

Współpraca Instytutu Techniki Górniczej KOMAG z producentami maszyn i urządzeń dla górnictwa – osiągnięcia i perspektywy

Streszczenie

Instytut Techniki Górniczej KOMAG prowadzi szeroko zakrojoną działalność zmierzającą do rozwoju bezpiecznych technik i technologii dla górnictwa. W tym zakresie partnerami instytutu są producenci oraz użytkownicy maszyn i urządzeń, jednostki naukowe oraz organy nadzoru górniczego. W artykule zaprezentowano wybrane przykłady innowacyjnych rozwiązań opracowanych zarówno z producentami zgromadzonymi w dużych grupach kapitałowych, jak i z małymi i średnimi firmami. Przedstawiono kierunki przyszłościowych prac badawczych mających na celu poprawę bezpieczeństwa pracy w górnictwie.

Summary

Activities of the KOMAG Institute of Mining Technology aim at development of safe technologies for the mining industry. Manufacturers and users of machines and equipment, scientific centres and mining supervisory authorities are the Institute partners in this range. Selected examples of innovative solutions realized both with manufacturers assembled in big capital groups and SMEs were presented in the paper. Directions of future research work aiming at improvement of work safety in the mining industry were given.

1. Wprowadzenie

Rozwój środków technicznych zapewniających bezpieczeństwo pracy oraz bezpieczeństwo środowiskowe jest wynikiem realizacji prac badawczych i rozwojowych ukierunkowanych na opracowanie innowacyjnych rozwiązań. Proces ten jest zwykle poprzedzony pracami analitycznymi, w tym w ramach projektów typu foresight. W zakresie technologii i technik dla górnictwa węгля kamiennego prace analityczno-badawcze przeprowadzono między innymi w projekcie pt.: „Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego” [1, 2].

Do podstawowych czynników warunkujących rozwój nowoczesnego górnictwa węгля kamiennego w Polsce zaliczono:

- prowadzoną politykę legislacyjną i ekonomiczną państwa,
- gospodarkę zasobami węgla kamiennego,
- posiadane i stosowane technologie eksploatacji pokładów węgla, technologie mechanizacyjne, automatyzację i informatyzację w górnictwie,
- bezpieczeństwo pracy, zwłaszcza w kontekście zagrożeń naturalnych,
- systemy przeróbki mechanicznej węgla, gwarantujące wysoką jakość produktu i konkurencyjną cenę.

W projekcie wyłoniono również główne kierunki prac badawczych z zakresu technologii mechanizacji [1, 2], tj.:

- zautomatyzowane technologie eksploatacji węgla maszynami o dużej wydajności,

- zintegrowane systemy mechanizacyjne do drążenia wyrobisk korytarzowych,
- systemy nowoczesnego transportu z napędem własnym, eliminujące przeładunek na drogach transportu,
- urządzenia transportu pionowego z nowoczesnymi układami sterującymi,
- zautomatyzowana technologia eksploatacji technika strugową o dużej efektywności.

W opracowanych scenariuszach podkreślono, że rozwój technologiczny jest uzależniony, w znacznym stopniu, od potencjału badawczego i technicznego, poziomu innowacyjności rozwiązań, gotowości wdrożeniowej oraz dynamiki i efektywności transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki.

Opracowywane techniki i technologie charakteryzuje często inercja wdrożeniowa, będąca wynikiem czynników prawnych, procesów certyfikacyjnych i szkoleniowych oraz mentalności pracowników. Często występują również czynniki pozamerytoryczne np.: działania lobbystyczne.

Opracowując nowatorskie, innowacyjne rozwiązania techniczne, o „skokowym” rozwoju w danym obszarze wiedzy, zawsze uzyskuje się jednak docelowo przewagę konkurencyjną.

ITG KOMAG prowadzi szeroko zakrojoną działalność zmierzającą do rozwoju bezpiecznych technik i technologii dla górnictwa. W tym zakresie partnerami Instytutu są producenci oraz użytkownicy maszyn i urządzeń, jednostki naukowe, instytuty oraz jednostki nadzoru górniczego.

W niniejszym artykule zaprezentowano wybrane przykłady prowadzonych prac badawczych i wdrożeniowych innowacyjnych rozwiązań, realizowanych zarówno z producentami zgromadzonymi w dużych grupach kapitałowych, jak i z małymi i średnimi przedsiębiorstwami.

2. Przykłady innowacyjnych rozwiązań opracowanych w Instytucie KOMAG

2.1. Powietrzno-wodne systemy zraszania dla kombajnów ścianowych i chodnikowych

Metoda mechanicznego urabiania jest dominującą w procesach eksploatacji w systemie ścianowym oraz systemie drążenia wyrobisk korytarzowych. Skutkiem mechanicznego urabiania są m.in. zagrożenia:

- pyłowe, mogące być przyczyną wybuchu pyłu oraz chorób zawodowych (pylica) pracowników,
- wybuchu metanu i/lub pyłu węglowego.

W celu ograniczenia wyżej wymienionych zagrożeń w KOMAG-u opracowano innowacyjne rozwiązania powietrzno-wodnych systemów zraszania dla kombajnów ścianowych i chodnikowych [7].



Rys.1. Kurtyna powietrzno-wodna na kombajnie ścianowym KSW-460NE [7]

Istota rozwiązania powietrzno-wodnej instalacji dla kombajnów ścianowych (rys. 1), polega na zastosowaniu dwóch systemów zraszania:

- zewnętrznego, zabudowanego na ramionach kombajnu układu dysz, wytwarzających izolującą od otoczenia kurtynę powietrzno-wodną wokół każdego z organów urabiających,
- wewnętrznego, zraszającego powietrzno-wodnymi strumieniami z dysz osadzonych w uchwytych nożowych, rozmieszczonych na płatach i tarczy ociosowej organów urabiających.

Rozwiązanie instalacji powietrzno-wodnej dla kombajnu chodnikowego (rys. 2) polega na zastosowaniu ośmiu baterii zraszających, rozmieszczonych symetrycznie na obwodzie wysięgnika kombajnu. Zabudowane dwuczynnikowe dysze zraszające izolują strumieniami przestrzeń roboczą organu urabiającego, wy-

tworząc wokół niego szczelną kurtynę powietrzno-wodną.



Rys.2. Kurtyna powietrzno-wodna na kombajnie chodnikowym R-200 [7]

W celu określenia skuteczności działania instalacji zraszających poddano je badaniom w Kopalni Doświadczalnej „Barbara” Głównego Instytutu Górnictwa (rys. 3).



Rys.3. Badania kurtyny powietrzno-wodnej kombajnu chodnikowego na stanowisku badawczym w Kopalni Doświadczalnej „Barbara” Głównego Instytutu Górnictwa [7]

Przeprowadzane badania wykazały pełną skuteczność gaszenia płomieni oraz wysoką skuteczność w redukcji zapylenia całkowitego oraz respirabilnego.

Główną zaletą powietrzno-wodnych instalacji zraszających jest niskie ciśnienie wody oraz sprężonego powietrza, ale przede wszystkim zmniejszone zużycie wody (nawet 2-3 krotnie mniejsze w kombajnach chodnikowych), w stosunku do standardowo stosowanych instalacji zraszania wodnego. System ten zapewnia również równomierne rozdrobnienie kropeł wody w strumieniach powietrzno-wodnych wyrzucanych przez dysze, co ma istotne znaczenie w aspekcie skuteczności ograniczania tłumienia zapłonu i strącania pyłu powstającego w procesie urabiania.

Opracowane rozwiązanie powietrzno-wodnego systemu zraszania wdrożono w kombajnach ścianowych produkowanych przez Zabrzezańskie Zakłady Mechaniczne S.A. oraz kombajnach chodnikowych produkowanych przez REMAG S.A.

2.2. Innowacyjne rozwiązania urządzeń transportowych z napędem spalinowym

Podstawowym systemem transportu maszyn, urządzeń i materiałów i skały płonnej oraz przewozu ludzi w polskim górnictwie węgla kamiennego jest kopalniana kolej podziemna.

Do ciągnięcia wozów kopalnianej kolei podziemnej stosowane są lokomotywy:

- elektryczne przewodowe (z zewnętrznym źródłem zasilania),
- elektryczne akumulatorowe (z wewnętrznym źródłem zasilania),
- spalinowe (zasilane silnikami wysokoprężnymi).

W transporcie oddziałowym stosowane są koleje szynowe podwieszone oraz spagowe.

Analiza przyczyn wypadków w polskich kopalniach węgla kamiennego wykazuje, że ponad 50% występujących wypadków związanych jest z procesem transportu. W celu zwiększenia bezpieczeństwa pracy systemów transportowych w KOMAG-u podjęto prace badawcze zmierzające do opracowania i wdrożenia nowoczesnych środków transportu (z napędem własnym), zastępujących szeroko stosowany dotychczas transport linowy, cechujący się szeregiem wad, tj.:

- brak wizualnego kontaktu pracownika obsługującego napęd z zestawem transportowym,
- możliwość niekontrolowanego zerwania liny ciągnącej,
- konieczność stałych nakładów na konserwację liny oraz zespół rolek prowadzących linę na trasie jezdnej.

W ramach prowadzonej współpracy KOMAG-u z polskimi producentami maszyn i urządzeń dla górnictwa powstało szereg rozwiązań urządzeń transportowych zasilanych silnikami spalinowymi, w tym:

- Lokomotywa dołowa spalinowa – Lds-100K-EMA,
- Podwieszony ciągnik spalinowy – PIOMA CS 80,
- Lokomotywa dołowa spalinowa – PIOMA LDS 80,
- Spalinowa kolej spagowa – PIOMA-VACAT,
- Szynowa kolej podziemna – SKZ-81.

Wszystkie wyżej wymienione urządzenia przeznaczone są do eksploatacji w podziemnych wyrobiskach potencjalnie zagrożonych wybuchem i spełniają wymagania unijnych dyrektyw: maszynowej i ATEX.

Wybrane przykłady wdrożonych lokomotyw spalinowych przedstawiono poniżej.

2.2.1. Lokomotywa dołowa spalinowa Lds-100K-EMA

Lokomotywa dołowa spalinowa Lds-100K-EMA (rys. 4) powstała w wyniku współpracy KOMAG-u z fir-

mą ENERGOMECHANIK sp. z o.o. Jest to lokomotywa jednobryłowa, z mechaniczną transmisją momentu obrotowego z silnika spalinowego na koła jezdne. Układ napędowy tworzy silnik spalinowy, który poprzez przekładnię hydrokinetyczną oraz przekładnię rewersyjną napędza przednią oraz tylną przekładnię kątową. Wały główne przekładni kątowych są jednocześnie osiami zestawów kołowych.

Lokomotywa wyposażona jest w elektroniczny system nadzoru parametrów pracy. Silnik jest wyłączany przy zaniku ciśnienia oleju smarującego oraz przy braku ciśnienia w układzie hamulcowym, jak również w przypadku przekroczenia temperatur: cieczy chłodzącej silnik, spalin wylotowych i oleju w układzie hydraulicznym [4]. Lokomotywę wdrożono w KWK „Borynia” i KWK „Jankowice”.



Rys.4. Lokomotywa Lds-100K-EMA [5]

2.2.2. Lokomotywa dołowa spalinowa PIOMA LDS 80

Lokomotywa PIOMA LDS 80 (rys. 5), powstała w wyniku współpracy ITG KOMAG i FMG PIOMA S.A. Jest to lokomotywa z hydrauliczną transmisją momentu obrotowego wytwarzanego przez silnik spalinowy na koła jezdne. Przy masie własnej 15 ton pozwala na ciągnięcie składów pociągowych o masach przekraczających 150 ton.

Lokomotywa zbudowana jest z trzech modułów połączonych ze sobą w sposób umożliwiający wzajemne przemieszczanie względem osi przegubów.

Napęd na koła przenoszony jest z silnika hydraulicznego poprzez przekładnię zębatą. W napędzie zastosowano przekładnię hydrostatyczną, która pełni jednocześnie rolę hamulca manewrowego. Pierwsze egzemplarze lokomotywy wdrożono w Kopalni LW „Bogdanka”. Dotychczasowe doświadczenia eksploatacyjne potwierdziły założenia projektowe w zakresie efektywności lokomotywy w transporcie długich zestawów towarowych na głównych wyrobiskach transportowych [4].



Rys.5. Lokomotywa dołowa spalinowa PIOMA LDS 80 [5]

2.3. Zeroemisyjne napędy urządzeń transportowych dla górnictwa podziemnego

Pomimo wielu zalet, podziemne urządzenia transportowe z napędami spalinowymi charakteryzują się wieloma ograniczeniami, tj.: emisja toksycznych składników spalin oraz zwiększona ilość ciepła przenoszona do atmosfery kopalnianej.

Rozwój komponentów elektrycznych dostosowanych do eksploatacji w podziemiach kopalń stworzył możliwość budowy systemów transportu z napędem elektrycznym, zasilanych z własnych źródeł. Jest to ekologiczna alternatywa w stosunku do stosowanych obecnie napędów spalinowych.

W ostatnim okresie w Instytucie KOMAG opracowano innowacyjne rozwiązanie napędu elektrycznego do podziemnych lokomotyw zasilanych z trakcji elektrycznej. Aktualnie prowadzone są prace badawczo-rozwojowe nad opracowaniem nowoczesnego, technicznie zaawansowanego, napędu elektrycznego zasilanego z baterii akumulatorów. Pierwszą aplikacją przemysłową urządzenia transportowego z napędem akumulatorowym jest podwieszony ciągnik akumulatorowy typu PCA-1 (rys. 6).

2.3.1. Podwieszany ciągnik typu PCA-1

Podwieszany ciągnik akumulatorowy jest przewidziany do prac manewrowych prowadzonych w podziemnych wyrobiskach zagrożonych wybuchem. Kon-

strukcję układu zasilania i sterowania zaprojektowano w sposób umożliwiający doładowanie baterii akumulatorów również w miejscach zagrożonych atmosferą wybuchową. Możliwe jest dostosowanie ciągnika do wymagań użytkowników m.in. poprzez współpracę z wciągnikami z napędem ręcznym lub z napędem elektrycznym [5]. Producentem ciągnika PCA-1 jest firma HELLFEIER sp. z o.o.

2.3.2. Prace badawcze nad napędem akumulatorowym do lokomotyw kopalnianej kolei podziemnej

W ITG KOMAG podjęto również prace badawcze mające na celu opracowanie, wykonanie i przebadanie mechatronicznego układu napędowego do pojazdu szynowego przeznaczonego do eksploatacji w podziemnych wyrobiskach górniczych zagrożonych wybuchem.

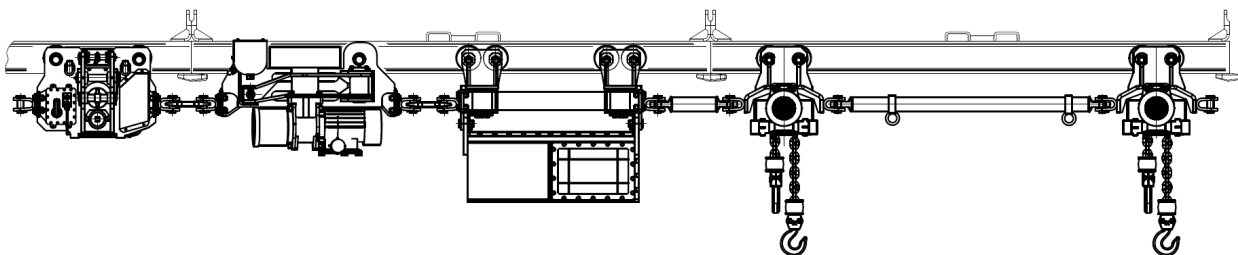


Rys.7. Model napędu z silnikiem z magnesami trwałymi prądu przemiennego na stanowisku badawczym [7]

Opracowano modelowe rozwiązania napędu zasilanego z baterii akumulatorów z silnikami:

- prądu stałego,
- indukcyjnym prądu przemiennego,
- bezszczotkowym z magnesami trwałymi.

Przed przystąpieniem do wykonania fizycznych modeli wykonano symulacje komputerowe, podczas których analizowano warunki pracy odpowiadające rzeczywistym (nachylenie trasy, obciążenie). Następnie po wykonaniu modeli, przeprowadzono badania laboratoryjne na stanowisku badawczym (rys. 7).



Rys.6. Podwieszany ciągnik akumulatorowy PCA-1 [5]

Symulacje komputerowe oraz badania na stanowisku badawczym odwzorowującym rzeczywisty cykl pracy napędu potwierdziły wysoką sprawność energetyczną i efektywność działania w czasie hamowania silnika z magnesami trwałymi prądu przemiennego [6].

2.3.3. Lokomotywa dołowa Ld-31 EM

Lokomotywa dołowa elektryczna Ld-31EM (rys. 8), jest przeznaczona do prac transportowych i przewozowych w wyrobiskach podziemnych ze stopniem „a” niebezpieczeństwa wybuchu metanu, w których prędkość prądu powietrza jest nie mniejsza niż 1m/s.

Lokomotywa jest konstrukcją jednobryłową, z kabiną operatora usytuowaną w środkowej części maszyny. Kabinę lokomotywy zaprojektowano z uwzględnieniem ergonomicznych wymogów stanowiska pracy operatora. Mikroprocesorowy system sterowania umożliwia jazdę lokomotywy ze zmienną prędkością, w zależności od rodzaju transportu. Sterowanie lokomotywy może być realizowane z kabiny oraz opcjonalnie, z prędkością manewrową, zdalnie (radiowo), spoza kabiny.

Do napędu lokomotywy wykorzystano bezszczotkowy silnik z magnesami trwałymi zasilany z przekształtników energoelektrycznych. Każdy zestaw kołowy napędzany jest niezależnie, co umożliwia jazdę lokomotywy w przypadku awarii jednego z napędów. Lokomotywa Ld-31EM posiada elektryczny hamulec manewrowy o działaniu proporcjonalnym oraz sprężynowy hamulec awaryjno-postojowy. W przypadku wykrycia przez system nieprawidłowości mających wpływ na bezpieczeństwo, następuje samoczynne zahamowanie lokomotywy [8]. Producentem lokomotywy jest firma ENERGOMECHNIK sp. z o.o.



Rys.8. Lokomotywa Ld-31EM [9]

3. Kierunki przyszłościowych prac badawczych

W zakresie bezpieczeństwa pracy w górnictwie KOMAG prowadzi współpracę z jednostkami naukowo-badaw-

czymi, uczelniami i przedsiębiorstwami, między innymi w ramach programów badawczych wspieranych przez UE.

Tematyka projektów badawczych z zakresu bezpieczeństwa pracy dotyczy:

- Systemu Inteligentnych środków ochrony osobistej przeznaczonych dla personelu wykonującego pracę w złożonych środowiskach o wysokim ryzyku. Wyniki projektu znajdują zastosowanie w ratownictwie górniczym i chemicznym oraz straży pożarnej. Przeprowadzone dotychczasowe prace identyfikujące wymagania użytkowników systemu (ratowników) określiły parametry techniczne jakie muszą spełniać poszczególne elementy systemu w świetle obowiązujących przepisów.
- Inteligentnego układu drażenia chodników. Opracowywane są narzędzia i metody zwiększające bezpieczeństwo pracy podczas drażenia wyrobisk korytarzowych kombajnami chodnikowymi. W celu automatyzacji procesu urabiania opracowano układ rejestracji wybranych parametrów pracy kombajnu chodnikowego oraz osłony kroczącej, przemieszczającej się za kombajnem.
- Interakcji górnik-informacja celem poprawy utrzymania ruchu maszyn i bezpieczeństwa z wykorzystaniem technologii Wzmocnionej Rzeczywistości. W ramach dotychczasowych prac dokonano predykcji uszkodzeń kombajnu ścianowego oraz opracowano zaawansowane metody dostarczania informacji operatorom maszyn. Opracowane narzędzia informatyczne będą zastosowane w procesie szkoleń użytkowników maszyn w warunkach rzeczywistych.
- Minimalizacji ryzyka i ograniczania wpływu pożaru i wybuchu w podziemnym górnictwie węgla kamiennego. W ramach dotychczasowych prac opracowano koncepcję systemu gaszenia pożarów i wybuchów metanu lub pyłu węglowego.
- Zwiększenia niezawodności transportu w kopalniach. Opracowano narzędzia programowe dla projektantów, operatorów i serwisantów systemów transportowych (kolejek podwieszonych), w tym System Wspomagania Obliczeń Trakcyjnych oraz System Szkoleń. Prototypy systemów poddano testom w warunkach rzeczywistych na przykładzie kolejki podwieszanej. Wyniki testów umożliwiły rozpoczęcie procesu komercjalizacji opracowanych narzędzi.

4. Podsumowanie

Przedstawione przykłady prowadzonych prac badawczych oraz wdrożeń innowacyjnych rozwiązań są wynikiem współpracy ITG KOMAG z producentami oraz z użytkownikami maszyn i urządzeń dla gór-

nictwa. Ich celem jest zwiększenie efektywności pracy systemów mechatronicznych, przy jednoczesnej poprawie bezpieczeństwa pracy. Osiągnięcie wyżej wymienionych celów będzie możliwe dzięki zastosowaniu nowoczesnych napędów z układami inteligentnego sterowania, monitoringu i diagnostyki.

Rozwój kolei podwieszonych i spągowych z napędem własnym, o zwiększonej sile uciągu, determinować będzie zwiększenie nośności i trwałości jezdni szynowych, poprzez wzmocnienie profili szyn jezdnych i wprowadzenie nowych typów zawiesi [1].

Prowadzone w ITG KOMAG prace badawcze z obszaru technologii przyrostowych i wyłaniających się dotyczą opracowania i wdrożenia systemów mechatronicznych oraz inteligentnych maszyn dostosowanych do pracy w warunkach kontrolowanych zagrożeń i dążeń do zwiększenia bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego.

Literatura

1. Jaszczuk M., Kozieł A.: Scenariusze rozwoju technologicznego mechanizacji podstawowych procesów technologicznych w górnictwie węgla kamiennego. Monografia nr 1 Seria: Innowacyjne Techniki i Technologie Mechanizacyjne. KOMAG Gliwice, 2008.
2. Kozieł A., Mazurkiewicz T.: Technological Development of Hard Coal Mining Industry in Eksperts Assessment 33-41 Mineral Resources Management – Quarterly Volume 24 – Issue ½. Polish Academy of Sciences – Committee of Mineral Economy Sustainable Development 2008, Kraków.
3. Kozieł A., Malec M., Kłeczek Z.: 60 lat działań Instytutu Techniki Górniczej KOMAG na rzecz rozwoju przemysłu maszyn górnictwa. Maszyny Górnicze 3-4/2010. ITG KOMAG, Gliwice 2010.
4. Brzeziński M., Pieczora E., Kaczmarczyk K.: Solutions of diesel for use in underground workins of hard coal mine. Combusion Engines, No. 3/2010 (142).
5. Kaczmarczyk K., Budzyński Z.: Ciągnik akumulatorowy PCA-1 do prac transportowych w wyrobiskach korytarzowych, Maszyny Górnicze nr 3/2011. ITG KOMAG, Gliwice 2011.
6. Budzyński Z., Gąsior S., Niedworok A., Polnik B.: Badania wybranych rozwiązań napędu górniczej lokomotywy akumulatorowej. Zeszyty Problemowe. Maszyny elektryczne nr 91/3/2011 KOMEL 2011.
7. Pieczora E., Prostański D., Bałaga D., Rojek P.: Air-water sprinkling – cheaper, comfortably and safely. Zraszanie powietrzno-wodne – taniej, wygodnie, bezpiecznie. Materiały na konferencję: 33rd Conference of Safety in Mines Research Institutes, Wisła, September 15-18, 2009. Gór. Śr., Pr. Nauk. GIG 2009 nr 3/1.
8. Pieczora E., Budzyński Z., Deja P.: Nowoczesne rozwiązanie napędu z silnikami z magnesami trwałymi przeznaczonymi dla lokomotywy dołowej Ld-31EM. Materiały na konferencję: EMTECH 2011 – Zasilanie, informatyka techniczna i automatyka w przemyśle wydobywczym. Zawiercie, 11-13.05.2011r. ITI EMAG (materiały elektroniczne).

*Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.
Recenzent: prof.dr hab.inż. Adam Klich*

Akredytowane badania dla górnictwa wykonywane w Laboratorium Badań ITG KOMAG

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono zakres akredytowanych badań dla górnictwa, w tym: sekcji obudowy zmechanizowanej i jej elementów, elementów obudowy chodnikowej, stojaków ciernych oraz przewodów i rurociągów. Scharakteryzowano poszczególne badania oraz opisano stanowiska badawcze. Przedstawiony obszar badawczy jest wynikiem inwestycji w rozwój infrastruktury badawczej związanej nie tylko z oceną wyrobów w obszarze zgodności, ale także oceną jakości wyrobów na poziomie dostaw.

Summary

Range of accredited tests for the mining industry, including the tests of: powered roof support and its components, components of roadway support, frictional legs as well as wires and pipelines, was presented in the paper. Each test was characterized and stand tests were described. That research area is a result of the investment in the research infrastructure associated not only with assessment of products as regards conformity, but also with assessment of products quality on delivery.

1. Wprowadzenie

Podstawowym instrumentem prawnym harmonizacji wymagań w zakresie bezpieczeństwa użytkowania wszelkich wyrobów są dyrektywy oraz normy europejskie, które są kluczowym elementem Jednolitego Rynku Europejskiego.

Przykładowo górnictwą obudowę zmechanizowaną zakwalifikowano do urządzeń o zwiększonym ryzyku występowania zagrożeń, wymagających szczególnego postępowania przed ich wprowadzeniem do stosowania, co zawarto w Dyrektywie Maszynowej 2006/42/WE. Powyższa dyrektywa ujmuje jedynie podstawowe wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej, natomiast szczegółowe wymagania odniesiono do grupy norm europejskich zharmonizowanych z dyrektywą.

Tak więc, w przypadku górnictwej obudowy zmechanizowanej, w zakresie wymagań trzech norm zharmonizowanych określanych mianem norm typu C, poprzez tzw. domniemanie zgodności, można wykazać spełnienie wymagań zasadniczych ujętych w Dyrektywie Maszynowej.

Ze wspomnianej grupy norm w Polsce wdrożono do stosowania PN-EN 1804-1+A1:2010, PN-EN 1804-2+A1:2010 i PN-EN 1804-3+A1:2010, które dotyczą sekcji obudowy zmechanizowanej, hydraulicznych elementów wykonawczych i zaworów hydraulicznych.

Laboratorium Badań wykonując akredytowane badania według wyżej wymienionych norm uczestniczy także w procesie oceny zgodności.

Oprócz akredytowanych badań sekcji obudowy zmechanizowanej, hydraulicznych elementów wykonawczych i zaworów hydraulicznych, Laboratorium Badań prowadzi także akredytowane badania elementów obudowy chodnikowej, stojaków ciernych, prze-

wodów i rurociągów oraz wykonuje pomiary szeregu wielkości mechanicznych.

2. Infrastruktura badawcza

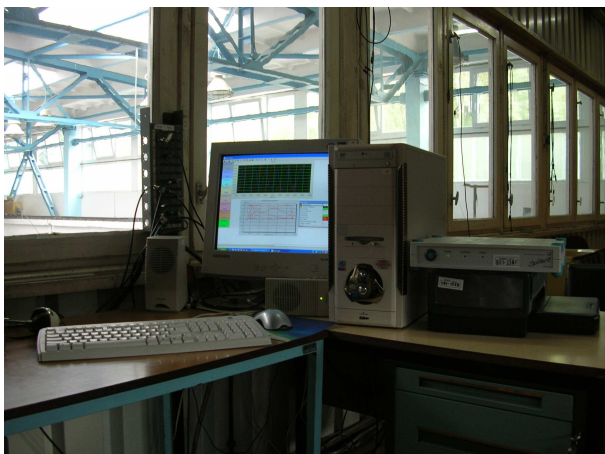
Realizacja badań stosowanych zmierzających do opracowania i wdrożenia maszyn oraz urządzeń, z uwzględnieniem poprawy bezpieczeństwa pracy w podziemiach kopalń, możliwa jest dzięki ciągle rozwijanej i doskonalonej infrastrukturze badawczej oraz nowoczesnej aparaturze pomiarowej (rys. 1, 2, 3, 4, 5, 6).

Laboratorium posiada kilka stanowisk badawczych, które umożliwiają wyznaczanie wytrzymałości elementów sekcji obudowy zmechanizowanej oraz sprawdzanie funkcjonalności i kinematyki kilku sekcji.

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

Stanowisko do badań funkcjonalności sekcji obudowy zmechanizowanej (rys. 3) ma możliwość obciążania sekcji siłą do 10 MN, przy maksymalnym kącie wychyłu stanowiska do 90°.

Maksymalna odległość między spągami, a sztucznym stropem wynosi 4 m. Powierzchnia stropu wynosi 5x7,2 m, co umożliwia wykonywanie badań parametrów kinematycznych zestawów trzech sekcji obudowy zmechanizowanej o podziałce 1,5 m, współpracujących z przenośnikiem ścianowym.



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



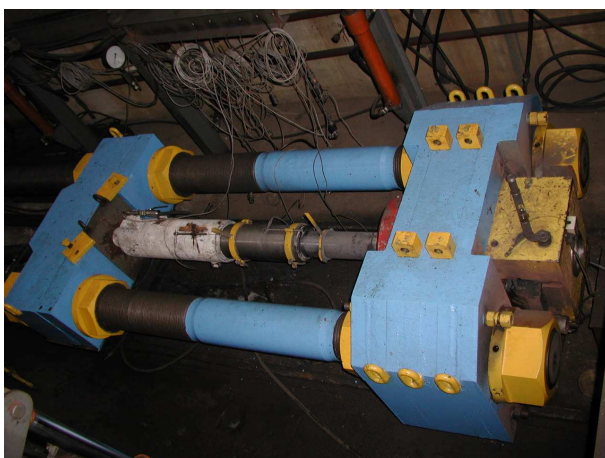
➔ Rys.2. Stanowisko do badań wytrzymałości sekcji obudowy zmechanizowanej [fot. KOMAG]



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



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



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



Rys.6. Stanowisko do badań siatek okładzinowych [fot. KOMAG]

Stanowisko do badań wytrzymałościowych elementów maszyn i urządzeń górniczych (rys. 4) umożliwia prowadzenie badań statycznych i pulsacyjnych zespołów elementów obudowy zmechanizowanej, w tym elementów hydrauliki siłowej, tj.: stojaki, podpory i siłowniki pomocnicze, podlegających obciążeniom rozciągającym, ściskającym lub zginającym.

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

Stanowisko do badań siatek okładzinowych (rys. 6) umożliwia badanie siatek okładzinowych o szerokości do 1000 mm i długości do 2500 mm. Obecnie według normy PN-G-15050:1996 maksymalna szerokość siatki nie powinna być większa od 500 mm, a stosowne długości nie przekraczać 1500 mm. Konstrukcja stanowiska umożliwia realizację badań również innych elementów o wymiarach do 2500x1020x450 i sile obciążającej do 220 kN.

3. Zakres akredytowanych badań

Szeroki zakres akredytowanych badań oferowanych przez Laboratorium Badań ITG KOMAG jest efektem inwestycji w rozwój infrastruktury badawczej oraz prac dotyczących opracowania metod i procedur badawczych. Jest również odpowiedzią na potrzeby rynkowe i zainteresowania klientów badaniami związanymi nie tylko z oceną wyrobów w obszarze zgodności, ale także oceną jakości wyrobów na poziomie dostaw.

Laboratorium Badań posiada akredytację Polskiego Centrum Akredytacji Nr AB 039, która obejmuje między innymi, badania i pomiary:

- sekcji obudowy zmechanizowanej według normy PN-EN 1804-1+A1:2010,
- hydraulicznych elementów wykonawczych według normy PN-EN 1804-2+A1:2010,
- zaworów hydraulicznych według normy PN-EN 1804-3+A1:2010,
- szczelności i wytrzymałości przewodów hydraulicznych według norm PN-EN ISO 1402:2010 i PN-G-32010:1997,
- hydraulicznych rurociągów przesyłowych, ich elementów i armatury według normy PN-G-44001:1998.

3.1. Badania sekcji obudowy zmechanizowanej

Badania sekcji obudowy zmechanizowanej na zgodność z wymaganiami bezpieczeństwa według punktów 5.1 do 5.3.7 normy **PN-EN 1804-1+A1:2010** obejmują określenie wytrzymałości statycznej elementów sekcji obudowy, zmęczenia elementów sekcji obudowy, zespołów stropnic przednich sekcji obudowy, statycznej zaczepów transportowych oraz podatności sekcji obudowy, wytrzymałości statycznej mocowań stojaków i siłowników sekcji obudowy i wyposażenia dodatkowego sekcji obudowy.

3.2. Badania hydraulicznych elementów wykonawczych

Badania hydraulicznych elementów wykonawczych sekcji obudowy zmechanizowanej na zgodność z wymaganiami bezpieczeństwa według punktów 5.1 do 5.11 normy **PN-EN 1804-2+A1:2010** obejmują:

- ogranicznik wysuwu, podatność, przeciążenie statyczne, przeciążenie dynamiczne,
- szczelność, próbę na zginanie, trwałość, próbę funkcjonalności, zaczepy transportowe.

3.3. Badania zaworów hydraulicznych

Badania zaworów hydraulicznych na zgodność z wymaganiami bezpieczeństwa według punktów 5.1 do 5.5 normy PN-EN 1804-3+A1:2010 prowadzone są w zakresie: szczelności, funkcjonalności wytrzymałości statycznej, wytrzymałości zmęczenia, udarowości.

3.4. Badania przewodów hydraulicznych

Badania przewodów hydraulicznych realizowane są w zakresie:

- sprawdzenia podstawowych wymiarów przewodów hydraulicznych i cechowania,
- sprawdzenia szczelności przewodów hydraulicznych według pkt. 4.6 normy PN-G-32010:1997,
- badania pod ciśnieniem próbnym według pkt. 7.1 normy PN-EN ISO 1402:2001,
- sprawdzenia wytrzymałości przewodów hydraulicznych według pkt. 4.7 normy PN-G-32010:1997,
- badania ciśnienia rozrywającego według pkt. 7.3 normy PN-EN ISO 1402:2001.

3.5. Badania hydraulicznych rurociągów przesyłowych, ich elementów i armatury

Zakres badań zgodny jest z normą PN-G-44001:1998 i obejmuje: sprawdzenie wymiarów, cechowania oraz szczelności i wytrzymałości poszczególnych elementów.

3.6. Badania stojaków ciernych

Badania stojaków ciernych realizowane są zgodnie z normą PN-G-15533:1997.

Zakres badań, w którym czynnikiem oporowym przy zsuwie, określającym wielkość przenoszonej siły po-

osiowej, jest tarcie pomiędzy powierzchniami ciernymi części stojaka obejmuje: sprawdzenie wymiarów, jakości wykonania i cechowania, sprawdzenie podporności nominalnej i podporności szczytowej i nieosiowej.

3.7. Badania strzemion kabłąkowych i dwujarzmowych

Zakres badań strzemion kabłąkowych i dwujarzmowych zgodny jest z normami PN-G-15000/10 i PN-G-15000/11 obejmuje badania wytrzymałości jarzma dolnego i jarzma górnego na zginanie, badania wytrzymałości śruby prostej na rozciąganie, próbę obciążania nakrętki, próbę obciążania śruby kabłąkowej, wyznaczenie charakterystyki pracy złącza przy osiowym ściskaniu próbki, próbę statycznego zginania złącza.

3.8. Badania rozpór stalowych dwustronnego działania

Rozpory stalowe mają zastosowanie w odrzwiach obudów korytarzowych i komorowych wyrobisk górniczych są badane zgodnie z normą PN-G-15000-7:1996. Badania obejmują sprawdzenie: połączenia rozpory z odrzwiami obudowy, stabilności wzdłużnej, poprzecznej i prostopadłej rozpory, stabilności rozpory, geometrycznych wymiarów rozpór, nośności wzdłużnej oraz poprawności cechowania.

3.9. Badania siatek okładzinowych

Zakres badań siatek okładzinowych, zgrzewanych punktowo z prętów stalowych, zgodny jest z normą PN-G-15050:1996 i obejmuje między innymi sprawdzenie: wymiarów, jakości powierzchni, stosowanego materiału, sprawdzenie wytrzymałości na zginanie.

3.10. Pomiary wielkości mechanicznych

Laboratorium Badań wykonuje również pomiary następujących wielkości mechanicznych według proce-

dury PB-DLB2-09; dotyczące pomiaru: wydłużenia względnego, przemieszczenia, ciśnienia, siły, natężenia przepływu cieczy.

4. Podsumowanie

Laboratorium Badań ITG KOMAG posiada akredytację Polskiego Centrum Akredytacji potwierdzającą jego wysokie kompetencje techniczne (AB 039), co zapewnia niezależne, bezstronne i rzetelne wykonywanie badań udokumentowane wdrożonym zintegrowanym systemem zarządzania, zgodnym z wymaganiami norm: PN-EN ISO 9001:2009 i PN-EN ISO/IEC 17025:2005.

Wysoką jakość usług gwarantuje wyspecjalizowana kadra z kwalifikacjami potwierdzonymi odpowiednimi dokumentami.

Warto podkreślić, iż szeroki zakres akredytowanych badań oferowanych przez Laboratorium Badań ITG KOMAG jest związany nie tylko z oceną wyrobów w obszarze zgodności, ale także z oceną jakości wyrobów na poziomie dostaw.

Realizacja prac badawczych zmierzających do opracowania i wdrożenia maszyn i urządzeń, z uwzględnieniem poprawy bezpieczeństwa pracy w podziemiach kopalń możliwa jest dzięki ciągle rozwijanej i doskonalonej bazie badawczej oraz aparaturze pomiarowej.

Corocznie laboratorium podlega ocenie przez jednostkę akredytującą, w ramach której sprawdzana jest skuteczność systemu zarządzania jakością oraz warunki kontraktu i kompetencje techniczne.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.

Recenzent: dr inż. Antoni Kozieł

Prace badawcze Laboratorium Badań Stosowanych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG na rzecz innowacyjnych rozwiązań dla gospodarki

Streszczenie

W artykule przedstawiono działania Laboratorium Badań Stosowanych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG na rzecz innowacyjnych rozwiązań dla gospodarki. Laboratorium wpisuje się w dwa ważne obszary strategiczne KOMAG-u: rozwój potencjału badawczego oraz rozwój naukowy pracowników. Zaprezentowano zakres działalności Laboratorium Badań Stosowanych, zwracając szczególnie uwagę na modernizację infrastruktury badawczej, możliwości badawcze oraz obszary działania. Podano przykłady podejmowanych w Laboratorium prac badawczo-rozwojowych.

Summary

Activity of the Laboratory of Applied Tests at the KOMAG Institute of Mining Technology for innovative solutions for economy was presented in the paper. The Laboratory covers the following two important KOMAG's strategic areas: development of research potential and scientific development of the personnel. Range of activity of the Laboratory of Applied Tests was presented with special attention paid to modernization of research infrastructure, testing possibilities and areas of activity. Examples of R&D work undertaken at the Laboratory were given.

1. Wprowadzenie

Laboratorium Badań Stosowanych powstało w 2001 roku i miało za zadanie stanowić zaplecze badawcze dla realizacji prac naukowych oraz konstrukcyjnych prowadzonych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG. Początkowym głównym obszarem działania były pomiary wielkości mechanicznych, hydraulicznych oraz pneumatycznych. Wykonywano także szereg specjalistycznych badań obudów zmechanizowanych. Zakład dysponował również stanowiskiem badawczym górniczych urządzeń odpylających. Z czasem zakres prac został poszerzony o pomiary wibroakustyczne oraz badania energoelektronicznych systemów napędowych.

Wdrożono system zarządzania jakością zgodny z normą PN-EN ISO 9001:2009 [1], który zapewnił powtarzalność i poprawność procesów realizowanych podczas prac badawczych a następnie w 2005 roku uzyskano akredytację, która potwierdziła zgodność funkcjonowania Laboratorium z normą PN-EN ISO/IEC 17025:2005 [2]. Zakres akredytacji rokrocznie był uzupełniany o nowe metodyki badań, zgodnie z polityką Instytutu oraz zapotrzebowaniem rynku.

W 2007 roku zakończono budowę stanowisk badawczych do badań na zgodność z normami zharmonizowanymi z dyrektywą 94/9/WE ATEX [3] i uzyskano akredytację na badania w tym zakresie. W 2010 roku Laboratorium uzyskało akredytację w zakresie elastycznym.

Stały i zrównoważony rozwój Laboratorium jest możliwy, między innymi, dzięki konsekwentnemu modernizowaniu infrastruktury badawczej. Obecnie akredytowane Laboratorium Badań Stosowanych dysponuje specjalistycznym wyposażeniem badawczo-pomiarowym, umożliwiającym prowadzenie badań naukowych z zakresu bezpieczeństwa użytkowania wyrobów, ergonomii i funkcjonalności maszyn i urządzeń oraz realizowanie badań i pomiarów z zakresu szeroko pojętych badań przemysłowych, doświadczalnych, prototypowych, jak i odbiorczych.

2. Infrastruktura badawcza

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

2.1. Stanowiska badawcze do badań napędów oraz elementów hydrauliki górniczej

Dzięki pozyskanym środkom w ramach funduszy strukturalnych Laboratorium zmodernizowało stanowisko do badań napędów energoelektronicznych, zwiększając moc hamowni do 220 kW oraz umożliwiając

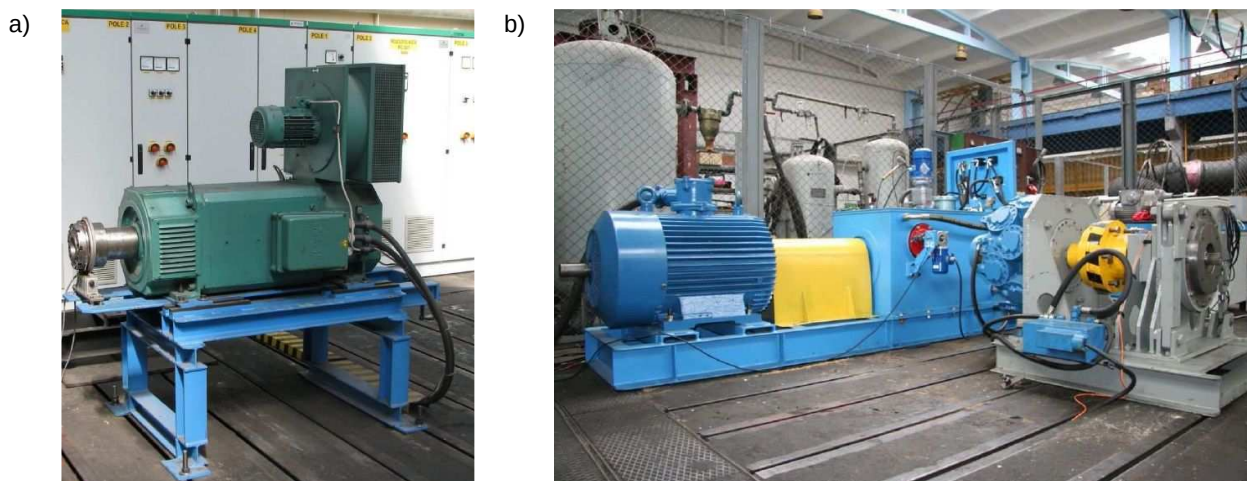
zasilanie badanych obiektów napięciami od 127 V do 3,3 kV (rys. 1a). Ponadto, zakupiono aparaturę umożliwiającą pomiary szeregu parametrów elektrycznych dla sygnałów odkształconych oraz ich weryfikację poprzez rzeczywisty pomiar parametrów ruchowych, tj.: moment obrotowy (do 2 kNm) oraz prędkość obrotową.

W ramach pozyskanych funduszy zmodernizowano także stanowisko do wysokociśnieniowych badań hydraulicznych, umożliwiające kompleksowe badania hamulców hydraulicznych oraz innych maszyn i urządzeń o dużych przepływach medium olejowego, zasilanych ciśnieniem do 30 MPa (rys. 1b). Automatyczne sterowanie i jednoczesna rejestracja wielu wielkości pomiarowych, umożliwia dokładną analizę zjawisk występujących w badanych obiektach.

2.2. Stanowiska badawcze do badań na zgodność z normami zharmonizowanymi z dyrektywą 94/9/WE ATEX

Efektom realizacji kolejnych inwestycji są urządzenia i stanowiska badawcze, które umożliwiają realizację, między innymi, następujących rodzajów badań:

- temperatury powierzchni materiałów, gazów i cieczy,
- właściwości elektrostatycznych materiałów nieprzewodzących (parametrów rezystancyjnych oraz elektryzowania materiałów),
- iskrobezpieczeństwa obwodów,
- testy klimatyczne, umożliwiające kondycjonowanie wielkogabarytowych obiektów badań w zakresie temperatur od -40°C do +80°C i wilgotności względnej powietrza od 10% do 98%,



Rys.1. Stanowiska badawcze zmodernizowane w ramach środków strukturalnych: a) stanowisko do badań napędów elektrycznych, b) stanowisko do badań elementów hydrauliki górniczej [źródło: fot. KOMAG]



Rys.2. Stanowiska badawcze do badań na zgodność z normami zharmonizowanymi z dyrektywą 94/9/WE ATEX: a) komora klimatyczna, b) stanowisko do badań stopnia ochrony przed wnikaniem wody [źródło: fot. KOMAG]

- badania stopnia ochrony przed wnikaniem ciał stałych i wody (kod IP),
- wytrzymałości prądowej urządzeń elektrycznych,
- parametrów elektrycznych (m.in. rezystancja i wytrzymałość elektryczna izolacji).

3. Zakres wykonywanych badań

Laboratorium Badań Stosowanych ciągle doskonali swoje kompetencje i możliwości badawcze, co jest widoczne w poszerzonym corocznie zakresie akredytacji. Badania prowadzone w Laboratorium wykonywane są na potrzeby procesu certyfikacji wyrobów, oceny bezpieczeństwa stosowania materiałów i wyrobów gotowych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem oraz oceny oddziaływania na środowisko i na człowieka.

Obecnie zakres wykonywanych badań przez Laboratorium można usystematyzować w następujących grupach:

- hałas środowiskowy,
- oddziaływanie drgań na człowieka oraz drgań maszyn,
- temperatura,
- iskrobezpieczeństwo obwodów elektrycznych,
- właściwości antyelektrostatyczne materiałów nieprzewodzących,
- oddziaływanie środowiskowe i klimatyczne,
- stopień ochrony obudów (kod IP),
- wielkości elektryczne,
- wielkości mechaniczne,
- napędy elektryczne,
- prototypy nowych rozwiązań maszyn i urządzeń.

Należy podkreślić, że Laboratorium zawsze uwzględnia specyficzne potrzeby klienta, wykonując nie tylko standardowe badania, ale również badania wymagające zaprojektowania i wykonania specyficznego stanowiska badawczego bądź aparatury pomiarowo-badawczej. Ten sposób postępowania znalazł swoje odzwierciedlenie w elastycznym zakresie akredytacji Laboratorium. Elastyczny zakres akredytacji umożliwia, efektywne reagowanie na potrzeby klientów, poprzez włączanie do swojego zakresu akredytacji, bez konieczności każdorazowego informowania Polskiego Centrum Akredytacji:

- zmodyfikowanych własnych metod,
- zaktualizowanych metod znormalizowanych,
- nowych własnych i znormalizowanych metod.

Bogate doświadczenie badawcze pracowników Laboratorium umożliwia prowadzenie szeregu prac badawczo-rozwojowych, z których wybrane zaprezentowano poniżej.

4. Prace badawczo-rozwojowe

4.1. Porównania międzylaboratoryjne z zakresu badań właściwości elektrostatycznych materiałów nieprzewodzących stosowanych w górnictwie

W 2010 roku Laboratorium zorganizowało porównania międzylaboratoryjne dla następujących metod badawczych w zakresie badań właściwości elektrostatycznych:

- badania transferowanego ładunku (Q) zgodnie z PN-EN 13463-1:2010 [3],
- badania parametrów rezystancji (R_S , R_V , R_{PP})¹ zgodnie z PN-EN 61340-2-3:2002 [4].

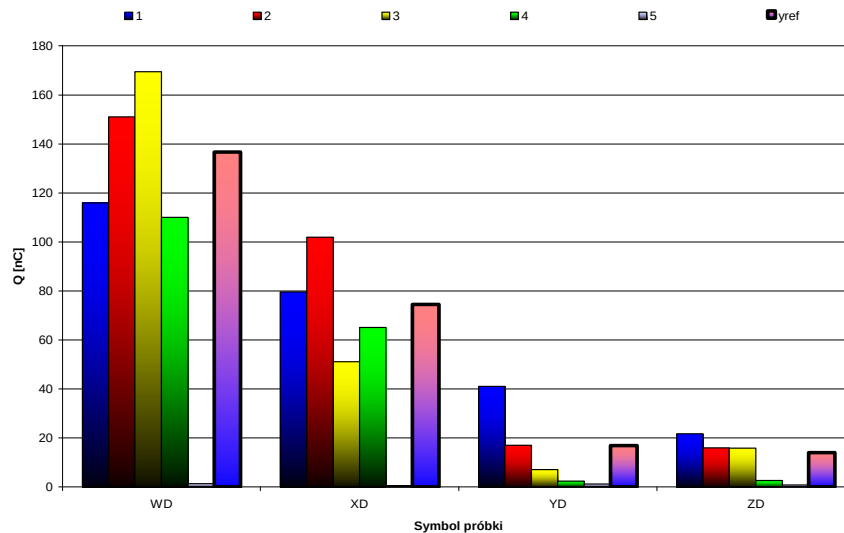
W porównaniach uczestniczyło pięć laboratoriów, w przypadku badań transferowanego ładunku i sześć laboratoriów, w przypadku badań parametrów rezystancji. Wytypowano cztery rodzaje materiałów do porównań wyników badań przeniesionego ładunku oraz dwa rodzaje materiałów do badań rezystancji. Wyniki badań w zakresie przeniesionego ładunku z zastosowaniem elektryzacji z użyciem źródła wysokiego napięcia prądu stałego zaprezentowano na rysunku 3.

Badania właściwości elektrostatycznych materiałów nieprzewodzących, przeznaczonych do stosowania w górnictwie wiążą się z oceną bezpieczeństwa ich stosowania. Stąd zapewnienie wysokiej jakości tych badań jest bardzo istotne. W związku z charakterem i fizyką mierzonego zjawiska, praktycznie na każdym etapie porównań, można napotkać problemy, które w konsekwencji skutkować mogą istotnym rozrzutem wyników pomiarów uzyskanych przez poszczególnych uczestników porównań. Wnioski z porównań zorganizowanych w 2010 roku posłużą przy projektowaniu i realizacji drugiej edycji porównań, która planowana jest w 2011 roku.

4.2. Badania pod kątem oceny bezpieczeństwa stosowania tkaniny polipropylenowej z przepłotem metalowym

Laboratorium przeprowadziło również badania pod kątem oceny bezpieczeństwa stosowania w wyrobiskach górniczych tkaniny polipropylenowej z przepłotem metalowym. Tkaniny tego rodzaju nie były dotychczas stosowane w polskim górnictwie. W związku z czym ocenę potencjalnych zagrożeń związanych z elektrycznością statyczną przeprowadzono bardzo wnikliwie. Poza szeregiem rodzajów badań wykonanych w warunkach laboratoryjnych, przeprowadzono również pomiary rezystancji uziemienia tkaniny i wyrobów z niej wykonanych w warunkach rzeczywistego użytkowania, tj. w wyrobiskach górniczych. Wyniki badań i wnioski sformułowane na ich podstawie opisano w pracach [11 i 12] i prezentowano na międzynarodowej konferencji

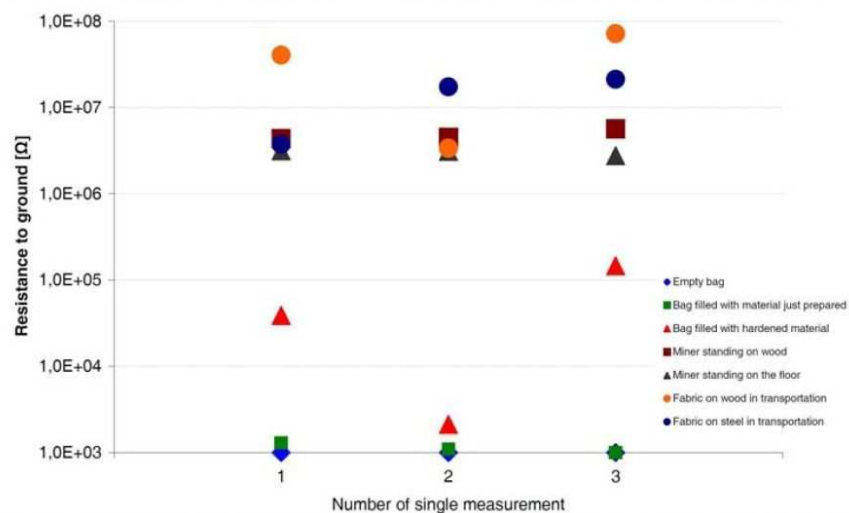
¹ R_S – rezystancja powierzchniowa, R_V – rezystancja skrośna, R_{PP} – rezystancja między punktami.



Rys.3. Wyniki porównań międzylaboratoryjnych w zakresie przeniesionego ładunku [źródło: KOMAG]



Rys.4. Wyniki badań rezystancji uziemienia tkaniny w warunkach wyrobiska górniczego [źródło: fot. KOMAG]



Rys.5. Wyniki badań rezystancji uziemienia tkaniny w warunkach wyrobiska górniczego [12]

poświęconej zjawisku elektryczności statycznej „Electrostatics 2011” w Wielkiej Brytanii zorganizowanej przez IOP Institute of Physics z Londynu.

Na rysunku 4 przedstawiono realizację pomiarów rezystancji uziemienia w warunkach wyrobiska górniczego, zaś na rysunku 5 wyniki przeprowadzonych badań dla różnych sytuacji użytkowania tkaniny.

4.3. Badania parametrów układów napędowych pojazdów odstawczych

Powszechnie stosowaną metodą badań parametrów napędów pojazdów są badania prowadzone na hamowni stacjonarnej. Umożliwiają one płynną regulację obciążenia, a tym samym określenie zmiennych parametrów napędu. W Laboratorium zrealizowano pracę badawczą mającą na celu określenie parametrów jazdy wozu odstawczego typu CB4-PCK, na podstawie badań na obiekcie rzeczywistym. Wóz odstawczy typu CB4-PCK jest stosowany powszechnie w transporcie rudy miedzi w kopalniach należących do KGHM Polska Miedź S.A.

Takie rozwiązanie wymusiło podział układu pomiarowego na część bezprzewodową, mierzącą moment obrotowy na wirującym wale Cardana oraz na część układu odpowiedzialną za odbiór danych momentu obrotowego, pomiary pozostałych parametrów pracy maszyny i akwizycję danych. Realną możliwością przesyłu w czasie rzeczywistym aktualnej wartości momentu obrotowego było wykorzystanie transmisji radiowej.

W efekcie prowadzonych prac projektowo-konstrukcyjnych zbudowano system pomiarowy, który zgodnie z założeniami pozwolił na prowadzenie ciągłej rejestracji parametrów napędu wozu odstawczego. Uzyskane wyniki badań potwierdziły możliwość adaptacji wału Cardana, wraz z dedykowanym wzmacniaczem tensometrycznym, jako autonomicznego przetwornika momentu obrotowego. Opracowane rozwiązanie dało szerokie możliwości pomiaru momentu obrotowego tam, gdzie nie ma możliwości zainstalowania tradycyjnego przetwornika.



Rys.6. Widok wału Cardana wraz z zabudowanym wzmacniaczem tensometrycznym [9]

W tym celu opracowano system pomiarowy z rejestracją wyspecyfikowanych wielkości na wspólnej podstawie czasu. Ze względu na brak możliwości technicznych zabudowy uniwersalnego przetwornika momentu obrotowego pomiędzy silnikiem, a pozostałą częścią układu napędowego, zdecydowano się na adaptację wału Cardana badanej maszyny jako przetwornika momentu obrotowego.

5. Podsumowanie

Laboratorium Badań Stosowanych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG rozwija w sposób stały i równoważony swoje możliwości badawcze poprzez doskonalenie kompetencji personelu oraz modernizowanie infrastruktury badawczej. W chwili obecnej Laboratorium posiada szeroki zakres akredytacji, wykonując badania na potrzeby procesu certyfikacji wyrobów,

oceny bezpieczeństwa stosowania materiałów i wyrobów gotowych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, oceny oddziaływania na środowisko oraz na człowieka.

Elastyczny zakres akredytacji umożliwia efektywne reagowanie na potrzeby swoich klientów. Ponadto w Laboratorium prowadzone są prace badawczo-rozwojowe, których wyniki są użyteczne dla partnerów z przemysłu.

Literatura

1. Norma PN-EN ISO 9001:2009, Systemy zarządzania jakością. Wymagania.
2. Norma PN-EN ISO/IEC 17025:2005, Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
3. Norma PN-EN 13463-1:2010, Urządzenia nielektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 1: Podstawowe założenia i wymagania.
4. Norma PN-EN 61340-2-3:2002, Elektryczność statyczna. Część 2-3: Metody badań stosowane do wyznaczenia rezystancji i rezystywności płaskich materiałów stałych, używanych do zapobiegania gromadzeniu się ładunku elektrostatycznego.
5. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 marca 1994 w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych państw członkowskich dotyczących urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (94/9/WE).
6. Orzech Ł.: Działalność i możliwości badawcze Laboratorium Badań Stosowanych CMG KOMAG. *Maszyny Górnicze* 2/2006, s.9-11.
7. Zając R., Orzech Ł.: Badania z obszaru dyrektywy 94/9/WE ATEX – nowe możliwości badawcze Laboratorium Badań Stosowanych Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG. *Maszyny Górnicze* 4/2007, s.19-24.
8. Orzech Ł., Talarek M., Niedworok A.: Możliwości badawcze Laboratorium Badań Stosowanych. *Maszyny Górnicze* 3-4/2010, s. 24-30.
9. Drwięga A., Niedworok A.: Metodyka badań parametrów układów napędowych pojazdów odstawczych typu CB4-PCK. *Napędy i Sterowanie* 11/2010, s. 116-121.
10. Niedworok A.: Prace projektowo-badawcze z obszaru dedykowanej aparatury pomiarowej realizowane w Laboratorium Badań Stosowanych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. *Maszyny Górnicze* 1/2011, s. 16-23.
11. Talarek M. and Orzech L., Testing the electrostatic characteristics of polypropylene fabric with metallic yarns, intended for use in coal mines threatened by the explosion hazard. Part 1: Laboratory tests. *J. Phys.: Conf. Ser.* 301 012047.
12. Talarek M. and Orzech L.: Testing the electrostatic characteristics of polypropylene fabric with metallic yarns, intended for use in coal mines threatened by the explosion hazard. Part 2: Tests in coal mine. *J. Phys.: Conf. Ser.* 301 012048.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.

Recenzent: dr inż. Antoni Koziel

Badania materiałowe narzędziem kontroli jakości wyrobów przemysłowych

Streszczenie

W artykule przedstawiono problematykę wykorzystania badań w kontroli jakości wyrobów przemysłowych. Omówiono, zakres i metody badań materiałowych stosowanych w ocenie jakości elementów maszyn oraz urządzeń górniczych. Zwrócono uwagę na potrzebę prowadzenia badań korozyjnych maszyn i urządzeń, eksploatowanych w silnie zasolonym środowisku podziemnych wyrobisk górniczych. Zaprezentowano, na przykładzie elementów rurociągów stalowych ciśnieniowych, przeznaczonych do stosowania w wyrobiskach górnictwa węgla kamiennego, realizację badań odporności korozyjnej.

Summary

Problems with use of testing in control of quality of industrial products was presented in the paper. The range and methods of material tests used in assessment of quality of components of mining machines and equipment were discussed. The attention was paid to the need of corrosion tests of machines and equipment, which operate in very salty environment of underground mining workings. Realization of tests of corrosion resistance was presented on the example of components of pressure steel pipelines designed for use in workings in the hard coal mining industry.

1. Wprowadzenie

W sterowaniu procesem produkcji wyrobów przemysłowych istotną funkcję pełni kontrola jakości, która pozwala na jego monitorowanie i doskonalenie [7]. Podstawą kontroli jakości są wymagania techniczno-użytkowe wyrobu. Opracowywane są one na etapie planowania procesu produkcji, na bazie dokumentacji technicznych, wymagań normowych i prawnych oraz oczekiwań użytkowników. Zawierają one zbiór parametrów i cech wyrobu odpowiadających za jego jakość, trwałość i bezpieczeństwo użytkowania.

Jednym z podstawowych narzędzi kontroli jakości wyrobów przemysłowych są badania [2]. Zakres i metody badań dobierane są indywidualnie, w zależności od oczekiwanych parametrów techniczno-użytkowych wyrobu, w tym właściwości zastosowanych materiałów, ewentualnych wad oraz warunków użytkowania wyrobów.

W przypadku wyrobów przemysłowych jakimi są maszyny i urządzenia górnicze, wykonane z elementów stalowych i żeliwnych, badania powinny obejmować strukturę materiału, charakteryzowaną przez skład chemiczny oraz parametry mechaniczne.

Wymieniony powyżej zakres badań, nazywany badaniami materiałowymi, powinien być poszerzony o badania nieniszczące mające na celu identyfikację wad powierzchniowych i podpowierzchniowych, występujących w elementach stalowych i żeliwnych oraz ocenę jakości wykonania złączy spawanych [1].

Z uwagi na eksploatację maszyn i urządzeń górniczych w silnie zasolonym środowisku podziemnych wyrobisk górniczych, badania materiałowe należy uzu-

pełnić o badania odporności korozyjnej, w tym o ocenę jakości zastosowanych powłok ochronnych.

Badania powinny być realizowane systematycznie, przy uwzględnieniu newralgicznych, ze względu na jakość wyrobu, etapów produkcji, w tym szczególnie, na etapie kontroli elementów stalowych i żeliwnych dostarczanych przez poddostawców (huty, odlewnie), jak również oceny poziomu realizacji usług zewnętrznych (np. wykonania połączeń spawanych). Brak realizacji badań na tych etapach może mieć zdecydowany wpływ na trwałość i bezpieczeństwo użytkowania maszyn i urządzeń górniczych. Świadczy o tym liczba uszkodzeń elementów konstrukcyjnych, wynikających między innymi ze złej jakości materiału. Ten stan powoduje liczne awarie, a w konsekwencji straty finansowe zakładów górniczych [8].

2. Zakres i metody badań materiałowych stosowanych do oceny jakości elementów maszyn i urządzeń górniczych

Badania materiałowe mają na celu ocenę jakości wykonania elementów maszyn i urządzeń w świetle wymagań norm oraz dokumentacji technicznej. Wymagania zawierają: gatunek materiału, wymiary, parametry wytrzymałościowe, sposób wykonania i cechowania [5]. Określają również dopuszczalną liczbę i rodzaj wad dla wymaganej klasy jakości wyrobu lub złącza spawanego [12÷13].

Na podstawie wymagań technicznych opracowywany jest indywidualny, dla danego rodzaju elementu, program badań materiałowych, określający zakres i metody badań [4].

Zakres badań materiałowych obejmuje:

- analizę składu chemicznego, metodami atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym lub iskrowym oraz absorpcji w podczerwieni,
- badanie parametrów mechanicznych, w tym pomiar twardości sposobem Brinella, Rockwella, Vickersa, wytrzymałość na rozciąganie, granicę plastyczności, wydłużenie, udarność,
- identyfikację nieciągłości powierzchniowych i wewnętrznych oraz ocenę jakości wykonania złączy spawanych metodami badań wizualnych, magnetyczno-proszkowych i ultradźwiękowych,
- pomiar grubości materiału metodą ultradźwiękową,
- badania jakości powłok ochronnych, w tym ich: chropowatości (metoda profilowa), grubości (metodami magnetyczną i prądów wirowych), twardości metodą Vickersa.

Badania materiałowe wykonywane są według norm i metod oraz laboratoryjnych procedur badawczych (tabela 1).



Rys.1. Stanowisko do analizy składu chemicznego, metodą atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym ICP-AES [źródło: opracowanie własne]

3. Badania odporności korozyjnej

Proces niszczenia elementów maszyn i urządzeń górniczych wskutek oddziaływania parametrów koro-

Zestawienie norm, metod i akredytowanych procedur badawczych stosowanych w Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska ITG KOMAG w zakresie badań materiałowych [4, 9]

Tabela 1

Lp.	Nazwa badania		Metoda badań	Numer procedury badawczej	Numer normy
1	Analiza składu chemicznego wyrobów stalowych i żeliwnych		Atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem iskrowym lub w płazmie sprzężonej indukcyjnie Absorpcji w podczerwieni	PB-DLS/02	-
2	Pomiar twardości wyrobów metalowych		Brinella Rockwella Vickersa Ultradźwiękowej impedancji kontaktowej	PB-DLS/03	PN-EN ISO 6506-1 PN-EN ISO 6508-1 PN-EN ISO 6507-1 -
3	Badanie powłok ochronnych	Pomiar chropowatości	Profilowa	PB-DLS/01	PN ISO 4288
Pomiar grubości		Magnetyczna		PN ISO 2178	
		Prądów wirowych		PN-EN ISO 2360	
Pomiar twardości		Vickersa	PB-DLS/03	PN-EN ISO 6507-1	
4	Badanie odporności korozyjnej wyrobów metalowych i powłok ochronnych		W atmosferze obojętnej i kwaśnej mgły solnej	PB-DLS/04	PN-H-04603:1976 PN-EN ISO 9227 PN-H-04624
5	Identyfikacja nieciągłości w wyrobach metalowych i złączach spawanych		Wizualna Magnetyczno-proszkowa Ultradźwiękowa	PB-DLS/08	PN-EN 970 PN-EN ISO 17638 PN-EN ISO 10228-1,3,4 PN-EN 10246-12,18 PN-EN 1369 PN-EN ISO 17638 PN-EN 12680-1,2,3
6	Pomiar grubości materiału		Ultradźwiękowa		PN-EN 14127

Realizacja badań materiałowych wymaga użycia specjalistycznej aparatury badawczej (rys. 1), zapewniającej spójność pomiarową oraz kwalifikowanego personelu, z odpowiednimi, udokumentowanymi kompetencjami technicznymi (m.in. indywidualne certyfikaty upoważniające do prowadzenia badań nieniszczących wydane przez Jednostkę Certyfikującą Osoby Urzędu Dozoru Technicznego). Warunki te zapewniają akredytowane laboratoria badawcze, w tym Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska ITG KOMAG.

zyjnych środowiska podziemnych wyrobisk górniczych powoduje wielokrotnie wyższe straty niż skutki ich mechanicznego zużywania w trakcie eksploatacji. Jest on szczególnie intensywny w przypadku elementów urządzeń mających bezpośredni kontakt z wodą zasoloną, np. elementów stalowych rurociągów. W celu ograniczenia zjawiska korozji maszyny i urządzenia pokrywane są odpowiednimi powłokami ochronnymi [7]. Rodzaj i skuteczność zastosowanej powłoki, ze względu na ochronę przed korozją, powinien być poddany oce-

nie za pomocą badań odporności korozyjnej. Badania odporności korozyjnej w większości przypadków mają charakter porównawczy, a ocena realizowana jest metodami jakościowymi.

Poniżej omówiono przykładowo badania odporności korozyjnej elementów rurociągów stalowych ciśnieniowych przeprowadzonych w akredytowanym Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska ITG KOMAG. Badania realizowane są zgodnie z akredytowaną procedurą badawczą Nr PB-DLS/04 [9].

3.1. Cel i zakres badań odporności korozyjnej elementów rurociągów stalowych ciśnieniowych

Celem badań było porównanie odporności na korozję elementów rurociągów stalowych ciśnieniowych skręcanych na uszczelnieniu „O”, przeznaczonych do stosowania w wyrobiskach górnictwa węgla kamiennego w odniesieniu do zastosowanych na ich powierzchni powłok ochronnych.

Badania przeprowadzono dla trzech rodzajów elementów rurociągów stalowych ciśnieniowych, o tych samych wymiarach (długości i średnicy wewnętrznej) wykonanych z tego samego gatunku stali, różniących się jedynie sposobem zabezpieczenia powierzchni zewnętrznej. Łącznie przebadano 9 próbek elementów rurociągów, w tym: 3 próbki posiadały powierzchnię ocynkowaną, 3 próbki były pomalowane farbą oraz 3 próbki odniesienia, nie posiadały powłoki ochronnej.

Zakres badań obejmował:

- ekspozycję próbek na działanie obojętnej mgły solnej w komorze do badań odporności korozyjnej, zgodnie z wymaganiami normy PN-76/H-04603 [11],
- ocenę zmian korozyjnych próbek, według normy PN-EN ISO 10289:2002 [15].

3.2. Przebieg badań

Badania odporności korozyjnej prowadzono zgodnie z wymaganiami normy PN-76/H-04603 [11].

Metoda badań polegała na poddaniu próbek elementów stalowych rurociągów oddziaływaniu obojętnej mgły wodnego roztworu chlorku sodowego o stężeniu 50 ± 5 g/l i pH = 6,5÷7,2, w temperaturze $35 \pm 2^\circ\text{C}$, generowanej w komorze do badań korozyjnych, przy zapewnieniu średniej szybkości zbierania mgły solnej na poziomie $1,20 \text{ cm}^3/\text{h}$. Próbkę w komorze umieszczono prostopadle do kierunku przepływu mgły solnej, przy zachowaniu kąta pochylenia do płaszczyzny pionowej w granicach $15 \pm 30^\circ$. Przed rozpoczęciem badań próbkę odtłuszczone alkoholem etylowym i wysuszone w strumieniu ciepłego powietrza.

Łączny czas trwania badań odporności korozyjnej wynosił 96 godzin. Podczas badań monitorowano stan próbek, prowadząc obserwację ich powierzchni w celu identyfikacji pierwszych oznak korozji oraz czasu, po którym wystąpiły.

Po zakończeniu badań próbki wyjęte z komory, usunięto z ich powierzchni pozostałości roztworu chlorku sodowego pod bieżącą wodą (o temperaturze do 40°C) i przemyto alkoholem etylowym oraz osuszono w strumieniu powietrza.

Stan próbek po badaniach przedstawiono na zdjęciach (rys. 2÷4).

3.3. Wyniki badań

Wyjęte z komory i oczyszczone z pozostałości roztworu chlorku sodowego, próbki elementów rurociągów stalowych poddano ocenie zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 10289:2002 [15]. W ocenie uwzględniono następujące parametry:

- czas badań T_K wystąpienia pierwszych zmian korozyjnych,
- procent powierzchni A , na której wystąpiła korozja podłoża,
- wskaźnik ochrony R_p .

Procent powierzchni A określono przy użyciu szablonu, z naniesioną skalą o boku kwadratów 5×5 mm, a odpowiadający mu wskaźnik ochrony R_p wyznaczono na podstawie danych tabelarycznych podanych w powyższej normie.

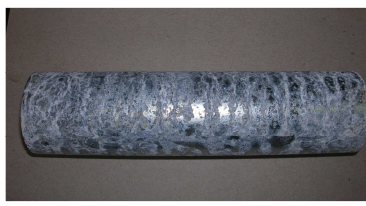
Wskaźnik ochrony $R_p = 10$ świadczy o braku wad związanych z wystąpieniem korozji. Wartość $R_p = 0$ odpowiada procentowi powierzchni występowania wad wynoszącemu powyżej 50.

Szczegółowe wyniki badań odporności na korozję elementów rurociągów stalowych ciśnieniowych przedstawiono w tabeli 2.

Wyniki badań odporności na korozję elementów rurociągów stalowych ciśnieniowych [10]

Tabela 2

Nazwa/ numer próbki	T_K	A [%]	R_p	Charakterystyka zmian korozyjnych
Elementy rurociągu ocynkowanego/ Nr 1÷3	2	1	6	Anodowe wżery powierzchniowe sięgające do powierzchni metalu, smugi o szerokości do 3 mm na obwodzie.
Element rurociągu pomalowanego farbą/ Nr 4÷6	48	0,1	9	Pojedyncze punktowe łuszczące się ogniska korozji o średnicy do 1 mm występujące wzdłuż i na obwodzie próbki, jedno pęknięcie o długości do 20 mm spowodowane zniszczeniem powłoki na próbce. Brak oznak korozji na dobrze wykonanej (gładkiej) powierzchni powłoki
Element rurociągu bez zabezpieczonych powierzchni/ Nr 7÷9	1	97	0	Łuszczące się pęcherze o średnicy do 10 mm w kolorze od jasno pomarańczowego do rdzawego, pokrywające równomiernie całą powierzchnię próbek



Rys.2. Elementy rurociągu z powierzchnią ocynkowaną – próbki 1÷3, stan po badaniach [10]



Rys.3. Elementy rurociągu pomalowane farbą – próbki 4÷6, stan po badaniach [9]



Rys.4. Elementy rurociągu bez zabezpieczonej powierzchni zewnętrznej – próbki 7÷9, stan po badaniach [9]

Analizując wyniki badań przedstawione w tabeli 2 stwierdzono, że:

- pierwsze oznaki korozji w przypadku próbek elementów rurociągu stalowego z powłoką ocynkowaną wystąpiły po 2 godzinach, tj. okresie zbliżonym do uzyskanego dla próbek bez żadnego zabezpieczenia, a w przypadku próbek pomalowanych farbą dopiero po dwóch dobach,
- procent powierzchni na której wystąpiła korozja był 10-krotnie większy dla próbek elementów rurociągu stalowego z powłoką ocynkowaną niż dla próbek pomalowanych farbą,
- wskaźnik ochrony ma wartość bliską 10 dla próbek rurociągów stalowych pomalowanych farbą.

3.4. Wnioski z badań

- Badania wykazały brak odporności korozyjnej powierzchni materiału podłoża (stali) niezabezpieczonego powłoką ochronną już w pierwszej godzinie rozpylania mgły solnej (blisko 50% powierzchni skorodowanej), a po 6 godzinach ciągłego rozse-
nia stopień odporności korozyjnej wynosił 0 w jedenastostopniowej skali (od 10 do 0) według PN-EN ISO 10289:2002 [15].
- Zastosowanie powłoki cynkowej jako zabezpieczenia elementu rurociągu przed korozją spowodowaną działaniem rozpylonej mgły solnej wykazało niezadowalający stopień odporności korozyjnej. Wytworzone wżery korozyjne sięgały do powierzchni metalu. W warunkach prowadzenia badań powłoka cynkowa ulegała procesowi korozji, której produkty zasłaniały rzeczywistą powierzchnię korozji podłoża.

Najwyższym stopniem odporności korozyjnej charakteryzowały się pomalowane próbki elementów rurociągu stalowego. W tym przypadku odporność korozyjna pogarszała się w miejscach uszkodzeń powłoki lub niedokładnego jej wykonania.

4. Podsumowanie

Trwałość oraz bezpieczeństwo eksploatacji wyrobów przemysłowych, w tym szczególnie maszyn i urządzeń górniczych, zależy od:

- zastosowanych materiałów konstrukcyjnych do ich wytwarzania, w tym ich zgodności z gatunkiem podanym w dokumentacji technicznej i normach,
- obecności wad materiałowych,
- jakości wykonania połączeń spawanych,
- rodzaju powłok ochronnych [3].

Podstawą oceny powyższych właściwości są badania materiałowe, w tym nieniszczące. Ich prowadzenie w akredytowanym laboratorium badawczym, takim jak Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska ITG KOMAG daje jednoznaczny dowód, czy założone na etapie projektowania wyrobu parametry techniczno-użytkowe zostały dotrzymane podczas produkcji oraz czy wyrób nie zawiera wad. Umożliwiają one również w przypadku badań odporności korozyjnej, dobór odpowiednich powłok zabezpieczających ich powierzchnię przed niszczącym wpływem zasolonego środowiska, szczególnie intensywnego w podziemnych wyrobiskach górniczych.

Literatura

1. Gryniewicz-Bylina B.: Zastosowanie badań materiałowych nieniszczących do oceny stanu technicznego komponentów sekcji obudowy zmechanizowanej. Kwartalnik naukowo-techniczny Maszyny Górnicze nr 4/2007, Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, 2007, s. 14-18.
2. Gryniewicz-Bylina B., Rakwicz B., Bartoszek B.: Wykorzystanie badań materiałowych do oceny warunków technicznych pracy elementów maszyn i urządzeń. KOMTECH 2007, Innowacyjne i bezpieczne maszyny i urządzenia dla górnictwa węgla kamiennego, Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Szczyrk 13-15 listopada 2007, s. 147-162.
3. Gryniewicz-Bylina B., Jaszczyk M.: Badania niszczące elementów podstawowych sekcji obudowy zmechanizowanej. Praca Zbiorowa. Nowoczesne, niezawodne i bezpieczne systemy mechanizacyjne dla górnictwa. Monografia. Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice 2008, s. 375-386.
4. Gryniewicz-Bylina B.: Od maszyny i urządzenia górniczego do zabawki. Kwartalnik naukowo-techniczny Maszyny Górnicze 3-4/2010, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, 2010, s. 31-38.
5. Gryniewicz-Bylina, Rakwicz B.: Badania materiałowe niezbędnym elementem oceny jakości maszyn i urządzeń. Praca zbiorowa. Innowacyjne Techniki i technologie dla górnictwa. Monografia. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2010, s. 95-102.
6. Hetmańczyk M.: Podstawy nauki o materiałach. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1996.
7. Zarządzanie jakością. Tom IV. Metody oceny jakości wyrobów technicznych. Podręcznik dla studentów wyższych szkół technicznych. Politechnika Krakowska, Kraków 2000.
8. Praca statutowa Instytutu Techniki Górniczej KOMAG pt.: „Wykorzystanie badań materiałowych jako elementu oceny warunków technicznych pracy elementów maszyn i urządzeń. Gliwice 2008 (praca nie publikowana).
9. Procedury badawcze. Dokumentacja systemu zarządzania Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska KOMAG. Gliwice 2010 (prace publikowane).
10. Sprawozdania z badań Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska KOMAG, 2006÷2010 (prace nie publikowane).
11. PN-76/H-04603. Korozja metali. Badania laboratoryjne przyspieszone w obojętnej mgie solnej.
12. PN-EN 1369:2002 Odlewnictwo. Badania magnetyczno-proszkowe.
13. PN-EN ISO 5817:2009 +Ap1:2009 Spawanie. Złącza spawane (z wyłączeniem spawanych wiązek). Poziomy jakości według niezgodności spawalniczych.
14. PN-EN 10228-3:2002 Badania ultradźwiękowe odkuwek ze stali ferrytycznych lub martenzytycznych.
15. PN-EN ISO 10289:2002. Metody badań korozyjnych powłok metalowych i innych powłok nieorganicznych na podłożach metalowych. Ocena próbek i wyrobów gotowych poddanych badaniom korozyjnych.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.

Recenzent: dr inż. Antoni Kozieł

Dr inż. Jarosław TOKARCZYK
Dr inż. Marek DUDEK
Mgr inż. Andrzej TUREWICZ
Instytut Techniki Górniczej KOMAG
Mgr inż. Andrzej PAKURA
Kompania Węglowa S.A.

System wspomagania obliczeń trakcyjnych dla kolejek podwieszonych z napędem własnym

Streszczenie

W artykule przedstawiono zmodyfikowaną wersję programu komputerowego wspomagającego pracowników Działów Przygotowania Produkcji (DPP) kopalń w przeprowadzaniu obliczeń trakcyjnych. Program ten jest częścią składową systemu projektowania poziomych dróg transportowych górnictwa podziemnego, opracowanym w oparciu o wyniki prac badawczych projektu europejskiego MINTOS. Opracowany program wspomaga projektantów w prowadzeniu obliczeń trakcyjnych zestawów transportowych, złożonych z ciągnika, zestawu nośnego i wózków hamulcowych. Obliczenia trakcyjne są obligatoryjną częścią Dokumentacji Układu Transportu. Wyniki obliczeń w formie przygotowanego w sposób automatyczny raportu, dostępne są na platformie internetowej i mogą być pobierane na lokalny komputer użytkownika.

Summary

A modified version of the system aiding traction calculations, which is adapted to the user's requirements, was presented in the paper. Developed system supports designers in conducting of traction calculations of transportation systems consisting of the locomotive, bearing system and braking cars. Traction calculations are an obligatory part of Transportation System Documentation. Calculations results in a form of automatically prepared report are available on the internet platform and they can be downloaded to the local computer of the user.

1. Wstęp

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, w ramach projektu europejskiego MINTOS, dofinansowanego przez Fundusz Badawczy Węgla i Stali [4], utworzono narzędzia wspomagające kształtowanie bezpieczeństwa w podziemnych systemach transportu górnictwa. Jednym z nich jest program komputerowy, dostępny na platformie internetowej, który pozwala na znaczne przyspieszenie i zautomatyzowanie procesu prowadzenia obligatoryjnych obliczeń trakcyjnych [9, 10, 11, 12], jako rozdziału w Dokumentacji Układu Transportu.

W niniejszym artykule opisano najnowszą wersję programu komputerowego, zaprojektowanego dla kolejek podwieszonych z napędem własnym. Jest to najbardziej przyszłościowy środek transportu w polskich kopalniach, według wyników badań ankietowych, przeprowadzonych przez Główny Instytut Górnictwa w ramach projektu MINTOS oraz projektu foresight pt.: „Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego” [2].

2. Prototyp programu komputerowego do wspomagania obliczeń trakcyjnych

Głównym zadaniem systemu wspomagania obliczeń trakcyjnych, udostępnionego na platformie inter-

netowej, jest wspomaganie projektanta w tworzeniu nowej lub weryfikacji istniejącej dokumentacji układu transportu. Wyniki z obliczeń trakcyjnych zawierają długość drogi hamowania dla maksymalnych mas przemieszczanych, na maksymalnych nachyleniach trasy dokumentowanego rejonu.

Na rysunku 1 przedstawiono stronę główną aplikacji komputerowej, udostępnionej na platformie internetowej.

W prototypie programu obliczenia trakcyjne wykonywane są w pięciu etapach:

– Etap 1: Konfiguracja trasy kolejki podwieszanej

Konfiguracja trasy kolejki podwieszanej to pierwszy etap obliczeń trakcyjnych, pozwalający na pozycjonowanie jezdni kolejki podwieszanej w wybranym wyrobisku chodnikowym. W tym celu użytkownik wybiera typ obudowy chodnikowej, rodzaj kształtownika oraz typ przekroju obudowy. Podaje wartość oddalenia jezdni od osi wyrobiska oraz odległość szyny od spągu. Następnie wprowadza: wysokość szyny, długość szyny oraz nośność złącza. Dane te determinują, w dalszych etapach obliczeń trakcyjnych, możliwości transportowe zestawów nośnych [1].



Rys.1. Interfejs użytkownika – obliczenia trakcyjne – etapy weryfikacji: a) strona główna, b) ramowy projekt systemu transportu, c) obliczenia trakcyjne [4]

– Etap 2: Wyznaczenie dopuszczalnej masy całkowitej zestawu

Dla wybranego ciągnika kolejki podwieszanej, wyznaczane są następujące wartości:

- prędkość prowadzenia transportu,
- dopuszczalna masa całkowita zestawu.

Użytkownik wybiera dostępny typ ciągnika kolejki podwieszanej według Instrukcji Obsługi producenta. Następnie wprowadza wartość nachylenia wzdłużnego wyrobiska, po którym prowadzony będzie transport. Na podstawie charakterystyki trakcyjnej ciągnika, wyznaczana jest dopuszczalna masa całkowita zestawu transportowego [7]. W programie do wspomagania obliczeń trakcyjnych charakterystyki trakcyjne udostępniane są w postaci funkcji liniowych. Dla danego typu ciągnika dobierana jest wartość siły pociągowej. Wyświetlana jest również informacja o maksymalnej prędkości z jaką możliwe jest prowadzenie transportu.

– Etap 3: Dobór wózków hamulcowych

W podziemnych zakładach górniczych środki transportu służące do przewozu ludzi i transportu materiałów w wyrobiskach poziomych i pochyłych o nachyleniu do 45° muszą być wyposażone w urządzenia awaryjnego hamowania, zgodne z wymogami zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki [6]. W zestawach kolejek podwieszonych i spągowych powinien znajdować się wózek hamulcowy lub inne urządzenie hamujące, którego umiejscowienie w składzie jest uzależnione od wartości nachylenia trasy. Działanie wózka hamulcowego (układu wózków) jest automatyczne i polega na wyzwoleniu siły hamującej po przekroczeniu określonej prędkości.

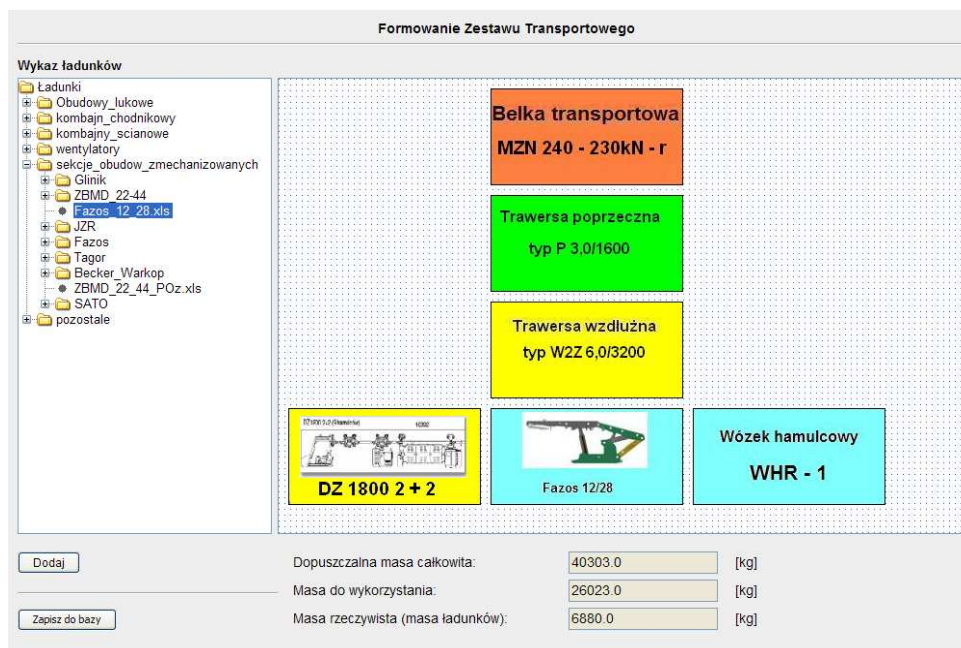
W etapie 3 danymi wejściowymi są: maksymalne nachylenie wyrobiska, typ wózka hamulcowego, układ wózków oraz statyczna siła hamowania wózka lub układu wózków.

Wartość maksymalnego nachylenia wyrobiska jest pobierana z bazy danych. Dostępne układy to: pojedynczy, podwójny (DUO), potrójny (TRIO) oraz poczwórny (QUADRO). Po wyborze typu wózka hamulcowego oraz układu wózków, z charakterystyk hamowania [5], dla maksymalnego nachylenia wyrobiska, wyznaczana jest maksymalna całkowita masa zestawu transportowego zabezpieczana przez wózek (lub zespół wózków). W dalszej kolejności obliczana jest sumaryczna masa i porównywana z maksymalną dopuszczalną masą zestawu transportowego, wyznaczoną w etapie 2. Do etapu 4 *Formowanie zestawu transportowego* przekazywana jest mniejsza wartość masy.

– Etap 4: Formowanie zestawu transportowego

Kolejnym etapem, jest formowanie zestawu transportowego. Odbywa się ono za pomocą aktywnych elementów graficznych, oznaczających ładunki oraz zestawu transportowe (rys. 2).

Okno główne zawiera aktywne elementy graficzne, które są uporządkowane na ekranie, zgodnie z wytycznymi projektanta systemu transportu. Aplikacja korzysta z kart katalogowych zestawów nośnych oraz transportowanych materiałów, z których pobierane są takie dane, jak: nośność, masa, wymiary itp. [3]. Każdy aktywny element graficzny reprezentuje odpowiednią kartę katalogową. Nad elementem graficznym transportowanego ładunku widoczne są ikony umożliwiające dodanie do formowanego zestawu transportowego: zestawów nośnych, tawers poprzecznych i wzdłużnych. Przy wyborze zestawów nośnych wyświetlana jest lista tylko takich, które zapewniają odpowiednią nośność, w funkcji długości szyny trasy kolejki podwieszanej oraz nośności złączy. Po wprowadzeniu każdego nowego elementu, program informuje o: przekroczeniu dopuszczalnej masy zestawu transportowego, wartości pozostałej masy do wykorzystania oraz istniejącej masie rzeczywistej formowanego składu.



Rys.2. Okno formowania zestawu transportowego za pomocą aktywnych elementów graficznych

– Etap 5: Wyznaczenie drogi hamowania zestawu transportowego zespołem wózków hamulcowych

W tym etapie użytkownik ma możliwość wprowadzenia korekty wartości masy rzeczywistej, wraz z podaniem komentarza uzasadniającego tę korektę. Na końcu, po wybraniu prędkości, przy której następuje wyzwoleń hamulca, generowane są wyniki obliczeń.

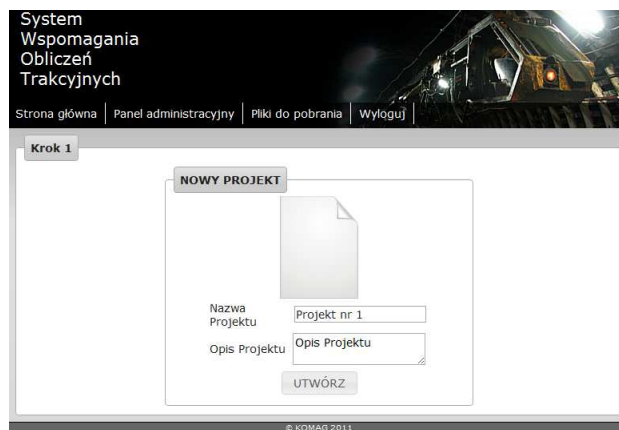
3. Adaptacja programu komputerowego według wymagań Kompanii Węglowej S.A.

Nowa wersja programu jest pilotażowo wdrażana w Kopalni Węgla Kamiennego „Ziemowit”, należącej do Kompanii Węglowej S.A. Po konsultacjach z ekspertami do spraw transportu podziemnego kopalni, utworzono nowy interfejs użytkownika. Modyfikacji uległa postać raportu z obliczeń trakcyjnych, który obecnie jest udostępniany w formie pliku PDF i bez dodatkowych modyfikacji dołączany jest do dokumentacji układu transportu. W nowej wersji programu, dla łatwiejszego wypełnienia formularzy (wprowadzenia danych wejściowych), całość danych potrzebnych do wykonania obliczeń realizowana jest w czterech etapach.

Docelowo, w zależności od miejsca pracy użytkownika, otrzymuje on dostęp tylko do środków transportu (ciągniki, zestawy nośne, wózki awaryjnego hamowania), będących na wyposażeniu danej kopalni. Poniżej przedstawiono i opisano poszczególne etapy najnowszej wersji programu komputerowego do wspomaganie obliczeń trakcyjnych.

– Etap 1: Nadanie nazwy i opisu projektu

W etapie pierwszym znajdują się dwa pola, które użytkownik wypełnia ręcznie (rys. 3):



Rys.3. Pierwszy etap wspomaganie obliczeń trakcyjnych [13]

- *Nazwa projektu* – wpisana nazwa będzie widniała na każdej stronie wygenerowanego raportu w nagłówku,
- *Opis projektu* – pojawi się na pierwszej stronie wygenerowanego raportu. Wpisana nazwa jak i opis projektu może być dowolna.

– Etap 2: Konfiguracja trasy kolejki

W etapie 2 użytkownik konfiguruje trasę kolejki podwieszanej poprzez wypełnienie następujących pól (rys. 4):

- *Ciągnik* – lista rozwijana z dostępnymi nazwami typów ciągników,
- *Nachylenie trasy* – jest to maksymalne nachylenie trasy kolejki podwieszanej, po jakiej będzie odbywał się transport w rejonie, dla którego przygotowywane są obliczenia trakcyjne. Wartość podawana jest w stopniach. Możliwe jest wpisanie nachylenia z dokładnością do dwóch miejsc po

przecinku. Nachylenie trasy to jeden z parametrów, dzięki któremu program określa maksymalną masę całkowitą zestawu, wynikającą z:

- możliwości pociągowych ciągnika kolejki podwieszanej,
- możliwości wyhamowania przez wózki hamulcowe.
- *Długość szyn* – to pole jest listą rozwijaną, gdzie znajdują się standardowe długości szyn podanych w metrach. Do wyboru są szyny o długości 2 m, 2.25 m, 2.4 m i 3 m,
- *Nośność złącza* – w tym polu są dostępne z listy rozwijanej nośności złącza 40 lub 50 kN,
- *Wózek hamulcowy* – lista rozwijana z dostępnymi wózkami hamulcowymi,
- *Liczba wózków* – w zależności, jaki wózek hamulcowy wybrano, na liście rozwijanej pojawiają się możliwe układy wózków, zgodnie z zaleceniami producenta,
- *Liczba zestawów nośnych* – można wybrać maksymalnie do 10 zestawów nośnych. Pojedynczy zestaw nośny może zawierać trawersy poprzeczne i wzdłużne, które użytkownik uzupełnia w etapie trzecim,
- *Siła pociągowa* – maksymalna wartość siły pociągowej uzależniona jest od wyboru ciągnika i podawana w kN. Siła pociągowa jest parametrem niezbędnym do określenia przez program maksymalnej masy ładunku (netto), jaka może być transportowana przez dany ciągnik na danym nachyleniu,
- *Masa kierowcy* – jest to masa ciała kierowcy kolejki podwieszanej podawana w kilogramach,
- *Masa dodatkowa (komentarz)* – jest to pole tekstowe, w którym użytkownik może wpisać komentarz odnośnie masy dodatkowej, która ma być uwzględniona w obliczeniach,
- *Masa dodatkowa (wartość)* – jest to pole, w którym użytkownik podaje wartość masy dodatkowej w kilogramach.

Rys.4. Drugi etap wspomagania obliczeń trakcyjnych [13]

Etap 3: Konfiguracja zestawów transportowych

W zależności od tego ile zestawów nośnych wybrano, pojawia się odpowiednia liczba tabel do wypełnienia. Dla każdego zestawu przewidziano następujące pola (rys. 5):

- *Zestaw nośny* – lista rozwijana z nazwą zestawu nośnego,
- *Trawersa poprzeczna 1, 2* – lista rozwijana z typem trawersy poprzecznej pierwszej i drugiej,
- *Zestaw trawers wzdłużnych* – lista rozwijana z typem zestawu trawers wzdłużnych.

Rys.5. Trzeci etap wspomagania obliczeń trakcyjnych [13]

Etap 4: Generator raportu

Jest to ostatni etap obliczeń, w którym użytkownik ma możliwość podglądu wszystkich dotychczasowych etapów (rys. 6a), oraz może wygenerować raport końcowy, rys. 6b. Istnieje możliwość powrotu do poprzednich etapów obliczeń, w celu modyfikacji danych wejściowych.

a)

b)

Raport z Systemu Wspomagania Obliczeń Trakcyjnych
Projekt nr 1

Kompania Węglowa S.A.
KWK Ziemowit

Obliczenia trakcyjne dla transportu kolejką podwieszoną

Opis projektu:
Opis Projektu

Dane wejściowe:
Maksymalne nachylenie trasy $\beta = 8 [^\circ]$
Trasa kolejki zbudowana jest z szyn o długości 2,25 [m] i nośności złącza $Q = 50$ [kN].

Dane składu transportowego:

- Ciągnik: DZ 1500 2+2, silnik 680 ccm, 8 silników
- Wózek hamulcowy: WWR-1, liczba wózków: 2
- Zestaw transportowy numer: 1
- zestaw nośny: NZN 240-2300xh
- trawersa poprzeczna 1: P 11.5/1650
- trawersa poprzeczna 2: P 11.5/1650
- zestaw trawers wzdłużnych: W12.0/7240H

Strona 1 z 7

Rys.6. Czwarty etap wspomagania obliczeń trakcyjnych (a) oraz pierwsza strona raportu (b) [13]

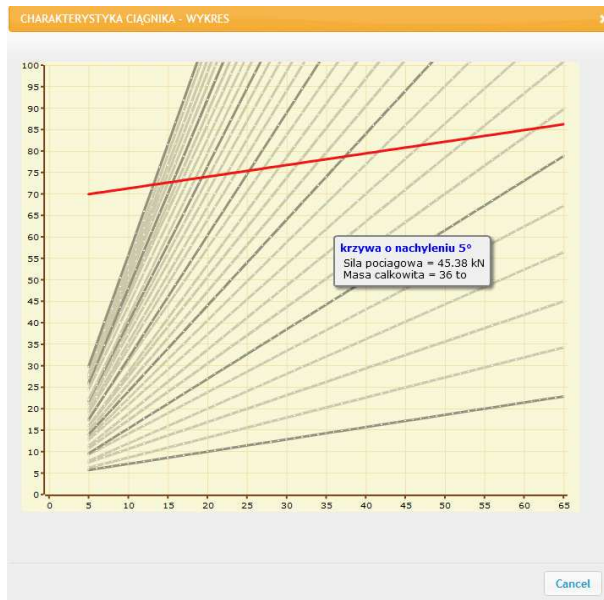
4. Możliwości rozbudowy programu komputerowego

Głównym celem programu do wspomagania obliczeń trakcyjnych, jest automatyczne tworzenie raportu dla zadanej konfiguracji zestawu transportowego. Możliwa jest jego rozbudowa o nowe funkcje, które będą mogły jeszcze bardziej ułatwić prace projektanta systemów transportowych, jak również zwiększyć atrakcyjność samego programu.

Pośród nowych elementów, które w przyszłości zostaną dodane do programu można wymienić:

- interaktywne wykresy z charakterystykami ciągników (rys. 7); użytkownik, przemieszczając kursor po obszarze wykresu, dla danego nachylenia trasy i wartości siły pociągowej, uzyskuje informację o dopuszczalnej masie całkowitej dla wybranego typu ciągnika,
- dostęp do baz danych ciągników, zestawów nośnych, wózków hamulcowych, trawers poprzecznych i wzdłużnych (rys. 8),
- możliwość wyszukiwania poszczególnych elementów zestawu transportowego (ciągniki, trawersy itp.), będących na wyposażeniu w innych kopalniach, należących do tej samej spółki węglowej,
- możliwość kontaktu z Działami Przygotowania Produkcji innych kopalń, np. poprzez e-mail lub telefon (dane kontaktowe będą pochodziły z rejestracji użytkowników w systemie),

- możliwość prezentowania nowych modeli środków transportu różnych producentów w postaci reklamy konkurencyjnej (w tym opracowanie narzędzi do benchmarkingu),
- możliwość dodawania/usuwania z bazy danych środków transportu, które posiada dana kopalnia.



Rys.7. Charakterystyka trakcyjna przykładowego ciągnika kolejki podwieszanej z napędem własnym [7]

TABELA DANE CIĄGNIKA

Ciągnik		
MocSilnika	80	DEL, EDIT
NomSilaPociagowa	80	DEL, EDIT
StatSilaHamowania	120	DEL, EDIT
MasaWlasna	6600	DEL, EDIT
MasaKabiny	490	DEL, EDIT
DlugoscCiagnika	12200	DEL, EDIT
Szerokosc	800	DEL, EDIT
WysOdDolnejKrawedzi	1230	DEL, EDIT
MAxPredk	1.4	DEL, EDIT
DopNachylenieToru	30	DEL, EDIT
IloscParKolNapad	4	DEL, EDIT
IloscParSzczekHamulc	6	DEL, EDIT
OporJezdny	300	DEL, EDIT
VA1	2.4	DEL, EDIT
VA2	2.6	DEL, EDIT
ta1	0.5	DEL, EDIT
ta2	0.3	DEL, EDIT

Cancel

Rys.8. Dane pochodzące z bazy danych przykładowego ciągnika kolejki podwieszanej [7]

5. Uwagi końcowe

Obecnie Instytut Techniki Górniczej KOMAG opracowuje system wspomagania projektowania poziomych dróg transportowych w górnictwie podziemnym, w skład którego wchodzi:

- program komputerowy do wspomagania obliczeń trakcyjnych dla kolejek podwieszonych z napędem własnym,
- program komputerowy do badania kolizyjności na trasach transportowych kolejek spągowych i podwieszonych (2D i 3D),
- analizy numeryczne, dotyczące dynamicznych oddziaływań zestawów transportowych na zawiesia trasy kolejek podwieszonych,
- analizy numeryczne CFD (ang. *Computational Fluid Dynamics*) rozprzestrzeniania się spalin na drogach transportowych.

Program komputerowy do wspomagania obliczeń trakcyjnych jest pilotażowo wdrażany w kopalni węgla kamiennego „Ziemowit”, należącej do Kompanii Węglowej S.A.

Wersję komercyjną opracowano i utworzono uwzględniając uwagi użytkowników w zakresie:

- opracowania nowego interfejsu użytkownika, ze szczególnym uwzględnieniem łatwości i prostoty użytkowania,
- określenia zasad administracji użytkownikami programu,
- wprowadzenia do programu charakterystyk podwieszonych zestawów transportowych (ciągniki, urządzenia transportowe, wózki hamulcowe), stosowanych w KWK „Ziemowit”,
- opracowania raportu z obliczeń trakcyjnych, który tworzony jest automatycznie przez program; zgodnie z zaleceniami, w raporcie w formie załącznika zawarto tok obliczeń wraz z podaniem wszystkich zależności analitycznych; ułatwia to możliwość weryfikacji wyników obliczeń, w szczególności dla organów kontrolnych.

Wdrożenie programu komputerowego w zakładach górniczych umożliwi ujednolicenie formy tworzonej dokumentacji układu transportu w zakresie obliczeń trakcyjnych dla kolejek podwieszonych z napędem własnym oraz skróci czas prowadzenia obliczeń, jednocześnie minimalizując prawdopodobieństwo popełnienia błędów. Konfiguracja trasy i zestawu transportowego wraz z utworzeniem raportu wyniesie kilka minut. Wszystkie obliczenia trakcyjne będą posiadały ten sam sposób ich prowadzenia. Obliczenia będą dodatkowo archiwizowane w wersji elektronicznej. Usprawni to działania związane z zarządzaniem i bezpieczeństwem danych posiadanych przez daną kopalnię.

W przyszłości system będzie rozbudowany o kolejne moduły obliczeniowe. Zwiększy to jego funkcjonalność, która będzie wykraczać poza obliczenia trakcyjne, które są obligatoryjne w każdej dokumentacji układu transportu.

Literatura

1. FAMA: Katalog wyrobów segmentu lądowo-górniczego. Gnień, 2008.
2. Kozieł A.: Innowacyjne priorytetowe technologie w przemyśle węgla kamiennego do 2020 roku. Rozdz. 5.3 s. 222-228. Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego. Praca zbiorowa pod redakcją Mariana Turka. GIG, Katowice 2008.
3. Materiał informacyjny firmy SCHARF: DZ 1800/2000 system transportu z napędem spalinowym.
4. MINTOS: Improving Mining Transport Reliability. RFCS Coal RTD Programme, Contract No.RCR-CT-2007-00003, 2007-2010.
5. REMASZ. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa: Wózek hamulcowy WHR-1. Ruda Śląska, czerwiec 2007.
6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. Nr 139, poz. 1169 oraz z 2006 r. Nr 124, poz. 863).
7. SCHARF. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa: Ciąglik Spalinowy kolejki podwieszanej DZ 1500/1800.
8. Winkler T.: Organizacja zasobów wiedzy projektowej i eksploatacyjnej w cyklu życia maszyn i urządzeń górniczych. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2009. Sympozja i Konferencje nr 74, Kraków 2009.
9. Winkler T., Tokarczyk J., Chuchnowski W., Dudek M.: Zastosowanie narzędzi internetowych w obliczeniach trakcyjnych kolejek podwieszonych. KOMTECH 2010, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2010 s. 183-192.
10. Winkler T., Dudek M., Michalak D., Tokarczyk J., Szewerda K.: Weryfikacja projektów podziemnego transportu górniczego w rozproszonym środowisku projektowym. TUR 2009, Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków 2009 s. 208-214.
11. Winkler T., Chuchnowski W., Dudek M., Tokarczyk J., Szewerda K.: Narzędzia internetowe wspomagające weryfikację projektów transportu podziemnego w świetle kryterium bezpieczeństwa. Problemy bezpieczeństwa w budowie i eksploatacji maszyn i urządzeń górnictwa podziemnego. Monografia pod redakcją Krzysztofa Krauze, Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego sp. z o.o., Łędziny 2009 s. 89-98.
12. Winkler T., Dudek M., Chuchnowski W., Tokarczyk J.: Internet tools supporting planning of underground mining transport. Materiały na konferencję: "Mineral Resources and Mine Development", RWTH Aachen, May 26th and 27th, 2010 s. 197-211.
13. <https://swot.komag.eu>: przykładowy projekt obliczeń trakcyjnych.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.
Recenzent: prof.dr hab.inż. Teodor Winkler

Proces projektowania spągłodowarki z wymiennym osprzętem roboczym

Streszczenie

W publikacji przedstawiono proces współczesnego projektowania na przykładzie spągłodowarki górniczej opracowanej przez zespół autorski ITG KOMAG. Spągłodowarka charakteryzuje się wymiennością osprzętu roboczego, takiego jak: czerpak spągujący, czerpak bocznie wysypujący oraz młot udarowy. Przedstawiono również jej podstawowe parametry techniczne, oraz omówiono budowę i zasadę działania spągłodowarki, szczególnie podkreślając możliwość jej zastosowania w wyrobiskach korytarzowych o zmiennym przekroju.

Summary

The process of present-day designing was given in the paper on the example of mining roadheading machine developed by designers from the KOMAG Institute of Mining Technology. A possibility of replacement of operational equipment such as: floor bucket, side-discharge bucket and percussive hammer is a characteristic feature of roadheading machine. Basic parameters of roadheading machine were also presented and its design and principle of operation were discussed, especially emphasizing a possibility of using it in roadways of changeable cross-section.

1. Wstęp

Zmniejszanie się przekroju poprzecznego wyrobiska poprzez, między innymi, wypiętrzanie spagu zmienia warunki wentylacyjne. W związku z tym, w celu przywrócenia pierwotnego przekroju poprzecznego wyrobiska, konieczne jest dokonywanie tzw. przybierki spagu. Potrzeba ingerencji w profil wyrobiska zachodzi również podczas drażenia wyrobisk korytarzowych techniką strzelniczą, gdzie wymagane jest usunięcie pozostawionych po odstrzeleniu fragmentów skały płonnej i węgla z ociosów oraz stropu [1, 4].

Technologia drażenia wyrobisk korytarzowych techniką strzelniczą bardzo często wymaga również dodatkowych nakładów pracy na rozbijanie nadgabarytów skalnych utrudniających lub uniemożliwiających załadunek urobku na dalsze środki odstawy.

Niejednokrotnie zachodzi również konieczność załadunku urobku na środki odstawy, uzyskanego w wyniku profilowania przekroju wyrobiska. W celu wykonania wyżej wymienionych czynności niezbędne jest stosowanie kilku maszyn wykonujących poszczególne operacje lub jednej wielofunkcyjnej wyposażonej w szereg wymiennych narzędzi urabiających [1].

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG zaprojektowano wielofunkcyjną maszynę wyposażoną w zespoły robocze umożliwiające urabianie spagu, ładowanie urobku oraz rozkruszanie nadgabarytów skalnych.

Podjęte prace projektowe umożliwiły zaprojektowanie spągłodowarki wyposażonej w zespoły:

- czerpaka spągującego,
- czerpaka bocznie sypiącego,
- hydraulicznego młota udarowego.

2. Przebieg prac projektowych

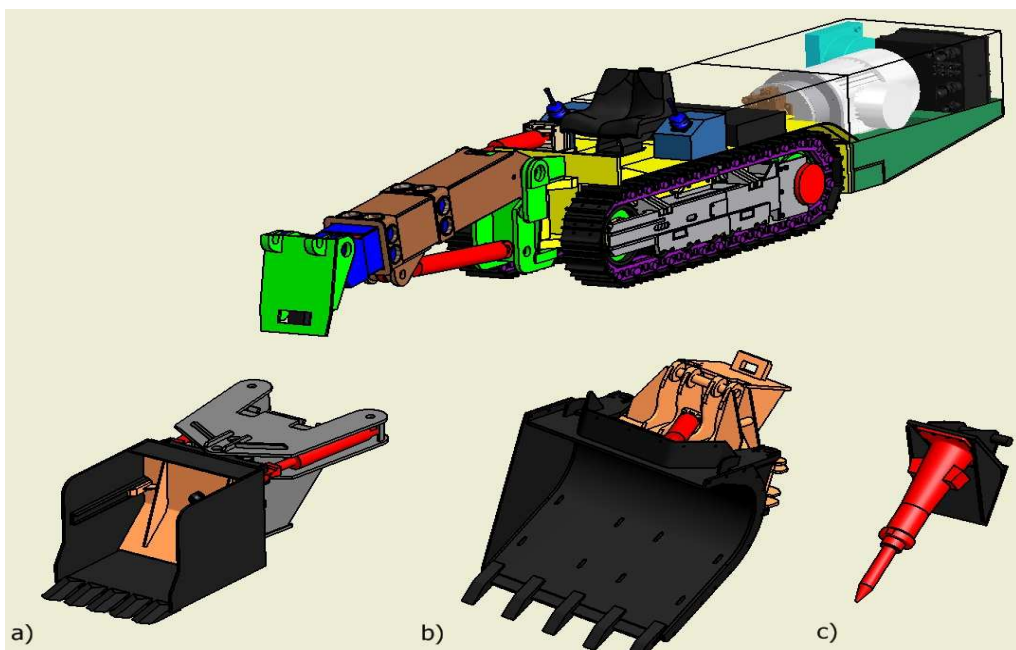
Realizacja projektu poprzedzona była opracowaniem koncepcji spągłodowarki z wymiennym osprzętem roboczym (rys. 1) [2]. Przeprowadzone prace koncepcyjne wykazały, że projektowana spągłodowarka może być konkurencyjnym produktem handlowym. Na szczególną uwagę zasługuje wąskie (1000 mm szerokości) podwozie gąsienicowe z napędem elektrohydraulicznym oraz stosunkowo duży (rzędu 4800 mm) zasięg szerokości urabiania z jednego ustawienia maszyny.

Dodatkowym atutem maszyny jest możliwość pracy (bez względu na konfigurację narzędzi roboczych) na nachyleniach podłużnych $\pm 20^\circ$ oraz poprzecznych $\pm 8^\circ$.

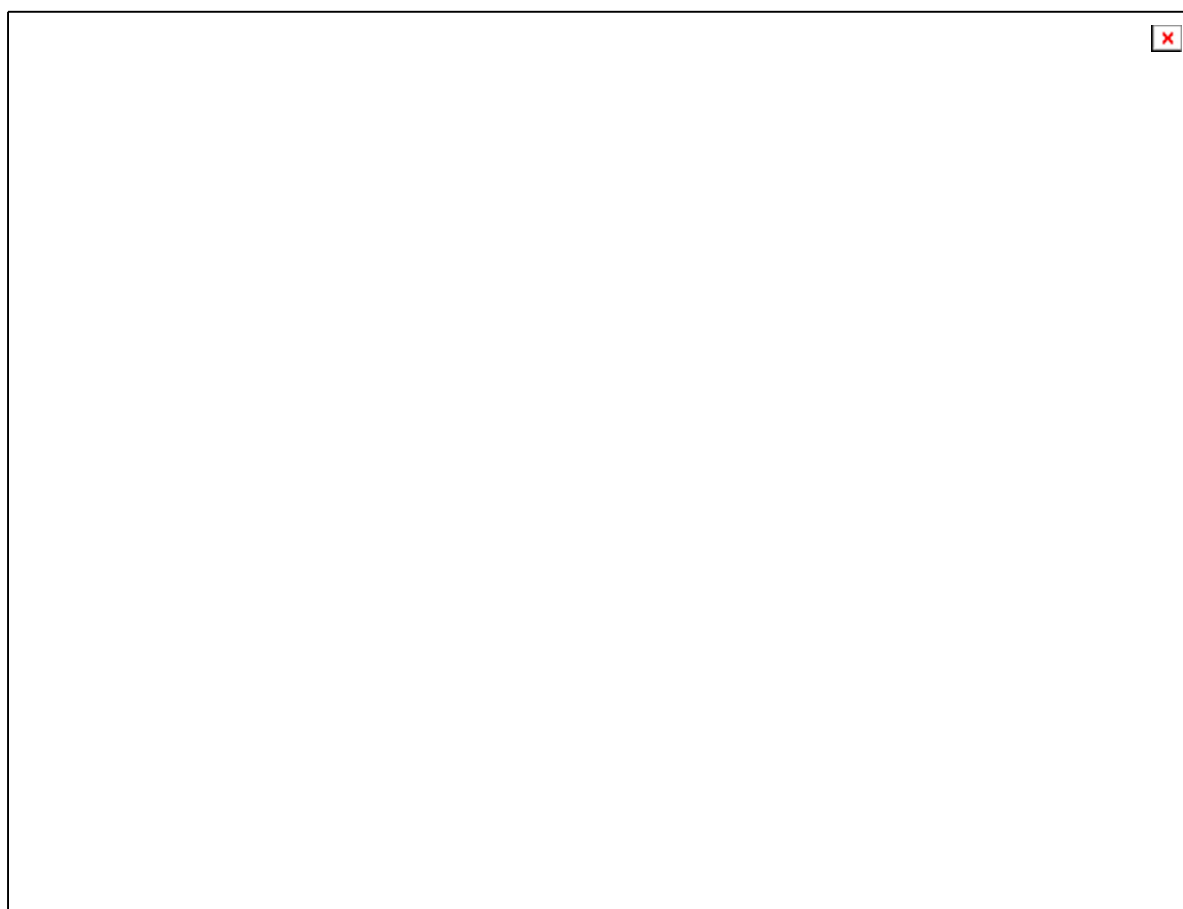
Prace projektowe prowadzono pod kątem jak najkorzystniejszego usytuowania środka ciężkości maszyny, przy jednoczesnym uzyskaniu jak najlepszych parametrów gabarytowych i zasięgu zespołu roboczego. W projekcie wstępnym [3], zwracając szczególną uwagę na problem szybkiej wymiany narzędzi roboczych, zaprojektowano układ pozwalający na wymianę narzędzi roboczych ze stanowiska operatora.

Wykonana koncepcja spągłodowarki z wymiennym osprzętem roboczym pozwoliła na wytypowanie podstawowych parametrów technicznych światowych rozwiązań konstrukcyjnych tego typu maszyn [2].

Wykonując projekt spągłodowarki [3], w celu zapewnienia jak największej konkurencyjności produktu, wnikliwie przeanalizowano i uwzględniono parametry techniczne konkurencyjnych rozwiązań, projektując przy tym układ kinematyczny (wysięgnik–zespół roboczy) spełniający warunek stateczności maszyny.



Rys.1. Koncepcja spagłodowarki z wymiennym osprzętem roboczym: a) czerpak do przybierki spągu, b) czerpak bocznie wysypujący, c) młot hydrauliczny [2]



Rys.2. Podstawowe parametry kinematyczne spagłodowarki [3]

Podstawowym atutem maszyny jest wąskie podwozie gąsienicowe (1000 mm), które jednocześnie narzuca dość rygorystyczne wymagania dotyczące stateczności maszyny. Inne parametry techniczne prezentowanej maszyny [3] to:

– zainstalowana moc	55 kW
– zdolność pokonywania nachyleń podłużnych	$\pm 20^\circ$
– zdolność pokonywania nachyleń poprzecznych	$\pm 8^\circ$
– wysokość wysypywania	2400 mm
– wysuw teleskopu	700 mm
– pojemność czepaka spągującego	0,35 m ³
– pojemność czepaka bocznie sypiącego	0,6 m ³
– masa własna	~ 9000 kg

Przedstawione parametry techniczne, bezpośrednio wpływające na stateczność maszyny narzuciły następujące parametry kinematyczne maszyny (rys. 2):

– kąt skrętu wysięgnika (prawo-lewo)	$\pm 22^\circ$
– kąt skrętu zespołu czepaka spągującego	$\pm 30^\circ$
– zasięg szerokości czepaka spągującego	4750 mm
– zasięg szerokości czepaka bocznie sypiącego	4200 mm

W wyniku podjętych prac opracowano projekt wstępny spągowladarki pozwalającej na zabudowę jednego z trzech narzędzi roboczych. Całkowita długość maszyny nie przekracza 8000 mm, a jej pozostałe dwa wymiary (szerokość i wysokość) wynoszą po 1000 mm.

3. Podstawowe obliczenia

Przed przystąpieniem do prac projektowych wykonano obliczenia pozwalające na dobór napędu hydrostatycznego podwozia gąsienicowego, obliczenia skuteczności hamowania oraz wyznaczono siłę uciagu podwozia gąsienicowego, siłę naporu czepaka na zwał urobku i określono nacisk jednostkowy podwozia gąsienicowego na spąg.

Na podstawie przyjętych danych wyznaczono następujące parametry techniczne maszyny:

– obroty koła napędowego	42,6 min ⁻¹
– prędkość jazdy	1,06 m/s
– siła obwodowa na kole napędowym	94,99 kN
– ciężar maszyny	88290 N
– ciężar urobku	6475 N

oraz siły:

– oporu toczenia (samej maszyny) na nachyleniu 0°	10595 N
– oporu toczenia (maszyny z urobkiem) na nachyleniu 0°	11372 N
– oporu toczenia (samej maszyny) na nachyleniu 20°	9956 N

– oporu toczenia (maszyny z urobkiem) na nachyleniu 20°	10686 N
– składowej ciężaru maszyny równoległa do podłoża (nachylenie 20°)	30197 N
– składowej ciężaru maszyny równoległa do podłoża (nachylenie 20°)	32412 N

jak również:

– oporów jazdy (samej maszyny) na nachyleniu 0°	10594,8 N
– oporów jazdy (maszyny z urobkiem) na nachyleniu 0°	11372 N
– oporów jazdy (samej maszyny) na nachyleniu 20°	40153 N
– oporów jazdy (maszyny z urobkiem) na nachyleniu 20°	43098 N

Kolejny etap obliczeń to wyznaczenie sił w podwoziu gąsienicowym potrzebnych do pracy spągowladarki. Przeprowadzone obliczenia pozwoliły na określenie sił:

– naporu wysięgnika (czepaka)	123272 N
– potrzebnych do wykonania spągowania na nachyleniu 0°	134586 N
– potrzebnych do wykonania spągowania na nachyleniu 20°	166312 N

oraz nadwyżki siły:

– wynikającej z możliwości napędu (nachylenie 0°)	55393 N
– wynikającej z możliwości napędu (nachylenie 20°)	23667 N

Kolejny etap obliczeń stanowiły obliczenia skuteczności hamowania wytypowanego do zabudowy w podwoziu gąsienicowym napędu hydrostatycznego.

Obliczenia skuteczności hamowania wykonano dla dwóch skrajnych, najbardziej niekorzystnych, przypadków obciążenia układu:

- 1) spągowladarka z napelnionym czepakiem znajdująca się na nachyleniu 0° ,
- 2) spągowladarka znajdująca się w wyrobisku na nachyleniu 20° , z czepakiem urabiającym warstwę spagową z maksymalną, możliwą do uzyskania, siłą w cylindrze wysuwu teleskopu.

Moment hamowania M_{h1} potrzebny na kole napędowym (na nachyleniu 0°) wynosi:

$$M_{h1} = 13363 \text{ N}$$

Moment hamowania M_{h2} potrzebny na kole napędowym (na nachyleniu 20°) wynosi:

$$M_{h2} = 17212 \text{ N}$$

W napędzie HYDROTRAC GFT 24 zastosowanym w spągowladarkę, moment hamowania silnika jazdy wynosi 215 Nm, co po przeniesieniu na koło napędowe daje moment hamowania M_{hkn} równy:

$$M_{hkn} = 21313 \text{ Nm}$$

W związku z powyższym współczynnik W_0 skuteczności hamowania spągłodowarki pracującej na nachyleniu 0° wynosi:

$$W_0 = \frac{M_{hkn}}{M_{h1}} = \frac{21313}{13363} = 1,59$$

Z kolei współczynnik W_{20} skuteczności hamowania spągłodowarki pracującej na nachyleniu 20° wynosi:

$$W_{20} = \frac{M_{hkn}}{M_{h2}} = \frac{21313}{17212} = 1,24$$

Z powyższych obliczeń wynika, że dobrany napęd hydrostatyczny umożliwia uzyskanie wymaganych parametrów ruchowych podwozia gąsienicowego oraz zapewnia bezpieczną pracę na nachyleniach podłużnych w zakresie $\pm 20^\circ$.

Jednym z parametrów technicznych wymaganych przez użytkowników jest jak najmniejszy współczynnik nacisków jednostkowych podwozia na podłoże.

W związku z tym, na podstawie danych, takich jak:

- masa maszyny: $G = 9000 \text{ kg}$,
- powierzchnią styku dwóch gąsienic z podłożem: $F = 9625 \text{ cm}^2$,

określono nacisk jednostkowy P podwozia gąsienicowego na spąg, który wynosi:

$$P = 9,17 \text{ N / cm}^2 \approx 0,09 \text{ MPa}$$

Przeprowadzone podstawowe obliczenia konstrukcyjne wykorzystano do opracowania rozwiązania konstrukcyjnego spągłodowarki z wymiennym osprzętem roboczym.

4. Opis rozwiązania konstrukcyjnego

W wyniku podjętych prac wykonano projekt 3D oraz rysunki głównych zespołów maszyny pozwalającej na zabudowę zespołu roboczego w postaci czerpaka spągującego, czerpaka bocznie sypiącego oraz hydraulicznego młota udarowego (rys. 3).

Konstrukcja części mechanicznej spągłodowarki oraz jej układ hydrauliczny, po odłączeniu narzędzia roboczego, pozwala na otrzymanie w pełni mobilnego podwozia gąsienicowego (rys. 4), do którego w przyszłości będą mogły być zabudowywane inne układy robocze (np. podest roboczy, podnośnik widłowy itp.).

W tylnej części ramy podwozia, na specjalnych zaczepach, zabudowany jest kadłub napędu, w którym umieszczono wyposażenie elektrohydrauliczne, w tym również zespół napełniania i opróżniania zbiornika, zespół chłodnicy i skrzynia aparatury elektrycznej. W kadłubie napędu na wsporniku zabudowany jest zespół napędowy (rys. 5).

Konstrukcja wspornika zespołu napędowego umożliwia z jednej strony zamontowanie silnika elektrycznego o mocy 55 kW, a z drugiej pompy głównej oraz dodatkowej pompy zębatej. Wał pompy głównej połą-

czony jest z wałem silnika elektrycznego za pomocą sprzęgła elastycznego zabudowanego wewnątrz wspornika.

Pompa główna wykorzystywana jest do zasilania wszystkich odbiorników hydraulicznych (cylindrów i silników jazdy), z kolei z pompy zębatej zasilany jest silnik wirnika wentylatora chłodnicy powietrzno-olejowej.

W przedniej części ramy podwozia zabudowana jest obrotnica, która jest elementem łączącym wysięgnik teleskopowy z ramą podwozia.

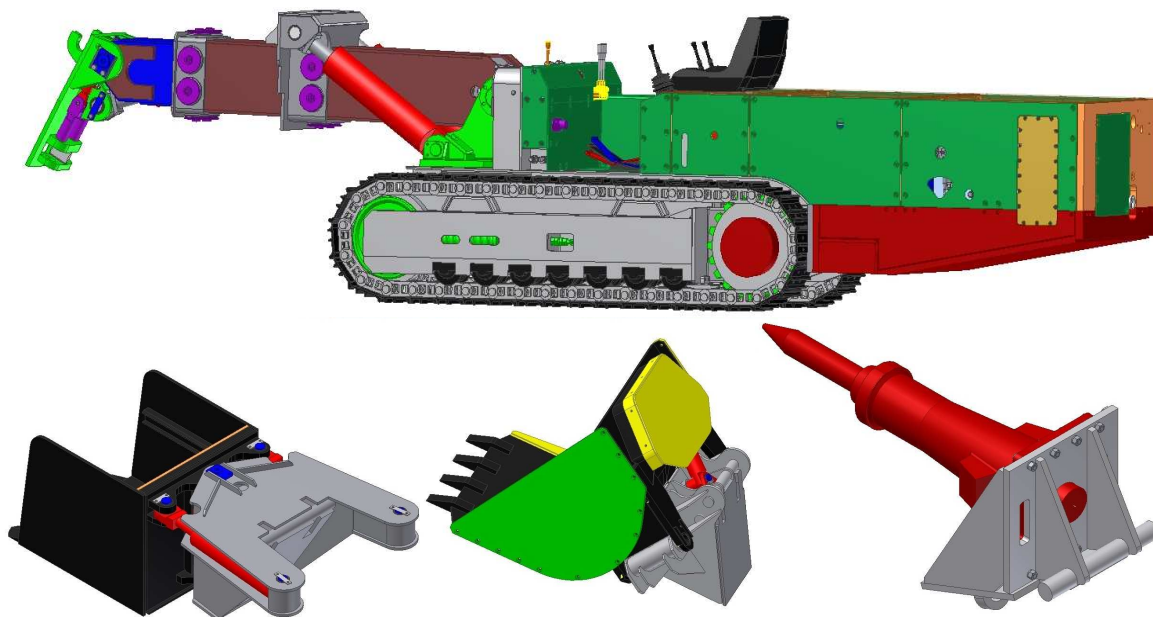
Tuż za obrotnicą znajduje się stanowisko operatora (rys. 6). W osi maszyny, nad zbiornikiem oleju, umieszczono siedzisko operatora, z którego odbywa się sterowanie poszczególnymi mechanizmami maszyny. Po prawej stronie siedziska operatora zabudowane są dwa, a po lewej jeden manipulatory hydrauliczne umożliwiające sterowanie układem roboczym maszyny, oraz mechanizmem wymiany narzędzi. Na wysokości stóp siedzącego operatora zabudowano dwa rozdzielacze nożne (prawy i lewy), za pomocą których odbywa się uruchamianie napędu gąsienic. Wyżej wymienione rozdzielacze nożne umożliwiają, poprzez odpowiednią kombinację ich wychylenia, jazdę spągłodowarki do przodu, do tyłu oraz wykonywanie skrętów.

Zaprojektowana rama podwozia umożliwia zamontowanie w jej tylnej części zespołu napędu gąsienicy prawej i lewej, a z przodu zespołu napinającego. Po zabudowaniu w dolnej części ramy rolek prowadzących, możliwe jest opasanie wyżej wymienionych elementów łańcuchem gąsienicowym, tworząc tym samym mobilne podwozie gąsienicowe.

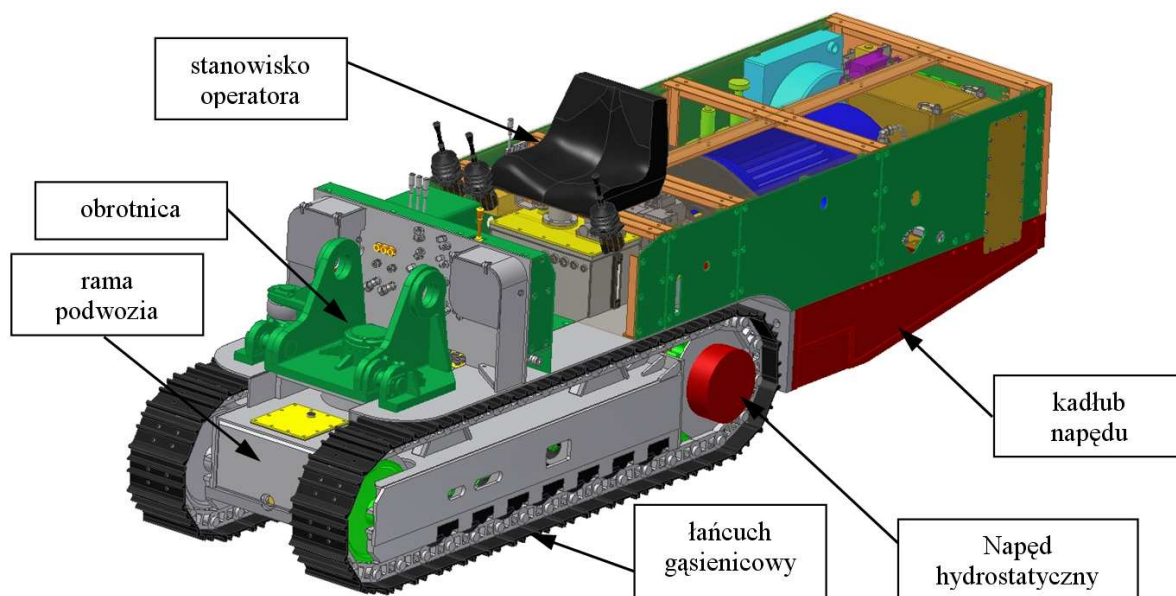
Konstrukcje ramy podwozia zaprojektowano w sposób umożliwiający wypełnienie jej olejem hydraulicznym. Oprócz funkcji zbiornika oleju rama podwozia wraz z olejem hydraulicznym korzystnie wpływa na położenie środka ciężkości.

Obracanie się rozpiętego na kolejnych rolkach i kole łańcuchowym łańcucha gąsienicowego realizowane jest za pomocą zabudowanego napędu hydrostatycznego (rys. 7).

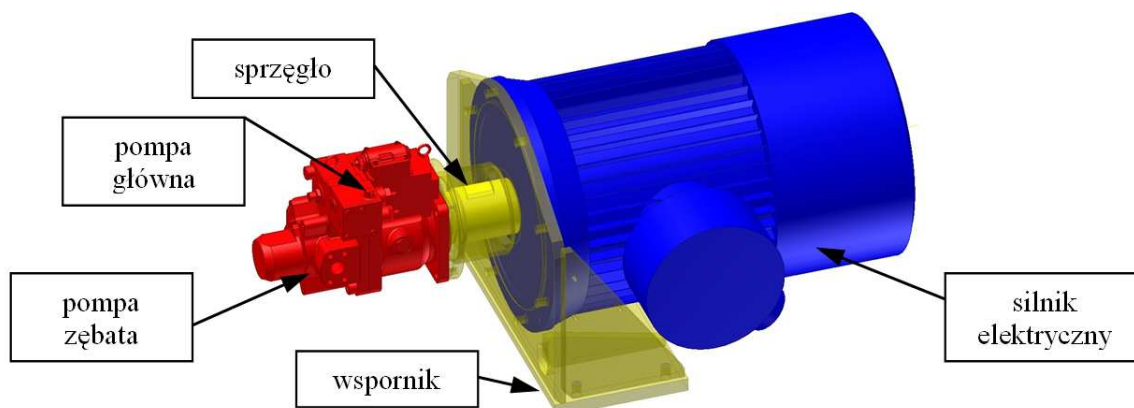
Głównym elementem zastosowanego w projektowanej spągłodowarce napędu hydrostatycznego jest przekładnia obiegowa z zabudowanym silnikiem hydraulicznym. Moment obrotowy z przekładni, poprzez zabudowane na niej koło łańcuchowe, przenoszony jest bezpośrednio na łańcuch gąsienicowy. Przekładnia obiegowa wyposażona jest w hamulec wielopłytkowy odblokowywany hydraulicznie. Z chwilą podania ciśnienia na silnik następuje również podanie ciśnienia na hamulec i odblokowanie go. Zanik ciśnienia powoduje docisnięcie tarcz hamulcowych sprężynami i zahamowanie napędu. Dodatkowym zabezpieczeniem maszyny, zapobiegającym jej rozbieganiu się, są zawory hamulcowe zabudowane na silniku hydraulicznym napędu hydrostatycznego.



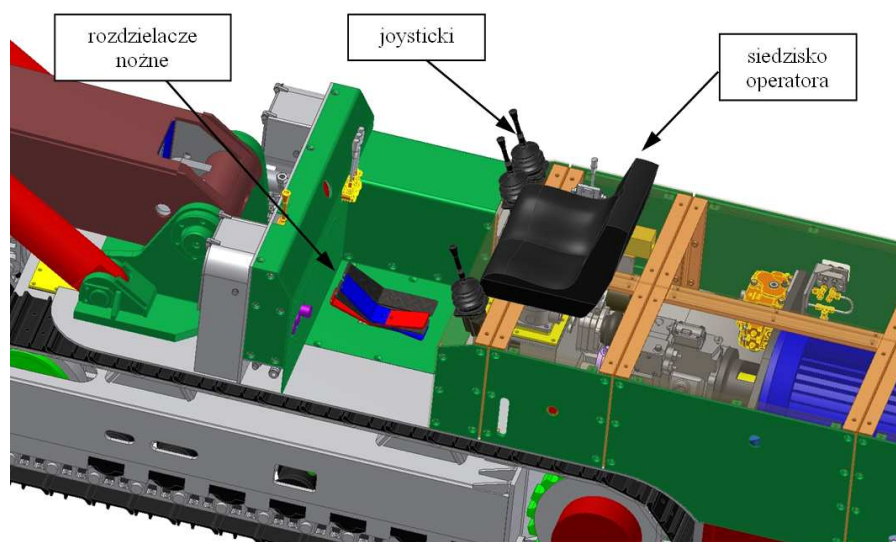
Rys.3. Spagoladowarka z czerpakiem spagującym, bocznie syjącym oraz hydraulicznym młotem uderowym [3]



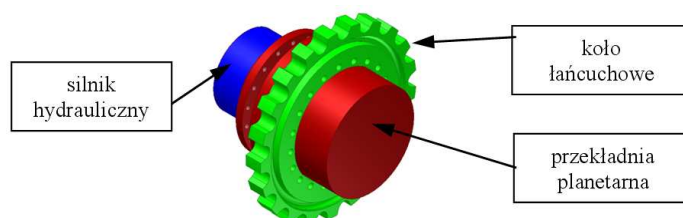
Rys.4. Podwozie gąsienicowe spagoladowarki [3]



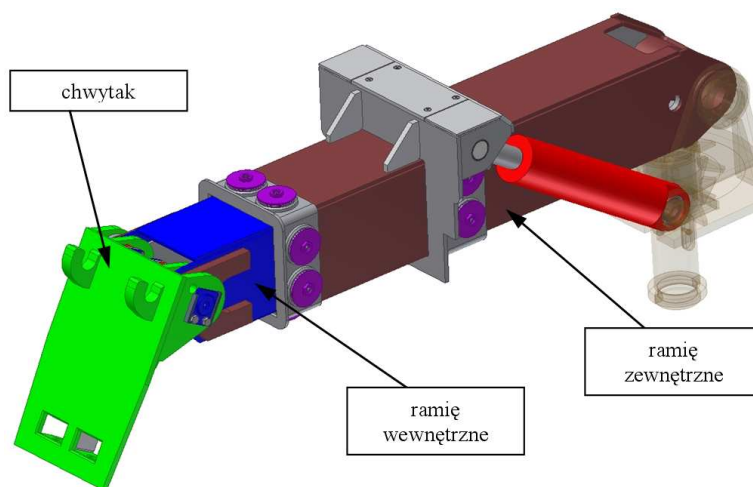
Rys.5. Zespół napędowy spagoladowarki [3]



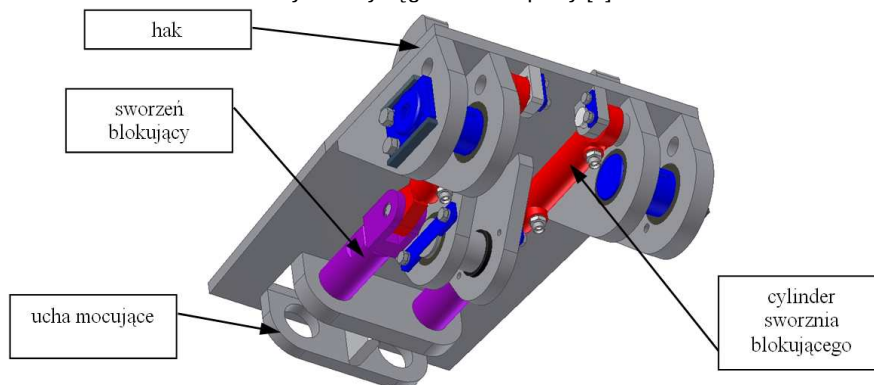
Rys.6. Stanowisko operatora [3]



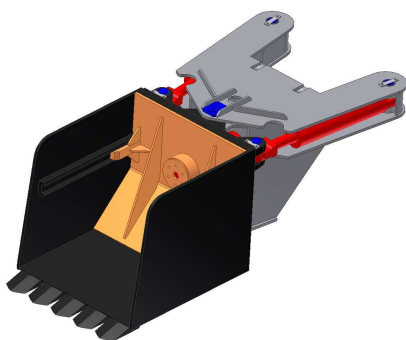
Rys.7. Napęd hydrostatyczny spagóładowarki [3]



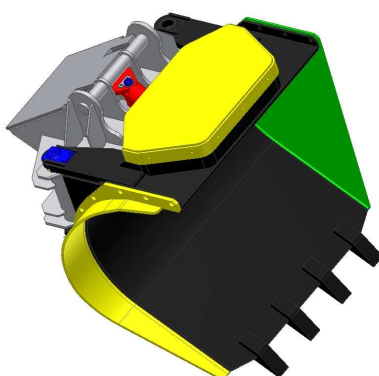
Rys.8. Wysięgnik teleskopowy [3]



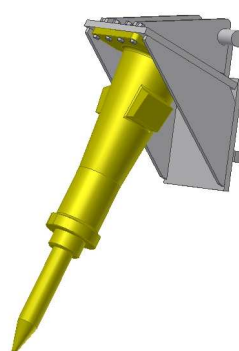
Rys.9. Chwytak narzędzi roboczych [3]



Rys.10. Zespół czepaka spagującego [3]

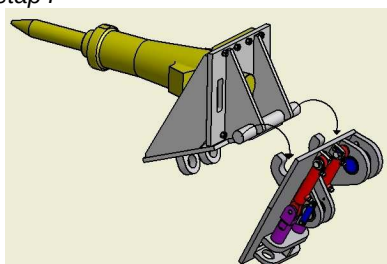


Rys.11. Zespół czepaka bocznie sypiącego [3]

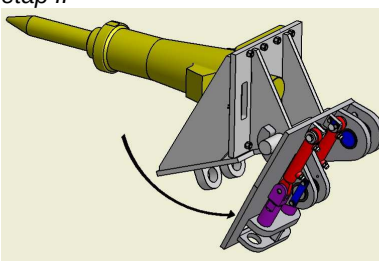


Rys.12. Zespół hydr. młota uderowego [3]

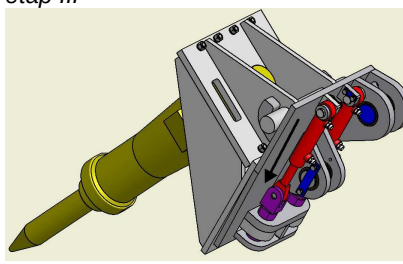
etap I



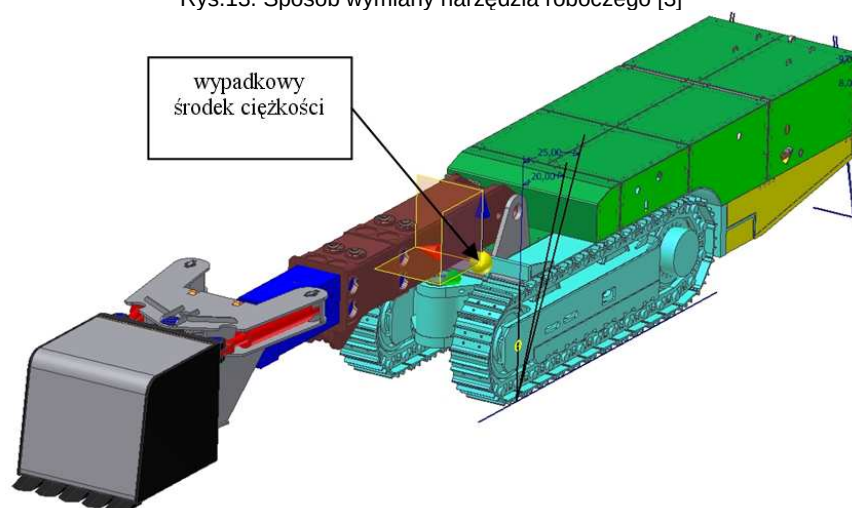
etap II



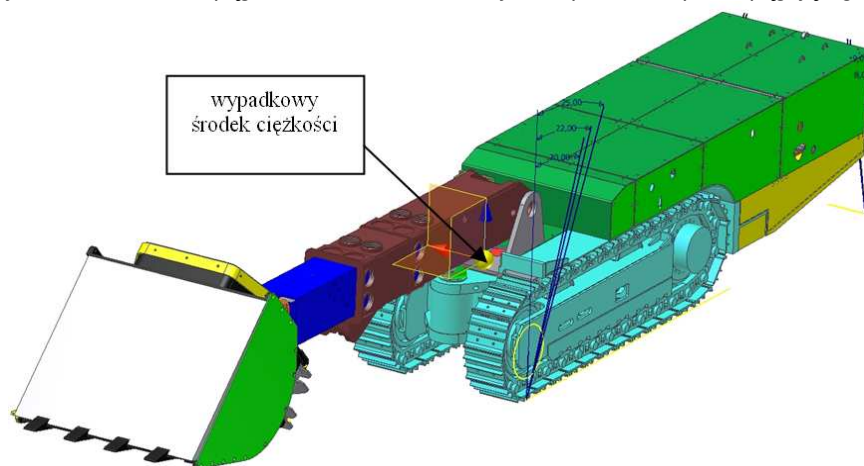
etap III



Rys.13. Sposób wymiany narzędzia roboczego [3]



Rys.14. Stateczność spagoladowarki z zabudowanym zespołem czepaka spagującego [3]



Rys.15. Stateczność spagoladowarki z zabudowanym zespołem czepaka bocznie sypiącego [3]

W podwoziu gąsienicowym zastosowano dostępne na rynku maszyn budowlanych handlowe łańcuchy, rolki prowadzące, koło napędowe, oraz zespół napinania gąsienicy.

Kolejnym zespołem prezentowanej spagoladowarki jest wysięgnik teleskopowy (rys. 8) umożliwiający wysuw w zakresie 0÷700 mm. W przedniej części wysięgnika, na sworzniach zabudowano zespół chwytaka narzędzi roboczych (rys. 9). Zespół ten zabudowano obrotowo na ramieniu wewnętrznym. Jest on wychylany w osi wysięgnika za pomocą cylindra i jest przystosowany do zabudowy różnych narzędzi roboczych.

W prezentowanym projekcie spagoladowarki przewidziano możliwość pracy jednym z trzech zespołów roboczych, tj.: zespołem czerpaka spągującego (rys. 10), zespołem czerpaka bocznie sypiącego (rys. 11) oraz hydraulicznym młotem udarowym (rys. 12).

W zaprojektowanym czerpaku spągującym o pojemności 0,35 m³, na prowadnicach, zabudowano wygarniak wspomagający czynności związane z wysypywaniem urobku. Wygarniak uruchamiany jest za pomocą cylindra teleskopowego, którego kołnierz zewnętrzny przymocowany jest do tylnej ściany czerpaka, a drąg tłokowy, zakończony przegubem kulistym, połączony jest z wygarniakiem. Na tylnej ścianie czerpaka do dolnych i górnych uch zamocowano łącznik, który za pomocą cylindrów hydraulicznych zabudowanych po bokach, umożliwia skręcanie czerpaka na boki w zakresie ±30°. W tylnej części łącznika zabudowano sworznie służące do podchwytu całego zespołu przez chwytak. Z kolei w dolnej części łącznika zabudowano ucha, które po przejściu przez otwory wykonane w blasze chwytaka, przetykane są hydraulicznie sworznie blokujące.

Czerpak bocznie sypiący o pojemności 0,6 m³ zamocowano do wahacza za pomocą uch bocznych (prawych lub lewych w zależności od strony wysypywania). Opróżnianie czerpaka realizowane jest za pomocą cylindra hydraulicznego łączącego górne ucha czerpaka z centralnie umieszczonym uchem wahacza.

W górnej części wahacza umieszczono sworznie służące do podchwytu całego zespołu przez chwytak. W dolnej części wahacza, podobnie jak w wyżej opisywanym łączniku, umieszczono ucha służące do unieruchomienia całego zespołu ładującego przez sworznie blokujące chwytaka.

Ostatnim zespołem roboczym przewidzianym w prezentowanym projekcie do zabudowy na podwoziu spagoladowarki jest zespół hydraulicznego młota udarowego. Zespół młota udarowego składa się ze wspornika, do którego przymocowany jest młot udarowy.

Podobnie jak w przypadku wyżej wymienionych narzędzi roboczych, konstrukcja wspornika umożliwia zabudowanie całego zespołu na chwytaku.

Proponowane rozwiązanie techniczne sposobu wymiany narzędzi roboczych umożliwia zamontowanie ich na jednym uniwersalnym wysięgniku teleskopowym. Połączenie narzędzia z wysięgnikiem odbywa się za pomocą chwytaka, który jest łącznikiem między wysięgnikiem i narzędziem roboczym. Narzędzie robocze jest łączone z wysięgnikiem teleskopowym za pośrednictwem chwytaka. Połączenie chwytaka z narzędziem roboczym pokazano na rysunku 13. W proponowanym rozwiązaniu haki chwytaka podchwytyają sworznie zabudowane we wsporniku narzędzia roboczego podnosząc go do góry.

Zaproponowane rozwiązania umożliwią łatwą wymianę narzędzi roboczych w spagoladowarce i dostosowanie jej do wykonywania wymaganych czynności w aktualnie wykonywanym wyrobisku.

Przed demontażem narzędzia i zamontowaniem innego należy ręcznie rozłączyć, a po zamontowaniu narzędzia podłączyć jego zasilanie hydrauliczne.

5. Stateczność podłużna i poprzeczna spagoladowarki

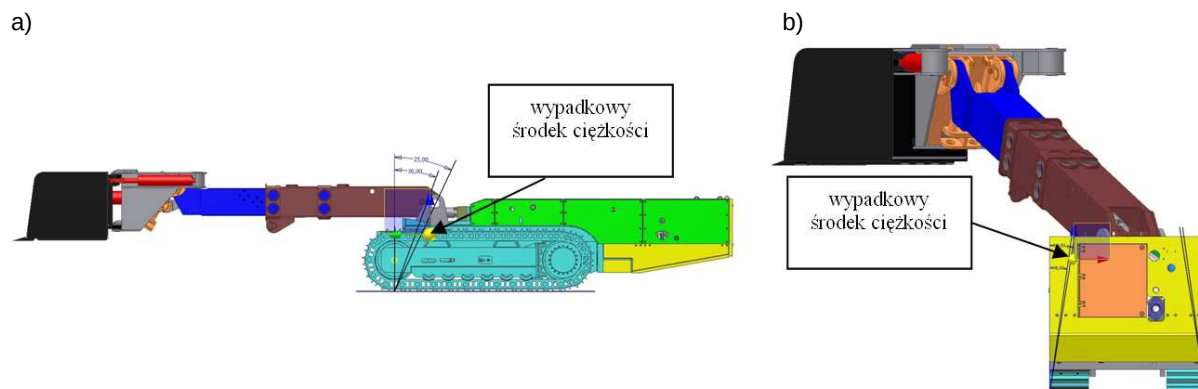
Założone parametry techniczne oraz uniwersalność podwozia i zabudowa różnych zespołów roboczych narzuciło specyficzne warunki zabudowy układu roboczego maszyny.

Prace projektowe prowadzono mając na uwadze spełnienie wyznaczonych parametrów technicznych maszyny, ale również pod kątem zachowania stateczności maszyny pracującej na nachyleniach podłużnych i poprzecznych. W czasie trwania prac projektowych kilkakrotnie zmieniano miejsce mocowania wysięgnika teleskopowego oraz jego kinematykę, jak również dociążano kadłub napędu, jako naturalną przeciwwagę dla zespołu roboczego i zgromadzonego w czerpaku urobku.

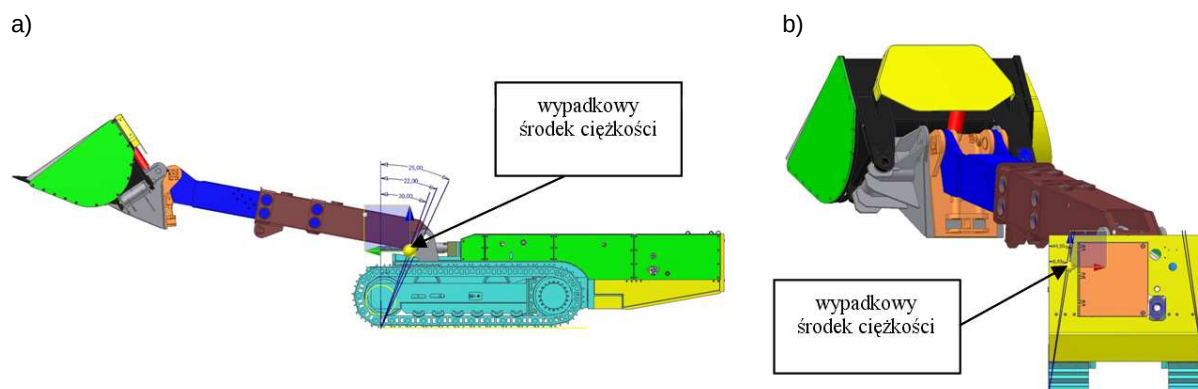
Kolejne kroki i przybliżenia zmierzały do ustalenia miejsca zabudowy poszczególnych zespołów spagoladowarki. Ten zakres zadania stanowił jeden z bardziej pracochłonnych etapów projektu.

Stateczność spagoladowarki wyznaczono dla przypadku zabudowy na wysięgniku teleskopowym zespołu czerpaka spągującego (rys. 14) oraz dla przypadku zabudowy zespołu czerpaka bocznie sypiącego (rys. 15). Stateczności maszyny z zabudowanym hydraulicznym młotem udarowym nie analizowano ze względu na dużo mniejszą jego masę niż masa zespołu czerpaka wypełnionego urobkiem.

W toku podjętych prac wyznaczono stateczność podłużną (na nachyleniu 20°) oraz poprzeczną (na nachyleniu 8°) spagoladowarki z zabudowanym zespołem czerpaka spągującego (rys. 16), oraz z zabudowanym zespołem czerpaka bocznie sypiącego (rys. 17).



Rys.16. Stateczność spągłodowarki z zabudowanym zespołem czepaka spągującego: a) podłużna (20°), b) poprzeczna (8°) [3]



Rys.17. Stateczność spągłodowarki z zabudowanym zespołem czepaka spągującego: a) podłużna (20°), b) poprzeczna (8°) [3]

Analizując położenie wypadkowego środka masy całej maszyny względem zaznaczonych krawędzi wyrotu można stwierdzić, że stateczność podłużna spągłodowarki z zabudowanym zespołem czepaka spągującego zachowana jest na nachyleniach ponad 25°, zaś dla przypadku zabudowy czepaka bocznie syjącego na nachyleniu około 22°.

Jeżeli chodzi o stateczność poprzeczną to dla obydwu analizowanych przypadków jest ona zachowana na nachyleniu do 9°.

Można zatem stwierdzić, że założone wartości dopuszczalnych kątów nachylenia podłoża, na jakich może pracować maszyna (podłużny $\pm 20^\circ$ oraz poprzeczny $\pm 8^\circ$) są spełnione zarówno w przypadku zabudowy zespołu czepaka spągującego oraz zespołu czepaka bocznie syjącego, jak również zespołu hydraulicznego młota udarowego.

6. Podsumowanie

W niniejszym artykule opisano przebieg procesu projektowania spągłodowarki z wymiennym osprzętem roboczym. Projekt maszyny został opracowany przez ITG KOMAG w ramach środków własnych.

Przed podjęciem prac projektowych niezbędnym było przeanalizowanie światowych rozwiązań dotyczących projektowanej maszyny. Kolejnym krokiem było

opracowanie założeń konstrukcyjnych oraz wykonanie koncepcji maszyny. Na podstawie uzyskanych danych przeprowadzono obliczenia kinematyczne i ruchowe pozwalające na dobranie odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych poszczególnych węzłów maszyny.

W trakcie prowadzenia prac projektowych kilkakrotnie wprowadzano zmiany konstrukcyjne węzła mocującego wysięgnik teleskopowy z podwoziem maszyny. Węzeł ten, jak się okazało, w sposób kluczowy wpływał na stateczność spągłodowarki. Kolejne przybliżenia pozwoliły dobrać geometrię oraz umiejscowienie wszystkich zespołów tak, aby maszyna zachowywała stateczność na założonych wartościach kątów nachylenia podłoża.

W ramach projektu wstępnego opracowano rozwiązanie spągłodowarki z wymiennym osprzętem roboczym w postaci zespołu:

- czepaka spągującego,
- czepaka bocznie syjącego,
- hydraulicznego młota udarowego.

Głównymi elementami prac projektowych było:

- sprecyzowanie podstawowych parametrów technicznych maszyny,
- wykonanie podstawowych obliczeń konstrukcyjnych,

-
- dobranie zespołu napędowego oraz napędu jazdy,
 - opracowanie modelu przestrzennego maszyny oraz wykonanie dokumentacji projektowej,
 - wykonanie opisu budowy i zasady działania poszczególnych zespołów maszyny,
 - obliczenia stateczności maszyny na pochyleniach podłużnych i poprzecznych,

Dotychczasowe doświadczenia związane z projektowaniem ładowarek i wozów wiertniczych umożliwiły wytypowanie wyposażenia elektrohydraulicznego możliwego do zastosowania w projektowanej maszynie.

Wykonując projekt konstrukcji mechanicznej uwzględniono poszczególne elementy hydrauliki siłowej i iskrobezpiecznego wyposażenia elektrycznego do zastosowania w podziemnych wyrobiskach górniczych o stopniu niebezpieczeństwa „a”, „b” i „c” wybuchu metanu oraz klasy „A” i „B” zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

W wyniku podjętych prac projektowych zaproponowano konkurencyjne, w odniesieniu do rozwiązań światowych, wąskie (1000 mm) podwozie gąsienicowe wyposażone w nowoczesny napęd elektrohydrau-

liczny. Na uwagę zasługują również pozostałe parametry spągłodowarki, takie jak: wysokość 1000 mm, szerokość zabioru około 4800 mm oraz wysokość wysypywania 2400 mm.

Literatura

1. Klich A.: Praca zbiorowa. Maszyny i urządzenia dla inżynierii budownictwa podziemnego. Wyrobiska korytarzowe i szybowe w górnictwie. Katowice 1999.
2. Koncepcja spągłodowarki z wymiennym osprzętem roboczym. Materiały własne ITG KOMAG.
3. Projekt wstępny spągłodowarki z wymiennym osprzętem roboczym. Materiały własne ITG KOMAG.
4. Przybyła H., Chmiela A.: Technika i organizacja w robotach przygotowawczych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Adam Klich

Kolejny krok ZZM S.A. w automatyzację kompleksu ścianowego na przykładzie górniczego kombajnu ścianowego KSW-1500EU

Streszczenie

W artykule omówiono rozwiązania konstrukcyjne układów elektrycznych górniczego kombajnu ścianowego KSW-1500EU, przeznaczonego do współpracy z automatycznymi kompleksami ścianowymi. Zwrócono szczególną uwagę na układy monitoringu, diagnostyki, sterowania i przesyłania danych z kombajnu.

Summary

The article presents technical solutions implemented in the KSW-1500EU longwall shearer which is designed for operations in automated longwall systems. Focus is laid on monitoring, diagnostic, control and data transmission systems.

1. Wprowadzenie

Rozwój górnictwa światowego jest obecnie ukierunkowany na koncentrację wydobycia, przy jednoczesnym spełnieniu warunków bezpieczeństwa ludzi oraz maksymalizacji czasu efektywnej pracy urządzeń kompleksów ścianowych. Efektem takiego podejścia jest dążenie do zautomatyzowania procesu urabiania i odstawy urobku oraz do zwiększenia dyspozycyjności maszyn rozumianej jako stosunek użytecznego czasu pracy urządzenia do czasu całkowitego. Wymusza to na producencie kombajnu konieczność stosowania rozwiązań najbardziej zaawansowanych technicznie z jednoczesnym zwróceniem szczególnej uwagi na niezawodność oraz bezpieczeństwo.

2. Ocena ryzyka

Prace nad projektem kombajnu zostały poprzedzone szczegółową analizą ryzyka, zgodnie z dyrektywą 2006/42/WE. Oszacowano prawdopodobieństwo oraz skutki wystąpienia niepożądanych zdarzeń, które mogłyby negatywnie wpłynąć na bezpieczeństwo obsługi maszyny. Wynikiem analizy było wprowadzenie zmian w założeniach projektu oraz opracowanie bezpieczniejszych procedur obsługi kombajnu, np. konieczność naciśnięcia równocześnie dwóch przycisków celem uruchomienia napędu posuwu. Dla podniesienia niezawodności działania obwodów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo zastosowano w nich elementy umożliwiające uzyskanie przez obwody stopnia nie naruszalności bezpieczeństwa SIL-2 i SIL-3. Jednocześnie wyżej wymienione obwody oddzielono od funkcji sterowania.

3. Zwiększona moc

Zwiększenie efektywności pracy maszyny uzyskano poprzez podniesienie całkowitej mocy zainstalowanej

oraz zastosowanie zaawansowanych algorytmów sterowania. Maksymalna moc zainstalowana na kombajnie KSW-1500EU wynosi 1445 kW.

W porównaniu z kombajnem KSW-880EU, który jest protoplastą KSW-1500EU, moc ta wzrosła o 40%, co przy nieznacznie zwiększonych gabarytach jest dużym osiągnięciem. W przypadku zasilania kombajnu napięciem 3300 VAC możliwe jest zastosowanie silników organów urabiających o mocy do 630 kW oraz silnika kruszarki o mocy 175 kW. Silnik pompy hydraulicznej o mocy 30 kW oraz dwa silniki posuwu o mocy 120 kW zasilane są napięciem 440 VAC. Należy dodać, że uniwersalna konstrukcja kombajnu umożliwia także, w zależności od indywidualnych wymagań klienta, zabudowanie w module zasilająco-sterującym aparatury elektrycznej na napięcie 1000 VAC lub 1140 VAC.

Każdy z torów zasilających silniki po stronie wysokiego napięcia został wyposażony w urządzenia zabezpieczające przed zjawiskami niepożądanymi, tzn.: przeciążeniem, zwarcie, asymetrią, obniżonym stanem izolacji i uszkodzeniem zewnętrznego, kontrolnego ekranu oponowego przewodu zasilającego. W tradycyjnych kombajnach tory zasilające silniki organów urabiających kontrolowane były tylko przez stację kompaktową zasilającą kombajn. Aby to umożliwić jedna z faz zasilających musiała być na stałe podłączona do silnika, natomiast stycznikiem przerywane były tylko dwie fazy. Takie rozwiązanie mogło w pewnych sytuacjach stwarzać zagrożenie. W kombajnie KSW-1500EU wyeliminowano to zagrożenie poprzez zastosowanie blokujących zabezpieczeń upływowych indywidualnie dla każdego silnika.

Podstawowym ograniczeniem dalszego zwiększania mocy zainstalowanej w kombajnach starszej generacji była graniczna temperatura pracy powietrznego transformatora zasilającego silniki posuwu i pompy hydraulicznej.

W kombajnie KSW-1500EU zastosowano specjalnej konstrukcji transformator chłodzony wodą, który przy gabarytach zbliżonych do transformatora powietrznego, ma większą moc i niską temperaturę pracy.

4. Zaawansowane techniki sterowania posuwem kombajnu

Tradycyjny napęd kombajnów składał się z pojedynczego przemiennika częstotliwości zasilającego równolegle dwa silniki indukcyjne. Taki układ umożliwia jedynie pracę ze skalarnym sterowaniem częstotliwościowym, czyli z bezpośrednim kształtowaniem częstotliwości podstawowej harmonicznej trójfazowego napięcia zasilającego, zapewniającym płynną regulację prędkości kątovej wirnika.

Mimo prostoty, układ ma poważną wadę – brak możliwości dokładnej regulacji momentu napędowego, zwłaszcza w stanach dynamicznych. Zwiększone prawdopodobieństwo uszkodzeń przekładni mechanicznych wymusza stosowanie wyższych współczynników bezpieczeństwa podczas projektowania, co skutkuje zwiększeniem gabarytów, a tym samym kosztów produkcji. Ponadto zasilanie dwóch silników napędu posuwu z jednego przemiennika częstotliwości z zasady uniemożliwia kontrolę rozkładu obciążeń pomiędzy jednostkami napędowymi.

Analiza danych eksploatacyjnych wykazała, że wahania podziałki międzysworzniowej trasy przenośnika powodują interakcje między dwoma ciągnikami, co prowadzi do ciągłej asymetrii obciążeń jednostek napędowych. Zastosowanie dwóch sterowanych skalarne przemienników o zsynchronizowanej częstotliwości wyjściowej, nie pozwala na minimalizowanie rozbieżności momentów napędowych, co pokazano na rysunku 2. Rozwiązaniem opisanego problemu jest zastosowanie zaawansowanych metod sterowania wektorowego zapewniających kontrolę momentu napędowego w stanach dynamicznych.

KSW-1500EU wyposażono w dwa przemienniki częstotliwości pracujące w układzie „master-follower”. Rysunek 3 prezentuje przebiegi zarejestrowane w czasie prób ruchowych kombajnu. Jak można łatwo zauważyć, tym razem linie momentów napędowych niemal się pokrywają mimo znacznej dynamiki zmian, natomiast prędkość silnika napędu nadążającego oscyluje wokół prędkości silnika napędu wiodącego.

Zastosowanie powyższych algorytmów sterowania pozwala na bardziej optymalne wykorzystanie dostępnej mocy i siły ciągu układu. W połączeniu ze sprawdzonym w poprzednich konstrukcjach i opatentowanym przez ZZM S.A. regulatorem od obciążenia organu urabiającego z korektą od temperatury silnika uzyskano maszynę oferującą wydajniejszy proces urabiania węgla kamiennego.

5. Zaawansowane systemy automatyki

System automatyki kombajnu, w znacznym stopniu, oparto o magistralę CAN. W porównaniu z poprzednimi rozwiązaniami cechuje się ona większą szybkością działania. Moduły I/O rozmieszczono bezpośrednio w pobliżu miejsca instalacji czujników pomiarowych i urządzeń wykonawczych, co pozwoliło zredukować liczbę połączeń do niezbędnego minimum oraz wyeliminować wpływ niekorzystnych zakłóceń obwodów silnoprządowych na obwody pomiarowe.

Szczegółowej analizie poddano wszystkie elementy systemu, tak aby spełniały rygorystyczne wymagania odporności na trudne warunki otoczenia panujące w miejscu pracy kombajnu.

Sterowanie pracą kombajnu realizowane jest na dwa sposoby: zdalnie z wykorzystaniem pilotów radiowych oraz lokalnie za pomocą pilotów kablowych. W poprzednim rozwiązaniu, w przypadku pojawienia się nowego komunikatu, operator musiał każdorazowo przemieszczać się w kierunku monitora centralnego umieszczonego na środkowej części kombajnu w celu sprawdzenia przyczyny jego wygenerowania. W nowym rozwiązaniu piloty radiowe zostały wyposażone w dodatkowe wyświetlacze przedstawiające skrócone menu zaawansowanego systemu diagnostyki.

W kombajnie KSW-1500EU zaimplementowano funkcję pamięci skrawu wzorcowego. Dzięki zastosowaniu precyzyjnego układu pomiaru wychylenia ramion i osłon oraz pozycjonowania w ścianie możliwe stało się jego automatyczne odwzorowanie. System realizuje automatyczny przejazd na zadanym odcinku ściany wraz z możliwością wykonania automatycznych nawrotów.

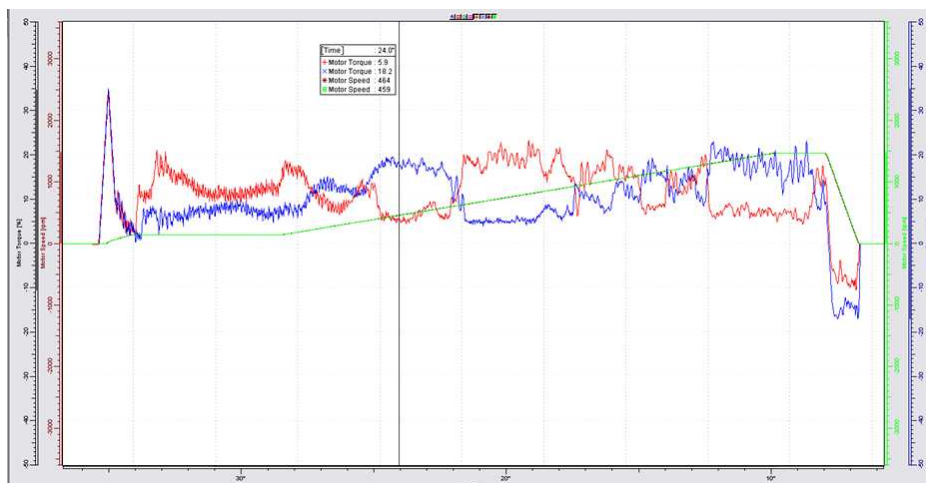
Podczas przejazdu z włączoną funkcją uczenia rejestrowane są wybrane parametry pracy kombajnu. W przypadku pracy w trybie odwzorowania system pozwala użytkownikowi na zmianę położenia ramion i osłon bez zmiany zawartości pamięci skrawu (korekta urabiania) lub z możliwością podmiany, bądź dodania nowych punktów (korekta pamięci skrawu). Możliwa jest również edycja wcześniej zapisanego pliku skrawu na stanowisku komputerowym zlokalizowanym poza kombajnem.

Praca w trybie odwzorowania może odbywać się na dwa sposoby: z odwzorowaniem prędkości zapamiętanej w trybie uczenia lub poprzez automatyczny dobór prędkości, tak aby optymalnie wykorzystać moc zainstalowaną na kombajnie. W drugim przypadku prędkość ograniczona jest jedynie poprzez wewnętrzne regulatory zabezpieczające silniki organów urabiających i posuwu przed przeciążeniem.

Inną funkcją pracy automatycznej jest współpraca z nadrzędnym systemem sterowania kompleksu ściannowego. W takim przypadku nadrzędny system stero-



Rys.1. Widok kombajnu KSW-1500EU w połączeniu z innymi elementami kompleksu ścianowego.
Źródło: opracowanie własne



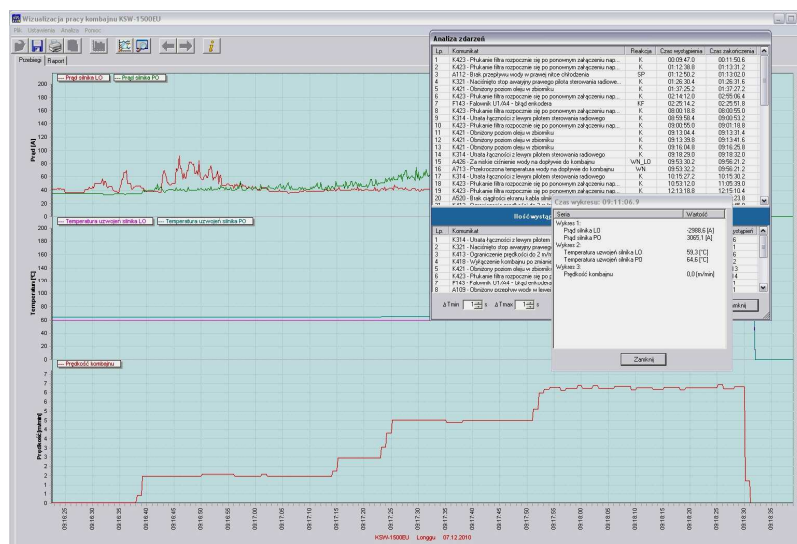
Rys.2. Asymetria momentów obciążeń ciągników kombajnu przy sterowaniu skalarnym.
Źródło: opracowanie własne



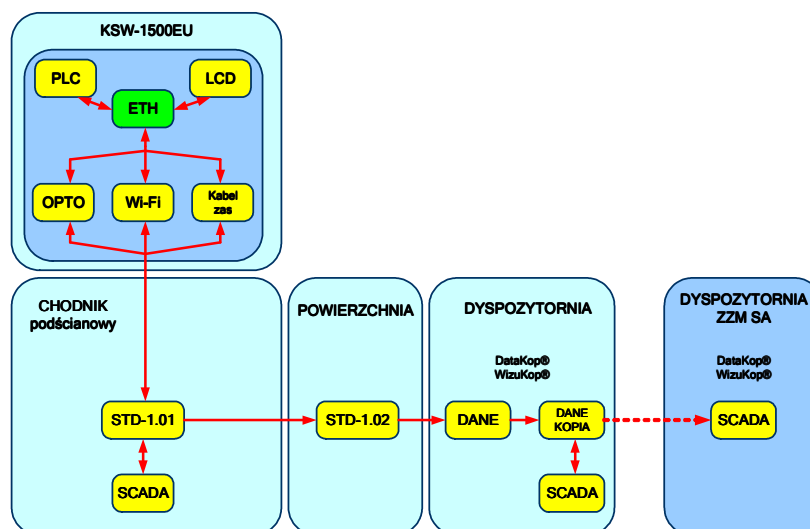
Rys.3. Przebiegi momentów obciążeń oraz prędkości wirników dla sterowania wektorowego w układzie „master-follower”. Źródło: opracowanie własne



Rys.4. Widok planszy głównej wyświetlacza kombajnowego. Źródło: opracowanie własne



Rys.5. Aplikacja do odczytu danych z kart pamięci. Źródło: opracowanie własne



Rys.6. Topologia systemu transmisji danych STD. Źródło: opracowanie własne

wania koordynuje pracę wszystkich urządzeń kompleksu ścianowego i na tej podstawie przesyła do kombajnu własne punkty skrawu, ma możliwość zatrzymanie jego posuwu, bądź wyłączenie napędów.

Połączenie tak zaawansowanych funkcji kombajnu z automatyką obudowy ścianowej i przenośnika to już niewielki krok do stworzenia kompleksu ścianowego, w którym obecność obsługi zostanie zredukowana do niezbędnego minimum.

6. Rozbudowana wizualizacja i diagnostyka

W przypadku zaistnienia konieczności uzyskania bardziej szczegółowych informacji operator zawsze może skorzystać z monitora centralnego wyposażonego w duży kolorowy wyświetlacz LCD o wielkości 10,4". Zaprojektowany od nowa zaawansowany interfejs użytkownika umożliwia wyświetlenie aktualnych i archiwalnych informacji o stanie maszyny, sygnalizację nieprawidłowości w jej pracy (alarmy i ostrzeżenia), wyświetlenie podpowiedzi sugerujących rozwiązanie problemu oraz zmianę nastaw wybranych parametrów. Dzięki zdefiniowaniu kilku poziomów dostępu do systemu diagnostyki uproszczono obsługę kombajnu, przy jednoczesnej rozbudowie informacji niezbędnych dla służb serwisowych. Przykładowy widok planszy głównej wyświetlacza kombajnowego przedstawiono na rysunku 4.

Nieodłącznym elementem nowoczesnych maszyn stały się cyfrowe rejestratory służące do archiwizacji parametrów procesu technologicznego. Kombajn KSW-1500EU również wyposażony jest w rejestrator pozwalający na zapis wszystkich parametrów jego

pracy z możliwością późniejszej analizy tych danych w specjalnie do tego celu stworzonej aplikacji (rys. 5). Dzięki zastosowaniu sieci bezprzewodowej Wi-Fi oraz transmisji Ethernet dostęp do danych rejestratora jest niezwykle prosty i nie wymaga przerw w eksploatacji maszyny.

7. Transmisja danych

Nowoczesne kompleksy ścianowe powinny koordynować pracę wszystkich maszyn i urządzeń wchodzących w jego skład. Miłowym krokiem w rozwoju systemów transmisji było opracowanie systemu STD opartego o własne rozwiązania techniczne ZKM S.A. Topologię układu na przykładzie kombajnu KSW-1500EU przedstawia rysunek 6.

Wyświetlacz kombajnowy komunikuje się z głównym sterownikiem po wewnętrznej sieci Ethernet. Te same dane są udostępniane na zewnątrz maszyny za pośrednictwem trzech możliwych mediów transmisji: szybki modem Ethernetowy przesyłający dane po żyłę sterowniczej kabla zasilającego, punkt dostępowy sieci bezprzewodowej Wi-Fi, w który wyposażony jest każdy egzemplarz kombajnu oraz połączenie światłowodowe. Stacja dołowa STD-1.01 produkcji ZKM S.A. jest nie tylko punktem pośrednim buforującym i przygotowującym dane do transmisji na powierzchnię, ale pełni również funkcję stanowiska wizualizacyjnego z możliwością zdalnej parametryzacji maszyny. Kolejnym elementem systemu jest stacja powierzchniowa STD-1.02, do której dane transportowane są poprzez dołową sieć teletechniczną kopalni posiadającą odpo-



Rys.7. Przykładowy ekran stanowiska wizualizacyjnego WizuKop®.

wiednią przepustowość, np. sieć Ethernet po skrócie miedzianej lub kablu światłowodowym. Dzięki takiemu rozwiązaniu system nie wymaga tworzenia wyspecjalizowanej infrastruktury i pozwala na znaczne ograniczenie kosztów instalacji. Dodatkowo stacje dołowa i powierzchniowa z funkcją buforowania zapewniają ciągłość i integralność danych w przypadku uszkodzenia połączenia. Dane ze stacji powierzchniowej trafiają do stanowiska dyspozytorskiego składającego się z komputera PC z zainstalowanym oprogramowaniem DataKop®.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 28.06.2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych, dostęp do danych odbywa się za pośrednictwem serwera lustrzanego celem zapewnienia integralności rejestrowanych danych. Oprogramowanie WizuKop® (rys. 7) pozwala analizować dane w czasie rzeczywistym, jak i dane archiwalne w postaci przejrzystych wykresów wszelkich mierzonych wielkości, w tym pozycji w ścianie i prędkości posuwu. Umożliwia także analizowanie komunikatów alarmów i ostrzeżeń oraz stanu transmisji danych. Ostatnim elementem systemu jest stanowisko dyspozytorskie w dyspozytorni Zabrzeńskich Zakładów Mechanicznych. Transmisja danych odbywa się w sposób bezpieczny, szyfrowany, zapewniający ochronę danych przed dostępem osób trzecich.

Dzięki tej samej technologii możliwe jest monitorowanie procesu wydobywczego w centrum dyspozytorskim kopalni, a także wizualizacja danych w dyspozytorni ZZM S.A. Umożliwia to służbom serwisowym wcześniejsze wykrycie nieprawidłowości w pracy kombajnu oraz prowadzenie interwencji zapobiegawczych w celu uniknięcia awarii.

Zastosowanie sieci Ethernet pozwoliło także na zdalny odczyt danych z kart pamięci zainstalowanych w kombajnie oraz parametryzację systemu, z siedziby producenta, przy zachowaniu odpowiednich standardów bezpieczeństwa i przy pełnej akceptacji obsługi zakładu górnego.

8. Podsumowanie

Reasumując, dążąc do automatyzacji pracy kombajnu ZZM S.A. zastosowało w kombajnie KSW-1500EU następujące rozwiązania techniczne:

- podniesiono niezawodność działania obwodów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo poprzez zastosowanie w nich elementów umożliwiających

uzyskanie przez obwody stopnia nienaruszalności bezpieczeństwa SIL-2 i SIL-3,

- zwiększono całkowitą moc zainstalowaną w kombajnie do 1445 kW,
- silniki organów urabiających, kruszarki, pompy hydraulicznej i obu ciągników zabezpieczono przekątnymi upływowymi,
- specjalnej konstrukcji transformator główny chłodzony wodą,
- dwa niezależne przemienniki częstotliwości z oddawaniem energii do sieci zasilającej z wektorowym sterowaniem momentu,
- system automatyki w całości oparty o magistralę CAN,
- funkcja pamięci skrawu wzorcowego,
- monitor centralny kombajnu z wyświetlaczem LCD o przekątnej 10,4",
- karta pamięci rejestrująca wszystkie parametry pracy kombajnu,
- współpraca z innymi systemami automatyki poprzez sieć Ethernet opartą o protokół TCP/IP z wykorzystaniem kabla zasilającego, połączeń światłowodowych i Wi-Fi,
- przesyłanie danych na powierzchnię po TCP/IP,
- zdalna parametryzacja kombajnu i odczyt danych z kart pamięci.

ZZM S.A. w dalszym ciągu prowadzi prace nad nowymi rozwiązaniami układów automatyki i sterowania oraz dostosowaniem stopnia automatyzacji kompleksu ścianowego do indywidualnych uwarunkowań klienta. Współpraca z ośrodkami naukowymi oraz prężącymi producentami elementów automatyki pozwala dziś zaoferować rozwiązania techniczne umożliwiające pełną automatyzację ścian wydobywczej.

Literatura

1. Kostemski M.: Zabrzeńskie Zakłady Mechaniczne S.A. – stan obecny i przyszłość. Wiadomości Górnicze nr 7-8, 2007.
2. Kostka M.: Kombajn ścianowy typu KSW-2000E w aspekcie nowoczesnych technik zasilania, sterowania i diagnostyki. Wiadomości Górnicze nr 11, 2008.
3. Meder A., Mazurkiewicz A., Winkler T.: Współpraca Zabrzeńskich Zakładów Mechanicznych S.A. z Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG. Wiadomości Górnicze nr 7-8, 2007.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.

Ciągnik akumulatorowy PCA-1 do prac transportowych w wyrobiskach korytarzowych

Streszczenie

W artykule zaprezentowano podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1 przeznaczony do prac transportowych w korytarzowych wyrobiskach górniczych, poruszający się po trasach podwieszonych. Zaprezentowano budowę ciągnika, sposób przeniesienia napędu i zasilania oraz nowatorski sposób ładowania baterii akumulatorowych. Omówiono wpływ rozwiązania na poprawę warunków pracy załóg górniczych w aspekcie bezpieczeństwa pracy i ergonomii.

Summary

Suspended PCA-1 accumulator locomotive designed for transportation operations in mining roadways, which moves on suspended tracks, was presented in the paper. Design of locomotive, method of drive transmission and supply as well as innovative method of charging the batteries were presented. Impact of the solution on an improvement of work conditions of mine personnel in the aspect of work safety and ergonomics was discussed.

1. Wprowadzenie

Oczekiwania kopalń węgla kamiennego w zakresie coraz większych postępów drażenia przodków chodnikowych wymagają doskonalenia i wdrażania nowych innowacyjnych rozwiązań technicznych, pozwalających na spełnienie wymagań jakościowych, wydajnościowych i ekonomicznych. Prowadzone analizy wskazują na konieczność usprawnienia prac transportowych, szczególnie transportowych prac manewrowych w przodkach górniczych.

Ze względów na bezpieczeństwo pracy dla załóg wykonujących prace w podziemiach kopalń, wprowadzenie bezprzewodowych i zero-emisyjnych napędów urządzeń do transportu materiałów może w zdecydowany sposób poprawić warunki klimatyczne w wyrobiskach o ograniczonych możliwościach wentylacyjnych [1]. Obecnie w wyrobiskach korytarzowych stosuje się różnego rodzaju środki dostawy materiałów i elementów obudowy chodnikowej, począwszy od zestawów transportowych z napędem ręcznym, przeciąganych po szynie podwieszanej poprzez ciągniki podwieszone z napędem hydraulicznym lub przewodowym elektrycznym, a skończywszy na ciągnikach podwieszonych z napędem spalinowym. Środki te, niewątpliwie ułatwiają prace związane z dostawą materiałów i elementów do przodku, mają jednak wiele wad:

- zestawy transportowe przeciągane ręcznie, wymagają siły fizycznej pracowników, co stanowi dużą uciążliwość podczas prac transportowych na nachyleniach,
- zestawy z napędem hydraulicznym mają ograniczony zasięg stosowania oraz stwarzają zagrożenie związane z zerwaniem przewodu i możliwością spowodowania wypadku,

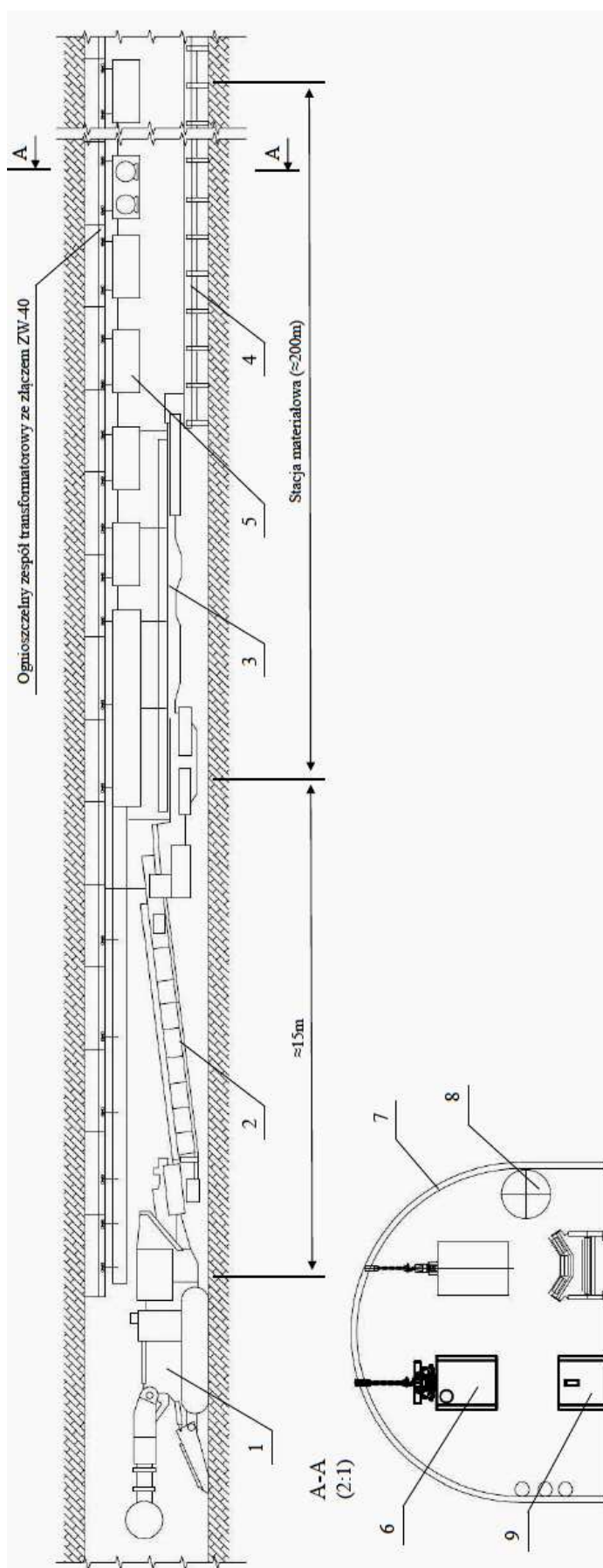
- zestawy transportowe z napędem spalinowym stanowią źródło ciepła i emisji toksycznych związków pogarszając skład atmosfery kopalnianej; wymagają również cyklicznego uzupełniania paliwa, co wymaga cyklicznej odstawy do stacji tankowania.

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG opracowane zostało rozwiązanie podwieszonego ciągnika manewrowego z napędem akumulatorowym, przeznaczonego głównie do prac manewrowych w przodku chodnikowym, którego możliwości zaprezentowano w niniejszym artykule [3]. Producentem ciągnika jest firma Hellfeier.

2. Zakres prac manewrowych w przodku chodnikowym

Przystępując do opracowania nowego urządzenia przeznaczonego do prac manewrowych w wyrobiskach korytarzowych, przeprowadzono rejestrację i analizę prac transportowych w przodku na jednej z wybranych polskich kopalń. Infrastrukturę obserwowanego przodku chodnikowego pokazano na rysunku 1. Materiał składowany na stacji materiałowej, w większości znajdował się w kontenerach (poz. 9). Nad stacją materiałową zawieszona była trasa kolejki podwieszanej.

W chodniku zawieszono były dwie trasy podwieszone. Po jednej trasie poruszał się zestaw aparaturowy. Po drugiej stronie trasy przemieszczała się kolejka podwieszona na trasie o profilu szyny I155. Stacja materiałowa rozciągała się na odległości około 200 m, około 25 m od przodka. Na stacji materiałowej składowano materiał niezbędny do zabudowy chodnika oraz skrzynie narzędziowe załogi. Materiał składowano szeregowo, pod trasą kolejki podwieszanej.



Rys.1. Infrastruktura przodka chodnikowego [2]

1 – kombajn chodnikowy, 2 – przenośnik, 3 – przenośnik, 4 – przenośnik taśmowy, 5 – pociąg aparaturowy, 6 – ciągnik manewrowy, 7 – obudowa, 8 – lutniociąg, 9 – stacja materiałowa

W analizowanym (kamiennym) przodku określono postęp równy 20 m na dobę (około 5 m na zmianę). Czas związany z wykonaniem jednego zabioru wynosił 45 min. W cyklach, około 45 min. dostarczane były do przodku elementy odrzwi obudowy oraz związane z ich zabudową. W trakcie prowadzenia obserwacji stwierdzono, że ciągnik wykorzystywany jest do tzw. „podsuwania” materiałów, aby znajdowały się one jak najbliżej przodka. Ciągnika nie wykorzystywano do przemieszczania wymaganej liczby elementów do zabudowy jednego łuku, a jedynie do utrzymywania w strefie przyprzodkowej pakietów każdego typu elementów obudowy chodnika. Ten tryb pracy powodował, że liczba cykli przejazdu była bardzo zróżnicowana.

W czasie obserwacji dokonano pomiarów czasów wykorzystania wciągników belki transportowej. W związku z tym, że większość materiałów transportowana była w kontenerach wyposażonych w ucha zaczepowe, zabiegi związane z zaczepianiem haków były krótkie i nieprzekraczające 10 s. Całkowity czas związany z zaczepieniem oraz podnoszeniem materiału nie przekraczał 20 s.

Jednym z celów przeprowadzonych obserwacji było również określenie możliwych czasów oraz miejsc doładowywania baterii akumulatorowych opracowywanego podwieszonego ciągnika akumulatorowego PCA-1. Do doładowywania baterii ciągnika wymagane jest podłączenie go do ognioszczelnego zespołu transformatorowego wyposażonego w złącze ZW-40. Zespół taki jest zwykle częścią wyposażenia zestawu aparaturowego (rys. 2).

W celu doładowania baterii wymagane jest aby ciągnik PCA-1 znajdował się w bliskim sąsiedztwie urządzenia wyposażonego w złącze ZW-40, co wynika z długości przewodu zainstalowanego w ciągniku. Stwierdzono, że najkorzystniejszym wariantem doładowywania akumulatorów jest prowadzenie tego procesu między zmianami załóg górniczych, gdzie czas postoju ciągnika dochodzić może do 1,5 godz. Z uwagi na możliwość szybkiego podłączenia się do złącza ZW-40 w zespole transformatorowym istnieje możliwość wykorzystania nawet krótkich czasów postoju do doładowania baterii ciągnika.

3. Budowa i zasada działania ciągnika PCA-1

Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1 jest urządzeniem poruszającym się po profilu trasy jezdnej I 155 i jest przeznaczony do stosowania w pomieszczeniach potencjalnie zagrożonych wybuchem. Ciągnik PCA-1 posiada zasilanie akumulatorowe, a jego czas pracy jest ograniczony głównie pojemnością baterii. Urządzenie przewidziane jest do prac manewrowych (załadowczych, wyładowczych), prowadzonych w wyrobiskach zagrożonych atmosferą wybuchową, w szczególności gazu i/lub pyłu węglowego, co uprawnia go do

stosowania również w miejscach takich, jak: koksoownie, rafinerie, u producentów paliw, farb i lakierów, w kopalniach soli, rud oraz węgla. W szczególności dedykowany jest on jednak do prac transportowych w przodkach chodnikowych.

Ogólną budowę ciągnika przedstawiono na rysunku 3. Do przemieszczania zestawu transportowego po jezdni podwieszonej służy wózek napędowy poz. 1, który posiada dwa zespoły napędu ciernego, z zabudowanymi silnikami elektrycznymi. Silniki elektryczne zasilane są z baterii akumulatorów zabudowanych w zespole zasilania, poz. 2. W przypadku stosowania ciągnika na nachyleniach trasy jezdnej powyżej 4°, może być on wyposażony dodatkowo w urządzenie awaryjnego hamowania, jakim jest wózek hamujący poz. 3.

Konstrukcję, zasilanie i układ sterowania zaprojektowano w sposób umożliwiający doładowanie baterii akumulatorowych. 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. W trakcie postoju, wyłączane jest zasilanie silników napędowych, a rolę hamulca pełni pasywny hamulec elektromagnetyczny, zabudowany na osi napędowej silników elektrycznych.

Konstrukcję zasilania i sterowania zaprojektowano w sposób umożliwiający doładowanie baterii akumulatorowych poprzez podłączenie, z wykorzystaniem przyłącza ognioszczelnego do źródła zasilania, również w miejscach zagrożonych atmosferą wybuchową.

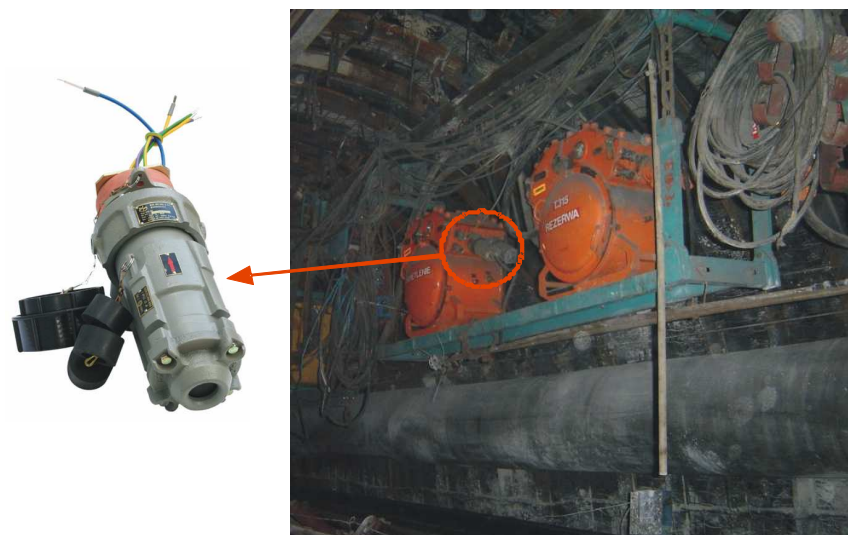
Zmiana prędkości jazdy oraz hamowanie manewrowe w ciągniku realizowane jest przez zmianę prędkości obrotowej silnika uzyskaną przez odpowiednieysterowanie falownika.

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.

W przypadku zastosowania wciągników z napędem elektrycznym cała aparatura elektryczna wciągnika umieszczona jest w skrzyni aparaturowej (zintegrowane zasilanie i sterowanie). Podnoszenie i opuszczanie masy odbywa się dla każdego wciągnika osobno i jest sterowane z kasety z przyciskami połączonej przewodowo ze skrzynią aparaturową. Z kasety można awaryjnie wyłączyć zasilanie wciągników, co spowoduje wyłączenie obu silników i ich samoczynne zahamowanie.

Kolejnym rozwiązaniem dostosowanym do wymagań użytkownika jest sposób sterowania. Przewidziano dwa rodzaje sterowania:

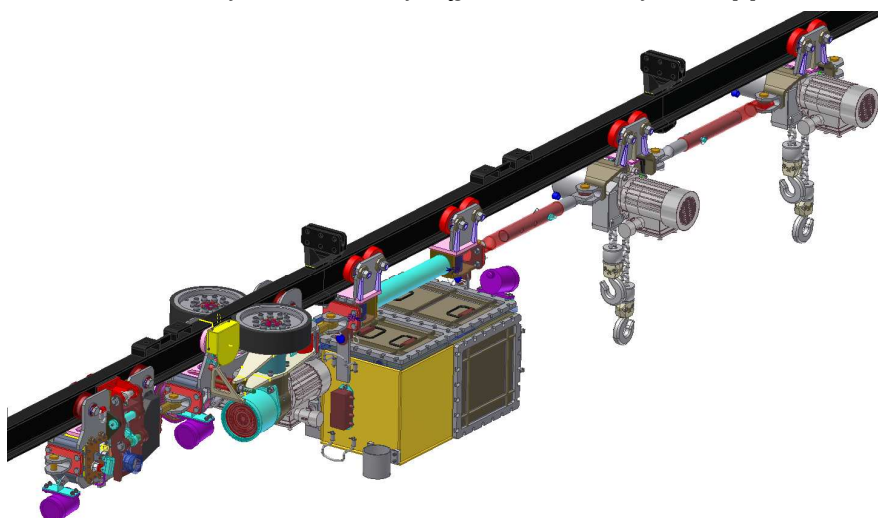
- przewodowe,
- radiowe i przewodowe.



Rys.2. Ognioszczelny zespół transportowy ze złączem ZW-40 [2, 4]



Rys.3. Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1 [3]



Rys.4. Podwieszony ciągnik akumulatorowy wraz z wciągnikami elektrycznymi [8]

W tabeli 1 zestawiono podstawowe parametry techniczne podwieszonego ciągnika akumulatorowego PCA-1.

Parametry techniczne podwieszonego ciągnika akumulatorowego PCA-1

Tabela 1

1	Moc zainstalowana	2,2 kW (2x1,1 kW)
2	Siła uciagu	3,7 kN
3	Typ silnika	Silnik indukcyjny samohamowny
4	Napięcie zasilania silnika	3x230 V
5	Średnica koła napędowego (ciernego)	340 mm
6	Realizacja siły docisku kół napędowych	Poprzez sprężynę, z ręczną regulacją siły docisku
7	Realizacja napędu	Poprzez dwa koła napędowe współpracujące z jezdnią
8	Profil jezdni	I 155
9	Realizacja zasilania	Zasilanie z baterii akumulatorowych poprzez przekształtnik energoelektroniczny (falownik)
10	Sposób ładowania akumulatorów	Doładowywanie baterii bezpośrednio z zespołu transformatorowego wyposażonego w złącza ZW-40
11	Dopuszczalne nachylenia trasy	Przewiduje się 2 wersje konstrukcyjne ciągnika: - do pracy na nachyleniach do 4°, bez wózka hamującego, - do pracy na nachyleniach od 4° do 12°, z wózkiem hamującym,

4. Innowacyjne cechy rozwiązania ciągnika PCA-1

W ofercie dla polskiego górnictwa węglowego można znaleźć szereg rozwiązań podwieszonych ciągników manewrowych [1, 6, 7]. Ze względu na sposób zasilania można wyróżnić ciągniki:

- elektryczne,
- hydrauliczne,
- elektryczno-hydrauliczne,
- spalinowo-hydrauliczne.

Porównanie ciągników z konstrukcjami kolejek podwieszonych, wskazuje, że ciągniki manewrowe mają nie tylko mniejszą masę i uciąg, ale również znacznie mniejszy zasięg działania. Rozwiązanie podwieszonego ciągnika akumulatorowego PCA-1 jest zatem bardzo obiecującą konstrukcją. Posiada własne zasilanie, co eliminuje przewód zasilania elektrycznego bądź hydraulicznego, który ogranicza zasięg urządzenia oraz stwarza dodatkowe zagrożenia. Możliwość ładowania baterii akumulatorowych w miejscu pracy skraca znacznie czas związany z obsługą urządzenia.

Rodzaj zastosowanego nośnika energii nie ma wpływu na środowisko pracy (nie emituje, tak jak w przypadku ciągników spalinowych, substancji toksycznych oraz gazów wybuchowych). Eksploatacja ciągnika PCA-1 może przyczynić się bezpośrednio do poprawy warunków pracy.

5. Podsumowanie

W celu mechanizacji prac związanych z dostawą elementów obudowy oraz innych materiałów ze znajdującej się za kombajnem stacji materiałowej, opracowano nowoczesne rozwiązanie podwieszonego ciągnika akumulatorowego PCA-1. Prace projektowe i konstrukcyjne nad opracowaniem urządzenia poprzedzono analizą prac transportowych w przodku chodnikowym w celu najlepszego dopasowania urządzenia do infrastruktury danego przodku. Ciągnik jest urządzeniem poruszającym się po podwieszonych szynach jezdnej z prędkością do 1 m/s, o sile pociągowej do 3,7 kN. W rozwiązaniu zastosowano przekształtnik energoelektroniczny (falownik) służący do zmiany prądu stałego na trójfazowy przemienny o częstotliwości i napięciu regulowanym w celu płynnej regulacji prędkości obrotowej silników napędowych. Nowatorskim rozwiązaniem jest również sposób ładowania baterii w czasie postoju, na stacjach ładunkowych, za pomocą ogólnodostępnych zespołów transformatorowych.

Rozwiązanie przewiduje sterowanie ciągnikiem lokalnie z przycisków sterowniczych lub zdalnie-radiowo. Wdrożenie rozwiązania przyczyni się do zwiększenia efektywności procesu drążenia wyrobisk korytarzowych, oraz wpłynie na poprawę bezpieczeństwa pracy załóg górniczych, przyczyniając się do poprawy ich zdrowia, oraz poprawę ergonomii pracy.

Literatura

1. Fama sp. z o. o., Katalog wyrobów.
2. Jaszczuk M., Koziół A. [red]: Scenariusze rozwoju technologicznego mechanizacji podstawowych procesów produkcyjnych w górnictwie węgla kamiennego. Monografia KOMAG, Gliwice 2008.
3. Mrowiec H., Raszka W.: Współczesne systemy transportu w górnictwie węglowym. Materiały na konferencję: Polski Kongres Górniczy 2010, Górnictwo podziemne, t. 2, Gliwice, 9-10 września 2010 s. 305-316, il. (Sygn. bibl. 22 408).
4. Kaczmarczyk K. [red]: Rejestracja prac transportowych w przodku podczas drążenia chodnika. Praca statutowa E/BDC-6379/OR10 (nie publikowana).
5. www.belma.com.pl
6. www.sigmasa.pl,
7. www.ferrit.cz,
8. Źródło własne.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.
Recenzent: prof.dr inż. Włodzimierz Sikora

Nowoczesne rozwiązanie wiertnicy inżyniersko-geologicznej

Streszczenie

W artykule przedstawiono trendy rozwojowe wiertnictwa oraz związane z tym obszarem prace ITG KOMAG obejmujące budowę innowacyjnej wiertnicy inżyniersko-geologicznej. Omówiono rozwiązanie konstrukcyjne oraz zasadę działania wiertnicy typu WIG-200, jej szeroki zakres stosowania, zarówno do wykonywania odwiertów (w różnych płaszczyznach i pod różnymi kątami), jak i do prowadzenia prac budowlanych oraz geotechnicznych.

Summary

Development trends of drilling technology and work conducted at KOMAG including designing of innovative engineering-and-geological drill were presented in the paper. Design and principle of operation of WIG-200 drill and wide range of its use both for making boreholes (in different planes and at different angles) and for conducting of construction and geotechnical work were discussed.

1. Wstęp

Zwiększające się potrzeby energetyczne oraz ciągły postęp w zakresie inżynierii materiałowej i rozwoju systemów pomiarowych geofizyki wiertniczej, są czynnikami warunkującymi rozwój technologii wierceń.

W sferze gospodarki paliwami, pomimo występującego kryzysu ekonomicznego, obserwuje się rosnącą tendencję w wydobywaniu ropy i gazu [2, 8]. Przekłada się to bezpośrednio na wzrost zainteresowania wiertnictwem, także w polskich realiach.

Przemysł światowy, tworzący nowoczesne technologie wiertnicze, dysponuje obecnie ogromnymi środkami finansowymi, a w wielu krajach korzysta także ze wsparcia rządowego, wykorzystując efekt synergii związany z zastosowaniem tych technologii w innych dziedzinach techniki.

2. Trendy rozwojowe wiertnictwa

W Polsce można wyróżnić następujące trendy rozwoju wiertnictwa. Najważniejszym z nich wydaje się być eksploatacja gazu łupkowego. O istnieniu tego rodzaju surowca naukowcy wiedzieli co prawda już wcześniej, ale sądzono, że struktura geologiczna jest zbyt zwarta, by wyprodukować duże ilości gazu. Brakowało odpowiedniej metody pozyskiwania. Rozwiązaniem okazało się połączenie szczelinowania, czyli tradycyjnego rozbijania skał przy użyciu wody pod dużym ciśnieniem, z technologicznie zaawansowanymi metodami wierceń horyzontalnych (poziomych).

O szczególnym zainteresowaniu surowcem, jakim jest gaz łupkowy świadczy fakt, że Departament Geologii w Ministerstwie Środowiska przyznał już około

sześćdziesięciu koncesji na poszukiwanie jego złóż, głównie firmom amerykańskim - Exxon Mobil, Chevron, Maraton, Conoco Phillips i kanadyjskiej Lane Energy. Kilkanaście koncesji posiada także Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo. Zainteresowanie koncernów spowodowane jest amerykańskimi prognoząmi, według których, w Polsce może być od 1,5 bln m³ do 3 bln m³ gazu łupkowego. Dla porównania, roczne zużycie gazu w Polsce wynosi około 14 mld m³. Gdyby przewidywane zasoby gazu w Polsce potwierdziły się, nastąpiłby wzrost potwierdzonych zasobów gazu ziemnego w Europie o 47% [9].

Alternatywą dla wierceń poszukiwawczych i eksploatacyjnych gazu łupkowego są odwierty pod tzw. pompy ciepła. Związane jest to głównie z działaniami proekologicznymi, a w szczególności problematyką globalnego ocieplenia klimatu i efektywności energetycznej budowli. Przeprowadzone badania wykazały, że zastępując kotły olejowe i gazowe pompami ciepła w domach mieszkalnych na terenie Unii Europejskiej, w najbliższych dziesięciu latach emisja CO₂ mogłaby się zmniejszyć nawet o 90 mln ton rocznie. Stąd do rozwoju zastosowań pomp ciepła przykładą się olbrzymią wagą, na równi z rozwojem produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych [3].

Rzeczony wiertnictwa zauważalny jest także w budownictwie. Szczególnie w budownictwie drogowym i związanymi z nimi robotami ziemnymi. Należy zwrócić uwagę na nowe technologie bezwykopowe, tj. przewierthy sterowane, przeciski sterowane czy mikrotuneling. Szacuje się, że w najbliższych latach rynek budownictwa drogowego, mierzony wartością zrealizowanych robót, będzie rósł średnio o blisko 13% rocznie [1].

Ze względu na uruchomienie produkcji wiertnic zainteresowanie budzą głównie wiercenia techniczne na potrzeby budownictwa oraz odwierty pod pompy ciepła. Do wierceń tych stosuje się głównie wiertnice małe i normalnośrednicowe o mocach do 100 kW. W Polsce produkcją takich wiertnic zajmują się głównie firmy: ZMUW Sosnowiec, Wamet Bydgoszcz, Omag Oświęcim, Glinik Gorlice. Do światowych producentów wiertnic należy zaliczyć firmy: Boart Longyear, Tamrock, Nordmeyer, MDT, Sandvic czy Ripamonti.

3. Dotychczasowe rozwiązania techniczne wiertnic na podwoziu samochodowym

Wieloletnie tradycje w produkcji wiertnic na podwoziu samochodowym ma Glinik Gorlice. W swojej ofercie proponuje szeroką gamę wiertnic, jednak uwagę zwraca wiertnica OH100 (rys. 1), która przeznaczona jest do wykonywania otworów dla potrzeby geofizyki i geologii inżynierskiej. Podzespoły urządzenia zamontowano na podwoziu samochodowym MAN TGM 13.240 z napędem na cztery koła. Silnik podwozia jest również wykorzystywany do napędu podzespołów wiertnicy [4].

Wiertnica może wykonywać otwory metodą obrotową z prawym obiegiem płuczki lub udarową młotem pneumatycznym wgłębnym. Bardzo istotną cechą urządzenia jest to, iż jest ono wyposażone w hydraulicznie zasilaną pompę pianową, przeznaczoną do iniekcji wody lub mieszanki wodno-pianowej do strumienia powietrza. Takie rozwiązanie ułatwia wiercenie metodą udarowo-obrotową w trudnych warunkach litologicznych oraz służy do wiązania powstającego pyłu i zabezpiecza ścianki otworu przed obsypywaniem. Wiertnica pozwala uzyskać otwory o maksymalnej średnicy 143 mm na głębokość 100 m [4].

Innym ciekawym rozwiązaniem jest wiertnica H30S (rys. 2) produkcji Wamet. Wiertnica ta służy do wykonywania pionowych otworów w gruncie metodą obrotową z użyciem płuczki lub też do pracy metodą obrotową za pomocą ślimaka oraz świrdrów rurowych.

Wiertnica H30S zabudowana jest na podwoziu samochodu terenowego (typ podwozia do ustalenia z klientem). Mechanizmy wiertnicy napędzane są z niezależnego silnika spalinowego o mocy maksymalnej około 90 kW. Wiertnica ta pozwala na wiercenie płuczkowe żerdziami do 12 ¾ cala na głębokość do 100 m oraz przy wierceniu na sucho do 50 m [6].

Przykładem wiertnicy produkowanej za granicą jest wiertnica DSB 1 (rys. 3) firmy Nordmeyer. Zainstalowano tu w zależności od potrzeb klienta, różne silniki wysokoprężne o mocy od 45 do 97 kW. Wiertnica ta pozwala na wiercenie płuczkowe żerdziami do 12¾ cala oraz na sucho do średnicy 640 mm [5].

Firmy produkujące wiertnice oferują dużą ich gamę, jednakże wiertnice te dedykowane są głównie do jednej lub kilku prac budowlanych i geodezyjnych.

4. Wiertnica inżyniersko-geologiczna WIG-200

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom użytkowników, w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, wspólnie z Zakładem Mechanicznym Urządzeń Wiertniczych w Sosnowcu, podjęto prace nad opracowaniem i wdrożeniem wiertnicy geotechnicznej. Przedsięwzięcie to realizowane jest w ramach projektu celowego nr 04303/C.ZR8-6/2008 pt.: „Wiertnica inżyniersko-geologiczna WIG-200”, dofinansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Obecnie realizowany jest etap badań prototypu [10, 11].

Wiertnica inżyniersko-geologiczna WIG-200 (rys. 4) przeznaczona jest do prac geodezyjnych, geotechnicznych i budowlanych, jak również prac z wykorzystaniem nowoczesnych technologii bezwykopowych. Konstrukcja wiertnicy umożliwia prowadzenie wielorakich prac wiertniczych w wielu gałęziach przemysłu.

Znamiennym jest fakt możliwości wiercenia pod różnymi kątami oraz pod powierzchnią gruntu, co w stosunku do konkurencji daje możliwość szerokiego wykorzystania wiertnicy zarówno w budownictwie, geologii, a także w górnictwie węgla i rud.

Wiertnica WIG-200 może być stosowana do wykonywania odwiertów w celach poszukiwawczych złóż surowców mineralnych (tj. węgla, rud, soli, ropy naftowej, gazu ziemnego itp.), źródeł termalnych oraz wód mineralnych. W szczególności znajdzie zastosowanie do:

- określenia parametrów geotechnicznych podłoża budowlanego,
- przewiertów poziomych pod drogami czy torami kolejowymi,
- wzmacniania podłoża kotwami,
- stabilizacji skarp i osuwisk,
- palowania,
- wykonywania prac hydrotechnicznych,
- wypełniania pustek w górotworze spowodowanych dawną eksploatacją górniczą lub zjawiskami krasowymi,
- wykonywania prac iniekcyjnych.

Ponadto wiertnica posiada możliwość wykonywania otworów poniżej poziomu gruntu, co pozwala na stosowanie przecisków sterowanych, czyli nowoczesnych technologii bezwykopowych. Ten sposób umożliwia układanie w otworze wiertniczym przewodów energetycznych, telekomunikacyjnych, światłowodów, rur wodociagowych, gazowych i kanalizacyjnych, przy ograniczeniu do minimum wszelkich prac ziemnych oraz konieczności tworzenia zaplecza budowy [7, 10].



Rys.1. Wiertnica OH100 na podwoziu samochodowym MAN TGM 13.240 [4]



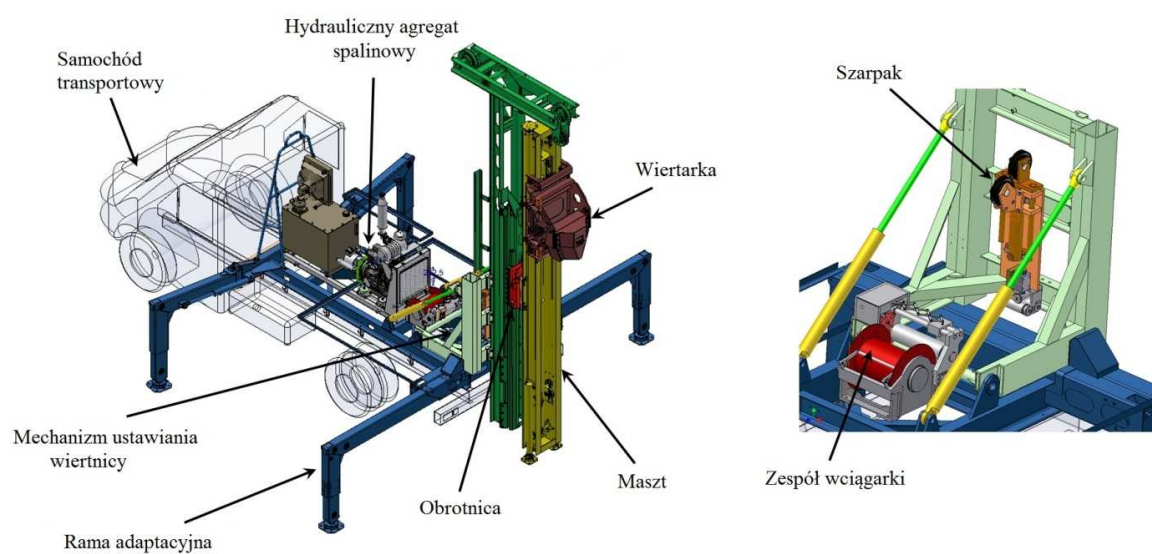
Rys.2. Wiertnica H30S na podwoziu samochodowym Star 266 [6]



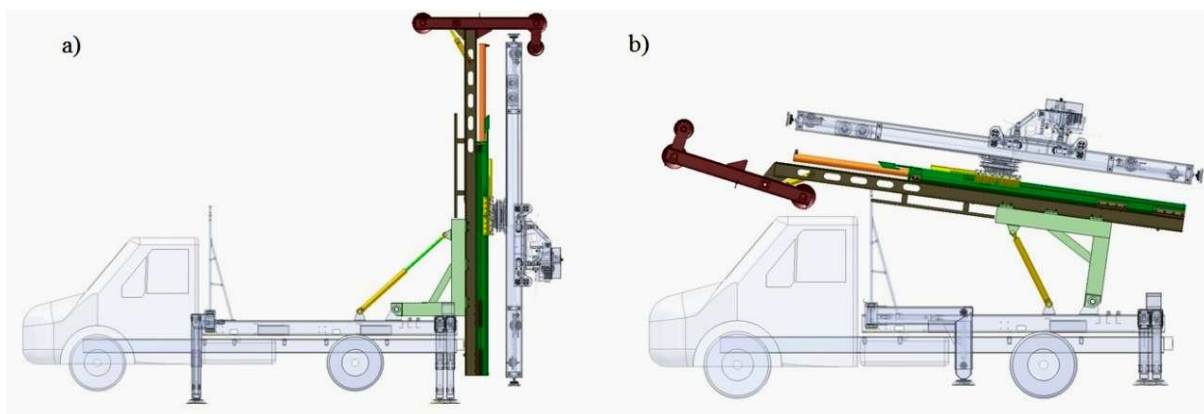
Rys.3. Wiertnica DSB 1 [5]



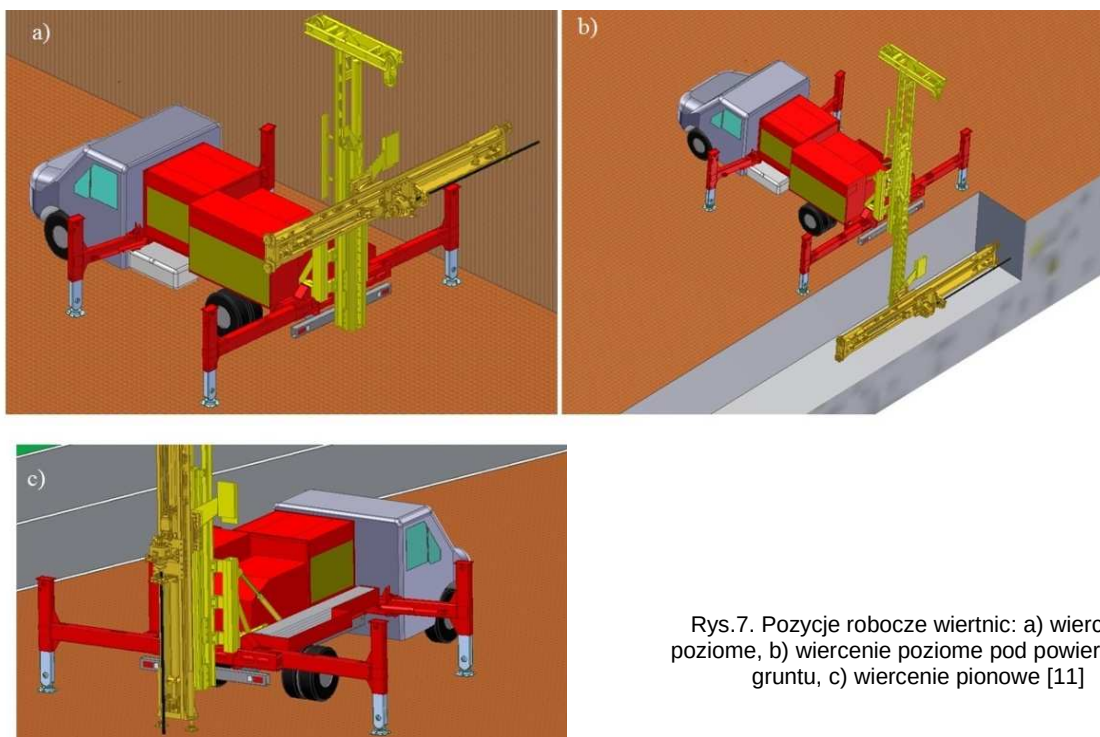
Rys.4. Wiertnica inżyniersko-geologiczna WIG-200



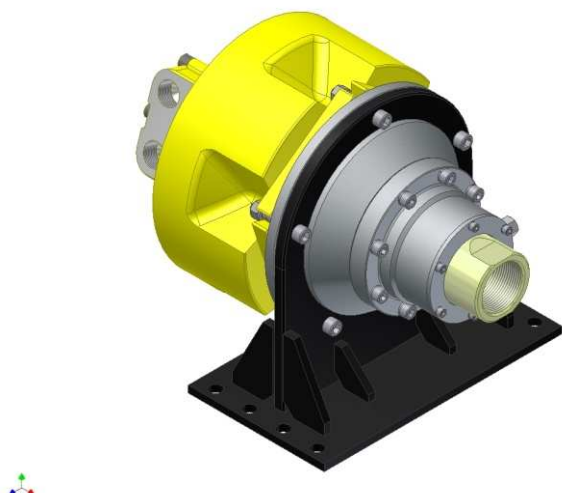
Rys.5. Rozmieszczenie podzespołów wiertnicy [10]



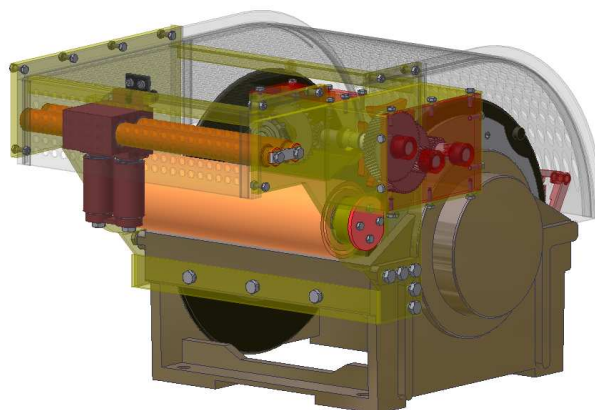
Rys.6. Mechanizm ustawienia wiertnicy: a) pozycja robocza, b) pozycja transportowa [10]



Rys.7. Pozycje robocze wiertnic: a) wiercenie poziome, b) wiercenie poziome pod powierzchnią gruntu, c) wiercenie pionowe [11]



Rys.8. Hydrauliczna wiertarka dwubiegowa [10]



Rys.9. Zespół wciągarki [10]

4.1. Charakterystyka techniczna wiertnicy WIG-200

Nowo projektowana wiertnica charakteryzować będzie się następującymi parametrami:

- maksymalna głębokość wiercenia około 200 m dla średnicy 46
- średnica wiercenia 46-324 mm
- średnica rur płuczkowych 42; 51; 60
- kierunek obrotów prawe/lewe
- prędkość obrotowa koronki wiertniczej do 800 obr/min
- maksymalny posuw 3 m/min
- moment na koronce wiertniczej do 1000 Nm
- docisk koronki 0-30 kN
- maksymalna długość żerdzi wiertniczych 3000 mm
- możliwość wiercenia z wykorzystaniem urządzenia udarowego.

4.2. Budowa i zasada działania wiertnicy WIG-200

Wiertnica WIG-200 jest urządzeniem stacjonarnym, posadowionym na samochodzie ciężarowym lub półciężarowym. Docelowo przewiduje się produkcję wiertnicy w dwóch odmianach:

- z możliwością wykonywania wierceń w różnych kierunkach,
- z możliwością wiercenia tylko w pionie.

W zależności od odmiany wiertnica może być zamontowana na samochodach różnych typów o ładowności całkowitej powyżej 4500 kg, dla odmiany pierwszej i 3500 kg, dla odmiany drugiej [10].

W skład wiertnicy WIG-200 (rys. 5) wchodzi następujące zespoły:

- samochód transportowy,
- rama adaptacyjna,
- mechanizm ustawiania wiertnicy,
- maszt kompletny,
- wiertarka dwubiegowa,
- wciągarka,
- szarpak,
- układ hydrauliczny z agregatem spalinowym.

Na podwoziu samochodu transportowego zabudowana została rama adaptacyjna wraz z podporami, na której zabudowano hydrauliczny agregat spalinowy, wciągarkę, szarpak oraz przytwierdzono przegubowo ramę składaną mechanizmu ustawiania wiertnicy. Konstrukcja mechanizmu ustawiania wiertnicy przewiduje jej dwie pozycje: roboczą i transportową (rys. 6). Zmiana pozycji odbywa się poprzez wysuw cylindrów hydraulicznych zabudowanych z jednej strony do ramy adaptacyjnej, a z drugiej do ramy składanej. Mechanizm ten, oprócz ramy składanej i cylindrów hydraulicznych posiada ławetę oraz obrotnicę.

Zastosowanie rozsuwanej ławety oraz obrotnicy umożliwia ustalenie pozycji wiercenia na różnych wysokościach i pod różnymi kątami. Daje to szereg możliwości wykonywania otworów z jednego ustawienia wiertnicy [11]. Typowe pozycje robocze, jakie posiada wiertnica przedstawia rysunek 7.

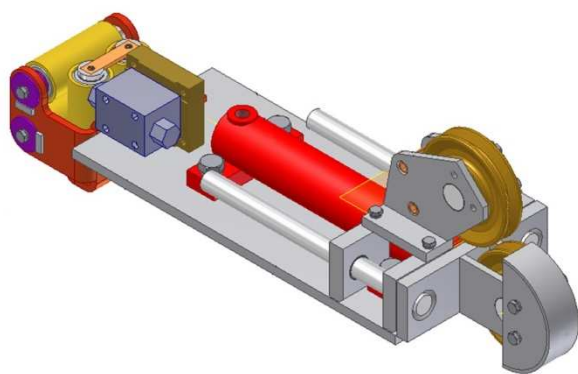
Do mechanizmu ustawienia wiertnicy, poprzez ławetę oraz obrotnicę, zabudowano maszt wraz z wiertarką. Maszt ma budowę skrzynkową, której głównymi elementami konstrukcyjnymi są ceowniki. Na obu końcach masztu zabudowane zostały dwie pary cylindrów hydraulicznych odpowiadających za dodatkowe podparcie podczas wiercenia otworów. Ponadto zostały zabudowane sanie z wiertarką, których ruch zapewnia cylinder hydrauliczny wraz z przekładnią linową.

Na potrzeby projektu skonstruowano wiertarkę hydrauliczną (rys. 8), której głównym elementem jest dwubiegowy silnik tłoczkowy. Takie rozwiązanie podyktowane zostało wysokimi wymaganiami stawianymi wiertarce (maksymalny moment obrotowy $M = 1000 \text{ Nm}$ oraz prędkość obrotowa $n = 800 \text{ min}^{-1}$) przy możliwie najmniejszej mocy. Przełączanie biegów następuje na drodze hydraulicznej.

Na potrzeby wiertnicy WIG-200 opracowany został zespół wciągarki (rys. 9). Wytypowano wciągarkę handlową, która spełnia wymagania dotyczące długości liny (około 200 m) oraz minimalnej wciąganej masy (1600 kg). Opracowano nowatorski układ liny na bębnie. Napęd przenoszony jest z bębna linowego wciągarki poprzez koło małtańskie, przekładnię redukcyjną i przekładnię łańcuchową na rolki układające linę na bębnie.

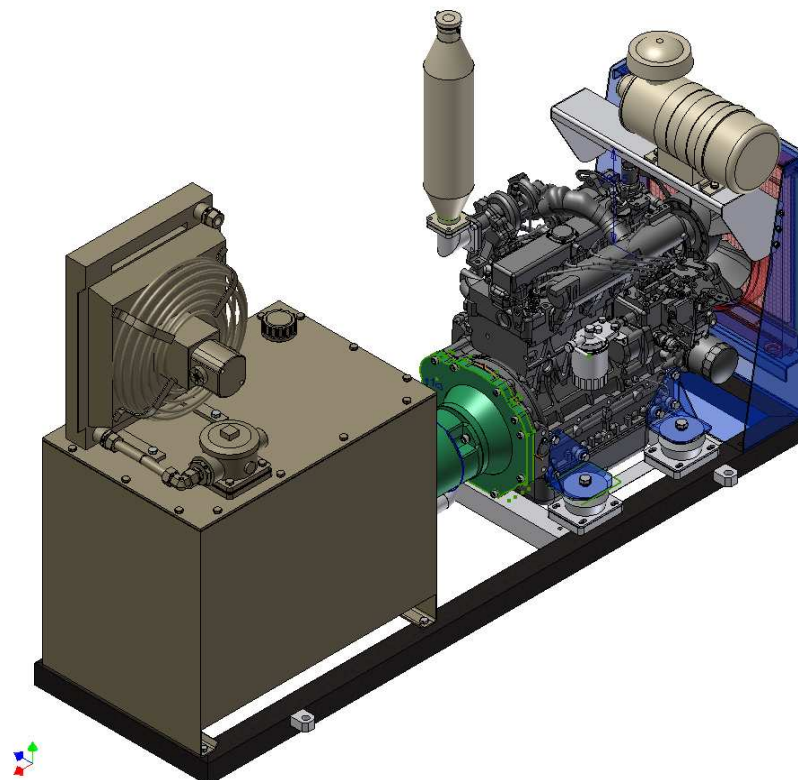
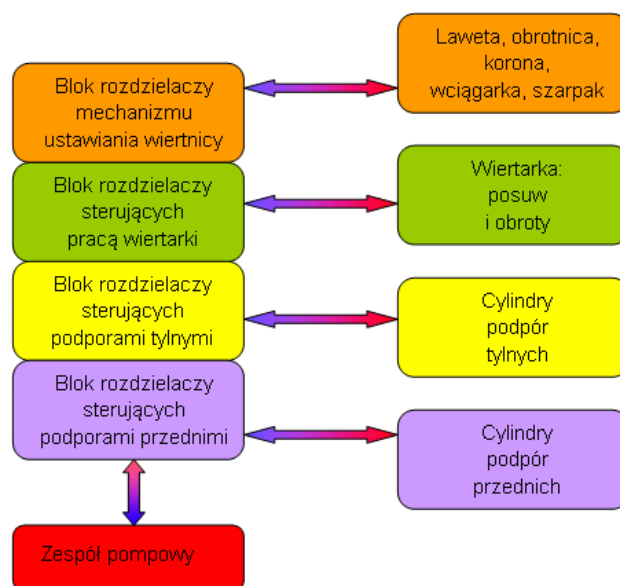
Zespół wciągarki współpracuje z zespołem szarpaka (rys. 10), umiejscowionym tuż przed nim. Celem działania szarpaka, jest wywołanie udaru kolumny wiertniczej podwieszanej na linie. Lina prowadzona jest od wciągarki poprzez zespół rolek, do koła linowego zamontowanego na końcu cylindra hydraulicznego szarpaka, a dalej przez koła linowe korony do kolumny wiertniczej. Udar realizowany jest poprzez ruch tłoka cylindra, co powoduje podnoszenie i opuszczanie kolumny wiertniczej. Ruch samoczynnie nawrotny tłoka realizuje rozdzielacz rewersyjny, zamontowany na płycie szarpaka.

Na schemacie blokowym (rys. 11) zobrazowano przepływ medium roboczego poprzez bloki rozdzielaczy do poszczególnych odbiorników, realizujących zadane funkcje. W układzie hydraulicznym przewidziano cztery bloki rozdzielaczy. Dwa bloki sterują przepływem cieczy do cylindrów podpór przednich i tylnych, które odpowiadają za właściwe rozstawienie całej wiertnicy. Trzeci blok umożliwia sterowanie pracą wiertarki (jej obrotami i posuwem). Czwarty blok rozdzielaczy zapewnia ustawienie założonego kierunku wiercenia, jak również obsługę szarpaka i wciągarki.



↑ Rys.10. Szarpak [10]

➡ Rys.11. Schemat blokowy układu hydraulicznego wiertnicy WIG-200



Rys.12. Hydrauliczny agregat spalinowy [10]

W przedstawionym rozwiązaniu, napęd wiertnicy stanowi hydrauliczny agregat spalinowy (rys. 12). Wyposażony on został w wysokoprężny silnik spalinowy o pojemności skokowej 2434 cm³ i mocy 38 kW. Został on dobrany po analizie istniejących rozwiązań silników o mocy do 60 kW, takich producentów jak: Kubota, Deutz, Hatz, Ruggerini, Lister Peter, Briggs and Straton. Z silnikiem została zintegrowana pompa tłoczkowa o natężeniu przepływu 90 dm³/min przy 2000 obr/min i maksymalnym ciśnieniu 31,5 MPa. Pompa tłoczkowa połączona jest z silnikiem poprzez sprzęgło elastyczne dopasowane do zabudowy silnika.

5. Podsumowanie

Wiertnica WIG-200 przeznaczona jest do prowadzenia prac geodezyjnych, geotechnicznych oraz budowlanych. Umożliwia ona wykonywanie odwiertów eksploatacyjnych, poszukiwawczych, jak i specjalistycznych (poziome przewierci i przyciski) o średnicy od 46 do 324 mm, na głębokość do 200 m.

Wiertnicę wyposażono w agregat hydrauliczny zbudowany w oparciu o wysokoprężny silnik spalinowy o mocy 38 kW, pompę tłoczkową oraz elementy sterujące przepływem i ciśnieniem medium roboczego.

Pozwala to na wykonanie prac wiertniczych samodzielnie bez samochodu transportowego.

Wiertnica posiada możliwość wiercenia w różnych płaszczyznach i kątach, prostopadle do osi jezdnej wiertnicy. Ponadto wysięgnik z ławetą zbudowany został w sposób umożliwiający wykonywanie otworów poniżej poziomu gruntu, co pozwala na ograniczenie wykonywania gabarytu wykopu do niezbędnego minimum.

Całość prac badawczych, konstrukcyjnych i wykonawczych w zakresie nowego rozwiązania wiertnicy geologiczno-inżynierskiej została zrealizowana w ramach dofinansowanego przez MEiN projektu celowego, realizowanego przez Zakłady Mechaniczne Urządzeń Wiertniczych i Instytut Techniki Górniczej KOMAG.

Literatura

1. Anam R.: Rynek budownictwa drogowego będzie rósł. www.egospodarka.pl/44719,Rynek-budownictwa-drogowego-bedzie-rosl,1,39,1.html, wrzesień 2009.
2. Bęben A.: Technika wiertnicza w odkrywkowym górnictwie skalnym. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1992.
3. Marciniak W.: Dlaczego pompa ciepła? www.ekobudowanie.pl/pompy-ciepla/98-dlaczego-pompa-ciepla.
4. Materiały reklamowe firmy Wamet.
5. Materiały reklamowe firmy Nordmeyer.
6. Materiały reklamowe firmy Glinik.
7. Norma PN-G-02305-5: Wiercenia małośrednicowe i hydrogeologiczne – Wiertnice – Wymagania bezpieczeństwa.
8. Paszkowski M., Porębski S.: Aspekty geologiczne wierceń kierunkowych i horyzontalnych. Wiadomości naftowe i gazownicze, grudzień 2008.
9. Świder J.: Będziemy mieli dużo gazu. www.dziennikpolski24.pl/pl/aktualnosci/gospodarka/1039732-bedziemy-mieli-duzo-gazu.html, lipiec 2010.
10. Wiertnica inżyniersko-geologiczna WIG-200. Opracowanie modelu przestrzennego wiertnicy na potrzeby badań wirtualnych i opracowania postaci konstrukcyjnej. Projekt celowy nr 04303/C.ZR8-6/2008. ZMUW Sosnowiec, ITG KOMAG, marzec 2009 – praca nie publikowana.
11. Wiertnica inżyniersko-geologiczna WIG-200. Wirtualne badania modelu wiertnicy w aspekcie funkcjonalności, ergonomii pracy i bezpieczeństwa wraz z weryfikacją modelu. Projekt celowy nr 04303/C.ZR8-6/2008. ZMUW Sosnowiec, ITG KOMAG, maj 2009. – praca nie publikowana.

*Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.
Recenzent: prof.dr hab.inż. Adam Klich*

Wóz wiertniczy MWW-1z przeznaczony do mechanizacji procesu wiercenia otworów strzałowych w wyrobiskach korytarzowych

Streszczenie

W artykule zaprezentowano wóz wiertniczy MWW-1z produkowany przez Zakłady Mechaniczne Bumar Łabędy S.A., według dokumentacji Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. Całość prac badawczo-wdrożeniowych zrealizowano w ramach projektu celowego dofinansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Przedstawiono budowę, zasadę działania i podstawowe parametry techniczne wozu wiertniczego, zwracając szczególną uwagę na szereg użytkowych i nowatorskich rozwiązań, usprawniających pracę załogi w przodku. Charakterystycznymi cechami wozu są: jego mała szerokość wynosząca 1000 mm, układ napełniania i opróżniania zbiornika z zastosowaniem tej samej pompy, oddzielne układy jazdy, wiercenia i stabilizacji maszyny i zmiennik prędkości jazdy. Wóz wiertniczy ma dużą siłę pociągową, a wydajność układu pompowego pozwala na współpracę z wiertarkami obrotowo-udarowymi lub obrotowymi.

Summary

MWW-1z drilling jumbo manufactured by Bumar Labedy Mechanical Works, JSC according to documentation of the KOMAG Institute of Mining Technology was presented in the paper. All research-and-implementation work was realized within targeted project financed by the Ministry of Science and Higher Education. Design, principle of operation and basic technical parameters of the drilling jumbo were presented, paying special attention to a series of usage and innovative solutions, which improve work of the personnel in the face end. There are the following characteristic features of the drilling jumbo: narrow width equal to 1000 mm, system for filling and emptying of tank with use of one pump, separate systems of drive, drilling and stabilization of machine and speed changer. Drilling jumbo has high pulling force and output of pump system enables cooperation with rotary-percussive drills or rotary drills.

1. Wstęp

Wóz wiertniczy MWW-1z opracowano i wdrożono w ramach projektu celowego [2] dofinansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Jest on przeznaczony do wiercenia otworów strzałowych w kamiennych przodkach korytarzowych kopalń węgla. Wóz został zaprojektowany i przebadany przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG, a produkowany jest przez Zakłady Mechaniczne Bumar Łabędy S.A.

Stanowi on ciekawą i oryginalną propozycję dla przedsiębiorstw górniczych realizujących drażnienie wyrobisk chodnikowych z zastosowaniem materiałów wybuchowych [3, 4]. Niewielka szerokość wozu wiertniczego, wynosząca 1000 mm, umożliwia bezkolizyjną współpracę z innymi maszynami znajdującymi się w przodku w każdym rozmiarze wyrobiska korytarzowego.

Przy użyciu małogabarytowego wozu wiertniczego MWW-1z można, z jednego ustawienia, wykonywać otwory strzałowe standardowej średnicy 42 mm i długości do 2200 mm w przodku o szerokości do 6200 mm i wysokości do 5500 mm.

Wóz wiertniczy MWW-1z posiada szereg innowacyjnych rozwiązań, z których najważniejsze to:

- układ hydrauliczny pozwalający na zabudowę dowolnej wiertarki hydraulicznej,

- niezależnie sterowane i zasilane układy: jazdy, wiercenia oraz stabilizacji podwozia maszyny,
- napełnianie i opróżnianie zbiornika cieczy hydraulicznej realizowane jedną pompą,
- szerokość podwozia wynosząca 1000 mm,
- zmiennik prędkości jazdy (2 biegi).

2. Budowa wozu wiertniczego MWW-1z

Małogabarytowy wóz wiertniczy MWW-1z (rys. 1) spełnia wymagania zasadnicze ujęte w dyrektywach: maszynowej i ATEX, przez co może być stosowany w podziemnych wyrobiskach górniczych o stopniu niebezpieczeństwa „a”, „b” i „c” wybuchu metanu oraz klasy „A” i „B” zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

Wóz wiertniczy MWW-1z (rys. 2) składa się z trzech głównych zespołów:

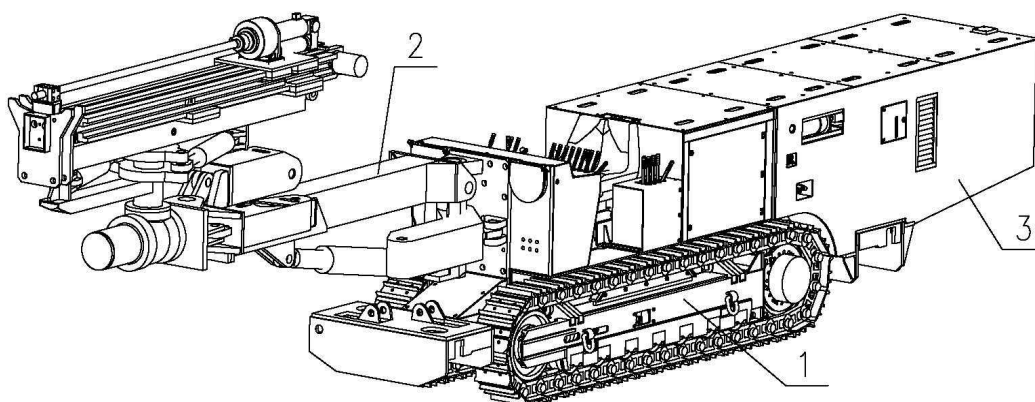
- podwozia gasienicowego,
- wysięgnika wiertniczego z wiertarką,
- agregatu hydraulicznego z wyposażeniem hydraulicznym.

Egzemplarz serii próbnej wozu MWW-1z posiada parametry techniczne przedstawione w tabeli 1.

Zabudowany na wozie manipulator wiertniczy pozwala na wywiercenie otworów z jednego ustawienia wozu w przodku o powierzchni około 42 m².



Rys.1. Małogabarytowy wóz wiertniczy MWW-1z



Rys.2. Główne zespoły wozu wiertniczego MWW-1z [1]

1- podwozie gąsienicowe, 2 – wysięgnik wiertniczy, 3 – agregat hydrauliczny wraz z wyposażeniem

Podstawowe parametry techniczne wozu MWW-1z [1]

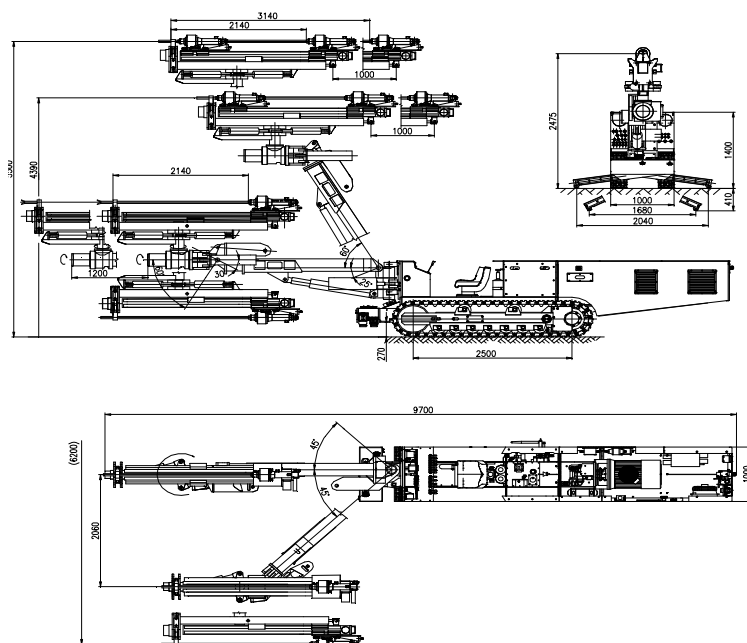
Tabela 1

Lp.	Parametr	Wymiar
1	Masa	10000 kg
2	Długość	9700 mm
2	Wysokość	1400 mm
3	Szerokość	1000 mm
4	Moc silnika	55 kW
5	Maksymalne nachylenie spągu podłużne/poprzeczne	$\pm 20/8^\circ$
6	Prędkość jazdy	$0 \div 1$ m/s
7	Maksymalne wymiary drążonego wyrobiska wysokość x szerokość	$\sim 5500 \times 6200$ mm
8	Napięcie zasilania	500 lub 1000 V

Wymiary wozu przedstawiono na rysunku 3.

Elektrohydrauliczny napęd podwozia jest układem LS (rys. 4) wyposażonym w zespół pomp napędzanych silnikiem elektrycznym oraz hydrauliczne jednostki napędowe z samoczynnie włączanymi hamulcami, zapewniającymi możliwość pracy wozu przy nachyleniu podłużnym $\pm 20^\circ$ oraz poprzecznym $\pm 8^\circ$. Układ hydrauliczny może zasilać wiertarki o chłonności do $200 \text{ dm}^3/\text{min}$.

Sterowanie poszczególnymi ruchami wozu wiertniczego realizowane jest ze stanowiska operatora (rys. 5), które znajduje się w przedniej części maszyny. Jest ono wyposażone w pulpit sterowniczy i siedzisko operatora maszyny.



Rys.3. Wymiary wozu MWW-1z [1]

a)



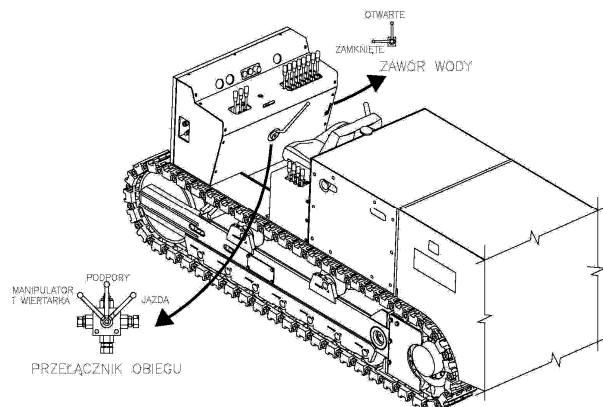
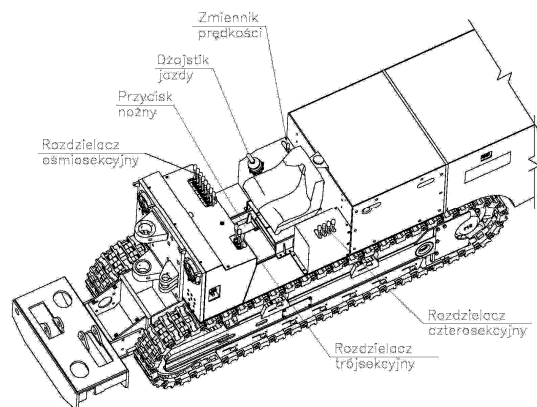
b)



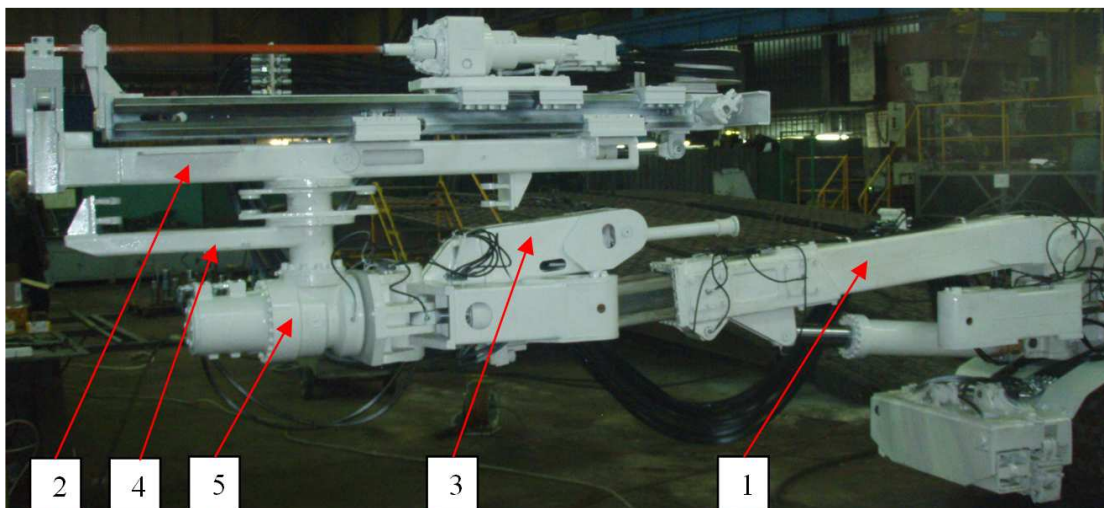
c)



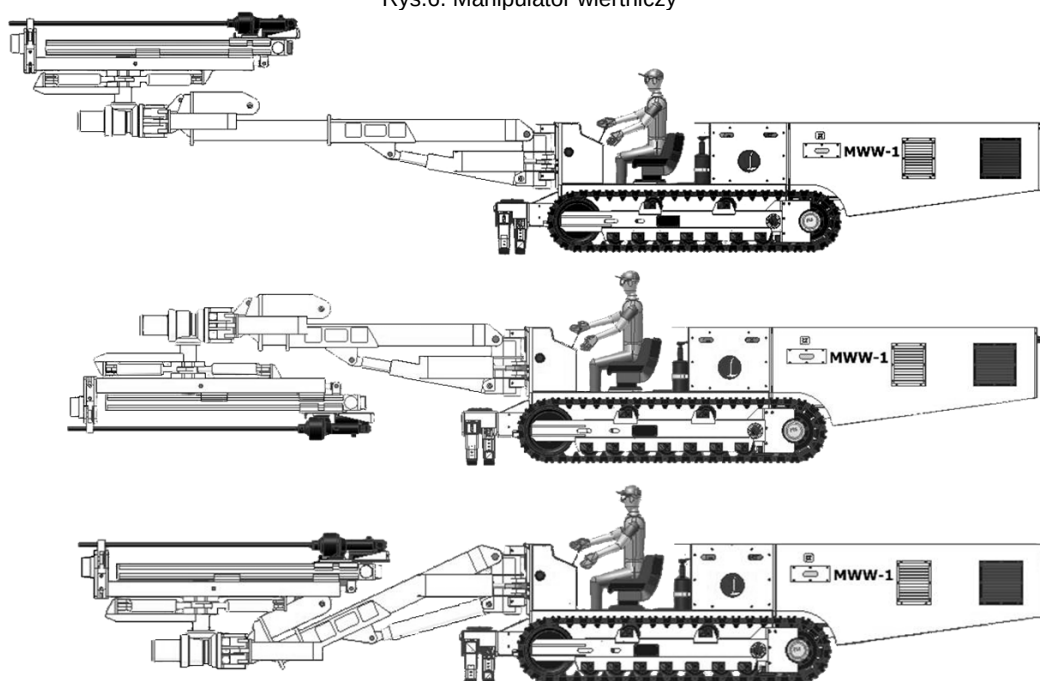
Rys.4. Elektrohydrauliczny napęd podwozia: a) widok ogólny, b) zespół pomp, c) wyłącznik ognioszczelny



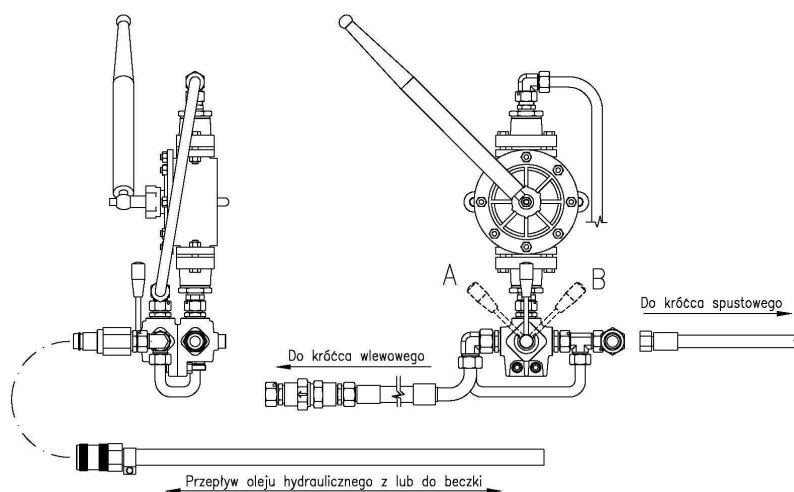
Rys.5. Stanowisko operatora [1]



Rys.6. Manipulator wiertniczy



Rys.7. Możliwości ruchowe manipulatora wiertniczego [2]



Rys.8. Zespół do napełniania i opróżniania zbiornika oleju [1]

Przed operatorem, na pulpicie, zabudowane są dwie sekcje rozdzielaczy hydraulicznych (do obsługi wysięgnika i wiertarki oraz jazdy podwoziem). Znajduje się tam również zawór kierujący strugę oleju (przełącznik obiegu) z pompy na część zasilającą napęd podwozia, część zasilającą podpory i urządzenia zewnętrzne oraz część zasilającą manipulator wiertniczy i wiertarkę. Ponadto na pulpicie znajdują się manometry wskazujące ciśnienie oleju w układzie jazdy i wiercenia oraz ciśnienie wody, jak również przycisk ZAŁ-WYŁ oraz wyłącznik nożny. Na bocznej lewej ścianie pulpitu operatora zabudowane są szybkozłącza do zasilania urządzeń dodatkowych (np. zakrętek).

Zastosowany w wozie teleskopowy manipulator wiertniczy jest sprawdzoną konstrukcją stosowaną powszechnie w kopalniach rud miedzi. Główne jego zespoły to (rys. 6):

- 1) wysięgnik teleskopowy,
- 2) rama wiertnicza,
- 3) zespół wychylenia ramy wiertniczej (góra-dół, lewo-prawo),
- 4) zawiesie ramy wiertniczej,
- 5) zespół obrotu zawiesia (lewo-prawo).

W egzemplarzu seryjnym wozu MWW-1z, manipulator wiertniczy został poddany modyfikacji polegającej na usunięciu zbędnych, z punktu widzenia wiercenia otworów strzałowych, mechanizmów. Dodatkowo, w wysięgniku zmieniono sposób mocowania i prowadzenia przewodów hydraulicznych i wprowadzono centralne smarowanie oraz zmieniono sposób mocowania żerdzi wiertniczej.

Możliwości kinematyczne manipulatora wiertniczego umożliwiają wiercenie otworów przy spągu, jak również w całym obrysie wyrobiska o powierzchni 42 m².

W czasie transportu istnieje możliwość złożenia wysięgnika tak, aby żaden z jego elementów nie wystawał poza wymiar poprzeczny maszyny. Jest to cecha szczególnie ważna w przypadku manewrowania maszyną w niskich wyrobiskach (rys. 7).

W wozie zastosowano układ stabilizowania podwozia zasilany niezależnie, który umożliwia wysunięcie i opuszczenie podpór, po przełączeniu wozu w tryb stabilizacji.

Rozkładanie i składanie podpór realizowane jest za pomocą dwóch dźwigni rozdzielacza zabudowanego z lewej strony operatora, po wcześniejszym przesterowaniu zaworu przełącznika obiegu do pozycji „PODPORY”. Podpory wysuwane są na boki wozu, a następnie rozpierane o spąg.

Po ustabilizowaniu podwozia podporami, wóz można przełączyć w tryb wiercenia. Po zakończeniu czyn-

ności związanych z wierceniem otworów strzałowych, przed rozpoczęciem jazdy, należy złożyć podpory wykonując wyżej opisane czynności w odwrotnej kolejności.

Nowością wozu jest układ napełniania i opróżniania zbiornika oleju. Rozwiązanie to opracowano w celu uniemożliwienia przypadkowego zanieczyszczenia zbiornika oraz dokładnego i wygodnego usunięcia oleju ze zbiornika do wyznaczonego pojemnika. Przepompowywanie oleju między zbiornikiem wozu, a pojemnikiem gromadzącym olej realizowane jest za pomocą pompy ręcznej (rys. 8) zabudowanej w zbiorniku oleju.

Inną zaletą układu hydraulicznego wozu wiertniczego poprawiającą bezpieczeństwo procesu wiercenia otworów jest samoczynne doprowadzenie wody do płuczki zwiercin. Zapewniono to poprzez zadziałanie mechanizmu obrotu wiertarki sterującego otwarciem dopływu wody do płuczki zwiercin.

Wóz charakteryzuje się niewielką szerokością (1000 mm), co umożliwia sprawne przemieszczanie się w przodku i współpracę z innymi maszynami i urządzeniami, nawet w niewielkich przekrojach poprzecznych wyrobiska.

3. Wóz MWW-1z po próbach eksploatacyjnych

Opracowany prototyp wozu wiertniczego MWW-1 przeszedł badania stanowiskowe na terenie ZM Bumar Łabędy S.A. oraz eksploatacyjne w kamiennym przodku chodnikowym drażonym przez firmę BZUG sp. z o.o. w KWK „Halemba”.

Na bazie doświadczeń eksploatacyjnych, dokonano zmian w konstrukcji i uruchomiono produkcję seryjną wozu. W konstrukcji zastosowano szereg zmian podyktowanych podniesieniem funkcjonalności, niezawodności oraz poprawą parametrów ruchowych maszyny.

W egzemplarzu seryjnym zastosowano jednostki napędowe GFT 24 oraz nowy układ hydrauliczny Load Sensing z pompą o zmiennej wydajności do 200 l/min, jak również proporcjonalne rozdzielacze sterowane hydraulicznie. Zastosowano również chłodnicę o większej mocy chłodzenia.

Zmniejszono nacisk na przednie podpory poprzez przesunięcie mocowania wysięgnika o 300 mm w kierunku tylnej części podwozia, co zmniejszyło wymiar maszyny do 9700 mm oraz pozytywnie wpłynęło na stateczność maszyny.

Na ramie wiertniczej zastosowano bęben do prowadzenia przewodów wiertarki. Usunięto również jeden z napędów wysięgnika wiertniczego, a okular rozchylany hydraulicznie zastąpiono okulem stałym, co znacznie uprościło konstrukcję i zmniejszyło masę wysięgnika wiertniczego.

4. Podsumowanie

Małogabarytowy wóz wiertniczy MWW-1z jest oryginalną propozycją maszyny do wspomagania technologii drążenia wyrobisk korytarzowych z użyciem materiałów wybuchowych. Jest przystosowany do wiercenia otworów strzałowych o standardowej średnicy 42 mm. Wóz MWW-1z umożliwia wywiercenie, z jednego ustawienia, otworów w czole przodku o przekroju poprzecznym do 42 m². Szerokość podwozia gąsienicowego wynosząca 1000 mm umożliwia stosowanie w przodku równocześnie dwóch wozów, umożliwiając tym samym zwiększenie postępu robót wiertniczych. Wóz wiertniczy umożliwia zabudowę różnego rodzaju wiertarek obrotowo-udarowych, zgodnie z wymaganiami użytkownika, gwarantując przy tym duży postęp wiercenia. Konstrukcja wozu umożliwia stosowanie go na nachyleniach podłużnych ($\pm 20^{\circ}$) i poprzecznych ($\pm 8^{\circ}$).

Wóz MWW-1z stanowi obecnie ofertę handlową BUMAR Łabędy S.A.

Rozwiązania techniczne zastosowane w małogabarytowym wozie wiertniczym pozwalają na bezpieczne, ekonomiczne i wydajne stosowanie maszyny do prac wiertniczych.

Zwarta i kompaktowa budowa maszyny stanowi przewagę w stosunku do podobnych konstrukcji. Wóz wiertniczy MWW-1 stanowi atrakcyjną ofertę, w odniesieniu do innych wozów oferowanych dla kopalń węgla kamiennego oraz przedsiębiorstw robót górniczych.

Literatura

1. Dokumentacja techniczna nr W13.058 małogabarytowego wozu wiertniczego MWW-1z. Materiały własne ITG KOMAG, 2011.
2. Projekt celowy nr 6 ZR8 2006C/06772 pt. „Małogabarytowy wóz wiertniczy”.
3. Prostański D., Kalita M.: Małogabarytowy wóz wiertniczy MWW-1. *Maszyny Górnicze* 3/2008, s. 44-51. Projekt celowy nr 6 ZR8 2006C/06772 pt. „Małogabarytowy wóz wiertniczy”.
4. Przybyła H., Chmiela A.: *Technika i organizacja w robotach przygotowawczych*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Adam Klich

Uniwersalny system przewietrzania i odpylania wyrobisk korytarzowych

Streszczenie

Omówiono budowę i zasadę działania uniwersalnego systemu przewietrzania i odpylania wyrobisk korytarzowych, opracowanego w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG i wdrożonego na rynek przez PW Wiromag sp. z o.o. W skład systemu wchodzi urządzenie odpylające, lutnie wirowe oraz urządzenia i elementy pomocnicze. Przedstawiono zasadę działania urządzeń oraz ich charakterystykę techniczną, ze szczególnym uwzględnieniem zmian i innowacji w stosunku do wcześniej opracowanych rozwiązań, stosowanych obecnie na rynku. Przedstawiono prace badawczo-rozwojowe zrealizowane w KOMAG-u w ramach projektu celowego, dofinansowanego przez Federację Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT, wynikiem którego jest wdrożenie przedmiotowego systemu. Zaprezentowano również proces oceny zgodności urządzeń, w szczególności w aspekcie nowych norm dotyczących wymagań i badań dla urządzeń odpylających (PN-G-52002:2009) i lutni wirowych (PN-G-43042:2011).

Summary

Design and principle of operation of versatile system for ventilation and dust control in roadways, which was designed at the KOMAG Institute of Mining Technology and commercialized by P.W. Wiromag, Ltd., were discussed. The system includes dust control equipment, ventubes and auxiliary equipment and components. The principle of operation of the devices and their technical characteristic were presented with particular emphasis on changes and innovations in relation to previously developed solutions, which are used on the market at present. R&D work realized at KOMAG within targeted project financed by the NOT Polish Federation of Engineering Associations, result of which is an implementation of subject system, was presented in the paper. The process of assessment of devices conformity, especially in the aspect of new standards as regards requirements and testing of dust control equipment (PN-G-52002:2009) and ventubes (PN-G-43042:2011) was also described.

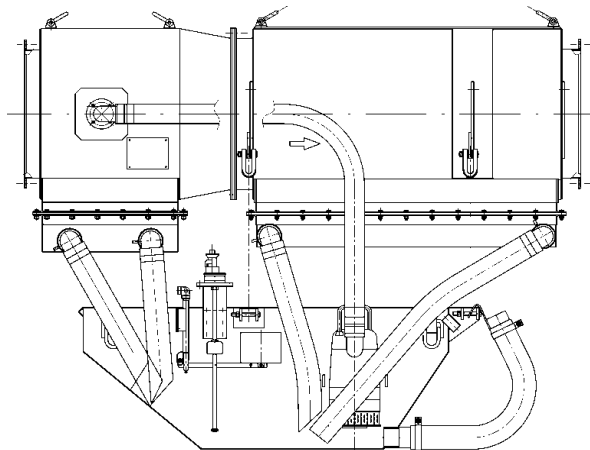
1. Wstęp

Urządzenia odpylające i lutnie wirowe są stosowane obowiązkowo w systemach wentylacji wyrobisk korytarzowych drążonych kombajnami chodnikowymi [1]. Obecnie na rynku istnieje szereg konstrukcji odpowiadających wymaganiom stawianym przez przepisy, zarówno w aspekcie spełnienia wymagań dotyczących wentylacji, jakości powietrza oraz wymagań formalnych, obejmujących urządzenia pracujące w podziemiach kopalń. Instytut Techniki Górniczej KOMAG stale realizuje prace badawczo-rozwojowe nad ich doskonaleniem, w celu poprawy niezawodności działania systemów przewietrzania i odpylania wyrobisk oraz podniesienia poziomu bezpieczeństwa pracy.

W ostatnim czasie wprowadzono na rynek nowe innowacyjne urządzenia odpylające UO-630 oraz lutnie wirowe typu WIR w ramach współpracy ITG KOMAG z firmą Wiromag sp. z o.o., w ramach uniwersalnego systemu przewietrzania i odpylania wyrobisk korytarzowych. System opracowano i wdrożono w ramach realizacji projektu celowego na podstawie trójstronnej umowy, zawartej z Federacją Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT, dofinansowującą zadania badawcze.

2. Urządzenie odpylające typu UO

Podstawowym urządzeniem systemu jest nowa konstrukcja urządzenia odpylającego typu UO-630 (rys. 1).



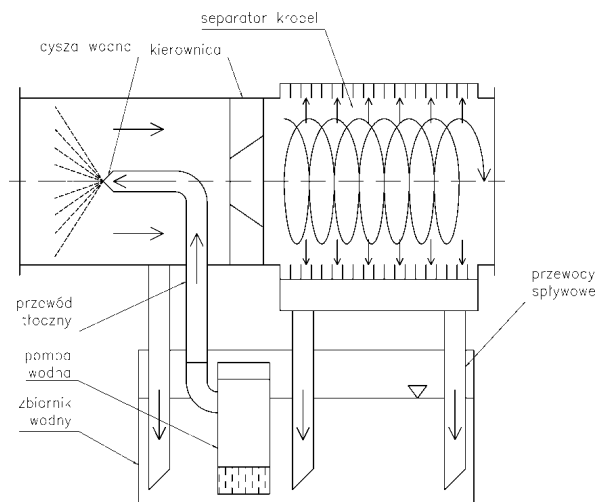
Rys.1. Urządzenie odpylające UO-630-1 [KOMAG]

Projektując nowe urządzenie uwzględniono przede wszystkim uwagi zgłaszane przez użytkowników, które w większości dotyczyły znacznych gabarytów urządzenia [2], jak również zapewnienia prawidłowości jego działania w różnych warunkach pracy [3]. W nowej konstrukcji zrezygnowano z dwóch odkraplaczy, wpro-

wadząc w ich miejsce jeden odkraplacz o zwiększonej długości. Analogicznie dwa zbiorniki wodne, umieszczane do tej pory po obu stronach urządzenia i połączone przewodami wyrównawczymi, zastąpiono jednym, o zwiększonej pojemności. Dodatkowo zmieniono kształt zbiornika – nie jest on już prostokątny, ale trapezowy, dzięki czemu ułatwiono jego przemieszczanie po spągu.

W wyniku realizacji projektu producent wdraża obecnie dwie jednostki: UO-630-1, o średnicy nominalnej 630 mm oraz UO-630-2, o średnicy nominalnej 800 mm. Parametry wyżej wymienionych urządzeń przedstawiono w tabeli 1.

Urządzenie wykorzystuje mechanizm mokrego odpylania, w którym pył wytrącany jest z przepływającego przez urządzenie zapyłonego powietrza za pomocą wody rozpylanej przez dyszę wodną (rys. 3).



Rys.2. Schemat obiegu wodnego w urządzeniu odpylającym [KOMAG]

Parametry urządzeń odpylających UO-630

Tabela 1

Parametr	UO-630-1	UO-630-2
Średnica nominalna komory zraszania i odkraplacza	630 mm	800 mm
Zakres wydajności	200-400 m ³ /min	250-450 m ³ /min
Zużycie wody	1-10 dm ³ /min	1-10 dm ³ /min
Szerokość odpylacza	około 1100 mm	około 1140 mm
Wysokość odpylacza	około 1100 mm	około 1225 mm
Długość całkowita (bez wyposażenia dodatkowego)	2743 mm	2743 mm
Masa całkowita	około 1105 kg	około 864 kg
Skuteczność odpylania*	98,4%	98,4%
Opory przepływu przy wydajności 300m ³ /min	około 1500 Pa	około 1420 Pa
Pompa P-1BA-Ex (lub P-1BA):		
– Nominalne napięcie zasilania	U _N = 500 V (400 V)	
– Moc silnika pompy	N = 2,2 kW	
Typ czujnika poziomu cieczy	CP-2d/1-b lub a	

Powstające w ten sposób krople, zawierające pył, są separowane w układzie kierownicy i odkraplacza, przy wykorzystaniu siły odśrodkowej wirującej strugi powietrza. Woda z pyłem zatrzymana w odkraplaczu spływa grawitacyjnie do zbiornika wodnego, zaś oczyszczone powietrze opuszcza urządzenie przekrojem wylotowym odkraplacza.

Obieg wody (rys. 2) w urządzeniu jest zamknięty i wymuszany jest przez zainstalowaną w zbiorniku pompę. Przepływ powietrza przez urządzenie jest wywołany wentylatorem lutniowym, który może być zainstalowany, zarówno po stronie wylotowej urządzenia (w układzie ssącym – rys. 4), jak i po stronie wlotowej (w układzie tłoczącym – rys. 5).

Urządzenie odpylające zaprojektowano i badano dwuetapowo – w pierwszej kolejności zaprojektowano i wykonano model urządzenia, w którym badano proces odpylania w aspekcie skuteczności odpylania i ogólnej funkcjonalności, w tym przede wszystkim skuteczności zatrzymywania wody i wydajności układu wodnego.

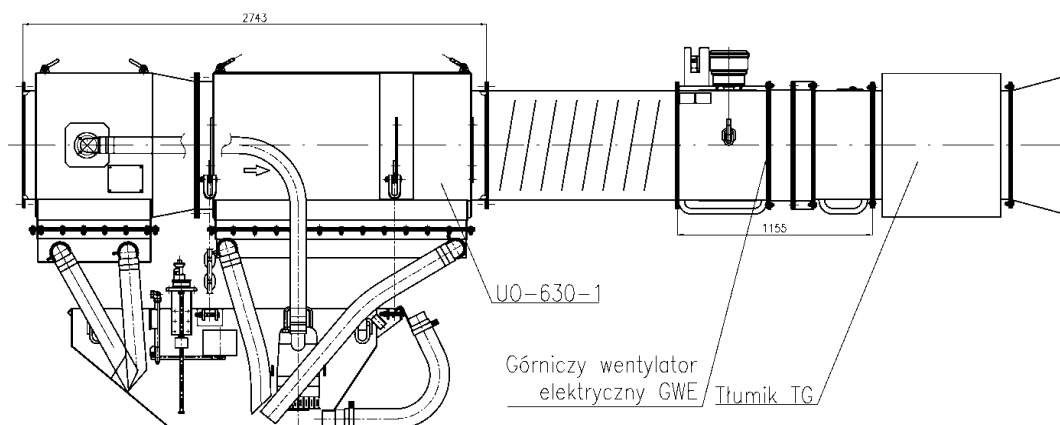
Następnie zaprojektowano i wykonano prototyp urządzenia, który poddano końcowym badaniom efektywności działania. Wyniki badań wykorzystano w procesie certyfikacji urządzenia.



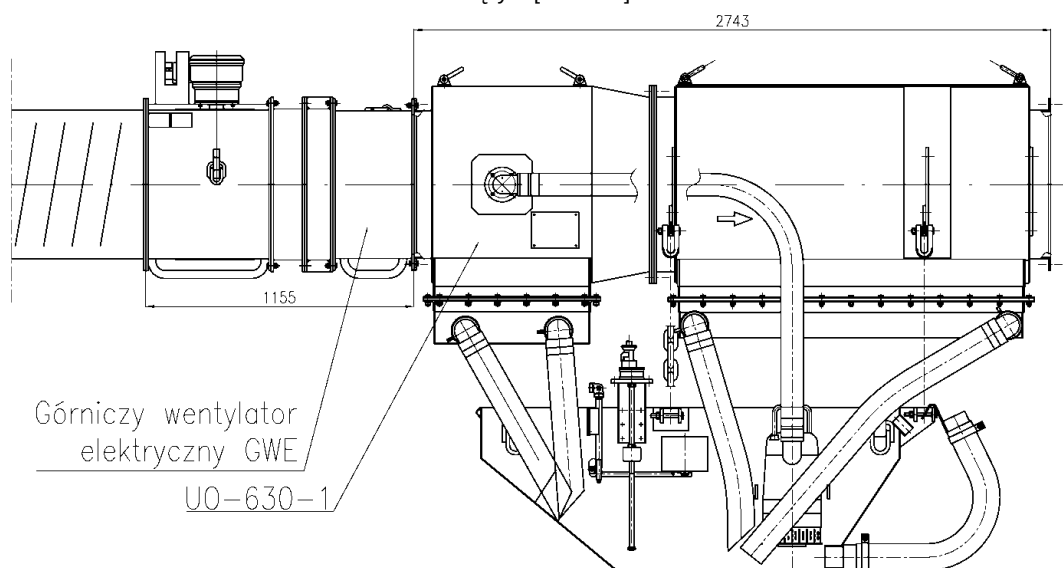
Rys.3. Kurtyna wodna wytwarzana przez dyszę wodną w urządzeniu odpylającym [KOMAG]

3. Dysza wirowa

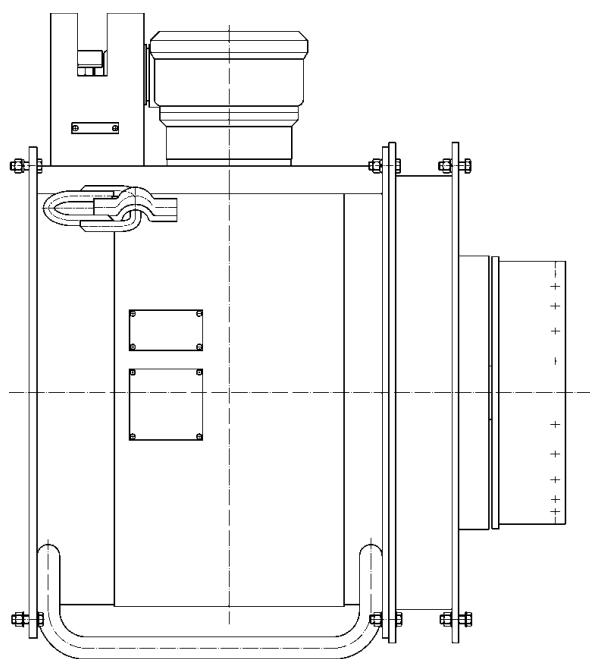
Wraz z konstrukcją urządzenia odpylającego opracowano typoszereg dysz wirowych DW 630, DW 800 i DW 1000 (rys. 6). Dysza wirowa w rozumieniu dyrektywy maszynowej jest maszyną nieukończoną i może być stosowana wyłącznie po przyłączeniu do komory zraszania urządzenia odpylającego typu UO.



Rys.4. Przykład współpracy urządzenia odpylającego UO-630-1 z wentylatorem lutniowym typu GWE w układzie ssącym [KOMAG]



Rys.5. Przykład współpracy urządzenia odpylającego UO-630-1 z wentylatorem lutniowym typu GWE w układzie tłoczącym [KOMAG]



Rys.6. Dysza wirowa DW 630 [KOMAG]

Dysza wirowa posiada wirnik w kształcie walcowym, osadzony na wale silnika elektrycznego. Pobocznicą wirnika wyposażona jest na całym obwodzie w otwory (rys. 7). W czasie pracy dyszy do wnętrza wirnika wtryskiwana jest woda z przewodu tłocznego poprzez rozdzielacz.



Rys.7. Wirnik dyszy wirowej [KOMAG]

Wskutek obrotu wirnika krople wody migrują w kierunku pobocznic i wydostają się przez otwory umieszczone na obwodzie. Dzięki sile odśrodkowej krople wody opuszczające wirnik mają wystarczającą energię kinetyczną, przez co wnikanie pyłu do ich wnętrza jest znacząco ułatwione. Zastosowanie dyszy wirowej w istotny sposób podnosi całkowitą skuteczność odpylania urządzenia odpylającego.

4. Badania urządzenia odpylającego

Proces odpylania realizowany w modelu urządzenia odpylającego oraz prawidłowość działania całej konstrukcji urządzenia zweryfikowano na stanowisku badawczym w KOMAG-u. Badania obejmowały:

- sprawdzenie funkcjonalności poszczególnych jednostek i ich podzespołów,
- określenie skuteczności odpylania.

Na podstawie wyników badań stwierdzono, że wszystkie podzespoły modelu i prototypu urządzenia funkcjonują prawidłowo, w szczególności:

- konstrukcja umożliwia zastosowanie urządzenia w procesie odpylania ślepych wyrobisk korytarzowych, drażonych kombajnami chodnikowymi, w systemach wentylacji kombinowanej lub ssącej,
- urządzenie odpylające uzyskuje najwyższą skuteczność odpylania przy pracy z dyszą stałą, której szczelina ma szerokość 1 mm,
- podwyższenie skuteczności odpylania jest możliwe przy zastosowaniu dyszy wirowej,
- stopień zatrzymywania wody w układzie odkraplającym jest wystarczający – na wylocie z urządzenia nie pojawiają się widoczne krople wody lub mgła wodna.

Wyniki badań, odniesione do urządzeń odpylających UO-630-1 oraz UO-630-2, przedstawiono w tabeli 2.

Wyniki badań urządzeń odpylających UO-630

Tabela 2

Urządzenie	Wariant pracy	Wydajność [m ³ /min]	Skuteczność odpylania [%]
UO-630-1	Dysza stała s = 1 mm	299,5	97,8
UO-630-1	Dysza wirowa z rozdzielaczem wody 10 x Ø8	299,1	99,5
UO-630-2	Dysza stała s = 1 mm	409,3	98,4
UO-630-2	Dysza wirowa z rozdzielaczem wody 10 x Ø8	406,0	99,5

5. Lutnia wirowa

Lutnie wirowe są urządzeniami współpracującymi z urządzeniami odpylającymi w systemach wentylacji kombinowanej ślepych wyrobisk korytarzowych [4]. Ich zadaniem jest właściwe ukształtowanie strumienia świeżego powietrza dostarczanego lutniociągiem tłocz-

nym do wyrobiska, podczas urabiania tak, aby powietrze przewietrzało cały przekrój chodnika, w szczególności strefę przystropową, w której może gromadzić się lżejszy od powietrza metan (rys. 8) i przemieszczało się w kierunku czoła wyrobiska ruchem wirowo-tłokowym, powstrzymując tym samym rozprzestrzenianie się zapylenia powstającego wokół organu urabiającego kombajnu.

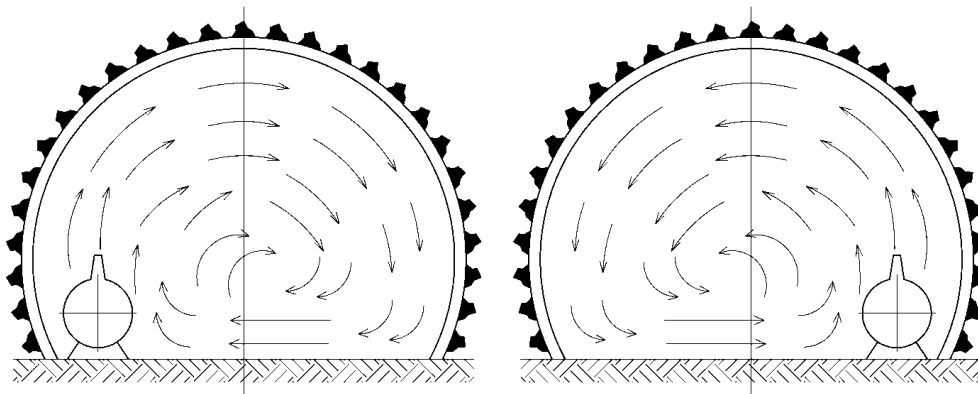
Lutnia wirowa składa się z zasobnika lutni elastycznej, zespołu napędowego, pięciu segmentów lutni wyposażonych w szczelinę wylotową oraz (opcjonalnie) w zespół klapy ręcznej. Budowę lutni wirowej przedstawiono na rysunku 9.

Powietrze tłoczone do wyrobiska przepływa przez zasobnik lutni elastycznej, a następnie wpływa do zespołu napędowego. Jeżeli kombajn chodnikowy jest wyłączony, wyłączony jest również zespół napędowy lutni wirowej, przez co powietrze płynie dalej osiowo do pięciu segmentów lutni o długości 2 m każdy i wypływa przez ostatni segment tak, jak w przypadku klasycznego lutniociągu tłocznego, nie wyposażonego w lutnię wirową.

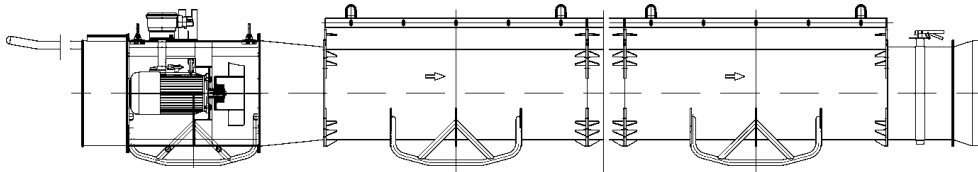
W momencie uruchomienia kombajnu, uruchamiany jest również silnik zespołu napędowego lutni wirowej, który napędza osadzony na jego czopie wirnik. Wirnik wywołuje silne zawirowanie strumienia powietrza, które następnie wpływa do segmentów lutni i na skutek działania wiru wypływa przez szczelinę wylotową o długości całkowitej 10 m. Dzięki temu strumień powietrza w chodniku przemieszcza się ruchem wirowo-tłokowym w kierunku przodka, przewietrzając efektywnie cały przekrój poprzeczny wyrobiska, a z drugiej strony zapobiega niekontrolowanemu rozprzestrzenianiu się chmury pyłu powstającej wokół organu urabiającego (całe zapyłone powietrze jest zasysane poprzez układ ssawny do urządzenia odpylającego).

Lutnia wyposażona jest, po stronie wlotowej, w zasobnik lutni elastycznej, pozwalający zgromadzić około 15 m lutni elastycznej. Wraz z postępowaniem przodka lutnia jest przesuwana. Zgromadzony w zasobniku zapas lutni elastycznych jest wówczas rozwijany, co zapobiega konieczności każdorazowego rozbudowywania lutniociągu tłocznego o kolejne segmenty – czynność tę wykonuje się dopiero po rozwinięciu całości lutni elastycznych z zasobnika.

Opcjonalnie, lutnia wirowa może być wyposażona w zespół klapy sterowanej ręcznie, którą montuje się na wylocie z ostatniego segmentu lutni. W stanach awaryjnych (usterka, wymontowanie, odłączenie) zespołu napędowego zamknięcie klapy ręcznej (rys. 10) odcina wypływ powietrza przez wylot z ostatniego segmentu i wymusza wydostawanie się powietrza wyłącznie szczeliną wylotową. Dzięki temu, w przypadku braku możliwości uruchomienia zespołu napędowego, możliwe jest uzyskanie prawidłowego obiegu powietrza poprzez ręczne przesterowanie klapy.



Rys.8. Schemat obiegu powietrza w wyrobisku chodnikowym z lutnią wirową [KOMAG]



Rys.9. Budowa lutni wirowej [KOMAG]



Rys.10. Lutnia wirowa z zamkniętą klapą ręczną [KOMAG]

Parametry techniczne lutni wirowych WIR

Tabela 3

Parametr	WIR-700	WIR-800
Zakres wydajności powietrza	250-600 m ³ /min	300-800 m ³ /min
Długość szczeliny wylotowej	10 m	
Zakres regulacji szerokości szczeliny wylotowej	od 40 do 80 mm	
Średnica segmentu lutni wirowej oraz klapy (wyposażenie dodatkowe)	700 mm	800 mm
Średnica lutni elastycznej na wlocie	800 mm – wykonanie 1 1000 mm – wykonanie 2 1200 mm – wykonanie 3	
Masa lutni wirowej bez wyposażenia dodatkowego	1345 kg – wykonanie 1 1408 kg – wykonanie 2 1467 kg – wykonanie 3	1484 kg – wykonanie 1 1493 kg – wykonanie 2 1548 kg – wykonanie 3
Masa lutni wirowej z wyposażeniem dodatkowym	1402 kg – wykonanie 1 1465 kg – wykonanie 2 1524 kg – wykonanie 3	1551 kg – wykonanie 1 1560 kg – wykonanie 2 1616 kg – wykonanie 3
Typ zespołu napędowego	ZN-800	
Typ silnika elektrycznego zespołu napędowego	dSOKg 160L2-E prod. Celma Cantoni Group Cieszyn	
Moc znamionowa silnika elektrycznego zespołu napędowego	18,5 kW	
Napięcie znamionowe silnika elektrycznego zespołu napędowego	500 V	

W ramach prac wdrożeniowych projektu producent wprowadził na rynek dwie wielkości lutni wirowych: WIR-700 i WIR-800. Liczba w nazwie lutni odpowiada średnicy jej segmentów (w milimetrach). Obie lutnie współpracują z zespołem napędowym ZN-800 i są przystosowane do współpracy z lutniociągami tłocznymi o średnicach lutni 800, 1000 i 1200 mm, dzięki wyposażeniu w różne zasobniki lutni elastycznych.

W tabeli 3 przedstawiono najważniejsze parametry techniczne lutni wirowych.

6. Badania lutni wirowej

Badania lutni wirowej (rys. 11) przeprowadzono w dwóch etapach. Najpierw badano proces zawirowania powietrza w modelu lutni, a następnie badano funkcjonalność prototypu. Badania pozwoliły na:

- określenie funkcjonalności działania lutni wirowej ze szczeliną centralną,
- wykonanie regulacji szczeliny wylotowej lutni,
- określenie wydajności powietrza przepływającego przez lutnię,
- określenie rozkładu prędkości wylotowej powietrza wzdłuż szczeliny lutni wirowej,
- określenie zmiany temperatury powietrza w czasie przepływu przez lutnię wirową.

W wyniku badań stwierdzono poprawność działania lutni wirowej w następujących trybach pracy:

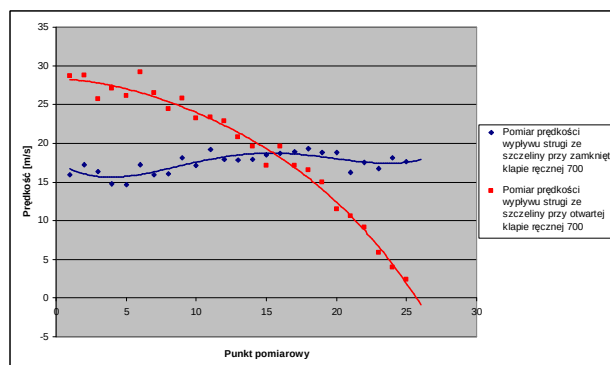
- tryb osiowego przepływu powietrza, z otwartą klapą ręczną i wyłączonym zespołem napędowym,
- tryb szczelinowego wypływu powietrza, wymuszającego przez pracę zespołu napędowego,
- tryb szczelinowego wypływu powietrza, wymuszającego przez zamknięcie klapy ręcznej.



Rys.11. Model lutni wirowej na stanowisku badawczym [KOMAG]

Przeprowadzono regulację szczeliny wylotowej lutni, uzyskując dla lutni o średnicy 700 mm rozkłady prędkości powietrza przedstawione na rysunku 12 (numer punktu pomiarowego na osi poziomej wykresu

odpowiada kolejnym odcinkom o długości 400 mm, rozmieszczonym wzdłuż szczeliny lutni wirowej).



Rys.12. Rozkład prędkości wylotowych powietrza wzdłuż szczeliny lutni wirowej WIR-700 [KOMAG]

Uzyskane krzywe świadczą o prawidłowym przepływie powietrza, który jest równomierny wzdłuż całej szczeliny lutni, szczególnie dla przypadku pracy z zamkniętą klapą ręczną. W przypadku, gdy występuje przewaga strumienia powietrza w początkowej części szczeliny lutni (co jest korzystne), możliwe jest efektywne przewietrzanie znajdującej się przed lutnią strefy zazębienia. Przypadek taki występuje dla wariantu pracy z otwartą klapą ręczną.

Nowym aspektem badań lutni wirowej było regulowanie zmian temperatury powietrza w czasie przepływu przez lutnię. Praca silnika elektrycznego generuje ciepło, co pociąga za sobą wzrost temperatury powietrza. Aby zapobiec temu niekorzystnemu zjawisku, lutnię wyposażono w dyszę, rozpylającą wodę w początkowej części lutni, za zespołem napędowym. W ten sposób, jak wskazały wyniki badań, temperatura powietrza nie tylko nie podniosła się, ale obserwowano nawet niewielkie obniżenie temperatury powietrza.

7. Certyfikacja systemu

Podczas fazy wdrożeniowej projektu producent złożył w jednostce notyfikowanej dokumentację urządzeń odpylających, dysz wirowych oraz lutni wirowych w celu uzyskania certyfikatów zgodności. Dokumentacja obejmowała część konstrukcyjną (rysunki zestawieniowe, rysunki zespołów i części oraz wykazy), jak również instrukcje obsługi, warunki techniczne, analizy ryzyka, wykazy zastosowanych norm oraz dokumenty potwierdzające jakość i powtarzalność procesów produkcyjnych producenta.

Należy podkreślić, że urządzenia odpylające UO-630-1, UO-630-2 oraz lutnie wirowe WIR-700 i WIR-800 są pierwszymi urządzeniami systemów wentylacyjnych i odpylających, które spełniają wymagania norm, wyszczególnionych poniżej norm [5, 6]:

- PN-G-52002:2009 Urządzenia odpylające w górnictwie podziemnym – Wymagania i badania,

- PN-G-43042:2011 Lutnie wirowe w górnictwie podziemnym – Wymagania i badania.

Wspomniane urządzenia były badane zgodnie z zakresami badań przedstawionymi w normach, a uzyskane wyniki badań potwierdzają spełnienie wszystkich wymagań. W szczególności dotyczy to:

- uzyskania odpowiedniej skuteczności odpylania urządzeń odpylających (min. 99%),
- zastosowania odpowiednich materiałów i zabezpieczeń konstrukcyjnych, np. przed krzesaniem iskier mechanicznych,
- ergonomii,
- zgodności z wymaganiami bezpieczeństwa.

8. Podsumowanie

W wyniku realizacji projektu celowego, Przedsiębiorstwo Wielobranżowe Wiromag wprowadza na rynek innowacyjne maszyny:

- urządzenie odpylające UO-630-1,
- urządzenie odpylające UO-630-2,
- lutnię wirową WIR-700,
- lutnię wirową WIR-800

oraz maszyny nieukończone, przeznaczone do współpracy z wyżej wymienionymi urządzeniami odpylającymi:

- dyszę wirową DW/630,
- dyszę wirową DW/800.

Do wszystkich wymienionych urządzeń oferowane są również elementy wyposażenia dodatkowego, pozwalające na ich zastosowanie w różnych warunkach górniczych i przemysłowych.

Urządzenia są certyfikowane na zgodność z wymaganiami zasadniczymi dyrektyw, w szczególności dyrektywy maszynowej i dyrektywy ATEX, a także wymaganiami nowych norm, określających wymagania i zakres badań urządzeń odpylających i lutni wirowych.

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają zgodność założonych parametrów urządzeń oraz ich wysoką skuteczność działania, co pozwala na zastosowanie w systemach wentylacji kombinowanej, ssącej i tłoczącej w podziemiach kopalń węgla kamiennego. Jednocześnie uniwersalny charakter urządzeń, w szczególności urządzeń odpylających, umożliwia poszerzenie zakresu ich stosowania np. do odpylania w zakła-

dach przeróbki mechanicznej węgla, czy w innych branżach przemysłu.

Przewiduje się, że pełne wdrożenie systemu i uzyskanie pełnych mocy produkcyjnych nastąpi jeszcze w 2011 roku.

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych, załącznik nr 4 – Szczegółowe zasady prowadzenia ruchu w wyrobiskach (Dz.U. 2006 Nr 139, poz. 1169 z późn. zm.).
2. Dziewior W., Piłat R., Frydel W., Steindor M.: Urządzenia odpylające UO w systemie wentylacji ssącej i kombinowanej – doświadczenia ruchowe. Materiały na konferencję „Zwalczanie zagrożeń pyłowych w górnictwie” Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Wisła, październik 1999.
3. Chmielniak T., Frydel W.: Zwalczanie zapylenia w wyrobiskach korytarzowych KWK 1 Maja za pomocą wentylacji kombinowanej z odpylaczem. Materiały na konferencję „Zwalczanie zapylenia w wyrobiskach korytarzowych i komorowych, Szczyrk, listopad 1993.
4. Penkała E., Frydel W.: Lutnia wirowa z wentylatorem w wentylacji kombinowanej. Materiały na konferencję „Zwalczanie zapylenia w wyrobiskach korytarzowych i komorowych, Szczyrk, listopad 1993.
5. Norma PN-G-52002:2009 Urządzenia odpylające w górnictwie podziemnym – Wymagania i badania.
6. Norma PN-G-43042:2011 Lutnie wirowe w górnictwie podziemnym – Wymagania i badania.
7. Projekt celowy „Uniwersalny system przewietrzania i odpylania wyrobisk chodnikowych”, realizowany w okresie od listopada 2009 do stycznia 2011 r. przez Wiromag sp. z o.o. i KOMAG na podstawie umowy trójstronnej zawartej z Federacją Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Adam Klich

Innowacyjny filtr samoczyszczący do instalacji wodnych

Streszczenie

W wielu gałęziach przemysłu, w tym w górnictwie węgla kamiennego, w ciągach technologicznych wykorzystuje się wodę, niezbędną do płukania, transportu materiałów, chłodzenia czy napędu i sterowania pracą urządzeń. Parametry jakościowe wody determinują jej wykorzystanie w przemyśle i przekładają się bezpośrednio na żywotność zasilanych przez nią urządzeń. Parametry jakościowe wody mogą być podniesione m.in. dzięki właściwej filtracji, w filtrach pracujących w sposób ciągły (bezobsługowy). Są to tzw. filtry samoczyszczące. Na rynku polskim dostępne są filtry znanych firm: Hydac, Seebach, Ekopil. Rosnące zapotrzebowanie rynku spowodowało, że zespół autorski ITG KOMAG wraz ze specjalistami ZZM S.A., podjął się opracowania i wdrożenia do produkcji konkurencyjnego filtra samoczyszczącego, spełniającego wysokie wymagania klientów. Filtr zaprojektowano na ciśnienie wody wynoszące 4 MPa, a jego innowacyjne rozwiązanie pozwala chronić wkłady filtracyjne przed dużymi frakcjami zanieczyszczeń (podczas uruchamiania instalacji) oraz całą instalację przed osadzaniem się węglanu wapnia. W artykule przedstawiono przegląd istniejących rozwiązań oraz koncepcję filtra samoczyszczącego konstrukcji ITG KOMAG.

Summary

Water, required for washing, transportation of materials, cooling or drive and control of operation of equipment, is used in technological lines in many branches of industry, including hard coal mining industry. Quality parameters of water determine its use in the industry and directly result in life of equipment supplied by water. These parameters can be improved, among others, by use of proper filters, which operate continuously (automatically). These are so-called self-cleaning filters. Filters manufactured by Hydac, Seebach and Ekopil are available on the Polish market. Increasing demand for filters caused that designers from KOMAG together with specialists from ZZM, JSC decided to develop and to commercialize a competitive self-cleaning filter, which meets high requirements of customers. The filter was designed for water pressure equal to 4 MPa and its innovative solution enables to protect filter inserts against big-size contaminants (during installation start-up) and to protect the entire installation against deposition of calcium carbonate. Existing solutions and a concept of self-cleaning filter designed at KOMAG were reviewed in the paper.

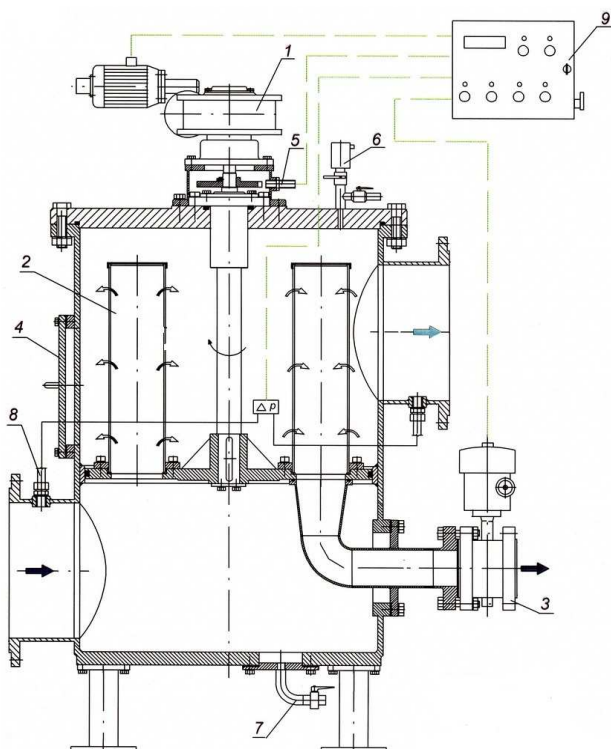
1. Wstęp

Oczekiwania branży górniczej dotyczą nowoczesnych i efektywnych rozwiązań, pozwalających osiągnąć jak największe wydobycie, przy jak najmniejszym nakładzie środków. Od wielu lat dąży się również do wprowadzenia automatyzacji przodków ścianowych, bez konieczności przebywania załogi w ścianie wydobywczej, co związane jest bezpośrednio z bezpieczeństwem pracy. Automatyzacja pracy dotyczy również procesu uzdatniania wody dostarczanej do maszyn i urządzeń (układy chłodzenia silników elektrycznych, zraszanie wodne i powietrzno-wodne itp.), gdyż parametry jakościowe wody determinują jej wykorzystanie, jak również przekładają się bezpośrednio na żywotność zasilanych nią urządzeń. Powyższe wymagania stały się przyczyną podjęcia prac nad nową konstrukcją filtra samoczyszczącego (będącego rozwiązaniem konkurencyjnym do obecnie stosowanych), przeznaczanego do zabudowy w instalacjach wodociagowych.

Zespół autorski ITG KOMAG opracował koncepcję rozwiązania konstrukcyjnego filtra, zaś prac związanych z wykonaniem prototypu oraz wdrożeniem do produkcji podjęły się Zabrzeńskie Zakłady Mechaniczne S.A. W założeniu filtr zapewnia m.in. funkcję uzdatniania wody (eliminacja wytrącania się węglanu wapnia) oraz funkcję zapobiegającą przedostawaniu się bezpośrednio na wkłady filtracyjne zanieczyszczeń zgrubnych, powstałych podczas uruchamiania instalacji wodnej. Nowe rozwiązanie powinno zapewnić wydłużony okres bezawaryjnej eksploatacji filtra i zasilanych wodą urządzeń, szczególnie w środowisku panującym w podziemiach kopalń [1].

2. Przegląd istniejących rozwiązań

Na rynku polskim i zagranicznym zidentyfikowano szereg firm dostarczających filtry samoczyszczące dla przemysłu. Jedną z nich jest firma EKOPIL [3], która posiada w swojej ofercie filtr typu FE1 (rys. 1).



Rys.1. Filtr samoczyszczący przemysłowy typu FE1 (źródło: [3])
 1 – napęd krokowy, 2 – element filtracyjny, 3 – wylot popłuczyn, 4 – otwór rewizyjny, 5 – kontrola obrotu, 6 – automatyczny odpowietrznik, 7 – odwodnienie, 8 – pomiar oporu filtra, 9 – szafka elektryczna

Przeznaczony jest on do oczyszczania wody i innych cieczy o niskiej lepkości z cząstek stałych, za wyjątkiem zanieczyszczeń włóknistych i lepkich. Konstrukcja filtra przewiduje czyszczenie wkładów filtracyjnych rozmieszczonych na obrotowej płycie, znajdującej się wewnątrz filtra. Obrót płyty realizowany jest, do momentu, gdy jeden z wkładów znajdzie się nad otworem wylotu popłuczyn. Otwarcie zaworu na wylocie popłuczyn powoduje oczyszczenie wkładu filtracyjnego z zanieczyszczeń.



Rys.2. Automatyczny filtr samoczyszczący typu 3218 (źródło: [4])

Kolejną firmą oferującą filtry samoczyszczące jest firma SEEBACH [4]. Oferuje ona filtr typu 3218 (rys. 2). Filtr ten znajduje szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu, w tym w górnictwie węgla kamiennego, gdyż spełnia wymagania dyrektywy ATEX. Budowa filtra przewiduje realizację funkcji czyszczących wkłady filtrujące poprzez obrót ramienia odprowadzającego zanieczyszczenia i ustawienie go pod wybranym wkładem. Wkłady w tym rozwiązaniu pozostają nieruchomo.

Innym producentem jest firma HYDAC [5], oferująca filtr typu AutoFilt RF6 (rys. 3). Budowa i zasada działania podobna jest do filtra firmy SEEBACH. Zastosowano w nim stożkowe wkłady filtracyjne, zapewniające równomierny przepływ cieczy przy niewielkich stratach ciśnienia.

Przedstawione powyżej rozwiązania konstrukcyjne cechują się tym, że w trakcie normalnej pracy filtra, wylot zanieczyszczeń zawsze jest połączony z jednym wkładem filtracyjnym. Oznacza to, że wkład ten jest wyłączony z procesu filtracji.

Zaproponowane nowe rozwiązanie filtra oparte jest na zaworach wodnych, zapewniających wykorzystanie wszystkich wkładów równocześnie w procesie filtracji z krótkotrwałym wyłączeniem kolejnych wkładów na czas oczyszczania.

Równolegle z opracowaniem koncepcji filtra przeprowadzono analizę rynku, która wykazała brak produktów wyposażonych w system zapobiegający przedostawaniu się do wkładów filtracyjnych zanieczyszczeń zgrubnych, powstałych podczas uruchamiania instalacji wodnej. Stwierdzono również brak rozwiązań, które przewidują dodatkowe uzdatnianie wody przed filtrem, zapewniające ochronę wkładów filtrujących oraz jego wewnętrznej powierzchni przed osadzaniem się kamienia.



Rys.3. Automatyczny filtr samoczyszczący AutoFilt RF6 (źródło: [5])

3. Nowe rozwiązanie filtra samoczyszczącego

W trakcie prac koncepcyjnych [2] mających na celu zaprojektowanie nowego rozwiązania filtra uwzględniono szereg założeń dotyczących między innymi: ogólnej budowy filtra, zastosowanych komponentów oraz medium sterującego (sprężone powietrze). Uwzględniono również to, że nowo projektowany filtr będzie cechował się innowacyjną metodą ochrony wkładów filtrujących przed dużymi frakcjami zanieczyszczeń, powstającymi podczas uruchamiania instalacji wodnej. Filtr będzie również wyposażony w urządzenie realizujące funkcję uzdatniania wody, poprzez eliminację wytrącającego się węglanu wapnia. Zapewni to dłuższą żywotność całego układu filtracyjnego oraz urządzeń korzystających z instalacji wodnej.

Założono również, że wszystkie wkłady filtrujące będą równocześnie używane do filtracji wody, z krótkim wyłączeniem kolejnych wkładów na czas płukania.

3.1. Przeznaczenie, zakres stosowania i charakterystyka techniczna

Filtr przeznaczony będzie do ciągłej i bezobsługowej pracy, w różnych gałęziach przemysłu, w których wymagany jest odpowiedni stopień czystości wody. Może on znaleźć zastosowanie między innymi w:

- górnictwie odkrywkowym i głębinowym oraz wiertnictwie, gdzie należy zapewnić wysoką jakość wody zastosowanej do zraszania i płuczki,
- elektrowniach, przy układach chłodzenia generatorów,
- ciepłowniach, dla ochrony wymienników ciepła,
- przemyśle stalowym,
- oczyszczalniach ścieków.

Przewiduje się, że nowo projektowany filtr będzie się charakteryzował parametrami przedstawionymi w tabeli 1.

Parametry techniczne charakteryzujące filtr samoczyszczący (źródło: [2])

Tabela 1

Masa	450 kg
Wymiary (wysokość x szerokość x głębokość)	1450 x 1200 x 700 mm
Minimalny przepływ	60 m ³ /h
Typ wkładu filtrującego	wkład szczelinowy
Dokładność filtracji	50 µm; 100 µm; 200 µm
Maksymalne ciśnienie robocze	2 MPa (4 MPa)
Sterowanie	pneumatyczne
Różnica ciśnień uruchamiająca funkcje czyszczące	0,15–0,4 MPa (regulowana)
Dopuszczalna temperatura pracy	80°C
Materiał korpusu i wkładów filtrujących	stal nierdzewna (kwasoodporna)
Czas czyszczenia wkładów filtrujących	1–5 min (regulowany)
Funkcje	- filtracja, - ochrona wkładów przed dużymi frakcjami zanieczyszczeń, - ochrona przed osadzaniem kamienia.

Parametry techniczne proponowanego rozwiązania są porównywalne z parametrami filtrów znanych producentów, jednakże umożliwienie realizacji funkcji ochronnych powoduje, że konstrukcja filtra staje się innowacyjną w odniesieniu do znanych rozwiązań.

Porównanie danych technicznych filtrów samoczyszczących przedstawiono w tabeli 2.

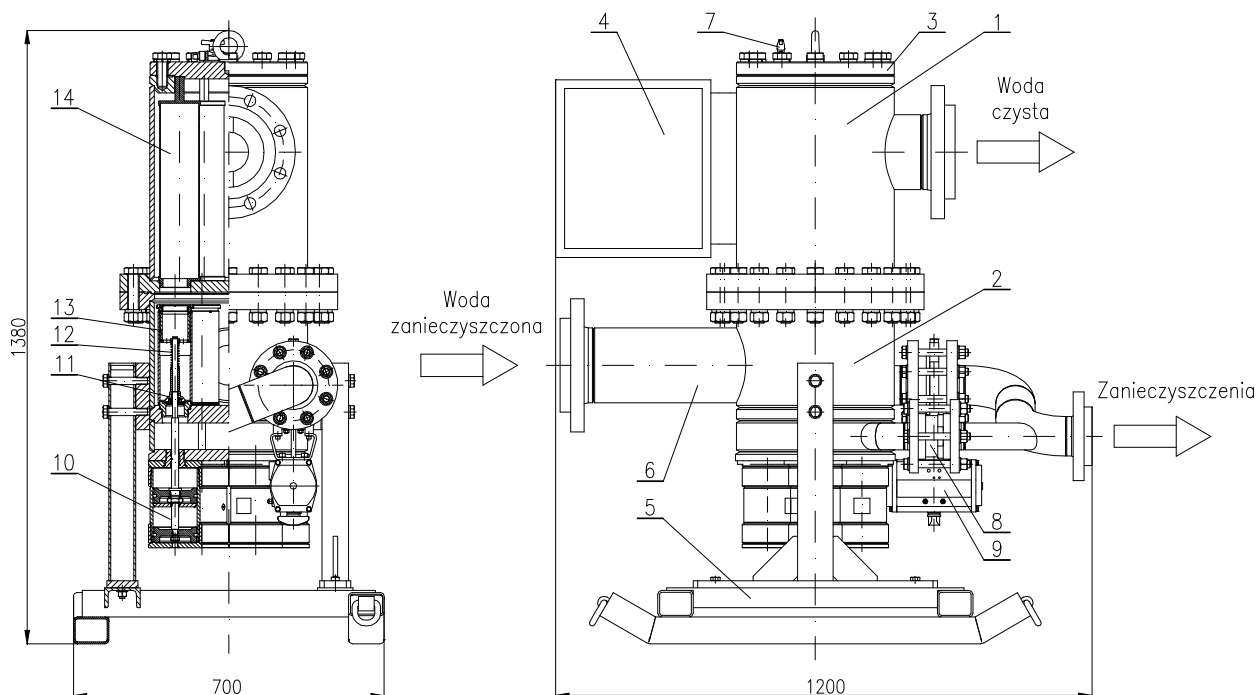
3.2. Budowa filtra

Na rysunku 4 przedstawiono budowę filtra samoczyszczącego, natomiast na rysunku 5 przedstawiono jego postać 3D. Przewiduje się, że elementy bezpośrednio pracujące w środowisku wodnym będą wykonane ze stali nierdzewnej (kwasoodpornej).

Porównanie danych technicznych filtrów samoczyszczących (źródło: [2])

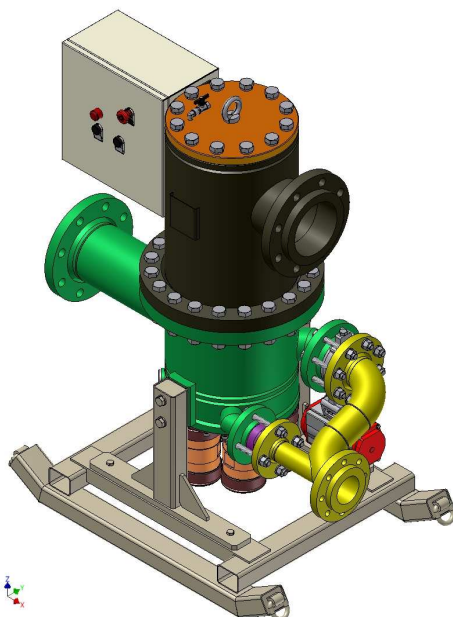
Tabela 2

Parametr \ Wytwórca	Seebach typ 3281	Hydac typ AutoFilt RF6	Ekopil typ FE1	Filtr samoczyszczący KOMAG - ZZM
Materiał obudowy	stal nierdzewna	stal węglowa lub stopowa	stal węglowa lub stal nierdzewna	stal nierdzewna (kwasoodporna)
Maksymalne ciśnienie robocze [MPa]	4	0,6 lub 1	1	4
Przepływ [m ³ /h]	ok. 60	do 10000	50-3000	min. 60
Maksymalna temperatura robocza [°C]	50	90	80	80
Różnica ciśnień uruchamiająca funkcje czyszczące [MPa]	0,15 do 0,4	bd.	bd.	0,15 do 0,4
Dokładność filtracji [µm]	bd.	50 do 3000	min. 50	min. 50
Przeciętny czas płukania [min]	bd.	bd.	1 do 5	1 do 5



Rys.4. Budowa filtra samoczyszczącego (źródło: [2])

1 – korpus górny, 2 – korpus dolny, 3 – pokrywa, 4 – jednostka sterująca (pneumatyczny układ sterujący), 5 – sanie, 6 – magnetyzer, 7 – odpowietrznik, 8 – zawór zwrotny, 9 – przepustnica, 10 – cylinder pneumatyczny, 11 – grzybek zaworu wodnego, 12 – sprężyna, 13 – tuleja zamykająca, 14 – wkład filtracyjny

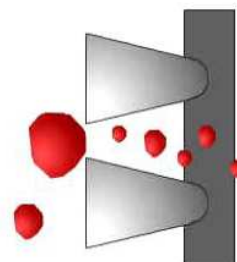


↑ Rys.6. Urządzenie do magnetycznego uzdatniania wody (źródło: [6])

← Rys.5. Model 3D filtra samoczyszczącego (źródło: [2])



Rys.7. Filtrujący wkład szczelinowy (źródło: [2])



Rys.8. Model filtrowania cieczy (źródło: [2])

Elementy pneumatycznego układu sterującego będą zespołami handlowymi, z odpowiednimi dopuszczeniami lub odpowiednio zabezpieczone.

W rozwiązaniu przewidziano uzdatnianie wody (rys. 6), zapobiegające tworzeniu się kamienia na powierzchni wkładów filtra. Wybrano metodę magnetycznego uzdatniania wody. Jej zaletami są:

- łatwość stosowania oraz praktycznie niewielkie koszty, związane z obsługą,
- ekologiczna czystość,
- brak zasilania zewnętrznego,
- brak wymagania stałego dozoru technicznego.

Magnetyczne uzdatnianie wody nie zmienia jej składu. Metoda nie powoduje osadzania się kamienia na ściankach nowych instalacji, natomiast w starych instalacjach powoduje powolne rozkruszanie istniejącego kamienia.

Za właściwą filtrację wody odpowiadać będą szczelinowe wkłady filtrujące (rys. 7). Wkłady szczelinowe projektowane są indywidualnie według zapotrzebowań klienta. Produkowane są nowoczesną techniką polegającą na wytwarzaniu przegrody filtracyjnej ze spiralnie zwijanych stalowych elementów o przekroju ściętego lub zaokrąglonego trójkąta (rys. 8). Takie rozwiązanie gwarantuje uzyskanie najlepszych parametrów hydrodynamicznych w czasie procesu filtracji, jak też i oczyszczania powierzchni wkładu. Dzięki temu unika się zjawiska blokowania cząstek zawieszonych w szczelinach. Odplukiwanie filtra przepływem w przeciwnym kierunku jest łatwe i skuteczne, wzmacniane dodatkowo efektem dyszy w wyniku malejącego przekroju szczeliny.

Element filtrujący jest dodatkowo wzmacniany podłużnymi poprzeczkami, co poprawia stateczność wkładu oraz jego odporność na zmiany ciśnienia (spadki ciśnień) w czasie filtracji jak i odplukiwania wkładu. Dzięki temu szczeliny filtracyjne są stabilne i posiadają stały wymiar.

Jednym z założeń projektu było zaopatrzenie filtra w system ochrony wkładów filtracyjnych przed zanieczyszczeniami zgrubnymi powstałymi podczas uruchamiania instalacji wodnej. System ten przewiduje wykonanie dodatkowego kanału, łączącego komorę wody zanieczyszczonej z komorą wylotu zanieczyszczeń. Za prawidłowe przekierowanie cieczy roboczej odpowiadać będzie sterowana pneumatycznie przepustnica (rys. 9), wraz z zaworem zwrotnym.

3.3. Zasada działania filtra

Filtr (którego schemat pokazano na rys. 10) przeznaczony jest do oczyszczania wody i cieczy o niskiej lepkości z cząstek stałych, w trybie bezobsługowym. Filtrowane medium przepływa przez szczelinowe wkłady filtracyjne od wewnątrz na zewnątrz. W trakcie tego procesu cząstki zanieczyszczeń odkładają się na wewnętrznej, gładkiej powierzchni wkładu.

Wraz z rosnącą ilością zanieczyszczeń rośnie również różnica ciśnień pomiędzy komorami „wlotową” i „wylotową”. Jeśli różnica ciśnień osiągnie nastawioną wartość, rozpoczyna się proces automatycznego czyszczenia filtra „strumieniem wstecznym”. Przepływająca przez pozostałe wkłady woda wpływa od zewnątrz do czyszczonego wkładu, zabierając z sobą zanieczyszczenia (które osiadły na jego wewnętrznej powierzchni) i wypływa króćcem przeznaczonym do odbioru zanieczyszczeń. Funkcje czyszczące mogą być również uruchomione poprzez ręczne wywołanie z panelu sterującego.

Układ czyszczenia zbudowany jest w oparciu o autorskie rozwiązanie zaworu wodnego (rys. 11), sterowanego pneumatycznie, umożliwiającego wykorzystanie wszystkich wkładów filtrujących w trakcie normalnej pracy filtra. Elementem sterującym zaworu jest dwutłokowy siłownik pneumatyczny dwustronnego działania. Elementami wykonawczymi, kierującymi przepływem wody, są: grzybek oraz tuleja zamykająca ze sprężyną dociskową.

Działanie zaworu realizowane jest w czterech fazach:

- **Faza I** – siłownik pneumatyczny nie jest zasilany. Tuleja zamykająca zezwala na przepływ wody zanieczyszczonej do wkładu filtracyjnego i tym samym na właściwy proces filtracji. Grzybek zaworu pozostaje w pozycji zamkniętej.
- **Faza II** – Przestrzeń podtłokowa siłownika zasilona zostaje sprężonym powietrzem. Tłoczek wysuwa tuleję zamykającą, powodując odcięcie dopływu wody zanieczyszczonej do wkładu filtracyjnego. Grzybek zaworu pozostaje w pozycji zamkniętej.
- **Faza III** – siłownik pneumatyczny osiąga położenie krańcowe. Podniesiony zostaje grzybek zaworu, powodując otwarcie przepływu do kanału wylotu zanieczyszczeń. Następuje oczyszczanie wkładu filtracyjnego ze zgromadzonych nieczystości poprzez strumień wsteczny wody czystej.
- **Faza IV** – Zasilona zostaje przestrzeń nadłokowa siłownika pneumatycznego. Tłoczek cylindra wraca do położenia wstępnego, przesuując jednocześnie tuleję zamykającą oraz grzybek. Zakończenie fazy czwartej jest równoznaczne z początkiem sekwencji ruchów w zaworze wodnym znajdującym się pod kolejnym wkładem filtrującym.

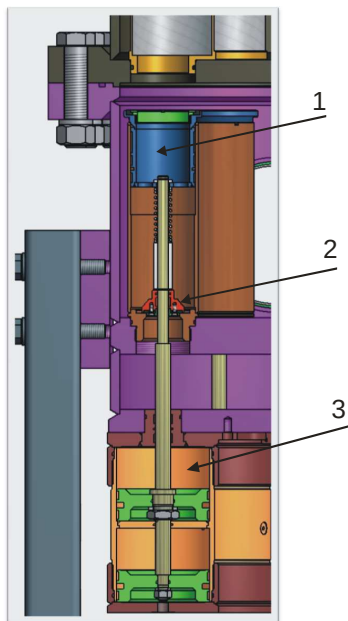
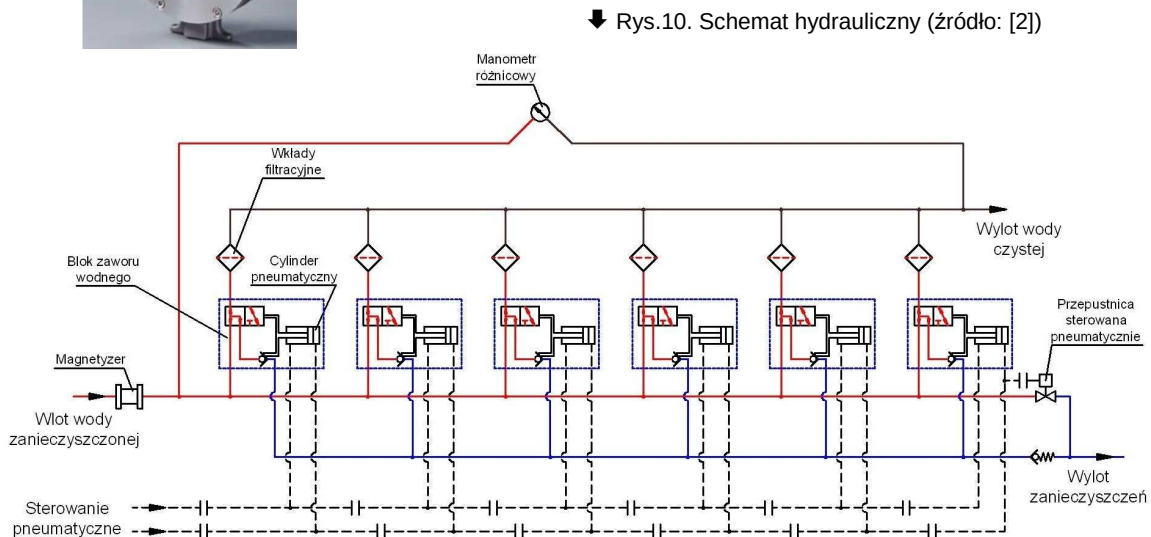
4. Pneumatyczny układ sterowania

Pneumatyczny układ sterowania [2] odpowiedzialny jest za:

- podanie pneumatycznych sygnałów sterujących (w założonej sekwencji) do cylindrów zaworów wodnych,



◀ Rys.9. Przepustnica sterowana pneumatycznie (źródło: [7])



Rys.11. Zawór wodny (źródło: [2])

1 – tuleja zamykająca, 2 – grzybek, 3 – siłownik pneumatyczny

Układ sterowania filtra zbudowany jest z następujących modułów:

- wejściowego,
- zadajnika impulsów,
- wykonawczego,
- ochrony filtra,
- alarmowego.

Moduł wejściowy jest podstawowym elementem systemu. Jego zadaniem jest zbieranie „informacji” oraz uruchomienie procedury czyszczenia filtra.

Kolejną istotną częścią systemu jest **zadajnik impulsów**. Ma on za zadanie generowanie impulsów sterujących modułem wykonawczym. Czas pomiędzy generowanymi impulsami jest regulowany za pomocą układu czasowego, który jest sterowany przez pneumatyczny zawór 3/2.

Moduł wykonawczy składa się z 6 kanałów. Na każdy kanał przypada licznik, siłownik pneumatyczny wraz z zaworem 4/2 oraz zawory logiczne „OR”, zbierające sygnały resetujące liczniki poprzednich kanałów. Za ostatnim, 6-tym kanałem, zastosowano dodatkowy licznik oraz układ czasowy, pozwalający na prawidłową pracę 6-tego kanału (reset).

- podanie pneumatycznego sygnału sterującego do zaworu odpowiedzialnego za ochronę wkładów filtrujących przed zanieczyszczeniami zgrubnymi,
- monitorowanie różnicy ciśnień na „wlocie” i „wylocie” z filtra,
- powiadamianie o stanach awaryjnych.

Sygnałysterowania każdego zaworu siłownika przechodzi dodatkowo przez zawór logiczny „OR”, dzięki czemu uzyskuje się możliwość niezależnego wysunięcia siłowników podczas pracy w trybie ochrony filtra przed frakcjami grubymi (mogącymi przedostać się do filtra podczas uruchamiania np. po przebudowie instalacji).

Załączenie ochrony filtra możliwe jest dzięki zastosowaniu **modułu ochrony filtra**. Zadaniem tego modułu jest wysunięcie wszystkich siłowników (zamknięcie filtra) oraz otwarcie zaworu wody. Tryb ochrony filtra powinien być załączany przy każdym rozruchu filtra, szczególnie po dłuższym czasie postoju.

Podczas płukania wkładów filtrujących, różnica ciśnień wody na wlocie i wylocie filtra jest sukcesywnie zmniejszana. W przypadku występowania różnicy ciśnień, po zakończeniu pierwszej procedury czyszczenia, uruchamiana jest, bez zatrzymania, kolejna pętla. Gdy, po drugim czyszczeniu różnica ciśnień, monitorowana na manometrze różnicowym nie zmniejszy się, czyszczenie filtra zostanie zatrzymane (filtr będzie normalnie pracował), dzięki zastosowaniu **modułu alarmowego**. Moduł zlicza ilość czyszczeń i po nastawionej liczbie „wyświetla” informację alarmową.

5. Podsumowanie

Opracowane rozwiązanie konstrukcyjne filtra samoczyszczącego stanowi efekt prac specjalistów ITG KOMAG oraz Zabrzańskich Zakładów Mechanicznych S.A.

Filtr posiada szereg innowacyjnych rozwiązań, takich jak:

- realizacja funkcji czyszczenia poprzez system pneumatycznie sterowanych zaworów wodnych,
- zapobieganie wytrącaniu węglanu wapnia na wkładach filtrujących oraz wewnętrznych powierzchniach filtra w procesie filtracji wody,
- ochrona filtra przed dużymi frakcjami zanieczyszczeń, mogącymi przedostać się do wkładów filtrujących podczas rozruchu (bądź po dłuższym przestoju) urządzenia.

Proponowane rozwiązanie pozwala na zastąpienie obrotowego elementu sterującego kolejnością czyszczenia wkładów filtrujących, łatwo wymienialnymi zaworami wodnymi. Uproszczenie budowy i dostępu do zespołu przepłukującego skróci czas ewentualnej naprawy.

Budowa pneumatycznego układu sterowania umożliwia wykorzystanie wszystkich wkładów filtrujących podczas normalnego cyklu filtracji wody (w oferowanych na rynku produktach, jeden wkład zawsze wyłączony jest z cyklu filtracji).

Minimalne ciśnienie sterowania (pneumatycznego), podobnie jak w znanych rozwiązaniach, powinno wynosić 0,4 MPa.

Zastosowanie odpowiednich komponentów do budowy filtra, jak również jego konstrukcja, pozwoli na użytkowanie go przy ciśnieniu wody wynoszącym maksymalnie 4 MPa.

Przedstawione rozwiązanie konstrukcyjne filtra jest konkurencyjne w stosunku do filtrów samoczyszczących oferowanych na rynku.

Literatura

1. Praca nie publikowana: Filtr samoczyszczący z funkcją uzdatniania wody i ochroną przed dużymi frakcjami zanieczyszczeń Umowa o dofinansowanie Nr UDA-POIG.01.04.00-24-059/09-00; UDA-POIG.04.01.00-24-059/09-00 z dnia 06.10.2010.
2. Praca nie publikowana: Filtr samoczyszczący z funkcją uzdatniania wody i ochroną przed dużymi frakcjami zanieczyszczeń. Opracowanie założeń konstrukcyjnych i wstępnego rozwiązania konstrukcyjnego filtra samoczyszczącego. Gliwice, kwiecień 2010.
3. <http://www.ekopil.pl>
4. <http://www.seebach.com>
5. <http://www.hydac.com.pl>
6. <http://www.infracorr.com.pl>
7. <http://www.bray.pl>

*Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.
Recenzent: prof.dr inż. Włodzimierz Sikora*

Prace badawcze Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii Instytutu Techniki Górniczej KOMAG na rzecz bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia w górnictwie

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

Artykuł opisuje prace badawcze prowadzone od szeregu lat w Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii Instytutu Techniki Górniczej KOMAG na rzecz zwiększenia bezpieczeństwa pracy w górnictwie. Prace te skupiają się na wszystkich fazach życia systemów górniczych i uwzględniają: proces projektowo-konstrukcyjny, proces wytwarzania, proces eksploatacji oraz proces szkolenia. Wynikiem tych prac są opracowywane nowatorskie metody i narzędzia wspomagające projektantów i konstruktorów, personel inżynierski dozoru oraz pracowników bezpośrednio zaangażowanych w realizację operacji roboczych.

S u m m a r y

Research work conducted from many years at the Laboratory of Modelling Methods and Ergonomics at the KOMAG Institute of Mining Technology to increase work safety in the mining industry is described in the paper. The work is focused on all stages of mining systems life and it includes the following processes: designing, manufacturing, operation and training. Developed innovative methods and tools supporting designers, supervisory engineering personnel and employees directly involved in work realization are the result of this work.

1. Wstęp

Prace badawcze na rzecz zwiększenia bezpieczeństwa pracy w górnictwie prowadzone są od szeregu lat w Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii Instytutu Techniki Górniczej KOMAG i skupiają się na wszystkich fazach życia systemów górniczych.

We wczesnych fazach procesów projektowania i konstruowania badane są wirtualne prototypy w świetle kryteriów bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Na podstawie dokumentacji konstrukcyjnej i z wykorzystaniem metod inżynierii wiedzy tworzone są elektroniczne instrukcje obsługi zawierające, między innymi, opisy bezpiecznego uruchamiania, obsługi i przeglądów. Dokumentacja ta jest przeznaczona zarówno dla ślusarzy w kopalniach, jak i dla serwisantów w wytwórniach.

Elementy dokumentacji techniczno-ruchowej wykorzystywane są podczas wstępnych szkoleń użytkowników maszyn górniczych, prowadzonych w wytwórni pod koniec procesu wytwarzania.

Instalacja maszyn pod ziemią jest wspomagana elektronicznymi instrukcjami zawierającymi symulacje bezpiecznego wykonywania operacji montażu i demontażu wraz z ostrzeżeniami o mogących wystąpić zagrożeniach.

Okresowo powtarzające się operacje likwidacji i zbrojenia wyrobisk ścianowych i związane z tym operacje transportu są planowane i realizowane przez odpowiednie służby w kopalniach. Na ich potrzeby opracowano system wspomagania transportu podziemnego w kopalniach. System ten ma strukturę modułową i za-

wiera, między innymi, moduł obliczeń trakcyjnych dla kolejek spągowych i podwieszanych oraz moduł list kontrolnych stosowanych bezpośrednio podczas czynności załadunku, wyładunku i przygotowania ładunków do transportu.

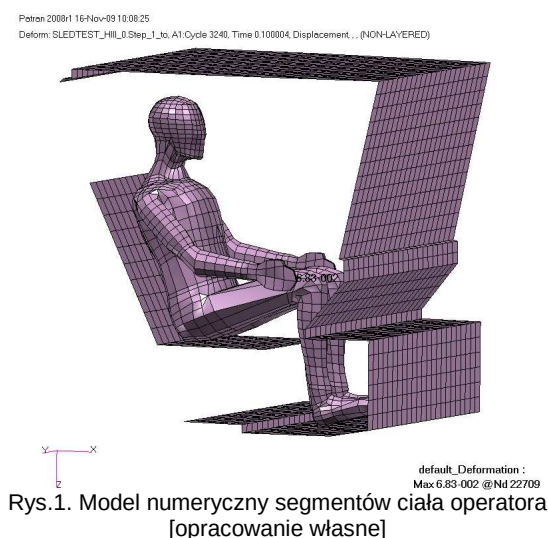
Podstawową formą kształtowania bezpiecznych warunków pracy są szkolenia. Opracowane zostały innowacyjne metody szkolenia wykorzystujące takie technologie komputerowo-informacyjne jak wirtualna i rozszerzona rzeczywistość. W przestrzeni wirtualnej tworzone są materiały szkoleniowe zawierające rekonstrukcje wypadków, gry komputerowe oraz symulatory maszyn. Materiały te są udostępniane na stacjonarnych i ruchomych stanowiskach szkoleniowych, między innymi za pomocą technologii rozszerzonej rzeczywistości (ang. *Augmented Reality*) [10].

Komputerowe modele cech konstrukcyjnych maszyn i urządzeń oraz cech antropometrycznych ludzi tworzą wirtualne środowisko pracy, w którym prowadzone są zaawansowane analizy czynników ryzyka zdrowotnego. Badane i oceniane są obciążenia w układzie mięśniowo-szkieletowym, warunki w jakich wykonywane są czynności manualne, czynniki wpływające na rozprzestrzenianie się zapylenia.

Prace badawcze na rzecz bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia w górnictwie były i są prowadzone w ramach wielu projektów finansowanych ze źródeł krajowych i z funduszy europejskich. W dalszym ciągu artykułu przedstawione zostaną wyniki wybranych projektów.

2. Wirtualne prototypowanie górniczych środków technicznych

Podczas projektowania lokomotyw czy ciągników kolejek górniczych, uwzględnia się wymagania stawiane przez akty prawne i wymagania normowe określające maksymalną drogę hamowania oraz maksymalne opóźnienie hamowania w sytuacjach awaryjnych. Stosowana jest numeryczna metoda wykorzystująca model cech antropometrycznych Dummy Hybrid III [1] (rys. 1). Model ten opisuje wzrost, wagę, rozmieszczenie środków ciężkości poszczególnych segmentów ciała, a także parametry sprężysto-tłumiące poszczególnych par kinematycznych wchodzących w skład modelu. Poprzez zdefiniowanie kątów w stawach można uzyskać dowolną pozycję początkową ciała operatora kolejki.



Rys.1. Model numeryczny segmentów ciała operatora
[opracowanie własne]

Dla założonej prędkości początkowej hamowania, czasu hamowania i kąta nachylenia trasy kolejki analizowany jest ruch segmentów ciała wewnątrz kabiny. Rozpatrywane są dwa przypadki:

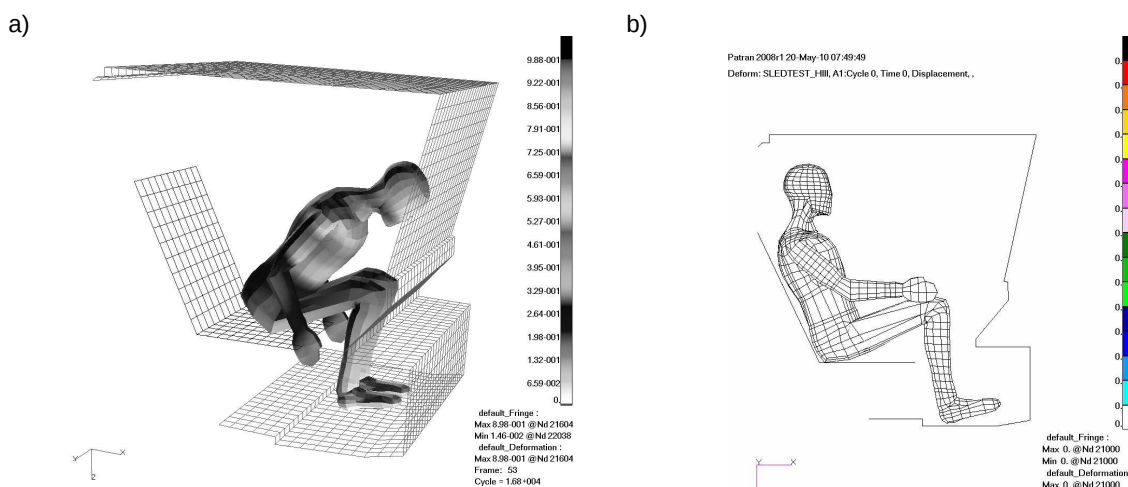
- kabina bez pasów bezpieczeństwa,
- kabina wyposażona w pasy bezpieczeństwa.

W pierwszym przypadku (rys. 2a) zachodzi możliwość uderzenia głową w elementy wyposażenia kabiny. Zastosowanie pasów bezpieczeństwa (rys. 2b) powoduje, że ruch ciała operatora jest ograniczony, a ponadto na głowę działają mniejsze siły dynamiczne, przez co zmniejsza się ryzyko urazu kręgów szyjnych kręgosłupa.

Analiza ruchu segmentów ciała operatora pozwala na modyfikację rozmieszczenia elementów wyposażenia kabiny.

Wirtualne prototypowanie pozwala na identyfikację zagrożeń już we wczesnych fazach procesu projektowo-konstrukcyjnego. Obejmuje ono także badania wpływu zjawisk towarzyszących eksploatacji węgla na bezpieczeństwo pracy i ochronę zdrowia. Do tego celu stosowana jest między innymi komputerowa mechanika płynów CFD (ang. *Computational Fluid Dynamics*) [5]. W przypadku modelowania zagrożeń na stanowiskach pracy, czy też projektowania i optymalizacji systemów wentylacji oraz rozwiązań zwalczających zapylenie, zastosowanie metod modelowania CFD umożliwia poznanie oraz ocenę wpływu zagrożeń na środowisko i człowieka. Symulacje komputerowe CFD mogą dostarczyć informacji na temat optymalnych parametrów sieci wentylacyjnej, stopnia rozrzedzenia gazów spalinyowych, czy też ocenić skuteczność urządzeń odpylających. Podstawową zaletą stosowania modelowania komputerowego jest możliwość przeanalizowania i oceny wielu różnych scenariuszy wpływu zagrożeń na człowieka dla danego stanowiska pracy i w efekcie optymalnego kształtowania bezpiecznych warunków pracy.

Szkodliwym zjawiskiem, pogarszającym warunki pracy jest zapylenie powstające w wyniku skrawania calizny węglowej. Pył węglowy powstający w czasie urabiania jest szkodliwy dla pracujących ludzi, stwarza zagrożenie wybuchem pyłu węglowego oraz, przez utrudnienie obserwacji ruchu organu urabiającego, zmniejsza wydajność urabiania.



Rys.2. Analiza ruchu segmentów ciała operatora kolejki spagowej [opracowanie własne]

Do zwalczania zapylenia stosuje się zraszanie za pomocą nisko- lub wysokociśnieniowych systemów rozpylania wody. Zraszanie polega na wytworzeniu w czasie urabiania w pobliżu miejsca powstawania pyłu mgły wodnej, która łączy się z pyłem i jako cięższa od powietrza osiada na urobku [12].

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG opracowano nowatorskie rozwiązanie powietrzno-wodnej instalacji zraszającej, w której oprócz wody o odpowiednim ciśnieniu wykorzystuje się sprężone powietrze wytwarzając mieszaninę powietrzno-wodną wyrzucaną przez dysze zraszające bezpośrednio w obszar urabiania kombajnu [4, 7].

Metoda CFD w modelowaniu rozprzestrzeniania się mgły powietrzno-wodnej jest stosowana w procesie projektowo-konstrukcyjnym, w doborze cech konstrukcyjnych dysz wodnych (rys. 3a) i ich rozmieszczenia na obwodzie organu urabiającego (rys. 3b). Skuteczność zwalczania zapylenia zależy od uzyskania odpowiedniej średnicy kropeł wody.

Na rysunku 3 przedstawiono wyniki symulacji CFD systemu zraszania kombajnu ścianowego. Uzyskane wyniki są podstawą do optymalnego rozmieszczenia dysz zraszających ze względu na skuteczność zwalczania zagrożenia pyłowego.

3. Upowszechnianie bezpiecznych metod pracy w procesie eksploatacji maszyn górniczych

Współczesne metody inżynierii wiedzy pozwalają na przeniesienie wiedzy o procesach serwisowania i napraw maszyn górniczych z nośnika papierowego do aplikacji komputerowych osadzonych w środowisku internetowym. Ta nowa forma instrukcji obsługi nosi nazwę Elektronicznej Instrukcji Obsługi (ang. *Interactive Electronic Technical Manual IETM*). Wiedza o przebiegu procesów i napraw zgromadzona jest w tzw. repozytoriach wiedzy w formie plików tekstowych, modeli geometrycznych (modeli 3D), rysunków technicznych, wykazów elementów, schematów, filmów wideo, zdjęć fotograficznych, symulacji i animacji komputerowych [3].

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii, w ramach prac międzynarodowego projektu IAMTECH finansowanego przez Europejski Fundusz Węgla i Stali, opracowano elektroniczną formę instrukcji obsługi maszyn górniczych [3]. Jest ona upowszechniana pod nazwą Systemu Interaktywnych Instrukcji Obsługi INSTO.

Czynnikiem porządkującym stosowanie tej formy dokumentacji jest struktura maszyny zapisana w formie interaktywnego modelu 3D. Pozwala ona na przedstawienie właściwej kolejności czynności podczas montażu/demontażu maszyn. Użytkownicy końcowi maszyn

górniczych, w tym kombajnów ścianowych, są rozproszeni w skali globalnej, stąd przed producentami maszyn stoją wyzwania związane z barierami geograficznymi, kulturowymi i językowymi. Wpływają one w znaczącej mierze na szybkość wdrażania maszyny w warunkach panujących u użytkownika, jak i na jej bezpieczną, wydajną i niezawodną eksploatację. Na rysunku 4a pokazana jest instrukcja obsługi kombajnu KSW-1500EU w chińskiej wersji językowej.

Oprócz symulacji właściwej kolejności wykonywania operacji demontażu zespołów maszyny (rys. 4b), znajdują się tam również wskazówki jak je bezpiecznie wykonywać. Na rysunku 4c widoczny jest fragment symulacji demontażu głowicy urabiającej kombajnu. Symulacja ta zawiera także informacje o wszystkich czynnościach przygotowawczo-zakończeniowych, które warunkują bezpieczne wykonanie tej operacji.

System Interaktywnych Instrukcji Obsługi INSTO jest ważnym elementem przewagi rynkowej, jaką zyskują oferowane przez polskich producentów rozwiązania górniczych kombajnów ścianowych [13].

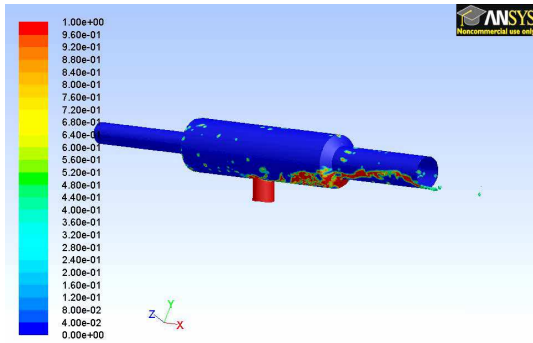
4. Kształtowanie bezpieczeństwa w podziemnych systemach transportu górniczego

Wyniki analiz wypadkowości w kopalniach węgla kamiennego wskazują, że transport podziemny należy do najbardziej niebezpiecznych procesów. Problematyce kształtowania bezpieczeństwa w transporcie górniczym był poświęcony projekt MINTOS [9].

Opracowane zostały, oparte na wiedzy, narzędzia wspomagające kształtowanie bezpieczeństwa w transporcie podziemnym. Zasoby wiedzy projektowej i eksploatacyjnej wykorzystywane w planowaniu i realizacji procesów transportowych zostały zorganizowane w formie repozytoriów umieszczonych na platformie internetowej i przenośnych repozytoriów udostępnianych za pomocą przenośnych komputerów i z użyciem technologii rozszerzonej rzeczywistości. Przyjęto model podziału zasobów wiedzy pomiędzy projektantów i uczestników procesów transportu, który graficznie został pokazany na rysunku 5 [15]. Model ten ujmuje również proporcje, w jakich zasoby wiedzy projektowej i eksploatacyjnej dzielone są pomiędzy dwie grupy użytkowników repozytorium. Na platformie internetowej udostępniana jest projektantom przede wszystkim wiedza projektowa i w pewnym zakresie także wiedza eksploatacyjna. Wiedza eksploatacyjna w formie podręcznych repozytoriów wiedzy udostępniana jest w głównej mierze dozorowi technicznemu i pracownikom bezpośrednio zatrudnionym w transporcie. Korzystają oni również z części zasobów wiedzy projektowej.

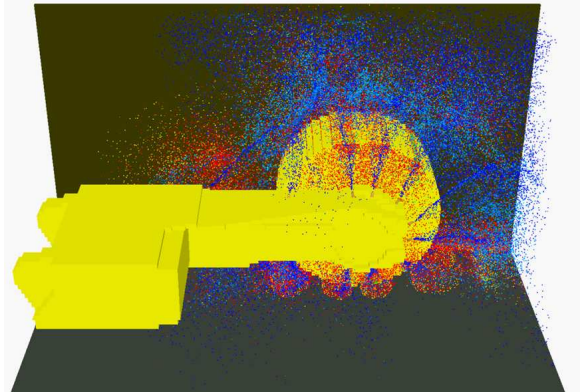
Jednym z zadań o charakterze projektowym jest badanie kolizyjności ładunków wielkogabarytowych oraz długich, transportowanych kolejkami podwieszonymi oraz spagowymi.

a)



Contours of Volume fraction (woda) (Time=5.3116e-01)
ANSYS FLUENT 12.1 (3d, pbns, vof, rke, transient)

b)

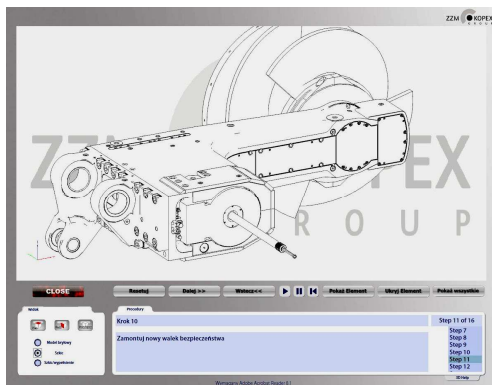


Rys.3. Badania symulacyjne CFD systemu zraszania kombajnu ścianowego [opracowanie własne]

a)



b)



c)



Rys.4. Instrukcja obsługi kombajnu [opracowanie własne]



PLATFORMA INTERNETOWA

Użytkownicy:
- projektanci w wytwórniach

PODRECZNE REPOZYTORIUM WIEDZY:

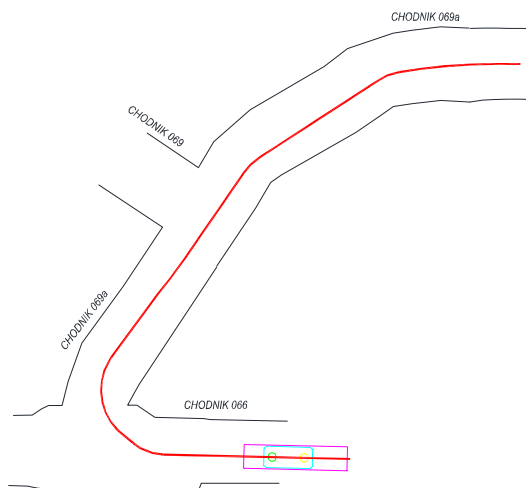
Użytkownicy:
- dozor
- pracownicy transportu
- uczestnicy szkoleń

Rys.5. Model podziału zasobów wiedzy podczas kształtowania bezpieczeństwa w transporcie podziemnym [opracowanie własne]

Analiza kolizyjności na drogach transportowych ma szczególne znaczenie w przypadkach, w których należy liczyć się ze zmniejszeniem się pola przekroju poprzecznego wyrobiska chodnikowego, np. wskutek działania otaczającego go górotworu.

Projekty systemu transportu, tworzone przez pracowników Działów Przygotowania Produkcji kopalń, w dużej mierze powstają z wykorzystaniem komputerowych systemów wspomagania projektowania (np. AutoCAD). W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG opracowano program komputerowy pracujący w środowisku programu AutoCAD, który umożliwia szybkie sprawdzenie wybranych odcinków tras kolejek spagowych oraz podwieszonych pod kątem wystąpienia kolizji. Jest to szczególne zadanie projektowe wymagające jednoczesnego dostępu do zasobów wiedzy projektowej i eksploatacyjnej przez różnych specjalistów z kopalni. Stosowany jest wtedy tryb partycypacyjny polegający na włączeniu do procesu projektowego bezpośrednich użytkowników systemu transportu [2].

Na rysunku 6 przedstawiono wybrany fragment dokumentacji rysunkowej systemu transportu, udostępniony przez pracowników Działu Przygotowania Produkcji jednej z kopalń w formie plików DWG programu AutoCAD [6]. Przedstawiony jest na nim sposób transportu sekcji kolejką spagową zębatą spalinową. Transportowanym ładunkiem jest sekcja obudowy zmechanizowanej. Transport obudowy odbywa się w całości na platformie transportowej.



Rys.6. Dane wejściowe do badania kolizyjności – transport kolejką spagową [opracowanie własne]

Korzystając z danych wejściowych, w tym samym pliku rysunku DWG, na odpowiednich warstwach przygotowano model symulacyjny, składający się z: wyrobiska chodnikowego, trasy kolejki spagowej, urządzenia transportowego, transportowanego ładunku. Dla tak przygotowanego modelu dokonano dwóch symulacji przejazdu platformy transportowej wraz z ładunkiem, po trasie kolejki spagowej (rys. 7): transport sekcji obudowy zmechanizowanej stropnicą do tyłu oraz stropnicą do przodu.

Program symulacyjny automatycznie dokonuje analizy przejazdu platformy transportowej wraz z ładunkiem po trasie kolejki, w zadanych krokach symulacji. Po każdym kroku zostawia „ślady” transportowanego ładunku. Po zakończeniu symulacji poszczególne „ślady” ładunku łączone są w jedną obwiednię, która pokazuje powierzchnię, jaką zajmuje w chodniku transportowany ładunek podczas przejazdu platformy transportowej.

Analiza wykonanych symulacji pozwala stwierdzić, że przy transporcie sekcji obudowy zmechanizowanej stropnicą do przodu (w kierunku jazdy) istnieje możliwość wystąpienia kolizji. Dodatkowo, w analizie kolizyjności opracowany program komputerowy umożliwia uwzględnienie zmniejszenia się przekroju poprzecznego wyrobiska chodnikowego. Przedstawiona metoda analizy kolizyjności na trasach kolejek spagowych oraz podwieszonych może również znaleźć zastosowanie dla ładunków transportowanych w transporcie szynowym za pomocą lokomotyw.

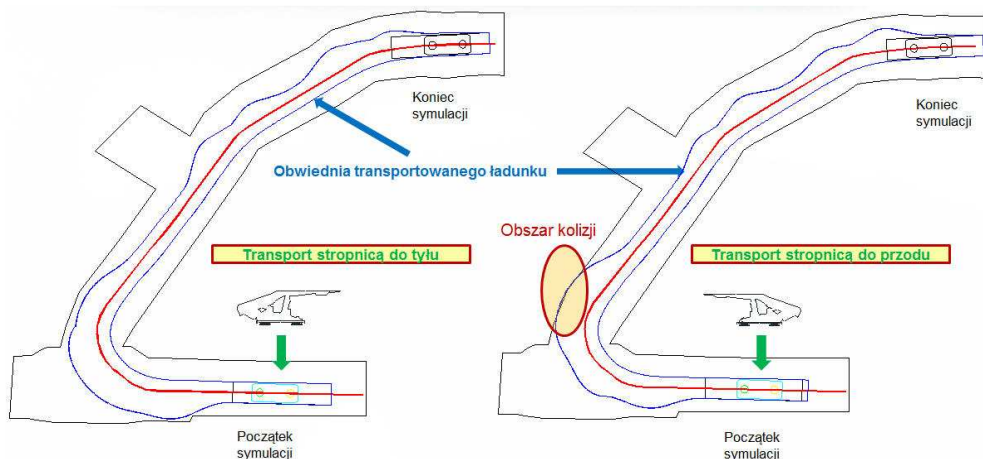
Bezpośrednią formą wspomagania pracowników transportu są listy kontrolne zawierające instrukcje poprawnego formowania ładunków, ustawienia na platformach lub zawieszenia na zawiesiach oraz ich zabezpieczenia. W logistyce kopalnianej coraz powszechniej stosowane są czujniki RFID (ang. *Radio Frequency Identification*) do oznaczania i identyfikacji zespołów sekcji obudów zmechanizowanych [8]. Zapisany w czujniku kod identyfikujący zespół jest dodatkowo przypisany do zasobów wiedzy opisujących ten zespół. Może to być na przykład wspomniany zestaw list kontrolnych. Zaproponowano zastosowanie do tego celu przenośnych komputerów zintegrowanych z czytnikami RFID, zawierających podręczne repozytoria wiedzy [9]. Na rysunku 8 pokazano moment odczytu kodu z czujnika umieszczonego na stropnicy sekcji obudowy zmechanizowanej.

Na podstawie odczytanego kodu, w repozytorium wyszukana zostaje odpowiednia lista kontrolna i wyświetlona na ekranie wraz z rysunkami, zdjęciami, modelami 3D oraz symulacjami. Przenośny komputer posiada certyfikat ATEX dopuszczający do pracy w podziemiach kopalń.

5. Metody szkoleniowe wspomagające kształtowanie bezpieczeństwa

Współczesne maszyny górnicze cechuje wysoki stopień dopasowania do specjalistycznych potrzeb indywidualnego użytkownika. Stąd też programy szkoleniowe adresowane do konkretnych użytkowników są mocno zróżnicowane. Utrudnia to pozyskiwanie maszyn tylko do celów dydaktycznych dla szkoleń prowadzonych w specjalnych ośrodkach szkoleniowych.

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG opracowano koncepcję ruchomego stanowiska szkoleniowego wykorzystującego technologię rozszerzonej rzeczywistości.

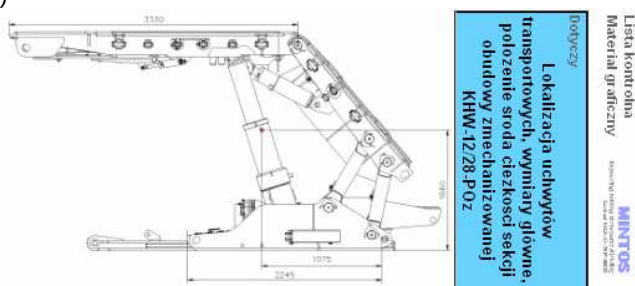


Rys.7. Przykładowe badania symulacyjne. Wyznaczenie obwiedni transportowanego ładunku. Krok symulacji = 0,1 m [opracowanie własne]

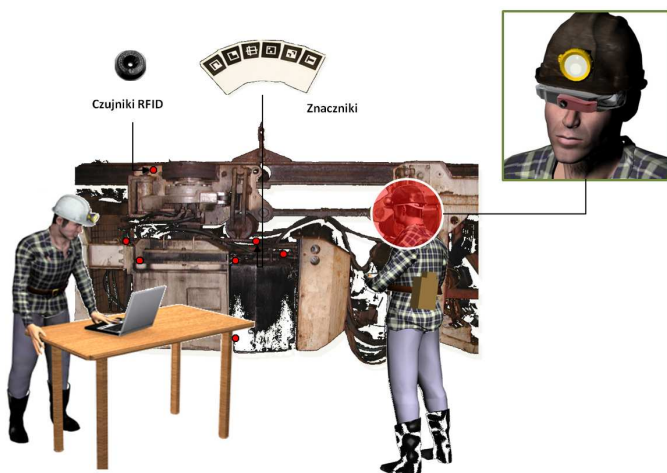
a)



b)



Rys.8. Odczyt kodu RFID z sekcji obudowy zmechanizowanej (a) i fragment skojarzonej z kodem listy kontrolnej (b) [opracowanie własne]

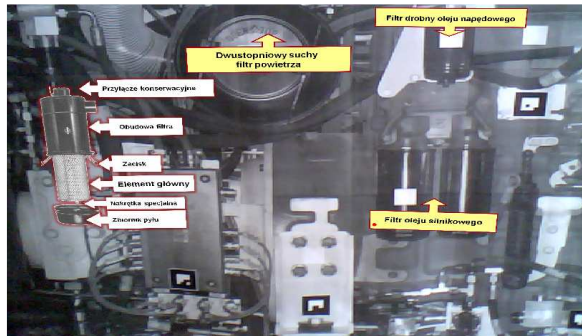


Rys.9. Koncepcja ruchomego stanowiska szkoleniowego [opracowanie własne]

a)



b)



Rys.10. Implementacja koncepcji ruchomego stanowiska szkoleniowego [opracowanie własne]

tości. Idea tego pomysłu przedstawiona została na rysunku 9. W wybranych miejscach maszyny umieszczone są znaczki graficzne, które rejestrowane są przez kamerę zintegrowaną z okularami, umieszczoną na głowie szkolonego operatora. Obraz z kamery jest rozpoznawany przez specjalne oprogramowanie zainstalowane na przenośnym komputerze i kojarzony z odpowiednią informacją o charakterze graficznym lub tekstowym. Obrazy lub teksty przesyłane są na soczewki okularów i ukazują się na tle rzeczywistego obiektu.

Fragment stanowiska szkoleniowego dla przedziału silnikowego ciągnika kolejki podwieszanej pokazano na rysunku 10a, [9, 10]. Przedmiotem szkolenia jest poznanie rozmieszczenia głównych zespołów i elementów oraz kolejności ich uruchamiania. Na obrazie widzianym przez okulary na tle rzeczywistej instalacji ukazują się przywieszki z odpowiednimi napisami (rys. 10b).

Ruchome stanowiska szkoleniowe znajdują zastosowanie w szkoleniach prowadzonych w wytwórniach podczas próbnego montażu maszyn. Mogą być również prowadzone po końcowej instalacji u użytkownika. Zaletą tego rodzaju szkoleń jest, że są one prowadzone na maszynie, na której w przyszłości będzie pracował szkolony. Szkolenia wspomagane są obrazami, symulacjami i tekstami wzmacniającymi odbiór obrazu rzeczywistego obiektu [15]. Jest to szczególnie ważne w szkoleniach użytkowników zagranicznych, gdzie bariera językowa utrudnia przekazywanie złożonych nieraz treści.

Formą szkoleń zwiększającą zaangażowanie uczestników szkoleń są gry należące do tzw. gier poważnych (ang. *serious games*) [11]. Taką nazwę przyjęto dla odróżnienia tych gier od gier rozrywkowych. Jest to forma interaktywna, gdzie użytkownik dokonuje wyboru np. właściwej metody wykonania zadania w oparciu o pozyskaną wcześniej wiedzę.

Na rysunku 11 widoczna jest plansza wejściowa gry z trzema możliwościami mocowania łańcuchów podczas przesuwania sekcji obudowy zmechanizowanej z jednej platformy na drugą. Tylko jeden sposób mocowania łańcuchów jest prawidłowy, pozostałe dwa powodują wywrócenie sekcji.



Rys.11. Interaktywna gra komputerowa wspomagająca przekazywanie bezpiecznych metod pracy [opracowanie własne]

6. Podsumowanie

Prace badawcze na rzecz bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia w górnictwie prowadzone są w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG we wszystkich fazach cyklu życia systemów górniczych. Są one adresowane do uczestników procesów zachodzących w cyklu życia:

- procesu projektowo-konstrukcyjnego,
- procesu wytwarzania,
- procesu eksploatacji,
- procesu szkolenia.

Wynikiem tych prac są metody i narzędzia wspomagające projektantów i konstruktorów, personel inżynierski dozoru oraz pracowników bezpośrednio zaangażowanych w realizację operacji roboczych. Zadania inżynierskie o charakterze projektowym realizowane są nie tylko w obrębie procesu projektowo-konstrukcyjnego zlokalizowanego w biurze konstrukcyjnym wytwórni, ale także podczas planowania robót górniczych w kopalniach. Znaczna część tych zadań wykonywana jest przy współpracy specjalistów z instytutów badawczych i ośrodków badawczo-rozwojowych. Mamy więc do czynienia ze środowiskiem rozproszonym terytorialnie i organizacyjnie oraz mocno zróżnicowanym pod względem reprezentowanych specjalności zawodowych.

Dużego znaczenia nabiera opracowanie metod pozyskiwania, gromadzenia i upowszechniania zasobów wiedzy wspomagających kształtowanie bezpiecznych warunków pracy. W wyniku badań prowadzonych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG tworzone są repozytoria wiedzy udostępniane na platformie internetowej oraz przy zastosowaniu technologii informacyjno-komunikacyjnych (ang. *Information and Communication Technologies, ICT*). Dzięki temu możliwy jest udział wielu specjalistów w działaniach zwiększających bezpieczeństwo pracy w górnictwie.

Literatura

1. Chuchnowski W., Tokarczyk J., Szewerda K., Turewicz A.: Obciążenia dynamiczne oddziaływujące na operatorów kolejek spagowych. Materiały konferencyjne KOMTECH 2010, s. 203-213.
2. Dudek M., Wądrzyk Z.: Badanie kolizyjności na trasach transportowych kolejek spagowych i podwieszonych. KOMTECH 2010, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2010, s. 193-202.
3. IAMTECH: Increasing the Efficiency of Roadway Drivages through the application of Advanced Information, Automation and Maintenance Technologies. RFCS Coal RTD Programme, Contract No. RFC-CR-04001.

-
4. INERG: Innowacyjne rozwiązania maszyn wydobywczych podnoszące bezpieczeństwo energetyczne kraju. Co. No. ZPB/5/64812/IT2/10.
 5. Introductory FLUENT Notes. FLUENT v 6.3 December 2006. Fluent User Services Center www.fluentusers.com
 6. KWK „Ziemowit”: Projekty systemów transportu. Dokumentacja rysunkowa w formie plików programu AutoCAD.
 7. KOMAG. Praca badawcza E/BDM-5548: Model obliczeniowy dyszy powietrzno-wodnej. Gliwice, 2007.
 8. Markowicz J., Pieczora E., Stankiewicz, K., Rogala-Rojek J., Piecha A., Fitowska K., Szczurowski M.: Zintegrowany system identyfikacji radiowej. Napędy i Sterowanie nr 7/8, lipiec-sierpień 2010.
 9. MINTOS: Improving Mining Transport Reliability. RFCR-CT-2007-00003.
 10. Michalak D., Winkler T., Jaszczyk Ł.: Zastosowanie technologii Augmented Reality oraz RFID w szkoleniach operatorów maszyn. Mechanik nr 7, 2010, s. 297-304.
 11. Michalak D., Lesisz R.: Zastosowanie interaktywnych aplikacji w szkoleniach pracowników górniczych zakładów podziemnych. XIV Szkoła Komputerowego Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji, Jurata 9-13 maja 2011.
 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-460 NE. Maszyny Górnicze 4(108), Gliwice 2006.
 13. Winkler T., Rozmus M., Michalak D., Jaszczyk Ł.: Knowledge-based maintenance of mining equipment. Glückauf Mining Reporter No. 3-2010. s. 22-26.
 14. Winkler T., Tokarczyk J.: Tworzenie wirtualnych prototypów maszyn górniczych. Prace Naukowe – Monografie CMG KOMAG nr 23, Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice 2007, s. 1-106.
 15. Winkler T., Dudek M., Chuchnowski W., Michalak D., Tokarczyk J., Rozmus M.: Narzędzia internetowe upowszechniające wiedzę o projektowaniu i eksploatacji maszyn i urządzeń górniczych. Wiadomości Górnicze nr 7-8, 2010, s. 440-444.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Jerzy Świder

Przenośny sygnalizator optyczno-akustyczny z własnym źródłem zasilania

Streszczenie

Stosowane obecnie w górnictwie podziemnym systemy ostrzegające przed potencjalnym zagrożeniem ze strony przemieszczających się maszyn lub ładunków w postaci lamp świecących światłem ciągłym są, z uwagi na obecność innych źródeł światła, nie wystarczające. Dowodem są występujące wypadki ciężkie i śmiertelne, które mają ciągle miejsce na drogach transportowych. W artykule przedstawiono rozwiązanie iskrobezpiecznego przenośnego sygnalizatora optyczno-akustycznego z własnym źródłem zasilania mogącego znacznie poprawić bezpieczeństwo pracy na drogach transportowych.

Summary

Systems warning against potential hazard caused by moving machines or loads, which are used at present in the mining industry in a form of lamps emitting continuous light, are insufficient due to the presence of other light sources. Heavy and fatal accidents, which still happen on transportation routes, are the prove. A solution of intrinsically safe movable optical-and-acoustic signalling device with own power source, which can significantly improve work safety on transportation routes, was presented in the paper.

1. Wstęp

Zgodnie z § 562 Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28.06.2002 r., jako zabezpieczenie podczas wykonywania transportu kolejkami spagowymi i podwieszanymi stosuje się lampy górnicze ze światłem białym z przodu i czerwonym z tyłu lub światłem czerwonym z tyłu i z przodu. W przypadku transportu ręcznego stosuje się lampy czerwone z przodu, a w przypadku robót na głównych drogach przewożowych, lampy czerwone ze wszystkich stron dojazdowych do miejsca wykonywania robót.

Efektywność stosowania lamp górniczych z zastosowaniem ciągłego światła czerwonego lub białego związana jest z niedostosowaniem lamp do ostrzegania świetlnego o zbliżającym się zestawie transportowym polegającym na m.in. niestabilizowanym kierunku światła. Zdarza się, że lampa świeci albo na oś, albo przeciwnie do kierunku jazdy kolejki, a tym samym nie jest widoczna i nie spełnia funkcji ostrzegania o zbliżającym się zestawie transportowym. Ponadto w sytuacji obecności innych źródeł światła, ciągłe światło tych lamp nie wyróżnia się w aspekcie ostrzegania przed sytuacją niebezpieczną.

Pracownicy, których obecność na trasie transportu jest związana z procesami technologicznymi, często są najeżdżani lub potrącani jadącym zestawem transportowym. Analiza występujących zdarzeń wykazuje, że pracownicy nie widzieli lub nie słyszeli, że zbliża się zestaw transportowy.

Do ostrzegania przed grożącymi niebezpieczeństwami w innych miejscach kopalni, a związanymi z bezpośrednią pracą maszyn i środków transportu lub innymi zagrożeniami związanymi z warunkami górni-

czo-geologicznymi, służą sygnalizatory lub tablice świetlne. Powszechnie stosowane w górnictwie sygnalizatory optyczne, akustyczne i optyczno-akustyczne z reguły są zabudowane na maszynach i urządzeniach lub wejściach do stref zagrożonych itp.

Wszystkie stosowane sygnalizatory wykonane są głównie jako iskrobezpieczne lub w wykonaniu przeciwwybuchowym. Stosowane dotychczas sygnalizatory są urządzeniami stacjonarnymi, zasilanymi przewodowo z zewnętrznych źródeł energii elektrycznej. Sygnalizatory w wykonaniu iskrobezpiecznym, są zasilane napięciem 42 V z zasilaczy iskrobezpiecznych. Na rynku brak było do tej pory przenośnych sygnalizatorów optyczno-akustycznych z własnym źródłem zasilania.

2. Opis sygnalizatora optyczno-akustycznego

Celem i istotą stosowania opracowanego sygnalizatora jest zapewnienie większego bezpieczeństwa pracy podczas transportu kolejkami spagowymi i podwieszanymi, a wiążącego się z możliwością przebywania na trasie osób realizujących procesy technologiczne oraz tych, którzy podejmują ryzyko wejścia na trasę prowadzenia transportu, łamiąc przy tym przepis BHP.

Przenośny sygnalizator optyczno-akustyczny z własnym źródłem zasilania typu SOA-01 może być eksploatowany w wyrobiskach zaliczanych do stopnia „a”, „b” i „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz klasy A lub B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego oraz w pomieszczeniach i przestrzeniach zewnętrznych, zaliczanych do strefy 2 zagrożenia wybuchem gazów i par cieczy z powietrzem zaliczanych do podgrupy wybuchowości IIB, klasy temperaturowej T4.

Sygnalizator spełnia zasadnicze wymagania bezpieczeństwa i ochrony zdrowia zrealizowane przez spełnienie norm zharmonizowanych z Dyrektywą Unii Europejskiej 94/9/WE, tj.:

- PN-EN 60079-0:2006,
- PN-EN 60079-11:2007,
- PN-EN 50303:2004,

i posiada certyfikat badania typu WE: KOMAG 09ATEX100. Zdjęcie sygnalizatora optyczno-akustycznego pokazano na rysunku 1.



Rys.1. Sygnalizator optyczno-akustyczny SOA-01
[źródło: materiały producenta]

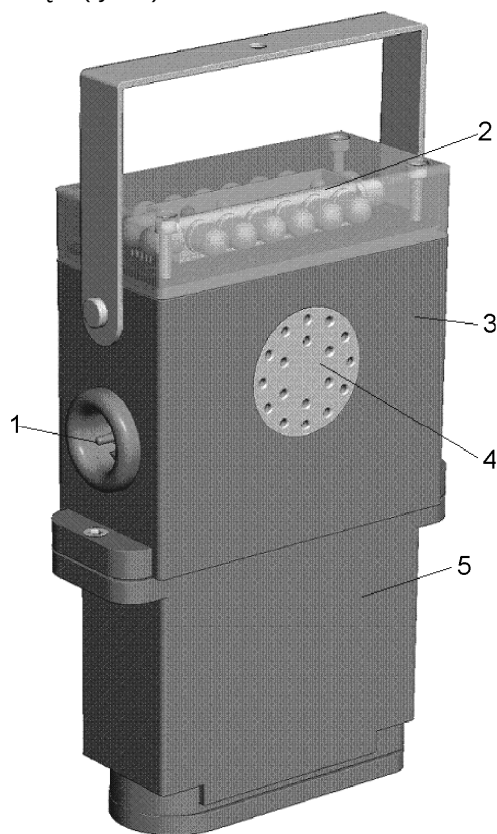
2.1. Podstawowe dane techniczne sygnalizatora SOA-01

- Warunki pracy:
 - temperatura otoczenia 25 do +40°C
 - wilgotność względna do 95%
w temperaturze +20°C
- Napięcie zasilania znamionowe: 3,6 V
z akumulatora wewnętrznego
- Typ akumulatora: NiMH 9,5Ah
- Ładowanie akumulatora: z ładowarki w lampowni
- Średni poziom głośności sygnalizatora akustycznego: >85dB
- Sygnalizacja świetlna diody LED
- Sygnalizacja dźwiękowa przetwornik piezoelektryczny

- Parametry sygnału dźwiękowego:
 - częstotliwość dźwięków około 2000 Hz
 - częstotliwość pulsowania około 0,5 Hz
- Parametry sygnału optycznego:
 - częstotliwość pulsowania około 0,5 Hz
- Sygnalizacja informacyjna w czasie eksploatacji:
 - dioda „żółta” pulsuje
akumulator osiąga poziom rozładowania
 - dioda „żółta” świeci ciągle
konieczność naładowania akumulatora
- Sygnalizacja informacyjna w trakcie ładowania:
 - dioda „czerwona” świeci ciągle
akumulator głęboko rozładowany
 - dioda „czerwona” i „zielona” pulsują
akumulator średnio naładowany
 - dioda „zielona” świeci ciągle
akumulator naładowany
- Stopień ochrony obudowy IP54
- Oznaczenie wyrobu IM1 Ex ia I
oraz II 1G Ex ia IIB T4

2.2. Budowa sygnalizatora optyczno-akustycznego

Sygnalizator typu SOA-01 posiada obudowę trzyczęściową wykonaną z antystatycznego poliwęglanu i składa się z (rys. 2):



Rys.2. Budowa sygnalizatora SOA-01 [źródło: materiały własne]

- 1 – przelącznik pracy, 2 – zespół sygnalizacji optycznej ZSO,
3 – zespół sterowania ZS, 4 – sygnalizator akustyczny SA,
5 – zespół akumulatora ZA

- zespołu akumulatora ZA, w którym znajduje się pakiet akumulatora z bezpiecznikiem odpowiednio zabezpieczony; w dolnej części zespołu znajdują się trzy styki do ładowania zewnętrznego, przystosowane do współpracy z istniejącymi ładowarkami w lampowni kopalni,
- zespołu sterowania ZS, w którym na płycie elektroniki znajduje się przetwornica DC/DC oraz elementy sterowania sygnalizacją optyczną i akustyczną,
- zespołu sygnalizacji optycznej ZSO, w którym znajdują się diody LED barwy czerwonej oraz diody do sygnalizacji stanu naładowania akumulatora.

Na ścianie czołowej obudowy umieszczono sygnalizator akustyczny SA, a na ścianie bocznej trójpołożeniowy przełącznik rodzaju pracy P.

3. Dotychczasowe doświadczenia wynikające ze stosowania sygnalizatora SOA-01

Sygnalizator SOA-1 produkowany jest przez Fabrykę Urządzeń Sygnalizacyjnych i Teletechnicznych „Sygnały” S.A. w Rybniku. Od IV kwartału 2009 r. wdrożono 329 egzemplarzy tego urządzenia głównie w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. Z informacji otrzymywanych od użytkowników, wynika, że w pełni spełnia on założone cele. Pojemność zastosowanych akumulatorów, zapewnia ciągłą pracę sygnalizatora przez dwie zmiany. Zastosowanie sygnalizatora w różnych warunkach kopalni, wymagać będzie uzupełnienia o uchwyt do mocowania, w postaci paska.

Prezentowany sygnalizator uzyskał II Nagrodę w organizowanym przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej Ogólnopolskim Konkursie Poprawy Warunków Pracy w 2009 r., a także został wyróżniony Srebrnym Medalem na Międzynarodowej Wystawie Wynalazczości i Innowacji w 2010 r.

4. Podsumowanie

Iskrobezpieczny sygnalizator SOA-01 jest pierwszym rozwiązaniem optyczno-akustycznego sygnalizatora na rynku, w którym zastosowano własne źródło zasilania. Konstrukcja sygnalizatora umożliwia ładowanie jego akumulatorów za pomocą ładowarek w lampowni.

W przenośny sygnalizator optyczno-akustyczny SOA-01 może być wyposażony każdy środek transportu kopalnianego szynowego. W czasie transportu, w przypadku wystąpienia niebezpiecznych sytuacji może on być wykorzystany do ostrzegania przed zaistniałym zagrożeniem poprzez równoczesne uruchomienie sygnalizacji optycznej lub optycznej i akustycznej. Zastosowanie sygnalizatora, zdecydowanie ogranicza prawdopodobieństwo zaistnienia wypadku lub urazu, poprzez skuteczne ostrzeganie o zaistniałym zagrożeniu.

Zaleca się stosowanie sygnalizatora optyczno-akustycznego SOA-01 również w miejscach występowania zagrożeń czasowych, gdzie budowa instalacji ostrzegawczych stacjonarnych jest niecelowa.

Literatura

1. Koncepcja przenośnego sygnalizatora optyczno-akustycznego z własnym źródłem zasilania. Gliwice, 31.01.2008 – materiały własne (nie publikowane).
2. Opracowanie wizualizacji ukazującej zasadę działania i zastosowanie sygnalizatora optyczno-akustycznego. Gliwice, 31.01.2008 – materiały własne (nie publikowane).
3. Badania laboratoryjne próbek materiałowych osłony sygnalizatora optyczno-akustycznego. Sprawozdanie z badań nr 166/BT/2008 – materiały własne (nie publikowane).
4. Kutkowski J.: Przenośny sygnalizator optyczno-akustyczny. (Artykuł promocyjny). Materiały na konferencję: XVIII Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2009, Kraków, 16-20 lutego 2009.
5. Kutkowski J., Wierzoń A.: Poprawa bezpieczeństwa pracy przez wyposażenie kolejek transportowych w sygnalizator optyczno-akustyczny. Materiały na konferencję: Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie, V Międzynarodowa Konferencja, Ustroń, 4-6 listopada 2009. (Dokument elektroniczny).

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.

Recenzent: dr inż. Edward Pieczora

Dr inż. Michał WARZECHA
ELSTA sp. z o.o.
Dr inż. Krzysztof STANKIEWICZ
Dr inż. Dariusz JASIULEK
Mgr inż. Joanna ROGALA-ROJEK
Mgr inż. Aleksander PIECHA
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

iRIS – system elektronicznej ewidencji środków trwałych w zakładach górniczych

Streszczenie

W artykule opisano moduły systemu elektronicznej ewidencji środków trwałych zakładów górniczych opracowane i wdrożone oraz aktualnie opracowywane przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG oraz ELSTA sp. z o.o. Prace związane z zastosowaniem w zakładach górniczych technologii RFID rozpoczęto w KOMAG-u w roku 2004. Pierwszym rozwiązaniem był system elektronicznej identyfikacji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej. W wyniku bieżących prac rozwojowych system elektronicznej identyfikacji elementów ścianowej obudowy zmechanizowanej stał się częścią zintegrowanego rozwiązania sprzętowo-programowego o nazwie iRIS.

Summary

Modules of the system for electronic fixed assets records in the mining plants, which were developed and implemented by the KOMAG Institute of Mining Technology and ELSTA, Ltd., as well as modules that are being developed at present, were described in the paper. Work associated with use of RFID technology in the mining plants was started at KOMAG in 2004. System for electronic identification of the components of longwall powered roof support was the first solution. In the result of present development work this system became a part of integrated hardware-and-software solution under the name iRIS.

1. Wstęp

Prace nad zastosowaniem technologii RFID w zakładach górniczych rozpoczęto w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w roku 2004. Początkowo był to prototypowy system elektronicznej identyfikacji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej. W toku prowadzonych prac badawczych uzyskano szereg cennych uwag oraz propozycji zmian funkcjonalności systemu ze strony przyszłych odbiorców. Efektem było pilotażowe wdrożenie systemu w roku 2008.

Obecnie system wdrożono w 16 kopalniach spółek węglowych w Polsce oraz w jednej firmie produkującej sekcje obudowy zmechanizowanej. W wyniku bieżących prac rozwojowych system elektronicznej identyfikacji elementów ścianowej obudowy zmechanizowanej stał się częścią zintegrowanego rozwiązania sprzętowo-programowego o nazwie iRIS.

2. iRIS – System elektronicznej ewidencji środków trwałych w zakładach górniczych

W KOMAG-u od szeregu lat roku prowadzone są prace nad systemami informatycznymi, które wspomagają zarządzanie majątkiem w zakładach górniczych. W 2011 roku opracowane dotychczas rozwiązania

zintegrowano w jeden system iRIS, który stanowi kompleksowe narzędzie do prowadzenia elektronicznej ewidencji środków trwałych. System składa się z pięciu platform służących do znakowania, identyfikacji i nadzoru następujących środków trwałych:

- PECM – maszyn, urządzeń i części stosowanych w wyrobiskach podziemnych,
- PEUBP – maszyn i urządzeń budowy przeciw-wybuchowej,
- PEŚT – środków transportu,
- PEMP – maszyn, urządzeń i podzespołów stosowanych na powierzchni,
- PEŚTB – wyposażenia biurowego.

Strukturę systemu iRIS przedstawiono na rysunku 1. System iRIS umożliwia współpracę (wymianę danych) z innym oprogramowaniem będącym na wyposażeniu kopalń (np. GŚP firmy COIG). System posiada budowę modułową a użytkownik dostosowuje strukturę systemu do własnych potrzeb, co zapewnia lepsze wykorzystanie potencjału oprogramowania.

2.1. PECM – Platforma ewidencji części maszyn

Platforma ewidencji części maszyn powstawała jako integralna część Systemu Elektronicznej Ewidencji Elementów Sekcji Ścianowej Obudowy Zmechanizowanej. Obecnie stanowi niezależne oprogramowanie

bazodanowe, które w zależności od modułów może być wykorzystywane do prowadzenia gospodarki maszynami pracującymi w podziemiach zakładów górniczych. W chwili obecnej w skład platformy wchodzi dwa moduły: Gather II i Przekładnia.

Oprogramowanie PECM w łatwy i przejrzysty sposób pozwala na ewidencjonowanie elementów oraz na przetwarzanie niezbędnych danych w celu oceny stopnia zużycia, co jest niezwykle istotne w aspekcie bezpieczeństwa pracy załóg górniczych.

2.1.1. Moduł Gather II

Moduł Gather II (rys. 2) stanowi nieodłączną część systemu identyfikacji elementów sekcji obudowy zmechanizowanej, pełniącą w systemie rolę oprogramowania zarządzającego, służącego do rejestracji i przetwarzania danych identyfikacyjnych oraz ewidencji elementów sekcji. Umożliwia ono przygotowanie mikrokomputera produkowanego przez firmę ELSTA sp. z o.o. do odpowiedniego trybu pracy i tym samym w znacznym stopniu ułatwia prowadzenie zadania logistycznego (dodawanie nowych elementów, grupowanie elementów w sekcje oraz zmiana lokalizacji) związane z ewidencją elementów w systemie.

Oprogramowanie bazodanowe PECM z modułem Gather II umożliwia elektroniczne tworzenie raportów zawierających dane dotyczące użytkowania elementów sekcji obudowy zmechanizowanej i wspomaga podejmowanie decyzji w procesie oceny stanu technicznego sekcji. Obecnie system pracuje w szesnastu kopalniach węgla kamiennego w Polsce, nadzorując około 20000 elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej.

Pod względem funkcjonalnym oprogramowanie stwarza możliwość:

- rejestracji i identyfikacji firm oraz osób bezpośrednio związanych z użytkowaniem programu, jak również urządzeń identyfikujących elementy dołowych maszyn górniczych,
- przeglądu i wprowadzania danych o miejscach eksploatacji maszyn dołowych,
- prowadzenia gospodarki materiałowo-eksploatacyjnej dołowymi maszynami górniczymi i ich elementami,
- przeglądu parametrów technicznych dołowych maszyn górniczych,
- przeglądu historii elementów,
- przygotowania wykazu elementów danego typu maszyny zmagazynowanych w podziemnych wyrobiskach,
- zestawienia elementów użytkowanych w ścianach,
- wykonywania operacji importu i eksportu danych pomiędzy oprogramowaniem a dołowym czytnikiem RFID.

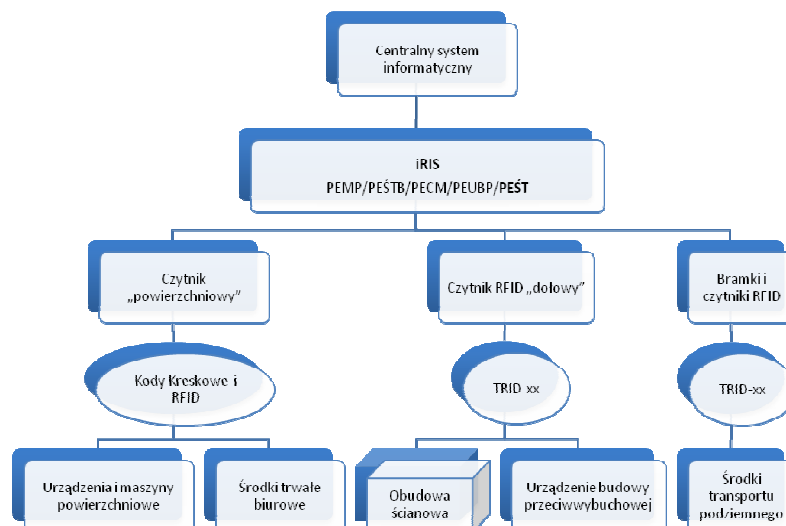
Nowelizacja Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 25 czerwca 2010 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy zmieniła sposób zarządzania elementami sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej. Zwiększona została ilość niezbędnych informacji, jakie należy gromadzić dla każdego z eksploatowanych i posiadanych na stanie kopalni elementów sekcji ścianowej. Zastosowanie PECM, wraz z modułem Gather II, zapewnia trwałe i jednoznaczne oznakowanie elementów sekcji. Ponadto, w celu zapewnienia wstecznej kompatybilności z elementami obudów oznakowanych starymi metodami umożliwia ręczne wprowadzenie danych o nie oznakowanych elementach. W bazie danych modułu mogą być przechowywane informacje o sekcjach i ścianach wydobywczych złożonych z elementów różnego typu i oznakowanych różnymi metodami. Wszystkie zgromadzone dane mogą być publikowane w formie raportów i wyników analiz, wymaganych zgodnie z nowelizacją rozporządzenia. Formę i zawartość raportów skonsultowano z pracownikami kopalń odpowiedzialnymi za prowadzenie gospodarki elementami sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej.

System Elektronicznej Ewidencji Elementów Sekcji Ścianowej Obudowy Zmechanizowanej opracowano w ramach projektu celowego realizowanego przez konsorcjum w składzie: Politechnika Śląska, Elsta sp. z o.o. oraz KOMAG. W procesie alokacji sekcje podlegają demontażowi i powtórnemu montażowi. W wyniku tego następuje zamiana elementów w poszczególnych sekcjach. Taki stan rzeczy stwarza potrzebę identyfikacji wszystkich głównych elementów sekcji obudowy zmechanizowanej.

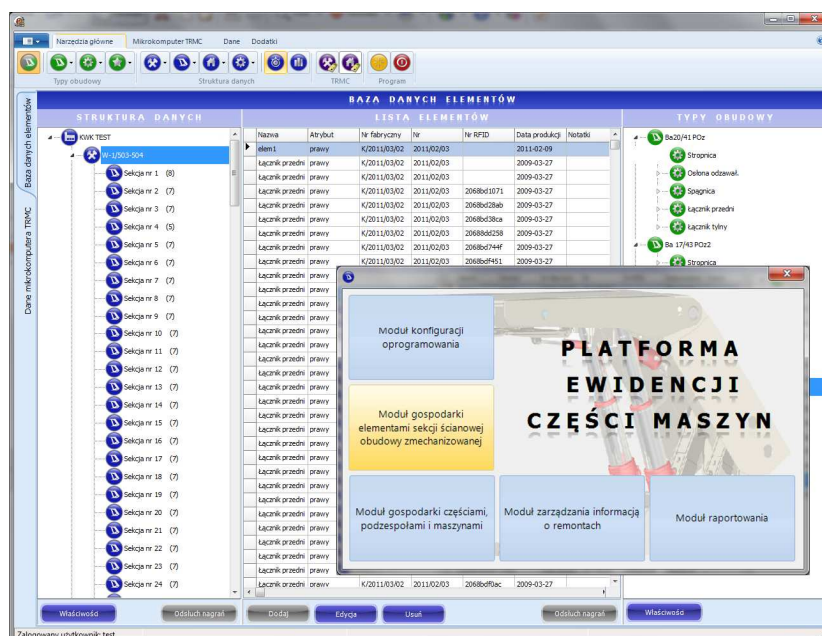
W znacznej liczbie przedsięwzięć logistycznych sprawdziła się technologia RFID (Radio Frequency Identification). Ten nowoczesny sposób znakowania elementów wykorzystano w elektronicznym systemie identyfikacji elementów sekcji obudowy zmechanizowanej. Wprowadzenie logicznych relacji pomiędzy numerem identyfikacyjnym transpondera, a szeregiem atrybutów elementu sekcji pozwoli to na usprawnienie procesów logistycznych związanych np. prowadzeniem remontu lub wymianą istotnych elementów, co z kolei umożliwia prowadzenie racjonalnej gospodarki środkami trwałymi [1, 2, 3, 4, 5]. Opracowany system identyfikacji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej może obsługiwać zarówno pojedynczą kopalnię, jak i grupę kopalń.

Podstawowe zalety systemu to:

- zapewnienie jednoznacznej identyfikacji poszczególnych elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej,
- uzyskanie wiarygodnej informacji na temat dotychczasowego przebiegu użytkowania sekcji oraz jej poszczególnych elementów,
- prowadzenie racjonalnej gospodarki elementami sekcji obudowy zmechanizowanej,



Rys.1. Struktura systemu iRIS [źródło: własne ELSTA]



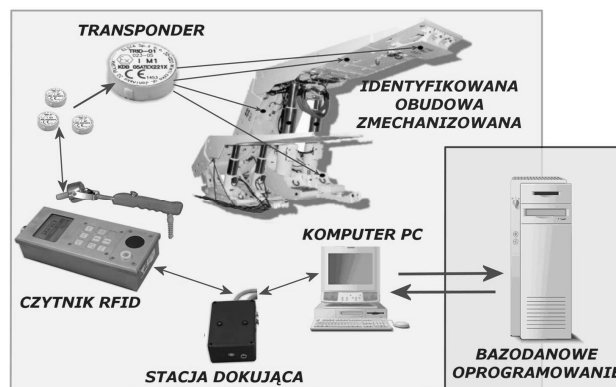
Rys.2. Platforma ewidencji części maszyn z modulem Gather II [źródło: własne KOMAG]

- wykorzystanie nowoczesnych, komputerowych baz danych do gromadzenia i przetwarzania danych dotyczących użytkowania elementów sekcji obudowy zmechanizowanej, jak również uzyskiwanie do nich szybkiego dostępu,
- trwałość oznakowania,
- niezawodność odczytu kodu identyfikacyjnego w trudnych warunkach środowiskowych.

Elektroniczny system identyfikacji elementów sekcji tworzą (rys. 3):

- pasywne transpondery trwale umieszczone w podstawowych elementach sekcji obudowy zmechanizowanej,
- czytnik RFID, złożony z mikrokomputera oraz lancy odczytującej,
- stacja dokująca, służąca do komunikacji czytnika RFID z komputerem PC,

- bazodanowe, autorskie oprogramowanie komputerowe PECM wraz z modulem Gather II, pozwalające na zarządzanie bazą danych o sekcjach i ich elementach.



Rys.3. Przepływ danych w Systemie [2]

2.1.2. Moduł Przekładnia

W odpowiedzi na zainteresowanie klientów znakiem maszyn i urządzeń pracujących w podziemiach zakładów górniczych w ramach PECM opracowano moduł Przekładnia. Obecnie KOMAG przy współpracy z firmą ELSTA sp. z o.o. opracowuje nowe metody montażu transponderów RFID, tak aby operacja znakowania mogła zostać prowadzona w warunkach atmosfery zagrożonej wybuchem. Moduł Przekładnia zapewnia podobną funkcjonalność jak moduł Gather II, tym razem w zakresie gospodarki przekładniami.

2.2. PEUBP – Platforma ewidencji urządzeń budowy przeciwwybuchowej

Platforma ewidencji urządzeń budowy przeciwwybuchowej spełnia wymagania załącznika 5 Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemiach zakładów górniczych.

Oprogramowanie zapewnia możliwość rejestracji i identyfikacji osób uprawnionych do korzystania z systemu oraz urządzeń budowy przeciwwybuchowej (ognioszczelne rozdzielnice średniego napięcia, pojazdowe stacje transformatorowe, wieloodpływowe stacje kompaktowe, wyłączniki stycznikowe, zespoły transformatorowe, silniki, skrzynie aparatury elektrycznej).

2.3. PEMP – Platforma ewidencji maszyn i urządzeń powierzchniowych

Osobną platformą w ramach systemu iRIS jest Platforma ewidencji maszyn i urządzeń powierzchniowych. Platforma ta została wyróżniona ze względu na współpracę z innego rodzaju czytnikiem RFID (czytnik powierzchniowy). Platforma umożliwia:

- rejestrację i identyfikację firm oraz osób bezpośrednio związanych z użytkowaniem programu, jak również urządzeń identyfikujących elementy powierzchniowych maszyn górniczych,
- identyfikację maszyn i urządzeń pracujących na powierzchni zakładów górniczych,
- przegląd i wprowadzanie danych o miejscach eksploatacji maszyn,
- prowadzenie gospodarki materiałowo-eksploatacyjnej maszynami górnymi i ich elementami,
- przegląd parametrów technicznych powierzchniowych maszyn górniczych,
- przegląd historii elementów,
- sporządzenie wykazu elementów danego typu maszyny, zmagazynowanych na powierzchni kopalni.

2.4. PEŚTB – Platforma ewidencji środków trwałych wyposażenia biurowego

Majątek powierzchniowy, w zakresie wyposażenia biurowego, stanowi sporą wartość w skali kopalni czy spółki wydobywczej. Platforma ewidencji środków trwałych wyposażenia biurowego jest narzędziem, które

umożliwi sprawne gospodarowanie posiadanym majątkiem. W zakresie funkcjonalnym PEŚTB zapewnia:

- rejestrację i identyfikację osób uprawnionych do korzystania z systemu,
- rejestrację środków trwałych fabrycznie nowych oraz dostarczanych po remoncie lub modernizacji (biurka, terminale komputerowe, urządzenia drukujące, telefony stacjonarne, elementy klimatyzacji, telewizory oraz pozostałe urządzenia o istotnej wartości, np. kuchenki mikrofalowe),
- rejestrację miejsc lokalizacji środków trwałych (w strukturze drzewiastej budynku/przedsiębiorstwa),
- weryfikację stanu zarejestrowanego w systemie ze stanem rzeczywistym.
- projektowanie drukowanie i kodowanie kodów paskowych i etykiet RFID,
- współpracę z urządzeniem odczytującym dane znaczników (przygotowanie danych dla terminala, pobranie danych z terminala);

3. Znaczniki i urządzenia odczytujące

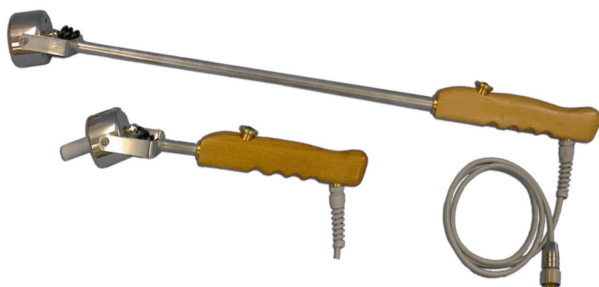
Z oprogramowaniem wchodzącym w skład systemu iRIS współpracują urządzenia produkowane przez firmę ELSTA sp. z o.o. W skład czytnika przeznaczonego do pracy w podziemiach kopalń wchodzi dwa urządzenia: mikrokomputer typu TRMC-01 i lanka odczytująca typu TRH-01/*.

Mikrokomputer TRMC-01 (rys. 4) to urządzenie przenośne, zasilane bateryjnie. Posiada podświetlany wyświetlacz ciekłokrystaliczny, 9 klawiszy funkcyjnych, mikrofon, głośnik oraz uniwersalne złącze do podłączania urządzeń peryferyjnych. Czytnik umożliwia wykonywanie różnych zadań logistycznych związanych z prowadzeniem ewidencji elementów, takich jak: dodawanie nowych elementów, zmiana atrybutów tych elementów, grupowanie elementów oraz zmiany w grupowaniu, sprawdzanie poprawności opisu elementów, przypisywanie elementom komentarzy głosowych itp.



Rys.4. Mikrokomputer typu TRMC-01 [2]

Istnieją dwie wersje lanki odczytującej (rys. 5), przeznaczone do różnego typu zabudowy transponderów.



Rys.5. Lanca odczytująca (dwie wersje wykonania) [2]

Lanca odczytująca zakończona jest głowicą z odpowiednim układem antenowym, dostosowanym do odczytu identyfikatorów z transponderów zamocowanych na powierzchniach płaskich elementów (lanca TRH-01/U) oraz z transponderów zabudowanych wewnątrz sworzni (lanca TRH-01/G).

Rozwiązanie przeznaczone do pracy w podziemiach zakładów górniczych może być stosowane wszędzie tam, gdzie na skutek warunków środowiskowych i mechanicznych niemożliwe są inne sposoby znakowania, umieszczające informację bezpośrednio na powierzchni urządzenia. W tym systemie od dawna stosowana jest technologia kodów kreskowych. W prezentowanym systemie iRIS, w zakresie znakowania obiektów powierzchniowych, w szczególności w biurach przewiduje się zastosowanie palmtopów z czytnikami kodów kreskowych. Etykieta z kodem kreskowym może zostać zintegrowana z układem scalonym RFID i w ten sposób umożliwia identyfikację w dwóch niezależnych technologiach. W takim przypadku przenośne urządzenie odczytujące wyposażone będzie również czytniki kodów.

Firma Elsta sp. z o.o. oferuje iskrobezpieczny palmtop z 32 bitowym graficznym systemem operacyjnym oraz aplikację realizującą funkcjonalność TRMC-01. Palmtop, z przejrzystym graficznym interfejsem, pracujący w zestawie z bezprzewodową lanca odczytującą TRH-02, jeszcze bardziej ułatwi pracę operatora poprzez eliminację przewodu łączącego te dwa elementy. Jednocześnie będzie on stanowił dopełnienie oferty palmtopów, pozwalających na prowadzenie ewidencji majątku zakładów górniczych we wszystkich obszarach działalności, z wykorzystaniem wybranej lub wybranych technologii znakowania.

4. Podsumowanie

W artykule zaprezentowano system iRIS, zawierający platformy umożliwiające prowadzenie komplekso-

wej gospodarki środkami trwałymi, maszynami i urządzeniami w obrębie kopalń i spółek węglowych. Dzięki zastosowaniu rozwiązań sieciowych kopalnie spółki wydobywczej mogą być połączone z nadrzędnym systemem (np. GSP firmy COIG), co daje możliwość pełnego wykorzystania potencjału narzędzi informatycznych. Największą zaletą oferowanego systemu jest współpraca z urządzeniami do odczytywania znaczników RFID firmy ELSTA sp. z o.o.

Przyjęte rozwiązania sprzętowe wraz z oprogramowaniem ułatwiają pracę i umożliwiają pozyskanie źródła wiarygodnej informacji o stanie technicznym poszczególnych elementów, maszyn i urządzeń. Przy projektowaniu systemu uwzględniono problematykę iskrobezpieczeństwa, zdalnego odczytu oraz ergonomii.

System iRIS jest obecnie rozwijany zarówno w zakresie oprogramowania, jak i sprzętu.

Literatura

1. Rogala-Rojek J., Piecha A.: System elektronicznej ewidencji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej w kontekście Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 25 czerwca 2010 r. KOMTECH 2010.
2. Jaszcuk M., Piecha A., Pieczora E., Rogala-Rojek J., Fitowski K., Szczurkowski M.: Wykorzystanie technologii RFID oraz nowoczesnych systemów bazodanowych do zarządzania bezpieczeństwem użytkowania sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej". EMTECH 2009.
3. Jaszcuk M., Jenczymk D., Pieczora E., Rogala-Rojek J.: Use of RFID technology to increase operational safety of powered roof supports. AACHEN 2009.
4. Szczurowski M., Joanna Rogala-Rojek J., Piecha A., Łoboda Z., Midura S.: Doświadczenia eksploatacyjne z wdrożenia systemu elektronicznej identyfikacji elementów sekcji zmechanizowanych obudów ścianowych w KWK „Zofiówka”. KOMTECH 2009.
5. Rogala-Rojek J., Piecha A., Szczurowski M., Kozubek A., Siedlaczek A.: Doświadczenia eksploatacyjne z wdrożenia systemu elektronicznej identyfikacji elementów sekcji zmechanizowanych obudów ścianowych w KWK Marcel. SEP 2010.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Jerzy Świder

Certyfikacja wyrobów dla górnictwa

Streszczenie

W artykule przedstawiono rodzaje i zasady certyfikacji wyrobów oraz jej znaczenie dla zapewnienia wymaganego poziomu bezpieczeństwa, odpowiadającego aktualnemu poziomowi techniki. Na przykładzie działalności Instytutu Techniki Górniczej KOMAG, Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej omówiono certyfikację wyrobów przeznaczonych do stosowania w zakładach górniczych, w tym w strefach zagrożonych wybuchem metanu i pyłu węglowego, w ramach krajowego systemu oceny zgodności zarządzanego przez Polskie Centrum Akredytacji. Przedstawiono również certyfikację w obszarze regulowanym przez dyrektywę nowego i globalnego podejścia w ramach notyfikacji Komisji Europejskiej.

Summary

Types and principles of certification of products as well as the significance of certification in ensuring of required safety level, which corresponds to the present level of technology, were presented in the paper. Certification of products designed for use in the mining plants, including areas threatened by methane and coal dust explosion hazard, within Polish system of assessment of conformity managed by the Polish Centre for Accreditation, was discussed on the example of activity of the Division of Attestation Tests, Certifying Body at the KOMAG Institute of Mining Technology. Certification in the area regulated by the directives of new and global approach within notification of the European Commission was also presented.

1. Wprowadzenie

Maszyny i urządzenia górnicze, zanim zostaną oddane do użytkowania w zakładzie górniczym, muszą być poddane wielostopniowej ocenie, przeprowadzanej przede wszystkim przez producenta, a następnie, w zależności od przeznaczenia i rodzaju wyrobu, przez jednostkę notyfikowaną (o ile dana dyrektywa przewiduje udział jednostki notyfikowanej w potwierdzaniu zgodności wyrobu z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy) i/lub jednostkę upoważnioną do oceny wyrobów z wymaganiami przepisów górniczych (jeżeli wyrób jest wyłączony z zakresu stosowania dyrektyw i podlega przepisom górniczym).

Wyroby poddane procedurom oceny zgodności, określonym w stosownych dyrektywach Unii Europejskiej i oznakowane znakiem CE oraz, jeżeli są przeznaczone do stosowania w strefach zagrożonych wybuchem, specjalnym oznaczeniem zabezpieczenia przeciwwybuchowego, mogą być bez przeszkód wprowadzane do obrotu handlowego na rynku krajowym, jak i rynkach innych państw Unii Europejskiej. Jest to wynik wspólnej polityki państw Unii Europejskiej odnoszącej się do badań i certyfikacji, określanej jako globalne podejście. Zgodnie z intencją ich twórców, polityka ta ma zapewniać warunki dla spójnej, przejrzystej, kompetentnej i posługującej się tymi samymi kryteriami oceny zgodności wyrobów z wymaganiami zasadniczymi, których spełnienie jest obowiązkowe.

W niniejszym artykule, na przykładzie działalności ITG KOMAG, Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej, omówiono rodzaje i zasady oceny zgodności wyrobów, w tym certyfikacji badania typu WE, w ob-

szarze objętym regulacjami dyrektywy 2006/42/WE (dyrektywa maszynowa) [1] oraz 94/9/WE (dyrektywa ATEX) [2] i w obszarze dobrowolnej certyfikacji objętym akredytacją Polskiego Centrum Akredytacji.

2. Ocena zgodności z wymaganiami dyrektyw

Wyroby spełniające zasadnicze wymagania dyrektyw nowego i globalnego podejścia mogą być bez przeszkód dopuszczone do obrotu handlowego na rynku wewnętrznym Unii Europejskiej, jak również oddawane do użytkowania. Potwierdzeniem zgodności wyrobów z odnoszącymi się do niego wymaganiami dyrektyw jest znak CE (fr. Conformité Européenne).

Wspólnotowy system oceny zgodności, oparty na zasadzie odpowiedzialności producenta za wyrób sprawia, że producenci i ich przedstawiciele ponoszą cywilną odpowiedzialność za umieszczenie wadliwego produktu na rynku. Postępująca harmonizacja techniczna oraz wzajemne uznawanie narodowych przepisów na poziomie wspólnotowym spowodowały, że znaczenie narodowych przepisów technicznych, jako bariery dla handlu wewnątrz wspólnotowego, jest obecnie niewielkie.

Potwierdzanie zgodności wyrobów z wymaganiami dyrektyw UE odbywa się według odpowiednich procedur oceny zgodności, zawierających tzw. moduły (koncepcja modułowa), dotyczące zarówno fazy projektowania, jak i fazy produkcji. Moduły zawierają działania, które powinny być podejmowane w celu zapewnienia zgodności wyrobu z zasadniczymi wymaganiami np. badanie typu WE w połączeniu z zapewnieniem zgodności produkcji.

W zależności od dyrektywy i rodzaju wyrobu, producent ma możliwość wyboru odpowiedniego dla siebie modułu lub kombinacji modułów. Podmiotem oceniającym zgodność jest producent lub jednostka notyfikowana. Każda z wybranych procedur powinna zapewnić pełną zgodność wyrobu z zasadniczymi wymaganiami dyrektyw.

Zasadnicze wymagania bezpieczeństwa dotyczące danego wyrobu mogą być zawarte w różnych dyrektywach dotyczących różnych aspektów, które również przewidują umieszczenie na wyrobie znaku CE. W takich przypadkach znak CE powinien wskazywać zgodność wyrobu z wymaganiami wszystkich dyrektyw. Przykładem może być konieczność zastosowania zarówno dyrektywy 2006/42/WE oraz dyrektywy 94/9/WE podczas projektowania i wprowadzania do obrotu handlowego maszyny przeznaczonej do stosowania w przestrzeni zagrożonej wybuchem.

W odniesieniu do wyrobów przeznaczonych do stosowania w zakładach górniczych, najczęstsze zastosowanie mają dyrektywy:

- 2006/42/WE – dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniająca dyrektywę 95/16/WE (MD),
- 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),
- 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),
- 2004/108/WE – dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 grudnia 2004 r. w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych państw członkowskich dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej i uchylenia dyrektywy 89/336/EWG (EMC).

Instytut Techniki Górniczej KOMAG, na podstawie notyfikacji Komisji Europejskiej, wypełnia zadania dotyczące oceny zgodności wyrobów przeznaczonych do stosowania w zakładach górniczych, określone w dyrektywach 2006/42/WE, 94/9/WE oraz 2006/95/WE.

W kolejnych częściach artykułu omówiono ocenę zgodności maszyn górniczych oraz urządzeń elektrycznych i silników spalinowych, w tym przeznaczonych do stosowania w strefach zagrożonych wybuchem, obejmującą fazę projektowania i wytwarzania.

3. Ocena zgodności w zakresie dyrektywy 2006/42/WE

W celu poświadczenia zgodności maszyny z wymaganiami dyrektywy maszynowej producent powinien

zastosować właściwe procedury oceny obejmujące fazę projektowania oraz wytwarzania. Rodzaj możliwych do wykorzystania procedur zależy od tego, czy podczas projektowania i wytwarzania danej maszyny uwzględniono wszystkie wymagania norm zharmonizowanych jej dotyczących, oraz czy można ją zaliczyć do jednej z kategorii maszyn wymienionych w dyrektywie (Załącznik IV dyrektywy 2006/42/WE [1]).

W odniesieniu do wyrobów, których stosowanie wiąże się z największym ryzykiem utraty zdrowia lub życia, mają zastosowanie procedury oceny zgodności z udziałem jednostki notyfikowanej. Są to procedury: badanie typu WE oraz pełne zapewnienie jakości.

Badanie typu WE dotyczy fazy projektowania i polega na badaniu wzorca konstrukcyjnego, podczas którego jednostka notyfikowana upewnia się i poprzez wydanie stosownego certyfikatu poświadcza, że badany egzemplarz (reprezentatywna próbka przewidzianego do produkcji wyrobu) spełnia wymagania zasadnicze, zwykle poprzez spełnienie wymagań norm zharmonizowanych.

Pełne zapewnienie jakości dotyczy fazy wytwarzania i jest procedurą, zgodnie z którą jednostka notyfikowana ocenia, zatwierdza i monitoruje system jakości producenta maszyny.

Producent maszyny wymienionej w Załączniku IV dyrektywy [1], wyprodukowanej zgodnie z normami zharmonizowanymi obejmującymi wszystkie zasadnicze wymagania w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, może zastosować jedną z następujących procedur (rys. 1):

- ocena zgodności połączona z kontrolą wewnętrzną,
- badanie typu WE wraz z kontrolą wewnętrzną,
- pełne zapewnienie jakości.



Rys.1. Procedury oceny zgodności maszyn wymienionych w Załączniku IV dyrektywy 2006/42/WE [1]

W przypadku, gdy maszynę można zaliczyć do jednej z kategorii wymienionych w Załączniku IV dyrektywy [1] i nie została ona wyprodukowana zgodnie z wszystkimi wymaganiami norm zharmonizowanych, lub normy zharmonizowane nie obejmują wszystkich istotnych zasadniczych wymagań w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, ewentualnie nie istnieją

normy zharmonizowane dla danej kategorii maszyn, producent nie może potwierdzać jej zgodności poprzez samodzielne przeprowadzenie procedury oceny zgodności połączonej z kontrolą wewnętrzną. Taką procedurę może zastosować tylko wobec wszystkich maszyn kategorii nie wymienionych w Załączniku IV.

Instytut Techniki Górniczej KOMAG, jako jednostka notyfikowana m.in. w zakresie dyrektywy 2006/42/WE, posiada uprawnienia do wydawania certyfikatów badania typu WE dla maszyn do robót podziemnych, w tym obudów zmechanizowanych, lokomotyw oraz wózków hamulcowych.

Procedura certyfikacji maszyn górniczych obejmuje weryfikację dokumentacji technicznej oraz cech konstrukcyjnych wyrobów poprzez wykonanie odpowiednich badań w akredytowanych laboratoriach spełniających wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 [3].

Dla celów certyfikacji przeprowadza się badania w zakresie umożliwiającym sprawdzenie wszystkich wymagań zawartych w normie i/lub innych dokumentach normatywnych odnoszących się do ocenianej maszyny.

Instytut Techniki Górniczej KOMAG posiada laboratoria, akredytowane przez Polskie Centrum Akredytacji, wykonujące badania wyrobów i wielkości fizycznych związanych z budową i działaniem maszyn. Należą do nich:

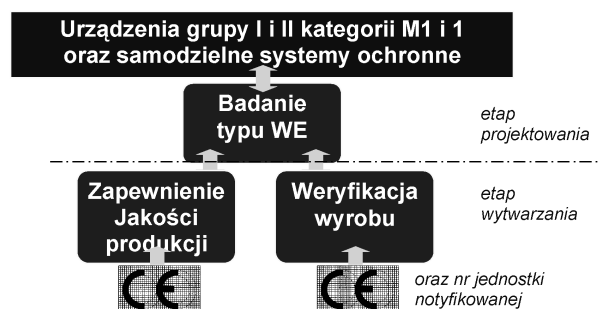
- Laboratorium Badań – akredytacja (nr AB 039) w zakresie badań sekcji obudowy zmechanizowanej, hydraulicznych elementów wykonawczych, zaworów hydraulicznych, szczelności i wytrzymałości przewodów hydraulicznych,
- Laboratorium Badań Stosowanych – akredytacja (nr AB 665) m.in. w zakresie pomiarów wielkości fizycznych związanych z pracą maszyn: akustycznych, drgań mechanicznych, oświetlenia, temperatury, ciśnienia oraz odporności podzespołów maszyn na narażenia środowiskowe, właściwości mechanicznych i jezdnych oraz w zakresie badań napędów elektrycznych, układów hydraulicznych, pneumatycznych i mechanicznych oraz wyposażenia elektrycznego maszyn,
- Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska – akredytacja (nr AB 910) m.in. w zakresie badań:
 - materiałowych wyrobów stalowych i żeliwnych,
 - powłok ochronnych,
 - badań nieniszczących złączy spawanych metodami: wizualną, magnetyczno-proszkową oraz ultradźwiękową,
 - zawartości ołowiu, kadmu i rtęci oraz polibromowanych bifenyli (PBB) i polibromowanych eterów difenylowych (PBDE) w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym oraz jego elementach polimerowych,
 - składu chemicznego wyrobów stalowych i żeliwnych.

Certyfikat badania typu WE wydany przez ITG KOMAG Zakład Badań Atestacyjnych Jednostkę Certyfikującą upewnia producenta, że dopełnił wszystkie swoje obowiązki dotyczące fazy projektowania oraz użytkowników, że przebadany wzorec konstrukcyjny spełnia wszystkie zasadnicze wymagania, a dostarczona wraz z wyrobem instrukcja jest wyczerpująca i odnosi się do zidentyfikowanego ryzyka resztkowego.

4. Ocena zgodności w zakresie dyrektywy 94/9/WE

Rodzaj procedury oceny zgodności oraz uzupełniające zasadnicze wymagania bezpieczeństwa, mające zastosowanie wobec danego wyrobu, przeznaczonego do stosowania w strefie zagrożonej wybuchem, zależą od jego klasyfikacji, wynikającej z miejsca i rodzaju zagrożenia wybuchowego. Urządzenia dzielą się na dwie grupy (grupa I – urządzenia przeznaczone do stosowania w podziemiach kopalń oraz w tych miejscach na powierzchni, które mogą być zagrożone wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego; grupa II – urządzenia przeznaczone do stosowania w innych miejscach, które mogą być zagrożone atmosferą wybuchową), a każda z grup jest podzielona na wewnętrzne kategorie (M1, M2 – grupa I; 1, 2, 3 – grupa II).

Wobec urządzeń, których stosowanie w strefach zagrożonych wybuchem wiąże się z największym ryzykiem zapłonu i/lub wybuchu, mają zastosowanie procedury oceny zgodności (zdefiniowane w dyrektywie 94/9/WE [2]), w których uczestniczą jednostki notyfikowane przez Komisję Europejską. Do takich procedur należy: „badanie typu WE”, „zapewnienie zgodności z typem”, „zapewnienie jakości produkcji”, „zapewnienie jakości wyrobu”, „weryfikacja wyrobu”, „weryfikacja jednostkowa”. W pozostałych przypadkach obowiązuje procedura o nazwie „wewnętrzna kontrola produkcji” połączona z przekazaniem do jednostki notyfikowanej dokumentacji dowodzącej zgodności wyrobu z wymaganiami zasadniczymi dyrektywy 94/9/WE [2].



Rys.2. Procedury oceny zgodności urządzeń grupy I kategorii M1 oraz grupy II kategorii 1 [2]

Procedury oceny zgodności przeprowadzane przez notyfikowane jednostki certyfikujące opierają się na następujących zasadach:

- dotyczą urządzeń elektrycznych (grupy I, kategorii M1 i M2; grupy II, kategorii 1 i 2), silników spalino-

- wych oraz systemów ochronnych, które muszą spełniać wszystkie, dokładnie określone wymagania bezpieczeństwa,
- odnoszą się do norm zharmonizowanych, wydanych przez CENELEC (Europejski Komitet Normalizacji Elektrotechnicznej),
- producent jest upoważniony, po otrzymaniu certyfikatu wydanego przez jednostkę notyfikowaną, do umieszczania charakterystycznego wspólnotowego znaku zgodności  wraz z oznakowaniem rodzaju zabezpieczenia przeciwwybuchowego, znaku CE i numeru jednostki notyfikowanej biorącej udział w ocenie fazy wytwarzania wyrobu (nie należy mylić z jednostką notyfikowaną, która wydała certyfikat badania typu WE).

Badania wykazały, że urządzenia elektryczne stanowią źródło zapłonu jedynie w połowie przypadków. W związku z tym, podczas oceny zgodności maszyn i urządzeń, na etapie projektowania, należy odnieść się do wszystkich zagrożeń związanych z ich stosowaniem w strefach zagrożonych wybuchem (nie tylko stwarzanych przez urządzenia elektryczne). Obowiązkiem producenta maszyny przeznaczonej do stosowania w atmosferze potencjalnie wybuchowej jest przeprowadzenie oceny zagrożenia zapłonem/wybuchem, której celem jest zidentyfikowanie oraz określenie:

- wszystkich potencjalnych źródeł zapłonu,
- środków, które powinny być zastosowane w celu zapewnienia, że źródła zapłonu nie staną się efektywne,
- zastosowanej ochrony przed zapłonem.

Dokument z wynikami oceny przeprowadzonej zgodnie z normą PN-EN 1710+A1:2010 [4] i/lub PN-EN 13463-1:2010 [5], powinien zawierać co najmniej:

- informację o przeznaczeniu wyrobu,
- opis techniczny wyrobu,
- ocenę zagrożenia zapłonem/wybuchem.

Dokument ten, wraz z dokumentacją techniczną maszyny, powinien być zdeponowany w wybranej jednostce notyfikowanej (wymóg obligatoryjny) w celu ewentualnego wykorzystania przez organ nadzoru rynku podczas ustalania przyczyn wypadku. Jednostka notyfikowana nie weryfikuje sposobu oraz wyników oceny zagrożenia zapłonem/wybuchem.

Instytut Techniki Górniczej KOMAG, jako jednostka notyfikowana w zakresie dyrektywy 94/9/WE, posiada uprawnienia do:

- badań i oceny urządzeń elektrycznych, silników spalinowych oraz systemów ochronnych w fazie projektowania w ramach certyfikacji badania typu WE,
- oceny fazy wytwarzania wyrobów posiadających certyfikaty badania typu WE w ramach zapewnienia zgodności z typem, zapewnienia jakości produkcji, zapewnienia jakości wyrobu, weryfikacji wyrobu,

- badań i oceny każdego egzemplarza wyrobu w ramach weryfikacji jednostkowej,
- przechowywania dokumentacji technicznej maszyny.

Badania budowy przeciwwybuchowej wyrobów certyfikowanych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG prowadzi przede wszystkim Laboratorium Badań Stosowanych, posiadające akredytację (nr AB 665) m.in. w zakresie badań urządzeń elektrycznych posiadających budowę „i”, „e”, „n”, „m” oraz akredytowane laboratoria zewnętrzne w zakresie urządzeń elektrycznych posiadających budowę „d”.

Laboratorium Badań Stosowanych wykonuje również badania właściwości elektrycznych, mechanicznych i fizykochemicznych urządzeń nieelektrycznych, w celu potwierdzenia możliwości ich stosowania w strefach zagrożonych wybuchem (np. pomiar temperatury, rezystancji powierzchniowej materiałów z tworzyw sztucznych).

5. Certyfikacja prowadzona przez ITG KOMAG

ITG KOMAG, Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca, na podstawie akredytacji udzielonej przez Polskie Centrum Akredytacji (certyfikat akredytacji nr AC023), prowadzi certyfikację maszyn i urządzeń, przeznaczonych głównie do stosowania w zakładach górniczych. Procedura certyfikacji wyrobów obejmuje weryfikację dokumentacji technicznej oraz cech konstrukcyjnych wyrobów, poprzez wykonanie odpowiednich badań w akredytowanych laboratoriach.

W procesie certyfikacji wykorzystuje się kryteria techniczne zaczerpnięte z norm, w przeważającej większości przypadków, zharmonizowanych z dyrektywami obowiązującymi w Unii Europejskiej.

Certyfikat zgodności wydany przez ITG KOMAG Zakład Badań Atestacyjnych Jednostkę Certyfikującą upewnia producenta, że dopełnił wszystkich swoich obowiązków oraz użytkowników, że dostarczany wyrób spełnia wszystkie zasadnicze wymagania, a przekazana wraz z wyrobem instrukcja jest wyczerpująca i odnosi się do zidentyfikowanego ryzyka resztkowego. Oprócz certyfikacji wyrobów w ramach krajowego systemu oceny zgodności nadzorowanego przez Polskie Centrum Akredytacji, producent może uzyskać dla swojego wyrobu dobrowolny certyfikat na zastrzeżony znak towarowy „B”, potwierdzający, że wyrób ten nie stwarza zagrożenia dla życia, zdrowia, mienia i środowiska naturalnego. W procesie certyfikacji na zastrzeżony znak towarowy „B” wykorzystuje się kryteria techniczne zaczerpnięte z krajowych norm branżowych oraz kryteria techniczne ustalone z producentem i użytkownikiem.

Producenci lub projektanci mogą również uzyskać wsparcie ITG KOMAG w zakresie prowadzenia i dokumentowania analizy i wyników oceny ryzyka maszyn

i urządzeń, jak również systemów technologicznych. Ważnym wsparciem dla projektantów układów sterowania związanych z bezpieczeństwem oraz ich podzespołów jest oferowana pomoc przy określaniu funkcji bezpieczeństwa maszyn lub systemów, jak również weryfikowanie wymaganego i osiągniętego środkami technicznymi poziomu bezpieczeństwa, z wykorzystaniem zasad i trybu postępowania określonymi w normach: PN-EN 13849-1:2008 [6], PN-EN 13849-2:2008 [7] oraz PN-EN 62061:2008 [8] (np. w odniesieniu do systemów sterowania zbudowanych w oparciu o sterowniki programowalne).

6. Podsumowanie

Przeprowadzenie oceny zgodności wyrobów z wymaganiami dyrektyw i/lub norm branżowych jest procesem współdecydującym o bezpieczeństwie użytkowania wyrobów. Z tego powodu, procedury oceny zgodności wynikające z dyrektyw lub akredytowanego systemu certyfikacji należy przeprowadzać z należytą starannością, posługując się kryteriami technicznymi z najnowszych wydań norm zharmonizowanych, odpowiadających aktualnemu poziomowi wiedzy technicznej.

Gwarancją rzetelnej oceny zgodności wyrobów prowadzonej przez ITG KOMAG jest personel posiadający odpowiednie kwalifikacje i wiedzę techniczną, specjalistyczne zaplecze badawcze, udokumentowane procedury i zasady działania oraz zaangażowanie najwyższego kierownictwa w realizację przyjętej polityki jakości i bezstronności.

Potwierdzeniem słuszności wyżej wymienionej tezy jest ugruntowana pozycja Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej ITG KOMAG w obszarze oceny zgodności maszyn i urządzeń.

Literatura

1. Dyrektywa nr 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniająca dyrektywę 95/16/WE (MD).
2. Dyrektywa nr 94/9/WE 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).
3. PN-EN ISO/IEC 17025:2005 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
4. PN-EN 1710+A1:2010 Urządzenia i podzespoły przeznaczone do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych.
5. PN-EN 13463-1:2010 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 1: Podstawowe założenia i wymagania.
6. PN-EN 13849-1:2008 Bezpieczeństwo maszyn. Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem. Część 1: Ogólne zasady projektowania.
7. PN-EN ISO 13849-2:2008 Bezpieczeństwo maszyn. Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem. Część 2: Walidacja.
8. PN-EN 62061:2008 Bezpieczeństwo maszyn – Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych, elektronicznych i elektronicznych programowalnych systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem.

*Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2011 r.
Recenzent: prof.dr hab.inż. Teodor Winkler*