybkiego rozpowszechniania wiedzy z zakresu projektowania, badania i wdrażania nowych rozwiązań stosowanych w branży. Obecnie w czasopiśmie publikowane są artykuły o szerokim spektrum tematycznym, obejmującym problematykę zarówno maszyn górniczych, jak i zagadnienia związane z ochroną środowiska, bezpieczeństwem pracy i zarządzaniem. W niniejszym artykule opisano historię *kwartalnika, specyfikę pracy oraz aktualne zadania zespołu redakcyjnego.*

S u m m a r y

This year it has been 30 years since the first volume of Mining Machines quarterly was issued. The quarterly was developed due to the need of better communication and quick dissemination of knowledge on designing, testing and implementation of new solutions used in the mining sector. At present the papers of wide technical spectrum, including problems of mining machines, environment protection, work safety and management are published. The history of quarterly, specificity of work and present tasks of editorial team are described.

1. Trudny początek i rozwój wydawnictwa

W bieżącym roku obchodzimy jubileusz 30-lecia istnienia czasopisma „Maszyny Górnicze", polskiego kwartalnika naukowo-technicznego służącego sprawie rozwoju polskiego przemysłu maszyn górniczych.

Pierwowzorem kwartalnika były wydawane od 1975 roku Informatory techniczne o nazwie „Maszyny Górnicze". Początkowo periodyk traktowany był jako biuletyn wewnętrzny i ukazywał się w skromnej szacie graficznej. W każdym informatorze opisywano budowę, obsługę oraz zasady eksploatacji poszczególnych rodzajów maszyn górniczych. Dodatkowo w informatorze podawano wykazy norm, patentów oraz serwis bibliograficzny. Ogółem w latach 1975-1979 wydano 15 informatorów.

W 1983 roku z inicjatywy ówczesnego Dyrektora KOMAG-u Wojciecha Skoczyńskiego powołano Zespół Redakcyjny w składzie: Karol Nowak, Andrzej Stachurski, Antoni Bienias, Wacław Delebiński, Klaudiusz Olejnik, Karol Osadnik, Józef Skiba, Zdzisław Penar i Barbara Kordecka, który rozpoczął wydawanie czasopisma technicznego o nazwie „Maszyny Górnicze". Zachowano indywidualny charakter numerów, które poświęcano każdorazowo innemu zagadnieniu: określonej grupie maszyn lub procesowi technologicznemu [1].

W tym czasie było to jedno z niewielu czasopism specjalistycznych poświęconych maszynom górniczym. Pierwszy numer „Maszyn Górniczych" ukazał się 3 czerwca 1983 roku w nakładzie 400 egzemplarzy i poświęcony był ścianowym kombajnom węglowym.

We wstępie do pierwszego numeru zespół redakcyjny pisał [2]:

„… *Mamy nadzieję, że wydawnictwo spotka się z zainteresowaniem, zwłaszcza dozoru technicznego w kopalniach węgla… Często słyszy się wypowiedzi na temat braku informacji technicznej o produkowanych maszynach oraz planach dotyczących uruchamiania produkcji nowych maszyn. Spodziewamy się, że kwartalnik wzbogaci i wypełni lukę w tej dziedzinie".*

Pierwsze numery kwartalnika miały mało atrakcyjny wygląd; jedynym barwnym akcentem trzydziestu pierwszych numerów była pomarańczowa okładka.

W tym okresie czasopismo pełniło rolę poradnika, służyło wymianie doświadczeń, a wiele materiałów ukazujących się w pierwszych numerach miało charakter praktyczny. Kolejne numery kwartalnika

poświęcone były: sekcjom obudowy zmechanizowanej, przenośnikom zgrzebłowym, czy urządzeniom odpylającym. W tamtym czasie z powodu monotematycznych wydań trudno było skupić wokół kwartalnika specjalistów, autorów przyszłych artykułów. W miarę upływu czasu czasopismo zaczęło pozyskiwać zarówno czytelników, jak i autorów publikacji. Coraz chętniej w „Maszynach Górniczych" publikowali pracownicy KOMAG-u, Politechniki Śląskiej, Akademii Górniczo-Hutniczej.

W 1991 roku na czele nowego zespołu redakcyjnego w składzie: Antoni Bienias, Jerzy Jagiellowicz, Marian Kobierski, Zdzisław Penar, stanął ówczesny Dyrektor KOMAG-u Leszek Jarno. Zespół dokonał radykalnych zmian w układzie i zawartości merytorycznej czasopisma. Pierwszy zredagowany zeszyt nr 32/33 miał kolorową okładkę, a zawartość kwartalnika przestała być monotematyczna.

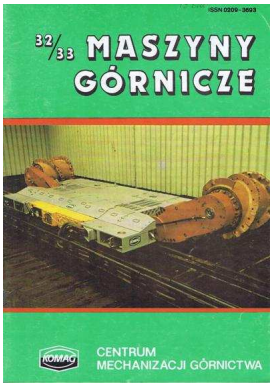
W kolejnych numerach zamieszczano referaty w takich podrozdziałach jak:

- Polskie górnictwo,
- Nowe maszyny i urządzenia,
- Nowe technologie budowy maszyn górniczych,
- Doświadczenia ruchowe,
- Górnictwo światowe.

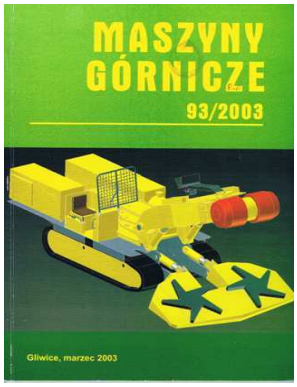
Podział czasopisma na działy miał na celu zróżnicowanie prezentowanych materiałów, pod względem tematyki oraz oczekiwań czytelników. W artykułach przedstawiano zagadnienia związane z pracami konstruktorskimi, badawczo-rozwojowymi, doświadczenia ruchowe oraz opisy konkretnych wdrożeń.

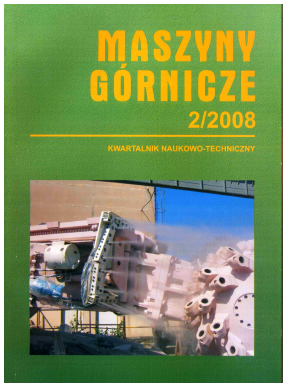
W kolejnych zeszytach zamieszczano referaty z krajowych i międzynarodowych konferencji.

Od 35 numeru „Maszyn Górniczych" do każdego wydania dodawana była wkładka dotycząca komputerowego wspomagania konstruowania i badania maszyn i urządzeń, której redaktorem był prof. dr hab. inż. Ryszard Knosala. Coraz częściej w kolejnych wydaniach pojawiały się artykuły pracowników wyższych uczelni, fabryk maszyn górniczych, czy zagranicznych firm współpracujących z KOMAG-iem.



Do popularyzacji kwartalnika „Maszyny Górnicze" przyczyniły się niewątpliwie Wydania specjalne, w których zamieszczano referaty z organizowanych przez KOMAG konferencji. W kolejnych latach duża liczba referatów spowodowała, że Instytut KOMAG zainicjował wydawanie trzech własnych opracowań konferencyjnych: CYLINDER, KOMEKO i KOMTECH.





Od 78 numeru „Maszyn Górniczych", w czerwcu 1999 roku zmienił się skład Zespołu Redakcyjnego; stanowisko Redaktora naczelnego objął ówczesny Dyrektor Andrzej Meder, a członkami Zespołu zostali Tadeusz Mazurkiewicz, Zdzisław Penar, Ryszard Diederichs, Antoni Kozieł i Zygmunt Śmiejek. Powołano również Radę Programową.

Ukierunkowano czasopismo na prezentację prowadzonych przez KOMAG prac badawczych i rozwojowych, opisy nowych technik i technologii oraz maszyn, jak również urządzeń tworzonych przez polski przemysł maszyn górniczych.

Intencją Zespołu oraz Rady było również promowanie najnowszych rozwiązań stosowanych w polskim górnictwie.

2. Teraźniejszość i zamierzenia na najbliższe lata

Przez minione lata „Maszyny Górnicze" wypracowały sobie opinię kwartalnika o wysokim poziomie merytorycznym. Wprowadzono zmiany w profilu czasopisma, jednak jego główna linia pozostała niezmienna.

Obecny Zespół Redakcyjny w składzie: Antoni Kozieł, Edward Pieczora, Romana Zając oraz Marek Jaszczuk, Adam Klich, Zdzisław Kłeczek, Aleksander Lutyński, Włodzimierz Sikora, Stanisław Szweda, Teodor Winkler, Mariola Podgórska, Anna Okulińska, Magda Szczygłowska, zachowując szacunek dla 30-letniej tradycji czasopisma i jego tytułu, a jednocześnie uwzględniając obecne potrzeby, stara się stale rozszerzać profil kwartalnika o nowe zagadnienia. Obecnie kwartalnik składa się z 25 działów. Oprócz publikacji z dziedzin będących tradycyjnym obszarem zainteresowań, w „Maszynach Górniczych" zamieszczane są również artykuły naukowe i przeglądowe z zakresu m.in. informatyki, ekologii i ochrony środowiska czy organizacji i zarządzania. Stałym elementem kwartalnika jest dział informacyjny *„Warto przeczytać"*, w którym prezentowane są recenzje książek wydawanych przez ITG KOMAG, jak również krótkie opisy bibliograficzne najnowszych publikacji z czasopism zagranicznych.

Corocznie w czterech numerach kwartalnika publikowanych jest około 40 artykułów prezentujących prace naukowe, badawczo-rozwojowe i wdrożeniowe w dziedzinie mechanizacji górnictwa, szczególnie z zakresu: podziemnych systemów mechanizacji kopalń, przeróbki mechanicznej, wpływu systemów mechanizacyjnych na środowisko oraz relacji ergonomicznych człowiek-maszyna.

Obecny Zespół Redakcyjny ma ambicje, aby kwartalnik nadal był atrakcyjnym pismem, w którym prezentowane są najnowsze trendy w naukach technicznych. Intencją Zespołu jest, aby czasopismo było pomostem między teorią i praktyką gospodarczą i aby stanowiło forum wymiany myśli między autorami prac badawczych i konstrukcyjnych, a praktykami i użytkownikami tych rozwiązań.

Ponieważ działalność naukowa podlega ocenie, oceniane są jednostki naukowe, ich pracownicy oraz dorobek publikacyjny. Warto podkreślić, iż od szeregu lat kwartalnik „Maszyny Górnicze" zakwalifikowany jest do tzw. czasopism punktowanych, umieszczonych na liście opracowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Ta nowa rzeczywistość wymaga od Zespołu Redakcyjnego kwartalnika realizacji stałej, twórczej strategii dla utrzymania tworzącego prestiżowego i aspiracyjnego wizerunku „Maszyn Górniczych". Opracowany w 2011 roku nowy system kryteriów i zasad oceny czasopism naukowych dla potrzeb kompleksowej oceny jakości działalności naukowej lub badawczo-rozwojowej jednostki naukowej (Dz. U. Nr 96 poz. 615 oraz z 2011 r. Nr 84, poz. 455) wymagał od redakcji czasopism punktowanych wprowadzenia szeregu nowych rozwiązań. Stąd też w 2012 roku Redakcja „Maszyn Górniczych" wprowadziła szereg nowych zasad w cyklu wydawniczym, między innymi takich jak [4]:

- wymóg od autorów publikacji ujawnienia wkładu poszczególnych autorów w powstanie publikacji tzw. zapora *ghostwriting,*
- wskazanie, która wersja wydawanego czasopisma jest główną wersją (deklaracja o wersji pierwotnej),
- wymóg współpracy z redaktorem językowym,
- wymóg współpracy z redaktorem statystycznym, kontrolującym poprawność prowadzonych przez autorów metod statystycznych,
- wymóg prowadzenia określonych działów przez redaktorów tematycznych**,**
- wprowadzenie zasady powoływania co najmniej dwóch niezależnych recenzentów (model, tzw. „*double-blind review proces*").

Warto podkreślić, iż kwartalnik „Maszyny Górnicze" jest indeksowany w bazie polskich czasopism technicznych - BazTech, która jest najważniejszą polską bazą danych o zawartości czasopism technicznych. Rejestruje ona artykuły z polskich czasopism z zakresu nauk technicznych oraz nauk ścisłych i ochrony środowiska i jest jednym z zasobów Wirtualnej Biblioteki Nauki. Uwzględnienie „Maszyn Górniczych" w bazie gwarantuje [3]:

- dostarczanie informacji o publikacjach naukowych w polskich czasopismach,

- promocję dorobku polskiej myśli naukowej i technicznej,
- udostępnianie pełnych tekstów publikacji rejestrowanych w bazie, na podstawie umów z wydawcami,
- wspieranie ruchu Open Access.

Warto podkreślić, iż zasoby BazTech są indeksowane przez Google Scholar, Google i WorldWideScience.org.

Obecnie trudno już sobie wyobrazić codzienne funkcjonowanie praktyki naukowej bez dostępu do elektronicznych wersji publikacji, które stały się integralnym elementem dorobku naukowego, dlatego też Redakcja kwartalnika od kilku lat rozbudowuje stronę internetową czasopisma (http://komag.eu/wydawnictwa/maszyny-gornicze). Strona zawiera najistotniejsze informacje o czasopiśmie, wskazówki dla autorów i recenzentów, informacje redakcyjne. W ostatnim roku, zgodnie propagowaną polityką MNiSW, dotyczącą otwartego dostępu do danych i publikacji wydawca kwartalnika - Instytut Techniki Górniczej KOMAG umożliwił bezpłatny dostęp on-line do archiwum „Maszyn Górniczych", które obejmuje numery kwartalnika od 2005 do 2011 roku.

Redakcja ma nadzieję, że dostępne w archiwum informacje wpłyną na poszerzenie wiedzy, jak również przyniosą wymierne korzyści autorom, jak i odbiorcom treści naszego wydawnictwa [5].

3. Podsumowanie

Jubileusz 30-lecia istnienia czasopisma, oraz jego dorobek można pokrótce scharakteryzować w następujący sposób. W trakcie 30 lat działalności, wydano 134 numery kwartalnika, w których zamieszczono 1345 artykułów. Przegląd prac opublikowanych w „Maszynach Górniczych" dokumentuje drogę rozwoju jaką przeszło polskie górnictwo oraz ukazuje zmieniające się trendy i priorytety.

Wachlarz zagadnień poruszanych w kwartalniku „Maszyny Górnicze" jest bardzo szeroki: od aspektów czysto ruchowych, badawczych i projektowych, po tematykę związaną z zarządzaniem. Można stwierdzić, że na przestrzeni trzydziestu lat „Maszyny Górnicze" udostępniły czytelnikom szereg informacji z zakresu technologii i metod produkcji, postępu technologicznego w budowie maszyn i urządzeń górniczych, doboru materiałów i normalizacji urządzeń oraz ich elementów. W kwartalniku przekazywano również doświadczenia produkcyjne, informacje o nowych sposobach wykonywania urządzeń i innowacyjności ich konstrukcji.

Ten pokaźny dorobek był możliwy dzięki zaangażowaniu Autorów publikujących swoje artykuły w naszym czasopiśmie. Pragniemy w tym miejscu wyrazić im szczerą wdzięczność i podziękowania za włożony trud autorski. W kształtowaniu i rozwoju pisma należy podkreślić również ogromny udział wielu wybitnych profesorów. W imieniu Redakcji składamy podziękowania wszystkim osobom, które współtworzyły „Maszyny Górnicze".

W ciągu tego długiego okresu, w Redakcji pracowało wiele osób. Redaktorzy dbali o zawartość merytoryczną, graficy i redaktorzy techniczni - o wygląd czasopisma. Mamy nadzieję, że koleżanki i koledzy, którzy w ciągu tych 30 lat współtworzyli kwartalnik, wybaczą, że nie wymieniliśmy ich wszystkich.

Jeszcze liczniejsze było i jest grono osób współpracujących z kwartalnikiem. To przede wszystkim autorzy, wywodzący się głównie z Instytutu Techniki Górniczej KOMAG, Politechniki Śląskiej, Akademii Górniczo-Hutniczej oraz innych placówek naukowych, urzędów i producentów. W kształtowaniu naszego czasopisma niezwykle pomocna jest Rada Programowa.

Przede wszystkim jednak podziękowania należą się wszystkim naszym Czytelnikom. Bez Was nie byłoby czasopisma i tak pięknego Jubileuszu. Ze swojej strony pragniemy zapewnić, że Zespół Redakcji dołoży wszelkich starań, aby zawartość merytoryczna odpowiadała Waszym oczekiwaniom. Zapraszamy na stronę internetową naszego czasopisma. Mamy nadzieję, że dzięki niemu grono naszych Czytelników powiększy się i będziemy mieli kolejne jubileusze.

Literatura

1. Penar Z.: Sto edycji czasopisma „Maszyny Górnicze" prezentacją mechanizacji polskiego górnictwa. Maszyny Górnicze 2004 nr 100.
2. Maszyny Górnicze 1983 nr 1, „Od redakcji"
3. http://baztech.icm.edu.pl/
4. http://www.nauka.gov.pl/nauka/informacje-dla-kierownikow-jednostek-naukowych/
5. http://komag.eu/wydawnictwa/maszyny-gornicze

W artykule zaprezentowano wybrane okładki kwartalnika pochodzącego ze zbiorów archiwalnych ITG KOMAG

Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2013 r.

Prof. dr hab. inż. Teodor WINKLER
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Przyczynek do historii rozwoju metod i narzędzi komputerowego wspomagania projektowania w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG

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

W artykule przedstawiono rys historyczny rozwoju metod komputerowego wspomagania projektowania w Instytucie KOMAG. Omówiono początkowy okres rozwoju oparty na komputerach typu Mainframe, który w głównej mierze poświęcony był wdrażaniu metod obliczeniowych stosowanych w projektowaniu maszyn górniczych. Wprowadzenie komputerów osobistych rozszerzyło zakres prac projektowych objętych komputerowym wspomaganiem. Obok obliczeń metodą elementów skończonych, przeprowadzano zaawansowane analizy konstrukcji, zaś w miarę rozwoju peryferyjnych urządzeń graficznych, również dokumentacja konstrukcyjna w coraz większym stopniu tworzona była w programach CAD. Zmiany systemowe, jakie zaszły w Polsce w 1989 roku wpłynęły znacząco na zakres prowadzonych prac naukowo-badawczych. Metody wspomagania komputerowego weszły do pozostałych, poza projektowaniem, faz cyklu życia maszyn i urządzeń górniczych. Odbiciem tego są takie pojęcia, jak: wirtualne prototypowanie, wirtualne środowisko pracy, technologie informacyjno-komunikacyjne (ICT). Znalazły one zastosowanie w utrzymaniu ruchu maszyn górniczych, szkoleniach załóg zakładów górniczych, kształtowaniu bezpiecznych metod pracy, ochronie zdrowia.

S u m m a r y

Historical background of development of methods and tools for computer aided designing at the KOMAG Institute of Mining Technology is presented. The initial period of development based on Mainframe computers, in which mainly computational methods used for designing the mining machines were implemented, is discussed. Introduction of personal computers extended the range of computer aided designing work. In addition to FEM calculations, advanced analyses of the structure were made, and with a development of peripheral graphic devices the design documentation was also more and more often created in CAD programmes. System changes in Poland in 1989 had a significant impact on the range of scientific and research work. Computer aiding methods were then used in other phases of life of mining machines and equipment. It was expressed by such terms as: virtual prototyping, virtual working environment, and information and communications technologies (ICT). The methods are used in the maintenance of mining machines, training of teams in mining plants, shaping the safe work methods and health protection.

1. Wprowadzenie

Historia rozwoju metod komputerowo wspomaganego projektowania nie jest długa, niemniej wystarczająco długo trwająca, by nagromadziło się dość faktów, które mogą ulec zapomnieniu, jeśli się w porę o nich nie przypomni. Ta krótka, z pozoru, historia zawiera jednakże tyle wątków, że opisanie ich w jednym artykule nie jest możliwe. Stąd niniejszy tekst może mieć jedynie charakter przyczynku opartego na pewnym fragmencie faktów i dokumentów. Jubileusz Maszyn Górniczych skłania do tego rodzaju opracowań, tym bardziej, że na łamach tego czasopisma znajdujemy liczne przykłady dokumentowania rozwoju metod wspomagania komputerowego. Niektóre z opisywanych pomysłów i rozwiązań są jeszcze w pamięci wielu osób, przez co mogą one być różnie postrzegane, rozumiane i oceniane. Zamiarem autora jest przedstawienie wybranego wycinka historii w oparciu na udokumentowanych, osobistych doświadczeniach zebranych podczas pracy w różnych zespołach badawczych i projektowych, z których wiele już nie istnieje, a które ukształtowały podwaliny Instytutu KOMAG w jego dzisiejszym kształcie. Właśnie z powodu subiektywnego wyboru materiałów przez autora, duża część tego, co należy do historii rozwoju metod wspomagania komputerowego w Instytucie KOMAG, nie została tu przedstawiona.

Na potrzeby tego tekstu, za Prof. J. Dietrychem przyjęto, że działania twórcze związane z obmyślaniem środków technicznych tworzą proces projektowo-konstrukcyjny. Zaś za wspomaganie komputerowe uznaje się zastosowanie komputerów do wykonywania czynności doboru, oceny i zapisu cech konstrukcyjnych obmyślanego środka technicznego [11].

2. Początki komputerowego wspomagania

Przez wiele dziesiątków lat wygląd biur konstrukcyjnych był mniej więcej jednakowy. Obszerne sale wypełnione rzędami desek kreślarskich, za którymi stali konstruktorzy zapełniający rysunkami arkusze kalki

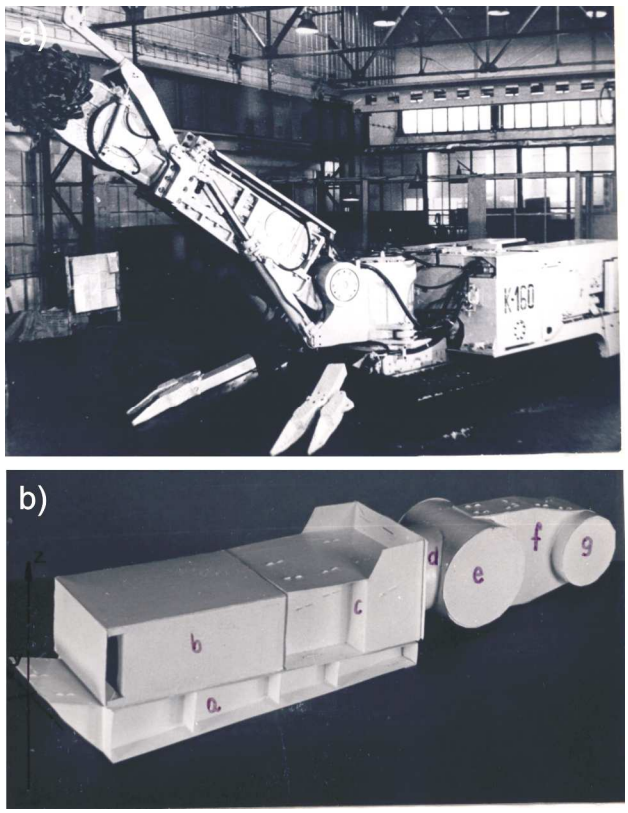
kreślarskiej. Następnie rysunki wykonane w ołówku kreślarze wykreślali na gotowo w tuszu, rysunek 1.

Rys.1. Tradycyjna sala kreślarska [ITG KOMAG]

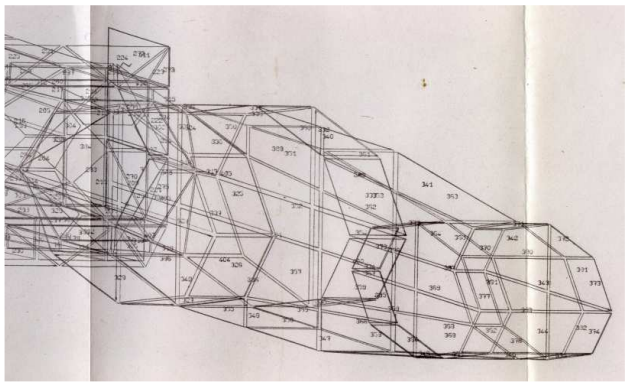
Pojawienie się pierwszych komputerów typu Mainframe (ODRA, RIAD) w latach 60. i 70. ubiegłego stulecia, dało impuls do zastosowania ich w procesie projektowania. Były one zazwyczaj zlokalizowane w ośrodkach Elektronicznej Techniki Obliczeniowej (ETO), afiliowanych przy wielu biurach projektowych i konstrukcyjnych. Sama nazwa sugerowała już zakres zastosowań ówczesnych komputerów. Ten początkowy okres wspomagania komputerowego w Instytucie KOMAG jest nierozerwalnie związany z osobą, nieżyjącego już, dr. inż. Michała Zacharskiego.

Ośrodek Elektronicznej Techniki Obliczeniowej KOMAG-u wyposażony w komputer RIAD 32 i ploter stołowy BENSON, zlokalizowany był w wytwórni FAZOS w Tarnowskich Górach. Obliczenia inżynierskie (obliczenia wartości cech konstrukcyjnych) i związany z nimi burzliwy rozwój zastosowań metody elementów skończonych były wtedy w centrum wspomagania komputerowego. Wsadowy tryb przetwarzania, brak graficznych urządzeń wejściowych i wyjściowych, znacznie ograniczały i utrudniały powszechne stosowanie tej formy wspomagania. Niemniej pierwsze analizy wytrzymałościowe sekcji obudów zmechanizowanych wskazywały na przydatność metody elementów skończonych w weryfikacji rozwiązań konstrukcyjnych, zaś wiarygodność tych obliczeń poparta była analizami porównawczymi z wynikami badań stanowiskowych [16].

O skali trudności, na jakie napotykano wtedy podczas formułowania zadań obliczeniowych świadczy przykład pokazany na rysunku 2 [4]. Przedstawia on kombajn chodnikowy K-160 (rys. 2a), w odniesieniu do którego wyznaczono naprężenia panujące w ramieniu pod wpływem obciążeń roboczych. W celu zbudowania siatki elementów skończonych wykonano model z kartonu, który umieszczono w układzie współrzędnych, zaś poszczególne jego ściany podzielono na elementy czworokątne i trójkątne oznaczone numerami, rysunek 2b.



Rys.2. Kombajn chodnikowy K-160 (a) i pomocniczy model ramienia (b) [4]

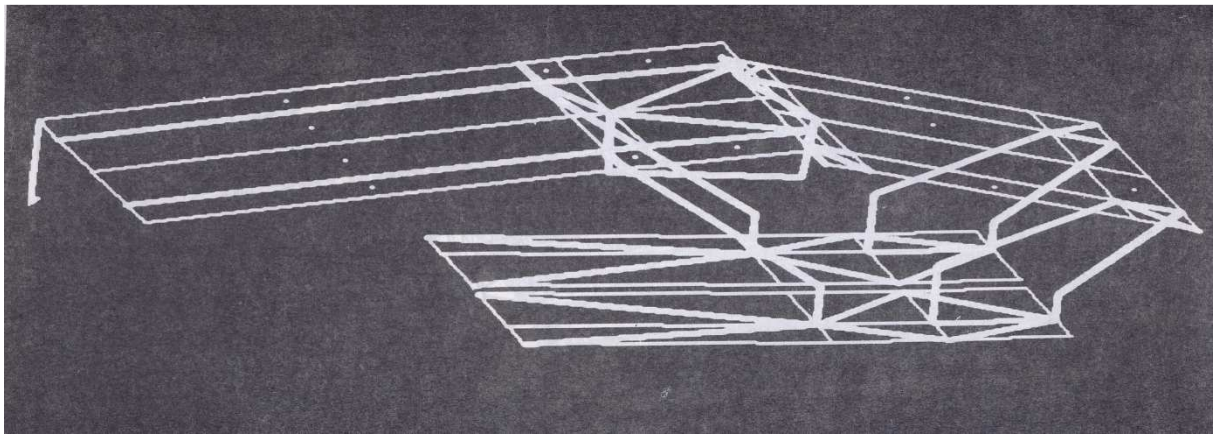


Rys.3. Rysunek kontrolny poprawności definiowania siatki elementów skończonych [4]

Współrzędne 312 punktów węzłowych przeniesiono do programu. Rysunek kontrolny siatki pokazano na rysunku 3. Obliczone wartości naprężeń przedstawiane były w formie tabelarycznej, co oczywiście utrudniało analizę wyników.

Wprowadzenie tzw. stacji roboczych VAX 3100 i VAX 3400, wyposażonych w monitory graficzne wraz z systemem PAFEC FE, znacznie usprawniło tworzenie modeli obliczeniowych i przyspieszyło obliczenia.

Model obliczeniowy tworzony był z elementów płytowych oraz prętowych i w dużym uproszczeniu przedstawiał postać konstrukcyjną projektowanej maszyny. Na rysunku 4 widoczny jest model odkształconej sekcji obudowy zmechanizowanej GLINIK-08/22 obciążonej niesymetrycznie przyłożoną siła skupioną,



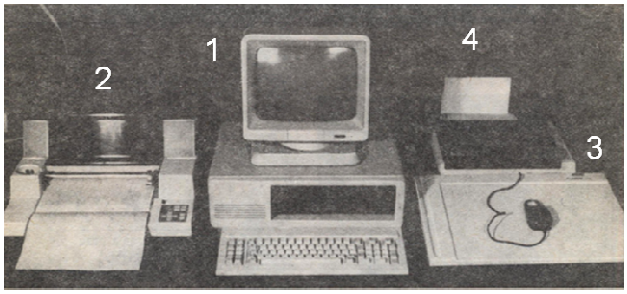
Rys.4. Model odkształconej sekcji obudowy zmechanizowanej GLINIK-08/22 [15]

w którym stropnica, spągnica i osłona odzawałowa odwzorowane są za pomocą płyt, zaś stojaki hydrauliczne przedstawione są jako pręty [15].

3. Komputerowe wspomaganie doboru i zapisu cech konstrukcyjnych

3.1. Komputerowe wspomaganie wczesnych faz procesu projektowego

Prawdziwy przełom we wspomaganiu komputerowym dokonał się w połowie lat 80. XX wieku za sprawą komputerów osobistych PC (ang. *Personal Computer*) oraz interaktywnego oprogramowania graficznego wspomagającego tworzenie dokumentacji rysunkowej. Narzędzia wspomagające proces projektowania trafiły bezpośrednio na miejsce pracy inżyniera i zwiększyły jego możliwości konstrukcyjne. Zbiegło się to w czasie z rozpoczęciem prac rozwojowych nad nową generacją kombajnów do urabiania pokładów niskich, którą otwierał kombajn KGS 245. Był on tworzony w Zakładzie Kombajnów zlokalizowanym w FMG FAMUR. Tam też zainstalowany został komputer PC klasy XT z monitorem o przekątnej 14', Amber. Rysunki tworzone były w systemie AutoCAD 2.63 i drukowane na ploterze formatu A3. Zestaw taki pokazano na rysunku 5 [11].



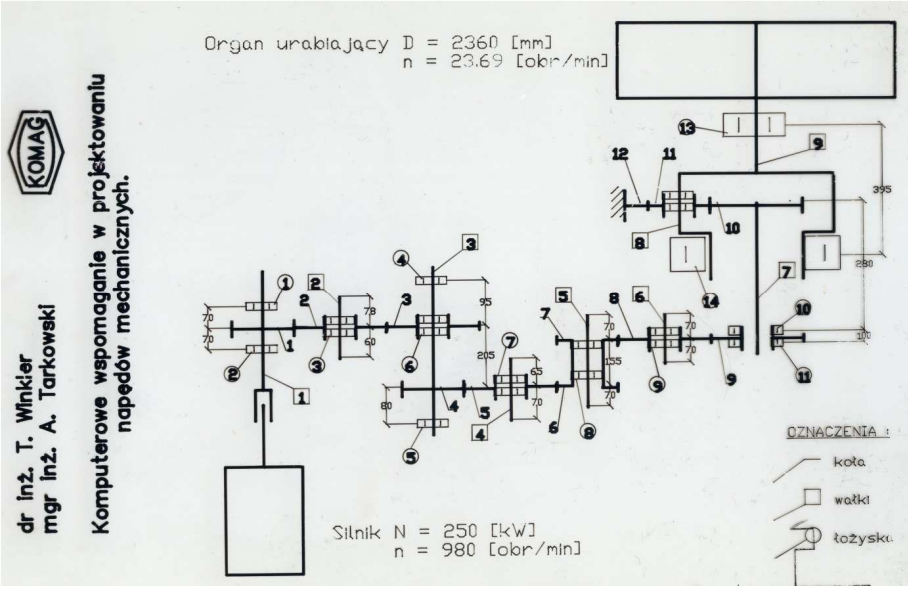
Rys.5. Konfiguracja składająca się z komputera (1), plotera (2), tabletu (3) i drukarki (4) [11]

W skład tej konfiguracji wchodził również tablet (3), na którym kładziono plansze z wydrukowanym menu z poleceniami lub symbolami graficznymi. Widoczna na tablecie lupa służyła do wybierania elementów menu.

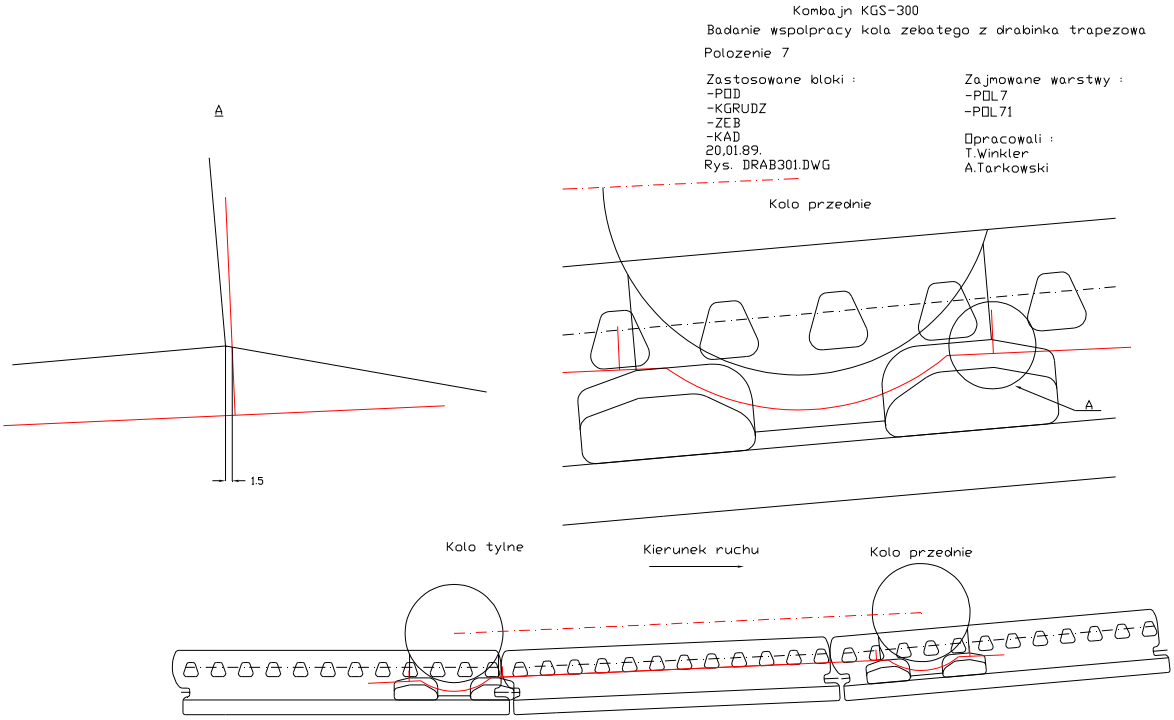
Interaktywne oprogramowanie graficzne, oprócz szybszego tworzenia dokumentacji rysunkowej, pozwalało również na prowadzenie wielu analiz już we wczesnych fazach procesu projektowego. Nowe metody projektowania spotkały się z przychylnym przyjęciem. Doświadczeni konstruktorzy: Jacek Cyruło, Stanisław Kostrzewski, Bogusław Styrski zgłaszali z dużym wyczuciem zadania, które mogły być wspomagane komputerem. Młodsi wiekiem konstruktorzy: Andrzej Mazurkiewicz, Jan Dziura, Ryszard Bednarz w coraz większym zakresie korzystali ze wspomagania w swoich bieżących zadaniach konstrukcyjnych.

Ograniczone wymiary zewnętrzne kombajnów do pokładów niskich oraz potrzeba instalowania coraz większych mocy, wywołała konieczność wielokrotnego przeliczania przekładni zębatych, wałków i łożysk tocznych. Opracowane wtedy programy obliczeń sprawdzających dla przekładni o zazębieniu czołowym, dla przekładni planetarnych, oraz dla wałków i łożysk pozwoliły na minimalizowanie wymiarów elementów napędów. Znacznie przyspieszały również czas obliczeń wielu par zazębionych ze sobą kół zębatych, rysunek 6.

Coraz szersze stosowanie bezcięgnowego napędu kombajnów ścianowych wywołało potrzebę przeprowadzenia analiz współpracy koło napędowe (tzw. gwiazda) – zębatka. Rozważane były różne warianty uzębienia koła i zębatki oraz ich możliwej interferencji spowodowanej zaburzeniami podziałki zębów na sąsiadujących ze sobą sekcjach przenośnika zgrzebłowego. Stosunkowo długie kombajny były wrażliwe na pokonywanie zagłębień i wybrzuszeń spągu. Dokładna analiza kinematyczna kolejnych faz ruchu kombajnu wykonywana na ekranie monitora pozwoliła na znalezienie właściwego położenia kół i płóz mechanizmu jazdy, rysunek 7.



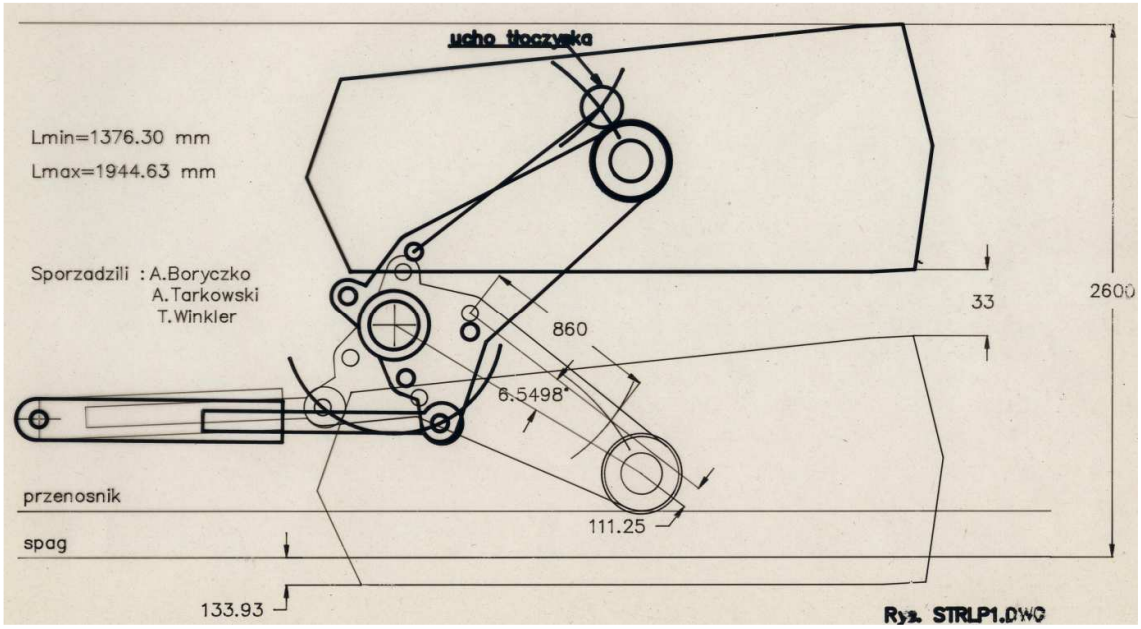
Rys.6. Schemat kinematyczny organu urabiającego [dokumentacja ITG KOMAG]



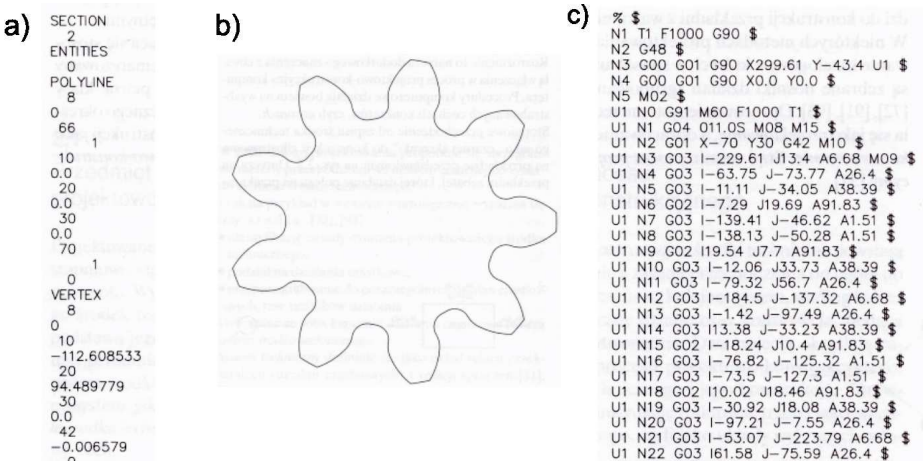
Rys.7. Badanie współpracy koła zębatego z zębatką trapezową podczas pokonywania nierówności spągu [dokumentacja ITG KOMAG]

Analizy kinematyczne mechanizmów podnoszenia ramion kombajnów ścianowych były stosowane do wyznaczania punktów podparcia i skoku siłowników hydraulicznych, w celu osiągnięcia wymaganych wysokości urabiania. Wyznaczanie granicznych kątów opuszczania ramienia podczas podbierania spągu wymagało czasochłonnych analiz z użyciem wielu rysunków. Wyznaczenie na ekranie monitora położenia ramienia, przy którym „gardziel" kadłuba ramienia opierała się o rynnę przenośnika trwało zdecydowanie krócej.

Analizy kinematyczne stosowane były także w opracowaniu koncepcji innowacyjnych maszyn urabiających. Jedną z nich był tzw. strugołupacz według pomysłu dr. inż. Wacława Warachima. Łączył on cechy kombajnu ścianowego i struga. Na ramieniu kombajnu umieszczona była skrzynia, wewnątrz której znajdowały się aktywne noże udarowe wypychane hydraulicznie, które jednocześnie uderzały w caliznę i ją strugały. Dawało to lepszy sortyment węgla. Układ kinematyczny podnoszenia ramienia miał zapewnić właściwą wysokość urabiania i właściwe ułożenie skrzyni, rysunek 8 [10].



Rys.8. Analiza układu kinematycznego ramienia strugołupacza [dokumentacja ITG KOMAG]

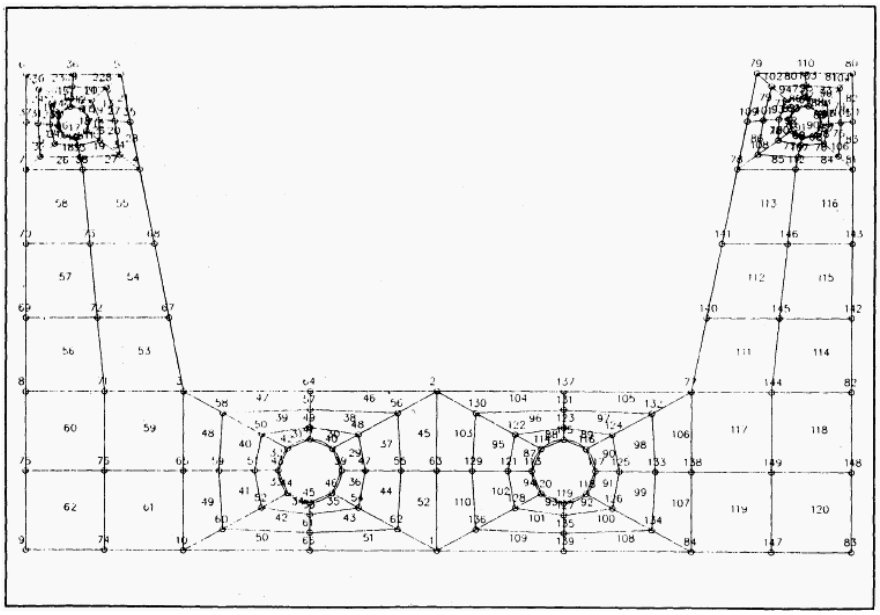


Rys.9. Kolejne kroki tworzenia szablonu koła zębatego (a, b) oraz programu sterującego palnikiem NC [11]

Otwarta architektura programów CAD oraz ich programowalność otworzyły możliwość kojarzenia zewnętrznych programów obliczeniowych z funkcjami graficznymi. Na rysunku 9a pokazano wynik działania programu obliczającego zarysy zębów koła napędowego mechanizmu jazdy kombajnu, w formie pliku w formacie DXF. Plik ten wczytany do programu CAD, generował zarys uzębienia koła zębatego, rysunek 9b. Pierwsze koła napędów bezcięgnowych były wypalane na palnikach plazmowych sterowanych fotokomórką przesuwającą się nad szablonem papierowym. Ręczne rysowanie szablonu dla koła zębatego o zewnętrznej średnicy rzędu 0,6 m z 13 zębami na obwodzie, było nie lada wyzwaniem kreślarskim, które często po trwającym całą „dniówkę" kreśleniu kończyło się niepowodzeniem. W porównaniu z tym, wykreślenie szablonu przez program było błyskawiczne i dokładne. W późniejszych rozwiązaniach, oprócz rysunku koła, generowany był także program przeznaczony do palnika sterowanego numerycznie, rysunek 9c.

Opracowany został program wspomagający tworzenie siatek MES w formacie wymaganym przez wspomniany już system PAFEC FE. Były one tworzone w programie AutoCAD, na komputerach klasy PC na tle postaci konstrukcyjnej projektowanych elementów, a następnie wczytywane do programu PAFEC NE na stacji roboczej VAX 3400, w którym przeprowadzane były obliczenia (por. pkt. 2). W ten sposób połączono szybkie tworzenie i modyfikowanie postaci konstrukcyjnej w systemie CAD z możliwościami obliczeniowymi systemu MES. Przyspieszono w ten sposób analizy wytrzymałościowe podczas tworzenia wariantów konstrukcji [1]. Na rysunku 10 pokazano wygenerowaną siatkę złożoną z 149 węzłów i 116 elementów MES, na tle płaskiego elementu z blachy.

Ten rozległy wachlarz zadań był wykonywany na jednym stanowisku roboczym obsługiwanym przez dwie osoby: A. Tarkowski i piszący te słowa. Było to znacznym ograniczeniem organizacyjnym, które nie wpłynęło jednakże ujemnie na rozwój przydatnych metod i narzędzi.



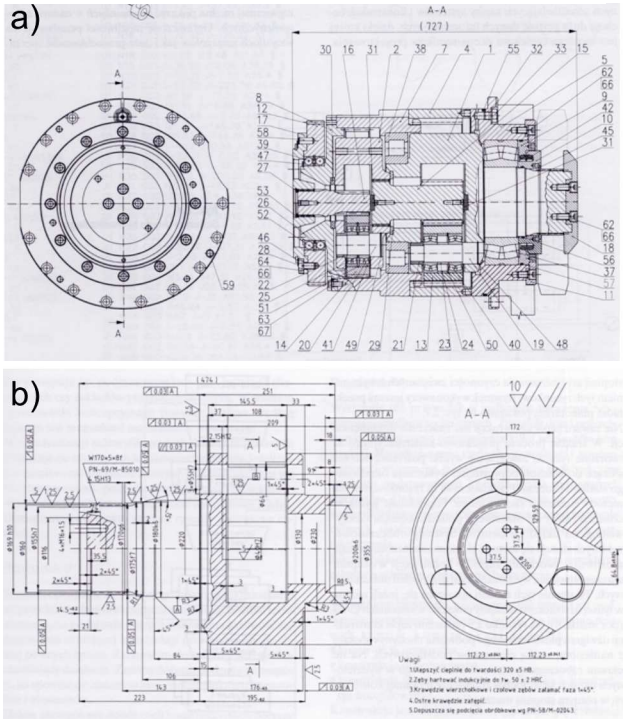
Rys.10. Model obliczeniowy dla płaskiego elementu z blachy [1]

Upowszechnienie metod komputerowego wspomagania poprawiły wydawane z inicjatywy ówczesnego Sekretarza Naukowego prof. Ryszarda Knosali, wkładki do Maszyn Górniczych: Komputerowe wspomaganie konstruowania i badania maszyn. Publikowane tam były wyniki prac z zakresu komputerowego wspomagania.

3.2. Komputerowe wspomaganie tworzenia dokumentacji konstrukcyjnej

W miarę upływu czasu nastąpiła coraz to większa specjalizacja oprogramowania CAD. Ukazywały się polskie wersje programów adresowanych do inżynierów mechaników. Takim programem był np. GENIUS. Uzupełniał on podstawowy program graficzny, jakim był AutoCAD, o „inteligentne" funkcje wymiarowania, tzw. linie konstrukcyjne, biblioteki elementów znormalizowanych, znaków rysunkowych i wiele innych przydatnych pomocy, dzięki czemu znakomicie przyspieszał tworzenie dokumentacji rysunkowej. Rysunki wykonawcze elementów obrotowych: wałków i kół zębatych były wspomagane specjalnym zestawem pomocy. Tworzenie rysunków złożeniowych usprawniło wprowadzenie tzw. odnośników, przez co powstawały relacje pozwalające na współbieżne wprowadzanie zmian konstrukcyjnych.

Zmianom na poziomie rysunku złożeniowego towarzyszyły zmiany rysunków warsztatowych elementów. Z kolei każda zmiana wprowadzona na rysunku elementu, ukazywała się na rysunku złożeniowym. Przyspieszyło to w sposób istotny modyfikacje dokumentacji. Przykłady rysunku złożeniowego przekładni planetarnej i rysunku wykonawczego jarzma wykonanych za pomocą opisanych narzędzi pokazano na rysunkach 11 a i b.



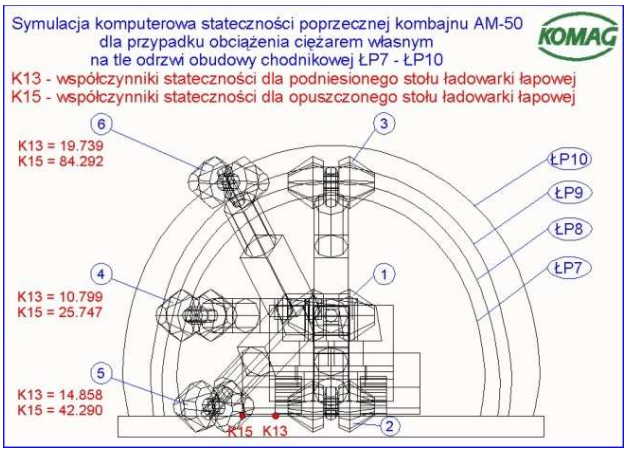
Rys.11. Rysunek złożeniowy przekładni planetarnej (a) i rysunku wykonawczego jarzma (b) [11]

Wzrost liczby stanowisk wyposażonych w programy CAD spowodował, że coraz to większa część dokumentacji była tworzona w środowisku komputerowym.

3.3. Modelowanie geometrycznych cech konstrukcyjnych

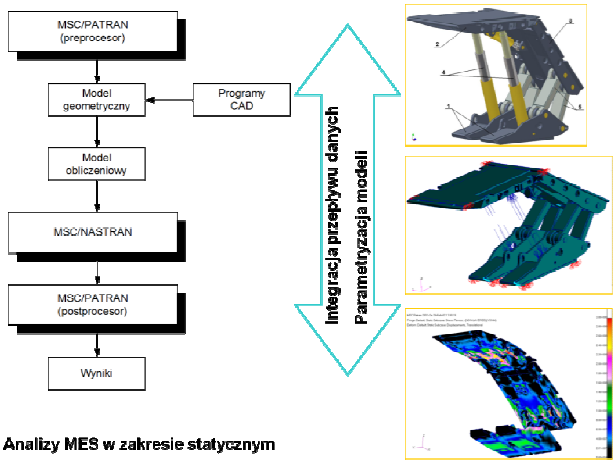
Już pierwsze wersje programów CAD umożliwiały tworzenie trójwymiarowych modeli geometrycznych. Były to proste modele krawędziowe złożone z odcinków linii prostych i łuków. Wystarczały one do prostej wizualizacji niezbyt złożonych obiektów. Większe

możliwości odwzorowania postaci konstrukcyjnej dawały modele powierzchniowe. W połączeniu z możliwościami programowania systemu AutoCAD pozwalało to na zaawansowane analizy konstrukcyjne. Na rysunku 12 pokazano wyniki analizy stateczności kombajnu chodnikowego AM-50 [2]. Do modeli powierzchniowych zespołów kombajnu przyporządkowano środki ciężkości wraz z przypisanymi do nich masami. Program w języku AutoLISP analizował rysunkową bazę danych, identyfikował położenie zespołów w przestrzeni, obliczał momenty wywracające i ustalające względem zdefiniowanych krawędzi wywrotu oraz wyznaczał współczynniki stateczności kombajnu. Dodatkowe funkcje umożliwiały ustawianie osprzętu kombajnu w określonych położeniach.



Rys.12. Badanie stateczności kombajnu chodnikowego [2]

Pojawienie się modeli bryłowych pozwoliło na niemal fotorealistyczne odwzorowanie szczegółów konstrukcyjnych modelowanych obiektów. Narzędzia modelowania stosowane np. w programie INVENTOR są łatwe i intuicyjne w stosowaniu.

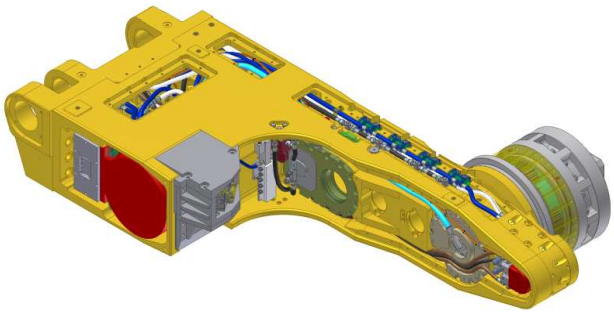


Rys.13. Wirtualne prototypowanie według kryterium wytrzymałościowego [8]

Struktura modelu jest przejrzysta i dzięki temu ułatwia modelowanie złożonych zespołów.

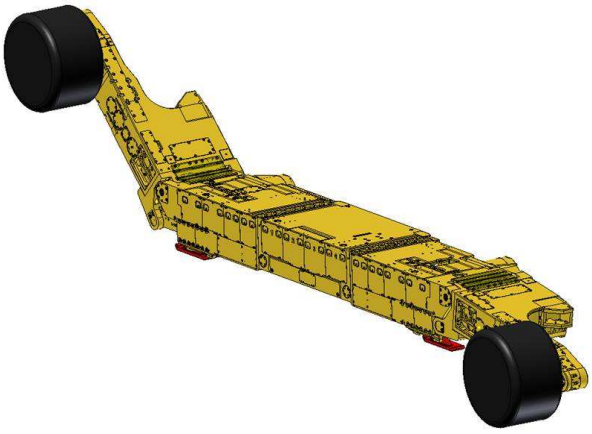
Geometryczne modele przestrzenne eksportowane są do programów metody elementów skończonych, gdzie po przekształceniu w modele obliczeniowe, stosowane są w wirtualnym prototypowaniu według kryterium wytrzymałościowego, rysunek 13 (por. pkt. 4.1).

Stosowanie tzw. więzów rysunkowych pozwala na szybkie kojarzenie elementów ze sobą i na badanie ewentualnych kolizji między nimi. Przechodzenie od modeli przestrzennych do rysunków w rzutach prostokątnych znakomicie przyspiesza wykonanie dokumentacji warsztatowej. Obok elementów mechanicznych, modelowane są także instalacje hydrauliczna, wodna, powietrzna, smarująca. Stopień szczegółowości współczesnych modeli geometrycznych ilustruje przykład ramienia kombajnu ścianowego, rysunek 14 [18].



Rys.14. Model geometryczny ramienia kombajnu ścianowego [18]

Z kolei stopień złożoności modeli geometrycznych przedstawia przykład kombajnu ścianowego, rysunek 15.



Rys.15. Model kombajnu ścianowego [22]

Modele geometryczne systemów maszynowych, maszyn i ich zespołów są stosowane do budowania wirtualnego środowiska pracy oraz do tworzenia interaktywnych instrukcji obsługi maszyn (por. pkt. 4.2).

4. Komputerowe wspomaganie zadań inżynierskich w cyklu życia maszyn i urządzeń górniczych

Po przeobrażeniach, jakie zaszły w Polsce po 1989 roku, zmianom uległa zarówno struktura organizacyjna Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, jak i zakres oraz tematyka realizowanych zadań. Wytwórnie

maszyn i urządzeń górniczych w znacznej mierze przejęły prace projektowo-konstrukcyjne wielu typów maszyn. Środek ciężkości aktywności KOMAG-u przesunął się z prac konstrukcyjnych, w kierunku prac badawczo-naukowych prowadzonych w dużej mierze w formie grantów finansowanych przez ówczesny Komitet Badań Naukowych. Ich przedmiotem były prace rozwojowe i studialne, które wychodziły poza zakres prac projektowych.

Ożywiła się współpraca z zagranicą. W latach 2002-2005 KOMAG był koordynatorem Centrum Doskonałości MECHSYS, finansowanego przez 5 Program Ramowy. W tych samych latach KOMAG należał do sieci NESMI (Network on European Sustainable Mining and Processing Industry) skupiającej wiele instytucji o charakterze badawczo-rozwojowym. Zaowocowało to nawiązaniem współpracy z wieloma ośrodkami naukowo-badawczymi, z którymi zaczęto realizować wspólne projekty badawcze. Pierwszym projektem finansowanym przez Europejski Fundusz Badawczy Węgla i Stali (Research Fund for Coal ans Steel, RFCS) był IAMTECH (Increasing the Efficiency of Roadway Drivages through the application of Advanced Information, Automation and Maintenance Technologies) realizowany w latach 2003 – 2006.

W wyniku opisywanych zmian pojawiły się nowe wątki badawcze, które w coraz to większym stopniu obejmowały tematy inne, aniżeli projektowanie, jak np.: utrzymanie ruchu, kształtowanie bezpiecznych warunków pracy, szkolenia pracowników zakładów górniczych i wytwórni maszyn. Metody i narzędzia stosowane dotychczas we wspomaganiu prac projektowo-konstrukcyjnych, znalazły zastosowanie we wspomaganiu zadań inżynierskich występujących w pozostałych fazach cyklu życia maszyn i urządzeń górniczych.

4.1. Wirtualne prototypowanie

Budowa materialnych prototypów maszyn jeszcze do niedawna była jedynym sposobem weryfikacji rozwiązań konstrukcyjnych, przed dostarczeniem maszyny na rynek. Współczesne maszyny górnicze tworzące pod ziemią złożone *systemy antropotechniczne*, są wytwarzane przez różnych producentów oddalonych geograficznie i nie posiadających możliwości zbadania współpracy poszczególnych składników systemu ze sobą w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Systemy te są montowane i uruchamiane jako całość po raz pierwszy dopiero pod ziemią [12].

Z uwagi na coraz to bardziej zróżnicowane wymagania użytkowników maszyn górniczych, są one wytwarzane w krótkich seriach lub w pojedynczych egzemplarzach. Stąd koszty prototypowania materialnego nie rozkładają się na większą liczbę produkowanych maszyn.

Te i inne ograniczenia związane z badaniem prototypów materialnych, skłaniały do poszukiwań nowych metod. Jedną z nich jest metoda *wirtualnego prototypowania* (ang. Virtual Prototyping), która polega na weryfikacji modeli komputerowych maszyn za pomocą symulacji komputerowych w stanach, w jakich maszyna może się znaleźć w warunkach rzeczywistych [8, 13]. Nie wyklucza to badań prototypów materialnych, lecz pozwala na ich ograniczenie i lepsze ukierunkowanie.

Prototypy wirtualne oceniane są w świetle kryteriów. Niektóre z nich to:

- kryterium funkcjonalne,
- kryterium wytrzymałościowe,
- kryterium możliwości wytwórczych,
- kryterium ergonomii,
- kryterium bezpieczeństwa,
- kryterium ochrony zdrowia.

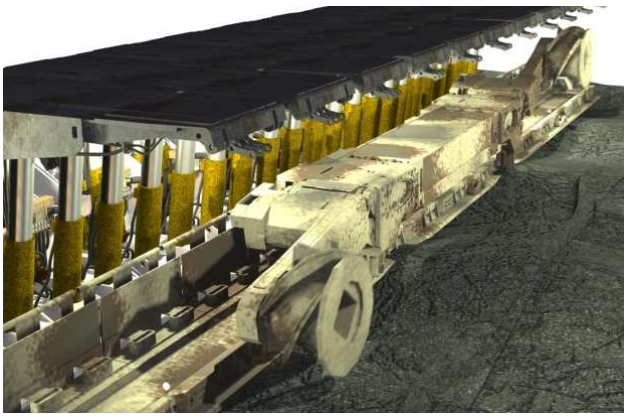
Kryteria prototypowania można przyrównać do różnych stanowisk badawczych, na których badane są prototypy materialne. Prototyp wirtualny tego samego środka technicznego przechodzi kolejne „stanowiska badawcze" opisane przez te kryteria. Wirtualne prototypowanie przebiega w środowisku programów opartych o szczegółowe metody inżynierskie, takie jak:

- metoda elementów skończonych (MES),
- metoda elementów brzegowych (ang. Boundary Element Method, BEM),
- analiza układów wieloczłonowych (ang. Multi-Body System, MBS),
- komputerowa dynamika płynów (ang. Computational Fluid Dynamic, CFD),
- modelowanie cech antropometrycznych (Human Body Modeling).

Wirtualne prototypy badane są w wybranych stanach, w jakich maszyna może się znaleźć w warunkach rzeczywistych. Są to tzw. stany kryterialne: robocze i awaryjne.

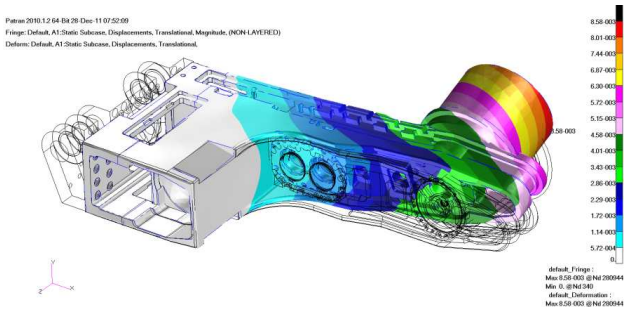
Rzeczywiste cechy konstrukcyjne maszyn, cechy antropometryczne ludzi, procesy i zjawiska zachodzące podczas eksploatacji maszyn zostają odwzorowane w *wirtualnym środowisku pracy* w formie modeli geometrycznych (CAD), modeli cech antropometrycznych oraz symulacji komputerowych [14]. Wirtualne prototypowanie prowadzone jest zatem w rozproszonym środowisku programowym. Kluczową sprawą staje się zatem migracja modeli komputerowych pomiędzy programami [9]. Zapewniają ją formaty wymiany danych stosowane w każdym z programów CAD.

Możliwości wirtualnego prototypowania są wykorzystywane w bieżącej działalności badawczej Instytutu KOMAG.



Rys.16. Model geometryczny systemu ścianowego [6]

Na rysunku 16 pokazano model geometryczny systemu ścianowego, a na kolejnych rysunkach widoczne są analizy prowadzone dla poszczególnych jego składników. Analizę wytrzymałościową ramienia kombajnu z uwzględnieniem sztywności jego elementów składowych przedstawia rysunek 17.

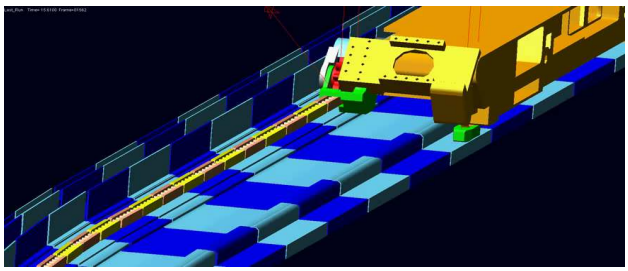


Rys.17. Analiza wytrzymałościowa kadłuba ramienia [18]

Na rysunku 18 przedstawiono badanie wykonalności operacji montażu zespołów kombajnu ścianowego w warunkach panujących podczas zbrojenia ściany, z uwzględnieniem modeli cech antropometrycznych osób wykonujących tę operację [8].

Rys.18. Badanie wykonalności operacji montażu zespołów kombajnu [8]

Na rysunku 19 pokazano badanie kolizyjności pomiędzy zespołem posuwu kombajnu ścianowego a ścieżką kombajnową podczas przekładki przenośnika zgrzebłowego. Modele geometryczne badanych zespołów są analizowane za pomocą programu MBS.

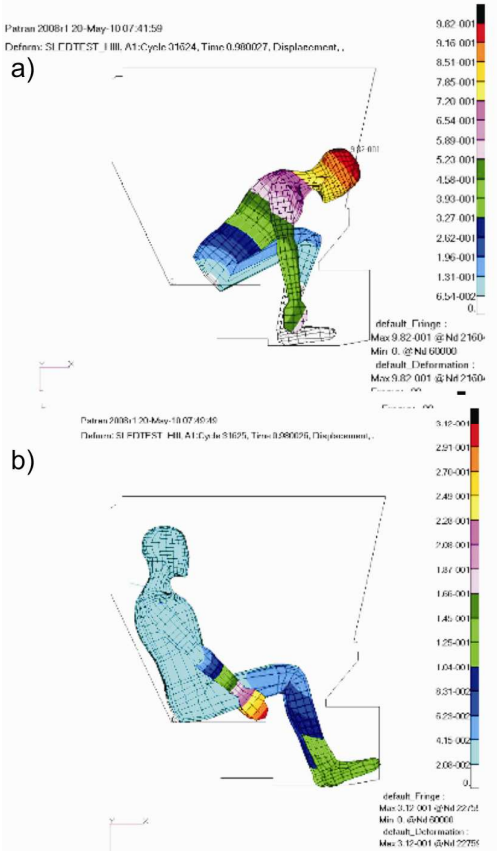


Rys.19. Badania kolizyjności pomiędzy zespołem posuwu kombajnu ścianowego a przenośnikiem zgrzebłowym [21]

Przykład ten pokazuje, w jakim stopniu wirtualne środowisko pracy pozwala na rozwiązywanie zadań inżynierskich w różnych fazach cyklu życia maszyny. Zwraca również uwagę na możliwości współpracy specjalistów zaangażowanych w planowanie tych faz.

4.2. Oparte na wiedzy kształtowanie bezpiecznych warunków pracy

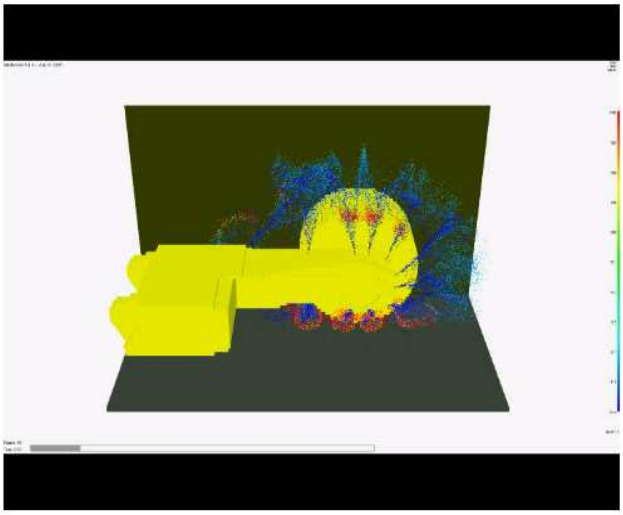
Wirtualne środowisko pracy (składające się z modeli cech konstrukcyjnych obiektów materialnych, modeli cech antropometrycznych ludzi oraz symulacji komputerowych zjawisk i procesów) tworzy przestrzeń, w której kształtowane są warunki pracy ludzi i maszyn. Wczesna identyfikacja i modelowanie zagrożeń zarówno naturalnych, jak i technicznych, dają podstawy do oceny relacji łączących ludzi i maszyny w złożonych systemach antropotechnicznych stosowanych w górnictwie.



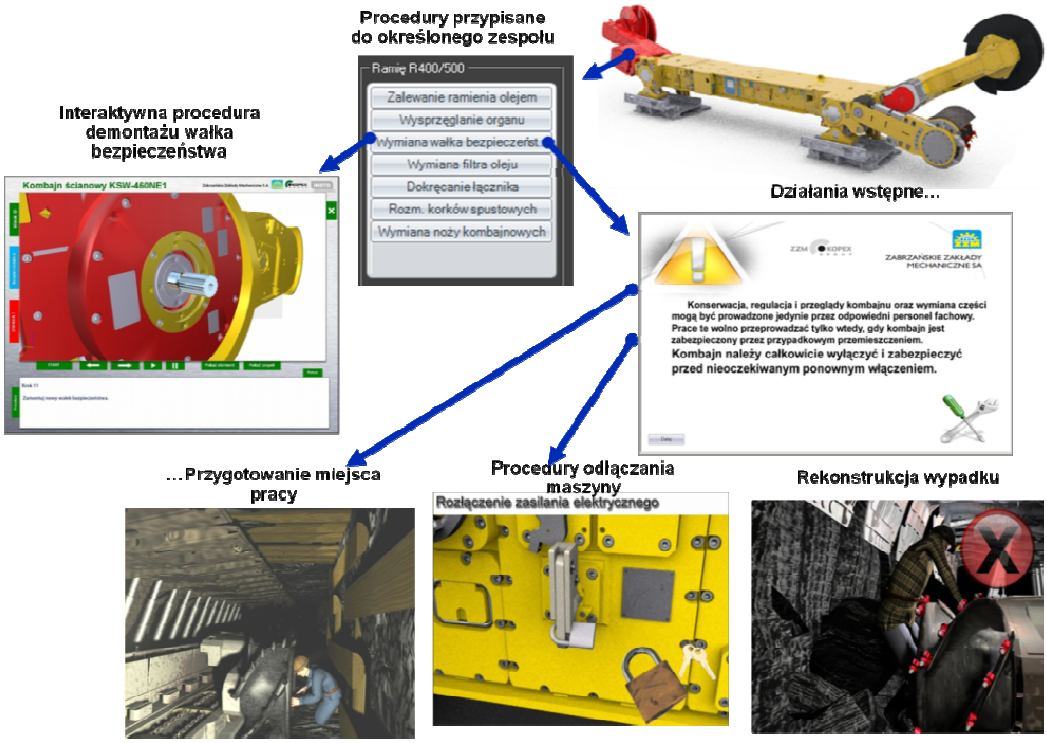
Rys.20. Skutki oddziaływań dynamicznych na operatora kolejki spągowej; przypadek bez pasów bezpieczeństwa (a) i z pasami bezpieczeństwa (b) [14]

Na rysunku 20 przedstawiono wpływ obciążeń dynamicznych występujących podczas hamowania awaryjnego kolejki spągowej na jej operatora. Analiza torów segmentów ciała operatora pozwala na wykrycie kolizji z elementami wyposażenia kabiny kolejki, rysunek 20a. Wskazuje także na konieczność stosowania przez operatora pasów bezpieczeństwa, rysunek 20b [14].

Zagrożenia wynikające z zapylenia podczas urabiania węgla są zwalczane za pomocą instalacji zraszającej. Skuteczność instalacji zraszającej umieszczonej na kombajnach ścianowych może być analizowana metodą CFD. Na rysunku 21 widoczny jest rozkład mieszaniny wody i powietrza wokół głowicy urabiającej kombajnu. Rozkład ten wynika między innymi z rozmieszczenia dysz zraszających na obwodzie głowicy. Przedstawiony model pozwala na badanie kolejnych wariantów rozmieszczenia dysz o różnej konstrukcji [7, 20, 21].



Rys.21. Wyniki analizy CFD rozmieszczenia dysz na obwodzie głowicy urabiającej [21]



Rys.22. Łańcuch czynności poprzedzających wymianę uszkodzonego noża skrawającego [17]

Rys.23. Ruchome stanowisko szkoleniowe dla kombajnu ścianowego [3]

Wirtualne środowisko pracy jest miejscem powstawania nowych zasobów wiedzy konstrukcyjnej i eksploatacyjnej [17]. Upowszechnianie tej wiedzy w formie interaktywnych instrukcji obsługi maszyn (ang. Interactive Electronic Technical Manual, IETM) jest jednym z najważniejszych sposobów kształtowania bezpieczeństwa pracy. Zasadniczym przeznaczeniem IETM jest wspomaganie bezpiecznej realizacji operacji utrzymania ruchu, napraw i serwisowania. Na rysunku 22 pokazany jest łańcuch czynności poprzedzających wymianę uszkodzonego noża skrawającego w głowicy urabiającej kombajnu ścianowego. Są one opisane w formie animacji i interaktywnych symulacji. Otwiera je animacja pokazująca przygotowanie komory montażowej z osłoniętym stropem i ociosem. Procedura wyłączenia maszyny rozpoczyna się od odłączenia systemu zasilania kombajnu. Mechaniczne odłączenie głowicy urabiającej kombajnu ścianowego od silnika elektrycznego następuje poprzez wyjęcie wałka bezpieczeństwa, co pokazuje interaktywna procedura demontażu. Ta sama procedura stosowana jest podczas wymiany wałka bezpieczeństwa zniszczonego w wyniku przeciążenia silnika elektrycznego.

Upowszechnianie bezpiecznych metod pracy usprawnia tzw. ruchome stanowisko szkoleniowe. Jego koncepcja polega na zastosowaniu technologii rozszerzonej rzeczywistości do prowadzenia szkoleń operatorów maszyn wprost na stanowisku pracy. Opisane wcześniej symulacje i animacje komputerowe ilustrujące wykonywane czynności robocze wyświetlane są w specjalnych okularach na tle rzeczywistych zespołów maszyn. Na rysunku 23 przedstawione jest ruchome stanowisko szkoleniowe dla kombajnu ścianowego oraz sprzęt służący do wyświetlania obrazów [3].

Wirtualne środowisko pracy jakkolwiek utworzone jest ze składników powstałych w fazie projektowania, stosowane jest w zadaniach inżynierskich realizowanych w fazie eksploatacji maszyn górniczych.

5. Podsumowanie

Czy spełniły się wszystkie oczekiwania związane ze wspomaganiem komputerowym zadań inżynierskich? Mało kto już pamięta, że w latach 70. XX wieku liczono na przyspieszenie prac projektowych poprzez ograniczenie czynności powtarzalnych i zrutynizowanych, do których zaliczano tworzenie rysunków, wykazów części i wykonywanie obliczeń. W związku z tym zaoszczędzony czas miał być przeznaczony na pracę twórczą: koncypowanie, tworzenie nowych rozwiązań. Miała się dokonać większa integracja pomiędzy działami konstrukcyjnymi oraz tymi, które poprzedzały wytwarzanie: technologicznym i przygotowania produkcji. Produkty miały szybciej osiągać dojrzałość rynkową [11].

W czasie, jaki upłynął od momentu formowania tych postulatów zmieniło się całe pokolenie inżynierów. Zasadnicza część personelu inżynieryjnego nie pamięta już czasów, kiedy nie było komputerów. Absolwent politechniki z roku 1970 nie miał na studiach żadnej styczności z komputerem. Umiejętności posługiwania się komputerami i programami nabywał niejako „w marszu". Częste zmiany wersji systemów operacyjnych i programów inżynierskich oraz postęp w technologii komputerowej zmuszały do ustawicznego uczenia się nowych narzędzi. Pochłaniało to znaczną część czasu zaoszczędzonego na pracach rutynowych. Mniejsze zainteresowanie zawodem inżyniera spowodowało, że coraz to większa liczba zadań wykonywana była i jest przez mniejsze niż kiedyś zespoły specjalistów. Nie udało się w pełni wykorzystać uzyskanych oszczędności czasowych.

W chwili obecnej prawie cała dokumentacja konstrukcyjna wykonywana jest w systemach CAD. Przyspiesza to wymianę dokumentacji i komunikację między zespołami projektantów, konstruktorów, technologów i użytkowników maszyn górniczych. Rozwój Internetu sprawił, że obieg dokumentacji rysunkowej ma wymiar globalny, co w dużej mierze ułatwia pokonywanie barier językowych. Rozwinęły się metody zarządzania złożonymi projektami i tworzoną w nich dokumentacją. Oprogramowanie klasy PLM (ang. *Product Lifecycle Management*) obejmuje wszystkie ogniwa cyklu życia produktów. Dokumentacja rysunkowa bardzo szybko integrowana jest z procesem wytwarzania, poprzez włączanie struktury produktów do systemów ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*) wspomagających zarządzanie zasobami w wytwórniach. Skraca to wydatnie czas dostarczania na rynek nowych typów maszyn. Tak więc w dużej mierze spełniły się oczekiwania co do poprawy organizacji procesu rozwoju nowych maszyn.

Twórcze działania inżynierów, nakierowane na poszukiwanie nowych rozwiązań, wspomagane są w znacznej mierze poza systemami CAD. Wyszukiwarki internetowe, narzędzia badania stanu wiedzy, szybki dostęp do literatury fachowej, katalogów, opisów patentowych, stron internetowych wytwórców, specjalistycznych portali internetowych pobudzają wyobraźnię, bez której zawód inżyniera straciłby dużo na atrakcyjności.

Literatura

1. Dudek M., Winkler T.: Tworzenie modeli obliczeniowych dla MES w środowisku systemu AutoCAD. Maszyny Górnicze 1994, nr 50, wkładka nr 5/50.
2. Dudek M.: Opracowanie metodyki badań modelowych stateczności kombajnu chodnikowego. Praca doktorska. Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny – Technologiczny. Gliwice 1999.
3. Jaszczyk Ł.: Metoda kształtowania kompetencji pracowników transportu podziemnego w kopalniach

z wykorzystaniem narzędzi informatycznych. Praca doktorska. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2012.

4. Jakubowicz A. i inni: Zastosowanie metody elementów skończonych do obliczeń stanu naprężenia i odkształcenia w zespole organu urabiającego kombajnu chodnikowego typu K-160 i AM-50. Politechnika Śląska IMiPKM, Gliwice 1983.
5. Michalak D., Winkler T., Jaszczyk Ł., Rozmus M.: Use of Augmented Reality technology in life of technical means. W: V Seminarium Naukowe pt. Interfejs użytkownika - Kansei w praktyce 2010, Warszawa, 29 maja 2010. Wydawnictwo PJWSTK, Warszawa 2010, s. 15-20.
6. Michalak D., Rozmus M.: Multimedialne materiały szkoleniowe dla kopalń węgla kamiennego - ocena stanu obecnego oraz kierunki rozwoju. Maszyny Górnicze 2010 nr 2 s. 45-50.
7. Prostański D.: Dust control with use air-water spraying system. Archives of Mining Sciences 2012 nr 4 p. 975-990.
8. Tokarczyk J.: Metoda tworzenia wirtualnych prototypów na przykładzie maszyn górniczych. Praca doktorska. Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny – Technologiczny. Gliwice 2006.
9. Tokarczyk J.: Migration of computational models in virtual prototyping of complex mechanical systems. W: Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2012, October 24-26, 2012, San Francisco, USA. Vol 2, p. 1334-1337.
10. Warachim W.: Nowa technologia urabiania węgla za pomocą strugołupacza hydraulicznego. Masz. Górn. 1990 nr 30/31 s. 5-22.
11. Winkler T.: Komputerowy zapis konstrukcji. WNT Warszawa 1989.
12. Winkler T.: Komputerowo wspomagane projektowanie systemów antropotechnicznych. WNT Warszawa 2005.
13. Winkler T., Tokarczyk J.: Multi-criteria assessment of virtual prototypes of mining machines. W: Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, San Francisco, USA, 20-22 October 2010. Vol. 2, p. 1149-1153.
14. Winkler T., Tokarczyk J., Michalak D.: Virtual Working Environment. W: Handbook of Loss Prevention Engineering. Vol. 1. Ed. by Joel M. Haight. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2013, s. 393-421.
15. Zacharski M.: Weryfikacja konstrukcji metodą elementów skończonych na przykładzie wybranych zespołów maszyn górniczych. Maszyny Górnicze 1992, nr 39, wkładka nr 5/39.
16. NB-11/A-06-09/0797 BKI CMG KOMAG 1988: Analiza porównawcza metody MES z wynikami uzyskanymi metodą eksperymentalną.
17. Rozmus M., Michalak D., Winkler T.: Methods and tools supporting maintance of mining machines. Methology for development of Interactive Technical Manual (IETM). W: Innovative mechanization techniques and technologies. Ed. M. Rozmus, D. Michalak. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011.
18. G-1940.10LY Wydanie 1. Opracowanie postaci konstrukcyjnej systemu mechanicznego w zakresie ramion i przekładni bocznej mechanizmu jazdy maszyny. Nie publikowany raport w projekcie INERG. Gliwice, czerwiec 2011.
19. G-1940.09.01CY Wydanie 1. Opracowanie postaci konstrukcyjnej systemu zraszania. Nie publikowany raport w projekcie INERG. Gliwice, grudzień 2011.
20. G-1940AN Wydanie 4. Zadanie 2: Wirtualne prototypowanie wstępnego rozwiązania konstrukcyjnego maszyny wydobywczej. Weryfikacja założeń i zastosowania postaci konstrukcyjnej maszyny wydobywczej. Nie publikowany raport w projekcie INERG. Gliwice, grudzień 2011.
21. Winkler T.,(red.), Marcińczyk M., Budzyński Z., Mazurkiewicz A., Prostański D., Stankiewicz K., Szczygłowska M., Tokarczyk J.: Tworzenie innowacyjnego rozwiązania kombajnu ścianowego do urabiania pokładów niskich. Projekt realizowany w ramach inicjatywy IniTech.

Artykuł wpłynął do redakcji w czerwcu 2013 r.

Dr inż. Antoni Kozieł
Dr inż. Beata Grynkiewicz-Bylina
Dr inż. Włodzimierz Madejczyk
Mgr inż. Łukasz Orzech
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Rozwój zaplecza badawczego Instytutu Techniki Górniczej KOMAG

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

W artykule przedstawiono historię rozwoju zaplecza badawczego Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach, służącego badaniu maszyn i urządzeń dla górnictwa. Omówiono etapy tworzenia bazy badawczej oraz aktualny zakres i możliwości prowadzenia badań w akredytowanych laboratoriach. Zaprezentowano przykłady prowadzonych badań celem doskonalenia cech funkcjonalnych i bezpieczeństwa użytkowania wyrobów.

S u m m a r y

The history of development of testing facility at the KOMAG Institute of Mining Technology in Gliwice, used for testing the machines and equipment for the mining industry, is presented. Stages of creation of research database as well as present scope and possibilities of tests in accredited laboratories are discussed. The examples of tests aiming at improvement of functional features and safety of use of the products are given.

1. Wprowadzenie

Jubileusz 30-lecia wydawania kwartalnika naukowo-technicznego „Maszyny Górnicze" skłania do dokonania oceny postępu rozwoju maszyn i urządzeń dla górnictwa, w tym tworzenia i ciągłego doskonalenia zaplecza badawczego, na które składa się infrastruktura, stanowiska badawcze, aparatura pomiarowa, metody i procedury oraz uprawnienia wynikające z wdrożenia systemu zarządzania w laboratoriach.

Badanie maszyn i urządzeń jest jednym z najbardziej istotnych etapów w cyklu ich życia. Trudno wyobrazić sobie opracowanie nowej technologii, maszyny lub urządzenia bez prowadzenia prac badawczych. Posiadanie specjalistycznego zaplecza badawczego, z unikatowymi stanowiskami i aparaturą pomiarową, jest zatem niezwykle ważne w procesie opracowywania innowacyjnych rozwiązań. Możliwość potwierdzenia założeń oraz sprawdzenia projektów/ dokumentacji technicznych i wykonanych prototypów w fazie badań daje pewność i przewagę w kolejnych etapach wdrażania produktów, zwłaszcza w skali przemysłowej.

Dojście do obecnego poziomu rozwoju zaplecza badawczego w KOMAG-u, to długa i skomplikowana droga.

Początki wiążą się z Centralnym Biurem Projektowym w Świętochłowicach oraz z Zakładem Mechanizacji Górnictwa Głównego Instytutu Paliw Naturalnych w Katowicach, utworzonych w 1945 r.

Stan mechanizacji górnictwa węgla kamiennego i zaplecza badawczego był wówczas bardzo skromny. W miarę rozwoju polskiego górnictwa, rozwijał się również przemysł maszyn górniczych. Opracowywano dokumentacje techniczne pierwszych polskich maszyn i urządzeń do urabiania i odstawy węgla, urządzenia wyciągowe, transportowe i maszyny do przeróbki węgla.

W Biurze powstała pierwsza hala badań prototypów, w której rozpoczęto prace doświadczalne nad nowymi rozwiązaniami. W miarę rozwoju całego asortymentu maszyn górniczych Biuro Konstrukcji Maszyn Górniczych przeniesiono do Gliwic, które w nowej, samodzielnej formie, pod nazwą Centralnego Biura Konstrukcji Maszyn Górniczych (CBKMG), prowadziło działalność do 1957 r.

Z kolei Zakład Mechanizacji Górnictwa w Głównym Instytucie Paliw Naturalnych w Katowicach został przemianowany na Główny Instytut Górnictwa, stanowiąc zalążek zaplecza badawczego. Opracowywano w nim m.in. metody badania maszyn górniczych. Techniczne zaplecze bazy badawczej było jednak ciągle niewystarczające. Brak było stanowisk badawczych i aparatury pomiarowej. Badania prowadzono głównie w przodkach kopalnianych.

W 1951 roku z Głównego Instytutu Górnictwa wydzielono Zakład Mechanizacji Górnictwa, który rozpoczął ścisłą współpracę z CBKMG. Prowadzono wspólne badania skonstruowanych maszyn i urządzeń górniczych, w tym napędów i układów sterowania hydraulicznego oraz sprzętu elektrycznego dla kopalń. W 1957 roku, w wyniku połączenia Zakładu Mechanizacji Górnictwa i CBKMG, powstał Instytut Doświadczalno-Konstrukcyjny Przemysłu Węglowego zlokalizowany w Gliwicach, który z końcem roku

przemianowano w Zakłady Konstrukcyjno-Mechanizacyjne Przemysłu Węglowego (ZKMPW), gdzie rozpoczęto intensywną rozbudowę zaplecza badawczo-technicznego. Zbudowano halę badawczą z możliwością usytuowania stacjonarnych stanowisk badawczych i rozwinięto zaplecze pomiarowe.

W latach sześćdziesiątych XX wieku utworzono w ZKMPW Zakład Techniki Pomiarowej, w którym prowadzono badania oraz pomiary maszyn i urządzeń w podziemiach kopalń, jak również na stanowiskach badawczych. Z początkiem 1975 roku z ZKMPW wydzielono działalność konstrukcyjną, badawczą, Zakład Budowy Maszyn Doświadczalnych w Zabrzu, Kopalnię Doświadczalną M-300 oraz Zakład Doskonalenia Kadr, tworząc Centralny Ośrodek Projektowo-Konstrukcyjny Maszyn Górniczych COPKMG KOMAG w Gliwicach. W 1979 r., COPKMG KOMAG zmienił nazwę na Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG.

Działalność badawczo-pomiarową w strukturze KOMAG-u prowadził ciągle Zakład Techniki Pomiarowej, który przemianowano następnie w Zakład Badań Obudów i Techniki Pomiarowej.

W 1980 roku rozpoczęto w KOMAG-u budowę kolejnej hali badawczej (D), w której w 1985 roku zlokalizowano dwa nowoczesne stanowiska badawcze do badań sekcji obudowy zmechanizowanej. Oddanie do eksploatacji tych unikalnych w skali światowej stanowisk badawczych zmieniło profil działalności Zakładu Badań Obudów i Techniki Pomiarowej. Stopniowo ograniczano badania i pomiary przemysłowe, na rzecz badań sekcji obudowy zmechanizowanej.

W 1990 roku nastąpiła kolejna zmiana nazwy zakładu - na Zakład Badań Atestacyjnych, który kontynuował rozbudowę zaplecza badawczego, czego efektem było oddanie do użytku w 1992 roku kolejnych trzech stanowisk - do badań stojaków, elementów maszyn i urządzeń górniczych oraz zaworów hydraulicznych.

W 1994 roku z uwagi na konieczność oddzielenia badań od procesów oceny zgodności, z Zakładu Badań Atestacyjnych wydzielono Laboratorium Badań.

W 2001 roku z zakresu działania Laboratorium Badań wydzielono część dotyczącą badań i pomiarów wspomagających prowadzenie prac naukowych, rozwojowych i przemysłowych i utworzono Laboratorium Badań Stosowanych.

W 2006 roku z Laboratorium Badań wyodrębniono kolejną część, dotyczącą badań fizykochemicznych wyrobów hutniczych i utworzono Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska, gdzie kontynuowano prace badawcze z zakresu inżynierii materiałowej. Laboratorium to, w wyniku rozbudowy istniejącego zaplecza badawczego, ukierunkowało swoją działalność na badania bezpieczeństwa użytkowania wyrobów, zgodnie z Dyrektywą zabawkową (obecnie 2009/48/WE).

Rozbudowywana w okresie kilkudziesięciu ostatnich lat baza badawcza, będąca w dyspozycji KOMAG-u, podlegała modyfikacji i zmianom w celu dostosowania do potrzeb związanych z ciągłym rozwojem maszyn i urządzeń górniczych. Oprócz stanowisk o charakterze trwałym, z których część wykorzystywana jest po modernizacjach również obecnie, tworzono stanowiska mające charakter przejściowy, które po wykonaniu niezbędnego zakresu badań demontowano.

Były to stanowiska do badań m.in.:

- układów zraszających,
- napędów i układów sterowania maszyn wyciągowych,
- sprzęgieł hydrokinetycznych,
- napędów spalinowych i innych.

Stanowiska wyposażano w układy symulacji obciążeń statycznych i dynamicznych, układy nadzoru i systemy pomiarowe umożliwiające identyfikację oraz rejestrację wielkości mechanicznych i elektrycznych.

Obecny stan bazy badawczej KOMAG-u i kierunki prac badawczych w świetle potrzeby ciągłego doskonalenia cech funkcjonalnych maszyn i urządzeń dla górnictwa opisano w niniejszym artykule.

2. Charakterystyka zaplecza badawczego Laboratorium Badań ITG KOMAG

Laboratorium Badań powstało w 1994 roku, a już w 1995 roku jako jedno z pierwszych w Polsce, potwierdziło swoje kompetencje uzyskując akredytację wówczas udzieloną przez PCBC (obecnie Polskie Centrum Akredytacji) o numerze AB 039.

Jak już wspomniano, unikatowe, stacjonarne stanowiska Laboratorium Badań powstały w okresie od 1985 do 1992 roku. Ich podstawowe parametry i możliwości prowadzenia badań są następujące:

Stanowisko do badań wytrzymałości sekcji obudowy zmechanizowanej (rys. 1)

Stanowisko umożliwia obciążanie siłą do 16 MN w płaszczyźnie pionowej oraz do 4,5 MN w płaszczyźnie poziomej. Maksymalna odległość sztucznego stropu od spągu wynosi 4,8 m. Obciążenie sekcji obudowy zmechanizowanej może być wywołane aktywnie, poprzez strop stanowiska, lub biernie, poprzez zasilenie zespołów hydrauliki siłowej sekcji cieczą o wysokim ciśnieniu. W stanowisku prowadzone są badania wytrzymałości statycznej oraz zmęczeniowej sekcji obudowy zmechanizowanej oraz badania podporności drewnianych obudów kasztowych.

Rys.1. Stanowisko do badań wytrzymałości sekcji obudowy zmechanizowanej [10]

Stanowisko do badań funkcjonalności sekcji obudowy zmechanizowanej (rys. 2.)

Stanowisko umożliwia obciążanie siłą do 10 MN. Maksymalny kąt obrotu stanowiska wynosi do 90^{o}, co pozwala na badanie stateczności sekcji obudowy zmechanizowanej. Maksymalna odległość między spągiem, a stropem stanowiska wynosi 4 m. Powierzchnia stropu wynosi 5 x 7,2 m, co umożliwia jednoczesne wykonywanie badań parametrów kinematycznych zestawów trzech sekcji obudowy o podziałce 1,5 m.

Rys.2. Stanowisko do badań funkcjonalności sekcji obudowy zmechanizowanej [10]

Stanowisko do badań wytrzymałościowych elementów maszyn i urządzeń górniczych (rys. 3)

Na stanowisku prowadzone są badania statyczne i zmęczeniowe zespołów i elementów obudowy, w tym hydrauliki siłowej tj.: stojaków, podpór i siłowników pomocniczych, które poddawane są obciążeniom rozciągającym, ściskającym, zginającym lub złożonym. Stanowisko posiada dwa poziomy badawcze, o odległości 1,6 m między nimi. Maksymalne obciążenie statyczne badanego obiektu wynosi 12 MN, a maksymalny rozstaw trawers 7,0 m.

Rys.3. Stanowisko do badań wytrzymałościowych elementów maszyn i urządzeń górniczych [10]

Stanowisko do badań stojaków (rys.4)

Na stanowisku wyznaczane są charakterystyki podatności stojaków i siłowników oraz wytrzymałość statyczna i zmęczeniowa. Stanowisko umożliwia również wywoływanie obciążeń dynamicznych za pomocą generatora, z użyciem materiałów wybuchowych. Ten sposób generowania obciążeń dynamicznych pozwala na uzyskanie dużych prędkości narastania obciążenia i charakteryzuje się brakiem oddziaływania na środowisko. Maksymalna wartość obciążenia jaką można uzyskać wynosi 8 MN, a zakres długości stojaków do 4,8 m.

Rys.4. Stanowisko do badań stojaków [10]

Stanowisko do badań zaworów (rys. 5)

Stanowisko jest przeznaczone do badań zaworów ograniczających ciśnienie przy jego impulsowym wzroście.

Podstawowe dane techniczne stanowiska to:

- maksymalne obciążenie - 800 kN,
- rozstaw między słupami - 450 mm,
- maksymalna wysokość stanowiska - 3855 mm.

W zależności od potrzeb, stanowisko po doposażeniu w trawers i siłownik wymuszający, służy również do badania siłowników hydraulicznych, przy obciążeniach ściskających i rozciągających.

Rys.5. Badania kształtownika stojaka ciernego w stanowisku do badań zaworów [10]

Mając na uwadze ciągły rozwój oferty świadczonych usług oraz podniesienie jakości prowadzonych badań (dokumentowanie, monitoring, przesyłanie danych), Laboratorium Badań podejmuje stałe działania związane z unowocześnieniem bazy badawczej. Obecnie, w ramach dofinansowania ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz funduszy Unii Europejskiej, realizowane są prace mające na celu doskonalenie istniejących stanowisk badawczych oraz budowane są nowe stanowiska. Całość prac ukierunkowana jest na tworzenie e-laboratorium.

2.1. Rozbudowa i modernizacja bazy badawczej

Wieloletnia eksploatacja stanowisk badawczych powoduje ich stopniowe zużycie, zwłaszcza gdy wydłuża się czas związany z prowadzeniem badań zmechanizowanych sekcji obudowy zmechanizowanej (do 100 tys. cykli). Konieczna jest również kontrola i rejestracja parametrów stanowisk i wymuszanych obciążeń.

W tym celu podjęto działania zmierzające do rozbudowy i modernizacji bazy badawczej.

Modernizacja stanowisk badawczych w latach 2005 – 2009

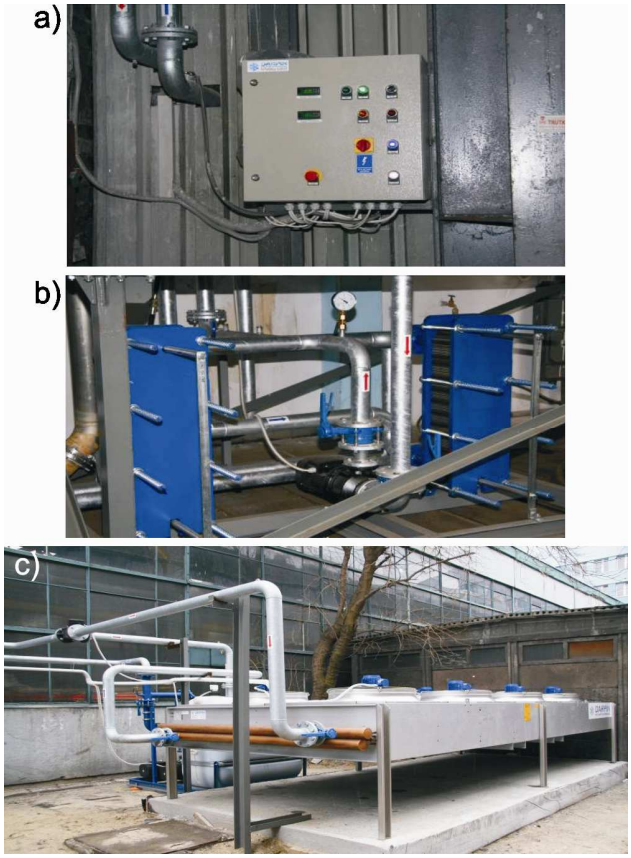
W analizowanym okresie ze środków Unii Europejskiej zrealizowano program modernizacji stanowisk badawczych, który obejmował:

- wdrożenie instalacji wysokoefektywnego systemu chłodzenia cieczy w instalacji zasilającej układy hydrauliczne stanowisk badawczych (6),
- modernizację stanowiska do badań wytrzymałości sekcji obudów zmechanizowanych w zakresie wyposażenia mechanicznego, hydraulicznego oraz systemu sterowania,
- modernizację stanowiska do badań elementów maszyn i urządzeń górniczych.

Wysokoefektywny system chłodzenia cieczy hydraulicznej pracujący w układzie zasilająco-spływowym stanowisk badawczych składa się z agregatu wentylatorowego, modułu hydraulicznego i instalacji doprowadzenia medium oraz układu sterującego.

Praca układu chłodzenia odbywa się po stronie pierwotnej oraz wtórnej.

Zaawansowany technicznie system sterowania pracą chłodni polega na sekwencyjnym uruchamianiu wentylatorów, w zależności od zapotrzebowania na moc chłodzącą. Zastosowanie dwóch pomp wodnych pracujących przemiennie, znacznie wydłużyło żywotność układu, a sekwencyjna praca wentylatorów przyczyniła się do ograniczenia poboru energii elektrycznej zasilającej silniki, jak również ograniczenia poziomu generowanego hałasu.



Rys.6. Elementy systemu chłodzenia cieczy [13];
a) szafa sterownicza, b) wymienniki (ciepła)
c) chłodnia wentylatorowa

Wdrożenie wysokoefektywnego systemu chłodzenia cieczy hydraulicznej, pracującego w układzie zasilania i spływu, pozwoliło na jednoczesne zasilanie wszystkich stanowisk badawczych, eliminując ich przestoje, wynikające z ograniczonej wydajności dotychczasowego, wyeksploatowanego układu chłodzenia.

Modernizacja stanowiska do badań wytrzymałości sekcji obudów zmechanizowanych polegała na:

– eliminacji z układów rozdziału i sterowania cieczą roboczą połączeń wtykowych i wprowadzenie w ich miejsce połączeń skręcanych,
– wdrożeniu nowoczesnego układu sterowania (rys. 7).

Rys.7. Ekran główny systemu sterowania stanowiska do badań wytrzymałości sekcji obudowy zmechanizowanej [13]

Specjalistyczne oprogramowanie zainstalowane na komputerze klasy PC umożliwiło wizualizację, sterowanie, tworzenie raportów z badań, jak również generowanie alarmów o przekroczeniu wartości zadanej danego parametru oraz archiwizację danych.

Modernizacja stanowiska do badań elementów maszyn i urządzeń polegała na:

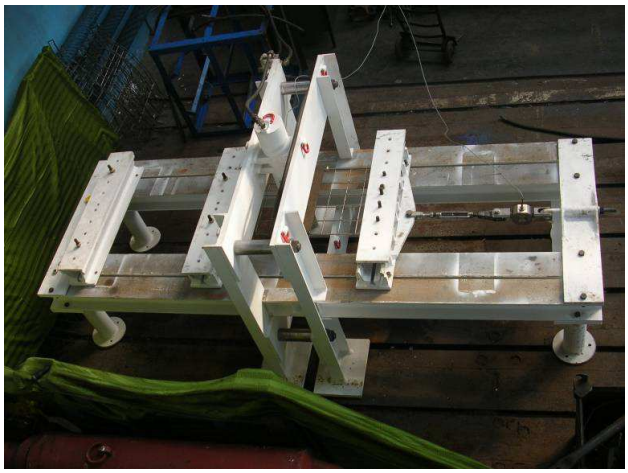
– instalacji układu sterowania stanowiska i automatyzacji procesu badawczego, (rys. 8),
– zastosowaniu zaworu proporcjonalnego,
– wymianie dotychczas stosowanych stojaków o średnicy φ 250 mm, na stojak o średnicy φ 400 mm.

System umożliwił automatyczne prowadzenie prób trwałości i podatności, z dokładną regulacją prędkości obciążania badanego stojaka oraz ustalania ciśnienia. Możliwe jest również pozycjonowanie i ryglowanie trawers stanowiska oraz przełączanie multiplikatorów, bez generowania skoków ciśnienia. Zintegrowany system sterowania umożliwia archiwizację dokumentacji przebiegu procesu badawczego.

Rys.8. Widok pulpitu sterowniczego i ekranu głównego [13]

Rozbudowa bazy badawczej w latach 2010 – 2011

W tym okresie poszerzono możliwości badawcze Laboratorium Badań poprzez zbudowanie specjalistycznego stanowiska do badań siatek okładzinowych, wykonanego na podstawie opracowanej w ITG KOMAG dokumentacji technicznej (rys. 9).



Rys.9. Stanowisko do badań siatek okładzinowych [13]

Po uruchomieniu stanowiska rozpoczęto prowadzenie badań dla wszystkich typów siatek okładzinowych, w pełnym zakresie wymagań normy PN-G-15050:1996. Najważniejsze parametry techniczne stanowiska to:

– statyczna siła ściskająca – 220 kN,
– długość badanego elementu – 2500 mm,
– szerokość badanego elementu – 1020 mm,
– wysokość badanego elementu – 450 mm.

2.2. Modernizacja i obecna rozbudowa stanowisk badawczych

Modernizacja i rozbudowa stanowisk badawczych w latach 2012 – 2013 realizowana jest w ramach projektu 1.3 RPO WSL „*Rozbudowa laboratoriów Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach celem prowadzenia badań na rzecz bezpieczeństwa użytkowania wyrobów*" współfinansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007-2013.

Efektem projektu będzie doposażenie akredytowanego Laboratorium Badań w dwa nowe stanowiska oraz rozbudowa unikatowego stanowiska do badań kinematyki i funkcjonalności sekcji obudowy zmechanizowanej. Pulpity sterownicze stanowisk badawczych zostaną dostosowane do zaprojektowanego systemu monitoringu i wizualizacji.

W ramach dotychczasowych prac dokonano modernizacji stanowiska do badań kinematyki i funkcjonalności sekcji obudowy zmechanizowanej, w tym:

– wzmocniono strop stanowiska badawczego (rys. 10),

Rys.10. Widok wzmocnienia stropu stanowiska badawczego [13]

– zakupiono i wymieniono elementy układu hydraulicznego stanowiska badawczego oraz zmodernizowano siłowniki mechanizmu obrotu stanowiska, siłowniki przesuwu stropu stanowiska i siłowniki ryglowania trawers stanowiska.

Modernizację układu hydraulicznego stanowiska badawczego wykonano na podstawie dokumentacji technicznej opracowanej w KOMAG-u.

Rozbudowa stanowiska do badań kinematyki i funkcjonalności sekcji obudowy zmechanizowanej, podyktowana potrzebami klientów rynkowych, umożliwi prowadzenie prac badawczych zmierzających do zwiększenia funkcjonalności oraz poprawę stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej a także bezpieczeństwo użytkowania.

W ramach kolejnych prac zostaną wykonane specjalistyczne stanowiska do badań:

– podpór hydraulicznych oraz rozpór stalowych, które umożliwią prowadzenie badań na zgodność z normami PN-G-15000-7:1996 oraz PN-G-15050: 1996.

Dokonana zostanie również modernizacja systemów sterowania stanowisk badawczych.

Celem przystosowania stanowisk badawczych do współpracy w ramach systemu monitoringu i wizualizacji, zostaną wykonane specjalistyczne pulpity sterownicze stanowisk do badań:

– funkcjonalności i kinematyki sekcji obudowy zmechanizowanej wraz z układem rejestracji badań trwałościowych,
– stojaków oraz hydrauliki wysokociśnieniowej wraz z układem rejestracji badań trwałościowych.

Kierunki modernizacji zmierzają do wyposażenia Laboratorium Badań oraz pozostałych Laboratoriów w system elektronicznego nadzoru (e-laboratoria).

Utworzona infrastruktura techniczna platformy informatycznej e-laboratorium pozwoli na pełną rejestrację, archiwizację oraz udostępnienie wyników badań stanowiskowych klientom za pośrednictwem platformy informatycznej.

System komputerowy wraz z oprogramowaniem umożliwi digitalizację najważniejszych obszarów działalności, a jednocześnie spełni standardy zawarte w normach PN-EN ISO/IEC 17025, PN-EN ISO 9001 oraz w zasadach Good Practice Laboratory.

3. Charakterystyka zaplecza badawczego i prace badawczo-rozwojowe realizowane w Laboratorium Badań Stosowanych ITG KOMAG

3.1. Zaplecze badawcze

Laboratorium Badań Stosowanych powstało w 2001 roku jako zaplecze badawcze dla realizacji prac naukowych oraz badawczych prowadzonych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG. Początkowo głównym obszarem działania były pomiary wielkości mechanicznych, hydraulicznych, elektrycznych oraz pneumatycznych. Laboratorium dysponowało również stanowiskiem do badań górniczych urządzeń odpylających. Ciągle poszerzany zakres badań i pomiarów o pomiary wibroakustyczne oraz badania energoelektronicznych systemów napędowych (rys. 11) spowodował, że w Laboratorium wykształciły się dwa główne kierunki działania: badania związane z realizacją prac naukowych i projektowych oraz

badania na rzecz klientów zewnętrznych (prace badawczo-usługowe).

W lipcu 2004 roku zaplecze aparaturowe wzbogacono o nowoczesny wibroakustyczny system pomiarowy zakupiony ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, co umożliwiło prowadzenie prac badawczych i usługowych z zakresu hałasu i drgań na stanowiskach pracy oraz w środowisku.

Pracownicy laboratorium ukończyli specjalistyczne szkolenia podnoszące ich kwalifikacje i kompetencje. W Laboratorium wdrożono również System Jakości, uwzględniający wymagania norm: PN-EN ISO 9001 oraz PN-EN ISO/IEC 17025:2005.

W 2005 roku Laboratorium uzyskało akredytację Polskiego Centrum Akredytacji AB 665 na badania związane z procesem oceny zgodności w zakresie Dyrektyw: 98/37/WE (obecnie 2006/42/WE MD), 94/9/WE ATEX i 73/23/EWG (obecnie 2006/95/WE) LVD, co we współpracy z Zakładem Badań Atestacyjnych umożliwiło prowadzenie kompleksowych badań oraz certyfikacji maszyn i urządzeń górniczych.

Zakres prac badawczych był systematycznie poszerzany o badania: parametrów energoelektronicznych systemów napędowych, elektryczne, jak również badania niestandardowe.

W roku 2007 zrealizowano kolejną inwestycję aparaturową ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, dzięki której doposażono laboratorium w stanowiska do badań iskrobezpieczeństwa urządzeń elektrycznych, elektrostatycznych właściwości materiałów, stopnia ochrony obudów (kod IP) oraz warunków klimatycznych (rys. 12).

Rys.11. Stanowiska do badań napędów elektrycznych i elementów hydrauliki górniczej [13]

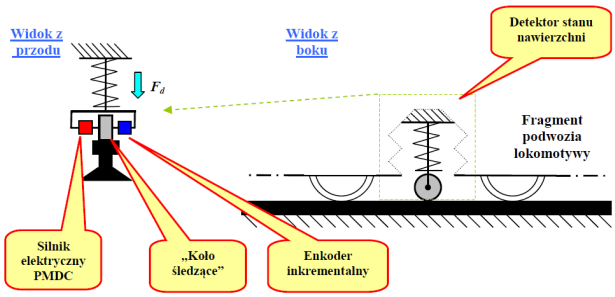
Akredytowane Laboratorium Badań Stosowanych dysponuje obecnie specjalistycznym wyposażeniem badawczo-pomiarowym umożliwiającym prowadzenie badań naukowych, z zakresu ergonomii oraz bezpieczeństwa użytkowania wyrobów oraz z zakresu badań przemysłowych, doświadczalnych, prototypowych, jak i odbiorczych [1].

Rys.12. Komora pyłowa i klimatyczna [13]

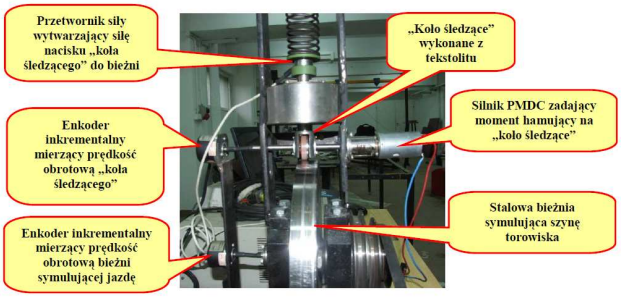
3.2. Przykłady prac badawczo-rozwojowych prowadzonych w Laboratorium Badań Stosowanych

Badania zmierzające do opracowania metody detekcji stanu nawierzchni szyn torowisk

Problematyka detekcji stanu nawierzchni szyn torowisk górniczych jest istotna z punktu widzenia skuteczności hamowania pojazdami szynowymi. W laboratorium podjęto prace badawcze nad opracowaniem metody detekcji stanu nawierzchni szyn torowiska, bazującej na wykorzystaniu zjawiska sprzężenia ciernego pomiędzy tzw. „kołem śledzącym" (detektorem stanu nawierzchni), a szyną. Główną zaletą opracowywanej metody jest ciągła analiza stanu nawierzchni szyny pod kątem wykrywania czynników (zakłócających współczynnik tarcia), które mogą doprowadzić do wystąpienia poślizgu zestawów kołowych podczas ich hamowania. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie wyprzedzającej informacji o stanie nawierzchni szyn torowiska oraz odpowiednie sterowanie momentem hamującym zestawów kołowych [2]. Na rysunku 13 przedstawiono schemat detektora stanu nawierzchni oraz przykładowy sposób jego instalacji w podwoziu lokomotywy. Na rysunku 14 przedstawiono widok prototypu detektora stanu nawierzchni zainstalowanego na stanowisku badawczym.



Rys.13. Schemat detektora stanu nawierzchni oraz przykładowy sposób jego instalacji w podwoziu lokomotywy [7, 8]



Rys.14. Widok prototypu detektora stanu nawierzchni zainstalowanego na stanowisku badawczym [7,8]

Badania powietrzno-wodnej instalacji zraszającej przeznaczonej dla kombajnów ścianowych

Badania prototypowej instalacji zraszającej przeprowadzono na stanowiskach badawczych KOMAG-u oraz w Kopalni Doświadczalnej „Barbara", pod kątem odpowiedniego doboru parametrów zasilania instalacji zraszającej, w celu zapobiegania ewentualnemu zapłonowi mieszaniny wybuchowej metan-powietrze, a także skutecznego gaszenia zapalonego gazu. Badania dotyczyły również optymalizacji parametrów strugi powietrzno-wodnej, w aspekcie odpowiedniego doboru kształtu i wielkości dysz zraszających. Działanie strug zraszających podczas badań gaszenia zapalonego gazu zaprezentowano na rysunku 15.

Rys.15. System zraszania powietrzno-wodnego podczas prób gaszenia zapalonego gazu [13]

Badania tkanin polipropylenowych z przeplotem metalowym

Przykładem współpracy z partnerami z przemysłu są badania dotyczące właściwości antyelektrostatycznych tkanin polipropylenowych z przeplotem metalowym, których nie stosowano dotąd w górnictwie. W wyniku przeprowadzonych badań laboratoryjnych oraz badań w wyrobisku górniczym uzyskano dane do oceny zagrożeń związanych ze stosowaniem badanych materiałów [3]. Uzyskane wyniki opublikowano w [4, 5, 6]. Na rysunku 16 przedstawiono badania tkaniny polipropylenowej z przepływem metalowym.

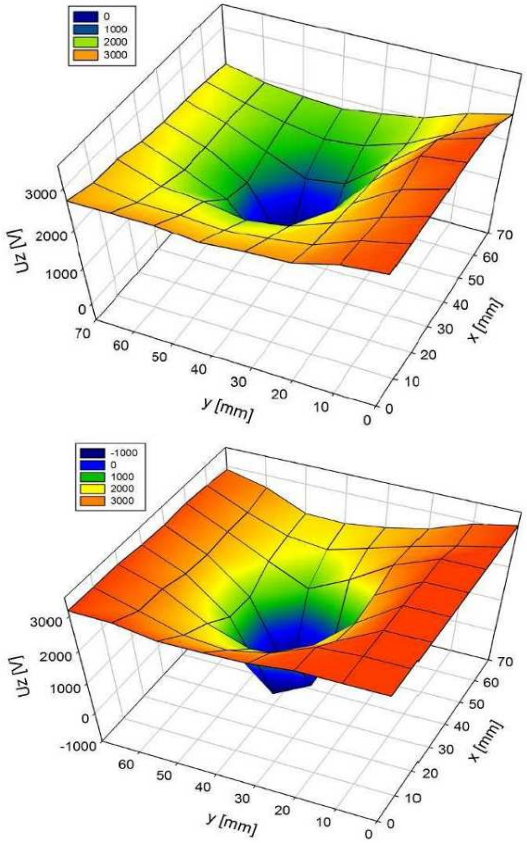
Rys.16. Badania tkaniny polipropylenowej z przeplotem metalowym [13]

Badania możliwości zapłonu mieszaniny wybuchowej przez wyładowanie elektrostatyczne ESD

W wyniku realizacji inwestycji aparaturowej, dofinansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, zbudowano stanowisko badawcze umożliwiające badanie możliwości zapłonu mieszaniny wybuchowej (rys. 17) przez wyładowanie elektrostatyczne (ESD). Stanowisko składa się z: komory wybuchowej, systemu dozowania gazów, systemu automatycznego skanowania potencjału powierzchniowego, umiejscowionego w komorze klimatycznej, miernika pola oraz woltomierza elektrostatycznego, symulatora wyładowań elektrostatycznych, analizatora widma i przebiegów czasowych, rejestratora i oscyloskopu. System automatycznego skanowania potencjału powierzchniowego umiejscowiony w komorze klimatycznej, pozwala na automatyczne elektryzowanie materiału badanego, w kontrolowanych warunkach, a następnie „przeskanowanie" powierzchni na próbkę, wraz z pomiarem potencjału powierzchniowego z wysoką rozdzielczością. Komora klimatyczna pozwala kontrolować temperaturę oraz wilgotność względną. Pomiar potencjału powierzchniowego realizowany miernikiem pola, pozwala na zarejestrowanie mapy gęstości powierzchniowej, ładunku przed i po wystąpieniu wyładowania elektrostatycznego.

Rys.17. Badania tkaniny w warunkach dołowych w przodku [13]

Prowadzone prace badawcze zmierzają do oceny bezpieczeństwa stosowania materiałów w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Celem prowadzonych badań jest również opisanie zjawiska dystrybucji energii do otoczenia podczas wyładowania elektrostatycznego z powierzchni materiałów nieprzewodzących, pod kątem oceny zapalności wyładowania określoną w mieszaninie wybuchowej. Na rysunku 18 zaprezentowano typowe rozkłady potencjału powierzchniowego na powierzchni materiałów nieprzewodzących po wystąpieniu wyładowania elektrostatycznego [9].



Rys.18. Rozkłady potencjału powierzchniowego po wystąpieniu wyładowania elektrostatycznego na powierzchni dielektryka [9]

4. Działalność Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska ITG KOMAG w zakresie badań materiałowych elementów maszyn i urządzeń górniczych

Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska ITG KOMAG powstało w 2006 r. w wyniku wyodrębnienia z Laboratorium Badań części dotyczącej badań fizykochemicznych wyrobów hutniczych. W swojej działalności kontynuuje prace badawcze z zakresu inżynierii materiałowej. Rozbudowa środków technicznych laboratorium w wyniku inwestycji aparaturowej finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz wdrożenie systemu zarządzania jakością, zgodnie z PN-EN-ISO/IEC 17025:2005 zaowocowało uzyskaniem w 2008 r. akredytacji PCA nr AB 910 w zakresie badań:

- materiałowych wyrobów stalowych i żeliwnych,
- odporności korozyjnej wyrobów metalowych oraz powłok ochronnych,
- nieciągłości powierzchniowych oraz przedpowierzchniowych wyrobów metalowych i złączy spawanych, metodą magnetyczno-proszkową.

W pracach badawczych laboratorium w ww. zakresie, prowadzone są badania wyrobów stanowiących elementy konstrukcyjne maszyn i urządzeń górniczych, w tym:

- sworzni, blach i tężników sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej,
- zgrzebeł i rynien przenośników zgrzebłowych,
- odrzwi, łączników kątowych i strzemion kabłąkowych obudów chodnikowych,
- noży kombajnowych organów urabiających,
- łopatek wentylatorów i wirników pomp,
- tras jezdnych kolejek podwieszonych,

oraz odcinków rurociągów ciśnieniowych.

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 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,
- pomiary grubości.

Badania realizowane są zgodnie z obowiązującymi normami i akredytowanymi procedurami badawczymi, przez specjalistów posiadających kwalifikacje w zakresie badań materiałowych, potwierdzone certyfi-

katami upoważniającymi do prowadzenia badań nieniszczących, wydanymi 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, aparatura do pomiaru twardości, grubości i chropowatości powierzchni materiału oraz defektoskopy do badań nieniszczących (rys. 19) [12].

Rys.19. Defektoskop ultradźwiękowy [12]

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 programami badań, przedkładanymi klientom przed rozpoczęciem badań. Program zawiera: cel, zakres i metody badań, z odniesieniem do stosowanych w badaniach norm i procedur badawczych oraz specyfikację wymagań, stanowiących podstawę interpretacji wyników badań. Wymaganiami są: normy, dokumentacja techniczna i akty prawne, takie jak Rozporządzenie Ministra Gospodarki, z dnia 28 czerwca 2002 r., zawierające wymagania do oceny stopnia zużycia elementów sekcji obudowy zmechanizowanej [11].

5. Podsumowanie

Badania maszyn i urządzeń dla górnictwa są istotnym etapem w cyklu ich życia. Stanowią podstawę oceny bezpiecznego użytkowania wyrobów.

Tworzona w wyniku wieloletnich działań baza badawcza KOMAG-u stanowi obecnie potencjał wykorzystywany przez producentów i użytkowników maszyn i urządzeń, szczególnie dla górnictwa węgla kamiennego. Zgromadzona jest ona w trzech akredytowanych laboratoriach: Laboratorium Badań, Laboratorium Badań Stosowanych oraz w Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska. Obszar działania akredytowanego Laboratorium Badań ITG KOMAG obejmuje badania sekcji obudowy zmechanizowanej, siłowników hydraulicznych, zaworów hydraulicznych, elementów obudowy chodnikowej, stojaków ciernych, przewodów i rurociągów oraz pomiary szeregu wielkości mechanicznych.

Realizacja prac badawczych wspomaga opracowywania i wdrażania maszyn i urządzeń, z uwzględnieniem bezpieczeństwa pracy.

Prowadzona obecnie modernizacja i doposażenie bazy badawczej pozwoli na dalsze dostosowanie stanowisk badawczych do wymagań przepisów Unii Europejskiej w zakresie badań związanych z dopuszczaniem maszyn i urządzeń do stosowania w podziemiach kopalń, jak również do wymagań w zakresie oceny zgodności wynikających z dyrektyw Unii Europejskiej.

Laboratorium Badań Stosowanych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG ciągle doskonali i rozbudowuje bazę badawczą umożliwiającą prowadzenie szerokiego zakresu badań.

W oparciu o istniejące wyposażenie pomiarowo-badawcze oraz infrastrukturę znajdującą się w halach badawczych KOMAG-u, Laboratorium prowadzi prace badawczo-rozwojowe z zakresu nowych rozwiązań konstrukcji maszyn i urządzeń górniczych.

Kompetencje Laboratorium potwierdza elastyczny zakres akredytacji udzielony przez Polskie Centrum Akredytacji. Pracownicy Laboratorium prowadzą prace naukowe w dyscyplinach: mechaniki, budowy i eksploatacji maszyn, elektryczności statycznej i akustyki. Prowadzone prace są ukierunkowane na zwiększenie bezpieczeństwa pracy w podziemnych wyrobiskach górniczych.

Zakres działalności Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska KOMAG obejmuje badania materiałowe wyrobów stalowych i żeliwnych, stanowiących elementy maszyn urządzeń górniczych oraz bezpieczeństwa użytkowania wyrobów. Badania realizowane są akredytowanymi metodami badawczymi, uwzględniającymi wymagania normowe oraz aktualny stan wiedzy, przy wykorzystaniu nowoczesnych

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.

Podejmowane konsekwentnie działania w zakresie rozwoju bazy badawczej w ITG KOMAG mają na celu wspomaganie realizacji prac naukowych, badawczych i rozwojowych. Laboratoria wyposażone w nowoczesne stanowiska badawcze i aparaturę pomiarową zwiększają szansę osiągania najlepszych wyników badawczych. Nadrzędnym celem jest jednak ciągłe podnoszenie bezpieczeństwa badanych wyrobów, rozwój ich konstrukcji oraz uzyskanie jak najwyższej pozycji na rynku usług badawczych.

Literatura

1. Orzech Ł.: Działalność i możliwości badawcze Laboratorium Badań Stosowanych CMG KOMAG. Maszyny Górnicze 2006, nr 2, s. 9-11.
2. Orzech Ł., Talarek M., Niedworok A.: Możliwości badawcze Laboratorium Badań Stosowanych. Maszyny Górnicze 2010, nr 3-4, s. 24-30.
3. Niedworok A., Orzech Ł., Talarek M.: Prace badawcze Laboratorium Badań Stosowanych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG na rzecz innowacyjnych rozwiązań dla gospodarki. Maszyny Górnicze 2011, nr 3, s. 15-20.
4. Makarski St., 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 2009, nr 9, s. 539-550.
5. Talarek M., Orzech Ł.: Testing the electrostatic characteristics of polypropylene fabric with metallic yarns, intended for use in coal mine threatened by the explosion hazard. Part 1: Laboratory tests, Journal of Physics. Conference Series, v. 301 nr 1, (2011) 0-12047.
6. Talarek M., Orzech Ł.: Testing the electrostatic characteristics of polypropylene fabric with metallic yarns, intended for use in coal mine threatened by the explosion hazard. Part 2: Tests in coal mine, Journal of Physics. Conference Series, v. 301 nr 1, (2011) 0-12048.
7. Niedworok A., Baier A., Orzech Ł.: The concept of transducer for detection of trackway surface condition basing on frictional coupling of wheel with a rail and its experimental verification, JVE Journal of Vibroengineering, vol. 14, issue 2, pp. 464 – 471, Kaunas, Lithuania, June 2012.
8. Niedworok A., Baier A.: Verification of the method for detection of condition of trackway surface using the frictional coupling between rail and "tracking wheel" made of textolite, The 13th Mechatronics Forum International Conference, Proceedings Vol. 1/3, pp. 280 – 286, Johannes Kepler Universty Linz, Austria 17 – 19 September, 2012.
9. Talarek M.: Badania rozkładu potencjału elektrostatycznego na powierzchni dielektryków stałych, Maszyny Górnicze 2012, nr 2, s. 22-26.
10. Madejczyk W.: Prace badawcze Laboratorium Badań Instytutu Techniki Górniczej KOMAG na rzecz poprawy bezpieczeństwa pracy w górnictwie. Maszyny Górnicze 2010, nr 3-4, s.17-23.
11. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 marca 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 ze zmianami wprowadzonymi rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 9 czerwca 2006 r. (Dz.U.Nr 125 poz.863) oraz z dnia 25 czerwca 2010 r. (Dz.U. Nr 126 poz. 855).
12. Grynkiewicz-Bylina B.: Od maszyny i urządzenia górniczego do zabawki – rozwój Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. Maszyny Górnicze 2010, nr 3-4, s.31-8.
13. Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG.

Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2013 r.

Dr inż. Marek Szyguła
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Rozwój konstrukcji sekcji obudowy zmechanizowanej w górnictwie węgla kamiennego w Polsce

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

W artykule przedstawiono rozwój rozwiązań konstrukcyjnych sekcji obudowy zmechanizowanej w Polsce. Szczegółowo omówiono ewolucję konstrukcji podstawowych zespołów sekcji obudowy zmechanizowanej przeznaczonych do ścian zawałowych, stosowanych materiałów konstrukcyjnych oraz systemów sterowania. Na tym tle przedstawiono dorobek KOMAG-u w zakresie postaci konstrukcyjnych sekcji obudowy zmechanizowanej.

S u m m a r y

Progress in designing the powered roof support in Poland is presented in the paper. Evolution in designs of roof supports for caving walls, in used materials and systems for control of powered roof supports are discussed in more details. KOMAG's achievements as regards designing the powered roof support are given against this background.

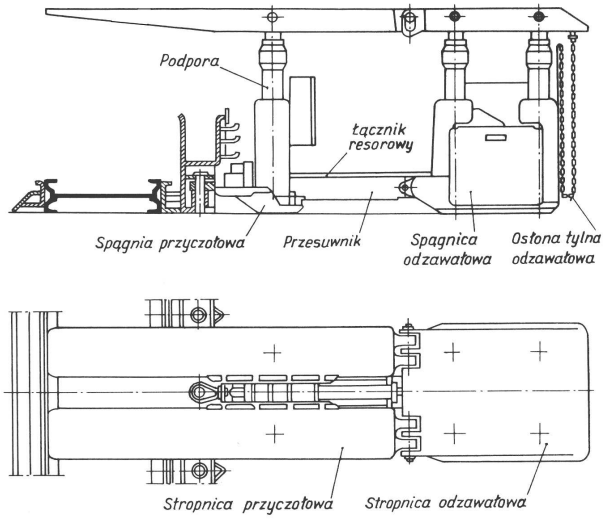
1. Wprowadzenie

Problem efektywności wydobycia węgla kamiennego związany był od początku eksploatacji z dużą pracochłonnością prowadzonych prac związanych z zapewnieniem dostępu do pokładów, jak również podparciem stropu i zabezpieczeniem górników przed opadającymi skałami. Praktycznie jeszcze do lat sześćdziesiątych XX wieku przy ówczesnym stanie mechanizacji prac związanych z urabianiem i transportem węgla możliwe było ręczne zabezpieczanie stropów wyrobisk udostępniających pokład. Jednak wprowadzenie maszyn urabiających i mechanicznych urządzeń transportowych wymusiło konieczność zabudowania stropu w przestrzeni potrzebnej dla dostępu do pokładu węgla, co spowalniało postęp wydobycia. Ujawniła się w ten sposób konieczność mechanizacji prac związanych z zabudową stropu w wyrobiskach udostępniających pokłady węgla oraz w strefie urabiania. Stosowane były różne systemy wybierania złoża węgla. Początkowo były to systemy zabierkowy i komorowo-filarowy. Szybko jednak zaczęto stosować system ścianowy jako najbardziej wydajny. Obecnie w górnictwie węgla kamiennego w Polsce stosowany jest w zasadzie wyłącznie system ścianowy. Niniejszy artykuł przedstawia rozwój postaci konstrukcyjnych sekcji obudowy stosowanych w krajowych wyrobiskach ścianowych.

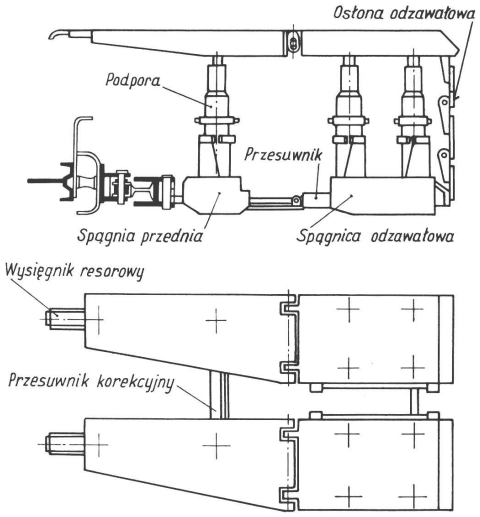
2. Rozwój obudowy ścianowej

Początkowo zabudowę stropu realizowano w oparciu o prace wykonywane ręcznie, przy zastosowaniu stojaków i stropnic drewnianych. Taki sposób podpierania stropu wyrobiska stosowany był zarówno w chodnikach udostępniających, jak i w ścianie wydobywczej. Postęp techniczny umożliwił z czasem zastosowanie stali, jako podstawowego materiału do wytwarzania elementów obudowy wyrobisk. Początkowo stosowano wyłącznie stalowe stojaki cierne, jednak z czasem zaczęto stosować stojaki hydrauliczne jako łatwiejsze do zabudowy i pewniejsze w działaniu. Do dnia dzisiejszego, w wyrobiskach udostępniających stosuje się obudowę stalową cierną, tylko w niektórych strefach wzmacnianą stojakami hydraulicznymi. W przypadku obudowy ścianowej nastąpił zdecydowany rozwój konstrukcji, który doprowadził do stosowania obudowy zmechanizowanej. Stosowana wcześniej obudowa indywidualna, mimo unowocześniania wszystkich jej elementów, wymagała dużego nakładu pracy na zabudowę. Obudowa ścianowa musiała być ciągle przestawiana, ze względu na przesuwający się front ściany. Ręczna zabudowa ściany obudową indywidualną nie tylko spowalniała postęp ściany, ale przede wszystkim stanowiła duże zagrożenie w czasie jej obsługi, zwłaszcza w fazie rabowania. Wady te wyeliminowała obudowa zmechanizowana.

Początki rozwoju obudowy zmechanizowanej w Polsce przypadają na lata sześćdziesiąte XX wieku. Pierwsze konstrukcje stanowiły obudowy kasztowe i ramowe [3]. Sekcje obudowy tego typu składały się głównie ze stropnic podpartych stojakami hydraulicznymi. Stojaki oparte były bezpośrednio na spągu wyrobiska, na małych podstawach, indywidualnych dla każdego stojaka. Stojaki wraz ze stropnicą lub stropnicami stanowiły komplet zwany sekcją. Tego typu konstrukcja stwarzała jednak problemy przy przestawianiu, gdyż zrabowana nie była stabilna. Z czasem zaczęto więc stosować wspólne posadowienie stojaków w sekcji, na jednej lub dwóch spągnicach. Stojaki były uchwycone w spągnicach, stabilizując całą sekcję (rys. 1 i rys. 2).



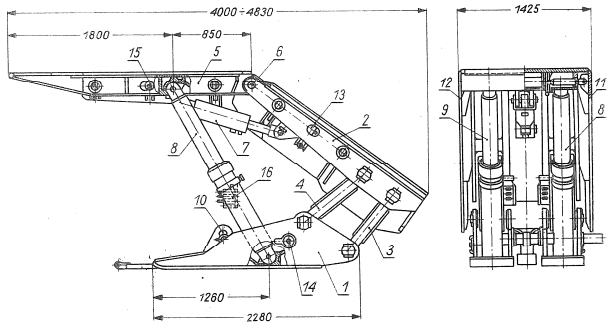
Rys.1. Obudowa kasztowa OK-1 [2]



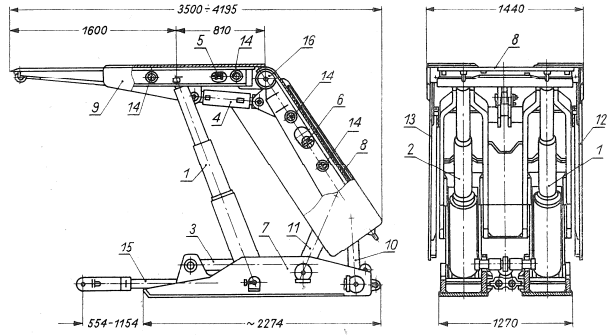
Rys.2. Obudowa kasztowa KRAB [2]

Podstawową wadą obudowy kasztowej i ramowej była mało skuteczna osłona od strony zawału. Były to sekcje obudowy podporowej, w których wypadkowa siła nacisku na strop była równa sumie podporności stojaków. Skały zawałowe opadające za sekcją obudowy mogły przerywać prowizoryczne osłony odzawałowe i wdzierać się do wnętrza sekcji. Masa skał zawału wprowadzała dodatkowe obciążenie poziome sekcji, co skutkowało uszkodzeniem stojaków nieprzystosowanych do przenoszenia sił poprzecznych.

W latach siedemdziesiątych XX wieku rozpoczęto w kraju produkcję sekcji obudowy podporowo-osłonowej, których cechą charakterystyczną była solidna osłona odzawałowa, chroniąca wnętrze sekcji przed przedostaniem się skał zawałowych. Jednocześnie sposób powiązania osłony odzawałowej ze stropnicą i spągnicą minimalizował działanie sił poprzecznych na stojaki sekcji. Jednymi z pierwszych krajowych konstrukcji tego typu obudowy były sekcje FAZOS-12/28-Oz (rys. 3) i GLINIK-08/22-Oz (rys. 4). Konstrukcje te powstały w Zakładach Konstrukcyjno-Mechanizacyjnych Przemysłu Węglowego, które były zapleczem konstrukcyjnym dla wszystkich ówczesnych producentów maszyn górniczych. Od tego czasu następował stopniowy rozwój konstrukcji sekcji podporowo-osłonowych. Sekcje tego typu zdominowały rynek sekcji obudowy zmechanizowanej po dzień dzisiejszy. Inne typy sekcji obudowy stosowane były sporadycznie.

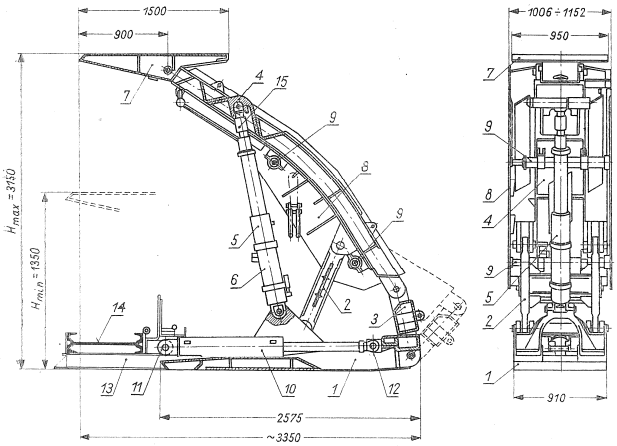


Rys.3. Sekcja obudowy zmechanizowanej FAZOS-12/28-Oz [1]

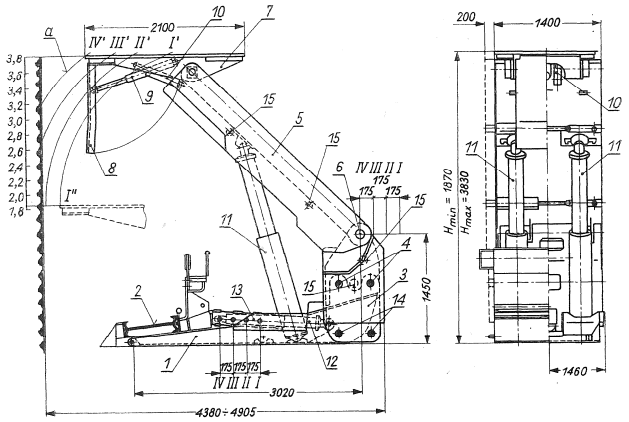


Rys.4. Sekcja obudowy zmechanizowanej GLINIK-08/22-Oz [1]

Poszukiwano oczywiście innych rozwiązań konstrukcyjnych. Powstały sekcje osłonowe, których charakterystyczną cechą było podparcie stojakami osłony odzawałowej. Strop podpierany był pośrednio za pomocą krótkiej stropnicy powiązanej przegubowo z osłoną odzawałową. Rozwiązaniami tego typu obudowy były sekcje FAZOS-19/32-Oz (rys. 5) i PIOMA-19/38-Oz (rys. 6)



Rys.5. Sekcja obudowy zmechanizowanej FAZOS-19/32-Oz [1]

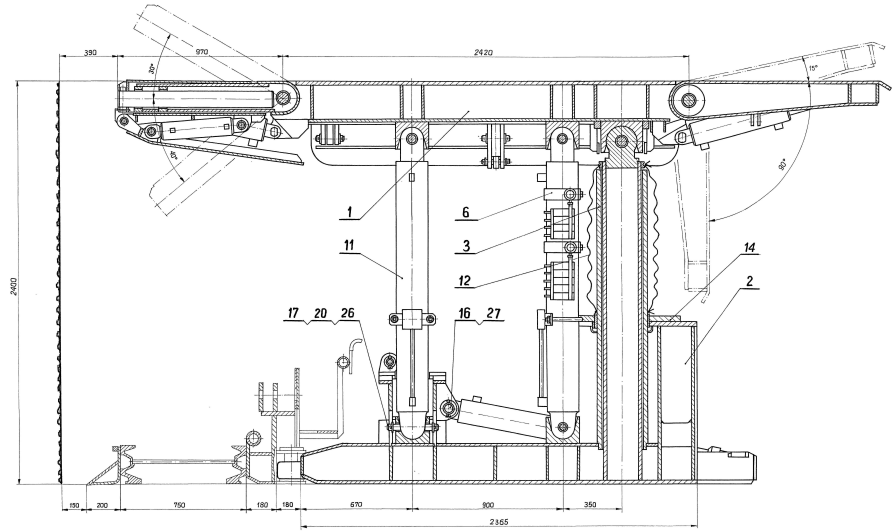


Rys.6. Sekcja obudowy zmechanizowanej PIOMA-19/38-Oz [1]

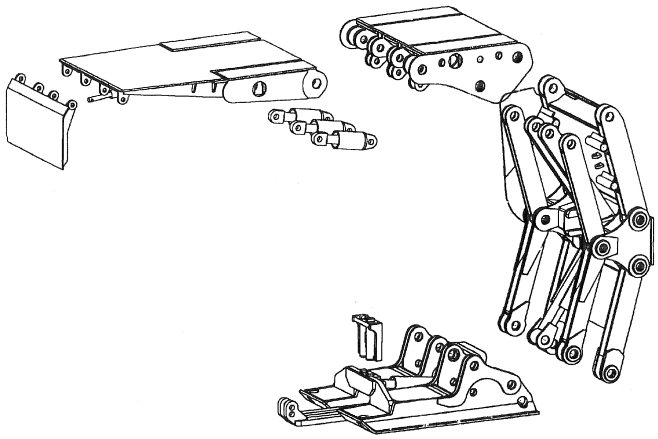
Niekorzystną cechą tych konstrukcji było bardzo krótkie podparcie stropu, a zatem znaczne naciski przenoszone na skały stropowe. Przegub centralny zastosowany w sekcji PIOMA-19/38-Oz powodował duże zmiany długości nieosłoniętego stropu, przy zmianie wysokości sekcji. Podejmowano również próby wyeliminowania poziomego ruchu stropnicy przy zmianie wysokości sekcji obudowy. Przykładem konstrukcji sekcji obudowy charakteryzujących się prostoliniowym ruchem stropnicy była opracowana w KOMAG-u sekcja obudowy FAZOS-24/36-Pp (rys. 7) oraz sekcja obudowy GLINIK-13/29-Pz (rys. 8). W obudowie FAZOS-24/36-Pp do stabilizacji położenia stropnicy wykorzystano prowadniki rurowe, natomiast w obudowie GLINIK-13/29-Pz podwójny układ czworoboku przegubowego. Zostały wykonane egzemplarze prototypowe tych sekcji, lecz oba typy nie zostały wdrożone do produkcji.

Ostatecznie rozwijano tylko konstrukcje sekcji obudowy podporowo-osłonowej.

Pierwsze sekcje obudowy podporowo-osłonowej wyposażane były w sztywne stropnice o stałej długości. Szybko okazało się, że nie w każdym miejscu użytkowania jest to korzystne. Na skraju ściany, gdzie często występuje konieczność dodatkowego wzmocnienia spójności stropu, korzystne okazało się zrabowanie tylko przedniej części stropnicy, przy zachowaniu podporności całej sekcji. Dla sekcji obudowy stosowanej w częściach skrajnych ściany wprowadzono początkowo wychylne części przednie



Rys.7. Sekcja obudowy zmechanizowanej FAZOS-24/36-Pp [Źródło: opracowanie własne]



Rys.8. Zespoły obudowy zmechanizowanej GLINIK-13/29-Pz [4]

stropnic, które można było odchylić w dół i umożliwić ułożenie nad stropnicą drewnianej wykładki stropu, gdy zasadnicza część stropnicy była nadal podpierana stojakami. Sekcja obudowy ze sztywną stropnicą była ustawiona z tzw. krokiem wstecz. Oznaczało to, że po przejeździe kombajnu nowo odkryty strop zabezpieczany był przez dostawienie sekcji do przodu o wielkość zabioru kombajnu. Na skraju ściany, gdzie takie ustawienie sekcji wymusza znaczne wydłużenie stropnicy, ze względu na dużą szerokość napędu przenośnika, korzystniejsze było zastosowanie wysuwnej końcówki stropnicy osłaniającej odkryty strop, po przejeździe kombajnu. Ostatecznie połączono oba rozwiązania tworząc stropnice wychylno-wysuwne stosowane na skraju ściany do dnia dzisiejszego.

3. Rozwój konstrukcji sekcji obudowy zmechanizowanej

Ogólna postać konstrukcyjna sekcji obudowy podporowo-osłonowej nie ulega zmianie od wielu lat. Jej rozwój polegał na unowocześnianiu konstrukcji, poprzez wprowadzanie nowych rozwiązań poszczególnych zespołów podstawowych (stropnic, osłon odzawałowych, spągnic i stojaków) i stosowaniu unowocześnianych i doskonalonych rozwiązań systemów sterowania hydraulicznego. Wprowadzono systemy nadzoru pracy sekcji i stosowano materiały konstrukcyjne nowszej generacji. Najbardziej istotne zmiany wprowadzane w konstrukcji zespołów podporowo-osłonowych sekcji obudowy zmechanizowanej, wykorzystywanych materiałach konstrukcyjnych oraz stosowanych systemach sterowania omówiono poniżej.

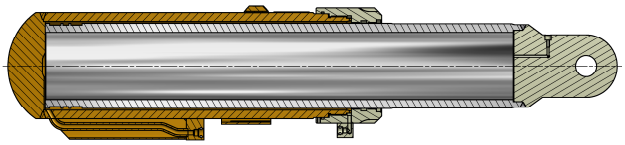
Materiały konstrukcyjne. Początkowo podstawowym materiałem konstrukcyjnym stosowanym do wytwarzania zespołów sekcji obudowy była stal konstrukcyjna 18G2A o granicy plastyczności 355 MPa. Wzrost podporności stojaków hydraulicznych spowodował jednak konieczność stosowania stali o wyższej granicy plastyczności, zwłaszcza dla niskich sekcji obudowy. Początkowo była to stal 18G2AV, o granicy plastyczności 420 MPa. Obecnie coraz częściej stosuje się stale stopowe o granicy plastyczności 690 MPa, a nawet 890 MPa. Utrudnia to znacznie proces produkcji, a zwłaszcza spawanie, ale jest niezbędne dla uzyskania odpowiedniej wytrzymałości zespołów. Dla sekcji obudowy o większej wysokości do dzisiaj stosuje się stale o niższej wytrzymałości, ze względu na niższe koszty wytwarzania i ułatwienie procesów ewentualnych remontów. Często stosuje się również połączenie blach o różniących się własnościach wytrzymałościowych oraz nakładki wzmacniające bardziej wytężone strefy konstrukcji.

Stropnice. Główne różnice pomiędzy rozwiązaniami początkowymi i dzisiejszymi polegają na poprawie ergonomii i funkcjonalności. Wprowadzono dodatkowe siłowniki korekcji bocznej, poprawiające skuteczność właściwego ustawienia sekcji w ścianie, wprowadzono nowe, bardziej niezawodne i łatwiejsze w obsłudze sposoby zabezpieczania sworzni łączących stropnicę z innymi zespołami obudowy. W sekcjach obudowy o mniejszej wysokości stosuje się wnęki na wyposażenie dodatkowe np. lampy, w celu zachowania odpowiedniej wielkości przejścia przez ścianę. Stropnice wyposażane są w specjalne punkty montażu urządzeń dodatkowych, ułatwiających pracę załogi ściany. Stosuje się mocowanie do stropnicy elementów kolejki podwieszanej czy urządzeń służących do rozkruszania dużych brył węgla. W sekcjach skrajnych stosuje się zwiększony zakres ruchu osłon bocznych umożliwiający zmianę podziałki sekcji. Stropnice bywają też wyposażane w systemy zraszania zmniejszające zapylenie w ścianie.

Osłony odzawałowe. W tym zespole konstrukcyjnym nastąpiło najmniej zmian w porównaniu do konstrukcji sprzed lat. Obecnie często stosuje się ulepszone metody prowadzenia osłon bocznych oraz elementy doszczelniające przestrzeń zawałową. W sekcjach skrajnych stosuje się również zwiększony zakres ruchu osłon bocznych, umożliwiający zmianę podziałki sekcji.

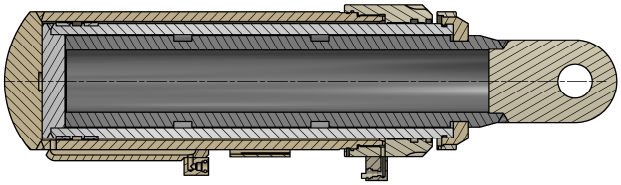
Spągnice. Pierwsze sekcje obudowy zmechanizowanej wyposażane były w wąskie spągnice dzielone, dwie dla każdej sekcji. Każdy stojak posadowiony był na własnej spągnicy. Wraz ze wzrostem podporności stosowanych stojaków, w przypadku miękkich spągów, dochodziło do zagłębiania spągnic w spągu, ze względu na małą powierzchnię styku ze spągiem. Nie było też możliwości zastosowania skutecznego sposobu podnoszenia spągnic w celu wyciągnięcia ich ze spągu i umożliwienia przestawienia sekcji. Dzielone spągnice zapewniają stateczność nierozpartej sekcji tylko do około 3,2 m jej wysokości. Powyżej tej wysokości większość sekcji o normalnej szerokości (1,5 m), przy nachyleniu poprzecznym powyżej 15°, przewraca się. Obecnie coraz częściej dwie części spągnicy łączone są sztywnym portalem przednim, a często i łącznikiem w tylnej części. Taka spągnica umożliwia uzyskanie znacznie większej powierzchni styku ze spągiem, zmniejszając tym samym naciski sekcji na spąg. Portal przedni jest wykorzystywany do mocowania bardzo skutecznie działającego siłownika podnoszenia spągnic. Jednolita spągnica zapewnia też poprzeczną stateczność wyższych sekcji obudowy.

Stojak hydrauliczny. To zespół konstrukcyjny, w którym wprowadzono najwięcej zmian. Pierwsze stojaki hydrauliczne wykorzystywane w sekcjach obudowy zmechanizowanej miały średnice cylindrów 160 i 200 mm. Pozwalało to na uzyskanie podporności roboczej stojaka 1000÷1500 kN. Były to początkowo stojaki z jednym stopniem hydraulicznym (rys. 9), które nie pozwalały na uzyskanie dużego przedziału zmienności wysokości roboczej sekcji.



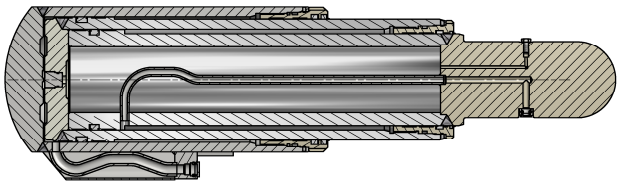
Rys.9. Stojak hydrauliczny jednostopniowy [Źródło: opracowanie własne]

W celu powiększenia zakresu wysokości sekcji obudowy zaczęto stosować przedłużacze mechaniczne (rys. 10).



Rys.10. Stojak hydrauliczny jednostopniowy z przedłużaczem mechanicznym [Źródło: opracowanie własne]

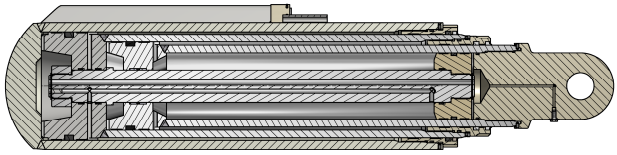
Wadą tego rozwiązania jest konieczność przestawiania położenia przedłużacza, w zależności od aktualnej wysokości ściany. Może dojść do sytuacji, gdzie w połowie zakresu wysokości sekcji wysuw hydrauliczny stojaka będzie bliski zeru, a stojak utraci podatność. W takim położeniu tłoka stojaka każde upuszczenie cieczy przez zawór roboczy stojaka może doprowadzić do mechanicznego zablokowania stojaka. Z tego też względu w nowych sekcjach obudowy nie stosuje się tego typu stojaków. Dla wyeliminowania tej wady zaczęto w sekcjach obudowy wykorzystywać stojaki dwustopniowe (dwuteleskopowe) (rys. 11).



Rys.11. Stojak hydrauliczny dwustopniowy [Źródło: opracowanie własne]

Pozwalają one na zmianę wysokości sekcji obudowy zmechanizowanej w bardzo szerokim zakresie, bez obawy o utratę odpowiedniej ilości cieczy pod tłokiem. Stojaki takie mają wbudowany zawór zwrotny, międzystopniowy, pozwalający na wykorzystywanie podporności wynikającej ze średnicy większego (dolnego) cylindra stojaka. Jednak ta konstrukcja też nie jest pozbawiona wad. Obecność zaworu zwrotnego międzystopniowego powoduje powstawanie w drugim stopniu stojaka ciśnienia zmultiplikowanego. Przy dużym ciśnieniu roboczym dolnego stopnia, ciśnienie w górnym stopniu osiąga bardzo duże wartości, najczęściej 1,6 ÷ 1,7-krotnie większe niż w stopniu dolnym. Ciśnienie robocze takiego stojaka jest ograniczone z powodu multiplikacji, ze względu na wytrzymałość rur i możliwości pracy uszczelek. Awaria zaworu międzystopniowego powoduje natomiast utratę podporności stojaka, który uzyskuje podporność wynikającą tylko ze stopnia o mniejszej średnicy tłoka.

W najnowszych sekcjach obudowy coraz częściej stosuje się stojaki dwustopniowe o jednakowym ciśnieniu roboczym obu stopni (rys. 12) z tzw. trzecim tłokiem.



Rys.12. Stojak hydrauliczny bez zaworu międzystopniowego [Źródło: opracowanie własne]

Odpowiednia konfiguracja tłoków stojaka pozwala na uzyskanie podporności roboczej górnego stopnia bardzo zbliżonej (95÷98%) do podporności dolnego stopnia. Jest to konstrukcja mniej awaryjna ze względu na brak wewnętrznego zaworu międzystopniowego, lecz znacznie trudniejsza technologicznie do wytwarzania.

Wraz ze zmianami konstrukcyjnymi stojaków zmieniano też (zwiększano) ich średnice robocze. Początkowo były to średnice 250 mm, później 280 mm, a obecnie, coraz częściej, stosuje się stojaki o średnicach podstawowych 300, 320, 350, a nawet 400 mm. Uzyskuje się w ten sposób podporność roboczą pojedynczego stojaka dochodzącą nawet do 5500 kN. Większa średnica stojaków wymusiła stosowanie większej szerokości sekcji obudowy. Pojawiają się konstrukcje o szerokości 1,75 i 2,0 m.

Sterowanie sekcją obudowy zmechanizowanej. Od początku stosowania stojaków hydraulicznych były one wyposażone w układ sterowania. Od początku też, aż do dnia dzisiejszego, podstawowy układ sterowania stojaka składa się z rozdzielacza hydraulicznego i bloku zaworowego. Zadaniem rozdzielacza jest kierowanie cieczy roboczej pod ciśnieniem do przestrzeni podtłokowej lub nadtłokowej stojaka. Blok zaworowy spełnia trzy funkcje. Pozwala na utrzymanie w stojaku ciśnienia roboczego (pasywnego), upuszczanie cieczy ze stojaka po przekroczeniu nastawionej wartości ciśnienia roboczego oraz otwieranie przestrzeni podtłokowej stojaka w celu jego zsuwania. Blok zaworowy zbudowany jest z zaworu zwrotnego sterowanego i zaworu przelewowego. Rozdzielacz jest umieszczony na sąsiedniej sekcji obudowy względem sekcji sterowanej i połączony z blokiem zaworowym przewodami hydraulicznymi. W tej podstawowej konfiguracji pełne ciśnienie zasilania przesyłane jest wieloma przewodami (dwa dla każdego siłownika sekcji) do sąsiedniej sekcji obudowy. Ewolucja systemu sterowania polegała głównie na zwiększaniu wielkości przepływu cieczy, od rozdzielacza do odbiornika (stojak, siłownik), poprzez zwiększanie wielkości kanałów przelotowych w rozdzielaczu i bloku zaworowym. Wraz ze wzrostem średnicy stojaków i siłowników wymagany jest szybszy przepływ cieczy roboczej do odbiornika w celu realizacji szybkiej pracy.

Dotyczy to zwłaszcza stojaków i przesuwników sekcji. Zwiększanie średnicy przepływu w rozdzielaczach ręcznych jest ograniczone głównie ze względu na siły potrzebne do jego przesterowania. Gdy rozdzielacze ręczne nie były już w stanie przesyłać odpowiedniej ilości cieczy do odbiorników, zaczęto stosować sterowanie pośrednie pilotowe i elektrohydrauliczne. W sterowaniu pilotowym przez rozdzielacz sterujący umieszczony w sekcji sąsiedniej i przewody łączące go z rozdzielaczem wykonawczym, umieszczonym w sekcji sterowanej, przepływa ciecz ze znacznie mniejszym natężeniem niż przez przewody w sekcji sterowanej, łączące rozdzielacz wykonawczy z magistralą zasilającą i siłownikami. W przypadku sterowania elektrohydraulicznego, hydrauliczne sygnały sterujące zastąpiono sygnałami elektrycznymi, uruchamiającymi poszczególne funkcje rozdzielacza wykonawczego. W tym przypadku pomiędzy sekcjami obudowy przekazywane są jedynie sygnały elektryczne. W ostatnich latach podstawowe funkcje układu sterowania są uzupełniane o funkcje dodatkowe, realizowane za pomocą specjalnych zaworów hydraulicznych np. łagodny rozruch siłownika, automatyczne doładowanie stojaka do podporności wstępnej itp. Nowoczesne układy sterowania uzupełniane są coraz częściej o funkcje informacyjne tj.: wskaźniki stanu hydraulicznego, wskaźniki położenia siłowników, systemy wizualizacji stanu podporności czy zdalne możliwości sterowania.

Na rysunku 13 przedstawiono przykładową, współczesną postać sekcji zmechanizowanej obudowy ścianowej przeznaczonej do ścian zawałowych.

4. Rozwiązania konstrukcyjne Zakładu Obudów Zmechanizowanych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG

Od początku działalności, uwzględniając wcześniejsze jej formy, w ITG KOMAG powstał szereg dokumentacji sekcji obudowy zmechanizowanej oraz dokumentacji modernizacyjnych. W początkowym okresie działalności konstruktorzy KOMAG-u opracowywali dokumentacje dla wszystkich producentów sekcji obudowy zmechanizowanej. Z upływem lat producenci organizowali jednak własne biura konstrukcyjne i udział konstrukcji KOMAG-u w nowych rozwiązaniach użytkowanych w kopalniach stopniowo malał. Obecnie w KOMAG-u powstaje kilka nowych konstrukcji w roku. Typy sekcji obudowy zmechanizowanej powstałych w KOMAG-u wraz z rokiem ich powstania przedstawiono w tabeli 1. W tabeli ujęto jedynie typy podstawowe, nie uwzględniając typów pochodnych, dostosowujących sekcje do wymagań konkretnego użytkownika.

W nazwach typów sekcji obudowy zmechanizowanej, po wyróżniku wielkości geometrycznej, stosowane są oznaczenia literowe. Podstawowe oznaczenia określają sposób współpracy sekcji obudowy ze stropem oraz sposób likwidacji pustki po wybraniu pokładu, i tak:

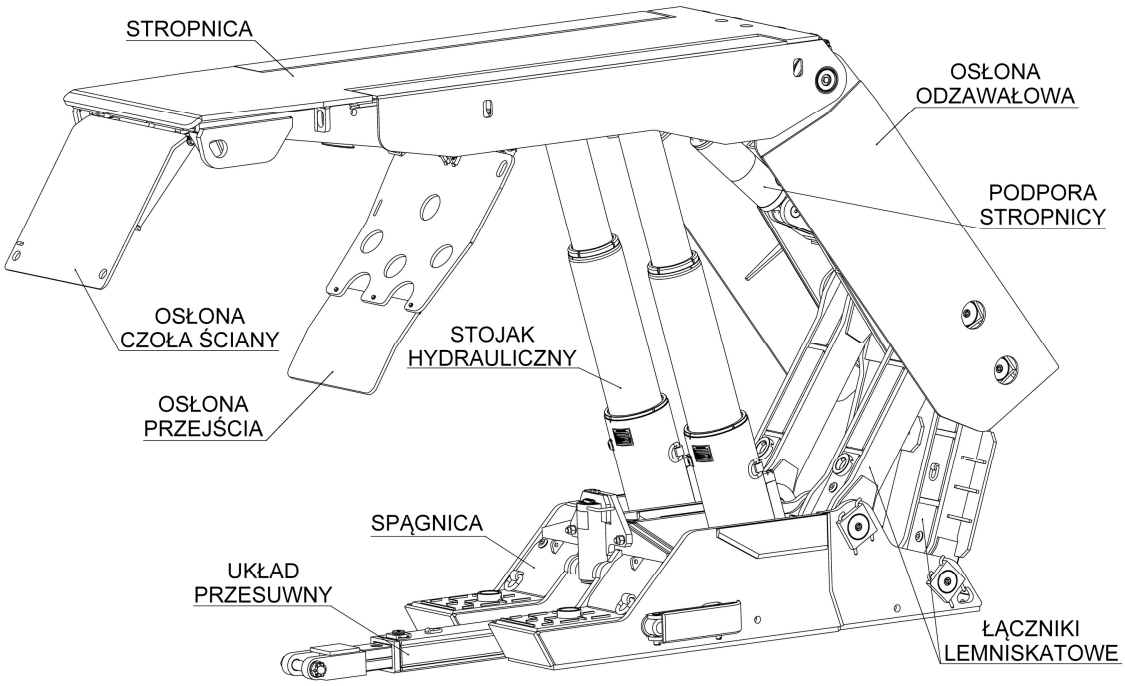
Oz – secja obudowy osłonowej do ścian zawałowych,

Op – sekcja obudowy osłonowej do ścian podsadzkowych,

Pz – sekcja obudowy podporowej do ścian zawałowych,

Pp – sekcja obudowy podporowej do ścian podsadzkowych,

POz – sekcja obudowy podporowo-osłonowej do ścian zawałowych,



Rys.13. Współczesna postać konstrukcyjna sekcji obudowy zmechanizowanej [Źródło: opracowanie własne]

POp – sekcja obudowy podporowo-osłonowej do ścian podsadzkowych,

.../BSN – sekcja obudowy ze stropnicą wychylno-wysuwną.

Pozostałe oznaczenia literowe lub literowo-cyfrowe najczęściej określają specyficzne przeznaczenie sekcji obudowy, producenta lub użytkownika sekcji obudowy.

W ostatnich latach w Zakładzie Obudów Zmechani-

Zestawienie typów sekcji obudowy zmechanizowanej opracowanych w ITG KOMAG

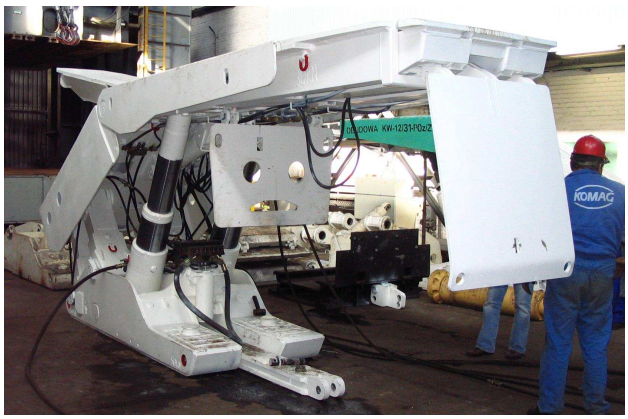
Tabela 1

L.P.	Nr dokumentacji	Nazwa obudowy	Realizacja
1	W31.001	FAZOS-12/28-Oz	1977
2	W31.002	FAZOS-17/36-O	1977
3	W31.003	GLINIK-08/22-O	1977
4	W31.005	PIOMA-24/45-Oz	1978
5	W31.006	FAZOS-19/32-Oz	1978
6	W31.007	FAZOS-15/31-Oz	1978
7	W31.011	PIOMA-25/45-Oz	1978
8	W31.014	GLINIK-08/22-OzK	1979
9	W31.018	FAZOS-11/25-Oz	1979
10	W31.020	PIOMA-18/37-Oz	1979
11	W31.021	GLINIK-055/15-OzM	1980
12	W31.021	GLINIK-06/15-Oz1	1980
13	W31.028	GLINIK-055/15-0z MK	1980
14	W31.020	PIOMA-21/37-Oz	1981
15	W31.029	PIOMA-25/40-Oz	1981
16	W31.030	GLINIK-066/16-Ozk	1981
17	W31.031	GLINIK-08/22-Oz	1981
18	W31.034	FAZOS-12/28-OzK	1981
19	W31.036	FAZOS-17/27-POp	1981
20	W31.037	FAZOS-17/36-POz	1982
21	W31.039	FAZOS-17/37-Oz	1982
22	W31.040	PIOMA-35/47-Op	1982
23	W31.041	FAZOS-16/30-Oz	1982
24	W31.042	FAZOS-12/28-Oz1	1982
25	W31.044	FAZOS-12/28-OzK2	1982
26	W31.045	FAZOS-15/31-OzK2	1982
27	W31.046	FAZOS-15/28-Op	1982
28	W31.048	FAZOS-12/25-OzT	1983
29	W31.049	TAGOR-17/37LV-Op	1983
30	W31.050	FAZOS-17/31-Op	1983
31	W31.051	SIEROSZOWICE -16/33-POz	1983
32	W31.053	PIOMA-27/47-Oz	1983
33	W31.054	PIOMA-24/47-Oz	1983
34	W31.055	GLINIK-066/16-OzS/50	1983
35	W31.058	FAZOS-22/35-POp	1984
36	W31.060	GLINIK-066/16-OzS/25	1984
37	W31.061	FAZOS-13/25-Oz	1984
38	W31.062	FAZOS-12/28-Oz/S1	1984
39	W31.063	FAZOS-19/34-POp	1984
40	W31.064	FAZOS-17/32-PZT	1984
41	W31.068	FAZOS-12/28-Oz/DOWTY	1985
42	W31.070	FAZOS-12/28-Oz/BSN/ChRL	1985
43	W31.075	FAZOS-15/31-OzR	1985
44	W31.076	FAZOS-17/37-OzR	1985
45	W31.078	FAZOS-15/31-Oz/ChRL	1985
46	W31.079	PIOMA-17/37-POz	1985
47	W31.081	FAZOS-15/31-Oz/BSN/ChRL	1985
48	W31.082	FAZOS-17/37-POz	1985
49	W31.083	FAZOS-17/37-Oz/RPR	1985
50	W31.084	FAZOS-12/23-POz	1985
51	W31.085	FAZOS-17/27-POp-N	1986
52	W31.090	FAZOS-12/28-Oz/RPW	1986
53	W31.091	GLINIK-08/22-OzK/RPW	1986
54	W31.092	FAZOS-073/17-OzT	1986
55	W31.093	TAGOR-17/37-LV-Oz/BSN	1986
56	W31.095	FAZOS-17/37-Oz/RPW	1986
57	W31.096	FAZOS-18/29-Op	1986
58	W31.097	PIOMA-25/45-Oz/RPW	1986
59	W31.098	PIOMA-27/47-Oz/RPW	1986
60	W31.101	MOZ-14/32-POz	1986
61	W31.102	MOZ-17/37-POz	1986
62	W31.103	MOZ-23/41-POz	1986
63	W31.106	TAGOR-17/41,5-LV-Op2	1987
64	W31.107	FAZOS-19/37-POp	1987
65	W31.108	FAZOS-12/28-Oz/Sol	1987
66	W31.109	FAZOS-15/31-Oz/BSN/Sol	1987
67	W31.110	FAZOS-12/23-POp	1987
68	W31.111	GLINIK-066/16-OzS	1987
69	W31.112	FAZOS-12/28-Zm-Oz	1987
70	W31.113	FAZOS-15/31-Oz/RPW	1987
71	W31.114	FAZOS-12/28-Oz-2,0	1987
72	W31.115	TAGOR-17/37-LV-Op2	1987
73	W31.118	FAZOS-12/31-Oz	1987
74	W31.119	FAZOS-12/28-Oz/Sol.2	1988
75	W31.120	FAZOS-15/31-Oz/BSN/Sol.2	1988
76	W31.121	FAZOS-12/28-OzM3	1988
77	W31.122	FAZOS-12/28-OzM3/BSN	1988
78	W31.124	FAZOS-17/37-OzM	1988
79	W31.125	FAZOS-17/37-Oz/T	1988
80	W31.129	FAZOS-0,85/14,2-Oz	1988
81	W31.130	FAZOS-14,7/32-POz	1988
82	W31.131	FAZOS-15/25-POp	1988
83	W31.132	FAZOS-17/37-Oz/BSN/ChRL	1988
84	W31.136	BSPN-09/31-Oz	1988
85	W31.138	FAZOS-15/27-Oz	1988
86	W31.140	WSPN-09/31-Oz	1988
87	W31.146	FAZOS-17/25-Oz WRL	1989
88	W31.147	FAZOS-17/25-Oz	1989
89	W31.148	FAZOS-09/23-Oz	1989
90	W31.149	FAZOS-11/26-Oz	1989
91	W31.155	FAZOS-046/13-OzS	1990
92	W31.156	FAZOS-28/60-Oz	1990
93	W31.158	FAZOS-22/44-Oz	1991
94	W31.172	FAZOS-15/31 M-Oz/TG	1991
95	W31.173	TAGOR-15/31-POp	1991
96	W31.174	TAGOR-16/33-Pz	1991
97	W31.175	TAGOR-18/35-Pz	1991
98	W31.180	TAGOR-17/37-M-Oz	1992
99	W31.183	TAGOR-10/24,8-Oz	1992
100	W31.184	TAGOR-17/37-POz	1992
101	W31.186	TAGOR-12/28-M-Oz	1992
102	W31.188	TAGOR-10/24,5-Oz	1993
103	W31.190	GLINIK-08/17-V-Oz	1993
104	W31.191	SOŚNICA-07/17-Oz	1994
105	W31.192	TAGOR-13/25-Oz/B	1994
106	W31.194	TAGOR-21/31-POp	1994
107	W31.195	GLINIK-15/37-POz	1995
108	W31.196	FAZOS-17/28-Op/KATOWICE	1995
109	W31.199	GSW-075/20-POz	1995
110	W31.201	TAGOR 12/35-POz	1996
111	W31.202	TAGOR 12/35-POz/II	1996
112	W31.203	TAGOR-12/23,8/30-POz	1996
113	W31.206	PIOMA-22/46-POz	1996
114	W31.207	FAZOS-15/31-Oz/R	1998
115	W31.208	GLINIK-08/22-OzK/R	1998
116	W31.210	FAZOS-17/37-Oz/R	1998
117	W31.211	FAZOS-12/28-Oz/R	1998
118	W31.212	TAGOR-19/31-POz/I	1998
119	W31.213	ZBMD-15/31-POz	1999
120	W31.215	ZAM-08/26-POz	2000
121	W31.216	ZAM-14/32,5-Poz/M	2000
122	W31.217	ZBMD-22/44-POz	2000
123	W31.219	PIOMA-JANKOWICE-19/32,8-Oz/KOMAG	2000
124	W31.220	ZBMD-12/31-POz	2001
125	W31.221	TAGOR-17/37-LV-Oz	2001
126	W31.222	ZBMD-12/31-POz/H	2001
127	W31.223	ZBMD-12/31-POz/H-BSN	2001
128	W31.225	KOMAG-14/27-POz	2002
129	W31.226	JZR-11/26-POz	2003
130	W31.227	JZR-12/35-POz	2003
131	W31.228	JZR-12/35-POz/BSN	2003
132	W31.216	ZAM-12/26-POz	2004
133	W31.230	KHW-12/28-POz	2006
134	W31.231	KHW-24/46-POz	2006
135	W31.233	KHW-12/28-POz/BSN	2006
136	W31.234	KHW-14/24-Pp	2006
137	W31.235	KHW-14/24-Pp/BSN	2007
138	W31.237	KW-16/37-POz	2007
139	W31.238	KW-12/28-POz/ZRP	2007
140	W31.239	KW-12/28-POz/BSN/ZRP	2008
141	W31.240	KW-12/31-POzW1/ZRP	2008
142	W31.241	KW-12/31-POzW1/BSN/ZRP	2008
143	W31.242	KHW-12/28-POz/Pp	2008
144	W31.242	KHW-13/27-POz/Pp	2008
145	W31.243	KHW-12/28-POz/Pp/BSN	2008
146	W31.244	KW-12/31-POzW2/ZRP	2008
147	W31.245	KW-12/31-POzW2/BSN/ZRP	2008
148	W31.232	KHW-24/46-POz/BSN	2009
149	W31.246	KHW-13/26-POz	2009
150	W31.247	HYDROMEL-16/36-POz	2011
151	W31.248	HYDROMEL-14/32-POz	2011
152	W31.249	HYDROMEL-11/25-POz	2011
153	W31.250	HYDROMEL-16/34-POz	2011
154	W31.252	HYDROMEL-16/34-POz/BSN	2011
155	W31.253	PUMAR-08/22-POz	2012
156	W31.254	PUMAR-08/22-POz/BSN	2012
157	W31.257	HYDROMEL-08/22-POz	2012
158	W31.258	HYDROMEL-08/22-POz/BSN	2012
159	W31.259	HYDROMEL-11/26-POz	2012
160	W31.260	HYDROMEL-11/26-POz/BSN	2012
161	W31.261	HYDROMEL-17/36-PP/POz	2012
162	W31.263	HYDROMEL-16/35-POz	2013
163	W31.264	HYDROMEL-16/35-POz/BSN	2013
164	W31.265	HYDROMEL-09/22-Oz	2013
165	W31.266	HYDROMEL-09/22-Oz/BSN	2013

zowanych ITG KOMAG powstało szereg nowych i zmodernizowanych konstrukcji sekcji obudowy zmechanizowanej. Były to przede wszystkim sekcje obudowy opracowane według wymagań i przy współpracy kopalń Katowickiego Holdingu Węglowego S.A. W latach 2006 do 2009, na podstawie dokumentacji opracowanej w zakładzie, wyprodukowano 107 sekcji obudowy podsadzkowej KHW-14/24-Pp (rys. 14) dla KWK Wujek, 398 sekcji obudowy zawałowej KHW-12/28-POz (rys. 15) dla KWK Murcki i KWK Wujek oraz 155 sekcji obudowy zawałowo-podsadzkowej KHW-12/28-POz/Pp (rys. 16) dla KWK Wieczorek. W latach 2007 do 2009 w wyniku współpracy z Zakładem Remontowo-Produkcyjnym Kompanii Węglowej, opracowano i wyprodukowano w ramach modernizacji 164 sekcje obudowy KW-12/28-POz/ZRP dla KWK Szczygłowice oraz 234 sekcje obudowy KW-12/31-POzW1/ZRP i 180 sekcji obudowy KW-12/31-POzW2/ZRP dla KWK Halemba. Przy współpracy z firmą Hydromel S.A. w roku 2011 wyprodukowano 108 nowych sekcji obudowy HYDROMEL-16/34-POz (rys. 17) dla KWK Piast, a w 2013 roku 147 nowych sekcji obudowy HYDROMEL-16/35-POz (rys. 18) dla KWK Wieczorek. Wszystkie nowe sekcje obudowy zmechanizowanej zostały skonstruowane z zastosowaniem najnowszych materiałów, jak i rozwiązań konstrukcyjnych. Podstawowe dane techniczne tych sekcji obudowy dostępne są na stronie internetowej KOMAG-u (www.komag.eu).

Rys.14. Sekcja obudowy podsadzkowej KHW-14/24-Pp [5]

Rys.15. Sekcja obudowy zawałowej KHW-12/28-POz [5]



Rys.16. Sekcja obudowy zawałowo-podsadzkowej KHW-12/28-POz/Pp [5]

Rys.17. Sekcja obudowy HYDROMEL-16/34-POz [5]

Rys.18. Sekcja obudowy HYDROMEL-16/35-POz [6]

5. Podsumowanie

Instytut Techniki Górniczej KOMAG od wielu lat kształtował rozwój konstrukcji sekcji obudowy zmechanizowanej. W pierwszym etapie ich rozwoju był jedynym dostawcą dokumentacji konstrukcyjnej do produkcji dla polskich kopalń, a w pewnym okresie również do produkcji na rynki zagraniczne (Rosja, Chiny, Indie, Węgry). To właśnie w KOMAG-u powstały podstawowe rozwiązania sekcji obudowy zmechanizo-

wanej FAZOS-12/28-Oz i GLINIK-08/22-Oz. Większość z tych sekcji została zmodernizowana z upływem czasu ze względu na zmieniające się wymagania bezpieczeństwa dla sekcji użytkowanych w polskich kopalniach. Można je jednak jeszcze spotkać w kopalniach w ich pierwotnej postaci.

Należy podkreślić, że Instytut KOMAG dysponuje największą wiedzą na temat skuteczności i niezawodności różnych rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w sekcjach obudowy zmechanizowanej, z racji uczestnictwa specjalistów KOMAG-u w cyklicznych ocenach stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanych, użytkowanych praktycznie we wszystkich polskich kopalniach.

W procesie konstruowania sekcji obudowy zmechanizowanej specjaliści KOMAG-u wykorzystują najnowsze wersje oprogramowania CAD Autodesk Inventor oraz zaawansowane oprogramowanie obliczeniowe, oparte o metodę elementów skończonych MES. Umożliwiają one opracowanie i sprawdzenie już na etapie projektowania podstawowych parametrów sekcji obudowy zmechanizowanej. Weryfikacja rozwiązań dokonywana jest na unikatowych w skali światowej stanowiskach do badania sekcji obudowy zmechanizowanej w Laboratorium Badań ITG KOMAG.

Literatura

1. Korecki Z.: Maszyny i urządzenia górnicze - część II, wydawnictwo Śląsk, 1985.
2. Smurzyński J.: Obudowy zmechanizowane, Śląskie Wydawnictwo Techniczne, 1993.
3. Chudek M., Pach A.: Obudowa wyrobisk eksploatacyjnych w kopalniach węgla kamiennego – część 1 – Obudowy współpracujące z górotworem w warunkach obciążeń statycznych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2002.
4. Trojan. A., Zabierowski S.: Pierwsza bezlemniskatowa obudowa ścianowa Glinik-13/29-Pz, Wiadomości Górnicze 1996, nr 4, str.163-165.
5. Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG.
6. Dokumentacja fotograficzna firmy HYDROMEL S.A.

Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2013 r.

Mgr inż. Andrzej MAZURKIEWICZ
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Rozwój konstrukcji kombajnów ścianowych

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

W czerwcu 2013 roku mija 30 lat od edycji pierwszego numeru „Maszyn Górniczych", w którym przedstawiono problematykę rozwoju nowych kombajnów ścianowych, zwłaszcza w aspekcie zastosowania systemu napędu posuwu POLTRAK. Zaprezentowano również wyniki produkcyjne w wybranych przodkach eksploatacyjnych. Od tego czasu nastąpił ogromny postęp w procesie projektowania i wytwarzania kombajnów ścianowych. W niniejszym artykule przedstawiono rozwój konstrukcji kombajnów ścianowych w wyniku współpracy Instytutu Techniki Górniczej KOMAG z grupą FAMUR SA, ZZNPW SA, KOPEX SA oraz GLIMAG SA. Przedstawione rozwiązania, dostarczane przez producentów kombajnów ścianowych do kopalń, są przykładem postępu w transferze innowacyjnych rozwiązań Instytutu do działalności gospodarczej.

S u m m a r y

In June 2013 it has been 30 years since the first volume of Mining Machines, in which the problems of development of new longwall shearers, especially in the aspect of using the POLTRAK advance system, were issued. Output of the selected longwall panels was also given. Since then a significant advance in designing and manufacturing the longwall shearers has been observed. Development of design of longwall shearers in a result of collaboration among KOMAG Institute of Mining Technology, FAMUR SA Group, ZZNPW SA, KOPEX SA and GLIMAG SA is described. Presented solutions delivered by the manufacturers of longwall shearers to mines are the example of progress in transfer of innovative solutions originated in the Institute to the industry.

1. Wprowadzenie

Projektowanie i wdrażanie kombajnów ścianowych, wchodzących w skład kompleksów ścianowych, jest jednym z priorytetowych kierunków badawczo-rozwojowych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. Na początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku podjęto w KOMAG-u prace projektowo-badawcze nad nową generacją kombajnów ścianowych zdolnych do konkurowania z produktami firm zagranicznych [1, 2].

W wyniku realizacji kilku projektów celowych, dofinansowanych m.in. przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, powstał typoszereg kombajnów ścianowych KSE z napędem elektrycznym. Opracowane rozwiązania i doświadczenia z eksploatacji pierwszych maszyn były podstawą do podjęcia prac nad doskonaleniem ich konstrukcji i projektowaniem nowych rozwiązań. Prace projektowo-konstrukcyjne i badawcze ukierunkowano w ostatnich latach na opracowywanie i wdrażanie ramion kombajnowych, zespołów napędu posuwu oraz układów zasilania kombajnów ścianowych.

2. Kierunki rozwoju konstrukcji kombajnów ścianowych

W rozwoju konstrukcji kombajnów ścianowych można wyróżnić trzy kierunki:

- metody projektowania nowych rozwiązań,
- doskonalenie i modernizacja elementów maszyn,
- wprowadzanie rozwiązań zwiększających bezpieczeństwo pracy.

Innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne kombajnów ścianowych są rezultatem wieloletnich prac badawczych, uwzględniających ich warunki pracy, badań eksploatacyjnych oraz stałego postępu i rozwoju w technologii wytwarzania maszyn.

Trzydzieści lat temu priorytetowym celem było wdrożenie bezcięgnowego systemu posuwu kombajnu, czyli rezygnacja z łańcucha ogniwowego na rzecz systemu zębatkowego. Pierwszym bezcięgnowym systemem posuwu był system POLTRAK. Poziome koło zębate, montowane w ciągniku C-27 kombajnu, zamiast koła łańcuchowego, współpracowało z zębatką o pionowych sworzniach, mocowaną do przenośnika ścianowego. Podstawową zaletą tego systemu była eliminacja łańcucha, będącego źródłem zagrożenia dla operatorów kombajnu. System posiadał jednak ograniczenia wynikające z małej siły posuwu, wysokiego stopnia komplikacji konstrukcji, niskiej trwałości oraz niewystarczającej uniwersalności w aspekcie wysokości kombajnu. Wraz z zastosowaniem w kombajnach ścianowych, zaprojektowanego w KOMAG-u, ciągnika C-30, wyposażonego w pionowe koło zębate, współpracujące z zębatką o poziomych sworzniach, mocowaną do przenośnika ścianowego, rozpowszechnił się system EICOTRACK. Najbardziej zaawansowany technologicznie i najbardziej elastyczny w eksploatacji system posuwu DYNATRAC, z pionowym kołem

napędowym, zazębiającym się z łańcuchem ogniwowym rozpiętym wzdłuż przenośnika ścianowego, nie przyjął się w kopalniach ze względu na wysokie koszty wytwarzania.

W kolejnym etapie rozwoju opracowano elektryczny napęd posuwu kombajnu ścianowego. W hydraulicznym napędzie posuwu kombajnu konieczne było stosowanie układu silnik elektryczny – pompa hydrauliczna – silnik hydrauliczny – przekładnia zębata – koło napędowe. Układ taki wymagał zastosowania dużej ilości łatwopalnego oleju i odpowiedniej jego czystości, jak również skomplikowanego układu sterowania oraz regulacji prędkości i siły posuwu. Układy hydrauliczne cechowały się niską sprawnością i brakiem możliwości automatyzowania pracy kombajnu. W elektrycznym napędzie posuwu, silnik elektryczny napędza bezpośrednio przekładnię zębatą. Początkowo do napędu wykorzystywano silniki prądu stałego. Dopiero zastosowanie silników prądu zmiennego, zasilanych przez przemiennik częstotliwości, pozwoliło na szersze zastosowanie tych napędów w skali przemysłowej.

Pierwszym kombajnem z elektrycznym napędem posuwu, zaprojektowanym w KOMAG-u, był kombajn KSE-300, produkowany przez GLIMAG SA. Pozytywne doświadczenia eksploatacyjne w KWK Gliwice stanowiły podstawę do zaprojektowania przez KOMAG kolejnych maszyn: KSE-800 i KSE-1000 produkowanych przez ZAMET SA, KSE-700 produkowany przez FAMUR SA oraz KSE-500 przez ZZNPW SA. Doświadczenia z wdrażania prototypów tych maszyn wykorzystano w projekcie kombajnu KSE-750E, realizowanego w ramach projektu celowego. Producentem kombajnu były ówczesne ZZNPW SA. Po raz pierwszy zastosowano napięcie zasilania 3300 V dla kombajnu oznaczonego symbolem KSW-880EU, który stał się podstawowym produktem KOPEX SA.

Zwiększenie koncentracji wydobycia, węgla zmierzające do obniżenia kosztów, wymagało zwiększenia parametrów trakcyjnych kombajnu – prędkości i siły posuwu. Dzięki zastosowaniu elektrycznego napędu posuwu stało się to możliwe bez radykalnego zwiększania gabarytów maszyny. Maksymalne parametry kombajnu z napędem hydraulicznym to prędkość 8 m/min, i siła posuwu 2x250 kN.

Kombajn KSW-880EU porusza się z prędkością do 20 m/min, a jego siła posuwu wynosi 2x335 kN. Zaprojektowany w ostatnich latach przez KOMAG ciągnik CE120 dla kombajnu KSW-1500EU pozwala osiągnąć prędkość posuwu do 36 m/min, a jego maksymalna siła posuwu wynosi 2x460 kN.

Istotne znaczenie na wielkość wydobycia ma również ramię kombajnu ścianowego. Pierwszą, podstawową cechą charakterystyczną nowoczesnego ramienia jest jego zdolność do mijania napędu przenośnika ścianowego, dzięki czemu możliwe jest urabianie końcowych fragmentów wyrobiska ścianowego bez konieczności wykonywania wnęki. Kolejnymi cechami są odpowiednio dobrana moc silnika elektrycznego i niezawodna przekładnia zębata.

Pierwsze zaprojektowane przez KOMAG ramiona – RW-200, RW-250MZ, RW-200N – przeznaczone były do kombajnów z hydraulicznym napędem posuwu. Musiały więc spełniać warunek montażu do tradycyjnych przegubów i siłownika układu podnoszenia. W celu obniżenia kosztów wykonania maszyny kadłuby ramion wykonano jako spawane. Prawidłowe warunki smarowania zapewniał podział kadłuba na trzy komory olejowe. Ramiona te, jako pierwsze, wyposażono w ładowarki osłonowe, wspomagające proces ładowania urobku na przenośnik ścianowy. W ramieniu RW-200 przekładnia napędu ładowarki była skręcana z kadłubem ramienia, a w ramieniu RW-250MZ była zintegrowana z kadłubem ramienia. Ładowarka ramienia RW-200N napędzana była bezpośrednio obiegowym silnikiem hydraulicznym. Każde z tych ramion wykonano w ilości ponad 100 sztuk.

Obecnie rozwój konstrukcji ramion kombajnów ścianowych zmierza w kierunku koncentracji przełożenia na ostatnich stopniach przekładni, którymi są zwykle przekładnie planetarne. Pozwala to na odciążenie szybkobieżnej części przekładni i umożliwia zmniejszenie jej gabarytów. Ma to szczególne znaczenie w konstrukcjach kombajnów ścianowych przeznaczonych do eksploatacji w niskich pokładach. Koncentracja przełożenia na końcu przekładni doprowadziła do zastosowania dwustopniowej przekładni planetarnej i modyfikacji przekładni planetarnej z układu trójsatelitowego na czterosatelitowy. W szybkobieżnej części przekładni stosowane są koła zmianowe, umożliwiające dobranie odpowiedniej prędkości obrotowej przekładni do średnicy organu urabiającego i uzyskanie optymalnej prędkości skrawania. W celu poprawienia jakości wyrobu, rozwiązania KOMAG-u przewidują zastosowanie w ramionach elementów katalogowych (takich jak łożyska toczne czy uszczelnienia) renomowanych firm światowych. Dla kombajnów ścianowych z elektrycznym napędem posuwu opracowano typoszereg ramion – R200N, R300, R500, R1000, R350N.

Ze względu na potrzebę zastosowania coraz wyższych mocy w układach napędowych oraz w celu poprawy parametrów technicznych kombajnu i zwiększenia jego dyspozycyjności, niezbędne okazało się zastosowanie w ramionach kadłubów odlewanych, z materiałów o zdecydowanie wyższych parametrach wytrzymałościowych. W procesie projektowania zastosowano oprogramowanie do modelowania przestrzennego CAD oraz MES do obliczeń wytrzymałościowych kadłubów. Do wstępnych obliczeń wytrzymałościowych przekładni zębatej zastosowano autorskie programy KOMAG-u, weryfikujące konstrukcję kół zębatych, wałów, osi oraz dobór łożysk tocznych.

Wzrost zainstalowanej mocy przekładni zębatych ramion i ciągników wymusił wyposażenie ich w układ wymuszonego smarowania kół zębatych i węzłów łożyskowych, z układem intensywnego chłodzenia oleju przekładniowego.

Prowadzone prace nad systemem wibrodiagnostyki elementów przekładni zębatej pozwolą na wczesne wykrywanie nieprawidłowości w pracy elementów przekładni i umożliwią zaplanowanie naprawy w terminie dogodnym dla użytkownika, w celu zwiększenia dyspozycyjności maszyny.

Przełomowym momentem w rozwoju kombajnów ścianowych było opracowanie samonośnej konstrukcji korpusu kombajnu. Składa się ona z trzech podstawowych elementów: dwóch zespołów napędowych i modułu zasilająco-sterującego. Rezygnacja z sań kombajnowych obniżyła koszty produkcji i pozwoliła na efektywniejsze wykorzystanie przestrzeni do transportu urobku na przenośniku ścianowym.

Źródłem niepożądanych przestojów kombajnu są zatory urobku na przenośniku ścianowym, powstające w wyniku odpadu dużych brył urobku od ociosu wyrobiska ścianowego. W celu ich likwidacji kombajny ścianowe wyposażane są w kruszarki kęsów. Stosowane są dwa rozwiązania konstrukcyjne:

- kruszarka montowana do przekładni bocznej, z ramieniem umieszczonym w przestrzeni pomiędzy zastawką przenośnika ścianowego, a kadłubem ramienia,
- kruszarka montowana na ramieniu kombajnu.

Kruszarka montowana jest zwykle od strony wlotu urobku pod kombajn, a regulacja położenia kruszarki umożliwia kruszenie urobku niezależnie od położenia ramienia kombajnu.

Z zakresu zwiększenia bezpieczeństwa pracy wprowadzono rozwiązania zabezpieczające operatorów kombajnu przed opadającym ze stropu i ociosu urobkiem. Są to umieszczone na kombajnie osłony, wypełniające przestrzeń pomiędzy kombajnem, a stropnicą obudowy. Regulacja ich położenia odbywa się bezstopniowo, za pomocą siłowników hydraulicznych, bez konieczności zatrzymywania pracy kombajnu, co ma szczególne znaczenie przy zmiennej wysokości ściany.

Zastosowano również powietrzno-wodną instalację zraszającą, która zapewnia skuteczne zwalczanie zapylenia powstającego w czasie urabiania, przy jednoczesnym zmniejszeniu zużycia wody oraz likwiduje zagrożenie zapalenia metanu w strefie urabiania. Poprawiono w ten sposób bezpieczeństwo i komfort pracy obsługi kombajnu oraz jakość wydobywanego węgla.

3. Przykłady wdrożonych rozwiązań

Pierwszym ramieniem zaprojektowanym dla ówczesnych Zabrzańskich Zakładów Naprawczych było ramię RW-200 (rys. 1), które zastosowano w kombajnie KSE-500, a następnie w kombajnach klasy KGS-500.

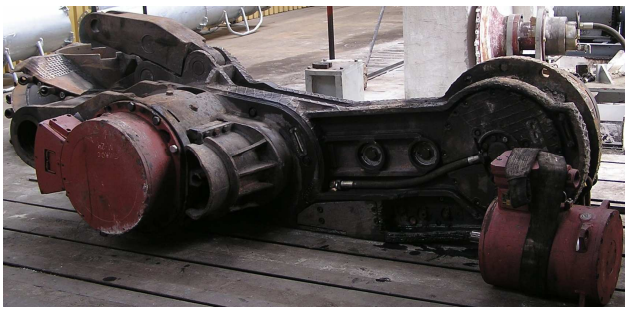
Rys.1. Ramię RW-200 [7]

W ramieniu zastosowano wiele innowacyjnych, jak na owe czasy, rozwiązań technicznych, tj.:

- specjalnie ukształtowaną część wysięgnikową kadłuba, umożliwiającą omijanie napędu przenośnika ścianowego i urabianie końcowych fragmentów wyrobiska ścianowego bez konieczności wykonywania wnęk,
- wyposażono ramiona w ładowarki osłonowe wspomagające proces ładowania urobku na przenośnik ścianowy,
- zastosowano spawaną konstrukcję kadłuba umożliwiającą obniżenie kosztów produkcji i ułatwiającą ewentualną modyfikację,
- kadłub przedzielono na trzy komory olejowe, w wyniku czego poprawiono warunki smarowania przekładni zębatej.

Dzięki zastosowaniu wyżej wymienionych ramion powstał typoszereg kombajnów KSW, a Zabrzańskie Zakłady Naprawcze z zakładu remontowego przekształciły się w zakład produkcyjny, o wiodącej roli w przemyśle maszyn górniczych.

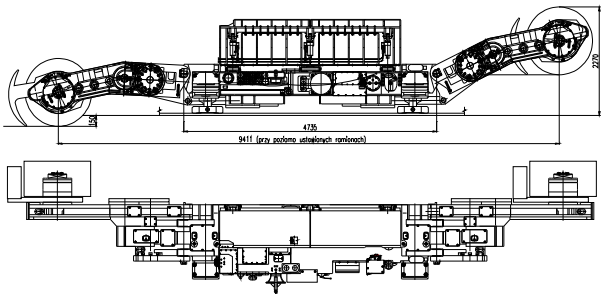
Opracowane w ITG KOMAG ramiona RW-200 zastosowano w kombajnie KSW-500, przeznaczonym do pracy w ścianach o wysokości od 2,0 m do 4,0 m.



Rys.2. Ramię RW-250MZ [7]

W ścianach o wysokości od 1,7 m zaczęto stosować kombajny KSW-475 wyposażone w ramiona RW-250MZ (rys. 2). W stosunku do ramion RW-200, zwiększono moc silnika napędowego z 200 kW do 250kW, zmniejszono gabaryty kadłuba ramienia i przekładni planetarnej, co pozwoliło na stosowanie organów urabiających o mniejszej średnicy oraz zintegrowano napęd ładowarki z kadłubem ramienia. Wdrożenie ww. kombajnu z ramionami RW-250MZ pozwoliło Zabrzańskim Zakładom Naprawczym na dalsze poszerzenie rynku kombajnów ścianowych.

Sukcesem konstrukcyjnym i produkcyjnym okazał się kombajn KSW-460N (rys. 3) [3]. Jego konstrukcję oparto na kombajnie KGS-245. Kombajn wyposażono w nowe ramiona RW-200N, zaprojektowane w ITG KOMAG. Główną cechą charakterystyczną kombajnu była duża moc silnika napędowego ramienia, zastosowana po raz pierwszy w niskim kombajnie. Zabrzańskie Zakłady Mechaniczne S.A. wyprodukowały ponad 70 sztuk tego typu kombajnu, eksploatowanego przy urabianiu węgla z pokładów o wysokości od 1,4 m. Kombajn KSW-460N jest również eksportowany do Rosji i Czech.



Rys.3. Kombajn KSW-460N [5]

Ze względu na potrzebę zastosowania coraz wyższych mocy w układach napędowych oraz w celu poprawy parametrów technicznych kombajnu i zwiększenia jego dyspozycyjności, niezbędne okazało się zastosowanie w ramionach kadłubów odlewanych z materiałów o zdecydowanie wyższych parametrach wytrzymałościowych.

Pierwszym ramieniem z kadłubem odlewanym było ramię R300 (rys. 4). Do jego napędu zastosowano silnik o mocy 300 kW. Komorę olejową wyposażono w specjalną chłodnicę płytową, a napęd ładowarek osłonowych zintegrowano z kadłubem. W przegubie ramienia zastosowano specjalne ucha umożliwiające montowanie go do różnych wersji kombajnu, zgodnie z potrzebami użytkownika.

Ramię kombajnowe R300 zastosowano w kombajnach KSW-750E i KSW-620E. Kombajn KSW-750E uzyskał wyróżnienie w konkursie „Polski Produkt Przyszłości 2002", a ramię R300 uzyskało nominację do Nagrody Gospodarczej Prezydenta RP w 2005 r. Do dnia dzisiejszego wyprodukowano ponad 100 sztuk tego ramienia.

Rys.4. Ramię R300 [7]

Urabianie wysokich ścian oraz węgli trudno urabialnych wymusiło potrzebę zainstalowania jeszcze większych mocy w ramieniu kombajnowym. Dla ścian wysokich przeznaczony jest kombajn KSW-1140E wyposażony w ramiona R500 (rys. 5), napędzane silnikiem o mocy 500 kW, na napięcie zasilania 3300 V. W ramieniu, po raz pierwszy, zastosowano symetryczny, odlewany kadłub i układ wymuszonego smarowania. W fazie projektowania zastosowano metodę elementów skończonych MES, za pomocą której zweryfikowano i potwierdzono wytrzymałość kadłuba ramienia.

Rys.5. Ramię R500 [7]

Rys.6. Ramię R200N [7]

Rozwijana ciągle współpraca pomiędzy ITG KOMAG, a KOPEX S.A. zaowocowała realizacją kolejnego projektu, dotyczącego niskiego kombajnu z elektrycznym napędem posuwu - KSW-460NE. KOMAG zaprojektował ramiona R200N (rys. 6) [3], przekładnie napędu posuwu oraz przekładnie boczne. Podstawowym problemem do rozwiązania było zastosowanie maksymalnych mocy jednostek napędowych i układów zasilających w ograniczonych gabarytach. W fazie projektowania zastosowano oprogramowanie do modelowania przestrzennego CAD oraz MES do obliczeń wytrzymałościowych kadłubów. Kombajn KSW-460NE uzupełnił typoszereg kombajnów ścianowych z elektrycznym napędem posuwu.

4. Perspektywy współpracy KOMAG – KOPEX

Obecnie w ramach Przedsięwzięcia „IniTech", dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, realizowany jest projekt badawczy pt. „Innowacyjne rozwiązania maszyn wydobywczych podnoszące bezpieczeństwo energetyczne kraju". Celem tego przedsięwzięcia jest opracowanie prototypu innowacyjnej, automatycznej maszyny wydobywczej, przeznaczonej do ścian niskich i średnich, umożliwiającej urabianie węgla w systemie ścianowym przy różnych warunkach górniczo-geologicznych i zaleganiu pokładu węgla, zapewniającej bezpieczeństwo załogi. Projekt realizowany jest przez konsorcjum naukowo-przemysłowe KOMAG - KOPEX. W zakresie projektu KOMAG wykonuje dokumentację techniczną i badania ramienia kombajnowego, przekładni bocznej, systemu wibrodiagnostyki i termowizji oraz powietrzno-wodnej instalacji zraszającej [4, 6, 8].

Ze środków własnych ITG KOMAG realizowany jest projekt nowoczesnego systemu posuwu KOMTRAK, przeznaczonego do kompleksów ścianowych produkowanych przez KOPEX S.A. Jego innowacyjność polega na nowym zarysie flanki zęba zębatki, z którą współpracują koła trakowe kombajnu ścianowego, który spowoduje zmniejszenie nacisków powierzchniowych i podniesienie trwałości kół trakowych.

W ramach Programu Badań Stosowanych, dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, realizowany jest również projekt badawczy pt. „Innowacyjny system posuwu maszyny wydobywczej podnoszący efektywność wydobycia oraz bezpieczeństwo pracy w kompleksach ścianowych". Celem projektu badawczego jest opracowanie i badanie nowatorskiego produktu, jakim jest innowacyjny system posuwu maszyny wydobywczej FLEXTRACK. Projekt realizowany jest przez konsorcjum naukowo-przemysłowe KOMAG – AGH - Instytut Odlewnictwa - SPECODLEW. Docelowym producentem systemu będzie KOPEX SA. System FLEXTRACK przewiduje zastosowanie nowego zarysu flanki zęba zębatki oraz poprawienie współpracy z kołem trakowym kombajnu ścianowego poprzez likwidację zaburzeń podziałki zębów.

Kompleksowej analizie zostanie poddana możliwość zastosowania kombajnowej kruszarki kęsów w zależności od typu kombajnu, typu ramienia, zakresu urabiania i maksymalnej unifikacji podzespołów, w celu obniżenia kosztów produkcji i serwisu.

Podobnej analizie zostanie poddana możliwość zamknięcia pary kół zębatych przekładni bocznej w kadłubie stanowiącym komorę olejową, w celu poprawienia ogólnej sprawności przekładni napędu posuwu oraz zwiększenia trwałości kół zębatych, które do tej pory pracują „na sucho".

5. Podsumowanie

Przedstawiony rozwój konstrukcji kombajnów ścianowych w okresie ostatnich 30 lat koncentrował się na poprawie parametrów trakcyjnych, dzięki zaprojektowaniu nowych przekładni zębatych oraz optymalizacji konstrukcji części mechanicznej kombajnu (wąskie ramię, samonośna konstrukcja kombajnu, bezcięgnowy system posuwu, osłony hydrauliczne, ładowarki osłonowe). Prowadzone obecnie prace w ramach projektów INERG i FLEXTRACK zmierzają do rozwoju systemów diagnostyki kombajnów (zapewnienie odpowiedniej dyspozycyjności maszyny, możliwość planowania przeglądów i remontów) oraz automatyzacji pracy, ograniczającej obecność obsługi w ścianach, gdzie występuje duża kumulacja zagrożeń.

Nowe projekty kombajnów ścianowych i ich dokumentacja techniczna realizowane są w środowisku programowym firmy Autodesk, a modelowanie 3D wykonywane za pomocą programu Autodesk Inventor. Rysunki dokumentacji technicznej wykonywane są za pomocą programu Autodesk AutoCAD Mechanical. Do projektowania przewodów instalacji hydraulicznej, wodnej, powietrzno-wodnej, smarującej i elektrycznej służy moduł „Tube & Piping" z programu Autodesk Inventor Professional.

Literatura

1. Meder A., Mazurkiewicz A.: Współpraca CMG KOMAG i ZZM SA w zakresie nowych rozwiązań kombajnów ścianowych. W: Materiały na II Międzynarodowe Sympozjum: "Nowe rozwiązania i doświadczenia w budowie i bezpiecznej eksploatacji polskich wysoko wydajnych kombajnów ścianowych", Wisła, październik 2004.
2. Prostański D., Tarkowski A., Mazurkiewicz A.: Rozwój i doskonalenie konstrukcji kombajnów ścianowych. W: Materiały na konferencję: "Maszyny i urządzenia dla przemysłu wydobywczego", maj 2006.
3. Meder A., Mazurkiewicz A., Winkler T.: Współpraca Zabrzańskich Zakładów Mechanicznych SA z Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG. Wiadomości Górnicze 2007 nr 7/8.
4. Projekt INERG „Innowacyjne rozwiązania maszyn wydobywczych podnoszące bezpieczeństwo energetyczne kraju", etap K Z3 – Opracowanie postaci konstrukcyjnej maszyny wydobywczej. ITG KOMAG Gliwice 2011 (materiały nie publikowane).
5. Dokumentacja techniczna kombajnu KSW-460N. ITG KOMAG Gliwice 1999 (materiały nie publikowane).
6. Dokumentacja techniczna ramienia R1000. ITG KOMAG Gliwice 2008 (materiały nie publikowane).
7. Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG.
8. Mazurkiewicz A., Tarkowski A.: „Projektowanie ramion kombajnów ścianowych dla Zabrzańskich Zakładów Mechanicznych S.A., Maszyny Górnicze 2012. Nr 3.

Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2013 r.

Dr inż. Edward PIECZORA
Mgr inż. Hubert SUFFNER
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Rozwój lokomotyw do kopalnianych kolei podziemnych

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

Kopalniana kolej podziemna stanowi podstawowy system transportu maszyn, urządzeń i materiałów, przewozu ludzi oraz transportu (odstawy) skały płonnej w polskich kopalniach węgla kamiennego. Kluczowym elementem struktury kopalnianej kolei podziemnej jest tabor trakcyjny, czyli lokomotywy: z napędem pneumatycznym, elektrycznym i spalinowym. W artykule przedstawiono rozwój lokomotyw, ze szczególnym uwzględnieniem rozwiązań opracowanych w ITG KOMAG. Podano podstawowe dane techniczne wybranych typów lokomotyw stosowanych w polskich kopalniach węgla kamiennego.

S u m m a r y

Mine underground railway is the basic system for transportation of machines, equipment, materials, people and waste rock in Polish hard coal mines. Traction rolling stock, i.e. locomotives with pneumatic, electric and diesel drive, is the key component of the structure of mine underground railway. Development of locomotives is presented with special attention paid to the solutions developed at KOMAG Institute. Basic technical data of selected types of locomotives used in Polish hard coal mines are given.

1. Wprowadzenie

W polskich kopalniach węgla kamiennego systemy transportu podziemnego bazują na:

- kopalnianych kolejach podziemnych, stosowanych na głównych drogach transportowych,
- kolejach podwieszonych lub spągowych w transporcie oddziałowym.

Dominujący jeszcze kilka lat temu transport linowymi kolejami podwieszonymi lub spągowymi został zastąpiony urządzeniami z napędem spalinowym, natomiast transport z liną otwartą za pomocą kołowrotów ograniczono do niezbędnego minimum.

Kopalniana kolej podziemna stanowi podstawowy system transportu maszyn, urządzeń i materiałów, przewozu ludzi oraz transportu (odstawy) skały płonnej. Transport urobku wozami został praktycznie w całości zastąpiony odstawą przenośnikami taśmowymi.

W skład urządzeń kopalnianej kolei podziemnej wchodzą [1]:

- urządzenia stałe (tory kolejowe, stacje, dworce itp.),
- tabor trakcyjny (lokomotywy),
- tabor wozowy,
- aparatura, urządzenia mechaniczne, w tym blokady oraz aparatura do sterowania i zarządzania pracą kolei.

Kluczowym elementem struktury kopalnianej kolei podziemnej jest tabor trakcyjny, czyli lokomotywy. Do ciągnięcia wozów kolei podziemnej stosowane są (były) lokomotywy z napędem:

- pneumatycznym,
- elektrycznym przewodowym (z zewnętrznym źródłem zasilania z trakcji),
- elektrycznym akumulatorowym (z wewnętrznym źródłem zasilania),
- spalinowym.

W polskich kopalniach jeszcze do niedawna stosowano jedenaście wartości szerokości torowisk.

W wyniku restrukturyzacji górnictwa, a zwłaszcza likwidacji kopalń wałbrzyskich, stosujących torowiska o szerokości 400÷500 mm, aktualnie stosowane są torowiska o szerokościach 550, 600, 750 i 900 mm.

2. Lokomotywy z napędem pneumatycznym

Lokomotywy z napędem pneumatycznym po raz pierwszy zastosowano w 1872 r. podczas drążenia tunelu pod przełęczą św. Gottharda w Szwajcarii.

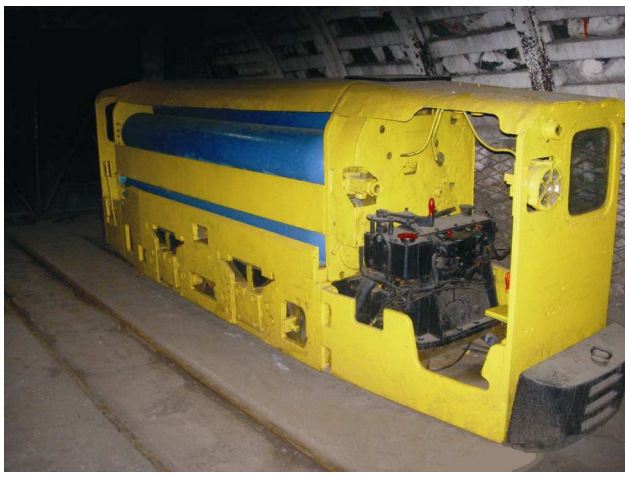
W 1905 r. firma Berliner Maschinenbau VG Vormals L. Schwartzkoff (BMAG) rozpoczęła seryjną produkcję lokomotyw z napędem pneumatycznym dla kopalń zagrożonych wybuchem metanu. Produkowano lokomotywy w wersjach: z dwoma, trzema lub czterema zbiornikami sprężonego powietrza, dla torowisk o szerokości od 530 do 670 mm. Do 1945 r. firma wyprodukowała 472 lokomotywy, z których kilka zakupił koncern Goduli dla kopalni „Morgenroth" w Chebziu (Ruda Śl.) [4, 6].

W 1937 r. produkcję lokomotyw z napędem pneumatycznym dla kopalń metanowych rozpoczęła niemiecka firma Arnold Jung Lokomotivfabrik. Stosowny w początkowych rozwiązaniach wiązarowy napęd zestawów kołowych, zastąpiono łańcuchowym przeniesieniem momentu obrotowego. Tłokowy silnik pneumatyczny napędzał korbowodami tylny zestaw kołowy, a napęd na przedni zestaw kołowy przenosił łańcuch Galla z kołami łańcuchowymi, zabudowanymi na osiach zestawów kołowych.

W 1942 roku dwie z wykonanych lokomotyw rozpoczęły pracę w kopali „Dębieńsko". Budowa kopalń w Rybnickim Okręgu Węglowym i eksploatacja pokładów metanowych spowodowała powszechne stosowanie w przewozie dołowym lokomotyw z napędem pneumatycznym (rys. 1). W latach 1956÷1987 firma Jung dostarczyła do polskich kopalń 148 lokomotyw z napędem pneumatycznym [6].

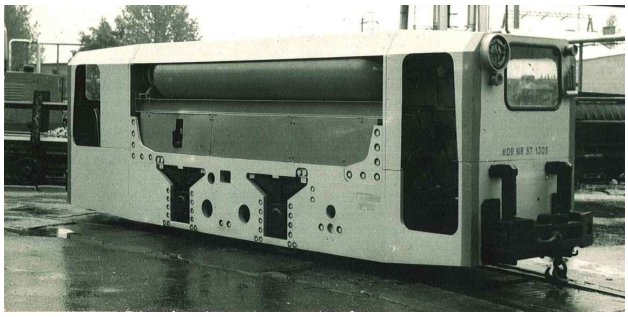
Rys.1. Lokomotywa z napędem pneumatycznym Jung PZ 45 [14]

Oprócz firmy Jung, lokomotywy z napędem pneumatycznym na polski rynek dostarczała czechosłowacka firma CKD Praha. Były to lokomotywy typu BVD 40 (rys. 2) pracujące głównie w metanowych kopalniach jastrzębskich i rybnickich. Układ napędowy rozwiązano podobnie jak w lokomotywach typu Jung. Silnik pneumatyczny napędzał łańcuchem przedni zestaw kołowy, który z kolei przekazywał napęd na zestaw tylny, z wykorzystaniem łańcucha Galla.



Rys.2. Lokomotywa z napędem pneumatycznym BVD 40 [15]

Wysokie koszty związane z koniecznością importu części zamiennych skłoniły do podjęcia działań związanych z uruchomieniem produkcji lokomotyw w Polsce. Współpracę w zrealizowaniu takiego projektu podjęło ówczesne CMG KOMAG oraz KWK Krupiński i Chorzowska Wytwórnia Konstrukcji Stalowych (ChWKS) KONSTAL. Efektem zrealizowanych prac była lokomotywa dołowa z napędem pneumatycznym o symbolu Ldp-45 (rys. 3). Niestety, wskutek braku możliwości importu silników pneumatycznych wyprodukowano tylko 10 egzemplarzy tych lokomotyw.



Rys.3. Lokomotywa z napędem pneumatycznym Ldp-45 [12]

W tabeli 1 zestawiono podstawowe parametry techniczne ww. wymienionych typów lokomotyw pneumatycznych.

Podstawowe parametry techniczne wybranych typów lokomotyw z napędem pneumatycznym [12, 14, 15]

Tabela 1

Produkt/typ		Jedn.	Jung PZ 45	BVD 40	Ldp-45
Maksymalna siła uciągu (na haku)		[kN]	do 33,3	25	24,5
Maksymalna prędkość jazdy		[m/s]	do 3	do 3,7	do 2,35
Masa lokomotywy		[kg]	10 500	10 200	12 000
Moc silnika		kW	36,7	37	33,1
Długość między zderzakami		[mm]	5480	5220	5600
Wysokość od główki szyny do końca dachu kabiny		[mm]	1630	1610	1650
Rozstaw torów	wykonanie standardowe	[mm]	495 do 750	450 do 650	450 do 900
Szerokość lokomotywy	dla torów 450-600	[mm]	1100	950	1100
	dla torów 610-650	[mm]		1100	

Lokomotywy z napędem pneumatycznym były bardzo bezpiecznym rozwiązaniem w aspekcie ich zastosowania w wyrobiskach potencjalnie zagrożonych wybuchem. Wymagały jednak lokowania na powierzchni kopalni sprężarek oraz sieci przewodów doprowadzających sprężone powietrze z powierzchni do wyrobisk. Z uwagi na ograniczoną pojemność zbiorników sprężonego powietrza, koniecznym było umiejscowienie, co około 1 km, zaworów umożliwiających napełnienie zbiorników w celu dalszej jazdy lokomotywy (pociągu). Bardzo niska sprawność lokomotyw z napędem pneumatycznym oraz wysokie koszty związane z utrzymaniem stacji oraz sieci sprężonego powietrza spowodowały z czasem całkowite wyeliminowanie tego typu transportu.

3. Lokomotywy z napędem elektrycznym

Lokomotywę zasilaną z trakcji elektrycznej w przewozie dołowym po raz pierwszy zastosowano w kopalni węgla Zanckerode k. Drezna. Na Śląsku pierwszą tego typu lokomotywę zastosowano w 1883 r. w kopalni Hohenzollern (Szombierki). Do napędu tych lokomotyw zastosowano silnik elektryczny prądu o stałego mocy około 7,5 kW.

W 1913 r. w śląskich kopalniach eksploatowanych było 37 lokomotyw. W okresie I wojny światowej liczba ta wzrosła do 200. Moc silników elektrycznych wynosiła początkowo 22 kW, a następnie 32 kW. W 1938 r. lokomotywy z napędem elektrycznym stanowiły 78% wszystkich eksploatowanych. Były to lokomotywy firm niemieckich i angielskich, takich jak: AEG, Klemm Dressler, SSW, Geenbat, Westinghouse, Metro-Vikers. [4, 5]

W pierwszej połowie XX wieku do zasilania silników lokomotyw i urządzeń trakcyjnych stosowano w polskich kopalniach wiele różnych wartości napięć. Przykładowo w kopalni Szombierki stosowano napięcie 350 V, w kopalni Wirek 450 V, a w kopalni Paryż 600 V. Najwięcej eksploatowanych lokomotyw było zasilanych napięciem stałym o wartości 220 V. Na początku lat pięćdziesiątych XX w. ujednolicono system zasilania, przyjmując dla trakcji dołowej napięcie o wartości 250 V. Podjęto również decyzję o opracowaniu i uruchomieniu produkcji przez ChWKS KONSTAL krajowych rozwiązań lokomotyw dołowych.

W lokomotywach instalowano dwa silniki szeregowe prądu stałego o mocach 17 kW, 23 kW oraz 41,5 kW. W następnych latach rozwiązania lokomotyw ciągle doskonalono powiększając ich typoszereg. Największą popularność zyskały lokomotywy typu Ld-21 (rys. 4) i Ld-31 (rys. 5). Rozruch oraz regulację prędkości lokomotyw z silnikami typu szeregowego uzyskiwano przez zmianę rezystancji włączanej w obwód silników. Dla regulacji momentu rozruchowego lokomotywy i nadania pociągowi odpowiedniego przyspieszenia zmieniono układ połączeń silników z szeregowego na równoległy.

Rozwój elementów półprzewodnikowych sprawił, że w latach 60-tych XX wieku rozpoczęto prace konstrukcyjne nad lokomotywami z tyrystorowym układem sterowania silnikami trakcyjnymi.

Do rozwoju tego sterowania w lokomotywach dołowych przyczyniła się firma ELSTA w Wieliczce, która opracowała i wdrożyła układ TUSDELK (tyrystorowy układ sterowania elektrycznej lokomotywy kopalnianej), umożliwiający modernizację tradycyjnego układu napędowego lokomotyw z napędem elektrycznym. Układ ten, oprócz bezstopniowego rozruchu i płynnej regulacji prędkości lokomotyw, stworzył możliwość hamowania elektrycznego.

Rys.4. Lokomotywa dołowa z napędem elektrycznym Ld-21 [5]

Rys.5. Lokomotywa dołowa z napędem elektrycznym Ld-31 [7]

Zaistniałe wypadki porażenia prądem od urządzeń trakcyjnych zasilanych napięciem stałym były powodem podjęcia prób wdrożenia do zasilania lokomotyw dołowych prądu przemiennego. Głównym celem było wprowadzenie wyłączników ochrony przeciwporażeniowej w trakcji dołowej. Pomimo dużego zaangażowania w prace badawcze nie osiągnięto spodziewanych efektów, głównie z uwagi na zwiększone spadki napięcia w sieci trakcyjnej.

Z początkiem lat 90-tych XX wieku ChWKS KONSTAL zakończyła produkcję lokomotyw dla górnictwa. Wiele z lokomotyw jest nadal eksploatowanych w kopalniach, mimo że żywotność niektórych egzemplarzy przekroczyła 50 lat.

Rozwój w ostatnim dziesięcioleciu nowoczesnych komponentów elektrycznych i elektronicznych, umożliwiających ich bezpieczne stosowanie w podziemnych wyrobiskach górniczych, przyczynił się do podjęcia prac badawczo-rozwojowych w zakresie innowacyjnych rozwiązań układów napędu i sterowania górniczych urządzeń transportowych.

W wyniku zrealizowanego w latach 2004÷2005 przez KOMAG i firmę ENERGO-MECHANIK Sp. z o.o., przy współudziale firmy ENEL Sp. z o.o. i ZUE ELSTA oraz współpracy z Branżowym Ośrodkiem Badawczo-Rozwojowym Maszyn Elektrycznych KOMEL, dofinansowanego przez NOT, projektu celowego, pt. „Nowoczesny układ napędowy do pojazdów szynowych", opracowano innowacyjny napęd. Jego główne elementy stanowią: bezszczotkowy silnik z magnesami trwałymi typu PMPg250L o mocy 60 kW oraz tranzystorowy przekształtnik energoelektroniczny (tzw. elektroniczny komutator) do sterowania kierunkiem i prędkością wirowania silnika oraz procesem hamowania. Opracowano również układ lokalnego i radiowego sterowania pojazdem szynowym. Dzięki zastosowaniu wysokoenergetycznych magnesów trwałych i optymalizacji obwodu elektrycznego, wymieniony silnik cechuje wysoka sprawność (przewyższająca sprawność silników prądu stałego i indukcyjnych porównywalnych mocy) oraz duża przeciążalność mechaniczna. Silnik pozbawiony jest komutatora mechanicznego, dzięki czemu uzyskano zwiększenie trwałości i niezawodności lokomotywy, skrócono czasy postojów, obniżono koszty remontu i przeglądów, a tym samym znacznie obniżono koszty eksploatacyjne. W oparciu o wyniki ww. projektu opracowano rozwiązanie nowoczesnej lokomotywy dołowej typu Ld - 31EM (rys. 6) zasilanej z trakcji elektrycznej, której producentem jest firma ENERGO–MECHANIK Sp. z o.o. W lokomotywie zastosowano autorskie rozwiązanie luzowanego pneumatycznie hamulca awaryjno-postojowego, współpracującego z układem kontroli „sprawności" maszynisty. Zastosowano także (zgodnie z obowiązującymi przepisami) elektropneumatyczne podnoszenie i opuszczanie pantografu.

Lokomotywa ta przeznaczona jest do eksploatacji w podziemnych wyrobiskach kopalń węgla, rud i soli, nie zagrożonych wybuchem pyłu węglowego oraz w wyrobiskach podziemnych ze stopniem „a" niebezpieczeństwa wybuchu metanu, w których prędkość powietrza jest nie mniejsza niż 1 m/s.

W dalszych pracach, dzięki zaangażowaniu firmy SOMAR S.A., opracowano nowoczesny układ sterowania lokomotywy, z pulpitem operatorskim, składającym się z: wyświetlacza ciekłokrystalicznego, łączników i przycisków sterowniczych oraz sterownika mikroprocesorowego współpracującego ze sterownikami falowników i koncentratorami sygnałów. Wprowadzono także wektorowe (w czterech ćwiartkach) sterowanie obrotami silnika.

Rys.6. Lokomotywa dołowa z napędem elektrycznym Ld-31EM [10]

Wybrane parametry techniczne wymienionych typów lokomotyw z napędem elektrycznym podano w tabeli 2.

Oprócz lokomotyw z napędem elektrycznym, zasilanych z sieci trakcyjnej, opracowano i wdrożono lokomotywy zasilane z baterii akumulatorowych, głównie w wyrobiskach potencjalnie zagrożonych wybuchem. Pierwsze lokomotywy zasilane z akumulatorów pojawiły się na Śląsku już na początku XX wieku. Składały się one z ciągnika i tendera zawierającego baterię akumulatorów kwasowych. Moc tych lokomotyw wynosiła od 8 do 20 kW, a maksymalna prędkość 2 m/s [4].

Powszechnie stosowaną w kopalniach lokomotywą jest znany Karlik - produkowana przez ChWKS KONSTAL lokomotywa typu Ldag-05 (rys. 7). Jest to lokomotywa jednostanowiskowa, napędzana dwoma silnikami prądu stałego o mocy 11 kW każdy. Drugą powszechnie stosowaną lokomotywą zasilaną z baterii akumulatorowej produkcji ChWKS KONSTAL jest lokomotywa typ Lea BM-12 (rys. 8), napędzana jednym silnikiem prądu stałego mocy 38 kW. Obydwie lokomotywy zostały opracowane jako konstrukcje przeciwwybuchowe, umożliwiające ich bezpieczną eksploatację w wyrobiskach potencjalnie zagrożonych wybuchem. W lokomotywach zastosowano kwasowe baterie akumulatorów umieszczone w tzw. obudowie wzmocnionej. Stosowanie lokomotyw zasilanych z akumulatorów wymaga przygotowania przez użytkowników infrastruktury, w postaci odpowiednio przewietrzanych komór ładowania baterii, wyposażonych w specjalne urządzenia (stoły) do ładowania baterii.

Podstawowe parametry wybranych typów lokomotyw z napędem elektrycznym [11]

Tabela 2

Typ lokomotywy/producent	Jedn.	Ld-21	Ld-31	Ld-31EM
Maksymalna siła uciągu (na haku)	[kN]	26	35	8
Maksymalna prędkość jazdy	[m/s]	2,3	2,3	6
Masa lokomotywy - dla torów 600-750 mm	[kg]	10 000	-	12 000
Masa lokomotywy - dla torów 900 mm		-	14 000	14 000
Moc silnika	kW	62		2x60
Typ silnika		prąd stały	prąd stały	magnesy trwałe
Długość między zderzakami	[mm]	5050	5750	5800
Wysokość od główki szyny do końca dachu kabiny	[mm]	1650	1600	1700
Rozstaw torów wykonanie standardowe	[mm]	550 do 700	750 do 900	600 do 900
Szerokość lokomotywy - dla torów 600-750	[mm]	1050	1200	1100
Szerokość lokomotywy - dla torów 900	[mm]	-	1350	1350

Podstawowe parametry techniczne wybranych typów lokomotyw zasilanych z baterii akumulatorów [4, 13]

Tabela 3

Typ lokomotywy / producent	Jedn.	Ldag-05	Lea BM-12	Lda-12K-EMA
Maksymalna siła uciągu (na haku)	[kN]	7	16,8	24
Maksymalna prędkość jazdy	[m/s]	2	4	5
Masa lokomotywy - dla torów 600-750 mm	[kg]	5000	12 000	13 000
Masa lokomotywy - dla torów 900 mm		-	12 000	14 000
Moc silnika	kW	2x12,5	1x38	2x18
Typ silnika		prąd stały	prąd stały	magnesy trwałe
Długość między zderzakami	[mm]	3050	5650	5950
Wysokość od główki szyny do końca dachu kabiny	[mm]	1600	1650	1725
Rozstaw torów -wykonanie standardowe	[mm]	600 do 650	600 do 950	550 do 900
Szerokość lokomotywy - dla torów 600-750 mm	[mm]	850	1050	1100
Szerokość lokomotywy - dla torów 900	[mm]	-	1100	1250

Rys.7. Lokomotywa z napędem akumulatorowym Ldag-05 [2]

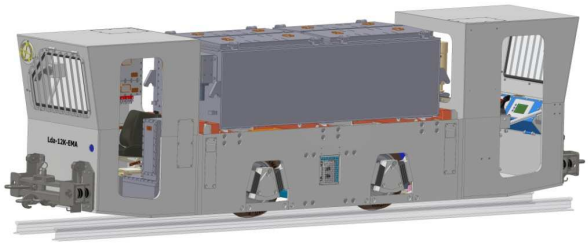
Rys.8. Lokomotywa z napędem akumulatorowym Lea BM-12 [7]

Do modernizacji układu sterowania lokomotyw Lea BM-12 przyczynili się specjaliści Centrum EMAG, opracowując w latach 90-tych XX w. energoelektroniczne wyposażenie TUSO/M, które uzyskało dopuszczenie WUG do stosowania w wyrobiskach o stopniu „a", „b" i „c" niebezpieczeństwa wybuchu metanu. W 2005 r., w związku z wejściem wymagań unijnych opracowano nowe obudowy ognioszczelne dla ww. wyposażenia, oznaczając je symbolem TURO-A. Opracowane wyposażenie energoelektroniczne do sterowania napędem lokomotyw składa się z następujących podzespołów umieszczonych w obudowach ognioszczelnych [7]:

- łącznik ognioszczelny – TUSO – 21M (TURO – 31),
- nawrotnik ognioszczelny – TUSO – 22/M (TURO – 32),
- dwa nastawniki ognioszczelne – ON – 2/M (TURO – 34A).

Uwzględniając zapotrzebowanie kopalń na nowoczesne rozwiązanie lokomotywy z napędem akumulatorowym, ITG KOMAG wspólnie z firmą ENERGO-MECHANIK Sp. z o.o. podjęli się realizacji, dofinansowanego przez NOT, projektu celowego pt. „Lokomotywa z napędem akumulatorowym przeznaczona do eksploatacji w atmosferze potencjalnie

wybuchowej". Opracowana w ramach projektu lokomotywa, o symbolu Lda-12K-EMA (rys. 9) posiada dwa niezależne zespoły napędowe, współpracujące ze sobą w czasie jazdy i hamowania. W skład każdego zespołu napędowego wchodzi przeciwwybuchowy silnik synchroniczny z magnesami trwałymi o mocy 18 kW, zasilany poprzez przekształtnik energoelektroniczny (falownik) z baterii akumulatorów kwasowo-ołowiowych specjalnej konstrukcji, o napięciu 144 V i pojemności 1000 Ah. Falownik wraz z aparaturą zasilającą i sterowniczą oraz zabezpieczeniami umieszczono w module zasilania. Moduł baterii składa się z dwóch komór: ognioszczelnej, w której znajduje się aparatura sterownicza, zasilająca oraz zabezpieczenia i drugiej o budowie wzmocnionej, w której znajdują się ogniwa baterii. Połączenie elektryczne modułu baterii z modułem zasilania zrealizowano za pośrednictwem przeciwwybuchowych złączy wtykowych. Sterowanie lokomotywą odbywa się z mikroprocesorowych pulpitów znajdujących się w obu kabinach i manipulatora do sterowania prędkością i hamowaniem lokomotywy.



Rys.9. Model lokomotywy Lda-12K-EMA [13]

4. Lokomotywy z napędem spalinowym

Pierwsze lokomotywy z silnikami cieplnymi zastosowano w transporcie dołowym w Wielkiej Brytanii, w pierwszej połowie XIX wieku. Lokomotywy te, posiadające zwykłe palenisko węglowe, ze względu na duże ilości wydzielanej pary i dymu nie dawały zadawalających rezultatów. Rozwijający się przemysł pojazdów samochodowych z silnikami benzynowymi umożliwił zastosowanie tych silników w lokomotywach kopalnianych. Zasadniczą wadą tych lokomotyw było jednak wydzielanie się toksycznych spalin do atmosfery kopalnianej oraz zagrożenie wybuchem benzyny, co zdecydowało o zaprzestaniu prac nad tego typu rozwiązaniem w górnictwie. Przełomem w rozwoju górniczych napędów spalinowych było skonstruowanie w 1897 r. wysokoprężnego silnika z zapłonem samoczynnym (silnika Diesla), w którym następuje spalanie całkowite. Opracowanie układu wylotu spalin z tzw. płuczką wodną umożliwiło uruchomienie w Wielkiej Brytanii pierwszych lokomotyw dołowych z silnikiem Diesla o mocy 22 kW. W kolejnych latach nastąpił dynamiczny rozwój tego typu lokomotyw przede wszystkim w Wielkiej Brytanii (firmy HUNSLET i PLYMOUTH), w Niemczech (firmy BEDIA, DIEMA, RUHRTHALER) i byłej Czechosłowacji (ZTS MARTENS) [8].

Prace nad opracowaniem i wdrożeniem do produkcji i stosowania dołowych lokomotyw z napędem spalinowym w Polsce rozpoczęto od opracowania w 1970 r. przez GIG-KD BARBARA pracy pt. „Analiza możliwości stosowania lokomotyw spalinowych w kopalniach gazowych ze szczególnym uwzględnieniem kopalń ROW". W efekcie jej pozytywnych wyników, w KOMAG-u, opracowano rozwiązanie lokomotywy dołowej o symbolu Lds -70, bazującej na silniku typu S 44G przystosowanym do pracy w warunkach dołowych o zagrożeniu metanowym produkowanej przez Zakłady Mechaniczne URSUS. Prototyp tej lokomotywy wykonały Rybnickie Zakłady Naprawcze Przemysłu Węglowego, zaś przeprowadzone w KWK „1-Maja" próby potwierdziły jej pełną przydatność oraz wyższość techniczną nad stosowanymi dotychczas lokomotywami z napędem pneumatycznym i elektrycznym zasilanych z baterii akumulatorowych. Próby zostały poprzedzone badaniami atestacyjnymi, które wykazały poprawność konstrukcji lokomotywy, jak również prawidłowość działania układów zabezpieczających. Z uwagi na zaniechanie produkcji silników wysokoprężnych typu S 44G, lokomotywa dołowa spalinowa Lds -70 nie weszła do produkcji seryjnej. W związku z tym podjęto prace nad opracowaniem nowego rozwiązania lokomotywy oznaczonej symbolem Lds-100, w której zastosowano produkowany przez WSW ANDORIA w Andrychowie zespół napędowy ZN-400/25 z silnikiem wysokoprężnym SW-400/Ł1 o mocy 85 kW. Silnik ten nie spełniał jednak wymagań dotyczących ograniczenia toksyczności spalin oraz temperatury na wylocie do atmosfery kopalnianej i dlatego, każdorazowo przed pierwszym zamontowaniem w lokomotywie, a następnie okresowo, w czasie eksploatacji musiał być poddawany odpowiedniej regulacji pompy wtryskowej w specjalistycznym laboratorium Politechniki Wrocławskiej, a później Politechniki Śląskiej. Regulacja ta powodowała jednak obniżenie mocy silnika około 30%. Silnik wyposażono w specjalny kolektor chłodzony wodą, gdzie następowało wstępne schładzanie spalin – końcowe ich schłodzenie następowało w płuczce wodnej.

W latach 1976÷1978 ChWKS KONSTAL wyprodukowała serię próbną - 5 egzemplarzy lokomotyw Lds-100, które wdrożono do eksploatacji w KWK „1-Maja". Mimo dużego zapotrzebowania na te lokomotywy ze strony kopalń, ze względu na brak kooperantów w zakresie produkcji przekładni zębatych, KONSTAL zaniechał ich dalszej produkcji [8].

W 1982 r. uruchomiono produkcję lokomotyw Lds-100 w Zakładach Mechanicznych ZAMET w Rudzie Śląskiej Lokomotywy po badaniach przeprowadzonych przez Zakład Atestacji GIG i KD BARBARA, dopuszczono przez WUG do stałej eksploatacji w podziemiach kopalń węgla, rud, soli i innych minerałów w pomieszczeniach „a", „b" i „c" niebezpieczeństwa wybuchu. Zakład ten produkował i remontował lokomotywy

praktycznie do końca lat 80-tych ubiegłego wieku. Restrukturyzacja przemysłu węglowego, objawiająca się między innymi ograniczeniem liczby eksploatowanych ścian, doprowadziła do pojawienia się na rynku znacznej liczby maszyn górniczych, w tym lokomotyw typu Lds-100, które stanowiły dla pracujących kopalń źródło części zamiennych. Sytuacja ta doprowadziła w konsekwencji do zaniku produkcji lokomotyw z napędem spalinowym, jak również ich części, co pośrednio doprowadziło do upadku producenta.

Dopiero po roku 2000 pojawiło się zapotrzebowanie na nowe części zamienne, a później na lokomotywy. Remontów oraz produkcji części zamiennych do lokomotyw z napędem spalinowym w oparciu o dokumentację KOMAG-u, podjęła się firma HELLFEIER Sp. z o.o.

Uruchomieniem produkcji nowych lokomotyw zainteresowała się również firma ENERGO-MECHANIK Sp z o.o. ze Strzelec Opolskich, z którą w 2006 roku podpisano umowę dotyczącą komercjalizacji opracowanego przez KOMAG rozwiązania lokomotywy dołowej z napędem spalinowym typu Lds-100K-EM (rys. 10) dla zakładów górniczych rud miedzi. W lokomotywie zastosowano wysokoprężny silnik turbodoładowany firmy Cummins o mocy 90 kW i mechaniczne przeniesienie napędu z przekładnią hydrokinetyczną. Sterowanie obrotami silnika, hamowanie, sterowanie kierunkiem jazdy oraz załączanie piasecznic zrealizowano na drodze hydraulicznej, natomiast rozruch silnika realizowany jest na drodze elektrycznej. Lokomotywę wyposażono w układ kontroli „sprawności" działania maszynisty (czuwak), który współpracuje z hamulcem awaryjno-postojowym. Lokomotywę poddano ocenie zgodności, uzyskując Certyfikat Badania Typu WE nr KOMAG/06/MD/ST/52.

Rys.10. Lokomotywa z napędem spalinowym Lds-100K-EM [10]

Doświadczenia nabyte przez specjalistów KOMAG-u przy wdrażaniu lokomotywy typu Lds-100K-EM w zakładach górniczych KGHM Polska Miedź S.A. wykorzystano przy opracowywaniu konstrukcji lokomotywy przeznaczonej do stosowania w kopalniach węgla kamiennego. W przeciwieństwie do lokomotywy typu Lds-100K-EM, lokomotywy dla kopalń węgla kamiennego musiały jednak spełniać wymagania Dyrektywy ATEX. W lokomotywie o symbolu Lds-100K-EMA (rys. 11) zastosowano wysokoprężny, niskotoksyczny silnik firmy Deutz o mocy 80 kW oraz układ mechanicznego przeniesienia napędu na koła z przekładnią hydrokinetyczną. W celu spełnienia wymogów Dyrektywy ATEX opracowano ognioszczelny układ dolotowo-wylotowy z mokrą płuczką spalin, zabezpieczony na dolocie powietrza i wylocie spalin przerywaczami płomieni. Układ ten poddano specjalistycznym badaniom w KD Barbara, otrzymując certyfikat nr KDB 06ATEX084.

Rys.11. Lokomotywa z napędem spalinowym Lds-100K-EMA [10]

W układzie sterowania wykorzystano system sterowania i nadzoru firmy ELSTA Sp. z o.o., współpracujący z zespołem rozdzielaczy elektrohydraulicznych. Układ kontroluje poprawność pracy napędu spalinowego pod kątem przekroczenia krytycznych wartości parametrów, decydujących o bezpieczeństwie pracy, jak również „sprawność" działania operatora (maszynisty).

Zastosowano, z powodzeniem, technikę elektrohydraulicznego, proporcjonalnego sterowania obrotami silnika spalinowego (prędkością jazdy). Rozwiązanie to ciągle doskonalono, zaś w wyniku uwag użytkowników o potrzebie dostosowania gabarytów lokomotywy Lds-100K-EMA do istniejących wyrobisk, przy zachowaniu wymaganej skrajni lub też do wymiarów klatek szybowych, wprowadzono odmiany lokomotywy Lds-100K-EMA przedstawione w tabeli 4. Również na życzenie użytkowników podjęto prace nad wyposażeniem lokomotywy w silnik o większej mocy, co zaowocowało wprowadzeniem do konstrukcji lokomotywy silnika firmy Deutz o mocy 102 kW.

Typoszereg lokomotyw Lds-100K-EMA [10]

Tabela 4

Lp.	Długość całk. [mm]	Wysokość od główki szyny [mm]	Długość kabiny [mm]	Szerokość [mm]	Masa [kg]	Max siła pociągowa [kN]
1.	6000	1600	1105	1100 dla toru do 750 mm 1138 dla 785 mm 1250 dla 900 mm	do 12000	38
2.		1600	1085		do 15000	42
3.		1650	1105		do 12000	38
4.		1650	1085		do 15000	42
5.	6250	1600	1210		do 12000	38
6.		1600	1210		do 15000	42
7.		1650	1210		do 12000	38
8.		1650	1210		do 15000	42

W 2012 r. wprowadzono na rynek nowe rozwiązanie lokomotywy Lds-100K-EMA, z hydrauliczną transmisją momentu obrotowego z silnika spalinowego na koła jezdne. Do napędu lokomotywy wykorzystano silnik firmy Deutz o mocy 102 kW, a hydrauliczne przeniesienie napędu oparto o dwie, niezależne jednostki napędowe. Każdą jednostkę napędową tworzą: pompa, silnik hydrauliczny, przekładnia i zestaw kołowy. Lokomotywę poddano ocenie zgodności uzyskując Certyfikat Badania Typu WE nr KOMAG/06/MD/ATEX/ST/127.

Innym, krajowym rozwiązaniem jest lokomotywa dołowa PIOMA LDS–80 (rys. 12), która powstała w wyniku współpracy KOMAG-u z FMG PIOMA S.A. Jest to lokomotywa trójbryłowa, z hydrauliczną transmisją momentu z silnika spalinowego na koła jezdne. W lokomotywie zastosowano innowacyjne rozwiązanie odrębnych hydrauliczno-mechanicznych napędów związanych z prawą i lewą szyną. Zasilanie napędów z jednego układu hydraulicznego sprawia, że prędkość kół po jednej (lewej) i drugiej (prawej) stronie lokomotywy może być zróżnicowana, co umożliwia dostosowanie prędkości kół jezdnych do promieni szyn na zakrętach, eliminując poślizgi kół i zwiększając efektywność generowania siły pociągowej. Przekładnie zespołów napędowych posiadają zabudowane hamulce wielopłytkowe, pełniące rolę hamulca awaryjnego i postojowego. Przy masie własnej 16 ton lokomotywa skutecznie transportuje masy o wartości 200 ton i jest zdolna pokonać zakręty o promieniach do 4 m. Konstrukcja lokomotywy pozwala na jej bezpieczną eksploatację w wyrobiskach potencjalnie zagrożonych wybuchem.

Krajowym rozwiązaniem jest także górnicza lokomotywa spalinowa typu UIK–GLS150–A (rys. 13) opracowana i wdrożona do produkcji przez firmę Urządzenia i Konstrukcje w Żorach. Lokomotywa posiada konstrukcję jednobryłową, w której zabudowano sześciocylindrowy rzędowy silnik wysokoprężny John Deere 6068 TFM75 z elektroniczną pompą wtryskową. Układ wylotowy spalin wyposażono w tzw. „suchą płuczkę spalin", czyli wymiennik ciepła z oddzielnym układem chłodzenia. Transmisja momentu obrotowego z silnika spalinowego na koła jezdne odbywa się poprzez układ hydrauliczny, którego głównymi elementami są: pompa hydrauliczna oraz dwa niezależne silniki hydrauliczne firmy BOSCH REXROTH. Lokomotywę wyposażono także w elektryczno – hydrauliczny układ mający na celu wyrównanie prędkości obrotowych osi napędowych. Rozwiązanie lokomotywy spełnia wymagania dyrektyw 2006/42/WE i 94/9/WE [16].

Rys.12. Lokomotywa z napędem spalinowym PIOMA LDS-80 [3]

W polskich kopalniach węgla kamiennego stosowane są również lokomotywy spalinowe produkcji czeskiej (firmy FERRIT) oraz słowackiej (firmy STAVUS).

W tabeli 5 zestawiono podstawowe parametry techniczne przedstawionych wyżej lokomotyw spalinowych.

Parametry techniczne wybranych typów lokomotyw z napędem spalinowym [3, 10, 16 ÷18]

Tabela 5

Typ/producent	Jedn.	Lds-100 K-EMA	PIOMA LDS-80	UiK-GLS150-A	DLP140 Ferrit	DH 70 D.3-2 Strojarne
Maksymalna siła uciągu (na haku)	[kN]	42	34	45	40	30
Maksymalna prędkość jazdy	[m/s]	5	4,8	5	4	5
Masa lokomotywy	[kg]	do 15 000	16 000	do 15 500	15 000	do 12 000
Moc silnika	kW	102	81	150	93	93
Długość między zderzakami	[mm]	6000 lub 6250	7320	6000 lub 6200	5800 lub 6000	5200 lub 5500
Wysokość od główki szyny do końca dachu kabiny	[mm]	1600 lub 1650	1650	1600 lub 1650	1600	1600
Rozstaw torów - wykonanie standardowe	[mm]	600 do 900	650 do 900	550 do 900	550 do 900	580 do 900
Szerokość lokomotywy - dla torów 600-750 mm	[mm]	1100	1100	1150	1150	1000
- dla torów 900 mm	[mm]	1150	1100	1350	1350	1300

Rys.13. Lokomotywa z napędem spalinowym UIK–GLS150–A [16]

5. Kierunki prac badawczo – rozwojowych

Wprowadzenie napędów spalinowych do lokomotyw spowodowało z jednej strony zwiększenie efektywności podziemnych systemów transportowych, z drugiej jednak wpłynęło na pogorszenie komfortu pracy załóg górniczych. Należy mieć na uwadze fakt, że napędy spalinowe są źródłem emisji toksycznych spalin i ciepła do otaczającej atmosfery, jak również hałasu. Z tego względu w najbliższych latach w ramach prac badawczych będzie się dążyć do ograniczenia emisji czynników szkodliwych dla zdrowia ludzi. Podejmowane będą następujące prace badawcze mające na celu:

- zwiększenie wydatku mocy silnika przy ograniczonym zużyciu paliwa,
- zmniejszenie emisji szkodliwych składników spalin do otaczającej atmosfery kopalnianej,
- zmniejszenie emisji ciepła i hałasu generowanych przez spalinowe jednostki napędowe,
- optymalizację oprzyrządowania silników pod kątem zmniejszenia zużycia energii oraz kosztów wytwarzania,
- opracowanie napędów elektrycznych z nową generacją akumulatorów i silników elektrycznych.

Również coraz szersze stosowanie technik mikroprocesorowych, pozwoli na automatyzację systemu transportu w górnictwie w najbliższych latach.

6. Podsumowanie

Kopalniana kolej podziemna stanowi podstawowy system transportu maszyn, urządzeń i materiałów, przewozu ludzi oraz transportu (odstawy) skały płonnej w polskich kopalniach węgla kamiennego. Kluczowym elementem struktury kopalnianej kolei podziemnej są lokomotywy z napędem: pneumatycznym, elektrycznym i spalinowym. Lokomotywy z napędem pneumatycznym, aczkolwiek bardzo bezpieczne w aspekcie ich zastosowania w wyrobiskach potencjalnie zagrożonych wybuchem, nie są już stosowane w polskich kopalniach

ze względu na ich bardzo niską sprawność oraz wysokie koszty eksploatacji. Szerokie zastosowanie znalazły lokomotywy elektryczne, zarówno zasilane z trakcji, jak i baterii akumulatorów. Pojawienie się na rynku nowoczesnych komponentów elektrycznych i elektronicznych, umożliwiających ich bezpieczne stosowanie w podziemnych wyrobiskach górniczych, stały się podstawą podjęcia prac badawczo-rozwojowych innowacyjnych rozwiązań tych lokomotyw. W ostatnim dziesięcioleciu w kopalniach znalazły zastosowanie nowe rozwiązania lokomotyw z napędem spalinowym. Do rozwoju konstrukcji lokomotyw dołowych znacząco przyczynili się specjaliści KOMAG-u opracowując rozwiązania lokomotyw: Ldp-45 (z napędem pneumatycznym), Lds-100K-EMA i PIOMA LDS-80 (z napędem spalinowym) oraz lokomotyw z napędem elektrycznym Ld-31EM i Lda-12K-EMA. Wszystkie wymienione typy lokomotyw zostały wdrożone do produkcji.

Mając na uwadze, związane z emisją spalin, ciepła i hałasu, ograniczenia stosowania lokomotyw spalinowych (nie umniejszając wielu ich zaletom) można prognozować w najbliższych latach rozwój lokomotyw z napędem elektrycznym. Przewiduje się ukierunkowanie prac badawczych na opracowanie napędów elektrycznych z nową generacją akumulatorów i silników elektrycznych oraz mikroprocesorowych układów sterowania.

Literatura

1. Antoniak J.: Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach. Wydawnictwo Śląsk 1990.
2. Budzyński Z., Polnik B., Gąsior T.: Analiza porównawcza zastosowania napędu synchronicznego i asynchronicznego w górniczych lokomotywach akumulatorowych. Maszyny Górnicze 2011, nr 4 (128).
3. Drwięga A., Pieczora E., Suffner H.: Tendencje rozwoju górniczych urządzeń transportowych z napędem spalinowym. [w:] Materiały konferencyjne: XX Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2011, Kraków, 21-25 lutego 2011.
4. Gierlotka S.: Lokomotywy dołowe i ich rozwój. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 2005, nr 10.
5. Gierlotka S.: Napęd elektryczny lokomotyw dołowych i jego rozwój w kopalniach. Zeszyty problemowe – Maszyny Elektryczne nr 75/2006. Wyd. BOBRME KOMEL.
6. Gierlotka S.: Lokomotywy pneumatyczne w górnictwie. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie. 2013, nr 4(224)/201.
7. Kozłowski A., Hefczyc M.: Ognioszczelny nastawnik ONT-1 jako nowe wyposażenie lokomotyw akumulatorowych Ldag-05/Ldag-05M. [w:] Materiały konferencyjne: V Szkoła Mechanizacji i Automatyzacji Górnictwa, Ustroń, 24 – 26 marzec 2010 r.
8. Pieczora E: Prace prowadzone przez CMG KOMAG w zakresie dołowych i powierzchniowych wąskotorowych lokomotyw spalinowych. [w:] Sympozjum: Dołowe i powierzchniowe wąskotorowe lokomotywy spalinowe w kopalniach PW. CMG KOMAG, Gliwice 1990.
9. Pieczora E.: Prognoza rozwoju szynowych systemów transportowych stosowanych w podziemiach kopalń węgla kamiennego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi 2008 nr 1/2. Wyd. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN.
10. Pieczora E., Michalak D., Tokarczyk J., Suffner H., Budzyński Z.: Poprawa bezpieczeństwa funkcjonowania kopalnianej kolei podziemnej efektem współpracy ITG KOMAG i firmy Energo-Mechanik Sp z o.o. [w:] Materiały konferencyjne: XXII Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2013, Kraków, 18-22 lutego 2013.
11. Katalog Wyrobów KONSTAL CHORZÓW, KAW, Chorzów, 1977.
12. Lokomotywa dołowa pneumatyczna Ldp-45. Dokumentacja techniczno-ruchowa. CMG KOMAG, Gliwice 1988 r.
13. Lokomotywa dołowa akumulatorowa Lda-12K-EMA. Instrukcja. ITG KOMAG, Gliwice 2013 r.
14. Materiały informacyjne firmy Arnold Jung Lokomotivfabrik G.m.b.H.
15. Materiały informacyjne firmy CKD Praha.
16. www.uiksa.pl
17. www.ferrit.cz/pl
18. www.phs-strojarne.sk

Artykuł wpłynął do redakcji w czerwcu 2013 r.

Dr inż. Andrzej DRWIĘGA
Dr inż. Józef SUCHOŃ
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Rozwój przenośników zgrzebłowych i strugów węglowych w Polsce

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

W artykule omówiono rozwój górniczych przenośników zgrzebłowych i strugów węglowych w Polsce. Przedstawiono historię ich rozwoju od pierwszego zastosowania do chwili obecnej. Podano podstawowe parametry techniczne ścianowych i podścianowych przenośników zgrzebłowych i strugów wraz z okresami ich użytkowania. Sformułowano kierunki rozwoju tych maszyn, jakie zdaniem Autorów należy podjąć, aby sprostać wymaganiom górnictwa węglowego.

S u m m a r y

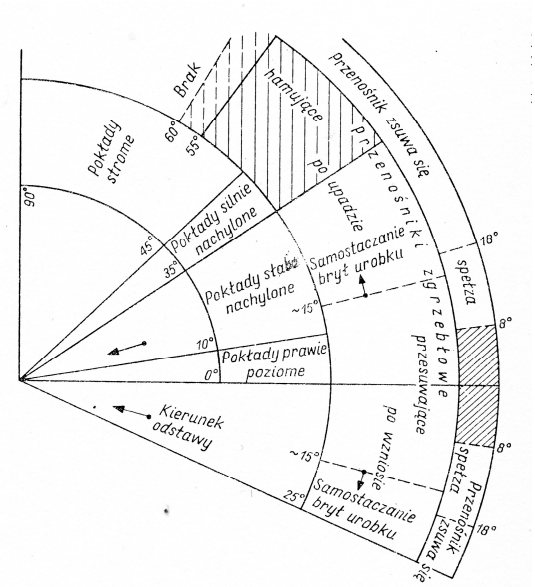
Development of mine flight-bar conveyors and coal ploughs in Poland is discussed. The history of their development from the first use until now is presented. Basic technical parameters of AFCs, BSLs and coal ploughs as well as their life are given. Directions of development of these machines that, according to the authors, should be undertaken to meet the requirements of coal mining industry are formulated.

1. Wprowadzenie

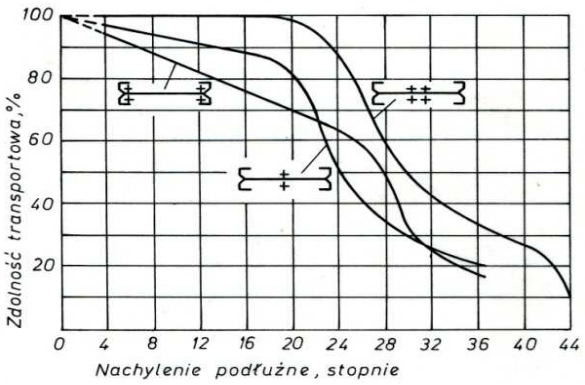
Przenośniki zgrzebłowe są stosowane w kopalniach węgla kamiennego do odstawy urobku z wyrobisk ścianowych. Przenośniki zgrzebłowe są też stosowane w robotach przygotowawczych, chodnikach transportowych o nachyleniach uniemożliwiających zastosowanie przenośników taśmowych, a także w kombajnach chodnikowych i zgrzebłowych zasobnikach węgla. Na powierzchni kopalń przenośniki zgrzebłowe wykorzystuje się też na terenie hałd węglowych i w zakładach przeróbczych.

Zakresy zastosowań przenośników zgrzebłowych w funkcji ich podłużnego nachylenia przedstawiono graficznie na rysunku 1. Na rysunku podano też przybliżone wartości kątów, w których przenośnik pracuje stabilnie ($\pm 8^0$), spełza na skutek drgań oraz przesuwania poprzecznego ($<\pm 8^0 < \pm 18^0$) i zsuwa się przy kątach ($>\pm 18^0$) [9].

Wydajność maksymalna przenośników zmienia się w przenośnikach nachylonych zwłaszcza przy transporcie po wzniosie (rys. 2). W tym względzie najkorzystniejsze cechy wykazują dwupasmowe, centralne cięgna łańcuchowe, które do około 20^0 zachowują praktycznie niezmienną względną zdolność transportową (maksymalną). Przy transporcie po upadzie wydajność przenośników początkowo rośnie, a następnie maleje, ponieważ przy nachyleniu około 15^0 zaczyna się zjawisko samostaczania brył urobku (rys. 2) [9].



Rys.1. Zakresy zastosowań przenośników zgrzebłowych w funkcji ich nachylenia podłużnego i kierunku transportu [1]



Rys.2. Względna zdolność transportowa przenośników zgrzebłowych z różnymi rodzajami cięgna

Największe wymagania stawia się ścianowym przenośnikom zgrzebłowym, ponieważ pełnią one wiele różnorodnych funkcji. Stanowią podstawowe ogniwo kompleksów ścianowych, gdyż integrują wszystkie maszyny wchodzące w ich skład. Przenośniki ścianowe, oprócz swojej podstawowej funkcji, którą jest odstawa urobku, są torem jezdnym dla kombajnu i głowicy strugowej, a także dzięki swej konstrukcji, umożliwiają podciąganie sekcji obudowy zmechanizowanej i przesuwanie poprzeczne przenośnika oraz załadunek urobku znajdującego się w ścieżce pokombajnowej na przenośnik.

Przenośnik ścianowy musi być dostosowany swoją budową i parametrami technicznymi do:

- zmieniających się warunków górniczo-geologicznych wybieranego pokładu,
- budowy i parametrów technicznych pozostałych elementów kompleksu ścianowego,
- założonych rozwiązań technicznych i organizacyjnych na skrzyżowaniu chodnik-ściana, maszyn i urządzeń znajdujących się w chodniku podścianowym współpracujących z maszynami i urządzeniami ścianowymi.

Na przenośniku ścianowym instaluje się też:

- różnego rodzaju przewody elektryczne (zasilające, sygnalizacyjne itp.), wodne (do zraszania, klimatyzacji, chłodzenia elementów zespołów napędowych),
- kruszarki wielkich brył urobku,
- siłowniki do sterowania poprzecznym ułożeniem rynien oraz stabilizacji i podłużnego przesuwania przenośnika,
- elementy systemu posuwu i prowadzenia kombajnów lub strugów.

Niezależnie od przedstawionych wymagań każdy przenośnik górniczy, jak i wszystkie inne maszyny i urządzenia, powinny się charakteryzować:

- wysoką trwałością i niezawodnością,
- wysokim bezpieczeństwem pracy,
- możliwie małym zużyciem energii,
- funkcjonalnością przyjętych rozwiązań

Od momentu pierwszego wykorzystania przenośnika w górnictwie ilość spełnianych przez nie funkcji oraz stale rosnąca ilość i poziom wymagań technicznych, które muszą spełniać spowodowały, iż obecnie stosowane przenośniki całkowicie różnią się od swoich początkowych postaci konstrukcyjnych.

W okresie ponad 100-letniego systematycznego rozwoju przenośników zgrzebłowych ich główne parametry techniczne takie jak moc, wytrzymałość łańcuchów i wydajność mierzona masą odstawionego urobku zwiększyły się kilkadziesiąt razy. Inne parametry przenośnika, takie jak prędkość cięgna i szerokość rynien, ze względu na dynamikę i bezpieczeństwo pracy oraz warunki górnicze, zwiększyły się tylko 2-3 razy.

Rozwój ścianowych i podścianowych przenośników zgrzebłowych, maszyn urabiających i obudów zmechanizowanych oraz organizacja ich współpracy stały się w ostatnich dziesięcioleciach wyznacznikami zdolności wydobywczych i bezpieczeństwa pracy tworzonych kompleksów ścianowych.

2. Rozwój przenośników zgrzebłowych

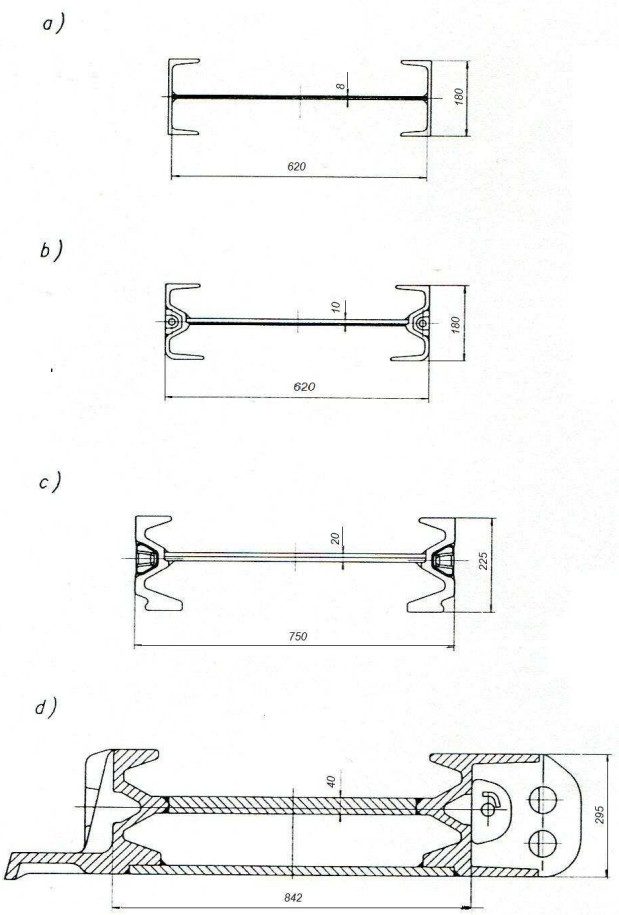
Rozwój przenośników zgrzebłowych w Polsce jest związany przede wszystkim z myślą konstrukcyjną RFM „RYFAMA” oraz ZKMPW, a następnie KOMAG-u.

Pierwszy krajowy przenośnik zgrzebłowy PZP-45 (przenośnik zgrzebłowy pancerny) wyprodukowano w 1948 r. w RFM RYFAMA. Odbiorcą przenośnika była kopalnia WUJEK. Fabryka ta była w latach 1948-1989 krajowym monopolistą w produkcji ścianowych i podścianowych przenośników zgrzebłowych [2, 3, 8, 9].

Szczególnie ważnymi momentami w historii rozwoju przenośników zgrzebłowych w Polsce, oprócz wspomnianego już PZP-45 było:

- uruchomienie produkcji wysoko zunifikowanych przenośników ŚLĄSK-67, SAMSON-67 i GROT-67 (1967 r.),
- podjęcie produkcji przenośników zgrzebłowych z jedno- i dwułańcuchowymi centralnymi cięgnami łańcuchowymi typu RYBNIK-73 (1973 r.),
- podjęcie produkcji przekładni zębatych planetarnych do napędów przenośników zgrzebłowych (1995 r.),
- podjęcie produkcji nowej generacji przenośników zgrzebłowych typu RYBNIK-330/1100, a następnie RYBNIK 260/750, RYBNIK 260/850 i RYBNIK 330/950,
- podjęcie produkcji specjalnego przenośnika zgrzebłowego RYFAMA S-850N przeznaczonego do pokładów cienkich o miąższości 1,1-1,5 m.

Przenośnik zgrzebłowy PZP-45 (rys. 3a) miał prostą konstrukcję przystosowaną jedynie do funkcji transportowej. Jego rynny stanowiły dwa ceowniki C180 z przyspawaną w ich środku blachą o grubości 8 mm. Szerokość rynny wynosiła 620 mm. Zastosowane materiały konstrukcyjne cechowała niska odporność na ścieranie. W przenośniku tym zastosowano dwupasmowe cięgno łańcuchowe z łańcuchami skrajnymi 2x18x63, znajdującymi się pod półkami ceownika. Przenośniki wyposażone w jedną jednostkę napędową o mocy 45 kW stosowano głównie w ścianach niezmechanizowanych o długości do 120 m, w których urabianie odbywało się techniką strzelniczą, z ręczną przekładką przenośnika, zaś obudowa była drewniana. Ich wydajność maksymalna, przy prędkości cięgna 0,72 m/s, wynosiła 120 t/h.



Rys.3. Rozwój konstrukcji rynien przenośników zgrzebłowych RFM „RYFAMA" do 2000 r.; *a – rynna przenośnika PZP – 45, b - rynna przenośnika ŚLĄSK – 67, c – rynna przenośnika zgrzebłowego RYBNIK – 73, d - rynna przenośnika RYBNIK 295 [9]*

Znaczący postęp w górnictwie polskim odnotowany został z chwilą wdrożenia do eksploatacji rozwiązań konstrukcyjnych przenośników ścianowych ZKMPW (rys. 3b) typu ŚLĄSK-67 i SAMSON-67 oraz podścianowych GROT-67(profile E180), a później ich wersji wzmocnionej z profilami wzmocnionymi E190 i blachą o grubości 14 mm. Profile boczne rynien w tych przenośnikach wzorowano na profilach rynien firmy Westfalia-Lünen. Ich konstrukcja umożliwiała mocowanie do rynien klinów ładujących po stronie ociosowej i wsporników zastawek po stronie zawałowej. Zabudowane na wspornikach zastawek uchwyty do łączenia przesuwników ze stojakiem indywidualnym lub siłownikiem przesuwającym obudowy zmechanizowanej, umożliwiły mechanizację poprzecznego przesuwania przenośnika w nowe położenie robocze oraz mechaniczny załadunek urobku na rynny przenośnika. Różne odmiany przenośników typu ŚLĄSK i SAMSON, oprócz funkcji transportowej spełniają też funkcję toru jezdnego dla maszyn urabiających, jak również „belki", dzięki której może być realizowane podciąganie sekcji obudowy zmechanizowanej do czoła ściany. Wprowadzone rozwiązania uczyniły pracę górników lżejszą i wydajniejszą.

Zastosowane materiały oraz przekroje blach i profili bocznych, które w późniejszym okresie miały hartowane indukcyjnie półki profili, dały im zdolność przetransportowania 150-300 tysięcy ton urobku.

W przenośnikach typu ŚLĄSK, SAMSON i GROT z rynnami o profilach E180 i E190 wprowadzono na bardzo dużą skalę unifikację elementów i zespołów umożliwiającą obniżenie kosztów produkcji i poprawę gospodarki częściami zamiennymi. Tak dużego stopnia unifikacji nie udało się już później uzyskać [2, 4].

Drugim bardzo ważnym etapem rozwoju przenośników zgrzebłowych, który można nawet nazwać przełomem, było wdrożenie przez Rybnicką Fabrykę Maszyn Ryfama przenośnika RYBNIK-73 (rys. 3c), w których zastosowano jednołańcuchowe, centralne cięgno łańcuchowe 26x92. Walcowane profile rynien E215 wzorowano na rozwiązaniu firmy HALBACH – BRAUN [6].

Niedostatki jakościowe ówczesnych łańcuchów 26x92 powodowały częste ich zerwania, co skutkowało znacznym oddaleniem się jednego z końców zerwanego łańcucha oraz powodowało zwiększone kłopoty i czas potrzebny na spięcie obu końców. Zrezygnowano więc z pojedynczego łańcucha i zastosowano dwa centralnie usytuowane. Ta wersja konstrukcyjna bardzo szybko zdominowała rynek krajowy, a w Niemczech, gdzie w tym czasie prym wiodły przenośniki jednołańcuchowe, skorzystano z naszych pozytywnych doświadczeń i zaczęto je intensywnie rozpowszechniać.

W 1980 r. wprowadzono zmodyfikowane profile boczne E225, co dało początek przenośnikom RYBNIK-80 i GROT-80 (później RYBNIK 225 i GROT 225), w których wprowadzono [10]:

- zatyczkowe połączenia między rynnami („kości") o wytrzymałości 2500 kN,
- bezcięgnowe systemy posuwa kombajnu typu POLTRAK II i EICOTRACK (BP), które wyeliminowały niebezpieczne dla górników łańcuchowe systemy posuwu,
- zintegrowano z rynnami kliny ładujące (ostrogi) oraz wsporniki zastawek i nazwano je ostrogorynnami,
- przeniesiono tor jezdny kombajnu z górnych półek profili na drabinki systemu posuwu i ostrogi,
- nowe kadłuby napędowe K200 i K200Z o dużej sztywności i trwałości umożliwiające instalowanie na nich przekładni wielkości 25, dostosowanych do mocy 250 kW; w początkowej wersji konstrukcyjnej tych napędów wały napędowe były demontowane przez ich wyciskanie z kadłuba, zaś w wersji późniejszej całe kompletne bębny napędowe demontowane były do przodu po uprzednim

zdemontowaniu przekładni zębatych wraz z silnikami i łączącymi je sprzęgłami lub po zastosowaniu szerszych bloków przyłączeniowych i sprzęgieł łączących wał bębna napędowego z wałem zdawczym przekładni, bez demontażu jednostek napędowych.

Dążenie do zwiększenia trwałości przenośników ścianowych RYBNIK 225 i GROT 225 doprowadziło do skonstruowania nowych rynien o szerokości 750 mm zbudowanych na bazie wzmocnionych profili E230 i blach ślizgowych grubości do 34 mm. Przenośniki z tymi rynnami nosiły nazwę RYBNIK 750 i GROT 750.

Podobną drogę rozwoju przeszła cięższa, bardziej wydajna i trwalsza wersja przenośników z dwoma centralnymi cięgnami łańcuchowymi, czyli RYBNIK-76 i GROT-76. W przenośnikach tych rynny o profilach walcowanych E255 (RYBNIK 255/842) zastąpiono profilami wzmocnionymi E260 (RYBNIK 260/850), zaś grubość blachy ślizgowej powiększono z 30 na 34 lub 40 mm. Szerokość rynien i później ostrogorynien wynosiła 850 mm, a w niektórych zastosowaniach 750 mm. W przenośnikach tych wprowadzono podobne zmiany w konstrukcjach napędów jak uprzednio opisano, z tym, że dodatkowo napędy te miały konstrukcję uniwersalną. Polegała ona na tym, że kadłuby napędowe składały się z dwóch części. Pierwsza miała służyć do łożyskowania w niej bębna napędowego wraz z wyrzutnikiem łańcuchów i mocowania na niej jednostek napędowych, zaś druga z odkładnią, stanowiła wysyp boczny lub rodzaj rynny pośredniczącej między rynną dołączną, a pierwszą częścią kadłuba przy przenośnikach z wysypem czołowym (prostym). Zainstalowana maksymalna moc w tych przenośnikach wynosiła 3x400 kW.

Opisane typy przenośników przystosowano najpierw do pracy z wysypem czołowym, a następnie bocznym (obecnie najczęściej stosowanym) i krzyżowym (rzadko w Polsce spotykane).

W styczniu 1976 r. konstruktorzy RFM RYFAMA na skutek decyzji Zjednoczenia POLMAG, któremu podlegała fabryka, zostali przeniesieni do CMG KOMAG, co nastąpiło bez zmiany siedziby biura konstrukcyjnego. Modyfikacje już istniejących konstrukcji i nowe rozwiązania przenośników powstałe w tym okresie opracowywane były przez konstruktorów CMG „KOMAG". Okres ten trwał do końca 1990 roku, kiedy biuro konstrukcyjne zostało ponownie przyporządkowane RFM RYFAMA.

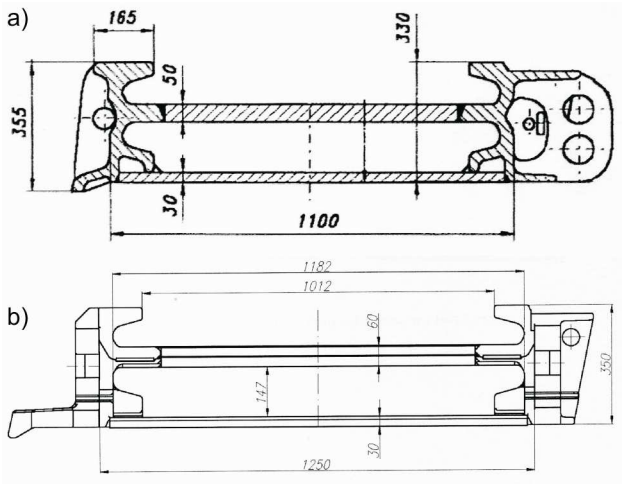
Był to istotny okres w historii RYFAMY, ponieważ na ten czas przypada duża liczba wdrożeń przenośników zgrzebłowych w górnictwie polskim i za granicą, a przenośniki zyskały pozytywną opinię wśród użytkowników. W celu sprostania potrzebom rynku, RFM zatrudniała największą liczbę pracowników w swojej historii i stała się renomowanym i dobrze znanym producentem przenośników zgrzebłowych w kraju i na świecie. Po zmianach ustrojowych, w 1989 r. rynek maszyn górniczych w Polsce został całkowicie otwarty, a swoje produkty zaczęły sprzedawać najlepsze firmy niemieckie, brytyjskie i amerykańskie.

W 1992 roku w CMG KOMAG powołano nowy zespół konstruktorów przenośników zgrzebłowych i nawiązano kontakty z NFUG NOWOMAG. W wyniku nawiązanej współpracy NOWOMAG zaczął oferować swoje przenośniki, zaś firma GLINIK uruchomiła produkcję przenośników z odlewanymi profilami bocznymi rynien według dokumentacji firmy MECO. W ten sposób monopolistyczna pozycja RFM RYFAMA na rynku polskim została przełamana,.

W 1995 r. RFM RYFAMA podjęła, wspólnie z BZUT Bytom decyzję budowy nowoczesnych przekładni planetarnych do przenośników zgrzebłowych wielkości 15 i 25. Rok później przekładnie wielkości 25, w wykonaniu RFM RYFAMA z powodzeniem wprowadzono do górnictwa. Dobra jakość tych przekładni oraz konkurencyjna cena spowodowały, że przekładnie te zdominowały krajowy rynek.

Późniejsze uruchomienie produkcji przekładni wielkości 35 pozwalało zaspokoić potrzeby polskiego górnictwa, gdyż przekładnie 15, 25 i 35 umożliwiły budowę jednostek napędowych o mocy do 630 kW.

Ostatnim, ważnym okresem z punktu widzenia rozwoju przenośników zgrzebłowych w Polsce był 2000 rok, kiedy to w KWK PIAST i KWK ZIEMOWIT wdrożono dwie odmiany ścianowego przenośnika zgrzebłowego RYBNIK 1100 (rys. 4a).



Rys.4. Przykłady budowy rynien ciężkich przenośników zgrzebłowych nowej generacji RYBNIK 1100 (a) oraz RYFAMA S - 1250 (b) [9]

Był to przenośnik zdolny do przetransportowania 10 mln ton urobku. Zapoczątkował on nową generację niezawodnych i trwałych ścianowych i podścianowych przenośników z rynnami o profilach lanych. Aktualnie na nową generację przenośników zgrzebłowych składają się przenośniki RYBNIK 1100 i RYBNIK 950

(profile E330), RYBNIK 850 i RYBNIK 750 (profile E260), RYFAMA S – 850N (profile E220) i dotychczas nie wdrożony przenośnik RYFAMA S – 1250 (profile E360) oraz odpowiadające im przenośniki podścianowe zbudowane na bazie rynien o odlewanych profilach E260.

Z wymienionych przenośników nowej generacji dwa zasługują na bliższe omówienie. Pierwszy z nich, RYFAMA S – 1250, jest przenośnikiem o niespotykanych dotychczas w Polsce parametrach. Jego szerokość wynosi 1250 mm, blacha ślizgowa ma grubość 60 mm, moc maksymalna 3 x 1200 kW, wydajność maksymalna 4500 t/h, cięgno łańcuchowe 2 x 56/132 x 187A o wytrzymałości 2 x 4300 kN i prędkości do 1,8 m/s. Zdolność transportowa przenośnika, w sprzyjających warunkach wynosi ok. 15 mln t.

Drugi z przenośników, RYFAMA S - 850N jest przenośnikiem przeznaczonym do kompleksu ścianowego „Mikrus", który stosowany jest do pokładów niskich. Kompleks ten stwarza perspektywy opłacalnej eksploatacji pokładów o miąższości 1,1 do 1,5 m oraz zdobycia nowych obszarów zbytu takich przenośników.

Rozwój przenośników zgrzebłowych w Polsce, od momentu uruchomienia produkcji przenośnika PZP-45 do chwili obecnej charakteryzuje się ciągłym doskonaleniem ich cech konstrukcyjnych. Odbywał się on w sposób ciągły, z mniejszą lub większą intensywnością, poprzez poprawę parametrów użytkowych i funkcjonalnych wszystkich elementów i zespołów istniejących przenośników oraz tworzenie nowych konstrukcji przenośników. Rozwój ten jest efektem:

- własnych obserwacji pracy przenośników w kopalniach i pozyskiwanych od użytkowników opinii oraz zgłaszanych potrzeb modyfikacji istniejących rozwiązań, a także nowych rozwiązań konstrukcyjnych do różnych warunków pracy i zmieniających się technologii eksploatacji węgla,
- badań własnych i badań instytucji naukowych w kraju i za granicą,
- śledzenia rozwoju przenośników firm konkurencyjnych.

Porównując parametry przenośnika RYFAMA S- 1250 i PZP-45 widać, jak wielkiego postępu dokonano na przestrzeni około 60 lat.

3. Rozwój strugów węglowych

Rozwój konstrukcji strugów następował równolegle z ówczesnym rozwojem konstrukcji ścianowych przenośników zgrzebłowych oraz łańcuchów górniczych.

Prace nad pierwszym polskim strugiem węglowym rozpoczęto w RFM RYFAMA w 1960 r., a w 1961 roku wyprodukowano prototyp struga SWS-1. Był to strug węglowy statyczny, wykonany w oparciu o elementy seryjnie produkowanych ścianowych przenośników zgrzebłowych PZP-45 i ŚLĄSK [5, 8]. Kolejny strug SWS-2 (1962 r.) miał już głowicę o stopniowo regulowanej wysokości urabiania i głębokości skrawu. Na bazie zdobytych doświadczeń ruchowych zbudowano strug SWS-3 (1966 r.), charakteryzujący się wzmocnioną konstrukcją głowicy urabiającej ze struga SWS-2, prowadzonej po prowadnikach rurowych po stronie calizny węglowej. W rozwiązaniu tym czynna gałąź łańcucha pociągowego 22x86 była odkryta, zaś gałąź bierna prowadzona była w prowadnikach rurowych po stronie ociosu. W 1968 roku na bazie rynien przenośnika ŚLĄSK-67 zbudowano strug SWS-4, o profilach E 180, a następnie E 190, wyposażony w łańcuch pociągowy 24x86, prowadzony po stronie zawałowej przenośnika. Był to więc strug mieczowy, czyli z płytą podprze- nośnikową, która przenosiła siły skrawania z głowicy na łańcuch ciągnący.

W latach 1969 – 1971 w niektórych kopalniach przy eksploatacji grubych pokładów węgla energetycznego stosowano strugi jako ładowarki. Strugi te zostały wycofane ze ścian po wprowadzeniu do ruchu dwuramionowych kombajnów ścianowych i obudów zmechanizowanych [5, 9].

W 1970 r. zbudowano prototyp struga SWS – 5 ze ślizgowym prowadzeniem głowicy urabiającej, ale jego próby ruchowe w kopalni JAN zakończyły się niepowodzeniem. Po pięciu latach, wykonano serię próbną poprawionych strugów z jednostkami napędowymi 90 kW, ale nie uzyskano w pełni zadowalających wyników i prace nad tym strugiem przerwano.

W 1972 r. zbudowano udany prototyp struga SWS - 4U, a w dwa lata później uruchomiono serię próbną (5 sztuk). W strugach tych zastosowano rynny o profilach E190 i łańcuch strugowy 26 x 92 klasy C, co zwiększyło trwałość rynien i niezawodność całego struga węglowego. W 1978 r. we współpracy z firmą Westfalia-Lünen wyprodukowano strug SWS-6, w którym głowica strugowa i jej napędy oraz wyposażenie elektryczne były niemieckie, zaś cała reszta w wykonaniu RFM. Strug ten dostosowany został do obudowy GLINIK 08/22, natomiast jego modyfikacja SWS-6N do obudowy GLINIK 066/16-OzS. W obu przypadkach wykorzystano rynny przenośnika RYBNIK -73 [7, 9].

Kolejny opracowany i oddany do prób ruchowych w 1986 r. strug SWS-7 z rynnami o profilach E190. Była to modyfikacja strugów SWS-4/190 i SWS-4UZ.

W 1988 r. w ramach programu rządowego skonstruowano i uruchomiono w RFM produkcję struga mieczowego SWS-30M oraz struga ślizgowo-mieczowego. SWS-34SM. W tym samym roku podjęto też produkcję struga ślizgowego SWS-38S w firmie

GLINIK. W oznaczeniach trzech ostatnich strugów wyróżniki liczbowe oznaczają wielkość łańcucha strugowego. Po 1988 roku nie skonstruowano już w Polsce żadnego nowego struga. Warto natomiast podkreślić, iż wszystkie opisane strugi, które konstruowano po zakończeniu 1975 r. są myślą konstrukcyjną CMG KOMAG.

Zmiany ustrojowe i związane z tym przejście na gospodarkę rynkową spowodowały zaprzestanie eksploatacji ze ścian o wysokich jednostkowych kosztach wydobycia.

W związku z brakiem zainteresowania kopalń techniką strugową, zaniechano dalszych prac rozwojowych w tym zakresie.

W 2009 r. polskie górnictwo węglowe ponownie zainteresowało się techniką strugową do eksploatacji pokładów cienkich. W KWK ZOFIÓWKA rozpoczął pracę kompleks strugowy w ścianie o wysokości 1,2 m i długości 240 m składający się ze struga ślizgowego (Gleithobel-2x800 kW) oraz przenośnika PF4/1032 o mocy 2x200/400 kW firmy BUCYRUS (obecnie CATERPILLER). W czwartym miesiącu od uruchomienia ściany, a więc po okresie jej rozruchu i po zdobyciu przez załogę obsługującą kompleks strugowy niezbędnych ruchowych doświadczeń, uzyskano dobowe wydobycie na poziomie około 3400 t/dobę [7].

W 2010 r. w KWK BOGDANKA uruchomiono drugi kompleks strugowy w całości wyposażony w sprzęt firmy BUCYRUS. W ścianie długości 305 m i wysokości 1,4 – 1,7 m, wyposażonej w strug GH1600 o mocy 2x210/630 kW, przenośnik ścianowy PF4/1032 (2x800 kW, przenośnik podścianowy ST PF4/1132 długości około 47 m, z silnikiem 400 kW, kruszarkę SK1111 o mocy 315 kW i obudowę ze sterowaniem PMC-R, uzyskano wynik równy 16894 t/dobę, przy 10,5 godzinnym czasie pracy kompleksu na dobę. Tak dobry wynik uzyskano dzięki wysokiej jakości sprzętu, automatycznemu sterowaniu, dobrym warunkom górniczym oraz bardzo dobrej organizacji pracy.

Zdobyte doświadczenia w pracy pierwszej ściany strugowej pozwoliły kopalni BOGDANKA udoskonalić pracę i wyposażenie techniczne w chodniku podścianowym, w wyniku czego w następnej ścianie uzyskano wydobycie równe 25400 t/d, którym ustanowiono światowy rekord w wydobyciu węgla techniką strugową.

4. Kierunki rozwoju przenośników i strugów na najbliższe lata

Zdaniem Autorów niniejszej publikacji w najbliższym okresie, oprócz stale aktualnych prac zmierzających do poprawy trwałości, niezawodności i bezpieczeństwa pracy tych maszyn oraz do ciągle rosnących wymagań w zakresie ich parametrów technicznych, powinny być podjęte następujące prace:

- opracowanie niezawodnego, automatycznego napinania cięgien łańcuchowych w przenośnikach ścianowych, co jest przedmiotem realizowanego obecnie projektu ICON.
- opracowanie systemu regulacji prędkości cięgna łańcuchowego w ścianowych i podścianowych przenośnikach zgrzebłowych w funkcji wydajności ich załadunku,
- opracowanie energooszczędnych i podnoszących trwałość przenośnika nowych systemów napędowych o wyższych mocach i z regulacją prędkości,
- dokonanie analizy celowości oraz możliwości opracowania nowego kompleksu strugowego o cechach użytkowych zbliżonych do aktualnych rozwiązań oferowanych przez firmę CATERPILLAR.

Literatura

1. Antoniak J.: Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1990.
2. Antoniak J., Suchoń J.: Stuletni wkład Rybnickiej Fabryki Maszyn RYFAMA w rozwój maszyn i urządzeń górniczych. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 1993, nr 12 (283).
3. Bińczak Z., Hebliński J.: Dzieje Rybnickiej Fabryki Maszyn RYFAMA 1889 – 1993. OLPRINT Żory, 1993.
4. Bulenda A.: Rozwój produkcji maszyn i urządzeń górniczych w RFM RYFAMA w latach 1945 – 1993 na przykładzie przenośników zgrzebłowych. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 1993 nr 12 (283).
5. Ciwis A., Spyra E.: Strugi w polskim górnictwie węgla kamiennego. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 1984, nr 10 (185).
6. Göock R.: Die größen Erfindungen Bergbau. Kohle Erdöl. Siegloch Edition. Künzelsau 1991.
7. Kicki J., Dyczko A.: Technika strugowa – praktyka wdrażania. Fundacja dla Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Kraków 2011.
8. Kusak E., Suchoń J: Innowacyjne produkty Rybnickiej Fabryki Maszyn RYFAMA S.A. W: Innowacyjne, bezpieczne oraz efektywne techniki i technologie dla górnictwa człowiek, maszyna, środowisko. KOMTECH 2009. KOMAG, Gliwice 2009.
9. Suchoń J.: Górnicze przenośniki zgrzebłowe. Budowa i zastosowanie. ITG KOMAG, Gliwice, 2012.
10. Suchoń J.: Nowa generacja maszyn i urządzeń górniczych produkcji Rybnickiej Fabryki Maszyn RYFAMA S.A. Maszyny Górnicze 2005, nr 1.
11. Suchoń J.: Nowe rozwiązania w budowie rynien ścianowych przenośników zgrzebłowych. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 2002, nr 2.

Artykuł wpłynął do redakcji w czerwcu 2013 r.

Dr inż. Leszek KOWAL
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Nowoczesne maszyny wyciągowe i ich wyposażenie na przykładzie efektów współpracy ITG KOMAG z przemysłem

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

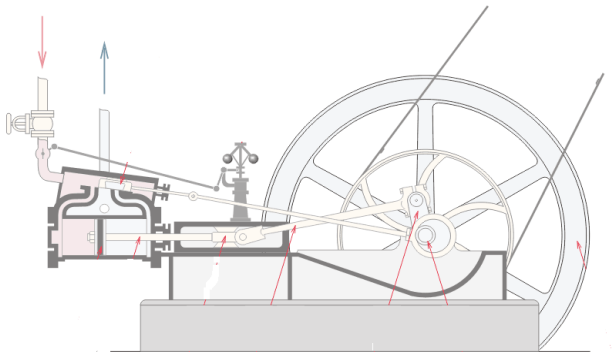
W artykule przedstawiono rozwój maszyn wyciągowych górniczych wyciągów szybowych będący efektem współpracy KOMAG-u z ich producentami i użytkownikami. Omówiono wybrane konstrukcje maszyn wyciągowych i ich podzespołów, jak również zaprezentowano rozwój metod stosowanych do ich projektowania.

S u m m a r y

Development of hoisting machines, which is the result of collaboration between KOMAG and manufacturers and users of these machines, is presented. Selected structures of machines and their sub-assemblies are discussed as well as development of the methods used for their designing is presented.

1. Wprowadzenie

Początek XX w. to era maszyn z napędem parowym, które znalazły również zastosowanie w transporcie pionowym, w górniczych wyciągach szybowych (rys. 1). Ostatnie takie urządzenia wyłączono z ruchu w polskich kopalniach pod koniec XX w. Obecnie stanowią one eksponaty muzealne m.in. w Kopalni Soli „Bochnia" przy szybie Campi (rys. 2), w Skansenie Kopalnia Królowa Luiza w Zabrzu oraz KWK „Rydułtowy".



Rys.1. Schemat maszyny parowej [11]

Rys.2. Maszyna wyciągowa z silnikiem parowym [12]

Wraz z rozwojem polskiego górnictwa, rozwijano konstrukcje maszyn wyciągowych górniczych wyciągów szybowych. Pojawiły się nowe rozwiązania maszyn wyciągowych oparte na napędach elektrycznych.

Na przestrzeni kilkudziesięciu lat maszyny wyciągowe przeszły duże przeobrażenie. Początkowo były to maszyny w zdecydowanej mierze mechaniczne, wyposażone w silniki elektryczne z zastosowaniem nielicznych elementów sterujących - elektrycznych. W maszynach stosowano mechaniczne układy sterowania o złożonych konstrukcjach kinematycznych, które umożliwiały sterowanie ze stanowiska maszynisty elementami wykonawczymi znajdującymi się w pobliżu maszyny, poprzez określone przemieszczanie dźwigni mechanicznych [7].

Obecnie maszyna wyciągowa w zakresie konstrukcji mechanicznej składa się z części nośnej tj.: linopędni, wału, łożyskowania, hamulca, przekładni, sprzęgieł i elementów pośrednich do podłączenia elementów elektrycznych, takich jak: tachoprądnice, impulsatory i inne czujniki, umożliwiające kontrolę i sterowanie maszyny. Elementy do kontroli stanu działania maszyny, jak również sterowania np. hamulcem, to układy elektromechaniczne, z którymi komunikacja pomiędzy ich lokalizacją na obiekcie, a stanowiskiem maszynisty, realizowana jest na drodze elektrycznej.

Eksploatowane w Polsce maszyny wyciągowe w około 300 górniczych wyciągach szybowych są zróżnicowane pod względem konstrukcji, co wynika głównie z ich przeznaczenia, jak również daty oddania do eksploatacji. Z analiz wynika, że około 18% maszyn wyprodukowano do roku 1945 r., 52% maszyn wyprodukowanych zostało w latach 1946-1980, a pozostałe 32% maszyn to maszyny stosunkowo nowe, wyposażone w nowoczesne układy sterownia i zasilania

wyprodukowane po 1980 r. [2]. Uwzględniając czas eksploatacji i zakładając dalszy kilkunasto- lub kilkudziesięcioletni okres dalszego użytkowania szybu zaleca się aby [8]:

- maszyny wyciągowe wyprodukowane do 1945 r. zastępować nowymi,
- maszyny wyprodukowane w latach 1946-1980, zastępować nowymi lub modernizować (w przypadku braku jakichkolwiek przesłanek niedoskonałości części mechanicznej) w zakresie układów zasilania i sterowania,
- maszyny wyciągowe wyprodukowane po 1980 r. poddawać modernizacji, wdrażając nowocześniejsze podzespoły i nowe rozwiązania podnoszące bezpieczeństwo prowadzenia ruchu.

Okres amortyzacji maszyn wyciągowych wynosi 25-30 lat, stąd chcąc zachować właściwy poziom techniczny górniczego wyciągu szybowego, wysoki poziom niezawodności maszyny wyciągowej oraz wymagany poziom bezpieczeństwa prowadzenia ruchu, winno się je po wyżej wymienionym okresie wymieniać na nowe.

2. Systemy nośne maszyn wyciągowych

W górniczym transporcie pionowym stosowane są dwa systemy przeniesienia za pomocą liny ruchu obrotowego linopędni na ruch liniowy naczyń wyciągowych zawieszonych na linach:

- system bębnowy – nawojowy z liną okrągłą oraz bobinowy – nawojowy z liną płaską,
- system typu Koepe wykorzystujący sprzężenie cierne pomiędzy liną, a kołem pędnym.

Systemy bębnowe maszyn wyciągowych są bardzo zróżnicowane, a ich rozwiązania dostosowywano do stawianych im wymagań transportowych i rozwiązań technicznych układów napędowych. Są one bardzo uniwersalne i można je stosować w różnych konfiguracjach, do określonych wymagań transportowych. Systemy bębnowe nawojowe przyjmują dwie postacie:

- jednobębnowe: jedno- lub dwulinowe,
- dwubębnowe, dwulinowe - najczęściej z możliwością rozsprzęgania bębnów i ich przestawiania względem siebie, umożliwiając dopasowanie położenia naczyń wyciągowych w szybie do obsługi różnych poziomów wydobywczych.

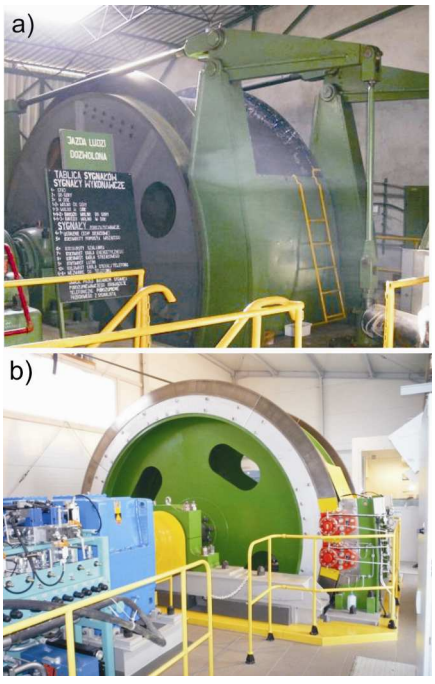
Najpowszechniej stosuje się bębny o kształcie cylindrycznym, ale wdrożono również bębny o kształcie cylindryczno-stożkowym, które posiadają dwie powierzchnie cylindryczne, o różnych średnicach, połączone powierzchniami stożkowymi. Takie, dwulinowe rozwiązanie powoduje zmniejszenie momentu obciążenia silnika podczas rozruchu maszyny, unikając tym samym konieczności stosowania liny wyrównawczej. Wadą takiego rozwiązania jest jednak konstrukcja bębna cylindryczno-stożkowego, zwłaszcza w części stożkowej i konieczność zapewnienia właściwego nawijania liny nośnej na tej powierzchni. W tym rozwiązaniu można stosować wyłącznie jednowarstwowe nawijanie liny, co istotnie wpływa na gabaryty maszyny. W krajowych współczesnych maszynach wyciągowych bębnowych nawojowych stosuje się wyłącznie bębny cylindryczne z nawijaniem w rowkach równoległych do obrzeży strefy nawojowej z dwoma przejściami rowków skośnych na obwodzie, według systemu LeBus. Rozwiązanie to pozwala na realizowanie wielowarstwowego nawijania liny na bębnie.

W przeciwieństwie do systemów bębnowych system typu Koepe z ciernym sprzężeniem liny z linopędnią jest bardziej wrażliwy na stawiane mu wymagania ruchowe. Najlepiej sprawdza się przy głębokościach ciągnienia pomiędzy 400 m, a 1500 m, a jego zaletą jest zwarta budowa i stosunkowo niska masa w porównaniu z systemem bębnowym.

Przykładami nowoczesnych maszyn wyciągowych, zastępujących maszyny z przed kilkudziesięciu lat, są maszyny zaprojektowane w części mechanicznej w ITG KOMAG, a zaprojektowane w części elektrycznej i wyprodukowane przez firmę MWM Elektro Sp. z o.o.:

- maszyna wyciągowa B-4300/DC - 8 m/s,
- maszyna wyciągowa K-6000/DC - 16 m/s,
- maszyna wyciągowa BB-2500/AC - 4 m/s.

Maszyna wyciągowa B-4300/DC-8 m/s jest maszyną jednobębnową przeznaczoną zwłaszcza do głębienia szybów. Zastąpiła ona zaprojektowaną w latach 60-tych ubiegłego wieku maszynę typu B-5000/2×1000 kW. Porównanie parametrów obu typów maszyn (rys. 3) przedstawiono w tabeli 1.



Rys.3. Maszyna wyciągowa jednokońcowa do głębienia szybów; *a) stara maszyna B-5000/2×1000, b) nowa maszyna B-4300/DC-8 m/s (2×1043 kW)*

Zestawienie parametrów maszyn [9]

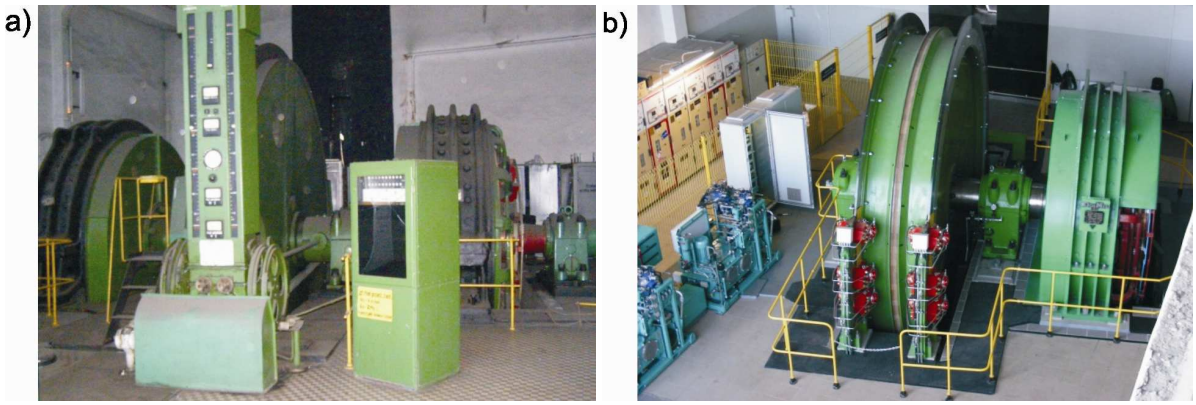
Tabela 1

Wielkość charakterystyczna	B-5000/2×1000	B-4300/DC-8 m/s
Średnica linopędni	5000 mm	4300 mm
Moc zainstalowana	2×1000 kW	2×1043 kW
Maksymalna siła w linie	226 kN (180 kN)	240 kN
Maksymalna prędkość ciągnienia	8 m/s	8 m/s
Maksymalna głębokość ciągnienia	1000 m (1200 m)	1500 m
Hamulec maszyny	Pneumatyczno-obciążnikowy	Hydrauliczny
Zespół napędowy hamulca	2 × HOP-V	8 par × BSFG-408
Masa maszyny	162 000 kg	85 000 kg

Zestawienie parametrów maszyn [9]

Tabela 2

Wielkość charakterystyczna	K-6000/1340	K-6000/DC-16 m/s
Średnica linopędni	6000 mm	6000 mm
Moc zainstalowana	1340 kW	2000 kW
Maksymalna siła w linie	340 kN	420 kN
Maksymalna nadwaga statyczna	350 kN	300 kN
Maksymalna prędkość ciągnienia	10 m/s	16 m/s
Maksymalna głębokość ciągnienia	365 m	865 m
Hamulec maszyny	Pneumatyczno-obciążnikowy	Hydrauliczny
Zespół napędowy hamulca	1 × SSW	6 par × BSFG-408
Masa maszyny	brak danych	79 500 kg



Rys.4. Maszyna wyciągowa szybu Piotr KWK Mysłowice-Wesoła;
a) stara maszyna K-6000 CKD, b) nowa maszyn K-6000/DC-16 m/s

Maszyna wyciągowa K-6000/DC-16m/s jest maszyną jednolinową typu Koepe, zabudowaną na zrębie szybu, stosowaną w wyciągu szybowym do prowadzenia transportu urobku oraz materiałów i jazdy ludzi. Zastąpiła ona zbudowaną w 1959 r. maszynę typu K-6000/1340 produkcji CKD. Porównanie parametrów obu typów maszyn (rys. 4) przedstawiono w tabeli 2.

Maszyna wyciągowa BB-2500/AC-4 m/s jest maszyną dwubębnową dwulinową, przeznaczoną z racji jej zainstalowania w górniczym wyciągu szybowym Kopalni Soli Wieliczka zwłaszcza do przewozu ludzi w ruchu turystycznym, co nie wyklucza możliwości transportu materiałów oraz urobku.

Maszyny tego typu zainstalowano w szybie Kinga i szybie Daniłowicz. Porównanie parametrów nowej maszyny z maszyną dotychczas stosowaną (rys. 5) przedstawiono w tabeli 3.

a)

b)

Rys.5. Maszyna wyciagowa szybu Kinga Kopalni Soli „Wieliczka"; *a) stara maszyna BB-3200/160, b) nowa maszyna BB-2500/AC-2 m/s*

Zestawienie parametrów maszyn [9]

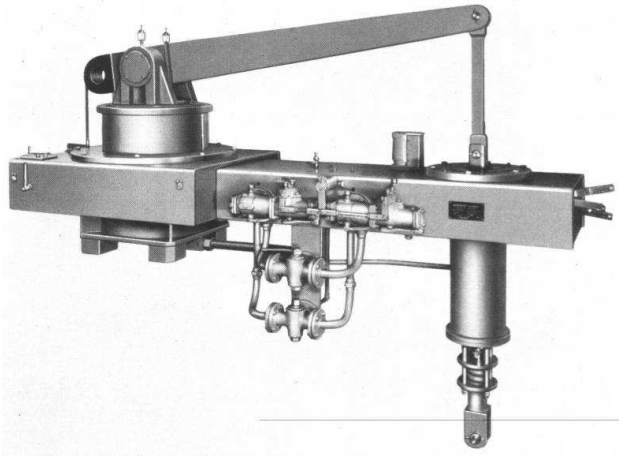
Tabela 3

Wielkość charakterystyczna	**BB-3200/200**	**BB-2500/AC-4 m/s**
Średnica linopędni	3200 mm	2500 mm
Moc zainstalowana	200 kW	160 kW
Maksymalna siła w linie	67 600 N	63 000 N
Maksymalna nadwaga statyczna	28 600 N	30 000 N
Maksymalna prędkość ciągnienia	4 m/s	4 m/s
Maksymalna głębokość ciągnienia	300 m	300 m
Napęd hamulca	Pneumatyczno-obciążnikowy	Hydrauliczny
Zespół napędowy hamulca	1 × SSW	4 pary × BSFG-405
System rozsprzęgania bębnów	Mechaniczny-ręczny	Sprężynowo-hydrauliczny - automatyczny
Masa maszyny	ok. 45 000 kg	37 500 kg

3. Rozwój układów sterowania hamulców maszyn wyciągowych

Hamulce maszyn wyciągowych składają się z części wykonawczej (siłowej) oraz sterowniczej. W celu bezpiecznego prowadzenia ruchu górniczym wyciągiem szybowym konieczne jest zapewnienie wysokiego stopnia niezawodności działania hamulca maszyny wyciągowej.

Stosowane w maszynach wyciągowych hamulce wykonywane były początkowo jako szczękowe bębnowe. W najstarszych rozwiązaniach tego typu hamulców, jedynym źródłem siły hamującej było grawitacyjne oddziaływanie obciążników na układ szczękowy hamulca. Następnie rozwinęły się systemy napędów hamulcowych z pneumatycznymi i obciążnikowymi źródłami siły, z najbardziej rozpowszechnionym systemem dwuosiowym SSW (firmy Siemens, rys. 6) i od lat 60-tych XX w. popularnym w polskim górnictwie jednoosiowym pneumatyczno-obciążnikowe systemem typu HOP (rys. 7). Pojawiły się również w kraju nieliczne maszyny, wyposażone w jednoosiowe sprężynowe oraz sprężynowo-obciążnikowe odwodzone pneumatycznie napędy hamulcowe.



Rys.6. Napęd hamulcowy pneumatyczno-obciążnikowy typu SSW [7]

Rys.7. Napędy hamulcowe pneumatyczno-obciążnikowe typu HOP [9]

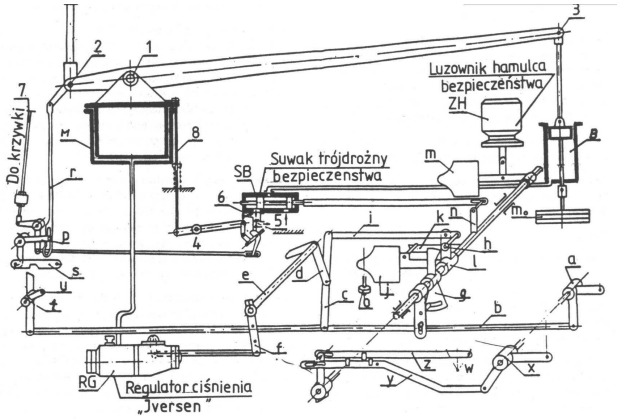
Maszyny wyciągowe z pneumatyczno-obciążnikowymi napędami hamulców i bieżniami cylindrycznymi z powodzeniem wdrażano do lat 70-tych XX w., kiedy to pojawiły się nowoczesne hamulce tarczowe. Głównymi zaletami hamulców tarczowych z siłownikami hamulcowymi, w których siłę docisku uzyskuje się dzięki oddziaływaniu pakietów sprężyn talerzowych, a ich odwodzenie od tarczy hamulcowej realizowane jest hydraulicznie, była m.in.: zwarta kompaktowa budowa, możliwość swobodnego konfigurowania hamulca, uzyskiwanie dużych sił hamujących, co pozwalało stosować je przy coraz wyższych parametrach ruchowych górniczych wyciągów szybowych.

Rys.8. Maszyna wyciągowa z hamulcem szczękowym i napędem pneumatyczno-obciążnikowym [9]

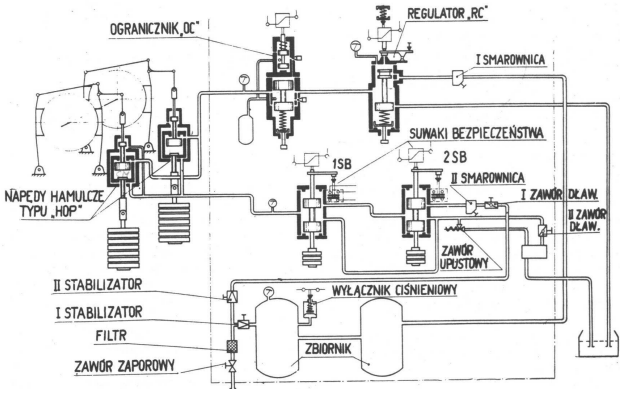
Rys.9. Maszyna wyciągowa z hydraulicznym hamulcem tarczowym [9]

Obecnie w Polsce około 60% maszyn wyciągowych wyposażonych jest jeszcze w hamulce sterowane pneumatycznie z bieżniami cylindrycznymi (rys. 8), a około 40% maszyn to maszyny wyposażone w hamulce tarczowe odwodzone hydraulicznie (rys. 9).

Doświadczenia z wieloletniego stosowania hamulców ze sterowaniem pneumatycznym, zaowocowało opracowaniem i wdrożeniem coraz doskonalszych układów ich sterownia. Począwszy od najstarszych, w których sterowanie odbywało się za pomocą układów dźwigniowych mechanicznych z elementami pneumatycznymi (rys. 10), poprzez wersję pośrednią, w której wdrażano elementy elektropneumatyczne, aż do układów sterowania wyposażonych wyłącznie w elementy elektropneumatyczne (rys. 11).



Rys.10. Schemat mechaniczno-pneumatycznego zespołu sterowania hamulca [7]



Rys.11. Schemat elektropneumatycznego zespołu sterowania hamulca typu ZEP [7]

To ostatnie rozwiązanie pozwoliło w pełni oddzielić połączenie, na drodze mechanicznej, elementów wykonawczych układu sterowania od pulpitu maszynisty wyciągowego. Pierwszym w Polsce w pełni elektropneumatycznym zespołem sterowania był zespół ZEP. W zakresie swojej budowy i wykorzystywanych w nim elementów elektropneumatycznych ewoluował na przestrzeni lat 60-tych i 70-tych XX w. Zbudowany były on, w zdecydowanej większości, z elementów projektowanych i produkowanych wyłącznie do tego typu maszyn. Pneumatyczne zawory stosowane w hamulcach maszyn wyciągowych charakteryzowały się dużymi gabarytami. Wynikało to z faktu, że wymagane wielkości przepływów powietrza były duże, ze względu na powierzchnie, a tym samym pojemności cylindrów napędów hamulcowych. Średnice tych cylindrów osiągały wartości nawet do 750 mm.

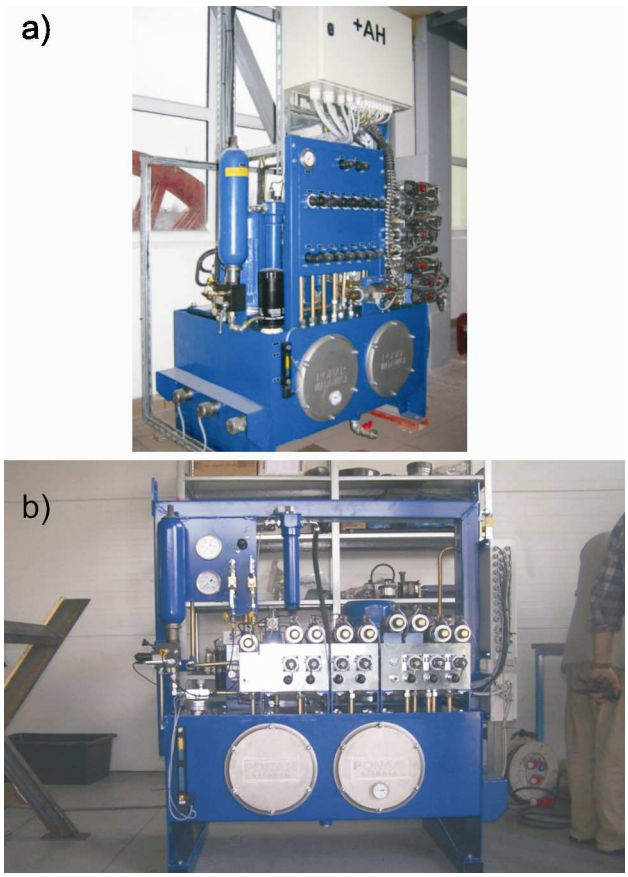
Pomimo coraz szerszego wdrażania maszyn wyciągowych z hamulcami tarczowymi sterowanymi hydraulicznie, to maszyny z hamulcami sterowanymi pneumatycznie nadal stanowią znaczący udział w eksploatowanych maszynach. Dlatego też, nadążając za szybkim rozwojem układów sterowania

opartych na sterownikach programowalnych oraz wykorzystując rozwój elementów elektropneumatycznych, KOMAG wraz z producentem OPA-ROW sp. z o.o. pod koniec lat 90-tych XX w. rozpoczął prace nad nowym zespołem sterowania. W efekcie, na początku XXI w. pojawił się nowoczesny zespół sterowania ZSHP (rys. 12) przeznaczony do maszyn wyciągowych wyposażonych w napędy pneumatyczno-obciążnikowe. Na bazie doświadczeń opracowano również zespół sterowania ZSHP-SO do maszyn wyciągowych wyposażonych w sprężynowo-obciążnikowe napędy hamulcowe odwodzone pneumatycznie (rys. 13).

Rys.12. Zespół sterowania ZSHP [10]

Rys.13. Zespół sterowania ZSHP-SO [10]

Do hamulców odwodzonych hydraulicznie wiele krajowych firm opracowało własne układy zasilająco-sterujące. Jedną z nich jest firma ELCAM Sp. z o.o., która jest producentem zespołu typu EL (rys. 14), opracowanego wspólnie z ITG KOMAG.



Rys.14. Elektrohydrauliczny zespół zasilająco-sterujący hamulca maszyny wyciągowej [10]; *a) Zespół sterowania EL-2, b) Zespół sterowania EL-3*

Praktycznie wszystkie nowe zespoły sterowania hamulców, tak pneumatycznych jak i hydraulicznych, charakteryzują się realizowaniem tzw. dwuwariantowego hamowania bezpieczeństwa, co rozszerza ich zakres stosowania, a jednocześnie daje większą swobodę dopasowywania parametrów hamowania, w zależności od warunków ruchu.

4. Rozwój metod projektowania maszyn wyciągowych

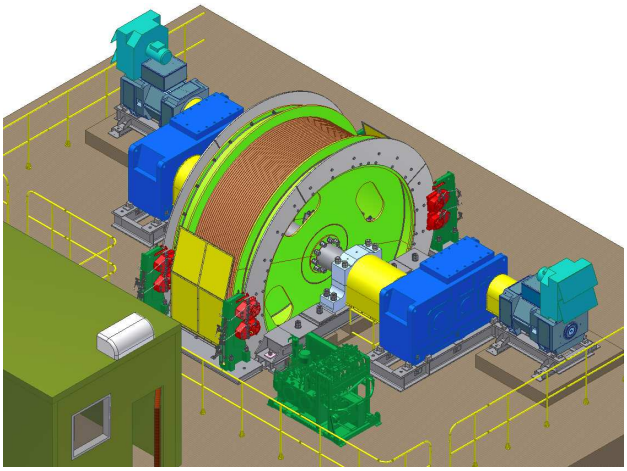
Projektowanie maszyn wyciągowych, uległo głębokiej przemianie. Wdrożono nowoczesne metody projektowania wspomagane komputerowo. W zakresie części mechanicznej, stopień złożoności konstrukcji maszyny wyciągowej uległ uproszczeniu, a to za sprawą stosowania nowoczesnych handlowych elementów, zwłaszcza w strukturze układów sterowania i kontroli ruchu maszyny oraz sterowania hamulca. Obecnie część mechaniczną maszyny wyciągowej stanowi jej część nośna. Projektowanie sprowadza się zatem do opracowania:

– zestawu wału głównego, którego integralnymi elementami jest linopędnia, wał główny i łożyska,
– hamulca z handlowymi siłownikami hamulcowymi,

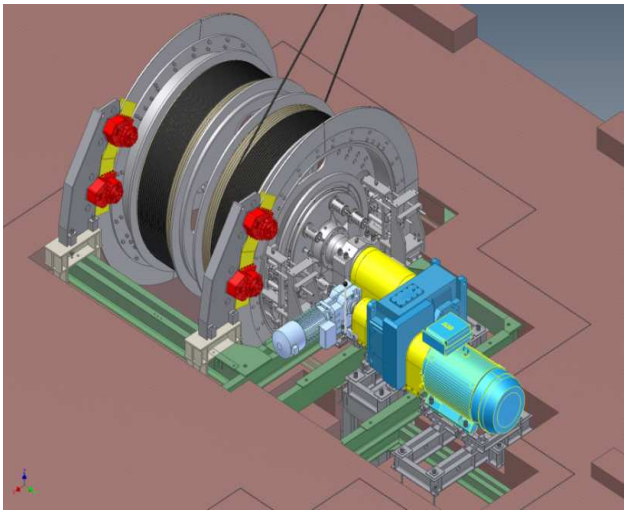
– konfiguracji zespołu napędowego maszyny, bazującego zazwyczaj na podzespołach handlowych np. przekładnie, sprzęgła,
– ram, barier i osłon,
– podłączenia do zestawu wału głównego elementów odwzorowujących położenie naczyń wyciągowych w układzie kontrolnym i sterującym maszyny.

Zastąpienie desek kreślarskich nowoczesnym oprogramowaniem do wirtualnego prototypowania (np. Autodesk Inventor Series) skróciło czas projektowania, a jednocześnie umożliwiło, już na tym etapie wyeliminowanie szeregu błędów. Modele przestrzenne 3D (rys. od 15 do 19) znacznie ułatwiają prace projektowe, gdyż dzięki wizualizacji obiektu stworzono możliwości analizowania konstrukcji na różnych płaszczyznach przestrzeni projektowej.

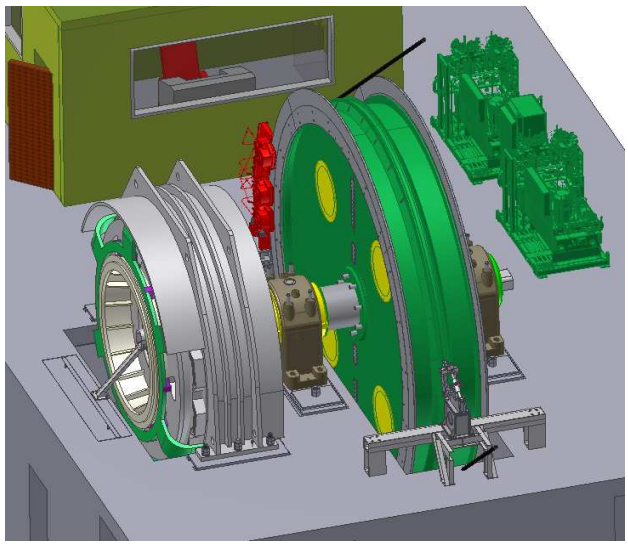
Dzięki modelom przestrzennym potencjalny nabywca maszyny lub urządzenia może przed podjęciem decyzji o uruchomieniu inwestycji zobaczyć przyszły wyrób. Modele 3D służą również jako materiał dydaktyczny uczniom, studentom, jak i młodym pracownikom zakładów górniczych.



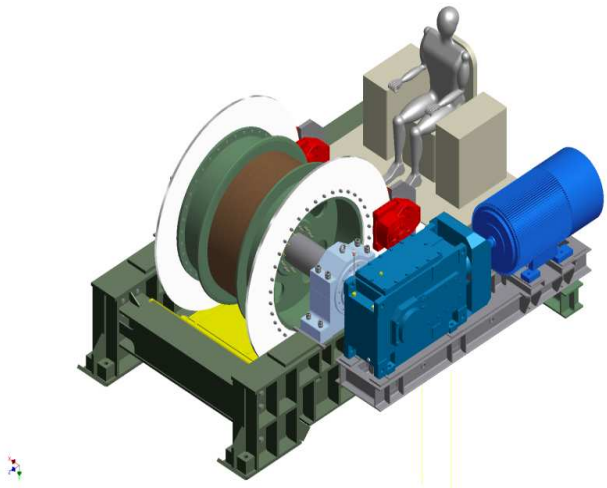
Rys.15. Model 3D maszyny B-4300/DC-8 m/s [9]



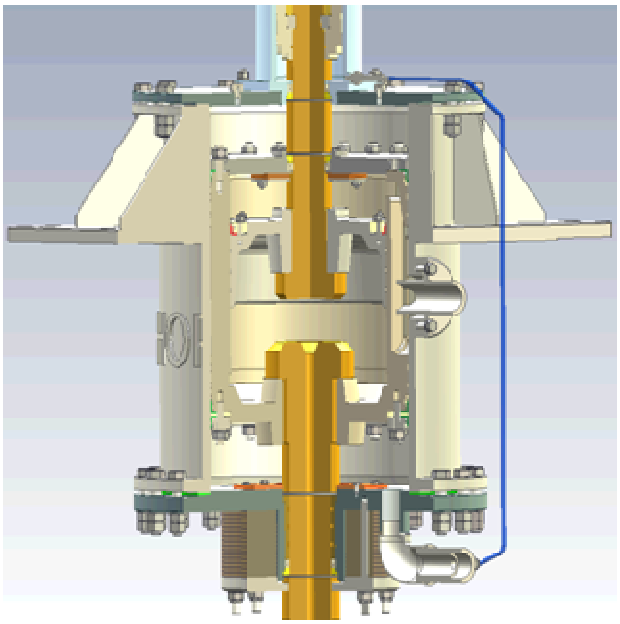
Rys.16. Model maszyny BB-2500/DC-4 m/s [9]



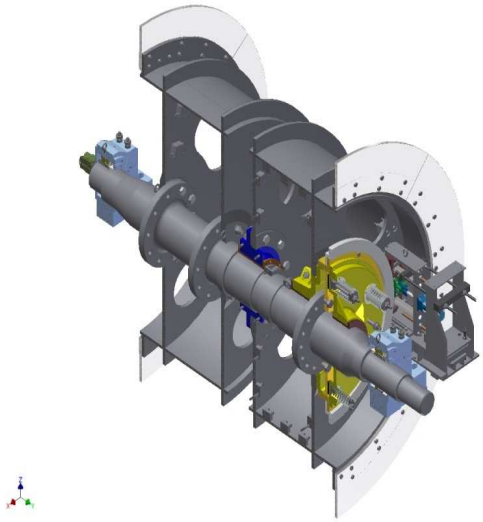
Rys.17. Model 3D maszyny K-6000/DC-16 m/s [9]



Rys.18. Model 3D maszyny B-1500/Ex/AC-2 m/s [9]



Rys.19. Model 3D napędu hamulcowego HOP [9]



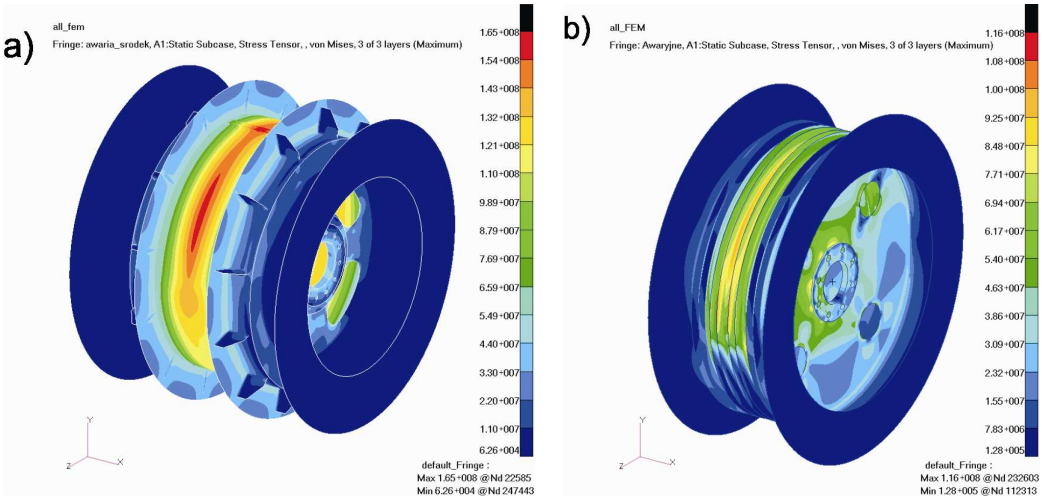
Rys.20. Model 3D mechanizmu rozsprzęgania bębna [9]

Proces projektowania udoskonalono również poprzez zastosowanie nowoczesnych narzędzi do analiz numerycznych, zwłaszcza w zakresie wyznaczania wytrzymałości konstrukcji. Do analiz szczególnie ważnych elementów maszyny wyciągowej, o złożonej budowie, bardzo przydatnym narzędziem jest metoda elementów skończonych MES. W projektowaniu maszyn wyciągowych stosowana jest ona obecnie najczęściej do analiz wytrzymałościowych linopędni. Przykłady wyników takich obliczeń w postaci map rozkładu naprężeń przedstawiono na rysunku 21.

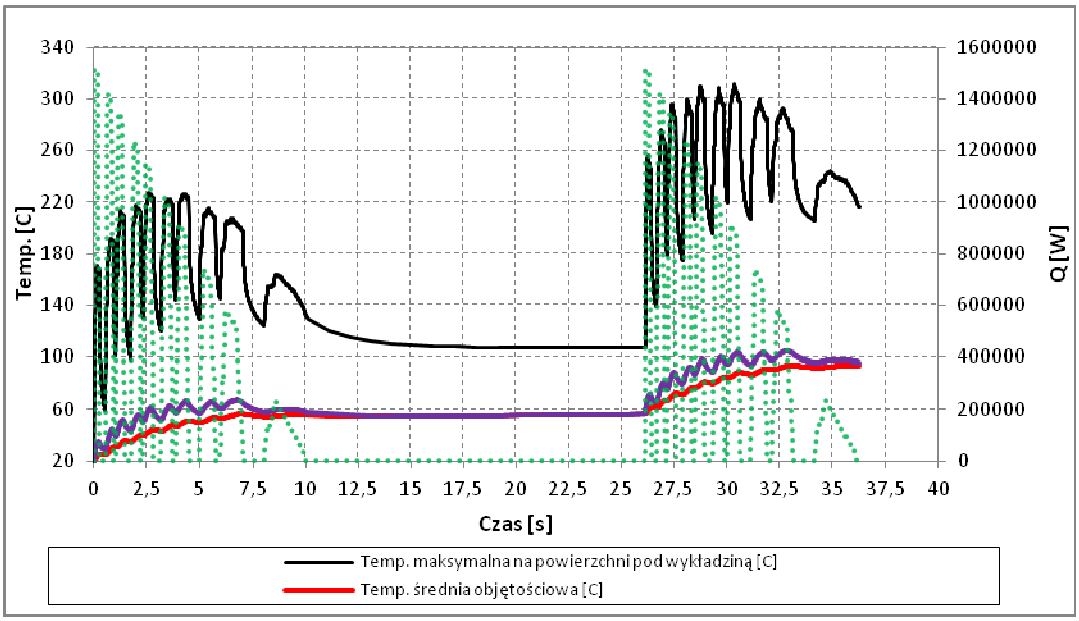
W odniesieniu do elementów maszyn wyciągowych, takich jak: wały, korpusy łożysk, ramy, stojaki hamulcowe, jak również elementy dźwigniowe układów hamulcowych, stosuje się, tradycyjne analityczne metody obliczeniowe. Metody te są skuteczne i wystarczające do oceny wytrzymałości wyżej wymienionych elementów. Stosowanie metody elementów skończonych jest w tych przypadkach nieuzasadnione, ze względu na czasochłonność przygotowania modelu obliczeniowego.

Nowością w wykorzystaniu metody elementów skończonych jest możliwość prowadzenia analiz zjawisk cieplnych zachodzących w parach ciernych hamulców maszyn wyciągowych. Opracowana w KOMAG-u, w ramach projektu badawczego rozwojowego [4], finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, metoda obliczeniowa oparta na MES umożliwia, już na etapie projektowania, prognozowanie nagrzewania się tarcz hamulcowych w trakcie realizowania tzw. „hamowania bezpieczeństwa" i określanie wpływu ciepła na deformacje tarcz hamulcowych. Zagadnienie to nabiera szczególnego znaczenia w odniesieniu do maszyn o coraz większych parametrach ruchowych. Rosnące prędkości ruchu maszyn wyciągowych oraz wielkości transportowanych ładunków powodują wzrost energii będącego w ruchu wyciągu szybowego, którą w sytuacjach awaryjnych należy wytracić w trakcie hamowania hamulcem mechanicznym. Wyniki analiz zjawisk cieplnych pozwalają konfigurować układ hamulcowy, jego parametry działania, jak również kształtować geometrię, zwłaszcza tarcz hamulcowych [5].

Na rysunku 22 przedstawiono przykładowy wynik analizy numerycznej przeprowadzonej dla dwóch posobnych „hamowań bezpieczeństwa", w maszynie poruszającej się z prędkością 16 m/s. Na rysunku przedstawiono temperaturę w funkcji czasu hamowania: maksymalną na powierzchni tarczy, średnią powierzchniową oraz średnią objętościową, w tarczy hamulcowej o grubości 30 mm, na którą oddziaływuje 12 par siłowników. Na rysunku 23 przedstawiono przykładową mapę rozkładu pola temperatury na powierzchni segmentu tarczy hamulca dla chwili czasu t = 30 s z rysunku 22.



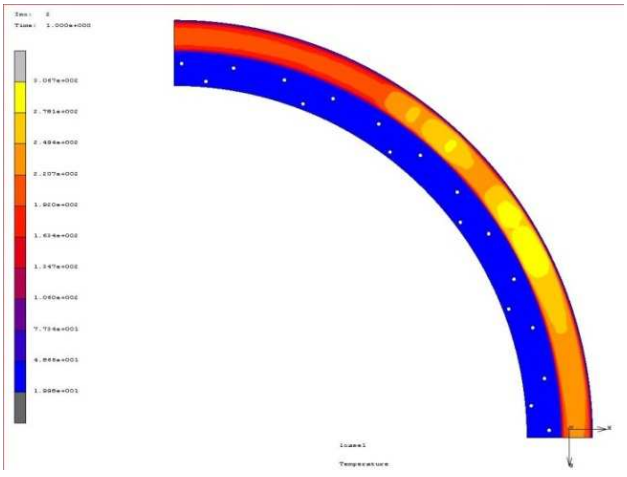
Rys.21. Mapy rozkładu naprężeń w linopędni maszyny wyciągowej – przykład [9];
a) bęben nawojowy B-1500,b) linopędnia typu Koepe 4L-4000



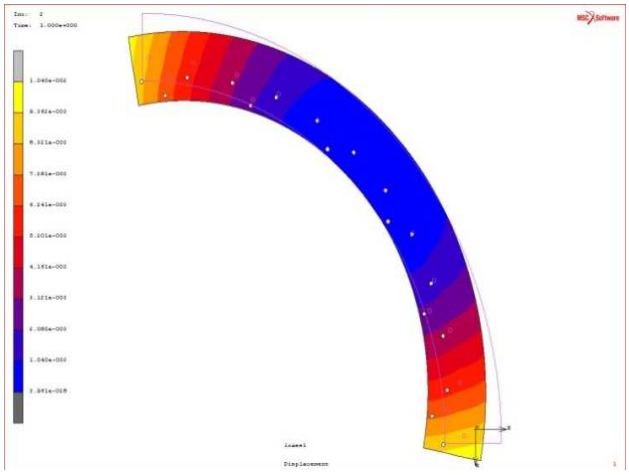
Rys.22. Zmiany wartości temperatury w segmencie tarczy w funkcji czasu, dla dwóch posobnych „hamowań bezpieczeństwa" - 12 par siłowników na 1 tarczę, segment tarczy grubości 30 mm [6]

Po przeprowadzeniu analiz obliczeniowych nagrzewania się tarcz hamulcowych w trakcie hamowania maszyny, w oparciu o uzyskane wyniki obliczeń można przeprowadzić analizy strukturalne celem określenia deformacji tarczy (segmentu tarczy) w wyniku jej nagrzania. Wyniki takiej analizy przedstawiono na rysunku 24 w odniesieniu do segmentu tarczy zamocowanej do linopędni.

Kolejnym zastosowaniem nowoczesnych metod projektowania jest wykorzystanie modeli dynamicznych odwzorowujących układ górniczego wyciągu szybowego. Umożliwiają one prowadzenie analiz, zwłaszcza w aspekcie wartości sił w linach podczas rozruchu i hamowania, hamowania bezpieczeństwa, jak również obciążenia linopędni podczas zakładanego zerwania lin nośnych.



Rys.23. Mapa rozkładu temperatury [°C] na powierzchni segmentu tarczy w 30 s analizy termicznej (z rysunku 22) [6]



Rys.24. Mapa odkształceń segmentu tarczy hamulcowej mocowanego śrubami pasowanymi w środku segmentu tarczy [6]

5. Podsumowanie

Stosowanie nowoczesnych narzędzi projektowania, jak i rozwój układów elektrycznych i elektronicznych, istotnie zmieniło maszyny wyciągowe.

Wdrożenie w maszynach wyciągowych wielu elementów handlowych, tak w zakresie układów sterowania, jak i układów mechanicznych napędowych, wyeliminowało konieczność indywidualnego projektowania wielu ich elementów.

Wirtualne, przestrzenne prototypowanie maszyn wyciągowych, wsparte coraz doskonalszymi narzędziami obliczeniowymi pozwoliło na skrócenie czasu projektowania i wyeliminowanie szeregu błędów projektowych. Ma to szczególne znaczenie w projektowaniu obiektów jednostkowych, o wysokich kosztach wytworzenia, takich jak maszyny wyciągowe,

a których poprawność konstrukcji można ocenić dopiero po ich zainstalowaniu i uruchomieniu. Skrócenie czasu realizacji projektów, pozwoliło na znaczne obniżenie kosztów wdrożenia do ruchu nowych maszyn wyciągowych.

Zaprezentowane w artykule maszyny wyciągowe oraz zespoły sterowania hamulców są przykładem nowoczesnych, światowej klasy rozwiązań technicznych, będące efektem współpracy KOMAG-u z przemysłem.

Ostatnie lata dowodzą, że zainteresowanie nowymi maszynami wyciągowymi rośnie. Przyczyną tego stanu rzeczy jest konieczność wycofywania z ruchu szeregu maszyn, które mają ponad 40-letni okres eksploatacji oraz perspektywę dalszych kilkudziesięciu lat eksploatacji górniczych wyciągów szybowych. Drugim bardzo istotnym czynnikiem są rosnące wymagania dotyczące wydajności górniczych wyciągów szybowych, a co za tym idzie instalowania maszyn wyciągowych o zwiększonych mocach.

Krajowe zaplecze projektowe, naukowe, jak i wykonawcze, jest przygotowane na stawiane wyzwania w zakresie światowej klasy rozwiązań technicznych i technologicznych maszyn wyciągowych.

Literatura

1. Gierlotka S.: Rozwój maszyn wyciągowych w kopalniach od pary po elektryczność. Dzieje Górnictwa – elementy europejskiego dziedzictwa kultury pod red. P.P. Zagożdzona i M. Madziarza, Wrocław 2008.
2. Hansel J.: Niezawodność i bezpieczeństwo systemów maszynowych transportu pionowego – wyniki wybranych prac naukowych katedry transportu linowego AGH. Transport Szybowy, Monografia ITG KOMAG 2007 r., s. 13-28.
3. Kowal L., Turewicz K., Helmrich P., Nyga K.: Nowe rozwiązania techniczne Instytutu Techniki Górniczej KOMAG wdrażane w maszynach wyciągowych. Maszyny Górnicze nr 3-4/2010, s. 103-110.
4. Kowal L., Turewicz K., Helmrich P., Nyga K.: Doskonalenie konstrukcji maszyn wyciągowych projektowanych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG. Maszyny Górnicze nr 3-4/2010, s. 111-118.
5. Kowal L. i inni: Metoda projektowania tarcz hamulcowych maszyn wyciągowych w aspekcie zwiększenia ich odporności cieplnej dla zwiększonych parametrów ruchowych – wydajnościowych górniczych wyciągów szybowych. Sprawozdanie merytoryczne z wykonanych badań przemysłowych (stosowanych) i prac rozwojowych. Projekt rozwojowy N R03 0006 06. Materiały nie publikowane, archiwum ITG KOMAG W47.830ARK, 10.2012, ss. 286.
6. Kowal L. Turewicz K., Kruczek T.: Pomiary temperatury tarcz hamulcowych maszyn wyciągowych górniczych wyciągów szybowych. Maszyny Górnicze nr 2/2012, s. 3-12.
7. Zmysłowski T.: Górnicze maszyny wyciągowe – część mechaniczna. Wydawnictwo Śląsk, Katowice-Warszawa 2004, ss. 450.
8. Zygmunt A., Szczygieł M.: Przegląd wybranych modernizacji górniczych wyciągów szybowych. Transport Szybowy, Monografia ITG KOMAG 2011 r., s. 15-32.
9. Dokumentacje techniczne Instytutu Techniki Górniczej KOMAG (prace nie publikowane).
10. Fotografie i rysunki zaczerpnięte z materiałów archiwalnych: ITG KOMAG, MWM Elektro Sp. z o.o., OPA-ROW Sp. z o.o., PPUH ELCAM Sp. z o.o.
11. http://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Steam_engine_nomenclature.png
12. http://www.nid.pl/UserFiles/Image/Pomniki%20Historii/Bochnia/parowa%20maszyna%20wyci%C4%85gowa.jpg

Artykuł wpłynął do redakcji w czerwcu 2013 r.

Dr inż. Piotr MATUSIAK
Dr inż. Daniel KOWOL
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Maszyny do przeróbki mechanicznej konstruowane w ITG KOMAG

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

W artykule dokonano przeglądu wybranych maszyn i urządzeń do przeróbki, ze szczególnym uwzględnieniem osadzarek pulsacyjnych, wzbogacalników zawiesinowych, odwadniarek, kruszarek i mieszalników, które na przestrzeni kilkudziesięciu lat konstruowano i rozwijano w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG. Omówiono ich cechy i parametry, które przyczyniły się do unowocześnienia procesów wzbogacania węgla kamiennego.

S u m m a r y

Selected processing machines and equipment, with special attention paid to pulsating jigs, suspension jigs, dewatering machines, crushers and mixers, which were designed and developed at the KOMAG Institute of Mining Technology within tens of years, are reviewed. Their features and parameters that contributed to a modernization of hard coal beneficiation processes are discussed.

1. Wprowadzenie

Przeróbka węgla kamiennego stanowi integralną i niezwykle ważną część procesu produkcyjnego sortymentów handlowych. Jej celem jest podwyższenie jakości wydobytego surowca oraz uzyskanie, wymaganych przez odbiorców, parametrów jakościowo-ilościowych produktów końcowych. Poprawa jakości węgla następuje poprzez szereg operacji technologicznych, między innymi wzbogacania w specjalistycznych urządzeniach [1].

W artykule przedstawiono rozwój wybranych maszyn i urządzeń zaprojektowanych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG (dawniej CMG KOMAG).

Zwrócono szczególną uwagę na parametry i nowoczesne rozwiązania osadzarek pulsacyjnych OM, OS i OZ, wzbogacalników zawiesinowych DISA dwu i trójproduktowych, wirówek odwadniających wibracyjnych WOW, kruszarek pierścieniowych UP oraz mieszalników MW i GP.

2. Osadzarki

Podstawowym urządzeniem do wzbogacania węgla kamiennego w polskich zakładach przeróbki mechanicznej są osadzarki pulsacyjne. Pierwsze konstrukcje zaczęto opracowywać w KOMAG-u w latach sześćdziesiątych XX wieku. Rozwiązania te posiadały komory powietrzne umieszczone wzdłuż osi osadzarki, obok koryta roboczego. Stosowano osadzarki:

- OBM (osadzarka beztłokowa miałowa),
- ODM (osadzarka beztłokowa miałowa dwukorytowa),
- OBZ (osadzarka beztłokowa ziarnowa).

Omawiane osadzarki charakteryzowały się znacznymi gabarytami i dużą masą.

W latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia zaczęto wdrażać osadzarki posiadające komory powietrzne zlokalizowane pod pokładem sitowym - ODM15, zabudowane w skrzyniach dolnych poprzecznie do osi wzdłużnej osadzarki. Wpłynęło to na zmniejszenie wymiarów i masy osadzarek [6].

Obecnie w KOMAG-u konstruowane są osadzarki do wzbogacania różnych klas ziarnowych: osadzarki miałowe - OM (rys. 1 i 2) przeznaczone dla ziaren 20-0(0,5) mm, osadzarki średnioziarnowe - OS przeznaczone dla ziaren 80(50)-0(0,5) mm i osadzarki ziarnowe - OZ przeznaczone dla ziaren 120-20 mm.

Rys.1. Osadzarka pulsacyjna dwukorytowa OM30 KWK Szczygłowice [5]

Ich konstrukcje 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.

2.1. Budowa osadzarek pulsacyjnych

W skład przedziałów roboczych wchodzą skrzynie dolne oraz skrzynie górne (koryta) robocze. Skrzynie górne pojedynczego przedziału osadzarki wyposażone są w pokłady sitowe, kolektory powietrza roboczego, zespół rozrządu powietrza pulsacyjnego i urządzenia odbioru produktów wzbogacania. W skrzyniach dolnych znajdują się komory pulsacyjne, do których dostarczane jest powietrze robocze do wywoływania ruchu pulsacyjnego oraz kolektory zasilające wodą o regulowanym przepływie [2].

2.2. Zasada działania osadzarek pulsacyjnych

Wzbogacanie w osadzarkach polega na wykorzystaniu prędkości opadania w wodzie ziaren różniących się między sobą gęstością. Wzbogacany materiał podlega cyklicznemu rozluzowaniu w pulsacyjnym ośrodku wodnym, co powoduje jego rozwarstwienie i transport po powierzchni pokładu sitowego, w kierunku strefy rozdziału produktów wzbogacania.

Wstępnie przygotowana mieszanina ziaren węgla kamiennego, doprowadzona do skrzyni roboczej, poddawana jest pulsacji w ośrodku wodnym na pokładach sitowych, w kolejnych przedziałach roboczych osadzarki.

Rozwarstwienie materiału przebiega poprzez wywołanie, za pomocą np. sprężonego powietrza, ruchu wody w komorze roboczej [3]. W okresie ruchu wody ku górze materiał spoczywający na sicie zostaje uniesiony, a następnie rozpoczyna się opadanie ziaren w stronę pokładu sitowego.

Rys.2. Osadzarka OM20 P3E Rydułtowy-Anna [5]

Poprzez poddawanie materiału wielokrotnym pulsacjom uzyskuje się rozdział materiału na warstwy, od ziaren o największej prędkości opadania, usytuowanych na pokładzie sitowym, do ziaren o najmniejszej prędkości opadania, wynoszonych na powierzchnię wzbogacanego materiału. Rozwarstwiany materiał stale przesuwa się w kierunku strefy rozdziału na końcu przedziału roboczego osadzarki [3].

Na podstawie sygnałów pomiarowych i reakcji układu odbioru produktów wzbogacania następuje rozdzielenie wzbogacanego materiału na produkt górny (koncentratowy), który przepływa nad progiem przelewowym, kończącym pojedynczy przedział osadzarki oraz produkt dolny (odpadowy), odprowadzany kanałem odbiorczym usytuowanym poniżej pokładu sitowego, w układzie odprowadzania produktów [2, 4].

W tabeli 1 [5] przedstawiono wykaz osadzarek pulsacyjnych produkcji polskiej zaprojektowanych przez KOMAG w latach 1955-2010.

3. Wirówka wibracyjna WOW

Wirówki wibracyjne (rys. 3) stosowane są powszechnie do końcowego odwadniania miału węglowego o uziarnieniu 20-0 mm i zawartości wody 15-35%. Odwadnianiu towarzyszy również oddzielenie najdrobniejszych frakcji (zazwyczaj poniżej 0,5 lub 0,75 mm) zawierających macerały węgla, przerosty węglowe i skałę płonną.

Odwadnianie i oddzielenie najdrobniejszych cząstek poprawia jakość miału, która w przypadku stosowania go do celów energetycznych określona jest wartością opałową, zawartością siarki i popiołu powstałego po spaleniu.

Wilgoć miału węglowego w sposób pośredni wpływa na pozostałość popiołu oraz bezpośrednio oddziałuje na uzyskaną wartość opałową. Skuteczne odwodnienie jest więc technologią poprawiającą granulometrię miału i jego jakość. Doceniając znaczenie tego procesu, KOMAG opracował typoszereg tego typu urządzeń, przeprowadził serię badań zmierzających do poprawienia technologii i nadal prowadzi prace w celu stałego doskonalenia samego procesu, jak i konstrukcji.

Typoszereg wirówek odwadniających wibracyjnych typu WOW znajduje zastosowanie w zakładach mechanicznej przeróbki węgla do odwadniana miału węglowego, podawanego z wstępnie odwadniającego sita odśrodkowego.

Zawartość wilgoci przemijającej W_{ex} w odwodnionym miale, zależna od rodzaju i intensywności nadawy oraz regulowanych parametrów pracy, może wahać się w granicach 5 - 9%. Charakterystykę typoszeregu wirówek odwadniających przedstawiono w tabeli 2.

Osadzarki produkcji polskiej zaprojektowane przez KOMAG w latach 1955-2010 [5]

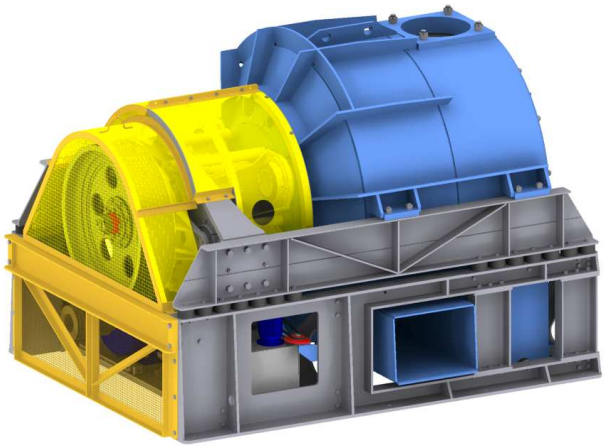
Tabela 1

Okres produkcji	Typ osadzarki	Miejsce zastosowania
1955-1970	OBM12, OBM15, OBSZ15, OBZ10, OBZ12	Kopalnia węgla kamiennego: „Anna", „Dębieńsko", „Knurów", „1-Maja", „Nowy Wirek", „Mysłowice", „Rydułtowy" oraz eksport do Chińskiej Republiki Ludowej, Indii oraz Wietnamu.
1971-1985	ODM10, ODM18, ODZ15, OM12, OM12-2, OM12-3,OM12-3S, OM12G3, OM12P3, OM12L3, OM18P3, OM18L3, OM24-3, OM24D, OM24B3, OM24D3, OZ18L, OZ12, OZ12L, OZ12P3, OS36D3, OZ36D3, OC8,OC10	Kopalnia węgla kamiennego: „Bogdanka", „Borynia", „Dębieńsko", „Gliwice", „Halemba", „Knurów", „Krupiński", „Jankowice", „Makoszowy", „Marcel", „Pniówek", „Dymitrow", „Rydułtowy", „Sośnica", „Staszic", „Wujek", „Szczygłowice", „Wawel", „Zabrze", „Zofiówka", „Moszczenica" oraz eksport do Brazylii, Indii oraz Rumuni.
1986-2010	OM8L2e, OM8L2E, OM10L2E, OM15P3E, OM12P3E, OMPE-3x6,5, OM18L3E, OM18P3E, OM20P3E, OM20L3E, OM24P4E, OM24L4E,OM24D3E, OS24D3E, OM30-3E, OM18 3x8, OM30D3E, OS30D3E, OM30, OZ18, OZ18L3E	Kopalnia węgla kamiennego: „Andaluzja", „Anna", „Barbara-Chorzów",„Bogdanka", „Borynia", „Budryk", „Dębieńsko", „Halemba", „Jastrzębie", „Jasmos" „Knurów", „Krupiński", „Marcel", „Pniówek", „Rozbark", „Rymer", „Rydułtowy-Anna", „Sośnica", „Staszic", „Szczygłowice", „Wawel", „Wujek", „Zofiówka", oraz eksport do Czech i Indii.
	Osadzarka KOD	Kopalnia węgla kamiennego „Budryk", do odkamieniania urobku
2003-2010	Klasyfikator pulsacyjny K-100, K-150, K-50, K-80, K-101	KSM sp. z o.o. w Borzęcinie, PPMD KRUSZBET S.A w Suwałkach,PRInż. Surowce Sp. z o.o. w Januszkowicach, PUHM „M +" Sp. z o.o. w Kędzierzynie Koźlu, Żwirownia Bierawa, PRESTO Emil Potręć, Rokitno

Dane techniczne typoszeregu wirówek wibracyjnych typu WOW konstrukcji KOMAG [8]

Tabela 2

Wyszczególnienie	Jedn.	Typ wirówki		
		WOW-1,1	WOW-1,3	WOW-1,5
Wydajność	t/h	125	250	330
Wielkość ziaren nadawy	mm	20-0		
Średnica kosza wirówki	mm	1050	1320	1500
Szczelina sita	mm	0,35-0,75		
Silnik główny - moc - prędkość obrotowa	 kW min^{-1}	 22,0 1460	 55,0 1470	 75,0 1485
Silnik wibratora - moc - prędkość obrotowa	 kW min^{-1}	 3,0 1430	 4,0 1440	 5,5 1455
Prędkość obrotowa kosza sitowego	min^{-1}	382	320	307
Częstotliwość drgań kosza sitowego	Hz	20 - 32		
Amplituda drgań kosza sitowego	mm	2-6		
Silnik pompy olejowej - moc - prędkość obrotowa	 kW min^{-1}	 0,37 1400		
Zasilanie	V	500		
Masa maszyny	kg	4000	7600	10200



Rys.3. Wirówka wibracyjna odwadniająca typ WOW 1.3 [8]

4. Wzbogacalnik zawiesinowy DISA

Wzbogacalniki zawiesinowe typu DISA konstruowane w ITG KOMAG przeznaczone są do wzbogacania w cieczy ciężkiej (np.: magnetytowej) i pracują na zasadzie wykorzystywania zjawiska pływania po powierzchni cieczy ziaren o gęstości mniejszej od gęstości samej cieczy.

Działanie wzbogacalnika cieczy ciężkiej zawiesinowej polega na tym, że nadawa kierowana do wzbogacalnika ulega rozdziałowi na frakcję pływającą i tonącą wewnątrz koryta roboczego z cieczą ciężką. Frakcja pływająca przesuwa się z prądem cieczy ciężkiej w kierunku przelewu, gdzie za pomocą wygarniacza kierowana jest na zewnątrz wzbogacalnika. Natomiast frakcja tonąca, po opadnięciu do przegród koła wynoszącego, wyniesiona zostaje na pewną wysokość.

Po przekroczeniu naturalnego kąta zsypu przez materiał znajdujący się w kole wynoszącym, następuje jego zsuwanie do zsuwni odprowadzającej frakcję tonącą, za pomocą której odprowadzany jest również na zewnątrz wzbogacalnika. Głównym zespołem wzbogacalnika jest koryto robocze (kadź). Po jednej stronie kadzi znajduje się wlot nadawy, a po drugiej umieszczony jest przelew cieczy ciężkiej, z równoczesnym odprowadzeniem frakcji pływającej.

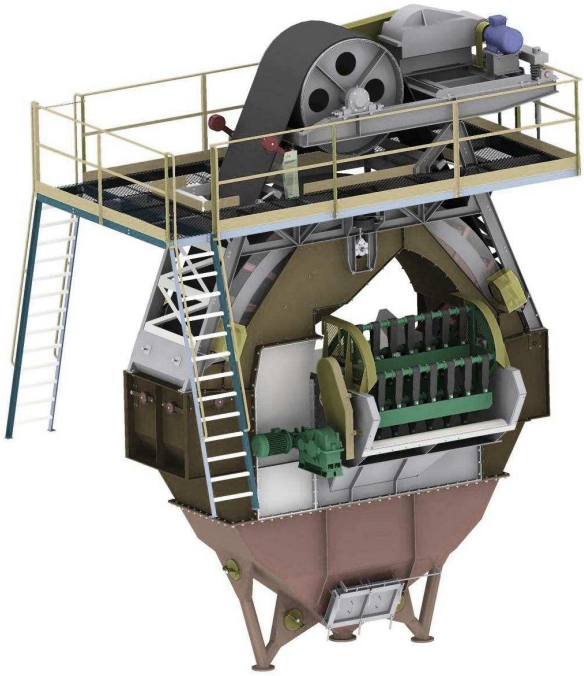
Ciecz ciężka górna doprowadzana jest na nieznacznej wysokości pod lustrem cieczy roboczej. W dolnej części kadzi zamontowany jest króciec do odprowadzenia cieczy ciężkiej wraz z drobną frakcją tonącą znajdującą się pod kołem wynoszącym.

W płaszczyźnie prostopadłej do lustra cieczy, w korycie roboczym, pracuje zawieszone na taśmie koło wynoszące, wykonane w kształcie pierścienia otwartego, od wewnątrz i wyposażone w skośne przegrody, w postaci rusztów szczelinowych umożliwiających przeciekanie cieczy.

Dla ułatwienia przejścia frakcji pływającej przez próg przelewowy koryta roboczego zastosowany jest obrotowy wygarniacz z niezależnym napędem.

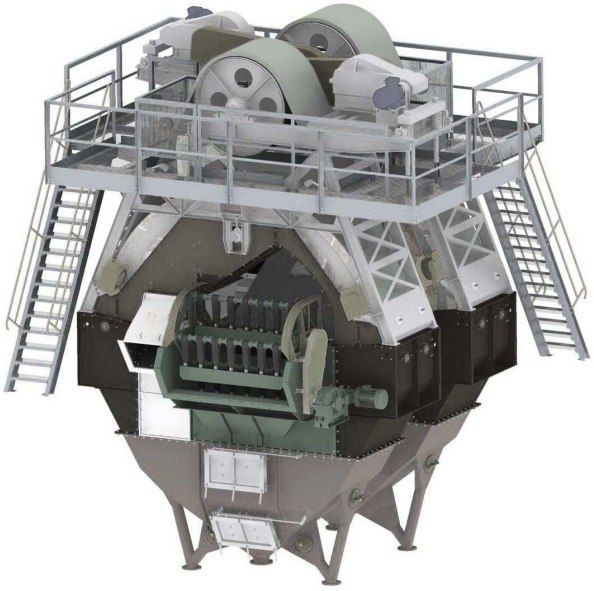
Stosowane są następujące rodzaje wzbogacalników zawiesinowych:

– DISA 1S (rys. 4) oraz DISA 2S (rys. 5), przeznaczone do wzbogacania dwuproduktowego,
– DISA 3S (rys. 6), przeznaczony do wzbogacania trójproduktowego.



Rys.4. Wzbogacalnik dwuproduktowy DISA 1S [7]

Rys.5. Wzbogacalnik dwuproduktowy DISA 2S [7]

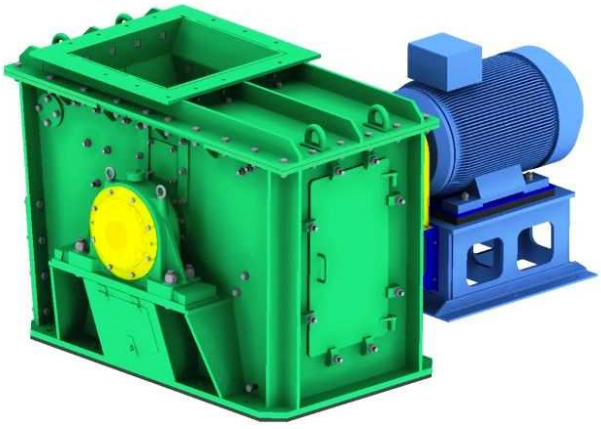


Rys.6. Wzbogacalnik trójproduktowy DISA 3S [7]

5. Kruszarki pierścieniowe

Opracowany przez KOMAG typoszereg kruszarek pierścieniowych UP/UPK, o wydajnościach do 150 t/h, przewidziany został do procesu technologicznego kruszenia produktów wzbogacania, a szczególnie do kruszenia koncentratu, przerostów i kamienia płuczkowego o uziarnieniu 200(300) – 20(0). Kruszarkę pierścieniową UP/UPK przedstawiono na rysunku 7.

Wpadająca do kruszarki nadawa zostaje uderzana szybko obracającymi się z wałem pierścieniami i jest rzucana z dużą siłą na wykładziny staliwne zabudowane na płycie oporowej, ulegając wstępnemu skruszeniu. W wyniku skruszenia następuje zmniejszenie średnicy ziaren nadawy, które przechodząc dalej ulegają dalszemu skruszeniu na rusztowinie i uderzane z dużą siłą przepadają przez szczeliny rusztu do zsuwni odbiorczej, zabudowanej pod obudową dolną korpusu. Natomiast trudne do skruszenia wtrącenia w nadawie wrzucane są do komory odpadów, skąd są usuwane okresowo w czasie postoju.

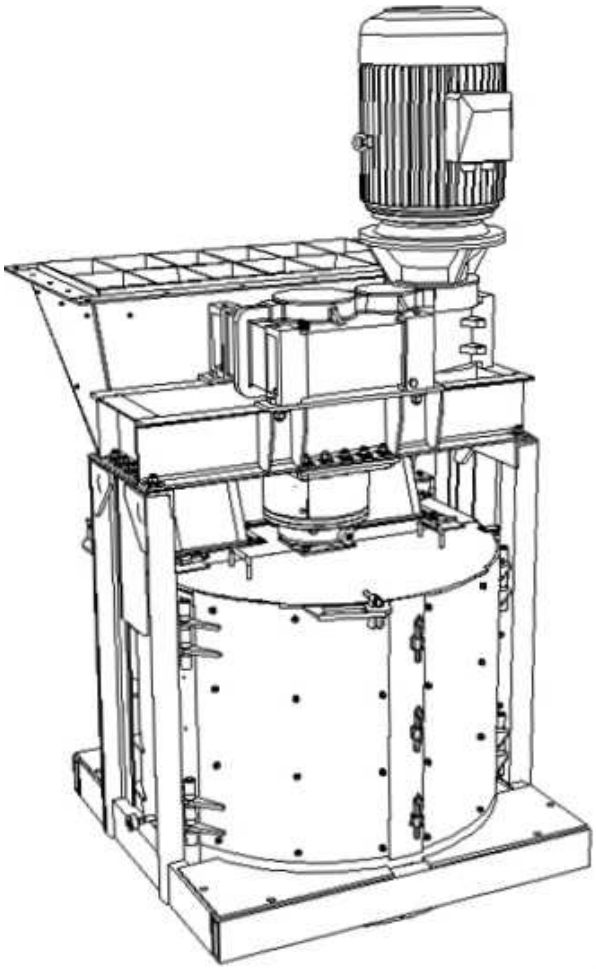


Rys.7. Kruszarka UPK1000x700 [9]

6. Mieszalniki wirnikowe

Mieszalnik wirnikowy MW 1400S-F (rys. 8) przeznaczony jest do mieszania ciał sypkich i ziarnistych o średnicy ziaren nie większej niż 30 mm, a w szczególności miału z mułem węglowym. Dla innych zastosowań wymagane jest odpowiednie dostosowanie parametrów mieszalnika.

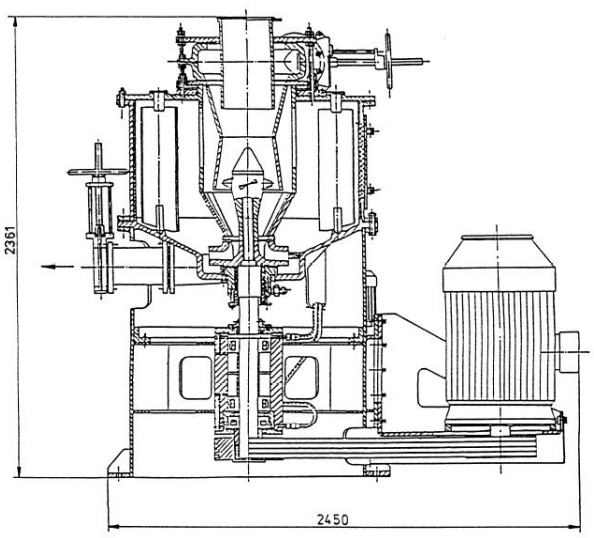
Obecnie rośnie rola i znaczenie mieszalników wirnikowych (MW) w instalacjach przygotowania paliw wieloskładnikowych. Wymaga to przeważnie połączenia procesów rozdrabniania i mieszania. Mając na względzie powyższe, opracowano oprócz rozszerzonego typoszeregu wirnikowych mieszalników pionowych, mieszalnik - rozdrabniacz mogący pracować oddzielnie lub w węźle z mieszalnikiem typu MW.



Rys.8. Mieszalnik wirnikowy MW 1400 [10]

Mieszalnik GP konstrukcji KOMAG służy do wytwarzania mieszanin z produktów odpadowych górnictwa, energetyki oraz drobnych frakcji piaskowych (rys. 9).

Głównymi komponentami są odpady poflotacyjne, pyły dymnicowe, piaski oraz żużle. Mieszanina sporządzona na bazie tych komponentów jest jednorodna dzięki procesowi mieszania z wewnętrzną recyrkulacją.



Rys.9. Mieszalnik pompowo-wirnikowy GP [10]

7. Podsumowanie

Wieloletnie prace prowadzone przez KOMAG realizowano we współpracy z innymi jednostkami naukowymi, w tym uczelniami oraz producentami i użytkownikami, co zaowocowało powstaniem szeregu innowacyjnych rozwiązań technologiczno-konstrukcyjnych.

Wraz z rozwojem konstrukcyjnym polskich osadzarek pulsacyjnych zmianom podlegały wszystkie podzespoły, począwszy od mechanizmów wywołujących ruch pulsacyjny – układu zaworów pulsacyjnych, poprzez rodzaj i sposób mocowania pokładów sitowych, ukształtowanie komór pulsacyjnych, a skończywszy na sposobach odbioru produktów wzbogacania oraz materiałach użytych do ich konstrukcji.

Udoskonalenia osadzarek zaowocowało obniżeniem ich masy, zmniejszeniem pola powierzchni ich zabudowy, wzrostem wydajności, zmniejszeniem zużycia wody technologicznej i poprawą wskaźnika imperfekcji.

Zmiany prowadzone w unowocześnionych urządzeniach kruszących i odwadniających mają na celu ich łatwiejszą regulację i wymianę podzespołów.

Zmodernizowane urządzenia wzbogacające, kruszące, odwadniające i mieszające mają obecnie lepsze parametry techniczne, dłuższą trwałość, a zmodyfikowane konstrukcje umożliwiają ich sprawne serwisowanie.

Literatura

1. Blaschke St.: Przeróbka mechaniczna kopalin. Wydawnictwo Śląsk. Katowice 1982.
2. Cierpisz S., Kowol D.: Wpływ zmian parametrów nadawy na efekty działania pływakowego układu sterowania odbiorem produktów osadzarki. ITG KOMAG, Gliwice 2012.
3. Kowol D., i in.: Przegląd rozwiązań konstrukcyjnych zespołów rozrządu powietrza pulsacyjnego w osadzarkach pulsacyjnych. Automatyzacja Procesów Przeróbki Kopalin, Materiały konferencyjne, Szczyrk 2009.
4. Kowol D., Lenartowicz M., Łagódka M.: Rozwiązania konstrukcyjne układów odprowadzania produktu dolnego w osadzarkach pulsacyjnych. W: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska systemy przeróbcze surowców mineralnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju. KOMEKO 2009. ITG KOMAG, Gliwice 2009, s. 225-236.
5. Matusiak P., Kowol D., Jędo A.: Rozwój konstrukcji i technologii w osadzarkach pulsacyjnych typu Komag do wzbogacania węgla kamiennego i innych surowców mineralnych. W: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość – Efektywność. KOMEKO 2011. ITG KOMAG, Gliwice 2011, s. 73-86.
6. Osoba M., Jędo A.: Wpływ modernizacji osadzarek na uzyskiwane parametry jakościowe produktów wzbogacania. W: Produkcja surowców mineralnych z uwzględnieniem problemów ochrony środowiska. KOMEKO 2000. ITG KOMAG, Gliwice 2000, s. 1-7.
7. Matusiak P. i in: Rozwój konstrukcji i technologii w wzbogacalnikach w cieczy ciężkiej DISA typu KOMAG. ITG KOMAG. Gliwice 2012 (materiały nie publikowane).
8. Instrukcja użytkowania. Wirówka wibracyjna odwadniająca typ WOW 1.3. W75.090. ITG KOMAG. Gliwice 2011 (materiały nie publikowane).
9. Instrukcja użytkowania. Kruszarka UPK1000x700. W73.214. ITG KOMAG. Gliwice 2011 (materiały nie publikowane).
10. Instrukcja użytkowania. Mieszalnik wirnikowy MW 1400. W75.092. ITG KOMAG. Gliwice 2011 (materiały nie publikowane)

Artykuł wpłynął do redakcji w czerwcu 2013 r.

Mgr inż. Zdzisław BUDZYŃSKI
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Innowacyjne rozwiązania elektrycznych układów napędowych maszyn górniczych

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

Zwiększenie koncentracji wydobycia na przestrzeni ostatnich 30 lat wymusił opracowanie nowych rozwiązań napędów elektrycznych. Wzrost zainstalowanej mocy w maszynach kompleksów ścianowych powyżej 1 MW spowodował konieczność zastosowania podwyższonego napięcia zasilania. Dynamiczny rozwój energoelektroniki oraz silników elektrycznych umożliwił opracowanie i wdrożenie nowej generacji napędów elektrycznych dla maszyn górniczych.

S u m m a r y

Increase of production concentration within last 30 years forced a development of new solutions for electric drives. Increased power in the machines of longwall systems above 1 MW caused the necessity of using the higher supply voltage. Dynamic development of energoelectronics and electric motors enabled development and implementation of electric drives of new generation for mining machines.

1. Wprowadzenie

Prace badawczo-rozwojowe KOMAG-u w zakresie maszyn urabiających ukierunkowane były w minionych latach na opracowanie, a następnie wdrożenie regulowanych elektrycznych napędów posuwu oraz wprowadzenie podwyższonego napięcia zasilania do kombajnów dużej mocy. W zakresie regulowanych elektrycznych napędów opracowano i wdrożono rozwiązania zasilane z sieci prądu przemiennego oraz stałego. Wdrożono również po raz pierwszy w górnictwie, silniki bezszczotkowe z magnesami trwałymi. Wymagało to opracowania wektorowego systemu sterowania przemiennikami częstotliwości dostosowanymi do napięć stosowanych w górnictwie.

2. Innowacyjne rozwiązania w wyposażeniu elektrycznym kombajnów ścianowych

2.1. Innowacyjne rozwiązanie w zakresie napędu posuwu

Od początku istnienia kombajnów ścianowych, rozwiązanie napędu posuwu realizowane było przez jeden ciągnik hydrauliczny ze sterowaniem ręcznym (C-27, C-36) lub automatycznym (CA-27, CA-36 i CH-3a) napędzany silnikiem elektrycznym. W latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku w kombajnach ścianowych w układzie napędu posuwu zastosowano obcowzbudne lub szeregowe silniki prądu stałego. Napędy takie wykonały firmy Joy w USA, Eickhoff w Niemczech oraz Anderson w Wielkiej Brytanii.

Pierwsze w Polsce rozwiązanie napędu posuwu na drodze elektrycznej powstało w KOMAG-u w roku 1984 i zostało wdrożone na kombajnie KGS-150 w kopalniach „Chwałowice" i „Dębieńsko". Nowością ww. rozwiązania był tyrystorowy napęd posuwu TZ-1, w skład którego wchodziły dwa zespoły napędowe, z których każdy składał się z dwubiegowego reduktora i silnika indukcyjnego klatkowego o mocy 22 kW. Zespoły te były usytuowane w chodnikach przyścianowych i mocowane do kadłuba przenośnika ścianowego. Zmianę prędkości i kierunku posuwu zapewniał przemiennik częstotliwości EZTR-1 produkcji czeskiej, z którego zasilane były silniki elektryczne napędu posuwu o napięciu regulowanym 0-500 V. Przemiennik częstotliwości typu prądowego, w układzie 3-fazowego mostka tyrystorowego, był sterowany skalarnie, według zależności U/f=const. Umożliwiało to płynną regulację prędkości obrotowej silników posuwu przy stałym momencie obrotowym w zakresie częstotliwości od 5 Hz do 50 Hz oraz przy stałej mocy w zakresie zmiany częstotliwości od 50 Hz do 70 Hz. Równocześnie prowadzono próby z regulacją posuwu za pomocą sprzęgieł elektromagnetycznych, w których poślizg regulowany był automatycznie prądem wzbudzenia, w zależności od obciążenia silników kombajnowych i posuwu.

System o nazwie WSP składał się z dwóch napędów mocowanych na kadłubie przenośnika ścianowego. Obydwa napędy wprawiały w ruch jeden łańcuch pociągowy, którego końce zamocowane były do kombajnu ścianowego K-103. Napęd składał się z silnika elektrycznego, reduktora, sprzęgła elektromagnetycznego i aparatury sterowniczej.

Częste awarie sprzęgieł oraz automatyki posuwu stały się powodem rezygnacji z systemu WSP, a dalsza praca kombajnu K-103 odbywała się ze sprawdzonym wcześniej systemem posuwu TZ-1. Prowadzono także próby z zastosowaniem przemienników produkcji chińskiej na bazie elementów

energoelektronicznych japońskiej firmy Toshiba w kombajnie KGS-300, w którym po raz pierwszy zabudowano silniki posuwu w kombajnie, dzięki czemu uniknięto stosowania cięgna łańcuchowego. Przemiennik częstotliwości typu napięciowego zasilał dwa silniki o mocy 22 kW, na napięcie 380 V.

Wszystkie następne rozwiązania kombajnów, począwszy od KSE-344 wyposażono w silniki posuwu o mocy 30 kW, zasilane oddzielnym przewodem z przemiennika częstotliwości EZTR-1, usytuowanego w chodniku przyścianowym. W kombajnie KSE-344 zastosowano po raz pierwszy zasilanie całego kombajnu jednym przewodem 6-cio żyłowym produkcji krajowej. Po zakończeniu produkcji przemiennika EZTR-1 z powodu niewystarczającej mocy, w kombajnach KSE-360 zastosowano od 1996 roku prądowe przemienniki produkcji krajowej firmy Carboautomatyka na napięcie 500 V typu PPC-3 oraz PPC-1, w kombajnach typu KSE-500, z silnikami posuwu o mocy 2x45 kW. W kombajnach typu KSE-700 z silnikami posuwu 2x45 kW i KSE-700 W z silnikami posuwu 2x60 kW zastosowano przemiennik częstotliwości Monoverter typu BbM200 na napięcie 1000 V i układ transmisji typu A880E firmy AEG w osłonie ognioszczelnej wykonanej przez Carboautomatykę.

W kombajnie KSE-800 oraz KSE-1000 zastosowano do zasilania silników posuwu o mocy 2x60 kW napięciowy przemiennik częstotliwości SIMOVERT-P typu 8SF9623-0BK10 o mocy 130 kW, na napięcie 500 V firmy SIEMENS.

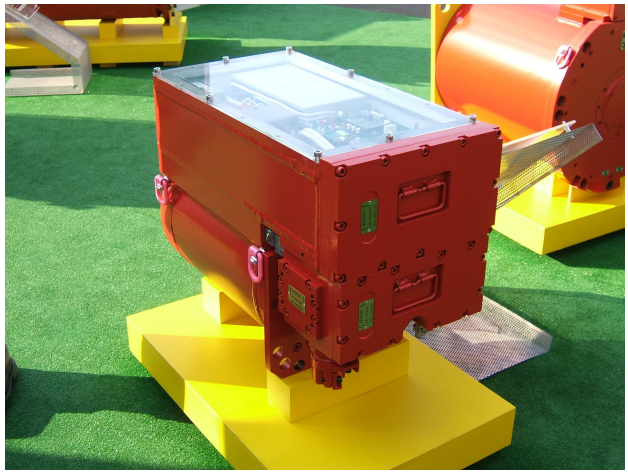
Wprowadzenie możliwości regulacji częstotliwości do 100 Hz do zasilania silników posuwu, pozwoliło na wyeliminowanie przekładni dwubiegowej w posuwie kombajnu. Przystosowanie silników posuwu do pracy z częstotliwością 100 Hz wymagało jednak wykonania wzmocnionych węzłów łożyskowych.

Z zagranicznych rozwiązań napędu posuwu kombajnu stosowanych w kraju wymienić należy kombajn ELECTRA LS, w którym zastosowano na kombajnie transformator firmy Brush o mocy 150 kVA i napięciu wtórnym 460 V, z którego zasilany jest silnik o mocy 75 kW do napędu pompy hydraulicznej oraz poprzez przemiennik znajdujący się na maszynie dwa silniki posuwu o mocy po 40 kW każdy. Transformator i przemiennik częstotliwości były chłodzone wodą.

W końcu lat 90-tych, w wyniku transformacji gospodarczych producenci maszyn górniczych zaczęli tworzyć własne biura konstrukcyjne, w których powstawały nowe rozwiązania kombajnów węglowych. W tym okresie KOMAG proponował napęd posuwu, w którym każdy silnik był sterowany z oddzielnego przemiennika częstotliwości, zasilanego napięciem 1000 V ze skrzyni aparatury elektrycznej. W kombajnach dużej mocy, w których silniki do napędu organów urabiających są zasilane napięciem 3,3 kV, zasilanie przemienników częstotliwości napięciem 1000 V nastąpiło poprzez wspólny przewód sześciożyłowy z aparatury zasilającej znajdującej się w chodniku przyścianowym.

Równocześnie prowadzono w KOMAG-u prace badawcze nad konstrukcją silnika zintegrowanego z przemiennikiem częstotliwości o mocy 45 kW.

W 2004 roku w ramach projektu celowego we współpracy z firmami ENEL Sp. z o.o. i ZRPME DAMEL opracowano i wykonano silnik zintegrowany z przemiennikiem częstotliwości, budowy przeciwwybuchowej, o mocy 60 kW i napięciu znamionowym 1000 V. Silnik SG3FB-200S-4A, dedykowany do napędu posuwu kombajnów ścianowych przedstawiono na rysunku 1.



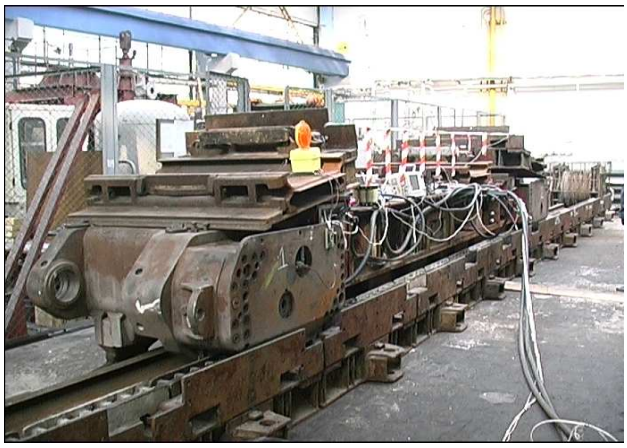
Rys.1. Silnik zintegrowany z przemiennikiem częstotliwości SG3FB-200S-4A [12]

Badania silnika na stanowisku w KOMAG-u oraz badania typu przeprowadzone w DAMEL-u potwierdziły słuszność przyjętych założeń oraz prawidłowość działania. Na podstawie zdobytych doświadczeń opracowano nowy system posuwu dla kombajnów ścianowych, polegający na zastosowaniu dwóch ciągników, w których zabudowano silniki na napięcie 1000 V zasilanych z przemiennika częstotliwości zintegrowanego z silnikiem. W 2007 roku na stanowisku badawczym KOMAG-u przeprowadzono badania nowego systemu posuwu na modelu kombajnu.

Celem badań było sprawdzenie poprawności działania oraz porównanie nowego rozwiązania napędu posuwu z dotychczasowym polegającym na zastosowaniu jednego wspólnego przemiennika częstotliwości do zasilania silników dwóch ciągników.

Badania przeprowadzono na układzie zbliżonym do rzeczywistego. Na stanowisku badawczym (rys. 2) posadowiono trasę przenośnika składającą się z 30 rynien, której konfiguracja odwzorowywała rzeczywisty stan w zakresie prostoliniowości trasy, przez odpowiednie usytuowanie rynien. Model odwzorowujący kombajn składał się z dwóch ciągników

połączonych mechanicznie, z zachowaniem rozstawu kół trakowych, jak w kombajnie. Model dociążono dodatkową masą 7,5 t, tak aby masa modelu odpowiadała masie kombajnu. Opory skrawania i tarcia odwzorowano z użyciem kołowrotu hydraulicznego.



Rys.2. Stanowisko badawcze w ITG KOMAG [12]

Wyniki prób potwierdziły słuszność koncepcji polegającej na zastosowaniu do każdego silnika posuwu niezależnego przemiennika częstotliwości sterowanego z mikroprocesorowego sterownika. Program badań oraz wyniki zostały opublikowane w literaturze [1].

2.2. Zasilanie kombajnów ścianowych podwyższonym napięciem

Konieczność zastosowania podwyższonego napięcia zasilania wynikała z coraz większych mocy instalowanych w kombajnach ścianowych. Stosowanie dwóch przewodów oponowych do zasilania silników organów urabiających i trzeciego do zasilania silników posuwu było rozwiązaniem tymczasowym. Występujące spadki napięć wynikające z rozruchu silników dużej mocy wymagały usytuowania kilku transformatorów o maksymalnej mocy 1000 kVA bezpośrednio w pobliżu ściany.

Wdrożenie podwyższonego napięcia zasilania do kompleksów ścianowych poprzedziły prace wykonane przez KOMAG w 1993 r. w zakresie analizy sieci elektroenergetycznej i ustalenia optymalnego poziomu napięcia zasilania, zostały opublikowane w literaturze [11]. Określono wymagania i wykonano projekt techniczny na napięcie 6 kV. Ostatnim etapem był dobór aparatury, przewodów i osprzętu przeznaczonych do pracy pod napięciem 6 kV. W 1994 r. na podstawie dokumentacji KOMAG-u, wykonano w ZM ZAMET w Tarnowskich Górach kombajn ścianowy KSE-1000. Kombajn był zasilany ze stacji transformatorowej firmy BRUSH typu TEK1534 o mocy 2700 kVA na napięcie 6/6,3 kV poprzez wyłącznik zabezpieczeniowy firmy SAIT MINING typu K5000; 6kV; 400 A i wyłącznik kombajnowy K5000 wyposażony w dwa styczniki z których jeden spełniał rolę zabezpieczeniowego, a drugi manewrowego. Zasilanie kombajnu odbywało się przewodem firmy SILEC typu HV-13x50+25+3x1,13/5 mm^2. Silniki napędu posuwu były zasilane napięciem 1000V z przemiennika częstotliwości firmy SIEMENS typu Simovert-P. Silnik pompy wodnej i hydraulicznej zasilany był z transformatora 6/1,05 kV o mocy 90 kVA zabudowanego na kombajnie. Organy kombajnu były napędzane silnikami typu SG7 o mocy 400 kW i napięciu 6 kV produkcji firmy DAMEL umieszczonymi w ramionach. Posuw kombajnu zapewniały dwa silniki elektryczne produkcji ZRPME DAMEL typu SGN-200S4-4A o mocy 60 kW i napięciu 500 V. Do napędu pompy hydraulicznej i wodnej zastosowano silnik produkcji ZRPME DAMEL typu SGN-200M-4 mocy 75 kW na napięcie 1000 V. Kombajn KSE-1000 wdrożono w kopalni „Ziemowit", gdzie po wybraniu dwóch ścian został wycofany z eksploatacji. W trakcie pracy nie uległy uszkodzeniu żadne z głównych elementów wyposażenia elektrycznego kombajnu jak: przewód oponowy, przemiennik częstotliwości, wyłączniki, transformator zasilający itp. W następnych latach z uwagi na brak produkcji krajowego kombajnu dużej mocy zaczęto instalować kombajny zagraniczne zasilane prądem o napięciu 3,3 kV. W związku z ciągłym zapotrzebowaniem na kombajny dużej mocy krajowi producenci, wzorem zagranicznych producentów, rozpoczęli produkcję kombajnów na napięcie 3,3 kV. W roku 2004 podjęto próbę ponownego wdrożenia systemu zasilania kombajnu prądem o napięciu 6 kV.

Zaplanowano lokalizację w ścianach 20, 5, 31 w pokładzie 405/3 KWK Knurów, gdzie w wyniku przeprowadzonych analiz technicznych i ekonomicznych uzasadnione było zastosowanie napięcia zasilania podwyższone do 6 kV. Ze względów ekonomicznych nie podjęto produkcji nowego typu kombajnu. Rozwiązanie dotychczasowe polegające na zasilaniu maszyn napięciem 3,3 kV staje się powoli rozwiązaniem niewystarczającym.

3. Innowacyjne rozwiązanie napędu w lokomotywach elektrycznych

W kopalniach, oprócz lokomotyw elektrycznych, zasilanych z sieci trakcyjnej, rozpowszechniono lokomotywy elektryczne akumulatorowe, które wykonane jako przeciwwybuchowe znalazły zastosowanie przede wszystkim na drogach przewozowych, gdzie występuje zagrożenie wybuchem metanu lub pyłu węglowego. Do napędu lokomotyw 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 ognioszczelnych obudowach.

Powszechnie stosowane w Polsce lokomotywy akumulatorowe to lokomotywy małe, typu Ldag 05M oraz Lea BM-12, w różnych wersjach wykonania, posiadające ten sam silnik i konstrukcję mechaniczną. Obecnie prowadzone są prace nad 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 obecnego stanu 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.

3.1. Innowacyjne rozwiązanie napędu i sterowania dla lokomotyw trakcyjnych

Prace naukowo-badawcze nad rozwojem lokomotyw trakcyjnych prowadzono już w ZKMPW, a następnie w EMAG-u. W latach 90-tych wdrożono układ tyrystorowy typu TUSDELK firmy ELSTA, umożliwiający dynamiczne hamowanie silnikiem.

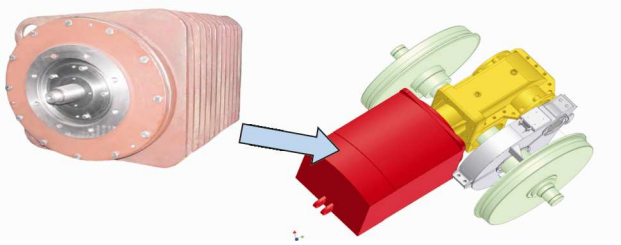
Lokomotywę trakcyjną Ld-31 modernizowano w KOMAG-u etapowo. W pierwszej kolejności zaprojektowano nowatorski system napędowy, polegający na zastosowaniu w miejsce dotychczasowych silników prądu stałego, bezszczotkowych silników z magnesami trwałymi, zasilanych z trakcji elektrycznej za pośrednictwem przekształtników energoelektronicznych.

Rys.3. Lokomotywa Ld-31EM podczas prób ruchowych w KGHM Polska Miedź S.A. [12]

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,
- 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.



Rys.4. Zespół napędowy z silnikiem z magnesami trwałymi PMPg-250L [7]

Napęd lokomotywy Ld-31EM składa się z dwóch zestawów kołowych (rys. 4), każdy napędzany silnikiem, zasilanym z przekształtnika energoelektronicznego. Zastosowany po raz pierwszy w lokomotywie trakcyjnej manipulator, w postaci joysticka (rys. 5), przeznaczony jest do sterowania prędkością lokomotywy i hamowania. Manipulator wyposażony jest w dwa przyciski. Pierwszy (usytuowany w górnej części) służy do nadawania sygnału ostrzegawczego. Drugi (usytuowany w środkowej części) spełnia rolę „czuwaka”.

Rys.5. Wnętrze lokomotywy Ld-31EM [7]

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.

Lokomotywa Ld-31EM testowana była w jednej z kopalń rud miedzi. W wyniku zdobytych doświadczeń przystąpiono do drugiego etapu modernizacji, który polegał na opracowaniu mikroprocesorowego systemu sterowania. 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 silniki napędowe są sterowane wektorowo. Sterownik centralny komunikuje się z ze sterownikami przekształtników energoelektronicznych, sterując prędkością i kierunkiem jazdy w obu napędach.

Na płycie czołowej pulpitu zabudowano: wyświetlacz (ekran) ciekłokrystaliczny (rys. 6), przyciski sterownicze, łączniki wyboru sterowania (lokalnego lub zdalnego), rodzaju sterowania (praca, holowanie, załadunek), podnoszenia i opuszczania pantografu oraz kierunku jazdy. Umieszczony na pulpicie przycisk do „jazdy wybiegiem” umożliwia opuszczenie odbieraka prądu i jazdę lokomotywy nagromadzoną energią kinetyczną. Umożliwia to 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 przedawaryjnych lub awarii, niezbędne informacje są wyświetlane w postaci komunikatów na ekranie pulpitu (rys. 6).

Rys.6. Widok ekranu pulpitu sterowniczego [7]

Ekran ciekłokrystaliczny umożliwia wyświetlanie: komunikatów tekstowych, parametrów pracy lokomotywy, ciśnienia w układzie odbieraka prądu, hamulca i zbiornika oraz wartości pobieranych prądów i temperatury silników oraz przekształtników. Ponadto wyświetlana jest aktualna wartość napięcia i pobór prądu z akumulatora pomocniczego. Zastosowanie ekranu ciekłokrystalicznego wysokiej rozdzielczości umożliwia, w bardzo dobry i wygodny sposób, obserwację i analizę aktualnych parametrów ruchowych lokomotywy.

Rys.7. Nowoczesny pulpit sterowniczy MPS-1 zabudowany w kabinie lokomotywy [7]

W pulpicie sterowniczym MPS-1 (rys. 7) mikroprocesor zapisuje w pamięci wszystkie parametry pracy, w tym pomiary, wartości zadane oraz stany wewnętrznych zmiennych, poszczególnych podsystemów.

Zastosowano również nowy system sterowania, który pozwala na zwiększenie możliwości monitorowania parametrów ruchowych lokomotywy, znaczne zredukowanie liczby przewodów elektrycznych oraz wyeliminowanie z układu skrzynek rozgałęźnych.

Zastosowanie w pulpicie mikroprocesora zapisującego w pamięci wszystkie parametry pracy, pozwala na wgląd w historię pracy lokomotywy.

Po modernizacji, lokomotywa została wdrożona w jednej z kopalń węgla kamiennego.

3.2. 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 stosuje się do przewozu ludzi, transportu urobku oraz materiałów związanych ze zbrojeniem, 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, zasilane 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.

Rys.8. Lokomotywa akumulatorowa Lea BM-12 [6]

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 (rys. 8), które stanowią zdecydowaną większość całego taboru w kopalniach.

Przed przystąpieniem do prac nad nowym rozwiązaniem napędu i sterowania lokomotywy akumulatorowej, przeprowadzono analizę stosowanych napędów w dotychczasowych rozwiązaniach krajowych i zagranicznych oraz konsultacje z użytkownikami w zakresie:

- poziomu napięcia zasilania oraz czasu pracy bez wymiany baterii,
- monitoringu i rejestracji parametrów pracy,
- systemu ładowania baterii,
- charakteru pracy (cyklów pracy) oraz konfiguracji tras transportowych,
- sposobu załadunku i wyładunku,
- przewożonych mas i maksymalnych prędkości.

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 i zwiększenie sprawności układu zasilania „przekształtnik-silnik" oraz maksymalne wykorzystanie energii hamowania elektrycznego do doładowania akumulatorów.

Z rozważań nad układem przeniesienia napędu wynika, że dotychczasowy układ, 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 obecnych wykonaniach brak jest monitoringu i rejestracji wszystkich istotnych parametrów pracy lokomotywy.

W ramach projektu badawczego koordynowanego przez KOMAG, przeprowadzono komputerowe badania symulacyjne, a następnie stanowiskowe, układów napędowych w wykonaniu przeciwwybuchowym, składających się z silnika i przekształtnika energoelektronicznego, zasilanych z baterii akumulatorów. Rozważano trzy warianty jednostek napędowych:

- z silnikiem szeregowym prądu stałego, sterowanym tranzystorami mocy,
- z silnikiem indukcyjnym prądu przemiennego, sterowanym wektorowo z przekształtnika energoelektronicznego,
- z bezszczotkowym silnikiem z magnesami trwałymi, sterowanym wektorowo z przekształtnika energoelektronicznego.

Decyzja o wyborze optymalnego układu napędowego zapadła po badaniach symulacyjnych i na stanowisku badawczym, odwzorowującym wybrany cykl pracy w jednej z kopalń. W wyniku przeprowadzonych badań stanowiskowych napęd z silnikiem bezszczotkowym z magnesami trwałymi osiągnął najwyższe sprawności w zakresie pracy lokomotywy tj. w przedziale 0,4-1,0 mocy znamionowej oraz najwyższe sprawności w czasie hamowania z oddawaniem energii do baterii akumulatorów. Rozwiązanie nowatorskie napędu w skali światowej, w postaci silnika z magnesami trwałymi w wykonaniu przeciwwybuchowym poddano próbom w lokomotywie Lea-12BM na torowisku jednej z kopalń. W wyniku pozytywnych wyników podjęto decyzję o wykonaniu

komercyjnym lokomotywy, w której obie jednostki napędowe będą zasilane z baterii akumulatorów o podwyższonej pojemności, lecz o napięciu na dotychczasowym poziomie tj. 144 V. Koncepcję rozwiązania napędu i sterowania przedstawiono na rysunku 9.

Aparatura elektryczna przystosowana będzie do pracy w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem metanu i pyłu węglowego oraz będzie dostosowana do istniejącej infrastruktury ładowni akumulatorów.

Koncepcję systemu sterowania oparto na dwóch identycznych, iskrobezpiecznych pulpitach, umieszczonych w kabinach obsługiwanych po uprawnieniu jednego z nich przez maszynistę. Pulpit wyposażony będzie w mikroprocesorowy sterownik spełniający funkcję sterownika centralnego oraz w wyświetlacz ciekłokrystaliczny o wysokiej rozdzielczości, przyciski sterownicze, łączniki wyboru sterowania i kierunku jazdy, stacyjkę oraz diody sygnalizacyjne.

Wyświetlacz ciekłokrystaliczny umożliwiać będzie wyświetlanie: komunikatów tekstowych, aktualnych parametrów jazdy, stanu baterii, pobieranych prądów przez silniki, ciśnienia w układzie hamulcowym oraz wybranego rodzaju świateł. Do sterowania prędkością oraz hamowaniem 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.

4. Koncepcja napędu i sterowania dla ciągników akumulatorowych

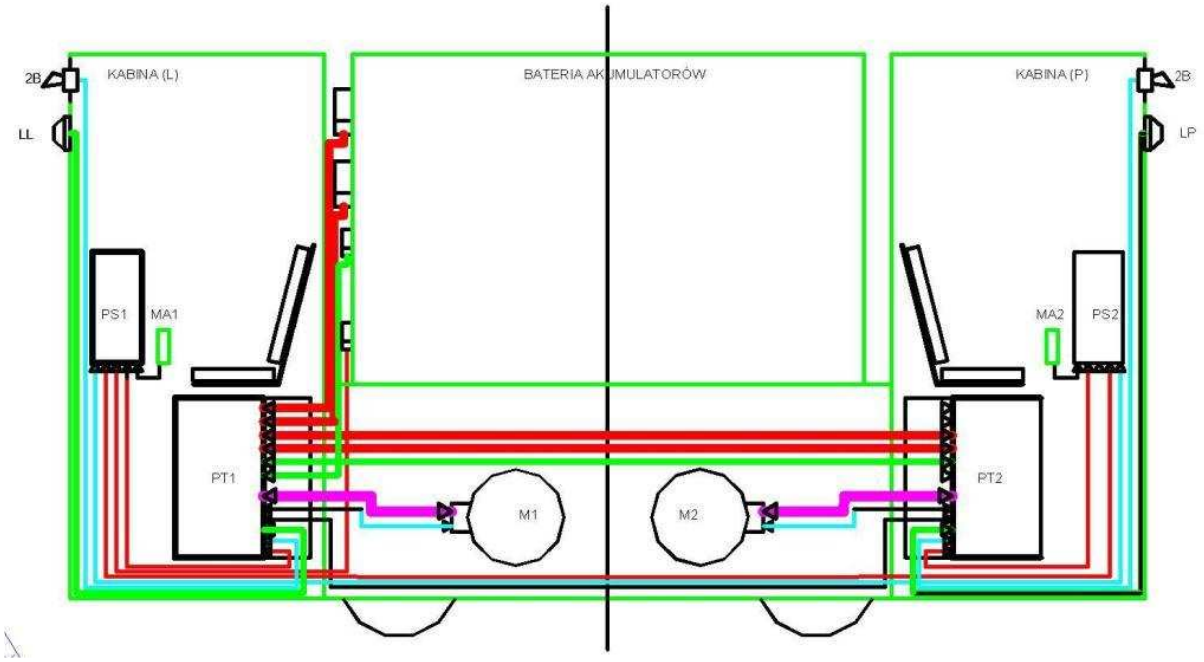
Rozwój ogniw elektrochemicznych w ostatnich latach, a w szczególności całej rodziny ogniw litowych o dużej pojemności charakteryzujących się najwyższym wskaźnikiem gęstości energii, stworzył możliwość zastosowania baterii zestawionej z tych ogniw do zasilania silników elektrycznych ciągników podwieszonych. W KOMAG-u, w roku 2011 powstało nowatorskie, na skalę światową, rozwiązanie zasilania i sterowania akumulatorowych ciągników podwieszonych typu PCA-1 i GAD-1 wyposażonych w ogniwa litowe nowej generacji.

4.1. Innowacyjne rozwiązanie napędu i sterowania ciągnika manewrowego PCA-1

Ciągnik manewrowy PCA-1 (rys. 10) jest nowoczesnym rozwiązaniem, polegającym na zastosowaniu baterii akumulatorów nowej generacji, jako źródła energii dla silników napędowych samohamownych w wykonaniu przeciwwybuchowym.

Układ zasilania i sterowania zaprojektowano w sposób umożliwiający doładowanie baterii akumulatorowych w czasie postoju, na stacjach załadunkowych, za pośrednictwem ogólnodostępnych i stosowanych do oświetlenia ognioszczelnych zespołów transformatorowych.

Za pośrednictwem przekształtnika energoelektronicznego (falownika) następuje zamiana prądu stałego



Rys.9. Koncepcja napędu i sterowania lokomotywy Lea BM-12 [6]

na trójfazowy przemienny o częstotliwości i napięciu regulowanym.

Rys.10. Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1 [12]

Zastosowanie mikroprocesorowego sterowania wektorem momentu w czterech ćwiartkach układu *moment-prędkość*, umożliwia pracę z rekuperacją energii w czasie hamowania elektrycznego, znacznie poprawiając sprawność całego ciągnika, co w przypadku napędów akumulatorowych jest bardzo dużą zaletą. W trakcie postoju wyłączone jest zasilanie silników napędowych, a rolę hamulca pełni hamulec elektromagnetyczny zabudowany w silniku elektrycznym.

Zmiana prędkości jazdy oraz hamowanie manewrowe w ciągniku realizowane jest przez zmianę prędkości obrotowej silnika uzyskaną przez odpowiednie wysterowanie falownika. Konstrukcja ciągnika umożliwia elastyczne dostosowanie do wymagań użytkowników, między innymi poprzez współpracę z zestawem transportowym z wciągnikami z napędem ręcznym lub z belką z dwoma wciągnikami z napędem elektrycznym EWŁ-3.

4.2. Innowacyjne rozwiązanie napędu i sterowania ciągnika GAD-1

W rozwiązaniu GAD-1, zastosowano wiele innowacyjnych rozwiązań z zakresu: silników elektrycznych z magnesami trwałymi, ogniw akumulatorowych, energoelektroniki, układu sterowania oraz układów mechanicznych. Jedną z cech ciągnika jest zdolność dynamicznej zmiany systemu napędowego z ciernego na zębatkowy lub odwrotnie.

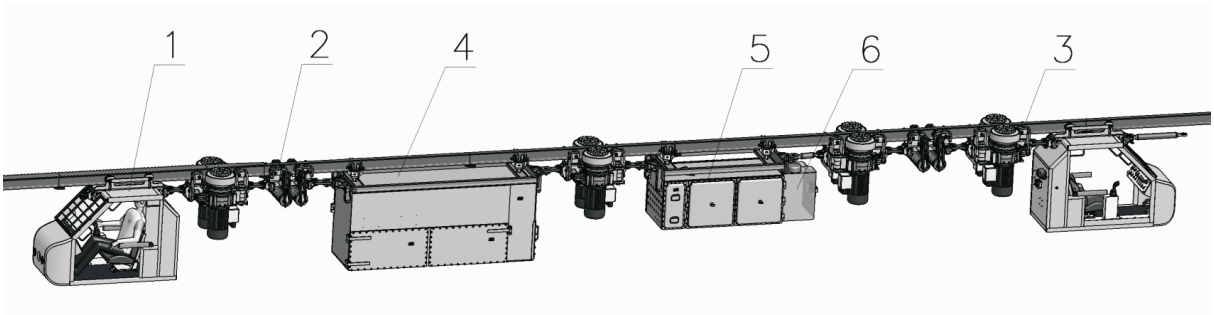
Ogólną budowę ciągnika pokazano na rysunku 11.

Ciągnik GAD-1 składa się z dwóch kabin operatora (1), dwóch podwójnych zespołów hamulcowych (2), czterech wózków napędowych (3), modułu baterii akumulatorów (4), modułu z aparaturą energoelektroniczną i układem sterowania (5), zespołu hydraulicznego do zasilania wózków hamulcowych oraz obsługi belek transportowych (6).

Źródłem zasilania silników wózków napędowych ciągnika jest bateria akumulatorów o napięciu 265 V DC, składająca się z czterech zespołów ogniw litowych o pojemności 150 Ah. Każdy zespół stanowi źródło zasilania dla napędu jednego wózka. Z zespołu czwartego zasilany jest dodatkowo silnik indukcyjny pompy hydraulicznej. Energia z zespołów baterii poprzez złącza ognioszczelne, przewodami dostarczona jest do modułu zasilania, w którym za pośrednictwem ośmiu falowników, uzyskuje się napięcie 3-fazowe o regulowanej częstotliwości i amplitudzie, zasilające osiem bezszczotkowych silników z magnesami trwałymi oraz z dziewiątego falownika o napięciu 188 V i częstotliwości 50 Hz, służącego do zasilania silnika indukcyjnego pompy hydraulicznej. Podczas hamowania silniki generują energię, która poprzez te same falowniki trafia do zespołu ogniw. Układ sterowania czuwa nad tym, aby akumulatory zawsze posiadały zapas pojemności pozwalający na zwrot energii z hamowania.

Urządzenia sterownicze i układy zabezpieczeń znajdujące się w osłonach ognioszczelnych zasilane są napięciem pomocniczym 24 V DC. Urządzenia iskrobezpieczne jak lampy z oświetleniem diodowym, pulpity, rozdzielacze elektrohydrauliczne oraz sygnalizacja ostrzegawcza zasilane są napięciem 12 V DC.

Sterowanie ciągnikiem odbywa się z pulpitu, który uruchomiany jest przez operatora kluczykiem umieszczonym w stacyjce. Układ sterowania ciągnika posiada strukturę rozproszoną, połączoną szeregową cyfrową magistralą CAN.



Rys.11. Widok ogólny ciągnika GAD-1 [10]

Charakteryzuje się ona dużą odpornością na zakłócenia i niezawodnością, co uzyskuje się przez nadawanie danych w postaci napięciowego sygnału różnicowego oraz sprzętowej obsłudze protokołu i kontroli błędów. Magistrale takie są powszechnie stosowane w samochodach, a obecnie coraz częściej znajdują zastosowanie w maszynach górniczych. W systemie zaimplementowany zostanie protokół komunikacyjny CanOpen, którego zaletą jest unifikacja magistrali. Daje to możliwość łączenia podzespołów różnych producentów oraz umożliwia przyłączenie aplikacji przeznaczonej do diagnozowania i konfigurowania magistrali CAN.

Zarządzanie rozdziałem mocy w różnych fazach ruchu (rozruch, jazda ze zmiennym obciążeniem, chwilowe przeciążenia, hamowanie z rekuperacją energii) i w warunkach zmiennego stanu naładowania baterii, wymaga zastosowania wektorowych technik sterowania wielosilnikowym układem napędowym oraz właściwego doboru parametrów komponentów, jak również opracowania algorytmów bezpieczeństwa w maszynie górniczej przeznaczonej do pracy w warunkach zagrożeń skojarzonych (zagrożenie wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego, pożarowe, wodne).

Zasadniczym wyzwaniem w aspekcie układu sterowania było rozwiązanie problemu, związanego z sekwencyjną zmianą trybu napędowego z ciernego na zębaty i odwrotnie, kolejno, przez poszczególne wózki. Każdy z wózków napędowych wyposażono w uchylne ramię, połączone z układem elektrycznym, współpracujące z dwoma znacznikami umieszczonymi na trasie w miejscu zmiany systemu napędowego. Podczas przejazdu układ sterowania otrzymuje dwa sygnały, które uruchamiają odpowiednie procedury mające swoje przełożenie na układ hydrauliczny oraz układ energoelektroniczny. Następuje przesterowanie rozdzielaczy elektrohydraulicznych oraz dopasowanie prędkości obrotowych w silnikach poszczególnych wózków, aż do chwili zakończenia procedury zmiany systemu napędowego.

5. Podsumowanie

Koncepcja KOMAG-u polegająca na zastosowaniu do każdego silnika posuwu w kombajnach ścianowych niezależnego przemiennika częstotliwości sterowanego z mikroprocesorowego sterownika, została przez niektórych producentów wykorzystana w nowych rozwiązaniach kombajnów.

Wzrost efektywności wydobycia wiąże się z koniecznością podnoszenia mocy zainstalowanych w kombajnach. W niedalekiej przyszłości należy zatem oczekiwać podniesienia napięcia zasilania do poziomu 6 kV.

Rozwój energoelektroniki oraz układów mikroprocesorowych pozwala na modernizację maszyn 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, co staje się przyczyną awarii. Rozwój nowej generacji akumulatorów litowych o dużej pojemności, pozwala na konstruowanie ciągników podwieszonych będących alternatywą dla ciągników spalinowych charakteryzujących się niską sprawnością energetyczną, emisją hałasu, ciepła oraz toksycznych spalin do atmosfery kopalnianej.

Literatura

1. Budzyński Z., Deja P.: Badania stanowiskowe systemu posuwu kombajnu z dwoma silnikami zintegrowanymi z przemiennikami częstotliwości. Maszyny elektryczne. Zeszyty problemowe 2007, nr 76.
2. Budzyński Z., Deja P., Kaczmarczyk K., Suffner H., Pawlicki D.: Kopalniana lokomotywa trakcyjna napędzana nowoczesnymi silnikami z magnesami trwałymi. W: Innowacyjne i bezpieczne maszyny i urządzenia dla górnictwa węgla kamiennego. KOMTECH 2007. CMG KOMAG, Gliwice 2007.
3. Budzyński Z., Deja P.: Nowe rozwiązanie sterowania lokomotywy trakcyjnej Ld-31EM. W: Nowoczesne, niezawodne i bezpieczne systemy mechanizacyjne dla górnictwa. KOMTECH 2008. CMG KOMAG, Gliwice 2008.
4. Gierlotka S.: Rozwój napędu trakcji elektrycznej w kopalniach. Przegląd Górniczy. 2005 nr 2. s 44-48.
5. Hefczyc M., Daniłow J.: Lokomotywy kopalniane ognioszczelne akumulatorowe. Nowe rozwiązania układów sterowania napędem. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa. 1994 nr 10 (292).
6. Budzyński Z., Polnik B.: Mechatroniczny układ sterowania i napędu akumulatorowych kolei szynowych przeznaczonych do pracy w atmosferze wybuchowej. Maszyny Górnicze 2011, nr 2 s. 45-51.
7. Budzyński Z.: Innowacyjne rozwiązania układów sterowania i napędów lokomotyw elektrycznych kopalnianych kolei szynowych. Maszyny Górnicze 2010 nr 3-4.
8. Budzyński Z., Czerniak D., Drwięga A., Polnik B., Skupień K.: Akumulatorowy ciągnik podwieszany

GAD-1 jako alternatywa rozwiązań z napędem spalinowym. W: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność – Niezawodność. KOMTECH 2011. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011 s. 77-84.

9. Budzyński Z., Dobrzaniecki P., Heliński M., Kaczmarczyk K., Polnik B., Suffner H.: Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1 kierunkiem rozwoju nowoczesnych urządzeń transportowych. W: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność – Niezawodność. KOMTECH 2011. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011 s. 253-260.
10. Budzyński Z., Drwięga A., Kaczmarczyk K., Pieczora E.: Nowe rozwiązania urządzeń transportowych z napędem akumulatorowym. W: Materiały XXI Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2012, Kraków, 20-24 lutego 2012 s. 444-454.
11. Miastkowska B., Sendrowicz-Muzyka Z., Szczurek A.: Analiza sieci elektroenergetycznych w celu ustalenia poziomu podwyższenia napięcia zasilania 3,3 lub 6 kV. Maszyny Górnicze 1993, nr 43.
12. Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG.

Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2013 r.

Dr inż. Dariusz PROSTAŃSKI
Mgr inż. Marek JEDZINIAK
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Rozwój systemów zwalczania zagrożeń pyłowych

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

W artykule przedstawiono rozwój opracowanych w ITG KOMAG (d. Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG) urządzeń zraszających i odpylających, jakie opracowano na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat w KOMAG-u. Omówiono ich budowę i zasadę działania, podkreślono innowacyjny charakter rozwiązań. Zwrócono uwagę na prace związane z normalizacją urządzeń zwalczających zagrożenia pyłowe.

S u m m a r y

Spraying and dust control equipment developed at KOMAG Institute within last decades are presented. Design and principle of operation of the equipment are discussed and innovative character of the solutions is emphasized. The attention is paid to work associated with standardization of equipment for control of dust hazards.

1. Wprowadzenie

Eksploatacja pokładów węgla kamiennego stosowanymi współcześnie technologiami skutkuje generowaniem pyłu kamiennego wpływającego negatywnie na stan zdrowia górników oraz węglowego, stanowiącego zagrożenie jego wybuchem. Głównymi źródłami zapylenia są: urabianie węgla w ścianie, w tym przesuwanie sekcji obudowy oraz drążenie wyrobisk chodnikowych kombajnami i metodą strzałową, jak również procesy transportu i kruszenia urobku.

Instytut Techniki Górniczej KOMAG (d. Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG) od szeregu lat prowadzi prace badawcze dotyczące systemów zwalczania zapylenia, przewietrzania i odpylania wyrobisk, a w szczególności opracowuje rozwiązania: urządzeń zraszających, odpylających, lutni wirowych, wentylatorów lutniowych oraz urządzeń pomocniczych, 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.

W wyrobiskach korytarzowych drążonych kombajnami chodnikowymi stosowane są układy przewietrzania i odpylania, zapewniające odpowiedni skład powietrza oraz neutralizację zagrożeń metanowych i pyłowych. Zasady zabudowy poszczególnych układów oraz ich wymagania określono w rozporządzeniu Ministra Gospodarki [18].

W przodkach chodnikowych i ścianowych oraz na drogach transportu urobku i na przesypach przenośników stosuje się układy zraszania, dążąc do redukcji zapylenia.

2. Systemy przewietrzania ślepych wyrobisk korytarzowych

Podstawowym zadaniem systemu przewietrzania ślepego wyrobiska korytarzowego jest wymuszenie przepływu powietrza w jego przestrzeni 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, co powoduje 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.

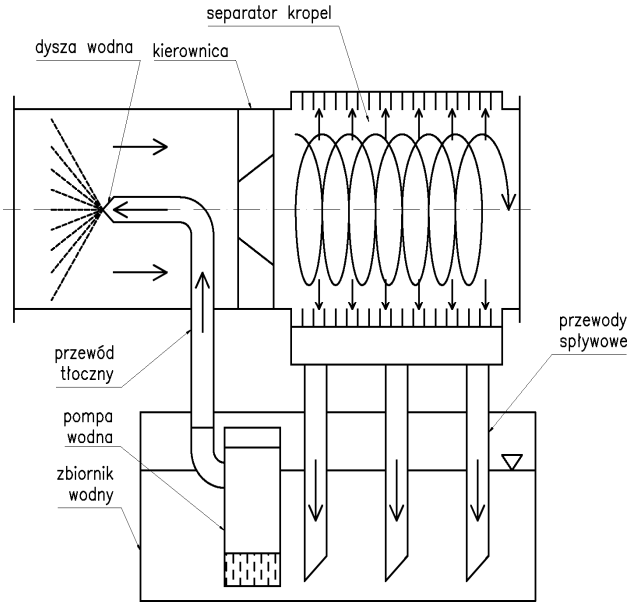
Z uwagi na konieczność oczyszczania powietrza z pyłu powstającego w czasie pracy kombajnu chodnikowego, w wariancie wentylacji tłoczącej, w strefie przodkowej zabudowuje się krótki odcinek odrębnego lutniociągu ssącego, zakończonego urządzeniem odpylającym i wentylatorem lutniowym. Taki wariant nosi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

W celu sprawdzenia skuteczności przewietrzania w określonych miejscach wyrobiska przeprowadza się pomiary zawartości metanu.

2.1. Urządzenia odpylające

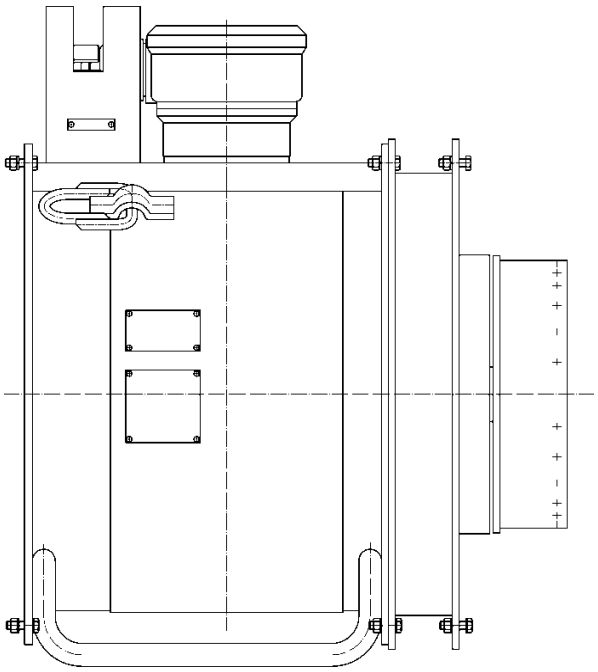
Ze względu na konieczność neutralizacji wybuchowych właściwości mieszaniny pyłu węglowego z powietrzem, do odpylania powietrza w wyrobiskach stosowane są, w większości przypadków, mokre urządzenia odpylające. Zastosowanie suchych urządzeń odpylających, których zasada działania oparta jest na filtracji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

Zasadę działania mokrych urządzeń odpylających oparto o realizację sekwencji dwóch zasadniczych procesów cząstkowych, tj. kontaktu pyłu z wodą oraz separacji zawiesiny pyłowo-wodnej od strugi powietrza. Schematycznie budowę i zasadę działania urządzenia odpylającego typu mokrego przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Budowa i zasada działania urządzenia odpylającego mokrego [4]

Kontakt pyłu z rozpylonym strumieniem wody może być realizowany za pomocą dysz stałych lub dyszy wirowej. Dysze stałe rozpylają wodę, tworząc kurtynę wodną, w kontakcie z którą cząstki stałe ulegają absorpcji wewnątrz kropel wody. Efektywność działania dyszy wodnej jest uzależniona od energii, jaką posiadają wypływające z niej krople wody, wynikającej z ciśnienia wytwarzanego przez pompę dozującą wodę do dyszy. Znacznie lepszy efekt uzyskuje się za pomocą dyszy wirowej (rys. 2), gdzie ruch obrotowy wirnika nadaje kroplom wody wysoką energię kinetyczną.



Rys.2. Dysza wirowa [4]

Działanie dyszy wirowej polega na wytworzeniu kurtyny wodnej w celu skutecznego łączenia się cząstek pyłu z kroplami wody, poprzez rozpylanie jej przy użyciu wirnika. Woda jest natryskiwana na tarczę wirnika za pomocą rozdzielacza wody. Wskutek obrotów wirnika woda migruje, pod wpływem działania siły odśrodkowej, w kierunku pobocznicy wirnika i wydostaje się otworami w pobocznicy, tworząc na zewnątrz wirnika kurtynę wodną złożoną z kropel o wysokiej energii kinetycznej, ułatwiającej kontakt cząstek pyłu z wodą.

Proces separacji kropel wody zanieczyszczonej pyłem ze strugi powietrza realizuje się za pomocą odśrodkowego oddzielacza bezwładnościowego, składającego się z kierownicy powodującej zawirowanie strugi oraz jednego lub dwóch odkraplaczy, wyposażonych w żebra umiejscowione wzdłuż ścianek bocznych odkraplaczy. W strudze powietrza zawirowanej na kierownicy powstaje siła odśrodkowa, która kieruje krople wody na ścianki odkraplaczy. Krople wpadają w przestrzeń między dwoma kolejnymi żebrami i osadzają się na ściance odkraplacza, po której spływają do koryta w dolnej części zespołu, a stamtąd do zbiornika wodnego. Oczyszczone w ten sposób powietrze wypływa z urządzenia.

2.2. Rozwój chodnikowych instalacji odpylających

Rozwój konstrukcji urządzeń odpylających oparto o konstrukcje poziomych cyklonów [6], które zabudowywano w instalacjach składających się z:

- układu odsysająco – odpylającego,
- układu wodnego,
- tłumików hałasu,
- konstrukcji wsporczej lub układu podwieszenia.

Cyklony były instalowane zarówno w układach stacjonarnych, jak i w mobilnych, umożliwiających przemieszczanie za kombajnem chodnikowym w miarę postępu przodka.

Przykładową zabudowę instalacji opartej o cyklon GCP-500/1, przemieszczanego w chodniku drążonym kombajnem chodnikowym AM-50 przy wentylacji tłoczącej, przedstawiono na rysunku 3.

Od lat osiemdziesiątych XX wieku powszechnie eksploatowano instalacje odpylające chodnikowe typu IO.

W skład instalacji IO wchodziły:

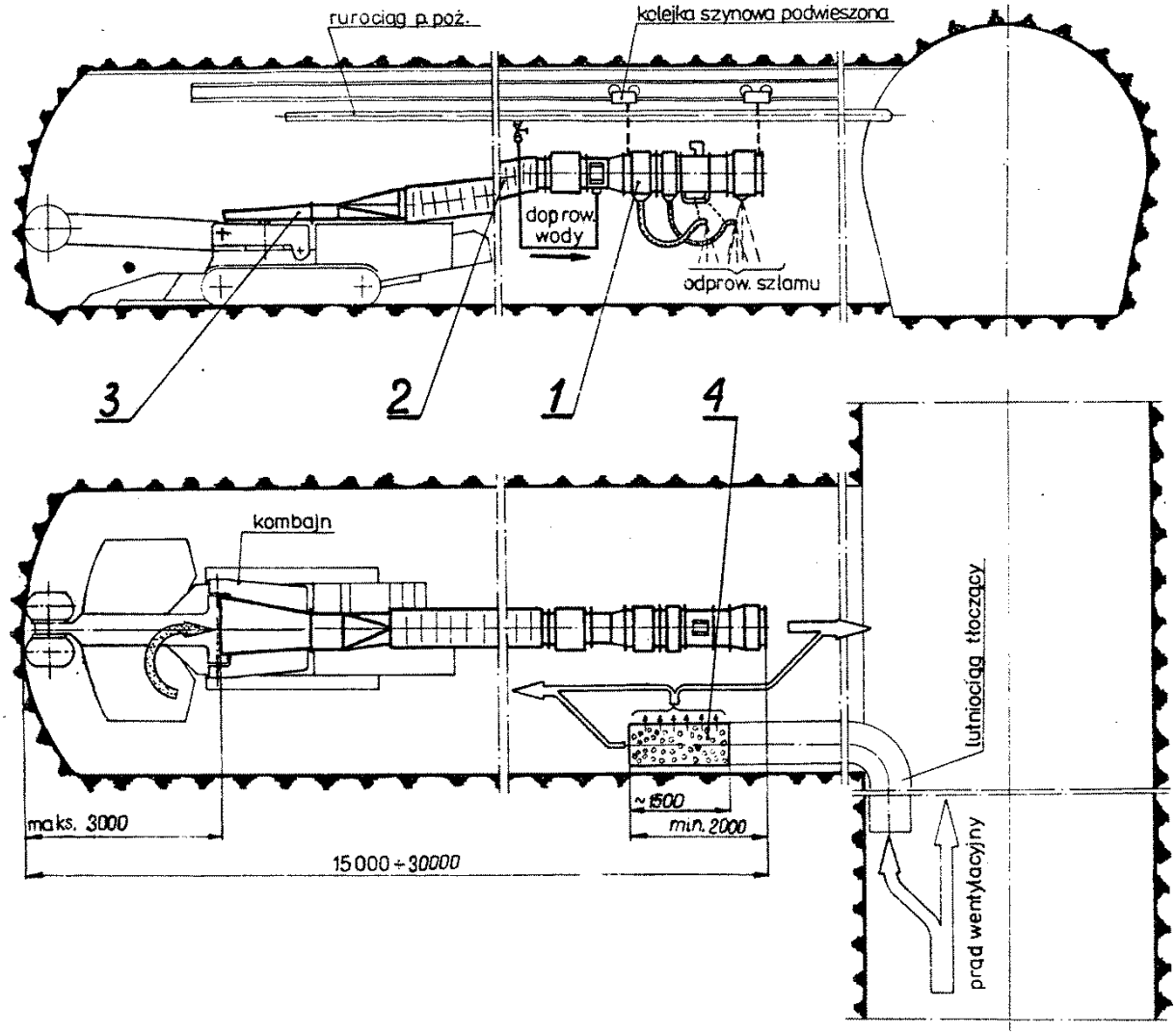
- odpylacz z wentylatorem,
- człony pośrednie i zwężki,
- ssawy mocowane do kombajnu,
- zbiornik z zaworem pływakowym,
- pompa obiegowa P-1BA,
- lutnie elastyczne.

Instalacje montowane były na kombajnie oraz podawarce i przemieszczane były za kombajnem w miarę postępu przodka. Obieg wodny następował w układzie zamkniętym, z częściowym odprowadzaniem zanieczyszczonej wody na przenośnik. Instalacje pracowały w zakresie wydajności od 150 do 410 m^3/min.

Przykładową budowę instalacji odpylającej IO-500Ch pokazano na rysunku 4.

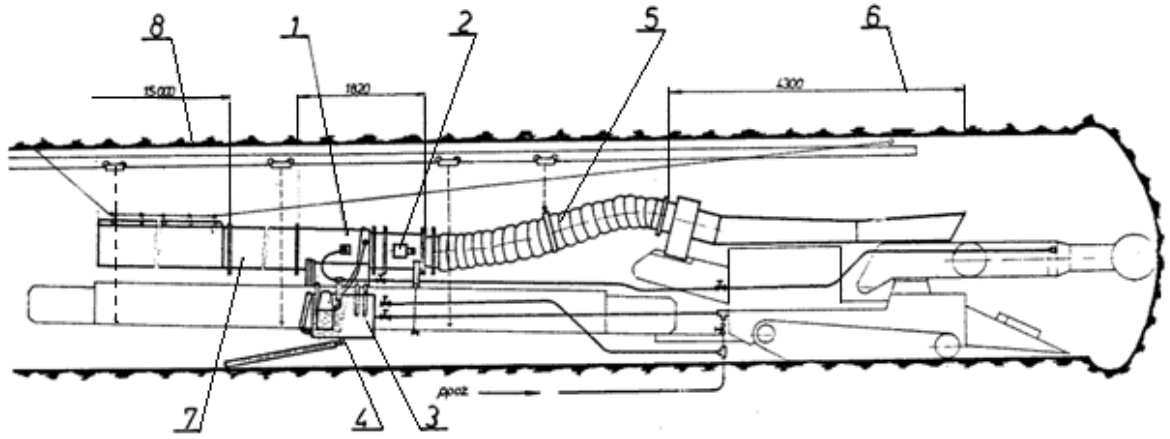
Instalacje IO były również produkowane w wersjach umożliwiających zabudowę stacjonarną, np. w zakładach przeróbki mechanicznej węgla lub na przesypach ciągów przenośników. Przykład takiej aplikacji pokazano na rysunku 5.

Doświadczenia uzyskane poczas eksploatacji ww. instalacji umożliwiły specjalistom KOMAG-u opracowanie nowych konstrukcji urządzeń odpylających, stosowanych obecnie w górnictwie krajowym.

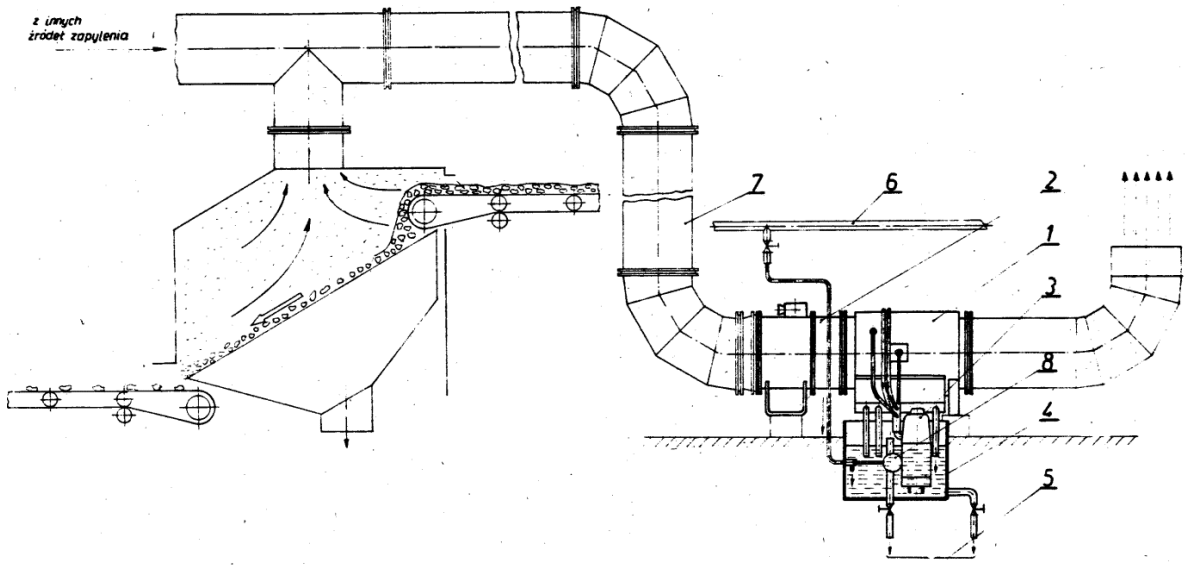


Rys.3. Schemat zabudowy cyklonu poziomego GCP-500/1 w wyrobisku drążonym kombajnem AM-50 z wentylacją tłoczącą; *1 - cyklon GCP-500/1, 2 – przewód elastyczny, 3 – ssawa, 4 – lutnia perforowana [6]*

2.3. Wdrożone aktualnie rozwiązania urządzeń



Rys.4. Instalacja odpylająca chodnikowa IO-500Ch: *1 – odpylacz, 2 – wentylator, 3 – zespół zbiornika, 4 – pompa wodna, 5 – przewód elastyczny, 6 – ssawa, 7 – lutnia ∅600, 8 – lutnia antystatyczna* [6]



Rys.5. Schemat zabudowy instalacji odpylającej IO w zakładzie przeróbczym węgla: *1 – odpylacz, 2 – wentylator, 3 – pompa, 4 – zbiornik, 5 – odprowadzenie do osadnika, 6 – rurociąg wodny, 7 – lutniociąg ssący, 8 – zawór*

odpylających

Stosowane na rynku urządzenia odpylające różnią się konstrukcją. Spośród opracowanych i wprowadzonych w ostatnich latach na rynek konstrukcji można wyróżnić:

- urządzenia odpylające typu UO,
- urządzenia LDCU,
- urządzenie DCU,
- urządzenie DRU.

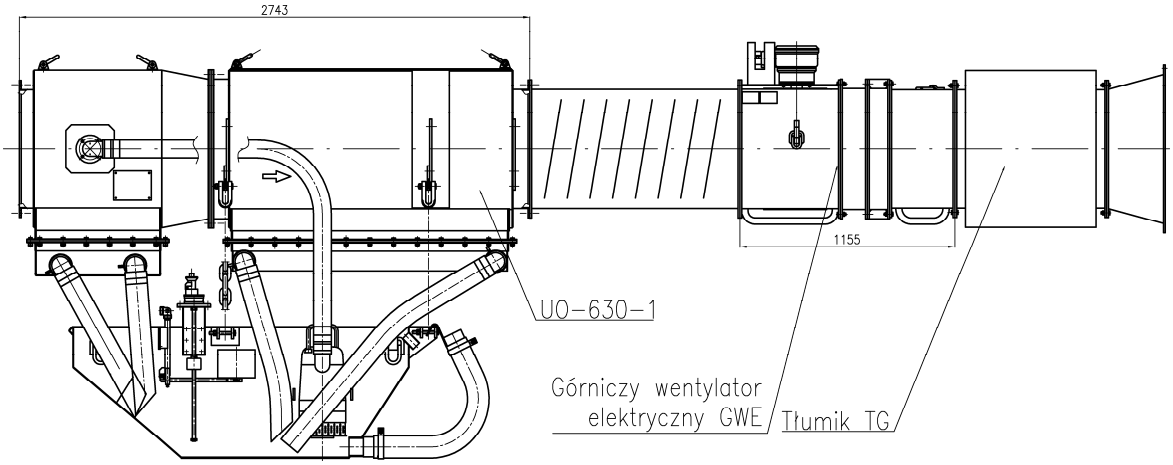
Urządzenia odpylające typu UO [3, 4] produkowane są w dwóch zasadniczych wielkościach: 630 (rys. 6) i 1000 mm. Wykorzystują one natrysk wody, za pomocą dysz stałych, bądź dyszy wirowej oraz układ odkraplania zbudowany z kierownicy zawirowującej strugę i odkraplaczy z żebrami.

W skład urządzeń wchodzi komora zraszania, w której umieszczone są dysze wodne, kierownica z łopatkami stałymi oraz odkraplaczy. Obieg wodny w urządzeniu tworzą: zbiornik wodny, przewody tłoczne, przewody spływowe i pompa obiegowa.

W tabeli 1 przedstawiono parametry techniczne urządzeń odpylających tupu UO-630.

Wdrożono również urządzenie odpylające typu mokrego DCU-600C/260-320 [2] (rys. 7) dla trzech zakresów wydajności: 260, 280 i 320 m^3/min. Urządzenie to przeznaczone jest wyłącznie dla wentylacji kombinowanej. Jego całkowita skuteczność odpylania wynosi od 97 do 99%. Technologia odpylania stosowana w tym urządzeniu wymagała zastosowania zespołu napędowego, którego parametry wydajnościowe uzyskano poprzez zastosowanie

odpowiedniego wirnika osadzonego na wale silnika zespołu napędowego o mocy 37 kW.

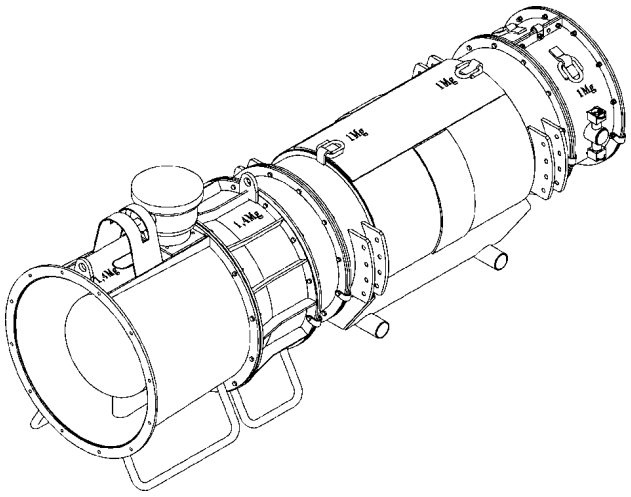


Rys.6. Urządzenie odpylające UO-630 współpracujące z górniczym wentylatorem elektrycznym typu GWE wyposażonym w tłumik TG [4]

Parametry techniczne urządzeń odpylających UO [4]

Tabela 1

Parametr	UO-630-1	UO-630-2	UO-1000
Średnica nominalna komory zraszania i odkraplacza	630 mm	800 mm	1000 mm
Zakres wydajności:	200-400 m^3/min	250-450 m^3/min	400-800 m^3/min
Zużycie wody:	1 - 10 dm^3/min	1 – 10 dm^3/min	1- 15 dm^3/min
Skuteczność odpylania*	98,4 – 99,5%	98,4 – 99,5%	97,4 – 99,7%
Opory przepływu przy wydajności 300m^3/min	ok. 1500 Pa	ok. 1420 Pa	ok. 1500 Pa



Rys.7. Urządzenie odpylające DCU-600C [2]

Parametry urządzenia odpylającego DCU-600C przedstawiono w tabeli 2.

Do innych wdrożonych urządzeń odpylających można zaliczyć odpylacz DRU-400, którego zasada działania jest podobna do urządzenia typu UO (bez dyszy wirowej), z tą różnicą, że zawirowanie strugi odbywa się na dwóch kierownicach stałych, co pozwala uzyskać wysokie skuteczności odpylania – do 99%, wyłącznie przy wykorzystaniu stałych dysz wodnych.

Parametry techniczne urządzenia odpylającego DCU [2]

Tabela 2

Nominalne natężenie przepływu powietrza	260÷320 m^3/min
Zużycie wody	5÷15 dm^3/min
Minimalne ciśnienie wody	0,1 MPa
Moc silnika zespołu napędowego	37 kW
Typ silnika	dSOKg 200L2B-E
Moc silnika pompy wodnej	2,2 kW
Typ pompy	P-1BA
Znamionowe napięcie zasilania	500 lub 1000 V
Typ czujnika poziomu cieczy	CP-2d/1-a
Skuteczność odpylania:	97,7÷98,5

Dostępne są również urządzenia odpylające LDCU-630 i LDCU-800, o zakresie wydajności od 280 do 520 m^3/min i całkowitej skuteczności odpylania osiągającej poziom 99%. Urządzenia te wykorzystują stałe dysze wodne oraz labiryntowy przepływ strugi zapylonego powietrza, w którym, na skutek częstych zmian kierunku przepływu powietrza, następuje wytracanie pędu cząstek stałych oraz kropel wody

zawierających pył i ich wstępna separacja (końcowe oddzielenia odbywa się analogicznie jak w poprzednio opisanych konstrukcjach). Negatywną cechą tych urządzeń są stosunkowo wysokie opory przepływu – powyżej 2000 Pa.

Przeprowadzona w 2011 roku analiza [5] wykazała, że w kopalniach Kompanii Węglowej S.A. stosowano:

- jedno urządzenie odpylające typu DRU-400,
- trzy urządzenia odpylające typu IO-600,
- 31 urządzeń odpylających typu UO-630,
- 20 urządzeń odpylających typu DCU-600C.

Urządzenia te współpracowały z wentylatorami lutniowymi typu WLE oraz lutniami wirowymi typu WIR, VV lub VT.

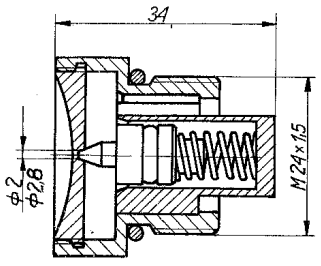
3. Urządzenia zraszające do zwalczania zapylenia konstrukcji KOMAG

3.1. Urządzenia zraszające

W ITG KOMAG od szeregu lat opracowywano i wdrażano liczne rozwiązania urządzeń zraszających i odpylających przeznaczonych do neutralizacji zagrożeń pyłowych. Rozwój mechanizacji wydobycia wymagał stałego wprowadzania nowych środków technicznych zapewniających bezpieczeństwo w świetle zapobieżenia wybuchowi pyłu.

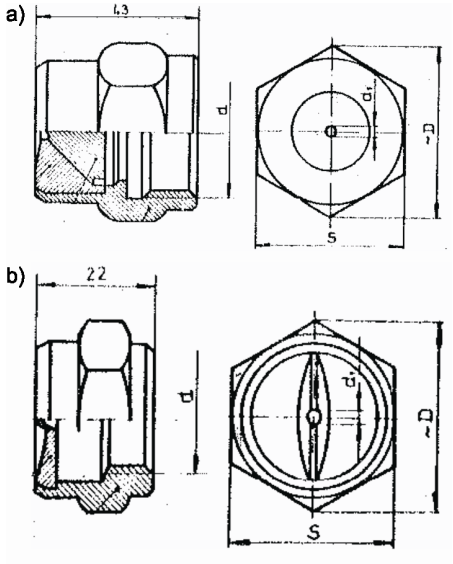
Zaprojektowane zostały urządzenia zraszające, począwszy od dysz zraszających, a skończywszy na systemach zwalczania zapylenia. Opracowano szereg konstrukcji dysz zraszających przeznaczonych do różnych zastosowań.

Dysze zraszające DPZ (rys. 8) przeznaczone są do stosowania w urządzeniach zraszających na drogach odstawy urobku. Charakteryzują się niską odpornością na uszkodzenia mechaniczne i są zasilane wodą o ciśnieniu od 0,4 do 3,0 MPa, przy natężeniu przepływu wynoszącym od 3,0 do 18 dm^3/min. Dysze rozpylają wodę w postaci płaskiego strumienia o kącie strugi od 15^0 do 80^0, a skuteczny zasięg strugi wynosi od 6,5 do 8,5 m [6].



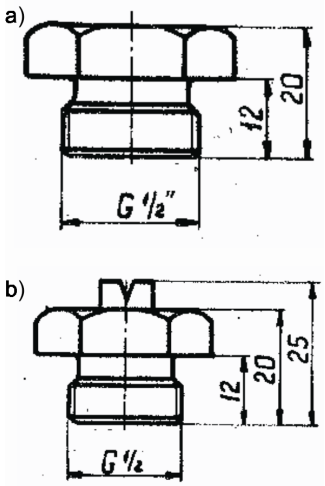
Rys.8. Dysza DPZ [6]

Wodne dysze zraszające (rys. 9) DS o strumieniu stożkowym i DP o strumieniu płaskim służą również do redukcji zapylenia na drogach odstawy urobku. Ich budowa jest bardziej odporna na uszkodzenia mechaniczne. Dysze zasilane są wodą o ciśnieniu od 0,2 do 1,6 MPa przy natężeniu przepływu od 3 do 16 dm^3/min. Dysze DS wytwarzają strumień w kształcie stożka o kącie od 95^0 do 100^0 i zasięgu 1,5 do 1,8 m, a dysze DP wytwarzają płaski strumień o kącie od 110^0 do 120^0 i zasięgu 2,0 do 2,5 m [6].



Rys.9. *a) dysza DS: b) dysza DP* [6]

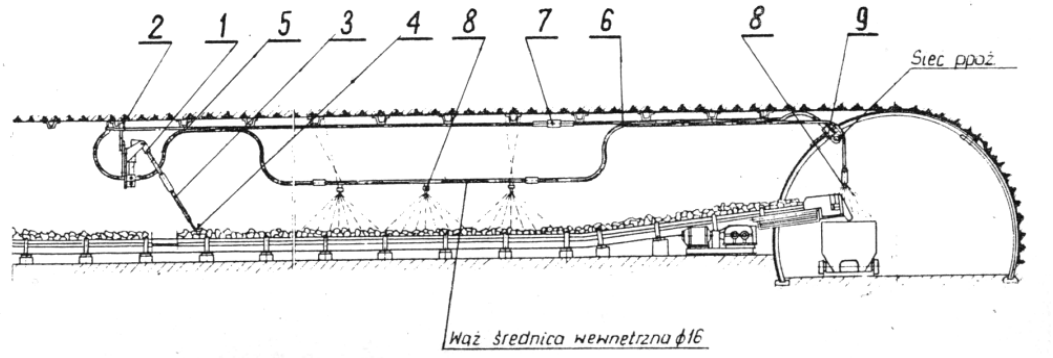
Typoszereg dysz zraszających typu S i typu P (rys. 10) opracowano jako zamiennik dysz typu DS i DP, o podwyższonych parametrach hydraulicznych i wytrzymałościowych [6].



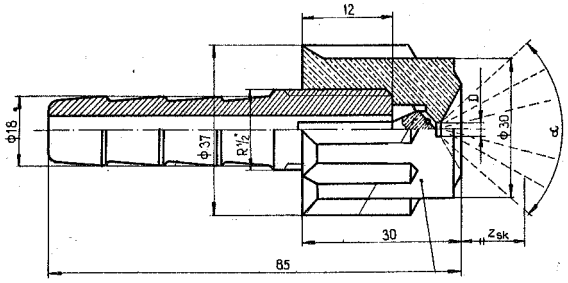
Rys.10. Dysze zraszające *a) typu S, b) typu P* [6]

Kolejne rozwiązanie to dysza DZ (rys. 11) przeznaczona do redukcji zapylenia na przesypach przenośników i na innych urządzeniach transportu urobku. Strumień wytwarzany przez dyszę ma kształt stożka o kącie 60^0 do 75^0 i zasięgu 1,3 do 1,7 m. Dysze są zasilane wodą o ciśnieniu od 0,1 do 1,2 MPa, przy natężeniu przepływu od 1,4 do 6,7 dm^3/min [6].

zraszające ROSA (rys. 13) [6], powszechnie stosowane do zraszania przesypów i taśm przenośników. Transportowany przenośnikiem urobek wprawia w ruch wahadłowy dźwignię zespołu pompowo-zaworowego, a tym samym powoduje ruch posuwisto-zwrotny tłoka pompy i pompowanie oleju pod membranę zaworu

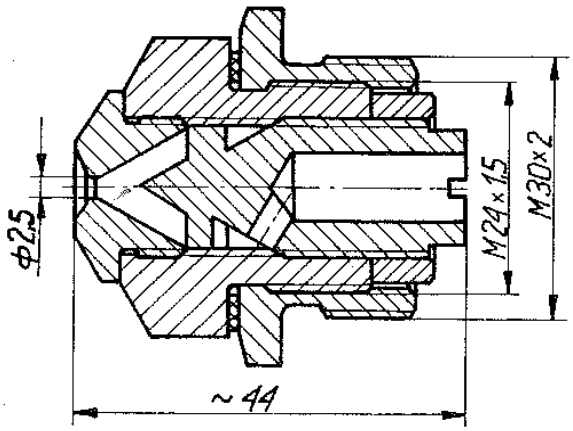


Rys.13. Automatyczne urządzenie zraszające ROSA [6]



Rys.11. Dysza zraszająca DZ [6]

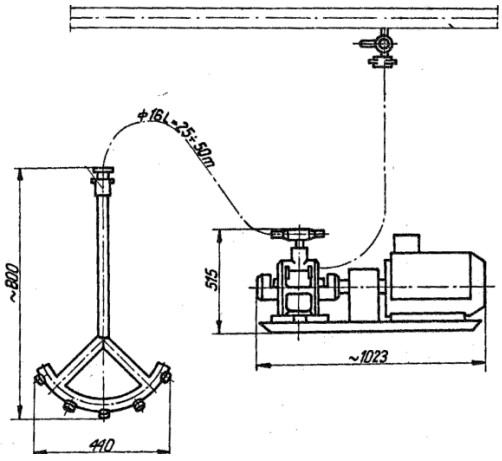
Dysze zraszające według rysunku G11.41FBB/3 (rys. 12), o stożkowym kształcie strumienia, opracowano w celu zastosowania w zewnętrznych instalacjach zraszających do kombajnów ścianowych. Ciśnienie zasilania medium roboczego dysz wynosi 2,0 MPa, przy wydatku ok. 10 dm^3/min. Kąt strugi wynosi 65^0, przy zasięgu strumienia ok. 6 m [6].



Rys.12. Dysza zraszająca według rysunku G11.41FBB/3 [6]

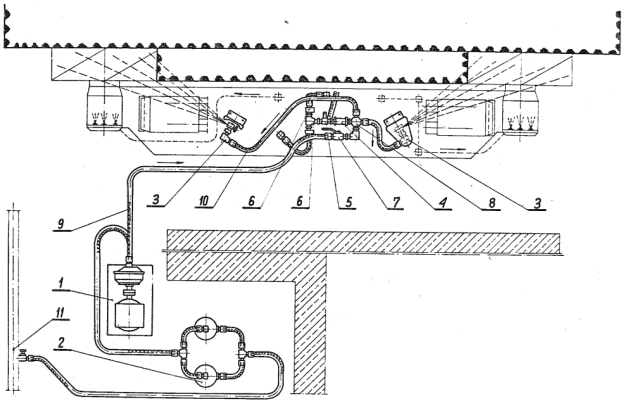
Zaprojektowane dysze zraszające znalazły zastosowanie w urządzeniach zraszających opracowanych przez KOMAG. Przykładem jest urządzenie odcinającego, co skutkuje dopływem wody do dysz zraszających rozmieszczonych nad przenośnikiem. Zatrzymanie taśmy przenośnika bądź brak na niej urobku wyłącza urządzenie.

Bardziej uniwersalne zastosowanie ma chodnikowy agregat zraszający CHAZ (rys. 14), który służy do zraszania w miejscu urabiania, ładowania, odstawy urobku i innych miejsc z występującym zapyleniem. Urządzenie składa się z zespołu pompowego, baterii zraszającej, zaworu odcinającego i przewodów [6].



Rys.14. Agregat zraszający CHAZ [6]

Do redukcji zapylenia w ścianach, KOMAG opracował urządzenie zraszające AQUA-1 (rys. 15), przeznaczone do zabudowy na kombajnach ścianowych. Urządzenie składa się z dwóch strumieniowych rozpylaczy i wspomaga redukcję zapylenia generowanego przez kombajn [6].



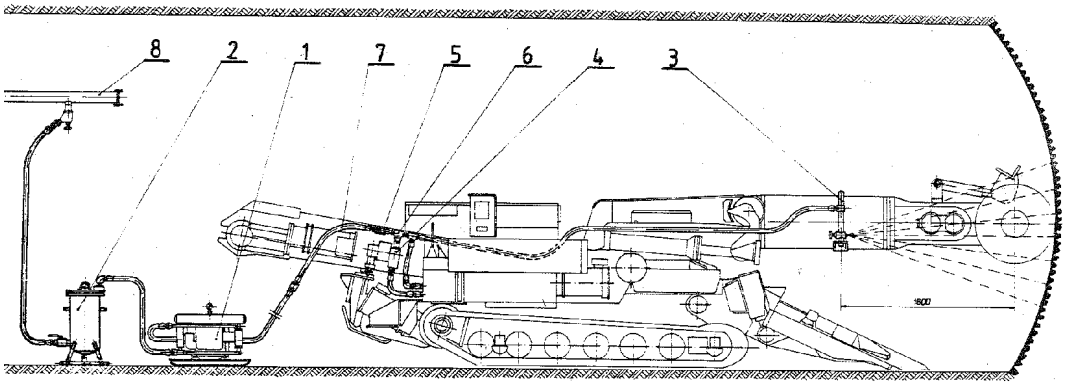
Rys.15. Urządzenie zraszające AQUA-1 [6]

Innym rozwiązaniem przeznaczonym dla maszyn urabiających jest instalacja wodna (rys. 16) dla kombajnu AM-50 P redukująca zapylenie w przodku chodnikowym. Głównymi jej elementami są: układ zraszający zabudowany na wysięgniku kombajnu, zespół filtrów i agregat zasilający zabudowane poza kombajnem [6].

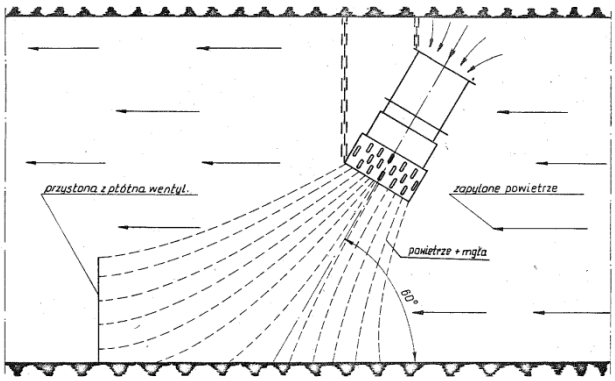
Nowatorskim rozwiązaniem opracowanym przez KOMAG jest również wyrzutnik mgły WM-500 (rys. 17), który jest przeznaczony do redukcji pyłu z prądu przepływającego powietrza, poprzez wytwarzanie mgły wodnej. Do wytwarzania mgły wykorzystano zespół podający wodę oraz wentylator z napędem elektrycznym. Rozwiązanie wymaga zastosowania tłumika hałasu i jest przeznaczone do zastosowania na wylotach ścian, w przodkach chodnikowych, przesypach, itp. [6].

W oparciu o podobną zasadę działania opracowano prototyp odpylającego wyrzutnika mgły OWM-1 (rys. 18), który jest przeznaczony do zabudowy na wysięgniku kombajnu. Ma on postać poprzecznie zabudowanego odpylacza zasysającego powietrze z okolic organu urabiającego, i wyrzucającego wodę w postaci mgły na organ urabiający [6].

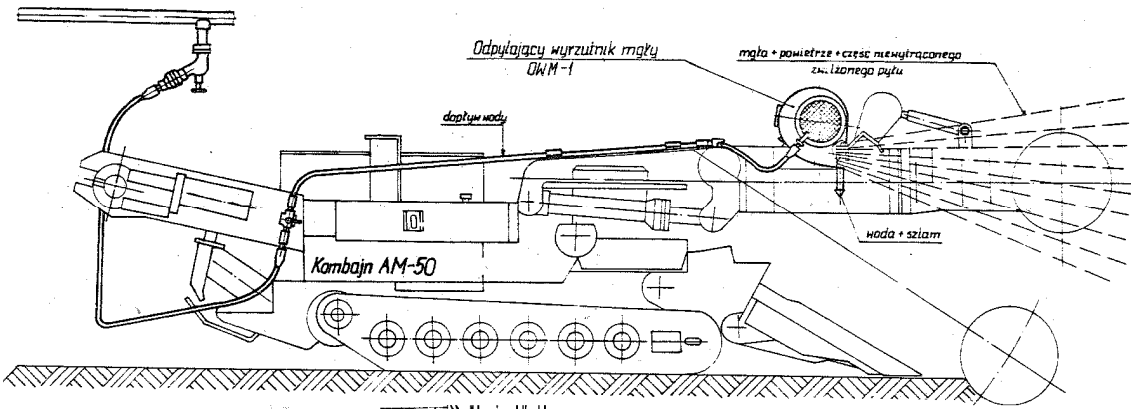
3.2. Współczesne rozwiązania urządzeń zraszających – powietrzno-wodne



Rys.16. Instalacja wodna dla kombajnu AM-50 P [6]

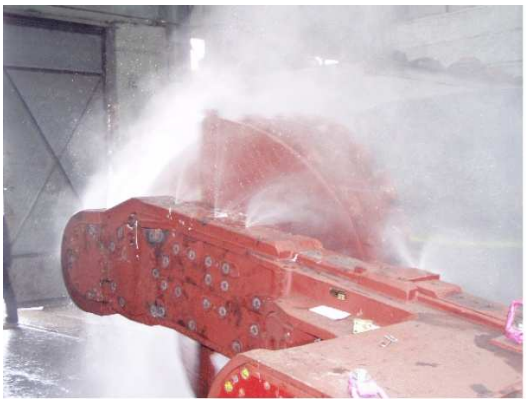


Rys.17. Wyrzutnik mgły WM-500 [6]



Rys.18. Wyrzutnik mgły OWM-1 [6]

W związku z występowaniem przypadków zapłonu metanu podczas eksploatacji górniczej, przy niewystarczającej skuteczności wodnych urządzeń zraszających, w ITG KOMAG podjęto prace badawcze zmierzające do opracowania instalacji zraszającej zapewniającej, większą niż dotychczasowe, skuteczność zwalczania zapylenia i zapobiegania zapłonowi metanu. W wyniku projektu celowego, realizowanego przez ITG KOMAG wspólnie z JSW S.A., przy udziale Zabrzańskich Zakładów Mechanicznych S.A. opracowano i wdrożono powietrzno-wodną instalację zraszającą kombajnu ścianowego (rys. 19). Po pierwszych testach i badaniach wykazano, że powietrzno-wodne strumienie zraszające charakteryzują się wysoką skutecznością redukcji pyłu z powietrza kopalnianego dochodzącą do ok. 70% [10].



Rys.19. Powietrzno-wodna instalacja zraszająca kombajnu KSW-460 NE [11, 12]

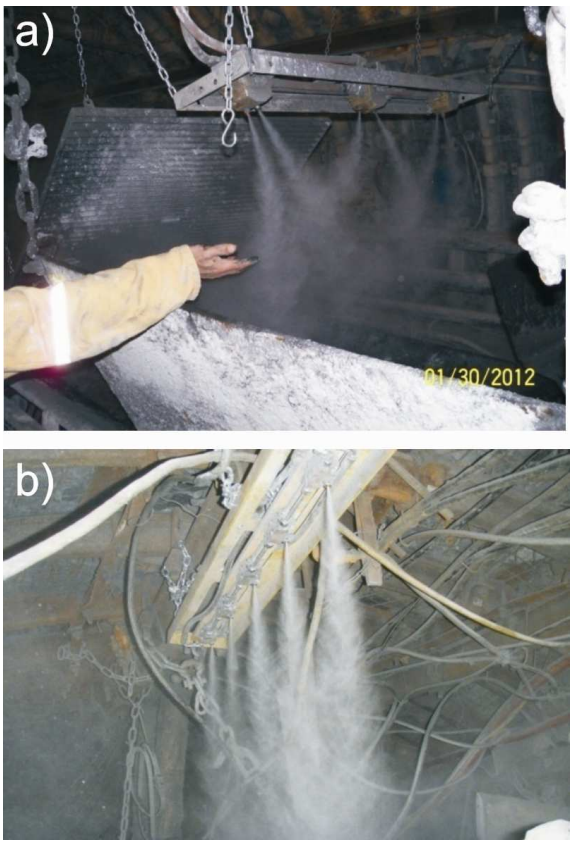
Powietrzno-wodne instalacje zraszające stanowią obecnie wyposażenie wszystkich typów kombajnów ścianowych [13] oferowanych przez KOPEX Machinery. Doświadczenia kopalń wskazują na znaczny (ok. dwukrotny) wzrost skuteczności redukcji pyłu [13] i całkowity zanik zapłonów metanu w ścianach.

Pozytywne doświadczenia wykorzystania powietrzno-wodnych kurtyn zraszających w kombajnach ścianowych skłoniły specjalistów KOMAG-u do opracowania podobnego rozwiązania dla kombajnów chodnikowych. W efekcie opracowano i wdrożono powietrzno-wodną kurtynę zraszającą (rys. 20) dla kombajnów chodnikowych [7] produkowanych przez REMAG S.A. Rozwiązanie to oparto o zewnętrzną baterię, zamontowaną na wysięgniku kombajnu, tuż za organem urabiającym, w której natężenie przepływu wody wynosi ok. 30 dm^3/min.

Rys.20. Kurtyna powietrzno-wodna kombajnu chodnikowego [7]

Oprócz frontów eksploatacyjnych i przodków górniczych, istotnymi źródłami zapylenia są przesypy przenośników na drogach odstawy urobku, gdzie często występują przekroczenia najwyższych dopuszczalnych stężeń (NDS) pyłu w powietrzu.

W ITG KOMAG zaprojektowano zraszacze przesypów Bryza-1200 (rys. 21a) produkowane przez firmę Elektron s.c. oraz system zraszania Virga (rys. 21b) produkowany przez firmę Hellfeier. Są to nieskomplikowane w budowie urządzenia, zbudowane z ramy z dyszami powietrzno-wodnymi i zespołu dozowania mediów. Bardzo wysoka skuteczność redukcji pyłu zawartego w powietrzu oraz natężenie przepływu wody wynoszące od 0,5 do 2,0 dm^3/min spowodowały bardzo duże zainteresowanie rozwiązaniem ze strony kopalń. Opracowano również rozwiązania w postaci chodnikowej zapory przeciwpyłowej. W obu typach urządzeń wykazano skuteczność redukcji zapylenia wynoszącą od 70 do 90%.

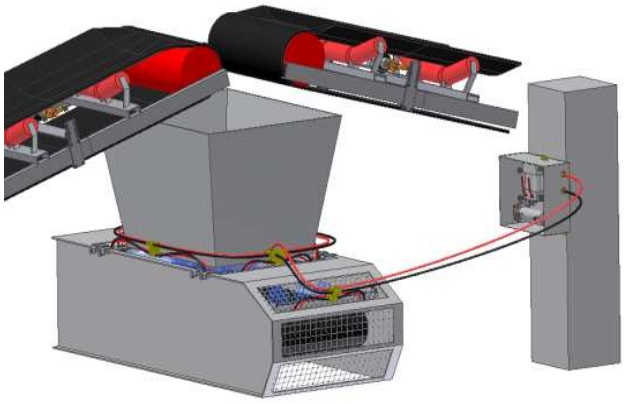


Rys.21. Powietrzno-wodne urządzenia do zraszania przesypów: *a) zraszacz przesypów Bryza-1200, b) system zraszania VIRGA* [14]

W chodnikowej zaporze przeciwpyłowej CZP Bryza (rys. 22) wykorzystano zespoły zraszacza przesypów Bryza-1200, wyposażone dodatkowo w kraty żaluzjowe. Zapora przeciwpyłowa wymaga natężenia przepływu wody w granicach 1,5 do 3,0 dm^3/min, a skuteczność redukcji pyłu zawartego w powietrzu wynosi ponad 50%. Rozwiązanie to zastosowano w kilku kopalniach, gdzie udokumentowanym efektem jest całkowite usunięcie pyłu z obrysu wyrobiska na odcinku ok. 100 m oraz zwiększenie wilgotności spągu, które umożliwia wydłużenie okresów pomiędzy opylaniem pyłem kamiennym o ok. 50% [13].

Rys.22. Chodnikowa zapora przeciwpyłowa CZP Bryza [17]

Wszystkie zalety urządzeń typu Bryza wykorzystano do opracowania instalacji zraszającej przeznaczonej dla zakładów przeróbki mechanicznej. Niskie natężenie przepływu wody, proste sterowanie i wysoka skuteczność redukcji pyłu spowodowały zainteresowanie kopalń w zastosowaniu tego rozwiązania na powierzchni zakładów górniczych (rys. 23).



Rys.23. Zraszacz typu Bryza dla kruszarki w zakładzie przeróbczym [źrodło: opr. wł.]

Rozwiązanie zraszaczy zaprojektowano również dla wyrobiskach ścianowych, do wspomagania redukcji zapylenia na wybranych odcinkach ściany, na których przemieszczany jest pył powstały w wyniku procesu urabiania. Rozwiązanie to polega na umieszczeniu zraszaczy Bryza pod stropem wybranych sekcji obudowy zmechanizowanej. Kolejne zraszacze uruchamiane są po minięciu ich przez kombajn ścianowy, poruszający się w kierunku przeciwnym do kierunku przepływu powietrza. Przy jeździe kombajnu zgodnie z kierunkiem przepływu powietrza, wyłączane są kolejne zraszacze, do których zbliża się kombajn. Umożliwia to zredukowanie zapylenia generowanego przez organy urabiające kombajnu ścianowego. Maksymalne zużycie wody zraszającej dla całej ściany nie przekracza 20 dm^3/min. Pierwszy ww. system zaprojektowano dla kompleksu ścianowego oferowanego przez Grupę FAMUR S.A.

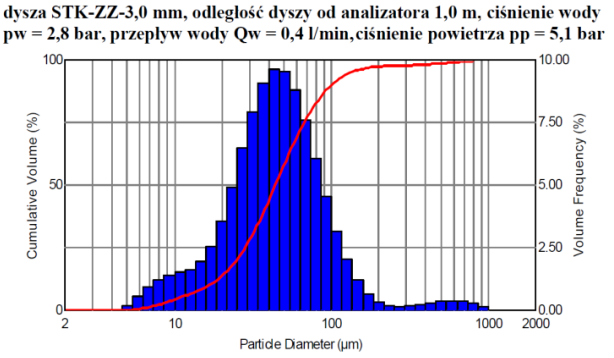
Zaprojektowano i wdrożono również powietrzno-wodne dysze zraszające typu STK (rys. 24), które są najnowszej generacji rozwiązaniem przeznaczonym do wszystkich powietrzno-wodnych urządzeń zraszających zaprojektowanych przez ITG KOMAG [10, 16, 17]. Stanowią one monolityczną konstrukcję, z dwoma otworami wlotowymi, w celu niezależnego doprowadzenia do komory mieszania wody i sprężonego powietrza. Woda w postaci aerozolu wyrzucana jest z dysz z otworu wylotowego o średnicy od 1 do 3 mm. W zależności od przeznaczenia dyszy natężenie przepływu wody wynosi od 0,1 do 1 dm^3/min i ok. 50 do 100 dm^3/min powietrza, pod ciśnieniem nie przekraczającym 0,5 MPa. Dysza typu STK wytwarza krople o medianie 20 do 50 μm (ok. 90% kropel wytwarzanych

przez dyszę nie przekracza 90 µm, a ok. 10% kropel nie przekracza 10 µm) [16,17] (rys. 25).

Rys.24. Powietrzno-wodne dysze zraszające typu STK [13, 16]

W kolejnych rozwiązaniach dysz zraszających zmieniono średnice otworów dysz oraz zmodyfikowano kształt komory mieszania i zewnętrzne cechy konstrukcyjne dyszy.

Powietrzno-wodne dysze zraszające, niezależnie od ich konstrukcji i średnicy otworów wylotowych, są przystosowane do wytwarzania strumienia o bardzo zbliżonej wielkości i rozkładzie frakcyjnym kropel. W zależności od poziomu zapylenia dobiera się rodzaj lub liczbę dysz tak, aby wydatek wody i liczba wytworzonych kropel były wystarczające do redukcji pyłu wytworzonego w procesie przesypywania urobku.



Rys.25. Rozkład frakcyjny kropel dyszy StK-ZZ-3 [17]

4. Podsumowanie

Opracowane w ITG KOMAG powietrzno-wodne instalacje zraszające są rozwiązaniami, które obniżają poziom zapylenia w wybranych strefach kopalni. Opracowane urządzenia możliwe są do zamontowania we wszystkich miejscach w kopalni, gdzie występuje istotny poziom zapylenia.

Dwuczynnikowe dysze zraszające nie wymagają zasilania dużą ilością wody (od 0,1 do 0,4 dm^3/min.) oraz powietrza, mieszczącą się w granicach 50 do 150 dm^3/min.

Uzyskane efekty w zakresie skuteczności redukcji zapylenia spełniają oczekiwania kopalń. Oceniono również dodatkowe zalety urządzenia CZP Bryza w aspekcie zapobiegania wybuchom pyłu, w postaci zwiększenia zawilgocenia spągu oraz likwidacji pyłu z obrysu wyrobiska na długości ok. 100 m.

Systemy przewietrzania i odpylania spełniają ważną rolę związaną z bezpieczeństwem zarówno zakładu górniczego, jak i ludzi pracujących w wyrobiskach. Ich podstawowymi zadaniami są: niwelowanie zagrożeń związanych z powstawaniem wybuchowych mieszanin pyłu lub metanu z powietrzem, dostarczanie świeżego powietrza do stref, gdzie znajdują się ludzie oraz usuwanie powietrza zużytego.

Projektowane przez ITG KOMAG systemy wdrożono w wielu kopalniach węgla kamiennego w Polsce i za granicą. Ich wieloletnia eksploatacja potwierdziła wysokie walory użytkowe i efektywność działania. Obserwacje i wnioski zebrane przez użytkowników i projektantów systemów przewietrzania służą do opracowywania nowych, udoskonalonych konstrukcji urządzeń, w których eliminowane są niedoskonałości i dodawane elementy zgodne z sugestiami użytkowników.

Uniwersaność omówionych rozwiązań pozwala na ich stosowanie w innych obszarach, gdzie występuje zagrożenie związane z zapyleniem.

Literatura

1. Bałaga D., Siegmund M., Urbanek A.: Nowe rozwiązania urządzeń zraszających ograniczające zagrożenia pyłowe w górnictwie. Maszyny Górnicze 2012, nr 2, s. 50-55.
2. Jedziniak M., Sekular K.: System odpylania wyrobisk chodnikowych przewietrzanych wentylacją kombinowaną z zastosowaniem urządzenia odpylającego DCU 600 i lutni wirowej VV 700. Materiały na konferencję: KOMTECH 2005 „Systemy ograniczające zagrożenia w procesach eksploatacji maszyn i urządzeń", t. 2, Zakopane 15- 17.11.2005 s. 175 184.
3. Jedziniak M., Frydel W.: Nowoczesny system przewietrzania i odpylania wyrobisk korytarzowych. W: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo – Jakość – Efektywność, KOMEKO 2011, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011 s. 243-255.
4. Jedziniak M., Frydel W.: Uniwersalny system przewietrzania i odpylania wyrobisk korytarzowych. Maszyny Górnicze 2011, nr 3 s. 67-73.
5. Jedziniak M.: Analiza systemów wentylacji i odpylania wyrobisk korytarzowych w kopalniach Kompanii Węglowej SA. Maszyny Górnicze 2012, nr 1 s. 26-31.
6. Katalog CMG KOMAG: Urządzenia do zwalczania zagrożeń pyłowych w górnictwie oraz aparatury do

pomiarów stężenia zapylenia kopalnianego, Gliwice 1984.

7. Libera K., Puchała B., Prostański D., Bałaga D.: 2010. Innowacyjne rozwiązania systemu zraszania powietrzno-wodnego w kombajnach chodnikowych produkcji Remag-u. Problemy bezpieczeństwa w budowie i eksploatacji maszyn i urządzeń górnictwa podziemnego rozdz. 9. Monografia CBiDGP, Lędziny.
8. PN-G-43042:2011 Lutnie wirowe w górnictwie podziemnym – Wymagania i badania.
9. PN-G-52002:2009 Urządzenia odpylające w górnictwie podziemnym – Wymagania i badania.
10. Prostański D:. Ograniczenie zagrożeń zapłonu metanu i wybuchu pyłu węglowego oraz zapylenia poprzez zastosowanie zraszania powietrzno-wodnego. Prace naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko. Wydanie specjalne nr VII/2008. Katowice.
11. Prostański D., Bałaga D., Pieczora E., Rojek P., Sedlaczek J.: System powietrzno-wodnego zraszania zewnętrznego kombajnu ścianowego. Innowacyjne techniki i technologie mechanizacyjne. KOMAG, Gliwice 2008.
12. Prostański D., Rojek P.: Projektowanie, badania oraz próby eksploatacyjne instalacji zraszania powietrzno-wodnego do zwalczania zapylenia i zagrożeń metanowych, w kombajnie ścianowym typu KSW-460NE. Maszyny Górnicze 2006, nr 4 str. 12-22.
13. Prostański D.: Dust control with use air-water spraying system. Archiwum Górnictwa 2012, nr 4 s. 975-990.
14. Prostański D.: Metodyka ograniczania zapylenia w korytarzowych wyrobiskach kopalń. W: Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych. TUR 2011. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków 2011 s. 279-290.
15. Prostański D.: Ocena skuteczności stosowania powietrzno-wodnych urządzeń zraszających na przesypach przenośników w wyrobiskach korytarzowych. Przegląd Górniczy 2012, nr 10 s. 71-77.
16. Prostański D.: Ocena skuteczności systemów zraszania powietrzno-wodnego i wodnego w redukcji zapylenia. W: Górnicze Zagrożenia Naturalne 2011, XVIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna "Człowiek – zagrożenie i bezpieczeństwo", Targanice k/Żywca, 7-10 listopada 2011 r. Gór. Śr., Pr. Nauk. GIG 2011 nr 4/2 s. 398-408.
17. Prostański D.: Wpływ cech konstrukcyjnych urządzeń zraszających na skuteczność redukcji zapylenia. Monografia. Zagrożenia i technologie. Praca zbiorowa pod redakcją Józefa Kabiesza, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2012 s. 316-326.
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. 2002 nr 109 poz. 962).

Artykuł wpłynął do redakcji w czerwcu 2013 r.

Mgr inż. Józef Kaczmarczyk
Dr inż. Andrzej Figiel
Mgr inż. Jan Małecki
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Ocena zgodności wyrobów

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

W artykule, na przykładzie działalności Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej ITG KOMAG w ostatnich 30 latach, przedstawiono jak zmieniało się podejście do oceny wyrobów, zwłaszcza tych, które były przeznaczone do stosowania w zakładach górniczych. Pokrótce omówiono transformację systemu oceny zgodności wyrobów, począwszy od systemu dopuszczania pewnych rodzajów wyrobów, poprzez krajowy system oceny zgodności i skończywszy na systemie europejskim, wynikającym z dyrektyw nowego podejścia oraz transformację zakresu oceny zgodności wyrobów poprzez uzyskiwanie uprawnień do wykonywania oceny wyrobów, które nie są przeznaczone do stosowania w zakładach górniczych.

S u m m a r y

Change in approach to assessment of products before their use in mining plants was presented on the example of activity of the Division of Attestation Tests, Certifying Body at the KOMAG Institute of Mining Technology within last 30 years. Transformation of the system for assessment of products conformity, from the system for approval of some products, through the Polish system for conformity assessment to the European system resulting from the Directive of new approach, was shortly discussed.

1. Wprowadzenie

Stosowanie maszyn, urządzeń i sprzętu w zakładach górniczych wiązało się zawsze z koniecznością uwzględnienia podczas ich projektowania i wytwarzania, wymagań bezpieczeństwa, które określono w ustanowionych przepisach prawnych i normach technicznych. Znaczenie i zakres przepisów prawnych oraz norm ulegało ciągłym zmianom, zmierzając do ujednolicenia wymagań dotyczących bezpieczeństwa stosowania maszyn i urządzeń, sprzętu oraz wymagań dotyczących oceny zgodności tych wyrobów, nadając im coraz większą rangę.

W okresie, kiedy wydawano pierwszy numer kwartalnika „Maszyny Górnicze", wymagania dotyczące oceny zgodności wyrobów przeznaczonych do stosowania w zakładach górniczych miały tylko rangę zarządzeń branżowych, a ich zakres stosowania był bardzo ograniczony. Wraz z upływem lat, zmianom ulegały regulacje prawne odnoszące się do oceny zgodności, by osiągnąć obecny stan spójności z ustanowionym we wszystkich krajach Unii Europejskiej. Śledząc historię kwartalnika „Maszyny Górnicze" można dostrzec również proces zmian podejścia do oceny zgodności maszyn, urządzeń i sprzętu oraz dostosowywania się Instytutu Techniki Górniczej KOMAG do wykonywania zadań akredytowanej jednostki certyfikującej wyroby, z uprawnieniami notyfikacji w zakresie czterech dyrektyw.

2. Okres 1983 – 1989

W czasie, gdy podjęto decyzję o wydawaniu kwartalnika „Maszyny Górnicze", Instytut Techniki Górniczej KOMAG kontynuował działalność w zakresie badań i oceny wymaganego poziomu bezpieczeństwa maszyn i elementów urządzeń wyciągowych z jazdą ludzi, przed ich oddaniem do ruchu w zakładzie górniczym. Działalność ta była prowadzona w Zespole Atestacji Maszyn Wyciągowych, na podstawie Zarządzenia nr 3 Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego z dnia 6 kwietnia 1971 r. w sprawie dopuszczania do eksploatacji w podziemnych zakładach górniczych typów maszyn i elementów urządzeń wyciągowych przeznaczonych do jazdy ludzi szybami – obowiązującego od 1 stycznia 1970 r. w stosunku do wyrobów wymienionych w załączniku nr 1.

Celem badań i oceny, nazywanych atestacją, było wykazanie zgodności budowy i działania maszyn wyciągowych z warunkami i wymaganiami zawartymi w obowiązujących przepisach oraz w normach branżowych. Podstawowymi dokumentami, przewidzianymi do obowiązkowego stosowania przy konstruowaniu i ocenie zgodności maszyn, urządzeń i sprzętu, były:

– Zarządzenie nr 38 Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 10 października 1973 r. (znak: DG 8859/73), wprowadzające w życie „Szczegółowe przepisy w sprawie prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywa-

jących węgiel kamienny i brunatny" – obowiązujące od 1 stycznia 1974 r., zmienione w 1979 r. oraz w 1983 r.

- Zarządzenie nr 9 Ministra Hutnictwa z dnia 16 lipca 1979 r. w sprawie prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych resortu hutnictwa wprowadzające „Szczegółowe przepisy w sprawie prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych resortu hutnictwa" stanowiące załącznik do zarządzenia - obowiązujące od 1 stycznia 1980 r.
- Zarządzenie nr 14 Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 28 czerwca 1984 r. (znak: GW-2/2523/84), wprowadzające w życie „Szczegółowe przepisy prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny i brunatny" – obowiązujące od 1 listopada 1984 r.
- Zarządzenie nr 37 Ministerstwa Przemysłu z dnia 13 stycznia 1989 r. w sprawie dopuszczania maszyn i urządzeń do stosowania w podziemnych wyrobiskach górniczych - obowiązujące od 13 stycznia 1989 r., zmienione Zarządzeniem Nr 29 z dnia 29 sierpnia 1990 r. i Zarządzeniem Nr 7 z dnia 29 marca 1991 r.

W zależności od: przedmiotu oceny, zakresu, etapu eksploatacji maszyn i urządzeń, Zespół Atestacji Maszyn Wyciągowych wydawał następujące dokumenty:

1. Opinie atestacyjne (rys. 1), których celem było przeprowadzenie oceny zgodności z: obowiązującymi przepisami wymienionymi powyżej, ogólnymi zasadami budowy maszyn, dokumentacją techniczną, uwzględniającymi wieloletnie doświadczenie eksploatacyjne wyrobów podobnych.

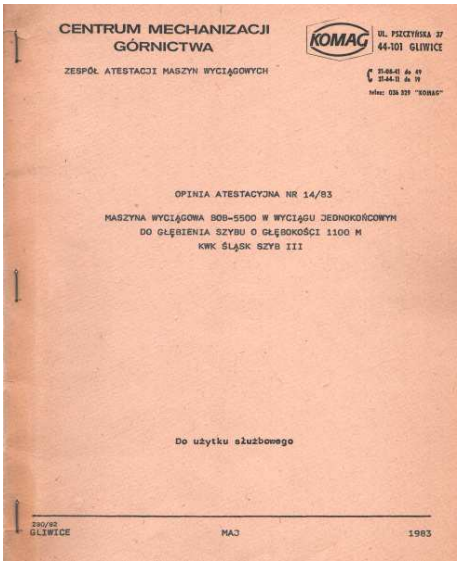
   Opinie atestacyjne zawierały wnioski dotyczące:

   - zastosowania procedury dopuszczenia do stosowania, parametrów technicznych, ograniczeń eksploatacyjnych, konieczności wprowadzenia zmian ze względu na wymagania przepisów oraz przeprowadzenia dodatkowych obliczeń, składu dokumentacji dopuszczeniowej, uczestnictwa personelu Zespołu Atestacji Maszyn Wyciągowych w potwierdzaniu rzeczywistych parametrów zastosowanych podzespołów.
2. Wstępne opinie atestacyjne (rys. 2), których celem było przeprowadzenie oceny zgodności maszyn, urządzeń charakteryzujących się nowatorskimi rozwiązaniami technicznymi, których własności nie można było potwierdzić wieloletnimi doświadczeniami eksploatacyjnymi wyrobów podobnych.

   Z tego właśnie powodu, wstępne opinie atestacyjne zawierały wnioski o zastosowanie procedury dopuszczenia do próbnej eksploatacji.
3. Oświadczenia, które stanowiły dokumenty oceny zgodności urządzeń, oceny zgodności zmian w urządzeniach będących podzespołami maszyn wyciągowych dopuszczonych do stosowania. Kryteriami oceny były: parametry techniczne, kompatybilność wbudowania, poprawa eksploatacji maszyn wyciągowych.

   Wnioski oświadczeń dotyczyły: przydatności urządzenia, warunków włączenia w maszynę, warunków stosowania, zawartości dokumentacji technicznej.
4. Załączniki do kart regulacji, które były sprawozdaniami z badań parametrów technicznych, decydujących o bezpieczeństwie maszyny, wykonywanych na obiekcie rzeczywistym.

Przeprowadzone procesy oceny zgodności charakteryzowały się tym, że wydane dokumenty tylko potwierdzały spełnienie wymagań branżowych dokumentów odniesienia, którymi były zarządzenia odpowiedniego ministra nadzorującego podmiot gospodarczy stosujący maszyny będące przedmiotem oceny zgodności.


CENTRUM MECHANIZACJI GÓRNICTWA

KOMAG

UL. PSZCZYŃSKA 37
44-101 GLIWICE

ZESPÓŁ ATESTACJI MASZYN WYCIĄGOWYCH

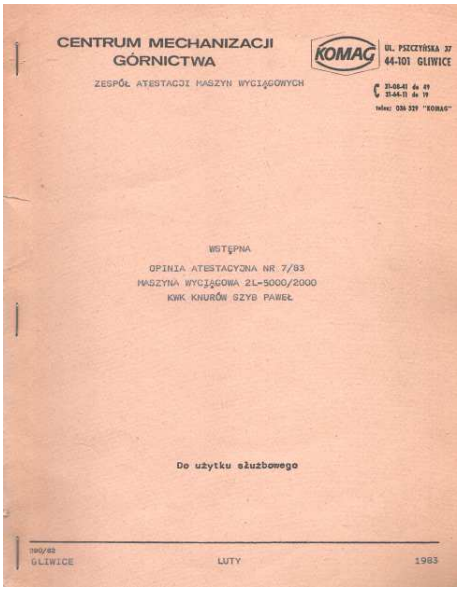
OPINIA ATESTACYJNA NR 14/83

MASZYNA WYCIĄGOWA SOB-5500 W WYCIĄGU JEDNOKOŃCOWYM
DO GŁĘBIENIA SZYBU O GŁĘBOKOŚCI 1100 M
KWK ŚLĄSK SZYB III

Do użytku służbowego

290/83
GLIWICE MAJ 1983

Rys.1. Opinia atestacyjna


CENTRUM MECHANIZACJI GÓRNICTWA

KOMAG

UL. PSZCZYŃSKA 37
44-101 GLIWICE

ZESPÓŁ ATESTACJI MASZYN WYCIĄGOWYCH

WSTĘPNA
OPINIA ATESTACYJNA NR 7/83
MASZYNA WYCIĄGOWA 2L-5000/2000
KWK KNURÓW SZYB PAWEŁ

Do użytku służbowego

700/82
GLIWICE LUTY 1983

Rys.2. Wstępna opinia atestacyjna

Nie istniały normy branżowe zawierające wymagania bezpieczeństwa, które powinny spełniać maszyny wyciągowe, ich układy zasilania i sterowania oraz podzespoły. Wydawane dokumenty oceny zgodności podkreślały także, że gwarantem prawidłowo przeprowadzonej oceny zgodności były kompetencje personelu potwierdzone zdobytym wcześniej doświadczeniem zawodowym przy projektowaniu i konstruowaniu maszyn, ich badaniu i eksploatacji w ruchu zakładu górniczego oraz uznanie dorobku i rangi Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. Uznanie dorobku i ranga Instytutu decydowały także, że naturalną rzeczą dla personelu było zachowywanie bezstronności i poufności w czasie przeprowadzania oceny zgodności.

3. Okres 1989 – 1995

Zarządzenie nr 37 Ministerstwa Przemysłu z dnia 13 stycznia 1989 r. w sprawie dopuszczania maszyn i urządzeń do stosowania w podziemnych wyrobiskach górniczych, rozszerzyło wymóg dopuszczenia na pozostałe maszyny i urządzenia stosowane w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych. W związku z tym w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG rozpoczęto prace organizacyjne mające na celu rozszerzenie zakresu badań i oceny wszystkich maszyn i urządzeń stosowanych w zakładach górniczych, wykorzystując doświadczenia Zespołu Atestacji Maszyn Wyciągowych. W ten sposób stworzono nową strukturę organizacyjną pod nazwą Zakład Badań Atestacyjnych, zadaniem której była ocena zgodności: maszyn wyciągowych, kombajnów ścianowych, przenośników zgrzebłowych, strugów węglowych, przenośników taśmowych, wentylatorów lutniowych, odpylaczy suchych i mokrych, kombajnów chodnikowych, ładowarek gąsienicowych, wozów i manipulatorów wiertniczych, kolejek linowych podwieszonych i spągowych, kołowrotów i ciągników linowych, wiertarek obrotowo-udarowych i młotów hydraulicznych, agregatów hydraulicznych, pomp wirnikowych do wody, silników hydraulicznych, lokomotyw górniczych spalinowych, strumiennic powietrznych oraz wyposażenia elektrycznego maszyn i urządzeń górniczych.

Kompetencje Zakładu Badań Atestacyjnych zostały uznane za wystarczające i Zarządzeniem nr 7 Ministra Przemysłu z dnia 29 marca 1991 r. Zakład Badań Atestacyjnych uzyskał uprawnienia do przeprowadzania oceny zgodności ww. maszyn.

Realizując wymagania ww. Zarządzenia nr 37 Ministra Przemysłu, Zakład Badań Atestacyjnych wydawał dokumenty, które nazywały się: „Orzeczeniami Atestacyjnymi", „Wstępnymi Orzeczeniami Atestacyjnymi". Procedury oceny były identyczne jak procedury oceny omówione w rozdziale II, i w związku z tym przebieg oceny, cele, zapisy, dokumenty odniesienia były identyczne, jak przy opracowywaniu opinii atestacyjnych.

Producenci i użytkownicy maszyn i urządzeń zwracali się także z wnioskami o ocenę wyrobów, które nie podlegały ocenie obowiązkowej i konieczności dopuszczania do stosowania, w związku z czym Zakład Badań Atestacyjnych przeprowadzał ocenę zgodności w obszarze dobrowolnym i wydawał dokument pod nazwą „Opinia". Dokument ten, w punktach: „Cel oceny" oraz „Wnioski z oceny", zawierał zapisy, że wyrób spełnia wymagania bezpieczeństwa i nie podlega procedurze dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych.

W dalszym ciągu, w tym okresie oceny zgodności, kryteriami oceny były branżowe dokumenty odniesienia: szczegółowe przepisy prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych, wytyczne budowy maszyn górniczych dołowych w zakresie BHP, wymagania i wytyczne konstruowania oraz prowadzenia badań laboratoryjnych i prób eksploatacyjnych. Zmiany proceduralne i systemowe wprowadziło rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 24 sierpnia 1994 r. w sprawie dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych maszyn, urządzeń i materiałów oraz środków strzałowych i sprzętu strzałowego (Dz. U. Nr 92, poz. 434) nadając jeszcze wyższą rangę procesom oceny zgodności wyrobów oraz procesom dopuszczenia do stosowania. Najważniejsze zmiany polegały na:

- wprowadzeniu obowiązku posiadania procedur badawczych przez jednostkę przeprowadzającą ocenę zgodności,
- uzgodnieniu procedur badawczych między jednostkami przeprowadzającymi oceny tych samych wyrobów,
- wprowadzaniu, w kryteriach odniesienia, opracowywanych na bieżąco norm branżowych oraz istniejących norm krajowych,
- wykorzystywaniu badań laboratoryjnych,
- przekazaniu prawa do dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych, Prezesowi Wyższego Urzędu Górniczego, który wydawał dokument w postaci decyzji.

Instytut Techniki Górniczej KOMAG dostosował się do zwiększonych wymagań poprzez: rozbudowę stanowisk badawczych laboratoriów, zakup przyrządów pomiarowych do badań eksploatacyjnych, rozszerzenie możliwości badawczych, opracowywanie nowych norm, wydzielenie Zakładu Badań Atestacyjnych i Laboratorium Badań, ze wspólnej struktury organizacyjnej.

W omawianym okresie Zakład Badań Atestacyjnych wydawał następujące dokumenty:

1. Opinie atestacyjne (rys. 3), których przedmiotem były maszyny i urządzenia, objęte obowiązkowym trybem dopuszczania do stosowania w zakładach

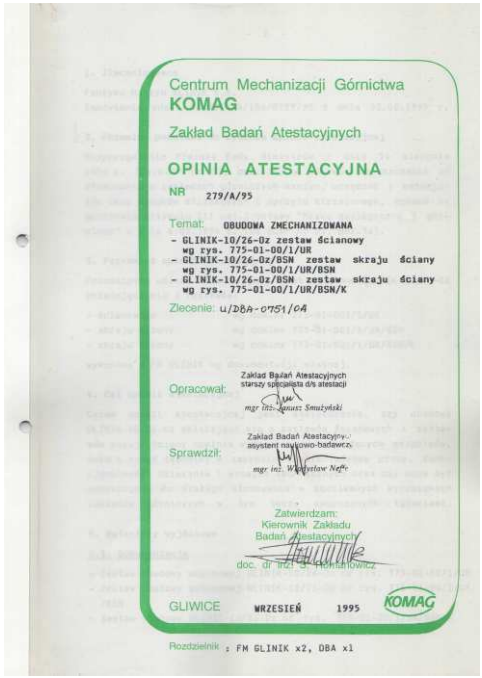
górniczych, przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego. Celem opinii atestacyjnej było stwierdzenie, czy jednoznacznie zidentyfikowany wyrób spełnia wymagania obowiązujących przepisów, norm, zasad techniki w zakresie bezpieczeństwa pracy, funkcjonalności działania i wymagań technicznych oraz stwierdzenie, czy może być dopuszczony do stałego stosowania w zakładach górniczych.

Wszystkie wydawane opinie atestacyjne posiadały jednolitą szatę graficzną oraz zapisy dotyczące:

- zleceniodawcy,
- formalnej podstawy do wydawania opinii atestacyjnej,
- przedmiotu opinii atestacyjnej,
- celu opinii atestacyjnej,
- materiałów wejściowych (dokumentacja zleceniodawcy, obowiązujące przepisy i normy, zasady techniki),
- opisu technicznego – charakterystyki technicznej,
- zakresu wykonywanych prac dla opracowania opinii atestacyjnej,
- wyników badań i analiz,
- uwag i zaleceń,
- składu dokumentacji technicznej, niezbędnej do wydania dopuszczenia do stosowania,
- stwierdzeń końcowych, odnoszących się do stawianego celu opinii atestacyjnej.

2. Opinie techniczne (rys. 4), których przedmiotem były maszyny i urządzenia nie objęte obowiązkowym trybem dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych. Celem opinii technicznej było stwierdzenie, czy jednoznacznie zidentyfikowany wyrób spełnia wymagania obowiązujących przepisów, norm, zasad techniki w zakresie bezpieczeństwa i funkcjonalności działania oraz czy spełnia warunki do stałego stosowania w zakładzie górniczym lub czy może być wbudowany do maszyn, urządzeń posiadających dopuszczenie do stałego stosowania w zakładzie górniczym.

Procedury oceny zgodności tego typu wyrobów, szata graficzna opinii technicznych, zawartość opinii, zapisy, różniły się tylko w stopniu identyfikującym odmienne cele i potrzeby zleceniodawcy.


Centrum Mechanizacji Górnictwa
KOMAG
Zakład Badań Atestacyjnych

OPINIA ATESTACYJNA

NR 279/A/95

Temat: OBUDOWA ZMECHANIZOWANA
- GLINIK-10/26-Oz zestaw ścianowy wg rys. 775-01-00/1/UR
- GLINIK-10/26-Oz/BSN zestaw skraju ściany wg rys. 775-01-00/1/UR/BSN
- GLINIK-10/26-Oz/BSN zestaw skraju ściany wg rys. 775-01-00/1/UR/BSN/K

Zlecenie: U/DBA-0751/OA

Opracował: Zakład Badań Atestacyjnych starszy specjalista d/s atestacji mgr inż. Janusz Smużyński

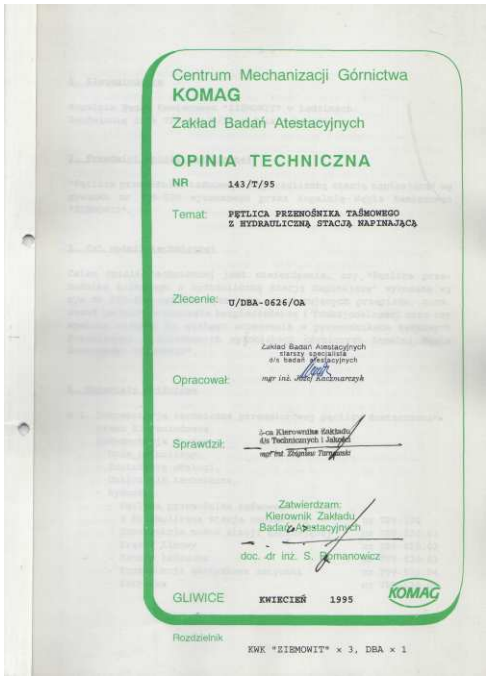
Sprawdził: Zakład Badań Atestacyjnych asystent naukowo-badawczy mgr inż. Wiaczesław Neff

Zatwierdzam: Kierownik Zakładu Badań Atestacyjnych doc. dr inż. S. Romanowicz

GLIWICE WRZESIEŃ 1995 KOMAG

Rozdzielnik: FM GLINIK x2, DBA x1

Rys.3. Opinia atestacyjna


Centrum Mechanizacji Górnictwa
KOMAG
Zakład Badań Atestacyjnych

OPINIA TECHNICZNA

NR 143/T/95

Temat: PĘTLICA PRZENOŚNIKA TAŚMOWEGO Z HYDRAULICZNĄ STACJĄ NAPINAJĄCĄ

Zlecenie: U/DBA-0626/OA

Opracował: Zakład Badań Atestacyjnych starszy specjalista d/s badań atestacyjnych mgr inż. Jerzy Kaźmierczyk

Sprawdził: z-ca Kierownika Zakładu d/s Technicznych i Jakości mgr inż. Zbigniew Tarnawski

Zatwierdzam: Kierownik Zakładu Badań Atestacyjnych doc. dr inż. S. Romanowicz

GLIWICE KWIECIEŃ 1995 KOMAG

Rozdzielnik: KWK "ZIEMOWIT" x 3, DBA x 1

Rys.4. Opinia techniczna

Opisane powyżej zmiany proceduralne i systemowe spowodowały, że wprowadzono także zasadę nadzoru Zakładu Badań Atestacyjnych przez Wyższy Urząd Górniczy, która nie była przewidziana do stosowania w rozporządzeniu Prezesa Rady Ministrów z dnia 24 sierpnia 1994 r. W ten właśnie sposób Zakład Badań Atestacyjnych był okresowo kontrolowany (audytowany), a w czasie kontroli sprawdzano: procedury badawcze, kompetencje personelu, możliwości badawcze laboratoriów, bezstronność, poufność. Wszystkie opracowane opinie techniczne były wysyłane do Wyższego Urzędu Górniczego i tam weryfikowane ze względu na przedmiot oceny,

kwalifikację celu oceny, wyników badań i analiz, stwierdzeń.

W rozpatrywanym okresie działania Zakład Badań Atestacyjnych był jedyną jednostką w branży górnictwa, która posiadała personel i procedury umożliwiające kompleksową ocenę maszyn i urządzeń, obejmującą wyposażenie mechaniczne i elektryczne, co było doceniane przez zleceniodawców. Możliwości badawcze laboratoriów badań, posiadany własny sprzęt pomiarowy sprawiały, że Zakład Badań Atestacyjnych był jedyną jednostką atestującą pewne rodzaje maszyn i urządzeń górniczych. W wielu przypadkach, mimo zwiększanych sukcesywnie możliwości badawczych w laboratoria, wymagania związane z oceną maszyn i urządzeń były większe, i dlatego Zakład Badań Atestacyjnych posiadał własny sprzęt pomiarowy oraz procedury nadzoru nad nim, w celu kompleksowej oceny maszyn i urządzeń.

W 1994 roku wydano normę PN-EN 45011 oraz stworzono w Polsce procedury akredytacji jednostek certyfikujących wyroby. W związku z tym, Zakład Badań Atestacyjnych rozpoczął wdrażanie systemu zarządzania zgodnego z ww. normą, w celu uzyskania akredytacji w Polskim Centrum Badań i Certyfikacji, krajowej jednostce organizacyjnej odpowiedzialnej za akredytację laboratoriów badawczych i jednostek certyfikujących.

Uprawnienia akredytowanej jednostki certyfikującej w krajowym systemie certyfikacji wyrobów, Zakład Badań Atestacyjnych otrzymał 10 listopada 1995 r. – Certyfikat Akredytacji Nr AC 023.

4. Okres 1995 – 2002

Uzyskane uprawnienia akredytowanej jednostki certyfikującej wyroby w zakresie maszyn, urządzeń, sprzętu, urządzeń elektrycznych przewidzianych do stosowania w zakładach górniczych, nie doprowadziły do zasadniczych zmian w działalności Zakładu Badań Atestacyjnych. W dalszym ciągu ocena zgodności wyrobów była prowadzona jako atestacja, a wydawane dokumenty stanowiły załączniki do wniosków o dopuszczenie do stosowania, składanych przez producentów do Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego.

Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 24 sierpnia 1994 r. zawierało Załącznik nr 2 „Wykaz maszyn, urządzeń i materiałów, które wymagają dopuszczenia do stosowania w zakładach górniczych, do czasu uzyskania certyfikatu na znak bezpieczeństwa, zgodne z przepisami o badaniach i certyfikacji”, w którym wyszczególniono 12 typów maszyn i urządzeń, dla których decyzja o dopuszczeniu do stosowania związana była z certyfikatem bezpieczeństwa, zamiast opinii atestacyjnej.

W zarządzeniu Dyrektora Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji, z dnia 28 marca 1997 r., w ustalonym wykazie wyrobów podlegających obowiązkowi zgłoszenia do certyfikacji na znak bezpieczeństwa i oznaczania tym znakiem, wymienione były tylko wentylatory górnicze (Monitor Polski Nr 22, poz. 215).

Wyżej wymienione dokumenty spowodowały, że producenci wentylatorów górniczych zwracali się z wnioskami o certyfikację swoich wyrobów, a Zakład Badań Atestacyjnych rozpoczął swoją roboczą działalność, jako akredytowana jednostka certyfikująca.

Pierwszy certyfikat był wydany przez Zakład Badań Atestacyjnych w dniu 12 czerwca 2000 r. (rys. 5) w ramach dobrowolnego procesu oceny zgodności zestawu kruszącego.

CENTRUM MECHANIZACJI GÓRNICTWA
KOMAG
Zakład Badań Atestacyjnych

PCBC
23/CW-22/2/98

CERTYFIKAT nr 1/2000

uprawniający do oznaczania wyrobu znakiem bezpieczeństwa

B

Nazwa i adres posiadacza certyfikatu: MIFAMA Spółka Akcyjna ul. Żwirki i Wigury 4, 43-190 Mikołów

Nazwa i adres producenta: jw.

Nazwa wyrobu: ZESTAW KRUSZĄCY

Typ (odmiany): MF-4005

Podstawowe parametry: Wydajność 100 Mg/h; Wymiar nadawy 650×650×600 mm; Pojemność kosza 7 m³; Napięcie zasilania 3×400V/230V/50 Hz

Symbol SIWW: 0761-1; 0953-11

Symbol PKWiU: 29.52.40 – 33.1; 29.14.24 – 30.2

Wyrób spełnia wymagania zawarte w: PN-83/M-47270.05; PN-93/M-46616; PN-83/M-46505; PN-83/M-46615; PN-ISO 7149:1995; PN-83/M-46513; PN-EN 60204-1:1997; PN-N-01256:1994; PN-91/N-01354

Zgodnie ze sprawozdaniem z badań wykonanych przez: w laboratorium dostawcy pod nadzorem jednostki certyfikującej, za zgodą Rady Zarządzającej

Nr i data sprawozdania: 2/99, kwiecień 2000 r.

Prawo do oznaczania w okresie od 12.06.2000 r. do 11.06.2003 r.

dotyczy wyłącznie egzemplarzy wyrobu posiadających identyczne właściwości (parametry) jak przedstawiony do badań wzór (wzory) i odpowiadających wymaganiom określonym powyżej.

Kierownik Zakładu Badań Atestacyjnych

mgr inż. Józef Kaczmarczyk

Gliwice, dnia 12.06.2000 r.

Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG - Zakład Badań Atestacyjnych

Rys.5. Pierwszy Certyfikat wydany przez Zakład Badań Atestacyjnych

Ocena zgodności nie dotyczyła wyrobu przewidzianego do stosowania w zakładach górniczych i dlatego nie podlegał on obowiązkowi dopuszczania do stosowania na podstawie decyzji Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego, W ten sposób dla producenta certyfikat był jedynym dokumentem potwierdzającym spełnienie wymagań bezpieczeństwa.

W omawianym okresie działalności, Zakład Badań Atestacyjnych, zgodnie z ustaleniami dokumentów systemowych, był zobowiązany do publikowania m.in. w „Maszynach Górniczych” wykazu wydanych certyfikatów, spełniając w ten sposób wymagania pkt. 4.8.1 normy PN-EN 45011: „jednostka certyfikująca powinna zapewniać, uaktualniać w regularnych odstępach czasu i udostępniać na życzenie (za pomocą publikacji, mediów elektronicznych lub innych środków) spisu certyfikowanych wyrobów i ich dostawców”.

W ten właśnie sposób, kwartalnik „Maszyny Górnicze”, pełniąc funkcję rozpowszechniania wyżej wymienionych informacji, pozwalał na spełnienie wymagań systemowych jednostki certyfikującej.

5. Okres 2002 – 2004

Przygotowania do akcesji Polski do Unii Europejskiej spowodowały także, że zostało wydane rozporządzenie 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), którego §3 zawierał wymagania, aby decyzja o dopuszczeniu wyrobu do stosowania w zakładach górniczych była wydawana po przedstawieniu certyfikatu zgodności, uzyskanego dla danego wyrobu w trybie certyfikacji obowiązkowej lub dobrowolnej, przewidzianym w przepisach ustawy o badaniach i certyfikacji.

Wyżej wymienione rozporządzenie doceniło kompetencje jednostek certyfikujących akredytowanych już wówczas przez Polskie Centrum Akredytacji, i w ten sposób system zarządzania, zgodny z normą PN-EN 45011, utrzymywany w Zakładzie Badań Atestacyjnych od 1995 roku okazał się przydatny i celowy.

6. Okres od 2004

Integracja Polski z Unią Europejską spowodowała, że zostały przyjęte wszystkie procedury oceny wyrobów na zgodność z wymaganiami zasadniczymi.

Uprawnienia Zakładu Badań Atestacyjnych jako akredytowanej jednostki certyfikującej, ze względu na zakres akredytacji, umożliwiły także uzyskanie statusu jednostki notyfikowanej nr 1456 do realizacji zadań określonych w dyrektywach:

1. 2006/42/WE – dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniająca dyrektywę 95/16/WE (MD) [1],
2. 94/9/WE – dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 marca 1994 r. w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych państw członkowskich, dotyczących urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (ATEX) [2],
3. 2006/95/WE – dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich, odnoszących się do sprzętu elektrycznego przewidzianego do stosowania w określonych granicach napięcia (LVD) [3].

Uzyskane uprawnienia zapewniły kontynuację działalności w zakresie oceny zgodności wyrobów przeznaczonych głównie do stosowania w zakładach górniczych, która została rozpoczęta w roku 1971, początkowo tylko w odniesieniu do maszyn wyciągowych górniczych wyciągów szybowych.

Zakład Badań Atestacyjnych uczestniczy także w ocenie zgodności wyrobów, które na podstawie Art. 113 Ustawy „Prawo Geologiczne i Górnicze” podlegają w dalszym ciągu procedurze dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych, na podstawie decyzji Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego.

Zwiększające się możliwości badawcze laboratoriów akredytowanych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG pozwoliły na rozszerzenie zakresu akredytacji i uzyskanie statusu jednostki notyfikowanej w odniesieniu do dyrektywy:

4. 2009/48/WE – dyrektywa Parlamentu Europejskiego z dnia 18 czerwca 2009 r. w sprawie bezpieczeństwa zabawek (TOYS) [4].

Realizacja celów jakościowych, wynikająca z potrzeb rozwoju świadczonych usług, doprowadziła do wdrożenia systemu zarządzania zgodnego z normą PN-EN ISO/IEC-17021:2007 i uzyskania akredytacji, jako jednostka certyfikująca systemy zarządzania. Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca otrzymał Certyfikat Akredytacji Nr AC 169 w dniu 25 czerwca 2012 r.

Aktualnie Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca wydaje następujące dokumenty w europejskim i krajowym systemie oceny zgodności:

- certyfikaty systemu zarządzania,
- certyfikaty badania typu WE (rys. 5),
- certyfikaty zgodności,
- certyfikaty uprawniające do oznaczania wyrobów znakiem bezpieczeństwa,
- zaświadczenia o przechowywaniu dokumentacji technicznej,
- powiadomienia o zapewnieniu jakości,
- zaświadczenia o zgodności

oraz w krajowym systemie oceny wyrobów podlegających procedurze dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych:

- wyniki badań (rys. 6),
- opinie (rys. 7),

INSTYTUT TECHNIKI GÓRNICZEJ KOMAG
Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice
Jednostka Notyfikowana nr 1456

[1] CERTYFIKAT BADANIA TYPU WE

[2] Urządzenia, systemy ochronne, części i podzespoły przeznaczone do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Dyrektywa 94/9/WE (rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 22.12.2005 r., Dz. U. Nr 263, poz. 2203).

[3] Certyfikat badania typu WE nr: KOMAG 13ATEX0085

[4] Urządzenie: Sygnalizator akustyczny głośnomówiący typu SAG-EX

[5] Producent: ELTEL Sp. z o.o.

[6] Adres: ul. Żaułek 4, 40 – 609 Katowice

[7] Przedmiotowe urządzenie lub system ochrony wraz z zatwierdzonymi jego odmianami opisano w załączniku do niniejszego certyfikatu oraz w wymienionej w nim dokumentacji.

[8] Instytut Techniki Górniczej KOMAG Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca, Jednostka Notyfikowana nr 1456, zgodnie z artykułem 9 Dyrektywy 94/9/WE z dnia 23 marca 1994 r. potwierdza, że urządzenie lub system ochronny, będące przedmiotem niniejszego certyfikatu, spełnia zasadnicze wymagania bezpieczeństwa i ochrony zdrowia dotyczące projektowania i budowy urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, wymienione w Załączniku nr II Dyrektywy 94/9/WE (rozdział 2 rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 22.12.2005 r. Dz. U. Nr 263, poz. 2203).
Wyniki badań i oceny zostały podane w poufnym raporcie z oceny nr RO – 85/W/2013.

[9] Zasadnicze wymagania bezpieczeństwa i ochrony zdrowia zrealizowano poprzez spełnienie odpowiednich wymagań norm: PN-EN 60079-0:2009 (EN 60079-0:2009), PN-EN 60079-11:2012 (EN 60079-11:2012), PN-EN 50303:2004 (EN 50303:2000).

[10] Znak „X" znajdujący się za numerem certyfikatu zwraca uwagę na szczególne warunki stosowania urządzenia lub systemu ochronnego w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, wyszczególnione w załączniku do niniejszego certyfikatu pkt [17].

[11] Niniejszy certyfikat badania typu WE dotyczy jedynie konstrukcji, badań i oceny przedmiotowego urządzenia lub systemu ochronnego zgodnie z Dyrektywą 94/9/WE.
Certyfikat nie obejmuje pozostałych wymagań Dyrektywy, dotyczących procesu produkcji i wprowadzenia na rynek urządzenia lub systemu ochronnego.

[12] Oznaczenie certyfikowanego wyrobu
Oznaczenie wyrobu wynika z Dyrektywy 94/9/WE i powinno zawierać symbole:
I M2/M1 Ex ib/ia I Mb/Ma

Kierownik Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej
mgr inż. Józef Kaczmarczyk

Gliwice, dnia 22 marca 2013 r.

Rys.6. Certyfikat badania typu WE

Instytut Techniki Górniczej
KOMAG
ul. Pszczyńska 37; 44-101 Gliwice
Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca
akredytowana jednostka certyfikująca wyroby Nr AC 023

WYNIKI BADAŃ
Nr 135/AW/2013

Temat: Zintegrowany system sterowania kompleksu wydobywczego wg dokumentacji nr EH-DT 04-363.0 dla Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. KWK „Pniówek"

Dokument przeznaczony jest wyłącznie dla Zleceniodawcy i nie może być bez pisemnej zgody ITG KOMAG powielany inaczej jak w całości

Posiadamy certyfikowany przez PCBC S.A. System zarządzania - certyfikat nr 295/7/2011

Gliwice, kwiecień 2013 r.

Rys.7. Wyniki badań

7. Podsumowanie

Procesy oceny zgodności wyrobów przeznaczonych do stosowania w zakładach górniczych należały zawsze do statutowych zadań Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. Zmieniające się przepisy związane z oceną zgodności powodowały ciągłe zmiany organizacyjne, kompetencyjne wyodrębnionych komórek organizacyjnych, wyznaczonych do realizacji procesów oceny.

Instytut Techniki Górniczej KOMAG z odpowiednim wyprzedzeniem reagował na wymagania przepisów dotyczących oceny zgodności, w każdym okresie swojej działalności, co pozwoliło na pełne uczestniczenie w procesach stanowienia przepisów i norm z tego okresu, także w zakresie wyrobów, które nie są przeznaczone do stosowania w zakładach górniczych.

Literatura

1. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 157/8 z 9.06.2006 r., Tom 49, str. 24-86.
2. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 144; Rozdział 13 Tom 013 P, str. 144-172.
3. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 374 z 27.12.2006 r., str. 10-19.
4. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 170 z 30 czerwca 2009 r. Tom 52.

W artykule wykorzystano skany dokumentów atestacyjnych i certyfikacyjnych znajdujące się w archiwum ITG KOMAG.

Artykuł wpłynął do redakcji w czerwcu 2013 r.