KOMTECH 2012

Instytut Techniki Górniczej

INNOWACYJNE TECHNIKI I TECHNOLOGIE DLA GÓRNICTWA

BEZPIECZEŃSTWO - EFEKTYWNOŚĆ - NIEZAWODNOŚĆ

Gliwice 2012

ISBN: 978-83-60708-67-5

Open Access (CC BY-NC 3.0. PL)

KOMTECH 2012

INSTYTUT TECHNIKI GÓRNICZEJ

Praca zbiorowa

INNOWACYJNE TECHNIKI I TECHNOLOGIE DLA GÓRNICTWA

BEZPIECZEŃSTWO - EFEKTYWNOŚĆ - - NIEZAWODNOŚĆ

Monografia

Gliwice 2012

Redakcja naukowa monografii:
Prof.dr hab.inż. Adam Klich
Dr inż. Antoni Kozieł

Redaktor techniczny:
Mgr Anna Okulińska

Recenzenci:
Dr inż. Marek Dudek
Prof. dr hab. inż. Adam Klich
Dr inż. Antoni Kozieł
Dr inż. Dariusz Michalak
Dr inż. Edward Pieczora
Prof. dr inż. Włodzimierz Sikora
Dr inż. Krzysztof Stankiewicz
Prof. dr hab. inż. Stanisław Szweda
Prof. dr hab. inż. Teodor Winkler

Wydawca: Instytut Techniki Górniczej KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice, tel.: 32 2374100, 2374512

Skład i druk: KOMDRUK-KOMAG Sp. z o.o.
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice, tel.: 32 2374651, 2374563

Projekt okładki: Natalia Król

ISBN 978-83-60708-67-5

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Nakład: 180 egz.

Copyright by Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Wprowadzenie

Niniejsza monografia pt: „Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa – Bezpieczeństwo – Efektywność – Niezawodność" stanowi kompendium wiedzy o najnowszych, innowacyjnych osiągnięciach jednostek naukowych i przemysłowych oraz jednostek nadzoru górniczego.

Innowacyjność w czasach narastającego kryzysu gospodarczego powinna być stymulowana intensywniej niż w okresie wzrastającej koniunktury. Obecnie innowacyjność nie opiera się jedynie na nowych rozwiązaniach, których istotą jest szybkość działania, efektywność i oszczędność, jest to również jakość i nowoczesność.

Należy zatem ciągle poszukiwać nowych możliwości doskonalenia i zastosowań we wszystkich obszarach działalności człowieka. Nakłady poniesione na innowacje to inwestycja w przyszłość, niezbędna dla rozwoju nowoczesnej gospodarki opartej na wiedzy - najważniejszego paradygmatu Unii Europejskiej.

Prezentowana problematyka monografii, odzwierciedla wyniki działań na rzecz innowacyjności z zakresu badań stosowanych, którą zawarto w dziewięciu rozdziałach.

W pierwszych trzech przedstawiono zagadnienia bezpieczeństwa pracy w górnictwie w aspekcie współpracy jednostek nauki i przemysłu z Wyższym Urzędem Górniczym oraz oceny potencjalnych zagrożeń, kształtowania kompetencji pracowników kopalń i aspekty eksploatacji wyciągów szybowych. Kierunki rozwoju górniczych systemów mechanizacyjnych omówiono w rozdziale czwartym, na przykładzie wdrażanych w polskich kopalniach węgla kamiennego kompleksów ścianowych. Prezentowane wdrożenia wskazują na stale postępujący proces automatyzacji, z zastosowaniem nowoczesnych układów sterowania, który w istotnym stopniu wpływa na efektywne wykorzystanie potencjału technicznego.

W rozdziale piątym zaprezentowano zagadnienia zasilania i sterowania sekcjami obudowy zmechanizowanej, podstawowego elementu ścianowego systemu eksploatacji pokładów węgla, zapewniającego bezpieczeństwo pracy.

Wspomniana tematyka tworzenia rozwiązań dla automatyzacji procesów wydobywczych, z zastosowaniem rozwiązań mechatronicznych, stanowi treść szóstego rozdziału. System sterowania rozproszonego, zintegrowany monitoring, rozwiązania telekomunikacyjne oraz technologie sensorowe, to tylko część problematyki podejmowanej w ośrodkach naukowych i przemysłowych.

Przykłady wdrożeń nowoczesnych rozwiązań technik i technologii dla górnictwa zaprezentowano w rozdziale siódmym. Na uwagę zasługują zwłaszcza metody i środki ograniczające zagrożenie wybuchu pyłu węglowego oraz choroby zawodowej górników – pylicy.

Prace z zakresu badań i diagnozowania stanu maszyn i urządzeń zawiera rozdział ósmy, natomiast rozwiązaniom dotyczącym organizacji i zarządzania w systemach produkcji i eksploatacji maszyn i urządzeń poświęcony został rozdział dziewiąty.

Przedkładając monografię czytelnikom, składamy serdeczne podziękowanie autorom i recenzentom za jej przygotowanie.

W imieniu autorów publikacji oraz redakcji naukowej monografii wyrażamy również pogląd, że zaprezentowanie najnowszych technik i technologii dla górnictwa stanowiących dorobek jednostek naukowych i produkcyjnych związanych z górnictwem, jest dowodem uczestnictwa w rozwoju gospodarki opartej na wiedzy.

prof.dr hab.inż. Adam Klich
dr inż. Antoni Kozieł

Gliwice, listopad 2012 r.

Redaktorzy naukowi monografii

Spis treści

str.

1. BEZPIECZEŃSTWO PRACY W GÓRNICTWIE - WSPÓŁPRACA NAUKI, PRZEMYSŁU I JEDNOSTEK NADZORU GÓRNICZEGO

1.1. Działania Instytutu Techniki Górniczej KOMAG wspierające Wyższy Urząd Górniczy w zakresie zwiększenia bezpieczeństwa pracy załóg górniczych 9

1.2. Współpraca ITG KOMAG z Wyższym Urzędem Górniczym na przykładzie badań i oceny wyrobów w procesie ich dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych 27

1.3. Systemowa ocena potencjalnego niebezpieczeństwa w rejonie ściany na podstawie poziomu występujących zagrożeń naturalnych 37

1.4. Metody i technologie wspomagające kształtowanie bezpieczeństwa w środowisku pracy w górnictwie 51

1.5. Rola urządzeń zasilających w organizacji bezpieczeństwa eksploatacji maszyn i urządzeń górniczych 61

2. KSZTAŁTOWANIE KOMPETENCJI W ZAKRESIE BEZPIECZNYCH WARUNKÓW PRACY W GÓRNICTWIE

2.1. Komputerowo wspomagane kształtowanie bezpiecznych warunków pracy w górnictwie - Centrum Kształtowania Kompetencji 81

2.2. Szkolenia pracowników transportu górniczego z zastosowaniem technologii informacyjno–komunikacyjnych 95

3. BEZPIECZEŃSTWO EKSPLOATACJI GÓRNICZYCH WYCIĄGÓW SZYBOWYCH

3.1. Głębienie szybu w zawodnionym górotworze o niskich parametrach wytrzymałościowych skał na przykładzie szybu 1 – Bzie JSW S.A. KWK „Borynia – Zofiówka” 107

3.2. Współczesne urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej górniczych wyciągów szybowych – bezpieczeństwo, nowoczesność, ergonomia 125

3.3. Propozycje nowych metod wyznaczania obciążeń i naprężeń w elementach nośnych naczynia i zbrojenia w aspekcie poprawy bezpieczeństwa eksploatacji górniczych wyciągów szybowych 145

4. KIERUNKI ROZWOJU GÓRNICZYCH SYSTEMÓW MECHANIZACYJNYCH I TRANSPORTOWYCH

4.1. Zautomatyzowany kompleks ścianowy w KWK „Pniówek” – wyposażenie, automatyzacja, wizualizacja – wybrane zagadnienia 155

4.2. Zbrojenie i eksploatacja ściany G-4 pokład 412 wyposażonej w najwyższy kompleks ścianowy w Polsce w warunkach KWK „Borynia-Zofiówka” Ruch Zofiówka 173

4.3. Kompleks Mikrus – nowa technologia wybierania pokładów niskich 187

4.4. Tworzenie innowacyjnego rozwiązania kombajnu ścianowego do urabiania pokładów niskich. Projekt realizowany w ramach inicjatywy IniTech 201
4.5. Wdrożenie i wykorzystanie nowej generacji systemów sterowania kompleksów wydobywczych EH-Wall Control produkcji KOPEX Electric Systems SA w KWK „Jas-Mos" 211
4.6. Transport poziomy w kopalniach Kompanii Węglowej S.A. 221

5. WYBRANE ZAGADNIENIA ZASILANIA I STEROWANIA SEKCJAMI OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ

5.1. Porównanie wskaźnika nośności stropu „g" oraz współczynnika dociążenia „n_{tz}" dla modernizowanych i zakupionych obudów zmechanizowanych (na przykładzie Kompanii Węglowej S.A.) 233
5.2. Analiza wytężenia elementów połączenia przegubowego sekcji obudowy zmechanizowanej z uwzględnieniem lokalnych odkształceń trwałych 243
5.3. Sterowanie elektrohydrauliczne DOH-Matic w kontekście przeprowadzonych wdrożeń i automatyzacji pracy obudowy zmechanizowanej 257
5.4. Wybrane problemy konfiguracji układu zasilania hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej 275
5.5. Metodyka modelowania i wyniki badań symulacyjnych zaworu bezpieczeństwa dla siłowników obudów zmechanizowanych dużej podporności 281

6. AUTOMATYZACJA PROCESÓW WYDOBYCIA – ZASTOSOWANIE ROZWIĄZAŃ MECHATRONICZNYCH

6.1. System sterowania rozproszonego maszyn górniczych 289
6.2. Wykorzystanie magistrali CAN w układach sterowania maszyn górniczych na przykładzie ciągnika podwieszonego GAD-1 303
6.3. Zintegrowany system monitorowania i wizualizacji procesów technologicznych 317
6.4. Koncepcja metody samoorganizacji złożonego systemu komunikacyjnego do zastosowań w górnictwie 329
6.5. Zastosowanie cyfrowego systemu łączności BeckerCom oraz systemu do lokalizacji i monitoringu MineTracer w górnictwie węglowym 339
6.6. Wykorzystanie rozwiązań telekomunikacyjnych w monitoringu materiałów i personelu oraz w realizacji zadań górniczych 351
6.7. Przegląd technologii sensorowych stosowanych w górnictwie 363
6.8. Metoda pozycjonowania górniczych maszyn mobilnych w wyrobiskach korytarzowych 387

7. ZASTOSOWANIE INNOWACYJNYCH ROZWIĄZAŃ W PROCESACH WYDOBYWCZYCH

7.1. System wspomagania projektowania transportu kopalnianego Safe 401

Trans Design .....

7.2. Nowe rozwiązania stacji przesypowych przenośników taśmowych dla górnictwa podziemnego 411

7.3. Ocena funkcjonowania wiertnicy ROC F6 pracującej w warunkach Kopalni „Dubie" 421

7.4. Programowalny iskrobezpieczny transparent optyczny PTI-01 437

7.5. System powietrzno-wodnego zraszania na drogach odstawy urobku 443

7.6. Badania skuteczności redukcji zapylenia powietrzno-wodnym systemem VIRGA na drogach odstawy urobku 455

7.7. Nowoczesne elementy konstrukcyjne maszyn i urządzeń z zastosowaniem poliuretanu lub kompozytów na osnowie poliuretanu typu PUGA® 465

8. BADANIA I DIAGNOZOWANIE STANU TECHNICZNEGO MASZYN I URZĄDZEŃ

8.1. Pomiary przemysłowe wpływu typu rdzenia taśmy przenośnikowej na stan obciążenia krążników 485

8.2. Błędy pomiarowe występujące w trakcie badań urządzeń energomechanicznych pracujących w zakładach górniczych 493

8.3. Badania układu rekuperacji energii cieplnej 513

9. NOWOCZESNE SYSTEMY ORGANIZACJI I ZARZĄDZANIA W SYSTEMACH PRODUKCJI I EKSPLOATACJI MASZYN

9.1. I²MINE „Innowacyjne Technologie i Koncepcje dla Inteligentnej Kopalni Głębinowej Przyszłości" – Prezentacja projektu realizowanego w 7. Ramowym Programie Unii Europejskiej..... 529

9.2. Gospodarka majątkiem przedsiębiorstwa z wykorzystaniem systemu iRIS 541

9.3. Zarządzanie flotą wielozadaniowych terminali mobilnych jako niezbędny element efektywnej strategii zarządzania majątkiem trwałym w zakładzie górniczym 555

9.4. Przepływ materiałów i zmiany technologii w uniwersalnej komorze montażowej 569

9.5. Przepływ materiałów w elastycznej produkcji nie wymagającej dokumentacji 577

ARTYKUŁ PROMOCYJNY

Sandvik – innowacyjność od 1862 r……. 583

Indeks autorów 593
Streszczenia w języku polskim i angielskim 595

ROZDZIAŁ 1

BEZPIECZEŃSTWO PRACY W GÓRNICTWIE – WSPÓŁPRACA NAUKI, PRZEMYSŁU I JEDNOSTEK NADZORU GÓRNICZEGO

Działania Instytutu Techniki Górniczej KOMAG wspierające Wyższy Urząd Górniczy w zakresie zwiększenia bezpieczeństwa pracy załóg górniczych

Antoni Kozieł, Edward Pieczora – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

1. Wprowadzenie

Jubileusz 90 lat nadzoru górniczego w Polsce skłania do podsumowań, ale również do analizy działań wielu instytucji i organizacji na rzecz tworzenia bezpiecznych i higienicznych warunków pracy górników.

Instytut Techniki Górniczej KOMAG jest jedną z jednostek naukowych ściśle współpracujących z Wyższym Urzędem Górniczym. Współpracę tą można rozpatrywać na różnych płaszczyznach: jako formalno – prawną, doradczą oraz twórczą, poprzez tworzenie innowacyjnych rozwiązań na rzecz poprawy bezpieczeństwa pracy.

Nadrzędny cel Wyższego Urzędu Górniczego to dążenie do poprawy bezpieczeństwa pracy oraz ochrony zdrowia górników i optymalnego zagospodarowania złóż kopalin oraz ograniczenia uciążliwości oddziaływania górnictwa na ludzi i środowisko [22]. Jest on zgodny z misją KOMAG-u, dążącą do tworzenia innowacyjnych rozwiązań dla gospodarki.

Innowacje, jako siła napędowa rozwoju gospodarczego, dotyczą, w analizowanym obszarze, górnictwa węgla kamiennego. Fachowa wiedza i umiejętności niezbędne dla zapewnienia bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia załóg górniczych, szczególnie w warunkach coraz głębiej zalegających pokładów węgla i zwiększającego się poziomu zagrożeń, są nie do przecenienia.

Wdrażanie i stosowanie coraz bardziej bezpiecznych i przyjaznych dla środowiska technik wydobywczych to ciągłe wyzwanie, ale również nowe możliwości konkurowania. To jednak przede wszystkim większe możliwości ograniczania ryzyka występowania poważnych wypadków oraz chorób zawodowych.

Analiza stanu bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie węgla kamiennego prowadzona przez Wyższy Urząd Górniczy wskazuje na potrzebę podejmowania szczególnych działań w zakresie ograniczania zagrożenia metanowego, zagrożenia tąpaniami, jak i zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Również poprawa stanu bezpieczeństwa na drogach transportu podziemnego, w świetle statystyk wypadkowości, jest sprawą priorytetową. W zakresie ochrony zdrowia pracowników niepokój budzi wzrost chorób zawodowych, występujący statystycznie trzynaście razy częściej w górnictwie niż w innych gałęziach gospodarki. Dotyczy to zwłaszcza pylicy (ponad 500 przypadków rocznie), stanowiącej ok. 80% wszystkich notowanych przypadków chorób zawodowych w górnictwie.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Warunki analizy kontroli inspektorów WUG w zakresie zagrożeń technicznych wskazują na potrzebę modernizacji maszyn i urządzeń górniczych, w tym: stosowania skutecznych układów zraszania w kombajnach ścianowych i chodnikowych oraz na przesypach przenośników taśmowych transportujących urobek, stosowania układów sterowania o zwiększonej niezawodności, ograniczania lub eliminacji przebywania pracowników w strefach zagrożeń wynikających z pracy maszyn i urządzeń.

Istotne jest również dostosowanie przenośników taśmowych do jazdy ludzi, ze względu na coraz bardziej wydłużone drogi dojścia (dowozu) do miejsc pracy, wdrażanie systemów lokalizacji osób i maszyn oraz urządzeń, wdrażanie certyfikowanych układów elektronicznych oraz światłowodowych sieci telekomunikacyjnych do monitoringu procesów technologicznych.

Zakres działań i problemów do rozwiązania w zakresie zwiększenia bezpieczeństwa pracy w górnictwie jest zatem bardzo szeroki.

W niniejszym rozdziale przedstawiono przykłady działań KOMAG-u, zarówno w sferze formalno-prawnej, dotyczącej certyfikacji i wydawania opinii atestacyjnych oraz działalności rzeczoznawczej i stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej, oraz w zakresie działalności innowacyjnej. Przedstawiono rozwój metod i narzędzi wspomagających kształtowanie bezpieczeństwa w górnictwie oraz przykłady innowacyjnych rozwiązań maszyn i urządzeń górniczych poprawiających bezpieczeństwo pracy.

2. Ocena zgodności maszyn jako element bezpieczeństwa ich eksploatacji

Badania i ocena poziomu bezpieczeństwa maszyn i urządzeń prowadzone są w KOMAG-u już ponad 35 lat. Początkowo realizowane były badania atestacyjne maszyn wyciągowych. Rozwój potencjału badawczego i kompetencji kadry naukowo-badawczej w KOMAG-u w latach 80-tych ubiegłego wieku stworzył nowe możliwości i był odpowiedzią na wymagania dotyczące bezpieczeństwa pracy w podziemnych zakładach górniczych. W 1994 r. utworzono w KOMAG-u Zakład Badań Atestacyjnych, który uzyskał rok później certyfikat akredytacji nr AC 023 Polskiego Centrum Akredytacji w zakresie certyfikacji maszyn i urządzeń, głównie przeznaczonych do stosowania w zakładach górniczych.

Obecny Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca jest jednostką notyfikowaną na podstawie notyfikacji udzielonej przez Komisję Europejską w zakresie dyrektyw 2006/42/WE (maszynowej), 94/9/WE (ATEX), 2006/95/WE (LVD) oraz 2009/48/WE (Safety of Toy). Zakład przeprowadza badania typu WE: lokomotyw i wózków hamulcowych, hydraulicznych sekcji obudowy przeciwwybuchowej, silników spalinowych oraz urządzeń przeznaczonych do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Jednostka certyfikująca jest również upoważniona, na podstawie art. 113 Ustawy „Prawo Górnicze i Geologiczne" [20], do prowadzenia badań i oceny elementów górniczych wyciągów szybowych oraz urządzeń transportu linowego, kolejek podwieszonych i spągowych wozów do przewozu osób, wozów specjalnych, maszyn i urządzeń elektrycznych, aparatury łączeniowej, systemów łączności, bezpieczeństwa i alarmowania oraz zintegrowanych systemów sterowania kompleksów wydobywczych. Zakład wykonuje także ekspertyzy dotyczące oceny ryzyka stosowania maszyn i urządzeń, jak i systemów technologicznych, zarówno w fazie projektowania, jak i eksploatacji.

Wydaje oceny zdolności podmiotów gospodarczych do wykonywania remontów urządzeń obudowy przeciwwybuchowej, na podstawie Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 9 czerwca 2006 r. [18].

W 2012 r. rozszerzył swoją ofertę o usługi certyfikacji systemów zarządzania QMS, uzyskując akredytację Polskiego Centrum Akredytacji AC165, dla przedsiębiorstw produkujących metale i wyroby metalowe, maszyny i ich osprzęt oraz urządzenia elektryczne i optyczne. Ocena zgodności prowadzona jest w następujących modułach:

- certyfikacja badań typu WE,
- certyfikacja zgodności,
- certyfikacja wyrobów,
- ocena jakości procesu produkcji oraz badań urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem,
- przechowywanie dokumentacji,
- certyfikacja uprawniająca do oznaczania wyrobów zastrzeżonych znakiem towarowym „B".

O zakresie prowadzonych prac świadczy liczba zrealizowanych usług w 2011 r.

Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca przeprowadził około 400 procesów ocen zgodności. W ramach dopuszczenia do stosowania w zakładach górniczych w drodze decyzji Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego wykonano 140 prac oraz oceniono zdolność 24 podmiotów gospodarczych do wykonywania remontów maszyn i urządzeń, w tym budowy przeciwwybuchowej.

3. Ocena stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej

Sekcje obudowy zmechanizowanej zakwalifikowane są do urządzeń stosowanych w środowisku o zwiększonym ryzyku występowania zagrożeń. Wymagają zatem szczególnego trybu postępowania przed wprowadzeniem ich do sto-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

sowania. Wymagania w tym zakresie zawarto w Dyrektywie Maszynowej 2006/42/WE wprowadzonej do polskiego prawodawstwa poprzez Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21.10.2008 r., w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn [19]. Dotyczą one zarówno sekcji obudowy zmechanizowanej wprowadzanych po raz pierwszy do obrotu, jak i poddawanych modernizacjom.

W polskich kopalniach węgla kamiennego istnieje duża liczba różnego rodzaju rozwiązań sekcji obudowy zmechanizowanej wyprodukowanych 20, a nawet 30 lat temu, które ciągle są użytkowane. Każdorazowo, po zakończeniu eksploatacji ściany węglowej, a przed zastosowaniem ich w kolejnej, sekcje są poddawane ocenie stanu technicznego, zgodnie z wymaganiami w zakresie bezpieczeństwa użytkowania zawartymi w Załączniku nr 4 do Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 25 marca 2010 r., zmieniające rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (tzw. „Rozporządzenie bhp") [17]

Ocena stanu technicznego obudowy zmechanizowanej przebiega w dwóch etapach:

- przegląd techniczny,
- badanie techniczne.

Przegląd techniczny przeprowadza komisja powołana przez kierownika ruchu zakładu górniczego z udziałem przedstawicieli:

- zakładu górniczego,
- jednostki notyfikowanej w zakresie sekcji obudowy zmechanizowanej,
- producenta lub podmiotu wykonującego remont.

W przypadku, gdy wiek najstarszego elementu ocenianych sekcji przekracza 20 lat, komisja wskazuje jedną sekcję do badań stanowiskowych w akredytowanym laboratorium badawczym.

Instytut Techniki Górniczej KOMAG dysponuje unikalnymi w skali światowej stanowiskami badawczymi do badań sekcji obudowy zmechanizowanej (rys 1.) oraz elementów hydrauliki (rys. 2), zlokalizowanymi w akredytowanym Laboratorium Badań, pozwalającymi na przeprowadzanie wyżej wymienionych badań [10].

Badania obejmują:

- sprawdzenie wytrzymałości statycznej, dla określonych sposobów podparcia, według określonego programu badań,
- sprawdzenie podatności sekcji obudowy (zsuw) dla określonych parametrów,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– sprawdzenie wytrzymałości zmęczeniowej sekcji, dla określonych sposobów podparcia i określonej liczby cykli obciążeń,
– sprawdzenie ciśnienia otwarcia i zamknięcia zaworów ograniczających ciśnienie w stojakach i podporach stropnicy sekcji na próbie liczącej co najmniej 10 zaworów.

Badania przeprowadzane są wg wymagań norm PN-EN 1804-1+A1:2011 (pkt.A.1.1, A.1.2, i A.1.3.) [21].



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

Ocena stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej zawarta w protokole, dokonana na podstawie:

– raportu z przebiegu dotychczasowego użytkowania sekcji obudowy zmechanizowanej (z uwzględnieniem remontów i modernizacji),
– przeglądu technicznego,
– badania technicznego,

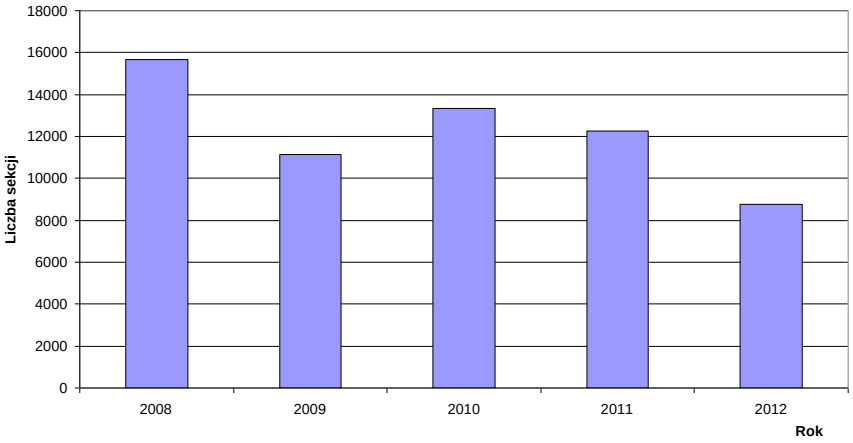
określa warunki, których spełnienie umożliwia ich bezpieczne użytkowanie w kolejnej ścianie wydobywczej.

W latach 2008-2012 (wrzesień) dokonano z udziałem specjalistów ITG KOMAG oceny stanu technicznego 61 152 sekcji obudowy zmechanizowanej (rys. 3).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.2. Stanowisko do badań elementów hydrauliki [10]



Rys.3. Ocena stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej w latach 2008-2012 (wrzesień) [źródło: opracowanie własne KOMAG]

Integralnym elementem oceny stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej jest opracowany przez specjalistów ITG KOMAG i firmy Elsta Sp. z o.o. oraz naukowców Politechniki Śl. elektroniczny system znakowania i ewidencji maszyn i ich części, w tym podstawowych elementów sekcji obudowy zmechanizowanej [16]. Część sprzętowa systemu została opracowana

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

przez specjalistów Elsta Sp. z o.o. natomiast aplikacja programowa jest dziełem programistów KOMAG-u. Aplikacja umożliwia generowanie raportów, zgodnych z pkt. 4.1.18 Załącznika nr 4 do tak zwanego „Rozporządzenia bhp" [17], stanowiących podstawę do rozpoczęcia oceny stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej. Wymieniony system jest aktualnie użytkowany przez 31 przedsiębiorców górniczych.

4. Działalność rzeczoznawcza ITG KOMAG realizowana na podstawie upoważnienia Prezesa WUG

W wielu paragrafach tzw. „Rozporządzenia bhp" [17], znajduje się odwołanie do opinii rzeczoznawcy. Zgodnie z ustawą „Prawo górnicze i geologiczne" [20] uprawnienia rzeczoznawcy do spraw ruchu zakładu górniczego mogą być nadane osobie prawnej lub osobie fizycznej spełniających wymagania podane w art. 71 tej ustawy.

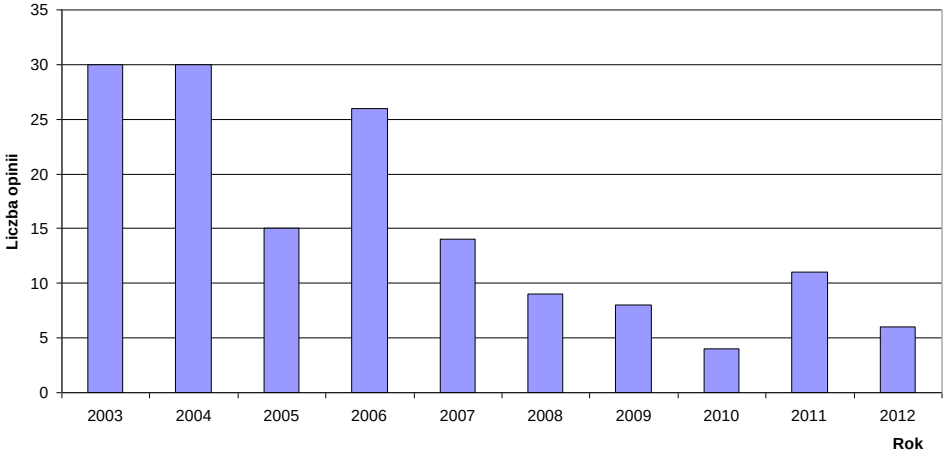
Poniżej przedstawiono wybrane informacje o działalności rzeczoznawczej ITG KOMAG realizowanej na podstawie upoważnień (uprawnień) Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego.

4.1. Współpraca różnych typów sekcji obudowy zmechanizowanej w jednej ścianie

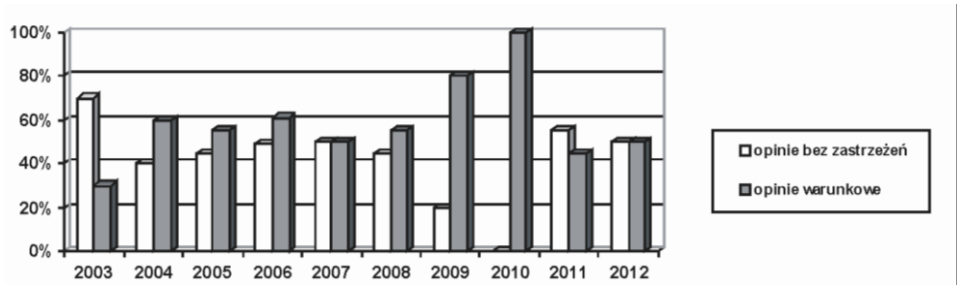
Problematyka współpracy różnych typów sekcji obudowy zmechanizowanej w jednej ścianie pojawiła się na początku lat 80 ub. wieku, jednak dopiero w 2002 roku została ostatecznie prawnie usankcjonowana: § 440 ust.8 tzw. Rozporządzenia bhp [17]. Nakłada ona na użytkowników obudowy zmechanizowanej obowiązek uzyskania (przed rozpoczęciem eksploatacji ściany wydobywczej wyposażonej w więcej niż jeden typ obudowy) „Opinii rzeczoznawcy", która powinna określić czy sekcje obudowy przeznaczone do eksploatacji w określonej ścianie mogą ze sobą współpracować. ITG KOMAG na podstawie kolejnych decyzji Prezesa WUG (nr 32/2002, 91/2005, 159/2008, 677/02/2012/AS) jest uprawniony do wydawania wymienionych opinii. Początkowe brzmienie § 440 ust.8 pozwalało na dowolność w interpretacji zapisów tam zawartych, dlatego zwrócono się do Wyższego Urzędu Górniczego z prośbą o sprecyzowanie powyższych zapisów. Odpowiedź sprecyzowała sposób postępowania poprzez wydanie „Opinii rzeczoznawcy", na podstawie zatwierdzonej przez Wyższy Urząd Górniczy „Metodyki działań Rzeczoznawcy". Nowelizacja z 2006 roku wprowadziła zapis o konieczności uwzględnienia w „Opinii rzeczoznawcy" zarówno parametrów technicznych obudowy, jak i warunków górniczo-geologicznych przewidzianego do eksploatacji pola ścianowego. Wydanie „Opinii rzeczoznawcy" odbywa się zatem w oparciu o zatwierdzoną przez Wyższy Urząd Górniczy uaktualnioną „Metodykę działań Rzeczoznawcy" [14, 15].

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

W latach 2003-2012 (wrzesień) KOMAG wydał 153 „Opinie rzeczoznawcy” (rys. 4), dla większości kopalń przemysłu węglowego. Wszystkie wydane w tym okresie „Opinie rzeczoznawcy” były pozytywne z tym, że większość z nich miała charakter warunkowy, co zobrazowano na rysunku 5.



Rys.4. Opinie rzeczoznawcy w zakresie stosowania różnych typów sekcji obudowy zmechanizowanej w jednej ścianie w latach 2003-2012 (wrzesień) [14]



Rys.5. Zależność pomiędzy opiniami warunkowymi, a opiniami bez zastrzeżeń [14]

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

4.2. Projektowanie i dobór obudowy szybu, wlotów szybowych, obudowy wyrobisk o przekroju poprzecznym przekraczającym 30 m^2 oraz obudowy kotwowej

Zgodnie z zapisem § 169. ust. 1 pkt 2 tzw. „Rozporządzenie bhp” [17], doboru obudowy szybów i wlotów do szybów, a w zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny – także doboru obudowy wyrobisk o przekroju

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

poprzecznym przekraczającym 30 m^2, dokonuje kierownik działu robót górniczych na podstawie opinii rzeczoznawcy. Z kolei na podstawie treści pkt. 1.2, 1.4., 1.5. i 1.8. Załącznika nr 3 do wyżej wymienionego rozporządzenia, udział rzeczoznawcy jest także wymagany w trakcie projektowania i kontroli obudowy kotwowej wyrobisk podziemnych, tzn. na etapie:

- określania miejsc badań i zasięgu niezbędnego rozpoznania własności skał dla wyrobisk wykonywanych w samodzielnej obudowie kotwowej,
- doboru geometrii siatki kotwienia wraz z oceną konieczności stosowania kotwi ociosowych oraz określaniem wielkości dopuszczalnego odsłonięcia stropu,
- opracowywania projektów obudowy kotwowej,
- określania zasad i prowadzenia kontroli stateczności wyrobisk w samodzielnej obudowie kotwowej,
- dokonywania ustaleń w przypadku stwierdzenia zmian warunków geologiczno-górniczych w stosunku do ustaleń projektu obudowy kotwowej.

KOMAG jako jednostka posiadająca od roku 2008 upoważnienie rzeczoznawcy WUG w zakresie ww. prac dotyczących obudów szybowych, wyrobisk wielkogabarytowych oraz wyrobisk wykonywanych w obudowie kotwowej (nr 134/2008 i 207/2011), zrealizował ponad trzydzieści opinii rzeczoznawcy, ekspertyz oraz projektów technicznych związanych z przedmiotową tematyką (głównie oceny stanu technicznego obudów szybowych, projekty obudowy i wlotów szybowych oraz projekty wyrobisk zabezpieczanych m.in. za pomocą kotew). Specjaliści KOMAG-u stale doskonalą swój warsztat w zakresie projektowania i sporządzania opinii rzeczoznawcy poprzez realizację prac własnych, czego wyrazem są m.in. publikacje [4, 5, 6, 7] w przedmiotowej tematyce.

5. Rozwój metod i narzędzi wspomagających kształtowanie bezpieczeństwa w górnictwie węgla kamiennego

ITG KOMAG wspierając misję WUG sukcesywnie rozwija komputerowe metody i narzędzia wspomagające kształtowanie bezpieczeństwa pracy w górniczym środowisku pracy. Kształtowanie środowiska jest ściśle powiązane z cyklem życia maszyn i urządzeń górniczych, stąd rozwój narzędzi wspomagających kształtowanie bezpieczeństwa oparty jest na stosowanych powszechnie metodach inżynierskich. Kształtowanie bezpieczeństwa odbywa się zarówno w stadium projektowania (wirtualne prototypowanie), jak również w stadium zabudowy maszyn w miejscu pracy oraz ich eksploatacji.

Opracowane w ostatnich latach w ITG KOMAG innowacyjne narzędzia komputerowe wspomagające kształtowaniem bezpieczeństwa w górnictwie węgla kamiennego to [9, 11, 12, 13]:

- filmy szkoleniowe,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- aplikacje interaktywne 3D,
- sieciowe aplikacje interaktywne 3D
- moduł e-learning,
- mobilne stanowisko szkoleniowe.

6. Innowacyjne rozwiązania maszyn i urządzeń górniczych poprawiających bezpieczeństwo pracy – wybrane przykłady

6.1. Zeroemisyjne napędy urządzeń transportowych przeznaczone do stosowania w podziemiach kopalń

Z raportów WUG [22] wynika, że wciąż duża liczba wypadków ma miejsce na drogach transportowych. W celu poprawy tego stanu od lat w ITG KOMAG prowadzone są prace nad innowacyjnymi, bezpiecznymi rozwiązaniami systemów transportu. Ich wyniki pozwoliły na zastąpienie niezwykle wypadkogennego transportu linowego urządzeniami transportowymi z napędem spalinowym. Zebrane z biegiem lat doświadczenia wskazują, że mimo wielu zalet, urządzenia te charakteryzują się ograniczeniami, jak np. emisja toksycznych składników spalin oraz emisja zwiększonej ilości ciepła do atmosfery kopalnianej.

Rozwój w ostatnim okresie komponentów elektrycznych, bezpiecznych w eksploatacji w podziemiach kopalń, stworzył możliwość rozwoju nowoczesnych systemów transportu z napędem elektrycznym, w tym zasilanych z własnych źródeł. Napędy te stanowią ekologiczną alternatywę do stosowanych obecnie napędów spalinowych. W ITG KOMAG opracowano w ostatnich latach kilka innowacyjnych urządzeń transportowych z napędem elektrycznym.

6.1.1. Lokomotywa dołowa Ld-31 EM [8]

Lokomotywa dołowa elektryczna Ld-31EM (rys.6), 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 1 m/s.

Napędy tej lokomotywy bazują na bezszczotkowych silnikach z magnesami trwałymi, zasilanymi z przekształtników energoelektronicznych, za pośrednictwem których odbywa się sterowanie kierunkiem jazdy oraz prędkością. Każdy zestaw kołowy napędzany jest niezależnie, co umożliwia jazdę lokomotywy nawet w przypadku awarii jednego z napędów.

Lokomotywa Ld-31EM 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 zmien-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ną, maksymalną prędkością, w zależności od rodzaju transportu. Sterowanie lokomotywy może być realizowane z kabiny oraz opcjonalnie, z prędkością manewrową, zdalnie (radiowo), spoza kabiny.



Rys.6. Lokomotywa Ld-31EM [8]

Prezentowana lokomotywa 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 lokomotyw.

Producentem lokomotywy Ld-31EM jest firma Energio-Mechanik Sp. z o.o. w Strzelcach Opolskich.

6.1.2. Podwieszony ciągnik typu PCA -1 [3]

Pierwszą opracowaną przez specjalistów KOMAG-u, aplikacją przemysłową górniczego urządzenia transportowego zasilanego z baterii akumulatorów jest podwieszony ciągnik typu PCA -1 (rys. 7).



Rys.7. Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1[3]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Ciągnik jest przewidziany do prac manewrowych prowadzonych w podziemnych wyrobiskach zagrożonych wybuchem. Konstrukcja zasilania i sterowania została zaprojektowana w sposób umożliwiający doładowanie baterii akumulatorów również w miejscach zagrożonych atmosferą wybuchową. Możliwe jest elastyczne dostosowanie ciągnika do wymagań użytkowników m.in. poprzez współpracę z wciągnikami z napędem ręcznym lub wciągnikami z napędem elektrycznym.

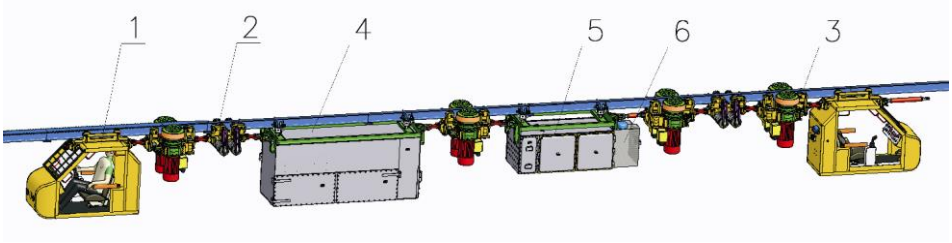
Producentem ciągnika PCA-1 jest firma Hellfeier Sp. z o.o. z Rudy Śląskiej.

6.1.3. Podwieszony ciągnik akumulatorowy GAD-1 [3]

Kolejnym rozwiązaniem urządzenia z napędem akumulatorowym opracowanym przez specjalistów ITG KOMAG (przy współpracy z firmą NAFRA Sp. z o.o. w ramach projektu celowego nr ROW-III-106/2010) jest ciągnik akumulatorowy typu GAD -1 do szynowych kolei podwieszonych (rys. 8).



Rys.8. Podwieszony ciągnik akumulatorowy GAD-1[3]



Rys.9. Budowa ciągnika GAD-1 [3] *(1 - kabina operatora, 2 - zespół hamulcowy, 3 - wózek napędowy, 4 - skrzynia akumulatorowa, 5 - zespół sterowania i aparatury energoelektronicznej, 6 - zespół zasilania hydraulicznego)*

W konstrukcji ciągnika zastosowano szereg innowacyjnych rozwiązań, w tym: silniki elektryczne z magnesami trwałymi, ogniwa akumulatorowe,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

energoelektronikę, układy sterowania oraz układy mechaniczne. Jedną z cech ciągnika jest zdolność dynamicznej zmiany systemu napędowego z ciernego na zębatkowy i odwrotnie. Ogólną budowę ciągnika pokazano na rysunku 9.

Aktualnie ciągnik znajduje się w końcowym stadium procesu oceny zgodności realizowanego przez jednostkę notyfikowaną.

6.2. Nowe rozwiązania powietrzno-wodnych instalacji zraszających

Zapylenie powietrza kopalnianego stanowi ciągle znaczące zagrożenie dla pracujących załóg górniczych, tak w zakresie długotrwałej ekspozycji na działanie pyłu i wynikających stąd chorób zawodowych (pylica), jak i możliwości wybuchu pyłu węglowego prowadzącego do katastrof górniczych.

Główne źródła zapylenia to:

- urabianie calizny węglowej,
- przesuwanie sekcji obudowy zmechanizowanej,
- drążenie wyrobisk korytarzowych,
- rozdrabnianie i transport urobku.

W ITG KOMAG od szeregu lat prowadzone są prace badawczo-rozwojowe nad skutecznymi, powietrzno-wodnymi systemami zraszania. Opracowano i wdrożono powietrzno-wodne instalacje zraszające do kombajnów ścianowych typów KSW-460NE, KSW-1140EZ, KSW-880EU, KSW-1500EU (produkowane przez ZZM S.A.) [8] oraz do kombajnów chodnikowych typów R-200, R-50, R-130,AM-50 ZW (produkowanych przez REMAG S.A.) [8].

Dostrzegając zagrożenie rozprzestrzeniającym się pyłem węglowym w obrębie przesypów przenośników taśmowych w ostatnim okresie opracowano nowe, innowacyjne rozwiązania instalacji powietrzno-wodnych, którymi są [1, 2]:

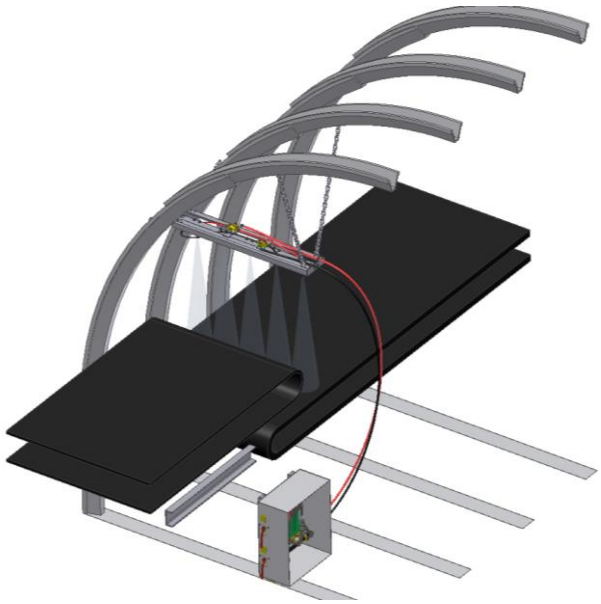
- system zraszania do przenośników typu VIRGA, ze sterowaniem ręcznym (rys. 10) lub automatycznym (rys. 11),
- urządzenie zraszające BRYZA 1200/B (rys. 12),
- chodnikowa zapora przeciwpyłowa CZP-BRYZA (rys. 13).

Producentem systemów zraszania typu VIRGA jest firma Hellfeier Sp. z o.o. z Rudy Śląskiej. Pierwsze wdrożenie trzech egzemplarzy tego urządzenia, ze sterowaniem automatycznym nastąpiło w KWK „Brzeszcze”, potwierdzając zakładaną skuteczność redukcji pyłu przy zminimalizowaniu zużycia wody do 2dm^3/min. i sprężonego powietrza do 300 dm^3/min.[2]

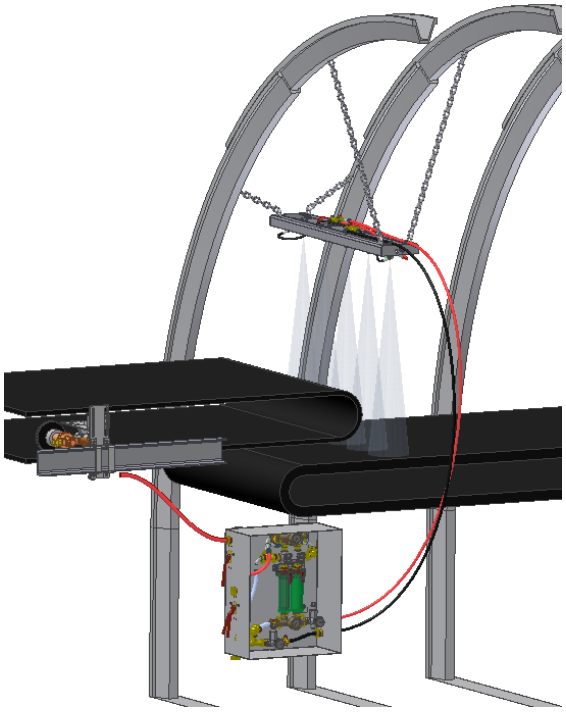
Producentem urządzeń zraszających typu BRYZA jest firma FI-W Elektron. Pilotowe egzemplarze urządzenia zraszającego typu BRYZA 1200/B poddano próbom stanowiskowym, a następnie miesięcznym próbom dołowym w kopalni LW „Bogdanka”, podczas których sprawdzono niezawodność działania

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

urządzenia oraz jego skuteczność w redukcji zapylenia. Wyniki prób zaowocowały złożeniem przez LW „Bogdanka" zamówienia na 20 egz. tego urządzenia.

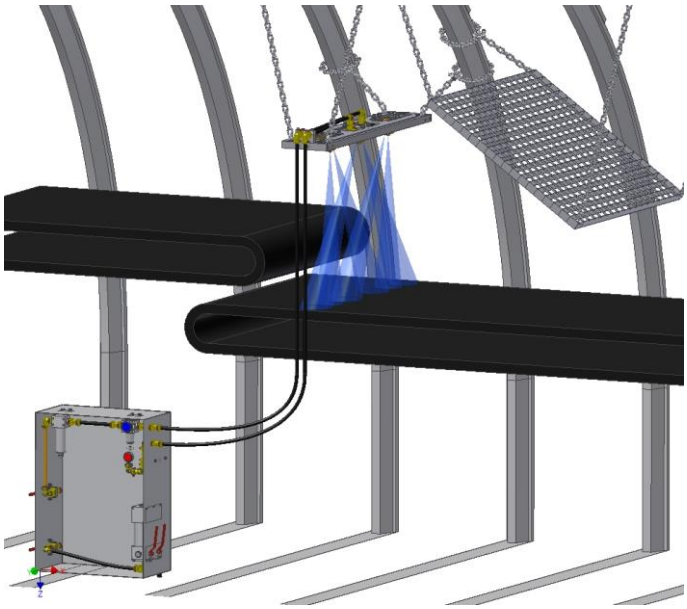


Rys.10. Urządzenie zraszające systemu VIRGA, ze sterowaniem ręcznym [2]

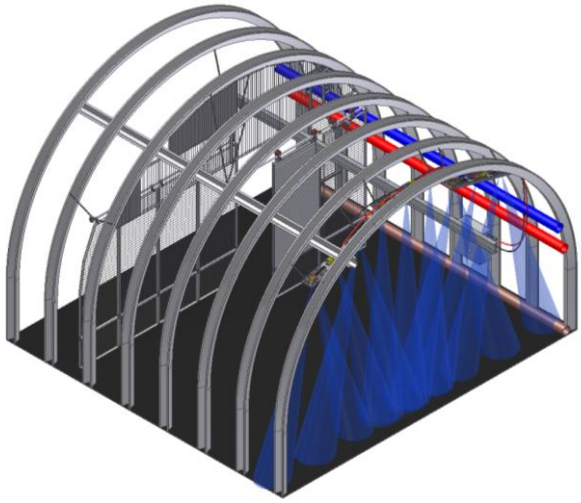


Rys.11. Urządzenie zraszające systemu VIRGA, ze sterowaniem automatycznym [2]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.12. Zraszacz przesypu BRYZA 1200/B [1]



Rys.13. Chodnikowa zapora przeciwpyłowa CZP-BRYZA [1]

Urządzenie zraszające typu BRYZA 1200/B oraz chodnikowa zapora przeciwpyłowa BRYZA-CZP były, z pozytywnym rezultatem, testowane w KWK „Budryk" [1].

Należy podkreślić, że wszystkie wymienione powyżej urządzenia osiągają pozytywne rezultaty w redukcji zawartości pyłu w powietrzu kopalnianym przy zmniejszonym wydatku wody, w porównaniu do tradycyjnych systemów zraszania wodnego.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

7. Podsumowanie

We współczesnym górnictwie ludzie techniki, zarówno naukowcy jak i inżynierowie-praktycy, oprócz klasycznych zadań związanych z tworzeniem innowacyjnych technologii i technik, stają przed szeregiem nowych lub znacząco zmieniających się wyzwań, związanych z bezpieczeństwem pracy. Największe oddziaływanie na tworzenie innowacyjnych i bezpiecznych rozwiązań ma niewątpliwie faza eksploatacji gotowych produktów i technologii. Opisane w tym opracowaniu przykłady działalności Instytutu Techniki Górniczej KOMAG wspierające Wyższy Urząd Górniczy w zakresie zwiększenia bezpieczeństwa pracy są przykładem łączenia wiedzy, umiejętności i doświadczeń zawodowych, a także umiejętności współpracy ze specjalistami z różnych dziedzin, umożliwiających skuteczne wykonywanie zadań z obszaru tworzenia bezpiecznych technologii i produktów.

Literatura

1. Bałaga D., Siegmunt M., Urbanek A.: Nowe rozwiązania urządzeń zraszających ograniczające zagrożenie pyłowe w górnictwie. Maszyny Górnicze 2012 nr 2.
2. Bałaga D., Siegmunt M., Ryszka L.: System powietrzno-wodnego zraszania na drogach odstawy urobku. Monografia KOMTECH 2012: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. ITG KOMAG, Gliwice 2012.
3. Budzyński Z., Drwięga A., Kaczmarczyk K., Pieczora E.: Innowacyjne rozwiązania górniczych urządzeń transportowych z napędem akumulatorowym. Maszyny Górnicze 2012 nr 1 s. 19-25.
4. Domańska D.: Ogólne zasady badania i oceny stanu technicznego obudowy szybu w trakcie jego eksploatacji. Bezpieczeństwo i Higiena Pracy w Górnictwie. Miesięcznik Wyższego Urzędu Górniczego, nr 9(181)/2009.
5. Domańska D.: Uwagi o projektowaniu wlotów szybowych z wykorzystaniem techniki komputerowej. Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Monografia – nr 8. Gliwice 2010.
6. Domańska D.: Określanie wytrzymałości na ściskanie materiału obudowy szybu w czasie jego użytkowania. Przegląd Górniczy nr 3-4/2011.
7. Domańska D.: Initial assessment of safety of concrete lining of shaft inlets using numerical calculations. AGH Journal of Mining and Geoengineering. Quarterly of AGH University of Science and Technology. Formerly GÓRNICTWO I GEOINZYNIERIA. 2012, Vol. 36, No.2. Wydawnictwa AGH, Kraków 2012.
8. Kozieł A., Malec M., Pieczora E.: Innovative solutions of KOMAG Institute of Mining Technology for improvement of work safety in the mining industry. Materiały na konferencję: 22nd World Mining Congress & Expo, vol.I, Istanbul, 11-16 September 2011 s. 769-775.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

9. Lesisz R., Michalak D.: Zastosowanie interaktywnych aplikacji w szkoleniach pracowników górniczych zakładów podziemnych. Mechanik 2011 nr 7 s. 485-492.
10. Madejczyk W.: Badania laboratoryjne sekcji obudowy zmechanizowanej w aspekcie spełnienia wymagań zawartych w załączniku nr 4 do Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28.06.2002 r. Maszyny Górnicze 2008 nr 2.
11. Michalak D., Rozmus M., Jaszczyk Ł., Lesisz R.: Zastosowanie wybranych technologii informacyjno-komunikacyjnych w szkoleniach użytkowników kolejek podwieszonych. KOMTECH 2009, Innowacyjne, bezpieczne oraz efektywne techniki i technologie dla górnictwa. Człowiek - Maszyna - Środowisko, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2009.
12. Michalak D., Rozmus M.: Multimedialne materiały szkoleniowe dla kopalń węgla kamiennego - ocena stanu obecnego oraz kierunki rozwoju. Maszyny Górnicze, nr 2/2010.
13. Michalak D., Rozmus M., Lesisz R., Jaszczyk Ł.: Interaktywne formy kształtowania bezpieczeństwa pracy w górnictwie, KOMTECH 2010, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo – Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2010.
14. Stępor J., Szyguła M., Cieślak Z., Jenczmyk D., Gerlich J., Chlebek D., Mazurek K.: Współpraca w jednej ścianie różnych typów sekcji obudowy zmechanizowanej(I.). Wiadomości Górnicze 12/2010.
15. Stępor J., Szyguła M., Cieślak Z., Jenczmyk D., Gerlich J., Chlebek D., Mazurek K.: Współpraca w jednej ścianie różnych typów sekcji obudowy zmechanizowanej(II.). Wiadomości Górnicze 01/2011.
16. Warzecha M., Jasiulek D., Rogala-Rojek J., Piecha A., Jura J.: iRIS - System identyfikacji maszyn, urządzeń, środków trwałych oraz transportu. Monografia. KOMTECH 2011, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011 s. 99-110.
17. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa, higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenie przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U.Nr 139 poz.1169 z póź. zmianami).
18. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 9 czerwca 2006 r. (Dz.U.Nr 124, poz. 863) zmieniającego rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenie ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U.Nr 139 z 2002 r. poz.1169).
19. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21.10.2008 r., w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz.U.Nr. 199 poz.1228).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

20. Ustawa z dnia 09 czerwca 2011 r. – Prawo górnicze i geologiczne (Dz.U. Nr 163 poz.981).
21. PN-EN 1804-1+A1:2011. Maszyny dla górnictwa podziemnego. Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej – część 1: Sekcje obudowy i wymagania ogólne.
22. www.wug.gov.pl

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Współpraca ITG KOMAG z Wyższym Urzędem Górniczym na przykładzie badań i oceny wyrobów w procesie ich dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych

Andrzej Figiel, Jan Małecki – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

1. Wprowadzenie

Zgodnie z ustawą z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze [1] do zadań Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego, będącego centralnym organem administracji rządowej, działającym pod nadzorem ministra właściwego do spraw środowiska, należy m.in. inicjowanie prac naukowo-badawczych i przedsięwzięć w zakresie poprawy bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia w górnictwie, wdrażania postępu technicznego w dziedzinie górnictwa, racjonalnej gospodarki złożami kopalin oraz ograniczenia uciążliwości oddziaływania górnictwa na ludzi i środowisko, jak również sprawowanie nadzoru nad wyrobami wprowadzonymi do obrotu w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności [2], w odniesieniu do wyrobów przeznaczonych do stosowania w ruchu zakładu górniczego.

Działalność Instytutu Techniki Górniczej KOMAG, zarówno w zakresie wdrażania postępu technicznego, jak również udziału w krajowym i europejskim systemie oceny zgodności wyrobów oraz ich dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych jest zbieżna z misją i celami Wyższego Urzędu Górniczego.

2. Ocena zgodności maszyn i urządzeń górniczych z wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa

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 akredytowaną jednostkę certyfikującą wyroby z wymaganiami przepisów górniczych, w ramach systemu nadzorowanego przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego.

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 Euro-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

pejskiej 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 zasadniczymi wymaganiami, których spełnienie jest obowiązkowe.

Kierując się potrzebą zapewnienia bezpieczeństwa stosowania wyrobów w warunkach zagrożeń występujących w ruchu krajowych zakładów górniczych, w tym bezpieczeństwa osób wykonujących czynności w ruchu zakładu, pewne rodzaje wyrobów, wyłączonych z zakresu stosowania dyrektyw (np. górnicze wyciągi szybowe) lub dla których nie ustanowiono dyrektywy (np. urządzenia elektryczne na napięcie znamionowe powyżej 1 kV AC i 1,5 kV DC) podlegają badaniom prowadzonym przez akredytowane jednostki certyfikujące wyroby, a następnie dopuszczeniu do stosowania w zakładzie górniczym w oparciu o decyzję Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego. Wykaz wyrobów, wymagania techniczne dla wyrobów, znaki dopuszczenia oraz sposób oznaczania wyrobów tymi znakami określa Załącznik nr 1 do rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych [3].

Jedną z akredytowanych jednostek certyfikujących wyroby, które badają wyroby przed wydaniem decyzji o dopuszczeniu, jest Instytut Techniki Górniczej KOMAG Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca. Działalność instytutu w zakresie badań i oceny maszyn i urządzeń górniczych posiada wieloletnią tradycję.

3. Rys historyczny

Instytut Techniki Górniczej KOMAG kontynuuje działalność w zakresie badań i oceny maszyn górniczych zapoczątkowaną 40 lat temu w Zakładach Konstrukcyjno-Mechanizacyjnych Przemysłu Węglowego w Gliwicach. Początkowo, na podstawie zarządzenia nr 3 Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego z dnia 6 kwietnia 1971 r. w sprawie dopuszczania do eksploatacji w podziemnych zakładach górniczych typów maszyn i elementów urządzeń wyciągowych przeznaczonych do jazdy ludzi szybami [4], badania i ocena ich wyników ograniczała się do maszyn wyciągowych górniczych wyciągów szybowych. Zarządzenie Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego, wydane na podstawie § 173 rozporządzenia Prezesa Rady Ministrów z dnia 1 sierpnia 1969 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy oraz bezpieczeństwa pożarowego w podziemnych zakładach górniczych [5], nałożyło obowiązek, aby do wniosku o dopuszczenie do stosowania maszyn i elementów górniczych wyciągów szybowych dołączyć opinię dotyczącą przedmiotu dopuszczenia wydaną przez odpowiedni instytut, zakład naukowo-badawczy, względnie rzeczoznawcę. Dopuszczenia do stosowania wydawane były wówczas w formie pism Departamentu Energo-Mechanicznego Wyższego Urzędu

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Górniczego, na czas nieokreślony. Proces badań i oceny maszyn i urządzeń systemu transportu pionowego z jazdą ludzi, w ramach postępowania określonego w wyżej wymienionych przepisach, był podstawowym elementem zapewnienia wymaganego poziomu bezpieczeństwa przed ich oddaniem do ruchu w zakładzie górniczym.

W celu przeprowadzania badań maszyn i urządzeń systemu transportu pionowego w sposób systemowy, w byłych Zakładach Konstrukcyjno-Mechanizacyjnych Przemysłu Węglowego w Gliwicach, a obecnie Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, utworzono w 1972 roku Zespół Atestacji Maszyn Wyciągowych. Zespół ten rozpoczął działalność, jako pierwsza jednostka organizacyjna tego typu w resorcie górnictwa i kontynuuje ją nieprzerwanie do dzisiaj. Przez pierwsze trzy dekady działalność w zakresie badań i oceny nazywano atestacją.

Celem badań i oceny (atestacji) było wykazanie zgodności budowy i działania maszyn wyciągowych z warunkami i wymogami zawartymi w obowiązujących przepisach, normach i aktach normatywnych, które w miarę rozwoju nauki, techniki i technologii produkcji były stale rozszerzane.

Akty prawne oraz zbiory wymagań technicznych dotyczących urządzeń transportu pionowego, zawarte są w literaturze przytoczonej od poz. [4] do [11]. Dokumenty te mają charakter nie tylko historyczny, ale również praktyczny, ponieważ wyciągi szybowe i ich elementy będące w eksploatacji uzyskują tzw. „prawa nabyte". Zgodnie z nimi, maszyny wyciągowe i elementy górniczych wyciągów szybowych wprowadzone do eksploatacji - mające zezwolenie na oddanie do ruchu w zakładzie górniczym, wydane przez organ nadzoru górniczego - zachowują prawnie moc obowiązującą do czasu ich „technicznego zużycia", zgodnie z ustalonymi warunkami technicznymi stosowania, o ile nie zostały ustalone inne ograniczenia w tym zakresie, albo nie stwierdza się pogorszenia ich stanu technicznego, czy występowania ukrytych wad.

Zarządzenie nr 37 Ministerstwa Przemysłu z dnia 13 stycznia 1989 r. w sprawie dopuszczania maszyn i urządzeń do stosowania w podziemnych wyrobiskach górniczych [11] rozszerzyło zakres maszyn i urządzeń górniczych podlegających dopuszczeniu. Dopuszczenie wydawano na podstawie m.in. orzeczenia opracowanego przez właściwe jednostki, upoważnione do prowadzenia badań i wydawania orzeczeń atestacyjnych. Począwszy od 1 marca 1992 r. Wyższy Urząd Górniczy wydaje dopuszczenia do stosowania maszyn i urządzeń w formie decyzji.

29 marca 1991 r. w Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG został utworzony, w oparciu o pracowników Zespołu Atestacji Maszyn Wyciągowych, Zakład Badań Atestacyjnych - jednostka organizacyjna upoważniona przez Ministra Przemysłu do przeprowadzania badań i wydawania orzeczeń atestacyjnych maszyn wyciągowych, kombajnów ścianowych, przenośników zgrzebłowych, strugów węglowych, przenośników taśmowych, wentylatorów lutniowych, odpylaczy suchych i mokrych, kombajnów chodnikowych, ładowarek gąsienicowych, wozów

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

i manipulatorów wiertniczych, kolejek linowych podwieszonych i spągowych, kołowrotów i ciągników linowych, wiertarek obrotowo-udarowych i młotów hydraulicznych, agregatów hydraulicznych, pomp wirnikowych do wody, silników hydraulicznych, lokomotyw górniczych spalinowych, strumienic powietrznych oraz wyposażenia elektrycznego maszyn i urządzeń górniczych.

Wraz z wejściem Polski do Unii Europejskiej (1 maja 2004 r.) i przyjęciem dyrektyw nowego podejścia, zmianie uległ sposób potwierdzania zgodności wyrobów z wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa. Wyroby podlegają ocenie zgodności prowadzonej, zgodnie z ustawą z 30 sierpnia 2002 r. [2] oraz rozporządzeniami właściwych ministrów wdrażającymi dyrektywy nowego podejścia do krajowego systemu prawnego, przez producenta oraz, w pewnych przypadkach, przez jednostki notyfikowane.

Dopuszczanie wyrobów do stosowania w zakładach górniczych zostało utrzymane, ograniczeniu jedynie uległ zakres wyrobów podlegających dopuszczeniu. Bezpośrednim powodem utrzymania oceny dokonywanej w ramach procedury, której zasady regulowało rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych [16], było wyłączenie pewnych rodzajów wyrobów z postanowień dyrektywy odnoszących się do maszyn oraz urządzeń elektrycznych, jak również konieczność oceny poprawności współpracy maszyn i urządzeń tworzących systemy technologiczne (kompleksy ścianowe i chodnikowe) oraz systemy bezpieczeństwa. Ryzyko związane ze stosowaniem systemów technicznych (zespołu powiązanych funkcjonalnie ze sobą maszyn) w podziemnych zakładach górniczych nie zależy tylko od cech konstrukcyjnych poszczególnych maszyn. W procesie oceny kompleksów wydobywczych i przodkowych należy uwzględnić m.in. kompatybilność współpracujących ze sobą maszyn, warunki ich stosowania, bezpieczeństwo przeciwwybuchowe, dobór urządzeń elektrycznych do kategorii zagrożeń występujących w przewidywanym miejscu pracy, jak również wymaganą przepisami górniczymi, funkcjonalność.

Obecnie działalność w zakresie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych reguluje ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. - Prawo geologiczne i górnicze [1].

4. Działalność Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej

Kontynuując wieloletnią tradycję ITG KOMAG Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca prowadzi badania i potwierdza zgodność maszyn i urządzeń górniczych z wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa.

Podstawą obecnej działalności Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej jest:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- akredytacja Polskiego Centrum Akredytacji (certyfikat akredytacji nr AC 023) w odniesieniu do certyfikacji maszyn i urządzeń, głównie górniczych oraz, zgodnie z z Art. 113. ust. 3 ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze [1], w odniesieniu do badań wyrobów przed złożeniem wniosku o wydanie dopuszczenia do stosowania w ruchu zakładu górniczego [16] tj. elementów górniczych wyciągów szybowych (urządzeń sygnalizacji i łączności szybowej, wciągarek wolnobieżnych, kół linowych), wyrobów stosowanych w wyrobiskach podziemnych m.in. urządzeń transportu linowego, kolejek podwieszonych, kolejek spągowych, wozów do przewozu osób, wozów specjalnych, maszyn i urządzeń elektrycznych, aparatury łączeniowej na napięcie powyżej 1 kV prądu przemiennego lub powyżej 1,5 kV prądu stałego, systemów łączności, bezpieczeństwa i alarmowania, a także zintegrowanych systemów sterowania kompleksów wydobywczych i przodkowych,
- akredytacja Polskiego Centrum Akredytacji (certyfikat akredytacji nr AC 165) w odniesieniu do certyfikacji systemów zarządzania jakością ISO 9001,
- notyfikacja Komisji Europejskiej (nr 1456) do wypełniania zadań określonych w dyrektywach: 2006/42/WE (MD), 94/9/WE (ATEX), 2006/95/WE (LVD), 2009/48/WE (TOY), w tym przeprowadzania badania typu WE maszyn szynowych (lokomotyw i wózków hamulcowych), hydraulicznych obudów zmechanizowanych, silników spalinowych, urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem oraz zatwierdzania systemów jakości w zakresie produkcji urządzeń budowy przeciwwybuchowej.

W celu potwierdzenia zgodności wyrobów z wymaganiami norm i/lub innych dokumentów normatywnych odnoszących się do certyfikowanego lub ocenianego wyrobu Instytut Techniki Górniczej KOMAG, w większości przypadków, wykonuje badania we własnych, akredytowanych przez Polskie Centrum Akredytacji, laboratoriach:

- Laboratorium Badań - akredytacja (nr AB 039) w zakresie badań sekcji obudowy zmechanizowanej i jej zespołów, podpór (stojaków) i siłowników hydraulicznych, przewodów hydraulicznych, hydraulicznych rurociągów przesyłowych, stojaków ciernych, obudów chodników z odrzwiami podatnymi z kształtowników korytkowych, rozpór stalowych, siatek okładzinowych, zaworów hydraulicznych, hydraulicznych układów sterowania, wyrobów konstrukcyjnych,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- 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, wyposażenia elektrycznego maszyn oraz urządzeń elektrycznych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem gazów (rodzaj zabezpieczenia „i", „e", „n", „m"),
- Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska - akredytacja (nr AB 910) m.in. w zakresie badań:
- wyrobów metalowych oraz powłok ochronnych - skład chemiczny, grubość, twardość, chropowatość, odporność na korozję oraz identyfikacja wad powierzchniowych i wewnętrznych,
- nieniszczących złączy spawanych,
- właściwości mechanicznych użytkowanych artykułów dziecięcych,
- właściwości mechanicznych i fizycznych oraz palności zabawek,
- bezpieczeństwa zabawek elektrycznych,
- migracji pierwiastków z artykułów dla dzieci, w tym zabawek,
- zawartości ftalanów w artykułach dziecięcych, w tym zabawkach oraz wyrobach z tworzyw sztucznych,
- obecności i zawartości amin aromatycznych oraz barwników azowych w artykułach dziecięcych, w tym zabawkach oraz wyrobach tekstylnych,
- bezpieczeństwa wyposażenia placów zabaw oraz nawierzchni,
- zawartości kadmu, barwników, formaldehydu i związków lotnych w wyrobach, w tym artykułach dla dzieci,
- migracji monomerów, plastyfikatorów, przeciwutleniaczy, MBT (2-merkaptobenzotiazol) oraz bisfenolu A z artykułów dla dzieci,
- wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością w zakresie migracji globalnej i zawartości formaldehydu,
- sprzętu elektrycznego i elektronicznego w zakresie zawartości ołowiu, kadmu, sześciowartościowego chromu i rtęci oraz polibromowanych bifenyli (PBB) i polibromowanych eterów difenylowych (PBDE),

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– wyrobów tekstylnych i skórzanych oraz środków suszących w zakresie zawartości fumaranu dimetylu.

Działalność Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej Instytutu Techniki Górniczej KOMAG odbywa się zgodnie z procedurami i metodykami badań w ramach systemu zarządzania spełniającego wymagania norm PN-EN 45011:2000, PN-EN ISO IEC 17021:2011, PN-EN ISO 9001:2009, które są systematycznie rozwijane, udoskonalane i z powodzeniem stosowane od lat. Doskonaląc procedury badawcze złożonych obiektów technicznych np. elementów wyciągów szybowych, w których do realizacji funkcji sterowniczych i zabezpieczających wykorzystuje się sterowniki programowalne, wdrożono procedury pozwalające na weryfikacją oprogramowania oraz kompleksową ocenę urządzeń zbudowanych w oparciu o technikę cyfrową. Dodatkowo wykonawców finalnych obiektów technicznych, których z racji złożonej budowy nie można w całości poddać próbom stanowiskowym i/lub charakteryzujących się nowatorską konstrukcją, Prezes Wyższego Urzędu Górniczego w swoim postanowieniu zobowiązuje do przeprowadzenia prób, w warunkach ruchu zakładu górniczego, zgodnie z programem prób zaakceptowanym przez Zakład Badań Atestacyjnych Jednostkę Certyfikującą Wyroby.

Doświadczenie, kompetencje kadry naukowo-technicznej, zaplecze badawcze oraz wdrożone procedury oceny zgodności Instytutu Techniki Górniczej KOMAG oraz współpraca z Wyższym Urzędem Górniczym powodują, że wyroby badane i ocenione w instytucie są zgodne z właściwymi przepisami prawnymi, jak również zgodne z ogólnymi i szczególnymi zasadami techniki, co oznacza, że charakteryzują się poziomem bezpieczeństwa odpowiednim dla ich stosowania w ruchu zakładów górniczych.

5. Podsumowanie

Instytut Techniki Górniczej KOMAG od wielu lat współpracuje z Wyższym Urzędem Górniczym w zakresie badań i oceny wyrobów w procesie ich dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych. Działalność badawcza prowadzona w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, dzięki doświadczeniu i kompetencji personelu technicznego, wdrożonym systemom zarządzania spełniającym wymagania norm europejskich, współpracy z laboratoriami o uznanych i potwierdzonych kompetencjach oraz akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji w Warszawie, dostarcza jednoznacznej odpowiedzi, czy przebadane wyroby, spełniają odnoszące się do nich wymagania techniczne. Działalność badawcza Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w ramach systemu dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych, nadzorowanego przez Prezesa Wyższego Urzę-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

du Górniczego, jest jednym z istotnych elementów, który przyczynia się do zapewnienia i podniesienia poziomu bezpieczeństwa.

Literatura

1. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. - Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2011 r. Nr 163, poz. 981).
2. Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz.U. z 2002 r. Nr 166, poz.1360 wraz z późniejszymi zmianami).
3. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych (Dz. U. z 2004 r. Nr 99, poz. 1003 wraz z późniejszymi zmianami).
4. Zarządzenie nr 3 Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego z dnia 6 kwietnia 1971 r. w sprawie dopuszczania do eksploatacji w podziemnych zakładach górniczych typów maszyn i elementów urządzeń wyciągowych przeznaczonych do jazdy ludzi szybami – obowiązujące od 1 stycznia 1970 r. w stosunku do wymienionych w załączniku nr 1.
5. Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 1 sierpnia 1969 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy oraz bezpieczeństwa pożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz. U. z 1969 r. Nr 24, poz. 176).
6. Ustawa z dnia 4 lutego 1994 r. - Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2005 r. Nr 228, poz. 1947 z późniejszymi zmianami).
7. Przepisy technicznej eksploatacji kopalń węgla kamiennego zatwierdzone do użytku służbowego 21 maja 1951 r. przez Ministerstwo Górnictwa.
8. Zarządzenie nr 38 Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 10 października 1973 r. (Znak: DG 8859/73) wprowadzające w życie „Szczegółowe przepisy w sprawie prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny i brunatny” – obowiązujące od 1 stycznia 1974 r., zmienione w 1979 r. oraz w 1983 r.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

9. Zarządzenie nr 9 Ministra Hutnictwa z dnia 16 lipca 1979 r. w sprawie prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych resortu hutnictwa wprowadzające „Szczegółowe przepisy w sprawie prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych resortu hutnictwa" stanowiące załącznik do zarządzenia - obowiązujące od 1 stycznia 1980 r.
10. Zarządzenie Nr 14 Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 28 czerwca 1984 r. (znak: GW-2/2523/84) wprowadzające w życie „Szczegółowe przepisy prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny i brunatny"– obowiązujące od 1 listopada 1984 r.
11. Zarządzenie nr 37 Ministerstwa Przemysłu z dnia 13 stycznia 1989 r. w sprawie dopuszczania maszyn i urządzeń do stosowania w podziemnych wyrobiskach górniczych - obowiązujące od 13 stycznia 1989 r., zmienione Zarządzeniem Nr 29 z dnia 29 sierpnia 1990 r. i Zarządzeniem Nr 7 z dnia 29 marca 1991 r.
12. Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 24 sierpnia 1994 r. w sprawie dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych maszyn, urządzeń i materiałów oraz środków strzałowych i sprzętu strzałowego (Dz. U. Nr 92, poz. 434).
13. Rozporządzenie Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 14 kwietnia 1995 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz. U. Nr 67, poz. 342).
14. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 1 grudnia 1997 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz. U. Nr 3, poz. 96).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

15. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 lipca 2002 r. w sprawie dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych maszyn, urządzeń, materiałów oraz środków strzałowych i sprzętu strzałowego (Dz. U. Nr 125, poz. 1064).
16. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych (Dz. U. Nr 99, poz. 1003 z późniejszymi zmianami).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Systemowa ocena potencjalnego niebezpieczeństwa w rejonie ściany na podstawie poziomu występujących zagrożeń naturalnych

Stanisław Trenczek – Instytut Technik Innowacyjnych EMAG

1. Wprowadzenie

Polskie górnictwo węgla kamiennego prowadzi działalność w kopalniach, o zróżnicowanym poziomie i liczbie występujących zagrożeń naturalnych. Poziom niebezpieczeństwa w większości rejonów eksploatacyjnych – ścianowych – kształtuje stosunkowo duża liczba zagrożeń. Pomimo tego, że polskie górnictwo uznawane jest za jedno z bardziej bezpiecznych, to – niestety – często dochodzi do zdarzeń wypadkowych, a niekiedy do tragedii. Ze statystyk dotyczących tylko ostatniego dziesięciolecia wynika (tabela 1), że zginęło prawie 100 pracowników, a zaistniałych wypadków było ponad 4700.

Zestawienie wypadków związanych z zagrożeniami naturalnymi w kopalniach węgla kamiennego w latach 2002 - 2011 (źródło: opracowanie własne na podstawie [1])

Tabela 1

Wypadki	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Suma
śmiertelne	18	7	1	9	13	2	11	24	3	9	97
pozostałe	517	537	490	447	420	449	501	461	449	362	4633
Razem	535	544	491	456	433	451	512	485	452	371	4730

Po każdym wypadku rodzi się pytanie – czy musiało do niego dojść? Odpowiedzi zazwyczaj bywają różne, bowiem warunki naturalne nie są do końca przewidywalne. Stąd czyni się wiele, by poprowadzenie robót górniczych było dostosowane do poziomu występujących zagrożeń i aby wypadku uniknąć.

2. Główne czynniki decydujące o zagrożeniach naturalnych

Jednym z pierwszych ważnych elementów w procesie kształtowania bezpieczeństwa jest rozpoznanie poziomu zagrożeń naturalnych, a szczególnie wynikających z oddziaływania. W świetle obowiązujących przepisów [7], pokłady węgla lub ich rejony czy też wyrobiska pod względem występujących zagrożeń zaliczane są do:

- jednego z trzech stopni zagrożenia tąpaniami, głównie w zależności od dokonanego, bądź nie dokonanego odprężenia danego pokładu,
- jednej z czterech kategorii zagrożenia metanowego, przede wszystkim w zależności od maksymalnej, potwierdzonej badaniami, metanonośności danego pokładu,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- jednego z trzech stopni niebezpieczeństwa wybuchu metanu, występującego w wyrobisku znajdującym się w polu metanowym, w zależności od możliwości nagromadzenia się w powietrzu metanu i jego procentowej zawartości,
- jednej z dwóch kategorii zagrożenia wyrzutami gazów i skał, w zależności od wielkości metanonośności, jego desorpcji i zwięzłości węgla, a także możliwości wystąpienia zjawisk wyrzutowych, lub od całkowitej gazonośności i zwięzłości węgla; zaliczenie przez organ nadzoru górniczego,
- jednej z dwóch klas zagrożenia wybuchem pyłu węglowego, przede wszystkim w zależności od zawartości w węglu części lotnych i charakteru zabezpieczenia występującego pyłu węglowego,
- jednego z trzech stopni zagrożenia wodnego, w zależności od występowania w sąsiedztwie cieków, zbiorników wodnych i warstw wodonośnych oraz możliwości przedostania się z nich wody do projektowanych wyrobisk górniczych; zaliczenie przez organ nadzoru górniczego,
- jednej z dwóch klas, zagrożenia radiacyjnego naturalnymi substancjami promieniotwórczymi, w zależności od wielkości takich wskaźników zagrożenia, jak: stężenie energii potencjalnej alfa, krótkożyciowych produktów rozpadu radonu, moc dawki promieniowania gamma pochłoniętej w powietrzu, stężenie izotopów radu w wodach i aktywności właściwej izotopów radu w osadach; zaliczenie przez kierownika ruchu zakładu górniczego,
- jednej z trzech kategorii zagrożenia działaniem pyłów szkodliwych dla zdrowia, w zależności od wartości stężeń pyłu, wymagających stosowania odpowiedniej klasy sprzętu ochronnego układu oddechowego oraz jego skuteczności.

Z kolei zagrożenie pożarami endogenicznymi klasyfikowane jest [4] do jednej z pięciu grup samozapalności, w zależności od wartości wskaźnika samozapalności oraz energii aktywacji utleniania, a zagrożenie klimatyczne do jednego z trzech poziomów krytycznych, w zależności od temperatury pierwotnej górotworu [5].

Taki sposób rozpoznawania poziomu zagrożeń dokonywany jest przed rozpoczęciem eksploatacji. Stanowi zatem o potencjalnym poziomie niebezpieczeństwa, a rzeczywisty poziom określany jest podczas eksploatacji, i uwzględniane są zupełnie inne parametry.

3. Istota systemu kompleksowej oceny poziomu niebezpieczeństwa w rejonie ściany

Zarządzanie bezpieczeństwem w kopalniach jest wieloelementowe, i ma służyć przede wszystkim utrzymaniu bezpiecznych warunków pracy załogi i ruchu zakładu górniczego. Osoby decydujące o podejmowaniu decyzji i działań

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

na rzecz bezpieczeństwa posiadają ku temu różnorodne narzędzia. Zazwyczaj są to systemy wspomagające zarządzanie bezpieczeństwem, które obejmują monitorowanie zagrożeń naturalnych (związanych z atmosferą i geosferą) oraz monitorujące ruch kopalni [3, 9]. W zdecydowanej większości przypadków systemy te są ze sobą zintegrowane, co daje możliwość zbiorczej kontroli pewnych, określonych parametrów występujących zagrożeń, głównie w celu ochrony pracowników, wyrobisk oraz maszyn i urządzeń, włącznie z zatrzymaniem ich pracy, ruchu ściany oraz wycofaniem załogi.

Zestawienie zdarzeń z udziałem zagrożeń metanowego i pożarami endogenicznymi w latach 2003-2011 (źródło: opracowanie własne na podstawie [6])

Tabela 2

Lp.	Zakład górniczy	Data	Inicjał	Określenie miejsca	Wypadki (śm/c/l)	Skutek
1	Bielszowice	24.02. 2003	pożar szczelinowy płotu wzdłuż zrobów zawałowych	rejon skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym	0/13/19	zapalenie metanu
2	Sośnica	07.11. 2003	pożar endogeniczny w zrobach zawałowych ściany	rejon skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym	3/1/6	zapalenie i wybuch metanu
3	Halemba	21.11. 2006	pożar endogeniczny w zrobach – jeden z czterech hipotetycznych inicjałów	ściana w likwidacji	23/0/1	zapalenie i wybuch metanu
4	Mysłowice-Wesoła	13.01. 2008	pożar endogeniczny w otamowanym chodniku	rozcinka ściany	2/0/1	zapalenie i wybuch metanu
5	Borynia	4.06. 2008	pożar endogeniczny w zrobach – jeden z trzech hipotetycznych inicjałów	ściana	6/5/12	zapalenie i wybuch metanu
6	Mysłowice-Wesoła Ruch Wesoła	16.05. 2010	pożar endogeniczny w zrobach zawałowych ściany	rejon skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym	0/0/2	dwukrotne zapalenie metanu

Dotychczas nie było takiego systemu wspomagania decydentów, który w sposób kompleksowy określałby poziom niebezpieczeństwa w rejonie ściany, oceniany jest nie tylko w aspekcie poziomu potencjalnego niebezpieczeństwa na podstawie wiedzy o poziomach wszystkich występujących zagrożeń. Oceniane są także: poziom potencjalny, uwzględniający zagrożenia skojarzone oraz rzeczywisty poziom niebezpieczeństwa, zarówno dla wszystkich występujących

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

zagrożeń, jak i dla zagrożeń skojarzonych. Należy dodać, że pod pojęciem zagrożeń skojarzonych rozumiane jest współwystępowanie takich zagrożeń, których wzajemne oddziaływanie na siebie powoduje wzrost ogólnego zagrożenia. Najprostszym, a zarazem najdobitniejszym przykładem takich zagrożeń skojarzonych może być wariant z udziałem zagrożenia metanowego i zagrożenia pożarami endogenicznymi. Możliwość wystąpienia pożaru powoduje wzrost zagrożenia wybuchem metanu w zrobach. Jeśli już do takiej sytuacji dojdzie, to skutki tego bywają tragiczne – wypadki śmiertelne, ciężkie i lekkie, czego przykładem jest kilka zdarzeń z lat 2003-2011 [6] (tabela 2).

Kompleksową ocenę opracowano w ramach zrealizowanego projektu strukturalnego pt. „Informatyczny system wspomagania kompleksowego zarządzania zagrożeniami górniczymi" [2]. System posiada bazę danych o rejonach ścian, w tym:

- wyrobiskach górniczych (identyfikacja, lokalizacja, spełniane funkcje),
- potencjalnych poziomach wszystkich występujących zagrożeniach,
- osobach odpowiadających za prewencję zagrożeń.

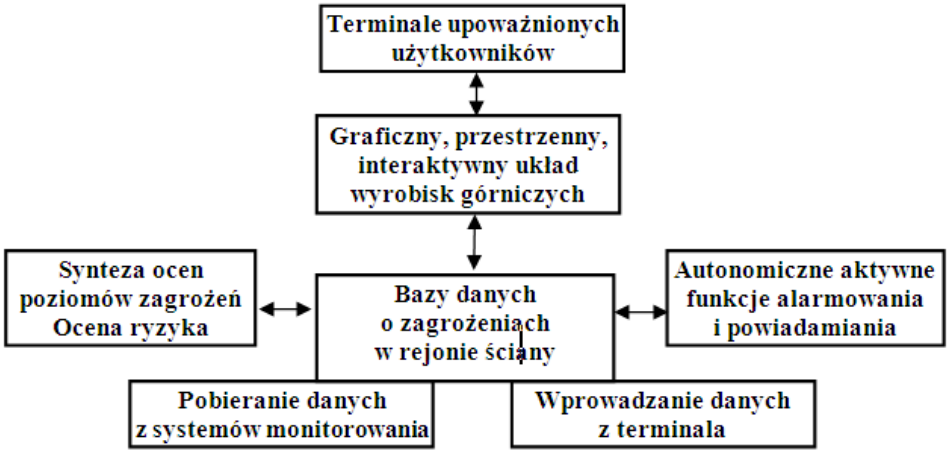
Został on dostosowany do geometrii układu wyrobisk górniczych i współpracuje z istniejącymi systemami automatycznego, indywidualnego monitoringu poszczególnych zagrożeń oraz uwzględnia strukturę organizacyjną kopalni i funkcjonujące procedury postępowania we wszystkich etapach profilaktyki zagrożeń. Podstawowymi jego funkcjami są:

- komunikacja pomiędzy serwerem centralnym, a terminalami poprzez sieć wewnętrzną,
- zbieranie danych z istniejących systemów monitorowania parametrów charakteryzujących poziomy zagrożeń (współpraca z innymi systemami monitoringu zagrożeń),
- gromadzenienie danych o niemonitorowanych zagrożeniach (z poziomu terminala),
- obliczanie i wizualizacja wskaźników określających poziom potencjalny i poziom rzeczywisty niebezpieczeństwa, na podstawie oceny wszystkich zagrożeń,
- obliczanie i wizualizacja wskaźników określających poziom potencjalny i poziom rzeczywisty niebezpieczeństwa, na podstawie oceny zagrożeń skojarzonych,
- ocena – dla rejonu ściany – poziomu ryzyka: utraty funkcjonalności wyrobisk i utraty zdrowia lub życia pracownika,
- sygnalizowanie zmian poziomu zagrożenia według kryteriów oceny ryzyka,
- uruchamianie zabezpieczeń chroniących załogę i ruch zakładu górniczego przed skutkami przekroczenia poziomu nietolerowalnego (wysyłanie komunikatów ostrzegawczych i alarmowanie o stanach krytycznych),

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– wizualizacja komunikatów z procedurami bezpieczeństwa,
– hierarchizacja dostępu do informacji,
– blokowanie niepożądanej ingerencji zewnętrznej.

Schemat ideowy struktury funkcjonalnej przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Schemat ideowy struktury funkcjonalnej Informatycznego Systemu Wspomagania Kompleksowego Zarządzania Zagrożeniami Górniczymi (źródło: opracowanie własne na podstawie [2])

4. Ocena potencjalnego poziomu niebezpieczeństwa

Pierwsza z ocen dotyczy poziomu potencjalnego, czyli określanego przed rozpoczęciem eksploatacji, na podstawie danych o poziomach p_i zaliczeń i klasyfikacji poszczególnych występujących zagrożeń (tabela 3). Brane są pod uwagę stopień przewidywalności zmian poziomu zagrożenia kn_i i stopień prawdopodobnych skutków wystąpienia zagrożenia ks_i (tabela 4) [8].

Po określeniu wagi zagrożenia wC_i, czyli wartości liczbowej przypisanej zagrożeniu:

$$wC_i = kn_i + ks_i \tag{1}$$

oraz wagi poziomu zagrożenia wpC_i, czyli wartości liczbowej przypisanej odpowiednim stopniom, kategoriom, klasom i grupom klasyfikacyjnym występującym przy zagrożeniu potencjalnym:

$$wpC_i = \frac{p_i C_i}{p_i C_{i\max}} \tag{2}$$

określa się wagę i-tego zagrożenia WzC_i jako:

$$WzC_i = wC_i \cdot wpC_i \tag{3}$$

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

oraz względny poziom potencjalnego niebezpieczeństwa W_WZN_P:

$$WWZNP = \frac{\Sigma WzC_i}{\Sigma W_w zC_{i\max}} \tag{4}$$

gdzie:

ΣWzC_i — jest sumą poszczególnych wartości wag każdego zagrożenia,

ΣW_WzC_{imax} — jest sumą wartości maksymalnych wskaźnika względnego obliczaną jako:

$$\sum W_w zC_{i\max} = WzC_{1\max} + WzC_{2\max} + WzC_{3\max} + WzC_{4\max} + WzC_{5\max} + WzC_{6\max} + WzC_{8\max} + WzC_{9\max} \tag{5}$$

przy czym nie uwzględnia ona zagrożenia wyrzutami gazów i skał (C_5) i zagrożenia radiacyjnego (C_7), które aktualnie w rejonach ścian nie występują.

W konsekwencji względny poziom potencjalnego niebezpieczeństwa uznaje się jako:

- *niski*, gdy: $W_WZNP \leq 0{,}2$,
- *średni*, gdy: $0{,}2 < W_WZNP \leq 0{,}4$,
- *wysoki*, gdy: $0{,}4 < W_WZNP \leq 0{,}6$,
- *bardzo wysoki*, gdy: $W_WZNP > 0{,}6$.

Zestawienie wartości liczbowych określających poziom zagrożenia [8]

Tabela 3

Zagrożenie	C_i	Rodzaj klasyfikacji	Poziom zagrożenia (p_i)						
			p_1=0	p_2=1	p_3=2	p_4=3	p_5=4	p_6=5	$p_{i\,max}$
tąpaniami	C_1	stopień	nietąpiące	I	II	III			3
metanowe	C_2	kategoria	niemetanowe	I	II	III	IV		4
wybuchem pyłu węglowego	C_3	klasa	nie występuje	A	B				2
działaniem pyłów szkodliwych	C_4	poziom	-	I	II	III	IV		4
wyrzutami gazów i skał	C_5	skłonność / kategoria	nie skłonny	skłonny	I	II			3
wodne	C_6	stopień	nie występuje	I	II	III			3
radiacyjne	C_7	klasa	nie występuje	A	B				2
pożarowe	C_8	grupa	-	I	II	III	IV	V	5
klimatyczne	C_9	poziom krytyczny	nie występuje	I	II	III			3

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Zestawienie wartości stopni przewidywalności i prawdopodobieństwa [8]

Tabela 4

Stopień przewidywalności			Stopień prawdopodobnych skutków		
Wartość kn_i	Ocena	Zagrożenie	Wartość ks_i	Ocena	Zagrożenie
0	nie ma potrzeby przewidywania	Nie występuje zagrożenie: – tąpaniami, – metanowe, – wybuchem pyłu węglowego, – działaniem pyłów szkodliwych dla zdrowia – wyrzutami gazów i skał, – wodne, – radiacyjne, – klimatyczne,	0	nie ma potrzeby przewidywania	Nie występuje zagrożenie: – tąpaniami, – metanowe, – wybuchem pyłu węglowego, – działaniem pyłów szkodliwych dla zdrowia, – wyrzutami gazów i skał, – wodne, – radiacyjne, – klimatyczne,
1	łatwo-przewidywalne	– wybuchem pyłu węglowego, – działaniem pyłów szkodliwych dla zdrowia, – wodne, – radiacyjne, – klimatyczne	1	bez wypadków śmiertelnych	– działaniem pyłów szkodliwych dla zdrowia, – wodne, – radiacyjne, – klimatyczne,
2	średnio-przewidywalne	– metanowe, – pożarowe	2	wypadki śmiertelne (kilka)	– tąpaniami, – pożarowe,
3	trudno-przewidywalne	– tąpaniami, – wyrzutami gazów i skał,	3	katastrofa	– metanowe, – wybuchem pyłu węglowego, – wyrzutami gazów i skał

Druga ocena dotyczy tylko tych zagrożeń, które współwystępując tworzą zagrożenia skojarzone, czyli o wzajemnym oddziaływaniu przyczynowo-skutkowym [8]. Bazuje ona na tych samych danych wejściowych, a w zależności od zagrożeń, które wchodzą w skład zagrożeń skojarzonych określone są konkretne ich warianty. Poziom niebezpieczeństwa wyznaczany jest na podstawie ***wskaźnika potencjalnych zagrożeń skojarzonych – WZSP–*W-X,** gdzie ***X*** jest oznaczeniem wariantu.

Wariant **Ia** – **W-Ia** – zagrożenia: tąpaniami, pożarem endogenicznym:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

$$WZSP - W - Ia = \frac{WzC_1 + WzC_8}{WzC_{1\max} + WzC_{8\max}} \tag{6}$$

Wariant **Ib** – **W-Ib** – zagrożenia: pożarem endogenicznym, klimatyczne:

$$WZSP - W - Ib = \frac{WzC_8 + WzC_9}{WzC_{8\max} + WzC_{9\max}} \tag{7}$$

Wariant **II** – **W-II** – zagrożenia: metanowe, wybuchem pyłu węglowego, pożarem endogenicznym:

$$WZSP - W - II = \frac{WzC_2 + WzC_3 + WzC_8}{WzC_{2\max} + WzC_{3\max} + WzC_{8\max}} \tag{8}$$

Wariant **IIIa** – **W-IIIa** – zagrożenia: tąpaniami, metanowe, wybuchem pyłu węglowego, pożarem endogenicznym:

$$WZSP - W - IIIa = \frac{WzC_1 + WzC_2 + WzC_3 + WzC_8}{WzC_{1\max} + WzC_{2\max} + WzC_{3\max} + WzC_{8\max}} \tag{9}$$

Wariant **IIIb** – **W-IIIb** – zagrożenia: metanowe, wybuchem pyłu węglowego, pożarem endogenicznym, klimatyczne:

$$WZSP - W - IIIb = \frac{WzC_2 + WzC_3 + WzC_8 + WzC_9}{WzC_{2\max} + WzC_{3\max} + WzC_{8\max} + WzC_{9\max}} \tag{10}$$

Wariant **IV** – **W-IV** – zagrożenia: tąpaniami, metanowe, wybuchem pyłu węglowego, pożarem endogenicznym, klimatyczne:

$$WZSP - W - IV = \frac{WzC_1 + WzC_2 + WzC_3 + WzC_8 + WzC_9}{WzC_{1\max} + WzC_{2\max} + WzC_{3\max} + WzC_{8\max} + WzC_{9\max}} \tag{11}$$

Poziom względnego potencjalnego niebezpieczeństwa zagrożeń skojarzonych określa się jako:

- *niski*, gdy: $W_W ZSP$–W-X ≤ 0,2,
- *średni*, gdy: 0,2 < $W_W ZSP$ –W-X ≤ 0,4,
- *wysoki*, gdy: 0,4 < $W_W ZSP$ –W-X ≤ 0,6,
- *bardzo wysoki*, gdy: $W_W ZSP$ –W-X > 0,6.

5. Ocena rzeczywistego poziomu niebezpieczeństwa

Doświadczenia z eksploatacji pokładów węgla pokazują, że często dochodzi do rozbieżności pomiędzy określonym wcześniej potencjalnym poziomem zagrożenia, a poziomem rzeczywistym. Czasem rzeczywisty poziom jest niższy,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

a czasem wyższy od założonego. Dlatego też dla oceny poziomu rzeczywistego niebezpieczeństwa brane są pod uwagę inne parametry. Przede wszystkim te, które są monitorowane on-line, jak i inne, wprowadzane ręcznie do systemu, a obrazujące poziom zagrożeń występujący podczas ruchu ściany. Uwzględnia się następujące parametry dla poszczególnych zagrożeń:

- Zagrożenie tąpaniami (C_1):

$P_{max}wg$ — poziom zaistniałego w danym miesiącu, w rejonie ściany, wstrząsu górotworu o maksymalnej energii o ustalonej energii, J,

Oe — najmniejsza odległość, m, epicentrum wstrząsu, który jest odnotowywany według powyższej zasady,

$E_{\sum m\text{-}c}$ — sumaryczna miesięczna wydzielona energia wstrząsów w rejonie ściany, J.

- Zagrożenie metanowe (C_2):

M_p — możliwość nagromadzenia się metanu w powietrzu wylotowym ze ściany, %,

V_{mb} — metanowość bezwzględna, m^3/min,

V_{mw} — metanowość wentylacyjna – strumień objętości metanu w wyrobisku, m^3/min,

Z_{WR} — zdolność wentylacyjna rejonu ściany do rozrzedzenia metanu do wartości dopuszczalnych określana jako stosunek metanowości kryterialnej bezwzględnej $V_{kryt,}$ m^3/min (wyznaczona w projekcie technicznej eksploatacji ściany) do metanowości wentylacyjnej V_{mw}.

- Zagrożenie wybuchem pyłu węglowego (C_3):

$Iopw$ — intensywność osiadania pyłu węglowego [mg/m^2/dobę] dla punktów znajdujących się w wylotowym prądzie powietrza (lub w wylotowych prądach jako suma) w odległości od ściany: 30 m - *Iopw30*, 50 m – *Iopw50*.

- Zagrożenie działaniem pyłów szkodliwych dla zdrowia (C_4):

Kr_{NDS} — krotność przekroczenia NDS (najwyższego dopuszczalnego stężenia), to jest stosunek wartości zapylenia *Z*, mg/m^3 do NDS, mg/m^3.

- Zagrożenie wyrzutem gazów i skał (C_5):

M_{NP} — metanonośność pokładu węgla, m^3/Mg_{csw},

Zw — zwięzłość węgla (najmniejszą stwierdzoną wartość według skali Protodiakonowa),

Idm — intensywność desorpcji metanu, Pa.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- Zagrożenie wodne (C_6):

Dw — dopływ wody do rejonu ściany (zrobów, itp.) wymagający odwadniania, m^3/min,

S_{IO} — sprawność instalacji odwadniającej, czyli stosunek zdolności odwadniania *Zo* do stwierdzonego maksymalnego dopływu wody do rejonu ściany wymagającego odwadniania *Dw*.

- Zagrożenie radiacyjne (C_7):

C_α — stężenie energii potencjalnej α, μJ/m^3,

D — moc dawki pochłoniętej w powietrzu, μGy/h,

C_{Raw} — stężenie izotopów radu, kBq/kg,

C_{Rao} — aktywność właściwa izotopów radu, kBq/kg.

- Zagrożenie pożarami endogenicznymi (C_8):

G — wskaźnik zagrożenia pożarami endogenicznymi w przestrzeniach niedostępnych,

ΔCO — wskaźnik jakościowy zagrożenia pożarami endogenicznymi w prądzie wylotowym powietrza ze ściany, %,

$\dot{V}_{CO}$ — wskaźnik ilościowy zagrożenia pożarami endogenicznymi w prądzie wylotowym powietrza ze ściany, l/min.

- Zagrożenie klimatyczne (C_9):

t_{pg} — temperatura pierwotna górotworu w rejonie ściany, °C,

t_s — maksymalna temperatura powietrza zmierzona w rejonie ściany termometrem suchym, °C,

I_{ch} — minimalna intensywność chłodzenia zmierzona w rejonie ściany, %.

Wskaźnik względnego poziomu rzeczywistego niebezpieczeństwa oblicza się jako:

$$W_w ZNR = \frac{\Sigma W^R p_i C_i}{\Sigma W^R p_i C_{i\max}} \tag{12}$$

natomiast względny poziom rzeczywistego niebezpieczeństwa, z uwzględnieniem wszystkich występujących zagrożeń, oceniany jest jako:

- *niski*, gdy: $W_W ZNR \le 0{,}2$,
- *średni*, gdy: $0{,}2 < W_W ZNR \le 0{,}4$,
- *wysoki*, gdy: $0{,}4 < W_W ZNR \le 0{,}6$,
- *bardzo wysoki*, gdy: $W_W ZNR > 0{,}6$.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Przy obliczaniu rzeczywistego poziomu zagrożeń skojarzonych korzysta się z tych samych parametrów i tych samych wzorów. I tak, dla najprostszego wariantu Ia – **W-Ia**, tj. zagrożeń: tąpaniami i pożarami endogenicznymi – wzór przyjmuje postać:

$$WZSR\ -W\ -Ia = \frac{\Sigma W^R p_i C_1 + \Sigma W^R p_i C_8}{\Sigma W^R p_i C_{1\max} + \Sigma W^R p_i C_{8\max}} \tag{13}$$

natomiast dla najbardziej złożonego wariantu IV – **W-IV** – obejmującym zagrożenia: tąpaniami, metanowe, wybuchem pyłu węglowego, pożarami endogenicznymi, klimatyczne, przyjmuje postać:

$$WZSR - W - IV = \frac{\Sigma W^R p_i C_1 + \Sigma W^R p_i C_2 + \Sigma W^R p_i C_3 + \Sigma W^R p_i C_8 + \Sigma W^R p_i C_9}{\Sigma W^R p_i C_{1\max} + \Sigma W^R p_i C_{2\max} + \Sigma W^R p_i C_{3\max} + \Sigma W^R p_i C_{8\max} + \Sigma W^R p_i C_{9\max}} \tag{14}$$

W zależności od wyznaczonej wartości wskaźnika, względny poziom rzeczywistego niebezpieczeństwa, z uwzględnieniem zagrożeń skojarzonych, oceniany jest jako:

- *niski*, gdy: $W_W ZSR \le 0{,}2$,
- *średni*, gdy: $0{,}2 < W_W ZSR \le 0{,}4$,
- *wysoki*, gdy: $0{,}4 < W_W ZSR \le 0{,}6$,
- *bardzo wysoki*, gdy: $W_W ZSR > 0{,}6$.

6. Przykład weryfikacji wskaźników potencjalnego niebezpieczeństwa

W ramach projektu przeprowadzono badania rejonów ścian, w których w 2009 roku eksploatacja prowadzona była przez okres 6 miesięcy. W sumie przebadano 109 ścian z 25 kopalń, w tym 29 ścian z Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A., 12 ścian z Katowickiego Holdingu Węglowego S.A. oraz 68 ścian z Kompanii Węglowej S.A. Badaniami nie objęto dwóch kopalń („Sobieski" i „Janina") Południowego Koncernu Węglowego S.A. oraz kopalń „Bogdanka" Lubelski Węgiel S.A., „Kazimierz-Juliusz" Sp. z o.o. i „Siltech". Mimo tego można uznać, ze wyniki są reprezentatywne dla warunków polskiego górnictwa. Obrazują stan w 75% wszystkich kopalń oraz 86% ruchów zakładu górniczego (kopalnie „Murcki-Staszic", „Mysłowice-Wesoła", „Wujek", „Bobrek-Centrum", „Brzeszcze-Silesia", „Halemba-Wirek", „Knurów-Szczygłowice", „Rydułtowy-Anna" i „Sośnica-Makoszowy" były w tym czasie kopalniami o dwóch ruchach).

Dokonana ocena na podstawie wyznaczonych wartości wskaźnika względnego poziomu potencjalnego niebezpieczeństwa wykazała [1], że w 2009 roku prowadzono eksploatację:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- w 10 ścianach o bardzo wysokim poziomie niebezpieczeństwa,
- w 41 ścianach o wysokim poziomie niebezpieczeństwa,
- w 55 ścianach o średnim poziomie niebezpieczeństwa,
- w 3 ścianach o niskim poziomie niebezpieczeństwa.

Procentowy rozkład rejonów ścian pod względem potencjalnego poziomu niebezpieczeństwa robót w odniesieniu do przedsiębiorców przedstawia zestawienie (tabela 5), natomiast ilustrację wymienionych ścian zawiera tabela 6.

Procentowy bilans poziomu potencjalnego niebezpieczeństwa ścian według przedsiębiorców [8]

Tabela 5

Poziom potencjalnego niebezpieczeństwa w rejonie ściany	JSW S.A. 29 badanych ścian		KHW S.A. 12 badanych ścian		KW S.A. 68 badanych ścian		Razem 109 badanych ścian	
	%	liczba ścian	%	liczba ścian	%	liczba ścian	%	liczba ścian
Bardzo wysoki	3,5	1	16,7	2	10,3	7	9,2	10
Wysoki	69,0	20	25,0	3	26,5	18	37,6	41
Średni	27,5	8	58,3	7	58,8	40	50,5	55
Niski	0	0	0	0	4,4	3	2,7	3

Zestawienie ścian o bardzo wysokim potencjalnym poziomie niebezpieczeństwa zagrożeń naturalnych [8]

Tabela 6

Lp.	Przedsiębiorca	Kopalnia	Nr ściany	*WwZNP*
1	Katowicki Holding Węglowy S.A.	KWK „Wujek”	5	0,70
2	Jastrzębska Spółka Węglowa S.A.	KWK "Zofiówka"	H-4	0,69
3	Kompania Węglowa S.A.	KWK „Bielszowice”	502	0,66
4	Kompania Węglowa S.A.	KWK „Halemba-Wirek”	3 (p.K)	0,66
5	Kompania Węglowa S.A.	KWK „Bielszowice”	002	0,64
6	Katowicki Holding Węglowy S.A.	KWK „Mysłowice-Wesoła”	558	0,64
7	Kompania Węglowa S.A.	KWK „Bielszowice”	003	0,63
8	Kompania Węglowa S.A.	KWK „Bielszowice”	841a	0,63
9	Kompania Węglowa S.A.	KWK „Rydułtowy-Anna”	VIb-E1	0,63
10	Kompania Węglowa S.A.	KWK „Rydułtowy-Anna”	IIE-E2	0,61

Stwierdzono też [1], że w 13 ścianach zagrożenia skojarzone nie występowały, w tym w JSW S.A. w 2, w KHW S.A. w 1, a w KW S.A. w 10 ścianach, natomiast 11 ścian oceniono jako ściany o niskim, 38 ścian o średnim

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

i wysokim, a 7 o bardzo wysokim poziomie potencjalnych zagrożeń skojarzonych, co zilustrowano w tabeli 7. Należy podkreślić, że spośród ścian o najwyższym potencjalnym poziomie niebezpieczeństwa (tabela 6) tylko 7 ścian znalazło się w grupie ścian o najwyższych poziomach zagrożeń skojarzonych (tabela 7), przy czym najbardziej rozwinięty wariant zagrożeń skojarzonych (o tym poziomie) występował w 2 ścianach.

Zestawienie ścian o bardzo wysokim potencjalnym poziomie niebezpieczeństwa zagrożeń skojarzonych według ich wariantów [8]

Tabela 7

Lp.	Wariant	W_w *ZSP*	Przedsiębiorca	Kopalnia	Nr ściany
1	W-IV	0,86	Katowicki Holding Węglowy	Wujek	5
2		0,81	Jastrzębska Spółka Węglowa	Zofiówka	H-4
3	W-IIIa	0,84	Kompania Węglowa	Bielszowice	003
4	W-II	1	Kompania Węglowa	Brzeszcze-Silesia	115
5		0,87	Kompania Węglowa	Brzeszcze-Silesia	702
6	W-Ia	1	Kompania Węglowa	Bobrek Centrum	3
7		1	Kompania Węglowa	ZG Piekary	532

7. Podsumowanie

Warunki wydobywania węgla kamiennego w polskich kopalniach są zróżnicowane, jednak w przeważającej części rejonów wentylacyjnych są trudne, z uwagi na licznie występujące zagrożenia naturalne.

Pomimo licznych działań zapobiegających skutkom występowania najwyższych poziomów zagrożeń dochodzi do wypadków, które czasami są tragiczne w skutkach.

Funkcjonujące w kopalniach systemy monitorowania ukierunkowane są na kontrolę parametrów technologicznych i warunków środowiska pracy, jednak nie dają syntetycznego obrazu poziomu występujących zagrożeń.

Opracowany w ramach projektu strukturalnego „Informatyczny system wspomagania kompleksowego zarządzania zagrożeniami górniczymi" korzysta z danych pochodzących z istniejących systemów monitorowania i z danych wprowadzanych ręcznie, co pozwala na kompleksową ocenę występujących zagrożeń za pomocą wskaźników określających poziom potencjalnego i rzeczywistego niebezpieczeństwa, wynikający z występowania wszystkich zagrożeń oraz zagrożeń skojarzonych.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Weryfikacja systemowej oceny wykazała, że na łączną liczbę ocenionych 109 rejonów ścian kopalń JSW S.A., KHW S.A. i KW S.A., stwierdzono: 10 ścian o bardzo wysokim poziomie niebezpieczeństwa, 41 ścian o wysokim, 55 ścian o średnim oraz 3 ściany o niskim poziomie niebezpieczeństwa.

Literatura

1. Dokumentacja projektu strukturalnego Nr UDA-POIG.01.03.01-048/08-00 pt. „Informatyczny system wspomagania kompleksowego zarządzania zagrożeniami górniczymi". Zadanie 4. „Opracowanie i wykonanie projektu komponentów oraz algorytmów wskaźnikowego określenia zagrożeń dla uruchamiania procedur zarządzania bezpieczeństwem w zintegrowanym systemie zarządzania bezpieczeństwem na kopalni" – zrealizowane pod kierownictwem S. Trenczka. GIG 2010, nie publikowana.
2. Kabiesz J., Trenczek S., Iwaszenko S.: Narzędzia informatyczne do zarządzania systemami prewencji zagrożeń górniczych. W: Praca zbiorowa pod redakcją Józefa Kabiesza pt. Zarządzanie prewencją zagrożeń górniczych wspomagane narzędziami informatycznymi. Wyd. GIG, ISBN 978-83-61126-49-2, Katowice 2012, s.72-90.
3. Krzystanek Z., Trenczek S.: Przegląd zabezpieczeń gazowych i wentylacyjnych stosowanych w górnictwie polskim. Rozdział w monografii: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo – Efektywność – Niezawodność. Praca zbiorowa pod redakcją A. Klicha i A. Kozieła. Wyd. ITG KOMAG, Gliwice 2010, s. 215-233.
4. Polska Norma PN-93/G–04558. Oznaczanie wskaźnika samozapalności.
5. Polska Norma PN- G-04038. Pomiar temperatury pierwotnej.
6. Raporty roczne o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego. Prace zbiorowe pod kierunkiem W. Konopko. GIG, Katowice, 2003 – 2012.
7. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 czerwca 2002 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych. Dz. U. Nr 94, poz. 841, z 2003 r. Nr 181, poz. 1777 oraz z 2004 r. Nr 219, poz. 2227.
8. Trenczek S., Fedko M.: Możliwości klasyfikacji rejonów eksploatacyjnych kopalń na podstawie rozpoznania potencjalnego poziomu występujących zagrożeń. Prace Naukowe GIG 2010, Nr 4/3/2010, ISSN 17643-7608, Katowice 2010, s. 470-480.
9. Wojtas P., Isakow Z., Krzystanek Z., Trenczek S.: Importance of measuring instrumentation in the aspect of the methane explosion hazard and geophysical hazards. AGH Journal of Mining and Geoengineering. Quarterly of AGH University of science and Technology Formerly Górnictwo i Geoinżynieria 2012, vol. 36, No. 3, s. 405-413.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Metody i technologie wspomagające kształtowanie bezpieczeństwa w środowisku pracy w górnictwie

Teodor Winkler – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

1. Wstęp

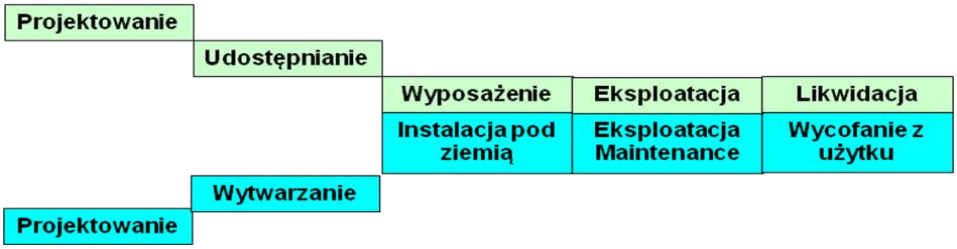
Kształtowanie bezpieczeństwa pracy, w tym także w górnictwie, opiera się na stosowaniu racjonalnych metod i przydatnych narzędzi. ITG KOMAG, wspierając misję WUG, bierze czynny udział w ich rozwoju. Obejmują one swoim zakresem cały cykl życia systemów mechanicznych i wyrobisk górniczych. Prace te adresowane są do wszystkich uczestników procesów zachodzących w górnictwie. Stąd bierze się duża różnorodność opracowanych metod i narzędzi. Są one dzielone w społeczności zróżnicowanej pod względem kwalifikacji i kompetencji oraz rozproszonej w skali globalnej. Odpowiadają one na wyzwania, przed którymi ta społeczność stoi:

– ograniczenia w dostępie do zasobów wiedzy,
– problemy komunikacji, bariery kulturowe i językowe na drodze upowszechniania bezpiecznych metod pracy.

W rozdziale dokonano przeglądu wybranych metod i narzędzi oraz omówiono rozwiązania poprawiające komunikację i dzielenie zasobów wiedzy.

2. Metody inżynierskie w kształtowaniu bezpieczeństwa w środowisku pracy w górnictwie

Cechą charakterystyczną cyklu życia maszyn i urządzeń górniczych jest współbieżność z cyklem życia wyrobisk kopalnianych (rys. 1.). Kształtowanie bezpieczeństwa nie jest zadaniem realizowanym w oderwaniu od pozostałych działań podejmowanych w tych cyklach. Stąd też rozwój narzędzi wspomagających kształtowanie bezpieczeństwa należy zharmonizować ze stosowanymi powszechnie metodami inżynierskimi.



Rys.1. Cykle życia wyrobiska górniczego oraz maszyn i urządzeń górniczych [opracowanie własne]

Metody zgrupowane w stadium projektowania, pod wspólną nazwą wirtualnego prototypowania, przeznaczone są przede wszystkim do weryfikacji cech

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

konstrukcyjnych środków technicznych, w świetle kryteriów technicznych (m.in. funkcjonalnego i wytrzymałościowego), których niespełnienie niesie ze sobą zniszczenie lub uszkodzenie środków technicznych lub ich części. Nie jest to jedyne przeznaczenie tych metod. W celu weryfikacji rozwiązań projektowych w świetle kryteriów bezpieczeństwa, są one stosowane do modelowania stanów awaryjnych spowodowanych zagrożeniami technicznymi. Zagrożenia techniczne wywołane są niewłaściwym działaniem środków technicznych, jak np.: kolizje, utrata stateczności, utrata nośności w wyniku przeciążeń.

Niekorzystne oddziaływanie zagrożeń naturalnych i technicznych na zdrowie człowieka klasyfikowane są jako zagrożenie zdrowotne. Objawiają się one niekorzystnym działaniem na drogi oddechowe (np. zapylenie), narząd słuchu (hałas), układ mięśniowo-szkieletowy (np. drgania), układ krwionośny (np. radiacja wód kopalnianych). Zaliczają się do nich także przeciążenia w układzie mięśniowo-szkieletowym wywołane sposobami wykonywania prac manualnych. Do modelowania tej klasy zagrożeń i oceny ich wpływu na zdrowie służą metody modelowania cech antropometrycznych oraz metody biomechaniki.

Odrębna grupa metod, objęta akronimem CFD (ang. *Computer Fluid Dynamic*) zorientowana jest na modelowanie takich zjawisk, jak np. rozprzestrzenianie się pyłów, co pozwala na projektowanie skutecznych sposobów zwalczania zapylenia.

W kolejnych stadiach cyklu życia maszyn i urządzeń górniczych następuje przyrost zasobów wiedzy: projektowej i eksploatacyjnej, których część wykorzystywana jest do powiększania wiedzy o bezpieczeństwie. Stąd metody oparte na inżynierii wiedzy stanowią ważny wątek w tworzeniu narzędzi wspomagających kształtowanie bezpieczeństwa, takich jak: repozytoria wiedzy, listy kontrolne.

Bezpieczne metody pracy w stadium eksploatacji maszyn górniczych upowszechniane są za pomocą technologii ICT (ang. *Information and Communication Technologies*). Szczególnie przydatna w przekazywaniu interaktywnych instrukcji montażu/demontażu jest technologia wzmocnionej rzeczywistości (ang. *Augmented Reality*) w połączeniu z czujnikami RFID (ang. *Radio Frequency Identification*).

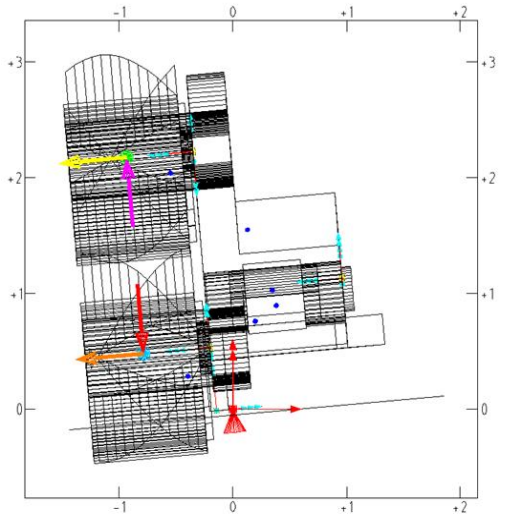
3. Kształtowanie bezpieczeństwa w stadium projektowania

Współczesne systemy CAD pozwalają na dostęp do rysunkowej bazy danych i na działania na elementach graficznych tworzących modele geometryczne maszyn i urządzeń. Modele geometryczne tworzone w toku doboru cech konstrukcyjnych w pierwszym rzędzie wykorzystywane są do opracowania dokumentacji konstrukcyjnej będącej podstawą wytwarzania. Te same modele wykorzystywane są do badania stateczności maszyn górniczych pracujących na

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

nierównym podłożu [9] oraz do badania kolizyjności kolejek spągowych i podwieszonych z otoczeniem. Na rysunku 2a pokazano widok modelu geometrycznego użytego w badaniach stateczności kombajnu ścianowego oraz fragment raportu z obliczeń współczynników stateczności, rysunek 2b [1]. Model geometryczny kombajnu uzupełniony jest o dodatkowe elementy graficzne obrazujące stan obciążenia kombajnu i sposób jego podparcia na przenośniku zgrzebłowym.

a)



b)

7.1.2. Wartości współczynników stateczności

Obciążenie ciężarem własnym

$M_{u\_cw\_K1}$ = **93.817** [kNm]

$M_{w\_cw\_K1}$ = **74.142** [kNm]

$X_{\_cw\_K1}$ = **1.265**

Obciążenie ciężarem własnym + obciążenia zewnętrzne

$M_{u\_cwoz\_K1}$ = **186.277** [kNm]

$M_{w\_cwoz\_K1}$ = **208.503** [kNm]

$X_{\_cwoz\_K1}$ = **0.893**

7.1.3. Reakcja w podporach / Siła podrywająca kombajn

Obciążenie ciężarem własnym

Reakcja w podporach

R_{A_cw} = [$M_{u\_cw\_K1}$ – $M_{w\_cw\_K1}$] : [A * cos(NPP)] = **18.918** [kN]

Obciążenie ciężarem własnym + obciążenia zewnętrzne

Siła podrywająca kombajn

R_{A_cwoz} = [$M_{u\_cwoz\_K1}$ – $M_{w\_cwoz\_K1}$] : [A * cos(NPP)] = **-21.370** [kN]

gdzie:

A = **1.044** [m] – rozstaw poprzeczny ślizgów

7.1.4. Uwagi końcowe

BRAK.

Strona 6 z 13

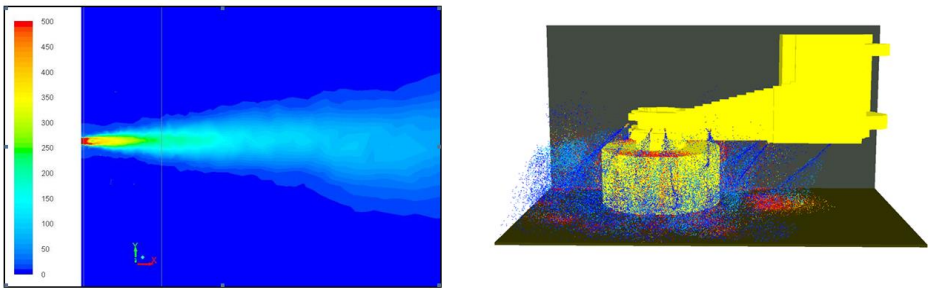
Rys.2. Modelu geometryczny kombajnu ścianowego zastosowany w badaniach stateczności (a) oraz fragment raportu z obliczeń współczynników stateczności (b), [INERG]

Jeszcze większe zespolenie modeli komputerowych z zagadnieniami bezpieczeństwa jest widoczne podczas projektowania dysz systemów zraszania stosowanych do zwalczania zapylenia (zagrożenie zdrowotne), m.in. w kombajnach ścianowych [5]. Weryfikacja cech konstrukcyjnych obejmuje analizy rozkładu i zasięgu mieszaniny powietrza oraz wody w odniesieniu do pojedynczej dyszy (rys. 3a), jak i zespołu dysz zraszających rozmieszczonych na obwodzie głowicy urabiającej kombajnu ścianowego (rys. 3b).

Skuteczność zwalczania zapylenia zależy od wydajności i zasięgu układu zraszania. Obok modeli geometrycznych dysz (metoda CAD), zastosowano również modele metody CFD.

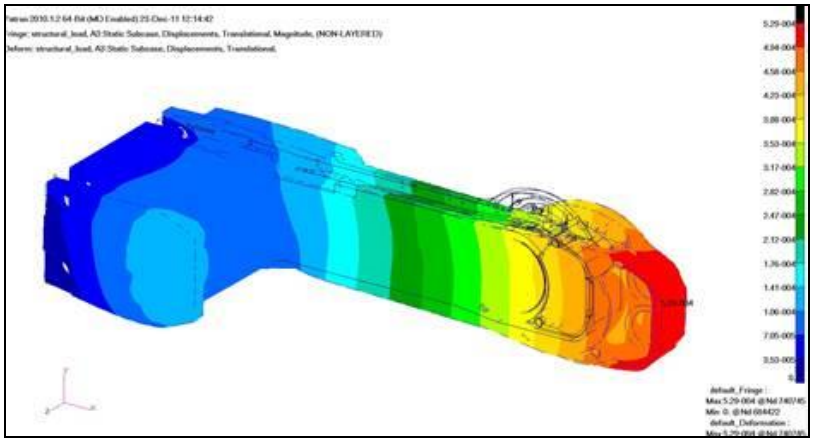
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

a) b)



Rys.3. Analiza rozkładu i zasięgu mieszaniny powietrza oraz wody w odniesieniu do pojedynczej dyszy (a) oraz zespołu dysz zraszających rozmieszczonych na obwodzie głowicy urabiającej kombajnu ścianowego (b), [INERG]

Duże moce zainstalowane we współczesnych kombajnach ścianowych są przyczyną zagrożeń termicznych. Metoda elementu skończonego, stosowana zasadniczo do analiz wytrzymałościowych, w tym przypadku posłużyła do identyfikacji źródeł ciepła i analiz rozkładu temperatury na powierzchni ramienia kombajnu, rysunek 4.



Rys.4. Rozkład temperatury na powierzchni ramienia kombajnu, [INERG]

Przytoczone przykłady pokazują, że wirtualne prototypowanie obejmuje swoim zasięgiem coraz to większy zakres czynników wpływających na bezpieczeństwo w górniczym środowisku pracy.

4. Kształtowanie bezpieczeństwa w stadium eksploatacji

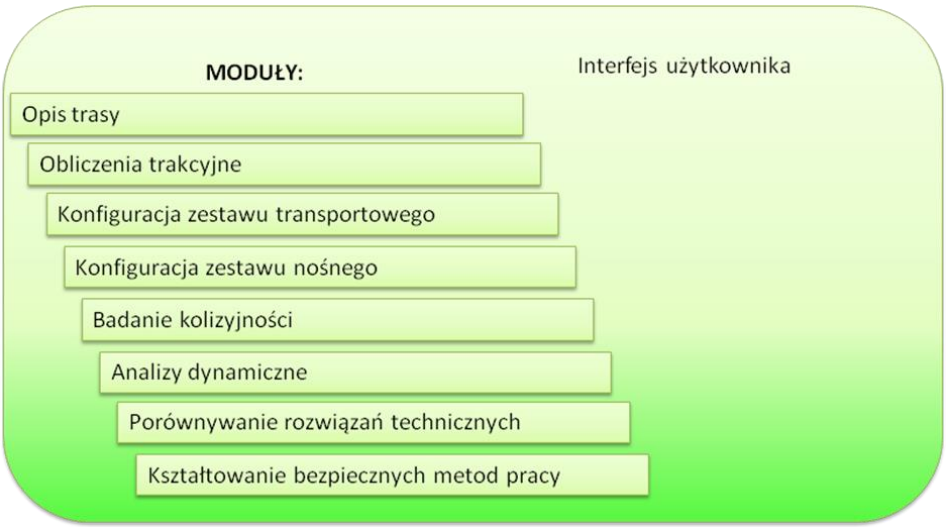
4.1. Kształtowanie bezpieczeństwa w transporcie górniczym

Warunki pracy w podziemiach kopalń i związane z tym zagrożenia dla maszyn i urządzeń górniczych ulegają częstym zmianom. Stąd w stadium eks-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ploatacji podejmowane są zadania, które realizowane były również w stadium projektowania. Należy do nich np. badanie stateczności kombajnu ścianowego podczas przechodzenia przez poprzecznie nachylone odcinki ściany. Do komunikacji pomiędzy użytkownikami maszyny, a specjalistami u wytwórcy lub projektantami stosowany jest wówczas partycypacyjny tryb kształtowania bezpieczeństwa polegający na udostępnianiu opisanych narzędzi na platformie internetowej [10].

Konsekwencją zmienności warunków pracy jest potrzeba konfigurowania maszyn i urządzeń odpowiednio do aktualnie występujących warunków. Jest to typowa sytuacja w projektowaniu systemów transportu dołowego, gdzie przebieg trasy transportowej oraz rodzaje transportowanych ładunków ulegają częstym zmianom. Dla potrzeb planowania systemu transportu dołowego opartego na kolejkach podwieszonych, w ITG KOMAG rozwijany jest system kształtowania bezpieczeństwa w transporcie dołowym *Safe Trans Design (STD)*. Modułową strukturę systemu przedstawia rysunek 5.

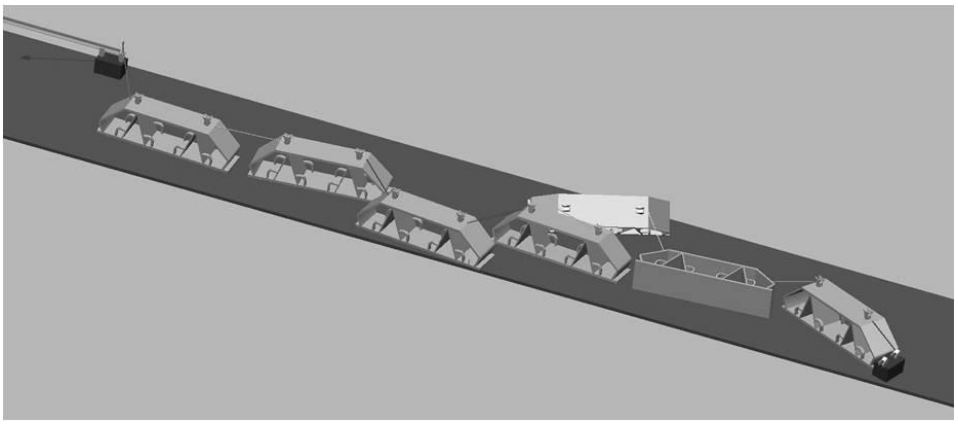


Rys.5. Struktura modułowa systemu Safe Trans Design, [źródło: opracowanie własne]

W poszczególnych modułach zaimplementowane zostały wcześniej omówione metody inżynierskie. Poniżej omówiono niektóre moduły spośród pokazanych na rysunku. W module analizy dynamiczne zdefiniowane uprzednio konfiguracje kolejek podwieszonych badane są w stanach awaryjnych; np. awaryjne hamowanie podczas jazdy na upadach. Analizowane są wielkości i oddziaływania sił dynamicznych na ludzi, ładunki i elementy zawieszenia trasy kolejki, [7]. Na rysunku 6 widoczny jest model kolejki podwieszonej w konfiguracji przystosowanej do transportu ludzi. Jest to obraz uzyskany w wyniku zastosowania metody analizy układów wieloczłonowych (ang. *Multi Body System)* do rekonstrukcji wypadku, jaki miał miejsce w jednej z kopalń

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

węgla kamiennego [6]. Do budowy modelu użyto danych z dokumentacji powypadkowej.



Rys.6. Rekonstrukcja wypadku kolejki podwieszanej w konfiguracji przystosowanej do transportu ludzi [6]

Moduł badania kolizyjności korzysta z uproszczonych modeli CAD zespołów kolejki podwieszonej, zestawów nośnych i transportowanych ładunków. Są one analizowane wraz z modelami wybranych fragmentów trasy np. skrzyżowań.

Modułowa struktura systemu Safe Trans Design pozwala na zastosowanie narzędzi kształtujących bezpieczeństwo odpowiednio do aktualnej konfiguracji kolejki.

4.2. Upowszechnianie bezpiecznych metod pracy

Upowszechnianie bezpiecznych metod pracy jest wiodącym kierunkiem w kształtowaniu bezpieczeństwa w górniczym środowisku pracy. Możliwości technologii ICT pozwalają na zmianę miejsca szkoleń w procesie kształtowania bezpieczeństwa. W dotychczasowym ujęciu szkolenia prowadzone są w specjalnie do tego celu przeznaczonych ośrodkach wyposażonych w środki techniczne adekwatne do przekazywanych treści. Jednocześnie, zgodnie z aktualnie panującymi trendami rozwojowymi, maszyny i urządzenia górnicze są tworzone odpowiednio do indywidualnych potrzeb użytkowników. Oczekiwania użytkowników, szybkie tempo wprowadzania innowacyjnych rozwiązań, dodatkowo utrudnia udostępnianie maszyn i urządzeń górniczych ośrodkom szkoleniowym.

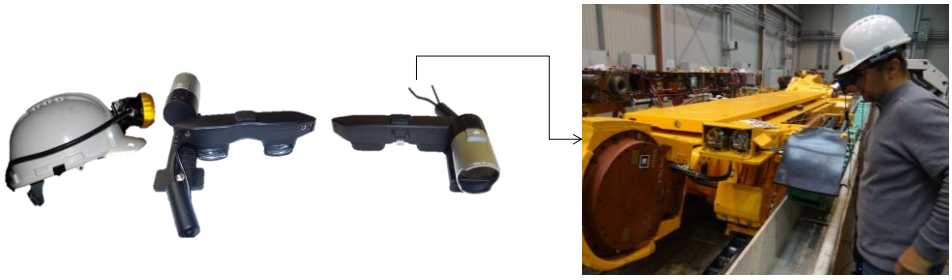
Biorą pod uwagę wymienione utrudnienia, w ITG KOMAG rozwijana jest koncepcja ruchomego stanowiska szkoleniowego, składającego się z realnego obiektu szkolenia (np. maszyny górniczej) i wirtualnej sieci elementów specjalistycznej wiedzy połączonych w program sterowany scenariuszem szkolenia.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Za pomocą technologii ICT wiedza dostarczana jest uczestnikowi szkolenia w miejscach i w sytuacjach przewidzianych w scenariuszu szkolenia.

Zasoby wiedzy przekazywanej w toku szkolenia zawarte są w repozytoriach wiedzy obejmujących opisy tekstowe, tzw. aktywne rysunki, fotografie, modele komputerowe, animacje i symulacje komputerowe, filmy, rejestracje wideo. Elementy te połączone są relacjami tworzącymi scenariusze, które sterują procesami szkolenia. Scenariusze przewidują konteksty sytuacji w jakich może znaleźć się użytkownik podczas obsługi maszyny [4]. Procesem szkolenia zarządza instruktor, który dokonuje wyboru scenariusza, w zależności od wymaganej wiedzy i umiejętności na danym stanowisku pracy. Ocenia on również wyniki szkolenia.

Ruchome stanowisko szkoleniowe utworzone jest ze składników sprzętowych i programowych występujących w różnych skojarzeniach, tworzących warianty tego stanowiska, [12]. Jednym z wariantów jest stanowisko szkoleniowe przeznaczone dla kombajnów ścianowych, rysunek 7.



Rys.7. Ruchome stanowisko szkoleniowe w wariancie przeznaczonym dla kombajnów ścianowych, [EMIMSAR]

Jest to rozwiązanie, w którym okulary wideo wraz z kamerą przymocowane są do hełmu górniczego. Identyfikacja miejsc na maszynie, do których przypisane są treści dydaktyczne, następuje za pomocą znaczników graficznych. Treści te przedstawiane są w okularach. Zawierają one modele komputerowe oraz symulacje wytworzone przy zastosowaniu wcześniej wymienionych metod inżynierskich. W przypadku objaśniania budowy wybranego zespołu są to modele CAD oraz animacje uzupełnione tekstami. Dla opisu czynności demontażu stosowane są modele interaktywne, czyli modele CAD, wzbogacone o dodatkowe funkcje.

Bezpośrednim wsparciem dla pracowników zatrudnionych w transporcie są listy kontrolne wyświetlane na ekranach podręcznych komputerów (PDA), sprzężonych z czytnikami czujników RFID. Te ostatnie stosowane są w logistyce kopalnianej do oznaczania zespołów sekcji obudów zmechanizowanych [8]. Zapisany w czujniku kod służy do wyszukania właściwej listy kontrolnej pokazującej prawidłowe formowanie ładunku, jego zabezpieczenie na zestawie nośnym, położenie środka ciężkości, środki pomocnicze oraz ochrony osobistej.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

5. Wnioski

Współczesne metody i technologie pozwalają na bardzo elastyczne kształtowanie bezpieczeństwa w środowisku pracy w górnictwie i na nadążanie za zmieniającymi się zagrożeniami. Podejmowane w tym celu działania rozkładają się na cały cykl życia maszyn i urządzeń górniczych oraz wyrobisk. Dzięki metodom inżynierii wiedzy możliwy jest przepływ pomiędzy uczestnikami podstawowych procesów w kopalniach wiedzy potrzebnej do kształtowania bezpieczeństwa. W szczególności dotyczy to relacji pomiędzy wytwórcami, a użytkownikami maszyn i urządzeń górniczych. Specjalistyczna wiedza dostarczana jest różnymi kanałami, bezpośrednio na stanowiska pracownicze. Instrukcje, listy kontrolne, dokumentacja techniczno-ruchowa, dzięki technologiom ICT, mogą być stosowane zarówno jako pomoc w pracy, jak i materiały szkoleniowe. Maszyny mogą być w krótkim czasie przystosowane do prowadzenia szkoleń, zarówno u wytwórcy, jak i w kopalniach.

Szerokie stosowanie powszechnie znanych metod inżynierskich do budowy specjalistycznych narzędzi wspomagających kształtowanie bezpieczeństwa, wzmacnia pozytywne nastawienie do wdrażania nowych metod. Wzajemne relacje pomiędzy tymi metodami tworzą duży potencjał rozwojowy narzędzi wspomagających kształtowanie bezpieczeństwa.

Dla upowszechniania różnorakich skojarzeń metod i narzędzi rozwijane są systemy upowszechniania mające charakter centrów kształtowania kompetencji.

Literatura

1. Dudek, M.: Implementacja metody badania stateczności maszyn wydobywczych w środowisku programów CAD. Artykuł przyjęty do druku w Przeglądzie Górniczym. 2012.
2. EMIMSAR - Enhanced Miner-Information Interaction to Improve Maintenance and Safety with Augmented Reality Technologies and New Sensors. Grant Agreement RFC-PR-07019.
3. INERG: Innowacyjne rozwiązania maszyn wydobywczych podnoszące bezpieczeństwo energetyczne kraju. Inicjatywa Technologiczna „IniTech”.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

4. Jaszczyk Ł.: Struktura programów szkoleniowych dla operatorów kolejek podwieszonych. KOMTECH 2011, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011 s. 261-272. 2012.
5. Prostański D.: Dust control with use of air-water spraying system. Redukcja zapylenia powietrza z wykorzystaniem zraszania powietrzno-wodnego. Artykuł przyjęty do druku w Archiwum Górnictwa 2012.
6. Tokarczyk J., Szewerda K.: Identyfikacja oddziaływań dynamicznych maszyn i urządzeń w górniczym transporcie podziemnym. Prace badawcze Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. Gliwice, 2011. Praca nie publikowana 2011.
7. Tokarczyk J., Winkler T.: Numerical simulation of load of arch yielding support under dynamic conditions. Martens, P.N.(Ed.): Aachen International Mining Symposia, Volume 11 Rockbolting and Rock Mechanics in Mining. Seventh International Symposium. Verlag Glückauf GmbH, Essen, 2012. Aachen 30-31 May 2012, s. 273-283. 2012.
8. Warzecha M., Stankiewicz K., Jasiulek D., Rogala-Rojek J., Piecha A.: iRIS - system elektronicznej ewidencji środków trwałych w zakładach górniczych. Maszyny Górnicze 2011 nr 3 s. 92-96. 2011.
9. Winkler T.: Analyse von graphischen Modellen in einem CAD-System. Proceedings of the International Conference on Engineering Design ICED 91, Volume 2, Hubka V. (editor). Edition Heurista. Zürich 1991. 1991.
10. 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 2010 nr 7-8 s. 440-444. 2010.
11. Winkler T., Tokarczyk J., Michalak D., Rozmus M., Turewicz A., Polak P., Myśliwiec B.: Technologie informatyczne wspomagające bezpieczeństwo pracy w kopalniach JSW SA. Wiadomości Górnicze 7-8/2012. 2012.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

12. Winkler T., Jaszczyk Ł., Michalak D.: ICT based mobile training facility supporting safety shaping in the Mining Industry. WORKINGONSAFETY 2012. Sopot 11-14 wrzesień 2012 r.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Rola urządzeń zasilających w organizacji bezpieczeństwa eksploatacji maszyn i urządzeń górniczych

Ireneusz Stasiak, Tadeusz Jędruś, Dariusz Macierzyński – Kopex Electric Systems S.A.

1. Wstęp

Dobór urządzeń zarówno rozdzielczych, jak i zasilających szczególnie dla wyrobisk zagrożonych wybuchem wymaga przy istniejącym w Polsce systemie organizacyjno-prawnym szczególnego zaangażowania służb energomechanicznych. Opracowywane przez specjalistyczne firmy rozwiązania posiadają przy zachowaniu minimalnego wymaganego poziomu bezpieczeństwa zróżnicowane parametry techniczne. Wprowadzane nowe technologie zarówno w konstrukcji, jak i wyposażeniu często wymagają specjalistycznego szkolenia obsługi dla zapewnienia niezawodności, bezawaryjnego i bezpiecznego działania urządzeń [1]. Dotyczy to szczególnie urządzeń wykorzystywanych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem podziemnych wyrobisk zakładów górniczych.

Zastosowanie urządzeń niezawodnych, o wysokim poziomie bezpieczeństwa, prostych konstrukcyjnie, wydaje się być obecnie bezwzględnym warunkiem powodzenia zakładu górniczego. Stąd urządzenia stosowane w zakładzie górniczym powinny spełniać następujące podstawowe warunki:

1. zapewniać wysoki poziom techniczny, w tym bezpieczeństwo obsługi, określony przepisami i dyrektywami,
2. gwarantować bezawaryjność pracy systemu przy prostej i logicznej obsłudze,
3. realizować oczekiwane sposoby sterowania z monitorowaniem stanu pracy [1].

Oferta rynkowa przedstawia bardzo szeroki wybór ogólnoprzemysłowych urządzeń dla zastosowania w układzie elektroenergetycznym zakładu górniczego. Powstaje tutaj pole do działania i rozwoju dla firm okołogórniczych, których specjalistyczna baza i wiedza zagwarantuje zakładom górniczym nie tylko uzyskanie poprawnych konstrukcji, ale również zapewni szkolenie służb technicznych kopalń i pełny nadzór merytoryczny w czasie eksploatacji urządzeń. Współdziałanie producenta i użytkownika to bardzo istotny warunek sukcesu ekonomicznego zakładów górniczych. Kopex Electric Systems S.A. a wcześniej Elgór+Hansen od początku swojej działalności stykał się z problemami zakładów górniczych wynikającymi z eksploatacji istniejących na rynku urządzeń i rozwiązań stosowanych w sieciach rozdzielczych.

Opracowywane w Elgór+Hansen nowatorskie rozwiązania urządzeń budowy przeciwwybuchowej potwierdziły w warunkach podziemnych zakładów

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

górniczych swoją przydatność ruchową. Zdobywane doświadczenia eksploatacyjne przy jednoczesnym śledzeniu najnowszych opracowań naukowych, pozwalają w stosunkowo krótkim czasie oferować rozwiązania zapewniające nie tylko wysoki poziom bezpieczeństwa, ale również oczekiwaną przydatność ruchową.

2. Zespół kompaktowy na napięcie 6 kV

Zaproponowany dla zakładów górniczych dwuodpływowy zespół kompaktowy na napięcie 6 kV może być stosowany w sieci i/lub instalacji z izolowanym punktem transformatora zasilającego. Zespół ten jest łącznikiem elektroenergetycznym mającym zastosowanie zarówno w górniczych sieciach rozdzielczych i oddziałowych (zespoły kompaktowe typu EH-d03-W/6,0/I/01 i typu EH-d03-W/6,0/I/03) oraz w sieciach i/lub instalacjach wydzielonych (zespoły kompaktowe typu EH-d03-W/6,0/I/02 i typu EH-d03-W/6,0/I/04) również o napięciu znamionowym 6 kV [2].

Osłona ognioszczelna dwuodpływowego zespołu kompaktowego typu EH-d03-W/6,0/I/01 oraz EH-d03-W/6,0/I/02 składa się z trzech zasadniczych komór: komory od strony zasilania, komory głównej (aparaturowej), komory od strony odpływu. Komory są bezpośrednio ze sobą połączone, a ich współpraca zapewnia prawidłowe działanie w układzie dwuodpływowego zespołu kompaktowego. Komora od strony odpływu podzielona jest na dwa niezależne przedziały ognioszczelne umożliwiające niezależny dostęp do każdego odpływu z zespołu kompaktowego [7].

Obwód główny zespołu kompaktowego od strony zasilania wyposażony jest w izolacyjny przełącznik rozłącznikowy z pozycją uziemienia oraz uziemniki szybkie. Zespół przeznaczony jest do załączania i sterowania odbiorników trójfazowych. Dwa niezależne odpływy obwodu głównego wyposażono w wyłączniki i uziemniki szybkie. Odpływy chronione są przez wymagane przepisami i warunkami zastosowania zabezpieczenia i przekaźniki: nadmiarowo prądowe, ziemnozwarciowe, asymetrowe, podnapięciowe, od utyku silnika (w wykonaniu urządzenia dla górniczej sieci oddziałowej, upływowe blokujące chroniące przed podaniem napięcia na obwody z uszkodzoną izolacją, temperaturowe silników, układ próby izolacji doziemnej, za pomocą którego istnieje możliwość wykonania próby stanu izolacji poszczególnego odpływu. Na rys. 1 przedstawiono schemat ideowy zespołu kompaktowego [2].

Dwuodpływowy zespół kompaktowy budowy przeciwwybuchowej jest urządzeniem wprowadzającym niespotykany jak do tej pory poziom bezpieczeństwa obsługi dla tego typu urządzeń [6]. Zabudowanie układów uziemników szybkich od strony zasilania oraz od strony każdego z odpływów gwarantuje obsłudze bezpieczeństwo, którego nie można w żaden sposób przeliczyć

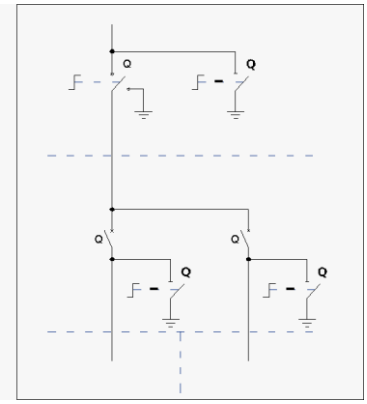
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ekonomicznie. Zespół kompaktowy został opracowany i wyposażony w aparaty gwarantujące najwyższą niezawodność ruchową i wytrzymałość zarówno elektryczną, jak i mechaniczną. Jest on tak zaprojektowany, że umożliwia dowolne skonfigurowanie go w ramach systemu rozdziału energii elektrycznej, stając się jego integralnym i w pełni kompatybilnym urządzeniem, zapewniając pełne jego wykorzystanie ruchowe i stabilność ruchową systemu rozdziału energii [8].

Należy także podkreślić niezaprzeczalny fakt wprowadzenia do zakładów górniczych urządzenia, które jest rozwiązaniem znacznie prostszym, w stosunku do dotychczas stosowanych pól rozdzielczych budowy przeciwwybuchowej. Konstrukcja dotychczas stosowanych pól rozdzielczych datuje się na okolice połowy poprzedniego wieku. Zespoły kompaktowe budowy przeciwwybuchowej typu EH-d03-W/6,0/I/01 i EH-d03-W/6,0/I/03 zostały z powodzeniem zastosowane i wprowadzone do systemów rozdziału energii elektrycznej w kopalniach. Gwarancje bezpiecznego i przyjaznego użytkowania, spowodowały, że zespoły kompaktowe mogą być wprowadzane do systemu elektroenergetycznego w sposób szybki i bezpośredni.

Zastosowanie zespołu kompaktowego zamiast rozdzielnicy oddziałowej w systemie sieci rozdzielczej eliminuje konieczność wykonania lub wydzielenia w wyrobisku górniczym osobnego pomieszczenia zamkniętego ruchu elektrycznego. Zespół kompaktowy można eksploatować praktycznie w dowolnym miejscu wyrobiska bez narzuconych przepisami ograniczeń dla rozdzielnicy.

Mobilna konstrukcja zespołu umożliwia praktycznie dowolne usytuowanie w wyrobisku górniczym, co znacznie upraszcza proces planowania i przyspiesza wykonanie dołowej sieci rozdzielczej zgodnie z bieżącymi potrzebami kopalni. Znikają problemy z terminowym przygotowaniem sieci rozdzielczej do dynamicznie zmieniających się potrzeb ruchowych zakładu [10].



Rys.1. Schemat ideowy ognioszczelnego, dwuodpływowego zespołu kompaktowego typu H-d03-W/6,0/I/01 oraz EH-d03-W/6,0/I/02; oznaczenie na schemacie ideowym: *Q* – aparatura łączeniowa

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

3. Stacje transformatorowe budowy przeciwwybuchowej

Podstawowym elementem służącym do zasilania urządzeń w górnictwie jest stacja transformatorowa. Wychodząc naprzeciw potrzebom rynku w tym zakresie Kopex Electric Systems S.A. z pełną konsekwencją wprowadza od prawie dziesięciu lat na rynek stacje transformatorowe budowy przeciwwybuchowej, które spełniają wysokie wymagania technologiczne, gwarantują niezawodność ruchową oraz zdecydowanie poprawiają komfort oraz bezpieczeństwo pracy służb technicznych kopalń [8].

Uwzględniając fakt wzrostu koncentracji wydobycia, jak również współzależność pracujących w jednym kompleksie wydobywczym urządzeń opracowano całą paletę stacji transformatorowych w trzech rodzajach obudowy:

a) d31 – tzw. dużej, w której proponujemy stacje z transformatorami o mocy 1750 kVA i 2100 kVA i przekładni 6/1 kV oraz o mocy 1750 kVA, 2100 kVA i 2600 kVA i przekładni 6/3,3 kV,
b) d30 – tzw. średniej, w której proponujemy stacje z transformatorami o mocy 1250 kVA i 1400 kVA i przekładni 6/1 kV, o mocy 1500 kVA i przekładni 6/3,3 kV, o mocy 630 kVA i przekładni 6/0,5 kV a także stacje transformatorowe trójuzwojeniowe o przekładni 6/1/0,5 kV i mocy 900 kVA oraz 1200 kVA,
c) d32 – tzw. niskiej, w której proponujemy stacje z transformatorami o mocy 1000 kVA i przekładni 6/1 kV, o mocy 700 kVA i przekładni 6/0,5 kV a także stację transformatorową trójuzwojeniową o przekładni 6/1/0,5 kV i mocy 900 kVA.

Wszystkie stacje transformatorowe budowy przeciwwybuchowej są to stacje wyposażone w transformatory górnicze suche z rowingową izolacją żywiczną. Poszczególne segmenty stacji połączone ze sobą integrują nie tylko obudowy mechaniczne za pomocą ognioszczelnych złączy kołnierzowych, ale również zapewniają prawidłową i bezpieczną eksploatację stacji.

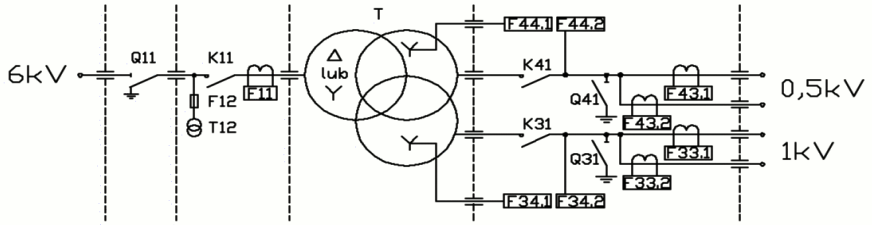
Komorę GN stacji transformatorowych w obudowie d30 i d31 wyposażono w zabezpieczenia transformatora mocy i małogabarytowy łącznik z izolacją z SF_6 400A, co zdecydowanie poprawiło możliwość skutecznego zabezpieczenia sieci zasilającej [8]. Komora GN jest wyposażona w uziemnik szybki wprowadzony jako bezwzględny standard do całej palety stacji transformatorowych. Komora ta – stanowiąca jednoczłonowe pole rozdzielcze średniego napięcia – decyduje o możliwości zasilania i poprawnej pracy całej stacji.

Komora GN stacji transformatorowych w obudowie d32 wyposażona jest w rozłącznik izolacyjny dobezpieczony wkładkami topikowymi wybijakowymi z mechanizmem wyłączającym oraz w uziemnik szybki do uziemienia przyłącza i przewodu zasilającego stację.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Zastosowane zabezpieczenia elektroenergetyczne oraz przyjęty system sterowania i współpracy z blokadami technologicznymi, z wykorzystaniem obwodów iskrobezpiecznych pozwala na zasilanie odbiorników zainstalowanych w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem.

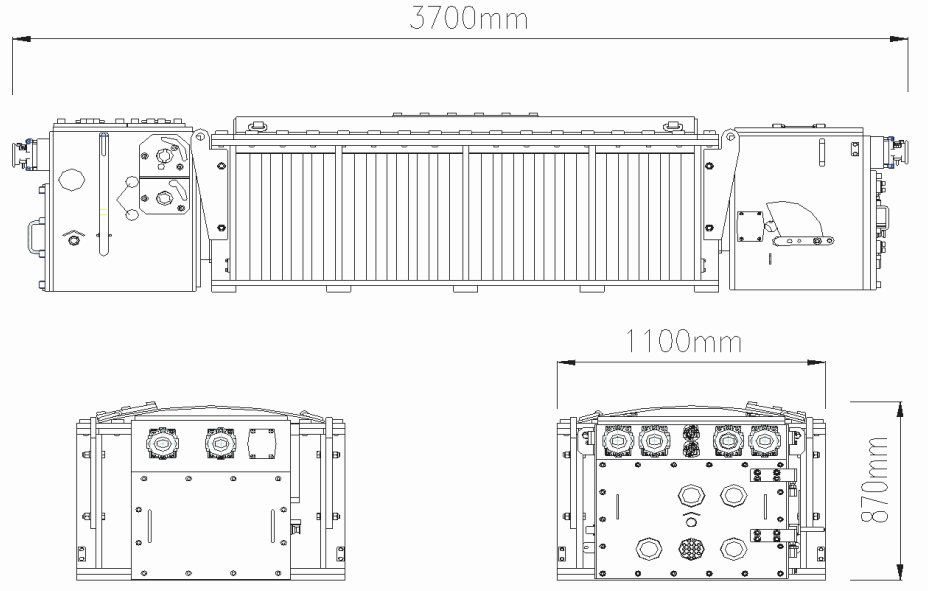
Stacje transformatorowe wyposażono w iskrobezpieczny układ zdalnego wyłączania łącznika głównego po stronie GN dla stacji w obudowie d31 i d30 oraz po stronie DN dla stacji niskich w obudowie d32. Wszystkie stacje są wyposażone także w uziemnik szybki po stronie każdego z dolnych napięć dostępnych ze stacji, zapewniając szczególnie wysoki poziom bezpieczeństwa pracy obsługi [6].



Q11 – odłącznik izolacyjny
K11 – łącznik strony GN
F12 – wkładka bezpiecznikowa
T12 – transformator potrzeb własnych
F11 – wtórny przekaźnik nadmiarowo-prądowy
T – transformator suchy

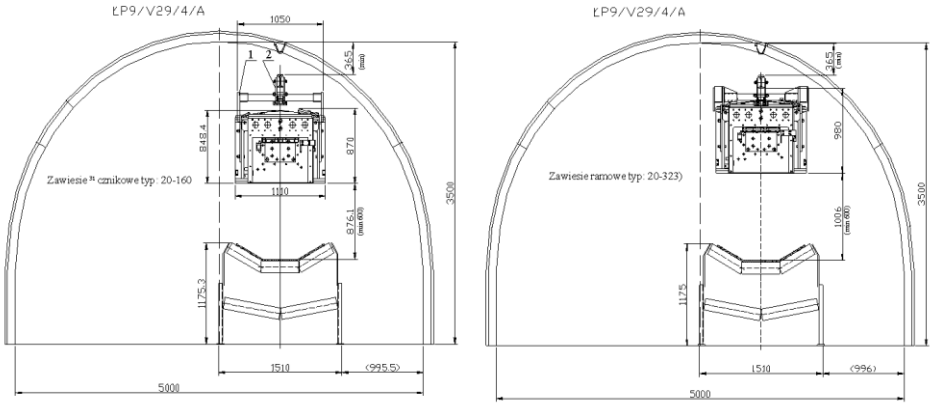
K31, K41 – łącznik strony DN
Q31, Q41 – uziemnik szybki
F34.1, F44.1 – zabezpieczenie upływowe centralne
F34.2, F44.2 – zabezpieczenie upływowe blokujące
F33.1, F33.2, F43.1, F43.2 – przekaźnik nadmiarowo-prądowy

Rys.2. Schemat ideowy stacji transformatorowej typu EH-d30-900/6,0/1,0/0,5/4.01



Rys.3. Schemat wymiarowy stacji transformatorowych w obudowie d32

Na rysunku 2 przedstawiono schemat ideowy stacji transformatorowej EH-d30-900/6,0/1,0/0,5/4.01 produkcji Kopex Electric Systems S. A., natomiast na rysunkach 3 i 4 przedstawiono wymiary obudowy d32 stacji transformatorowych oraz sposób podwieszenia stacji transformatorowych serii d32 w wyrobisku górniczym - obudowa łukowa ŁP-9.



Rys.4. Wpisanie stacji transformatorowych w obudowie d32 do wyrobisk w obudowie łukowej ŁP-9

4. Wysoko wydajne kompleksy ścianowe

Instalowanie w podziemiach kopalń maszyn górniczych o dużych mocach stawia służbom technicznym wysokie wymagania, a w konsekwencji wymusza podejmowanie odpowiednich działań zapewniających niezawodność zasilania przy zachowaniu wymaganego poziomu bezpieczeństwa [6]. Moce zainstalowane w kompleksach ścianowych nie rzadko przekraczają już 2500 kW. Jednym ze sposobów wprowadzenia wyższych mocy do kompleksów ścianowych jest zastosowanie średniego napięcia do zasilania maszyn. Podwyższenie napięcia oprócz zapewnienia niezawodności zasilania tych maszyn daje w szczególności poprawę bezpieczeństwa pracy oraz szereg innych poniżej przedstawionych zalet [9]:

1. umożliwia usytuowanie części elektrycznej aparatury zasilającej, a w szczególności przewoźnych ognioszczelnych stacji transformatorowych poza wybiegiem ściany lub w znacznej od niej odległości, dzięki czemu uzyskuje się obniżenie:
   a) temperatury pracy w wyrobiskach,
   b) kosztów wydobycia poprzez ograniczenie ilości koniecznych do wykonania przebudów aparatury elektrycznej,
2. eliminuje problemy związane z zastosowaniem wyższych mocy w maszynach kompleksu ścianowego,
3. podnosi selektywność działania zabezpieczeń elektrycznych,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

4. pozwala na zastosowanie mniejszych przekrojów kabli i/lub przewodów oponowych.

Firma Kopex Electric Systems S.A. już w roku 1999 skoncentrowała się na zaprojektowaniu i wdrożeniu aparatury na napięcie 3,3 kV. Pozytywna ocena, zdobyte doświadczenia podczas eksploatacji ognioszczelnych wyłączników stycznikowych, rozruszników tyrystorowych, stacji transformatorowych powodują, że firma cały czas unowocześnia produkowane urządzenia zwracając szczególną uwagę na poprawę bezpieczeństwa obsługi, dobór najnowocześniejszych podzespołów wchodzących w skład wysoko wydajnych kompleksów ścianowych.

Przykładem takich konstrukcji są: ognioszczelny wyłącznik stycznikowy czteroodpływowy, wyłącznik z rozrusznikiem tyrystorowym oraz zespół transformatorowy o mocy 160 kVA i przekładniach 3,3 kV/ 1 kV lub 3,3 kV/ 0,5 kV.

Ognioszczelny wyłącznik stycznikowy typu EH-d03-W/3,3/I/01.xx, oraz typu EH-d03-W/3,3/I/02.xx jak również wyłącznik z rozrusznikiem tyrystorowym typu EH-d03-WR/3,3/I/01.01 to aparaty, które wprowadzają zupełnie nową jakość w proponowanej wcześniej gamie aparatury manewrowej na napięcie 3,3 kV. Zastosowano w nich przełączniki rozłącznikowe z uziemnikami szybkimi uziemiającymi przewody na przyłączu zasilającym, dodatkowo wyłączniki zabezpieczeniowe umożliwiające zabudowę aparatury w każdych warunkach zwarciowych sieci zasilającej na dole kopalni. Aparatura jest wyposażona w system blokad mechaniczno-elektrycznych, który także wpływa na zdecydowaną poprawę bezpieczeństwa pracy służb technicznych zakładów górniczych.

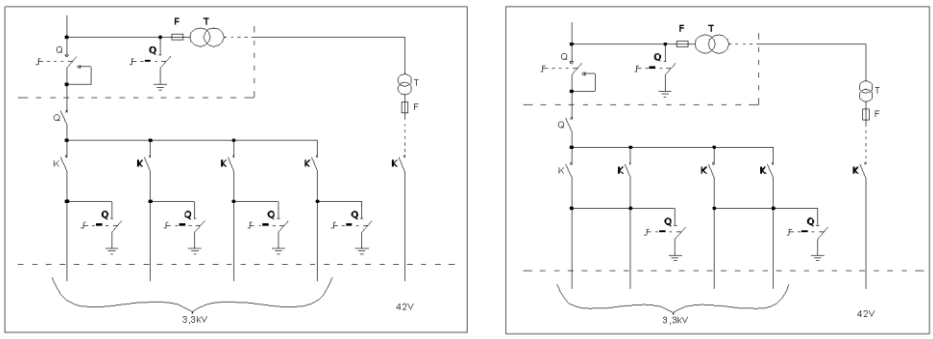
W aparaturze tej zastosowano również uziemniki szybkie na każdym odpływie, które wyznaczają nowe standardy bezpieczeństwa [6].

Uzupełnieniem zintegrowanych kompleksów ścianowych zasilanych napięciem 3,3 kV eliminującym konieczność prowadzenia w rejon kompleksu innych poza 3,3 kV napięć roboczych jest skonstruowany w roku 2006 ognioszczelny zespół transformatorowy typu EH-d03-160/3,3/0,5(lub1,0)/0,2/4/01 o mocy 160 kVA, przekładni 3,3 kV/525 kV lub 3,3 kV/ 1050 V wyposażony oprócz czterech trójfazowych odpływów na napięcie 500 V lub 1000 V w dwa kompletnie zabezpieczone odpływy na napięcie 230 V o mocy 5 kVA, jeden kompletnie zabezpieczony odpływ na napięcie 42 V o mocy 500 VA oraz jeden kompletnie zabezpieczony odpływ na napięcie 24 V o mocy 500 VA. Zespół, podobnie jak wyłączniki 3,3 kV nowej generacji, jest wyposażony od strony zasilania w rozłącznik i uziemnik szybki [5].

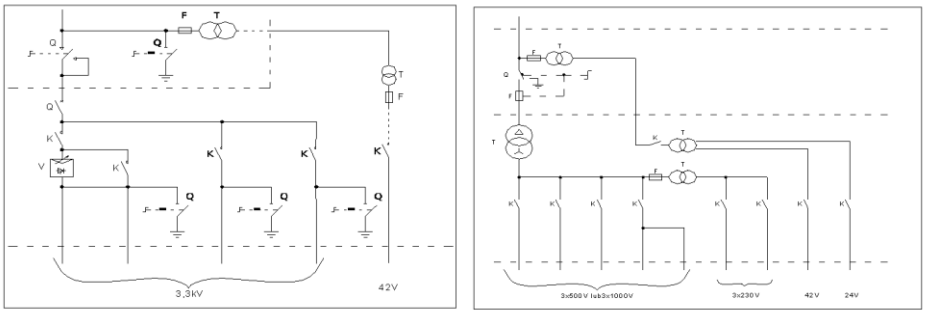
Na rysunkach 5 oraz 6 [3] przedstawiono schematy ideowe nowej generacji łączników manewrowych na napięcie 3,3 kV oraz schemat ideowy zespołu transformatorowego.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

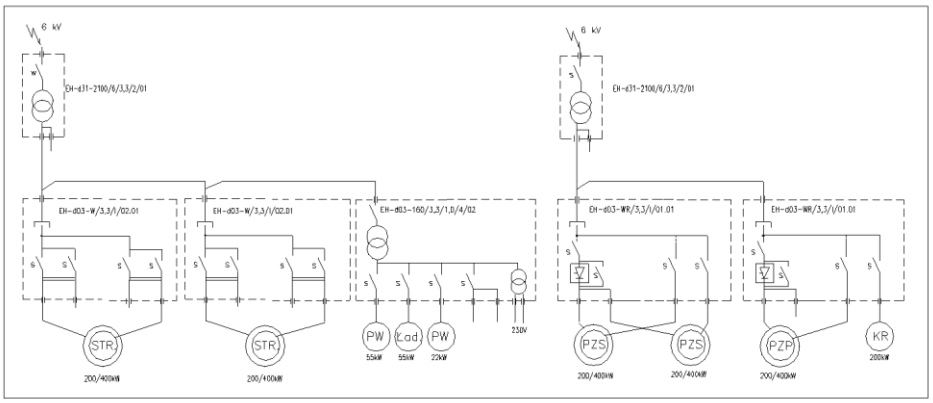
Z kolei rysunek 7 przedstawia schemat ideowy zasilania napięciem nowoczesnego kompleksu strugowego dla KWK Zofiówka [9].



Rys.5. Schemat ideowy czteroodpływowego wyłącznika stycznikowego typu EH-d03-W/3,3/I/01.xx. oraz schemat ideowy wyłącznika stycznikowego do rewersyjnego zasilania silników głównych struga typu EH-d03-W/3,3/I/02.xx



Rys.6. Schemat ideowy wyłącznika stycznikowego z rozrusznikiem typu EH-d03-WR/3,3/I/01.01 oraz schemat ideowy zespołu transformatorowego typu EH-d03-160/3,3/0,5(lub1,0)/0,2/4/01



Rys.7. Schemat ideowy zasilania wysoko wydajnego kompleksu ścianowego w KWK Zofiówka

5. Zabezpieczenia elektroenergetyczne z autokontrolą sprawności wykonane w oparciu o elektroniczną technikę cyfrową

Dla podniesienia poziomu bezpieczeństwa i funkcjonalności firma Kopex Electric Systems S.A. wprowadziła w podzespołach produkowanych urządzeń elektroniczną technikę cyfrową. Proponowane ogólnoprzemysłowe rozwiązania z uwagi na wymagania klimatyczne w tym temperaturowe, jak również bezpieczeństwo programowe nie nadają się do bezpośrednich zastosowań w warunkach podziemi kopalń. Konieczność wprowadzenia obwodów z elementami iskrobezpieczeństwa wymaga od projektanta specjalistycznej wiedzy. Oczekiwana w czasie eksploatacji funkcja autokontroli sprawności z informacją o przyczynie zablokowania stanu pracy w warunkach szeroko rozumianego przemysłu jest rzadko wykorzystywana, a konieczność potwierdzenia poprawności rozwiązania certyfikatem obowiązuje wyłącznie dla przestrzeni zagrożonych wybuchem. Spełnienie dyrektyw nowego podejścia rozszerza i otwiera rynek producentowi stawiając jednocześnie wysokie wymagania techniczne. Specyfika sieci i/lub instalacji górniczych w innych gałęziach przemysłu nie znajduje szerokiego zastosowania. W wypadku producenta, którego wcześniejsza oferta zawierała opracowania w technice analogowej użytkownicy oczekują rozwiązań kompatybilnych, jak również unowocześnień przy prowadzonych przeglądach i/lub remontach [12]. Tendencje przemysłowe znalazły swoje odzwierciedlenie w elektrycznych urządzeniach górniczych, co doprowadziło do pojawienia się zintegrowanych sterowników zabezpieczeniowych w wyposażeniu górniczych urządzeń elektrycznych niskiego i średniego napięcia. Przeprowadzone analizy i specjalistyczne badania w firmie Kopex Electric Systems wykazały, że szeroka oferta produktowa uniemożliwia utworzenie jednolitego zintegrowanego sterownika zabezpieczeniowego. Jednocześnie zintegrowany sterownik pozbawiłby dotychczasowych użytkowników możliwości unowocześnienia eksploatowanych urządzeń. Dla realizacji podniesienia poziomu bezpieczeństwa produktu wybrano newralgiczne rodzaje stosowanych rozwiązań analogowych współpracujących z siecią i/lub instalacją górniczą. Dotyczyły one zabezpieczeń upływowych (centralnych i blokujących), przekaźników sterowniczego i kontroli ciągłości uziemienia, temperaturowego, nadmiarowoprądowego, separatorów sterowniczych oraz koncentratora danych. Cząstkowe działania pozwoliły nie tylko na uzyskanie pełnych zamienników wcześniej wykorzystywanych rozwiązań analogowych, ale także systematycznie uzyskać niezawodne produkty. O słuszności podjętych działań może świadczyć również tocząca się dyskusja czy i kiedy stosować zintegrowany sterownik zabezpieczeniowy.

Cechami wspólnymi podzespołów opracowanych w elektronicznej technice cyfrowej związanymi z ogólnie pojętym bezpieczeństwem stosowania w górniczych urządzeniach z wyposażeniem elektrycznym są: autokontrola sprawności, port transmisyjny, odporność na zakłócenia radioelektryczne i warunki środowiskowe.

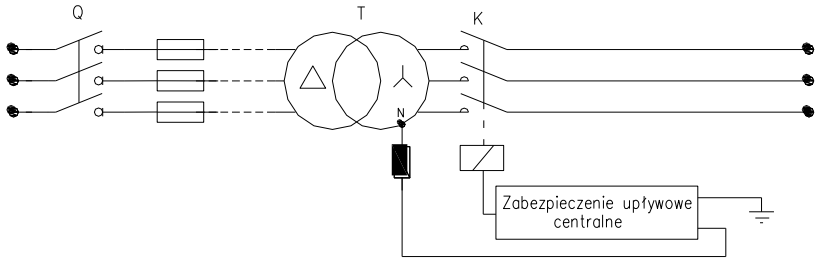
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

5.1. Zabezpieczenia upływowe

Centralne zabezpieczenia upływowe w wykonaniach EH-C05K i EH-C10K przeznaczone są do ochrony od skutków pracy przy obniżonym stanie izolacji trójfazowych instalacji elektroenergetycznych z izolowanym punktem neutralnym transformatora o napięciu znamionowym odpowiednio 500 V i 1000 V [13].

Działanie zabezpieczenia polega na pomiarze zastępczej rezystancji izolacji chronionej instalacji. Pomiar odbywa się pomiędzy punktem neutralnym transformatora, a obwodem ochronnym. Obniżenie rezystancji izolacji poniżej wartości granicznej powoduje zadziałanie zabezpieczenia wyłączając chronione odpływy i sygnalizację zadziałania.

Ponowne załączenie odpływów możliwe jest po odblokowaniu zabezpieczenia, przewidzianym do tego celu łącznikiem pod warunkiem, że rezystancja doziemna jest większa od wartości granicznej.



Rys.8. Schemat aplikacyjny zabezpieczenia upływowego centralnego

Parametry techniczne:

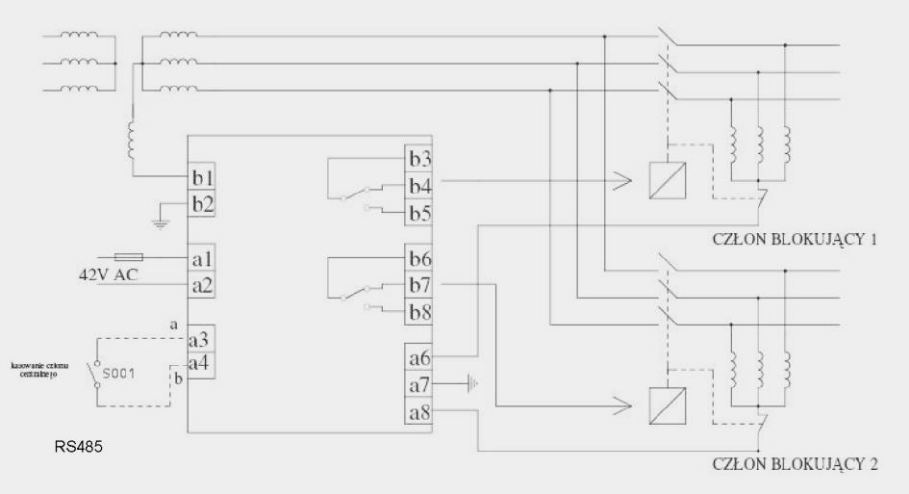
Znamionowe napięcie zasilania	230V±20%, 50 Hz
Moc znamionowa	6 W
Temperatura pracy	0°C÷60°C
Wilgotność względna powietrza przy temperaturze 35°C	do 95%
Wymiary zewnętrzne (szer. x wys. x gł.)	145x207x114mm
Masa	2,8 kg
Częstotliwość chronionej instalacji	5÷100 Hz
Rezystancja zadziałania przy uszkodzeniu jednego toru (w przypadku instalacji 500 V)	15 kΩ ±20%
Wypadkowa rezystancja zadziałania przy uszkodzeniu symetrycznym (w przypadku instalacji 500 V)	15 kΩ +20% (45 kΩ/fazę)
Rezystancja zadziałania przy uszkodzeniu jednego toru (w przypadku instalacji 1000 V)	30 kΩ ±20%
Wypadkowa rezystancja zadziałania przy uszkodzeniu symetrycznym (w przypadku instalacji 1000 V)	30 kΩ +20% (90 kΩ/fazę)

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Maksymalna pojemność zewnętrzna	1μF/faza
Czas zadziałania przy jednotorowym uszkodzeniu o wartości ≤1kΩ i częstotliwości 50 Hz	≤70ms

5.2. Zabezpieczenie upływowe centralno-blokujące obwodów trójfazowych o napięciu znamionowym do 230 V

Zabezpieczenie tworzą czujniki pomiarowe i przekaźnik upływowy centralno-blokujący typu EH-P02/02. Zabezpieczenie przeznaczone jest do nadzorowania stanu izolacji instalacji elektroenergetycznych z izolowanym punktem neutralnym transformatora o napięciu znamionowym 230 V. Przekaźnik zawiera człon centralny, realizujący pomiar wartości rezystancji doziemnej izolacji w czasie obecności w instalacji napięcia roboczego oraz dwa człony blokujące nadzorujące wartość rezystancji izolacji w stanie beznapięciowym



Rys.9. Schemat aplikacyjny zabezpieczenia upływowego centralno-blokującego obwodów trójfazowych

Parametry techniczne:

Znamionowe napięcie zasilania	42 V AC±20%, 50/60 Hz
Moc znamionowa	<3 W
Temperatura otoczenia w miejscu pracy	$-10^{O}C \div 65^{o}C$
Stopień ochrony obudowy	IP00
Wilgotność względna powietrza przy temperaturze $65^{O}C$	do 95%
Wymiary zewnętrzne (szer. x wys. x gł.)	115 x 70 x 40 mm

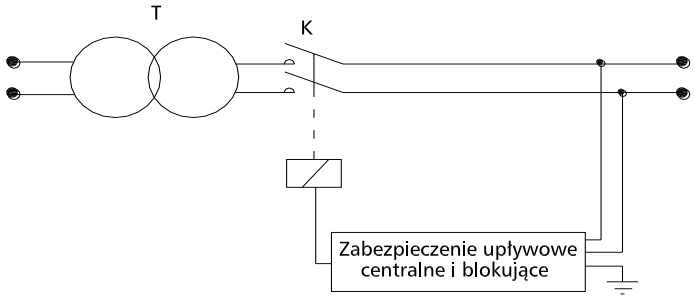
Parametry pracy – człon centralny:

Znamionowe napięcie chronionej instalacji	230 V

Rezystancja zadziałania przy uszkodzeniu jednego toru		7 kΩ ±20%
Rezystancja zadziałania przy uszkodzeniu symetrycznym		7 kΩ +20% (21 kΩ/fazę)
Czas zadziałania przy jednotorowym uszkodzeniu o wartości ≤1 kΩ		≤100 ms
Maksymalna pojemność zewnętrzna		1 μF/faza
Parametry pracy – człon blokujący:		
Rezystancja zadziałania		15 kΩ ±20%
Maksymalna pojemność zewnętrzna		1 μF/faza
Współczynnik powrotu		≤1,5
Parametry obwodu iskrobezpiecznego:		
	U_0	14,8 V
	I_0	241 μA
	P_0	0,89 mW
	L_0	8034 H
	C_0	3 μF
Wejście obwodu pomiarowego członu blokującego		– iskrobezpieczne „i_b”

5.3. Zabezpieczenie upływowe centralno-blokujące obwodów jednofazowych o napięciu znamionowym do 230 V [13]

Mikroprocesorowe zabezpieczenia typu EH-ZUCB1 i EH-ZUCB2 przeznaczone są do wykrywania obniżonego stanu izolacji doziemnej jednofazowych, izolowanych instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciach znamionowych od 24 V do 230 V. Zabezpieczenia te są zdolne do kontroli rezystancji doziemnej zarówno przy obecności napięcia w chronionej instalacji, jak i w stanie beznapięciowym, przy czym rozróżnienie trybu pracy następuje automatycznie.



Rys.10. Schemat aplikacyjny zabezpieczenia upływowego centralno-blokującego obwodów jednofazowych

Parametry techniczne:

Znamionowe napięcie zasilania	42 V AC 50/60 Hz, 60 V DC ±20%
Pobór mocy	<3 W
Znamionowe napięcie chronionej instalacji U_s	EH-ZUCB1: $U_s \leq 42$ V, EH-ZUCB2: 42 V < $U_s \leq 230$ V
Rezystancja nastawcza członu centralnego	EH-ZUCB1: 4 kΩ, EH-ZUCB2: 7 kΩ
Rezystancja nastawcza członu blokującego	EH-ZUCB1: 7 kΩ, EH-ZUCB2: 15 kΩ
Rezystancja zadziałania członu centralnego	EH-ZUCB1: 8 kΩ +20% - - uszkodzenie symetryczne, 4 kΩ ±20% - - uszkodzenie jednego toru, EH-ZUCB2: 14 kΩ +20% - - uszkodzenie symetryczne, 7 kΩ ±20% - - uszkodzenie jednego toru,
Rezystancja zadziałania członu blokującego	EH-ZUCB1: 7 kΩ ±20%, EH-ZUCB2: 15 kΩ±20%
Maksymalna pojemność zewnętrzna	0,5 μF/faza
Współczynnik powrotu	< 1,5
wyjście obwodu pomiarowego iskrobezpieczne	„i_b”
Czas zadziałania członu centralnego	≤ 100ms
Wymiary zewnętrzne (szer. x wys. x gł.)	70 x 115 x 40 mm,
Masa	0,24 kg,
Parametry obwodu iskrobezpiecznego	U_0 = 37,8 V, I_0 = 1,14 mA, P_0 = 10,8 mW, Co = 1 μF, Lo = 359 H.

5.4. Zabezpieczenie upływowe blokujące obwodów trójfazowych i temperaturowe

Podzespoły elektroniczne zabezpieczenia upływowego blokującego i temperaturowego typu EH-PTUB.1 umieszczone zostały we wspólnej osłonie. Zabezpieczenia posiadają wspólny obwód wykonawczy.

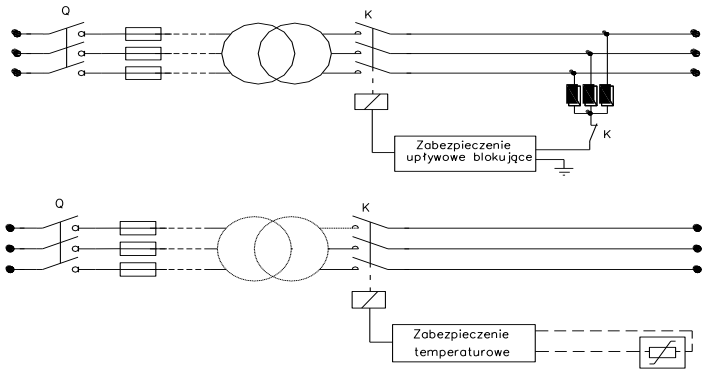
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Zabezpieczenie upływowe blokujące

Zabezpieczenie z przynależnymi czujnikami pomiarowymi przeznaczone jest do wykrywania obniżonego stanu izolacji doziemnej trójfazowych instalacji/sieci elektroenergetycznych prądu przemiennego z izolowanym punktem neutralnym transformatora. Napięcie znamionowe chronionych instalacji/sieci powinno wynosić do 6 kV włącznie. Zabezpieczenie jest zdolne do monitorowania instalacji w stanie beznapięciowym. Działanie ochronne zabezpieczenia polega na pomiarze rezystancji izolacji doziemnej nadzorowanej instalacji/sieci elektroenergetycznej. Spadek rezystancji poniżej wymaganej wartości powoduje przerwanie obwodu pomocniczego łącznika głównego, a więc uniemożliwienie włączenia napięcia na uszkodzony odpływ. Ponowne włączenie obwodu pomocniczego łącznika następuje samoczynnie po wzroście rezystancji izolacji doziemnej nadzorowanej instalacji do wymaganej wartości.

Zabezpieczenie temperaturowe

Działanie zabezpieczenia temperaturowego polega na pomiarze rezystancji w obwodzie pomiarowym. Jeżeli rezystancja czujnika temperatury wzrośnie powyżej wymaganej wartości nastąpi zadziałanie przekaźnika wykonawczego, a tym samym wyłączenie łącznika głównego. Ponowne załączenie odpływu będzie możliwe, jeżeli rezystancja w obwodzie czujnika temperatury obniży się do wymaganej wartości.



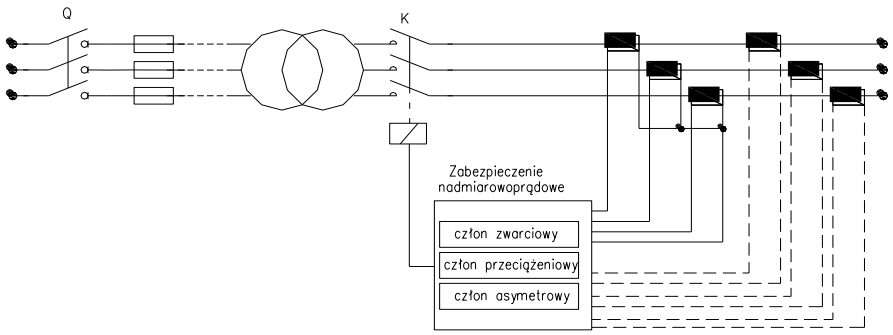
Rys.11. Schemat aplikacyjny zabezpieczenia upływowego blokującego i temperaturowego

Parametry techniczne:	
Znamionowe napięcie zasilania	42 V ±20%
Pobór mocy	2,5 W
Maksymalna pojemność chronionej sieci dla członu upływowo blokującego	4,5 μF
Sposób zasilania i rodzaj pracy	ciągły

Człon termiczny:	
Napięcie pomiarowe	12 V
Maksymalna pojemność zewnętrzna	4,5 μF
Rezystancja załączenia	5,5 ÷ 7,5 kΩ
Rezystancja wyłączenia	12,5÷14,5 kΩ
Wyjście obwodu pomiarowego iskrobezpieczne	„i_b”
Człon upływowo blokujący:	
Znamionowe napięcie zabezpieczanej instalacji/ sieci	500 V; 1000 V; 3,3 kV; 6 kV
Rezystancja zadziałania	25 kΩ ±20% dla 500 V 50 kΩ ±20% dla 1000 V 220 kΩ ±20% dla 3,3 kV 360 kΩ ±20% dla 6,0 kV
Maksymalna pojemność zewnętrzna	4,5 μF/fazę
Współczynnik powrotu	< 1,5
Wyjście obwodu pomiarowego iskrobezpieczne	„i_b”

5.5. Zabezpieczenia nadmiarowo prądowe

Elektroniczny przekaźnik nadmiarowoprądowy typu EH-P/13/06 lub EH-P/13/07 wraz z specjalnymi czujnikami pomiarowymi został zaprojektowany jako zabezpieczenie nadmiarowoprądowe dla ochrony od skutków zwarć, przeciążeń i asymetrii obciążenia, maszyn i urządzeń pracujących w górniczych, podziemnych instalacjach trójfazowych.



Rys.12. Schemat aplikacyjny zabezpieczenia nadmiarowoprądowego

Parametry techniczne:

Znamionowe napięcie zasilania	42 V AC, 50/60 Hz
Moc znamionowa	3 W

Temperatura otoczenia w miejscu pracy	$-10^{O}C \div 65^{o}C$
Wilgotność względna powietrza przy temperaturze $65^{O}C$	do 95%
Stopień ochrony obudowy	IP00

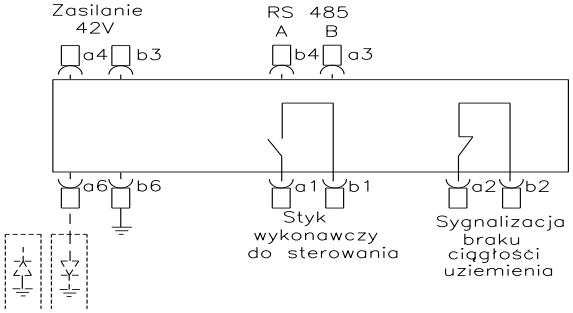
Parametry pracy:

Zakres nastawczy prądu znamionowego I_N	2÷266 A – przetw 3 mV/A 6÷800 A – przetw 1 mV/A
Mnożnik prądu zwarcia Z	3÷12, co 0,1
Czas zadziałania członu zwarciowego przy częstotliwości 50 Hz	< 65 ms
Kasowanie członu zwarciowego:	Elektryczne
Wymiary zewnętrzne (szer. x wys. x gł.)	70x113x38 mm

5.6. Przekaźnik sterowniczy i kontroli ciągłości uziemienia

Dla zapewnienia sterowania maszyn ruchomych oraz kontroli ciągłości uziemienia zaprojektowano przekaźnik typu EH-P01/01 (EH-P01/02), który spełnia funkcje przekaźnika sterowniczego i kontroli ciągłości uziemienia.

Wzrost rezystancji szeregowej i obniżenie się rezystancji równoległej do wymaganej wartości w zewnętrznym obwodzie sterowniczym, powoduje zadziałanie przekaźnika wykonawczego i wyłączenie kontrolowanego odpływu. Przekaźnik jest również stosowany w obwodach blokad technologicznych.



Rys.13. Schemat aplikacyjny przekaźnika sterowniczego i kontroli ciągłości uziemienia

Parametry techniczne:

Znamionowe napięcie zasilania	42 V AC÷20%, 50/60 Hz 60 V DC ÷ 20%
Moc znamionowa	3 W
Temperatura otoczenia w miejscu pracy	$-10^{o}C \div 65^{o}C$
Wilgotność względna powietrza przy temperaturze $65^{o}C$	do 95%

Wymiary zewnętrzne (szer. x wys. x gł.)		115 x 70 x 40 mm
Masa		0,2 kg
Parametry pracy:		
Szeregowa rezystancja załączenia		EH-P01/01 < 100 Ω
		EH-P01/02 < 50 Ω
Równoległa rezystancja załączenia		> 2000 Ω
Maksymalna pojemność zewnętrzna		5 μF
Parametry obwodu iskrobezpiecznego:		
	U_0	14,8 V
	I_0	34 mA
	P_0	126 mW
	L_0	0,403 H
	C_0	5 μF
Wejście obwodu pomiarowego		iskrobezpieczne „i_b”

6. Wnioski

Przepis art. 207 w Dziale I Rozdziału X Kodeksu pracy (art. 207-209 Kp.) nakłada na Pracodawcę obowiązek ochrony zdrowia i życia pracowników w szczególności poprzez zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy. Ochronę zdrowia i życia pracowników zapewnia się w szczególności przez:

1. organizowanie pracy w sposób zapewniający bezpieczne i higieniczne warunki pracy, w tym wraz z wykorzystaniem urządzeń w jak najwyższym stopniu zapewniających bezpieczeństwo obsługi,
2. zapewnienie przestrzegania w zakładzie pracy przepisów oraz zasad bezpieczeństwa i higieny pracy,
3. wydawanie poleceń usunięcia uchybień w tym zakresie oraz kontrolowanie wykonania tych poleceń,
4. zapewnienie wykonania nakazów, wystąpień, decyzji i zarządzeń wydawanych przez organy nadzoru.

Realizując ten obowiązek, pracodawca powinien wykorzystywać odpowiednio osiągnięcia nauki i techniki. Dodatkowo, bardzo istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa są tzw. zasady bezpieczeństwa i higieny pracy. Są to reguły pozaprawne, nie zdefiniowane w prawie, których przestrzeganie, zarówno przez pracodawców, jak i pracowników jest podstawą do zapewnienia tego bez-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

pieczeństwa. Z pewnością można stwierdzić, że stosowanie urządzeń wykorzystujących elementy bezpieczeństwa jest jedną z istotnych zasad bezpieczeństwa.

Należy w tym miejscu stwierdzić, że eksploatacja urządzeń, które zapewniają tak wysoki poziom bezpieczeństwa, przy założeniu wykorzystania do budowy urządzeń sprawdzonych i wysoce niezawodnych podzespołów gwarantuje użytkownikowi poza zachowaniem tego bezpieczeństwa także oczekiwane efekty ekonomiczne.

Kopex Electric Systems S.A. w swoich produktach z pełną konsekwencją wprowadza wszystkie możliwe do zastosowania elementy, które wspomagają użytkowników w takim prowadzeniu eksploatacji urządzeń, która zapewnia stosowanie zasad bezpieczeństwa oraz spełniają wymóg ochrony zdrowia i życia pracowników stając się podmiotem wyznaczającym nowe kierunki rozwoju. Osiągnięcia w tym zakresie potwierdzają właściwy kierunek rozwoju. Z pewnością w zakresie bezpieczeństwa można jeszcze bardzo wiele zdziałać dlatego Kopex Electric Systems S.A. składa w tym miejscu daleko idącą ofertę współpracy.

Literatura

1. Gluziński W., Krasucki F.: Elektryfikacja podziemi kopalń. Część 1. Podstawy elektryfikacji oraz urządzenia i sieci wysokonapięciowe. Wydawnictwo Śląsk Katowice 1996.

2. ELGÓR+HANSEN Sp. z o. o.: Instrukcja Obsługi i Bezpiecznego Użytkowania zespołu kompaktowego typu EH-d03-W/6,0/I/01 oraz typu EH-d03-W/6,0/I/02.

3. ELGÓR+HANSEN Sp. z o. o.: Instrukcja Obsługi i Bezpiecznego Użytkowania wyłącznika stycznikowego typu EH-d03-W/3,3/I/01.01 oraz typu EH-d03-W/3,3/I/02.01.

4. ELGÓR+HANSEN Sp. z o. o.: Instrukcja Obsługi i Bezpiecznego Użytkowania wyłącznika z rozrusznikiem tyrystorowym typu EH-d03-WR/3,3/I/01.01.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

5. ELGÓR+HANSEN Sp. z o. o.: Instrukcja Obsługi i Bezpiecznego Użytkowania zespołu transformatorowego typu EH-d03-160/3,3/0,5/4/01.

6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28.06.2002 roku w sprawie bhp, prowadzenia ruchu zakładu górniczego oraz specjalnych zabezpieczeń przeciwpożarowych podziemnych zakładów górniczych wraz z późniejszymi zmianami (Dz. U. nr 139. poz. 1169 z dnia 02.09.2002 roku wraz z późn.zm.) w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa ich użytkowania w warunkach zagrożeń występujących w ruchu zakładów górniczych.

7. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 lipca 2003 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (dyrektywa 94/9EWG–ATEX) w zakresie grupy I – urządzeń przeznaczonych do użytku w zakładach górniczych, w których występuje zagrożenie metanowe lub zagrożenie wybuchem pyłu węglowego.

8. Domagała J., Jędruś T., Macierzyński D.: Doświadczenia w eksploatacji wysoko wydajnych kompleksów ścianowych na napięcie 3,3 kV na przykładzie KWK Ziemowit (KomTech Zakopane) 2006.

9. Morawiec M., Jędruś T., Macierzyński D.: Zastosowanie ognioszczelnych rozruszników tyrystorowych średniego napięcia 3.3 kV do zasilania napędów zgrzebłowych przenośników ścianowych i podścianowych w wysoko wydajnych kompleksach ścianowych (IV Międzynarodowa Szkoła Mechanizacji i Automatyzacji Górnictwa Szczyrk) kwiecień 2008.

10. Morawiec M., Jędruś T., Macierzyński D.: Sieć rozdzielcza w podziemiach kopalń. Zespoły kompaktowe czy rozdzielnie? (XII Krajowa Konferencja Elektryki Górniczej Szczyrk) październik 2008.

11. Morawiec M., Jędruś T., Macierzyński D.: Bezpieczeństwo eksploatacji sieci średniego napięcia w aspekcie konstrukcji i wyposażenia urządzeń dla podziemnych zakładów górniczych węgla kamiennego. (EmTech, Ossa) maj 2009.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

12. Winkler W., Wiszniewski A.: Automatyka zabezpieczeniowa w systemach elektro-energetycznych. WNT 2009.
13. ELGÓR+HANSEN Sp. z o. o.: Instrukcje Obsługi i Bezpiecznego Użytkowania – przekaźników/zabezpieczeń elektroenergetycznych.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ROZDZIAŁ 2

KSZTAŁTOWANIE KOMPETENCJI W ZAKRESIE BEZPIECZNYCH WARUNKÓW PRACY W GÓRNICTWIE

Komputerowo wspomagane kształtowanie bezpiecznych warunków pracy w górnictwie - Centrum Kształtowania Kompetencji

Dariusz Michalak – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

1. Wprowadzenie

Szkolenia pracowników w coraz większym stopniu realizowane są z użyciem nowoczesnych rozwiązań multimedialnych. Wynika to zarówno z coraz większej dostępności tego rodzaju rozwiązań na rynku, ale także ze zmian w strukturze zatrudnienia. Dotyczy to również górnictwa, w ostatnich latach. W roku 2011 Kompania Węglowa S.A. przyjęła do pracy ok. 5,3 tys. osób. W roku 2012 zamierza zatrudnić do pracy pod ziemią co najmniej 5,6 tys. nowych pracowników. Oznacza to wzrost zatrudnienia (na emerytury w 2012 roku przejdzie - jak się szacuje - ok. 4 tys. osób) [2]. Tak duże zmiany w zatrudnieniu Kompanii Węglowej świadczą o zmianie pokoleniowej w ostatnich latach. Znacząco rośnie liczba pracowników młodych, którzy przyzwyczajeni są do nowych standardów przekazywania wiedzy, niezależnie czy są to informacje teoretyczne, czy wiedza praktyczna. Stosowanie aktualnie wykorzystywanych – wypracowanych przez lata – metod przekazywania wiedzy, chociaż skutecznych, może aktualnie stać się niewystarczające. Nowo przyjęci przenoszą wysokie oczekiwania z innych dziedzin życia również na grunt szkoleń zawodowych. Jak wynika z doświadczeń wynikających z opracowywania materiałów szkoleniowych w postaci prezentacji multimedialnych, szkolący przyrównują opracowywane materiały do filmów fabularnych, czy innych form rozrywki, takich jak gry komputerowe. Jeżeli prezentowane materiały nie spełniają ich oczekiwań i znacząco odbiegają od aktualnych standardów np. w zakresie animacji komputerowej, przekazywane treści nie spełniają swojego zadania, a przedmiotem dyskusji nie staje się treść przekazu ale jego forma. Planowana zmiana struktury zatrudnienia w górnictwie skłania do podjęcia działań mających na celu opracowanie rozwiązań dedykowanych dla specjalistycznych zawodów górniczych, przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiej jakości materiałów, wykorzystujących najnowsze techniki komputerowe.

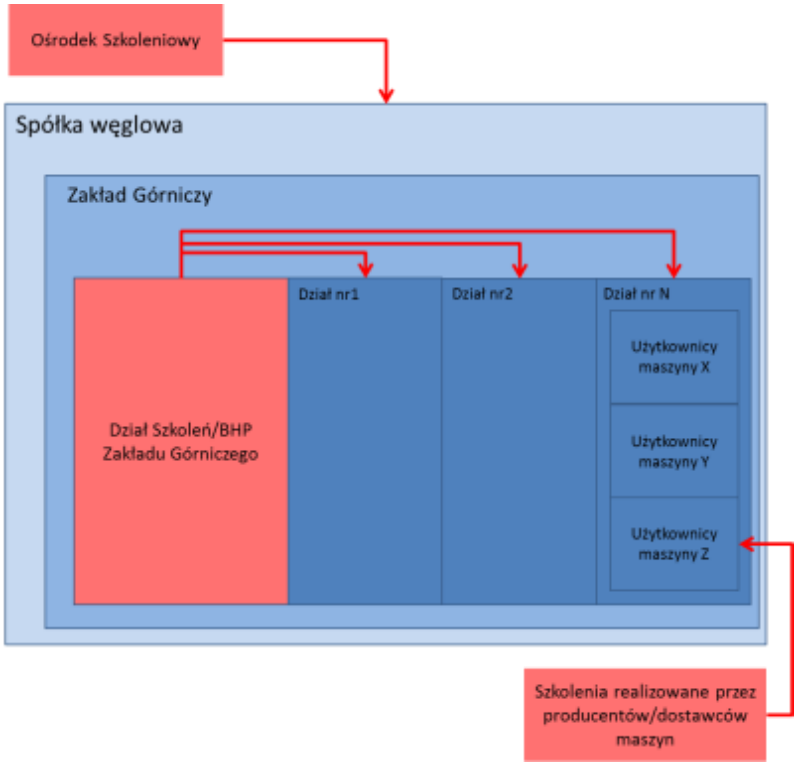
2. Analiza aktualnie stosowanych metod i form szkoleniowych

Podjęcie działań związanych z opracowywaniem nowych materiałów szkoleniowych musi opierać się na analizie stanu aktualnego. Na rysunku 1 przedstawiono w sposób schematyczny zależności pomiędzy uczestnikami procesów szkoleniowych.

Przedstawione na schemacie zależności bardzo często występują w praktyce. Istnieje jednak szereg odstępstw związanych z koniecznością kształto-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wania specjalistycznych kompetencji. Wtedy w procesie biorą udział jednostki spoza wymienionej powyżej grupy. W toku dalszych rozważań przedstawiono analizę aktualnie stosowanych metod szkoleniowych, w zależności od przedmiotu oraz instytucji organizującej szkolenia.



Rys.1. Zależności pomiędzy poszczególnymi uczestnikami procesów szkoleniowych [źródło: opracowanie własne]

2.1. Szkolenia organizowane przez ośrodki szkoleniowe

Aktualnie na rynku istnieje kilka jednostek prowadzących szkolenia specjalistyczne, oraz posiadających uprawnienia do nadawania określonych prawem poświadczeń zezwalających na realizacje prac na specjalistycznych stanowiskach pracy w górnictwie. Duże ośrodki szkoleniowe najczęściej wiążą się umowami ze spółkami węglowymi, a realizowane szkolenia prowadzone są w oparciu o wieloletnie kontrakty. Wieloletnie kontrakty teoretycznie pozwalają na podjęcie wyprzedzających działań inwestycyjnych w nowoczesne środki szkoleniowe, jednak w praktyce najczęściej wykorzystuje się przestarzałe podejście do szkoleń. Wykłady realizowane przez emerytowanych pracowników górnictwa, spełniają założenia programów szkoleniowych i są dodatkowo uzupełniane doświadczeniami z pracy w górnictwie. Wykorzystuje się w tym przypadku takie narzędzia jak tablice informacyjne, czy wielkoformatowe wydruki

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

różnego rodzaju schematów. W ostatnich latach można zaobserwować tendencję budowania sztolni szkoleniowych, na wzór dawnych, zrealizowanych na początku XX w., które w oparciu o wysłużony i uszkodzony sprzęt są miejscem odbywania praktyk uczniowskich i szkoleń z zakresu technologii górniczych (zabudowa ociosu, budowa obudowy chodnikowej, itd.). Kompanijny Ośrodek Szkoleniowy w KWK „Knurów" zbudował sztolnię szkoleniową, w której zlokalizowano kombajn ścianowy oraz kombajn chodnikowy wraz z oprzyrządowaniem. Maszyny umieszczone w sztolniach szkoleniowych i specjalistycznych pracowniach są najczęściej obiektami działającymi (w ograniczonym zakresie) i mogą realizować wybrane funkcje robocze na potrzeby nauki obsługi. Podstawowym problemem ośrodków szkoleniowych jest brak dostępu do aktualnie wykorzystywanych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn. Wynika to z ograniczonych możliwości finansowania zakupu współcześnie wykorzystywanych maszyn i urządzeń górniczych. Prowadzone są więc szkolenia poglądowe na obiektach wycofanych z użytkowania, co przybliża użytkownikowi zasadę działania i sposób obsługi, jednak prezentowane metody i techniki nie zawsze są zgodne z aktualnie stosowanymi. Praktykuje się również sesje wyjazdowe, w celu zapoznania uczestników kursu (lub np. w celu przeprowadzenia egzaminu praktycznego) z aktualnie stosowanymi maszynami w zakładach górniczych.

2.2. Szkolenia realizowane przez zakłady górnicze

Każdy zakład górniczy posiada wydzieloną komórkę organizacyjną, odpowiedzialną za bezpieczeństwo pracy oraz za kształtowanie postaw pro-bezpiecznościowych. Zakres działania wewnętrznych komórek organizacyjnych to najczęściej szeroko pojęte działania kontrolne, profilaktyka oraz realizacja wybranych szkoleń okresowych. Działania wewnętrznej komórki organizacyjnej obejmują cały zakład górniczy – zarówno jego część powierzchniową, jak i podziemia kopalni. Pracownicy kopalnianych służb BHP to osoby odpowiednio przygotowane do realizacji działań z zakresu szeroko pojętego bezpieczeństwa pracy. Znajomość lokalnych problemów i zagrożeń występujących w danym zakładzie górniczym pozwala na odpowiednie ukierunkowanie prowadzonych działań profilaktycznych i szkoleniowych na rozwiązywanie zidentyfikowanych problemów [4]. Rodzaj stosowanych rozwiązań szkoleniowych jest bardzo zróżnicowany – od klasycznych zajęć w sali szkoleniowej, po zastosowanie zaawansowanych aplikacji pozwalających na zdalne kształtowanie przebiegu szkolenia oraz zawartości testu kończącego szkolenie [3]. W większości zakładów górniczych znajdują się ekrany multimedialne informujące o bieżących zdarzeniach wypadkowych i wskazujące na przyczyny i profilaktykę. Ta forma prezentacji informacji o charakterze szkoleniowym przyjęła się w większości zakładów Kompanii Węglowej S.A. oraz w Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A. Pracownicy przyzwyczaili się do tej formy prezentacji informacji o zaistniałych wypadkach [11].

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

2.3. Szkolenia organizowane przez producentów maszyn

Szkolenia organizowane przez producentów maszyn realizowane są najczęściej bezpośrednio w siedzibie firmy, często w warunkach hali montażowej. Przyszli użytkownicy uczestnicząc w montażu/demontażu kombajnu w warunkach hali produkcyjnej zapoznają się z budową maszyny oraz na bieżąco identyfikują problemy jakie mogą pojawić się w praktyce. Na szkolenia organizowane przez producenta zapraszani są jedynie przyszli użytkownicy. Szkolenia mają zatem charakter zamknięty, dostępny jedynie dla wybranych osób.

W ostatnich latach szkolenia organizowane przez producenta stały się elementem przetargowym w walce o klienta. Podstawowym parametrem przy wyborze ofert jest cena. Można zaobserwować jednak tendencję do umieszczania w wymaganiach przetargowych dodatkowych zapisów. Dodatkowe zapisy to np. konieczność zapewnienia szkoleń oraz dostarczenie materiałów informacyjnych w postaci multimedialnych instrukcji obsługi, w cenie zakupu maszyny.

Istotny wpływ na zakres realizowanych szkoleń ma biznesowy model zakupu maszyny. Aktualnie większość maszyn nie jest kupowana, a dzierżawiona. Jednocześnie odbiorcy wymagają pełnej obsługi serwisowej w okresie wykorzystania maszyny. W praktyce oznacza to konieczność przygotowania przez użytkownika jedynie miejsca naprawy (zabezpieczenie ociosu, przygotowanie wnęki), natomiast reszta prac realizowana jest przez personel serwisowy producenta.

Bardzo istotne w takim modelu wykorzystania maszyn jest skuteczne szkolenie ich operatorów. W ostatnich latach można zaobserwować znaczący wzrost jakości szkoleń realizowanych w tym zakresie. W ostatnim czasie jeden z producentów kolejek podwieszonych przygotował symulator pracy maszyny działający w oparciu o rzeczywistą kabinę operatora. Prawidłowe przygotowanie szkoleń dla operatorów ma także znaczenie z punktu widzenia efektywnego wykorzystania obsługiwanej maszyny. Doświadczeni pracownicy rutynowo podchodzą do nowych rozwiązań maszyn i obsługują je zgodnie ze swoim doświadczeniem z lat wcześniejszych, co nie zawsze oznacza prawidłowe i efektywne ich wykorzystanie. Rozwiązaniem tego problemu jest zastosowanie symulatora, który dodatkowo przekazuje informacje o tym jak zachować się w trakcie awarii, jak je przewidywać oraz w jaki sposób maszyna może zachować się w sytuacji awaryjnej.

2.4. Analiza rynku szkoleń

Z danych Wyższego Urzędu Górniczego wynika, że około 70% wszystkich wypadków zarejestrowanych w kopalniach węgla kamiennego ma źródło w błędach popełnianych przez pracowników, zaniedbaniach obowiązków, naruszaniu norm bezpieczeństwa lub świadomym podejmowaniu ryzyka. Sytuacja

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wymaga zatem zasadniczej zmiany stylu, jakości i skuteczności zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy w zakładach górniczych. Aby osiągnąć postęp w tej dziedzinie, konieczne jest zaangażowanie osób pełniących funkcje kierownicze w przedsiębiorstwach wydobywczych, niezależnie od ich wielkości i formy własności. Zapobieganie wypadkom i chorobom zawodowym w górnictwie wymusza stosowanie odpowiedniej formy, zakresu i poziomu szkoleń w dziedzinie BHP. Mając na względzie konieczność kształtowania kultury bezpieczeństwa w przemyśle wydobywczym, urzędy górnicze w szerszym stopniu prowadzą działania w zakresie promocji dobrych praktyk i bezpiecznych zachowań w zakładach górniczych, przy jednoczesnym zwiększeniu skuteczności działań nadzorczych i kontrolnych [10].

Rodzaje szkoleń oraz liczba uczestników obowiązkowych szkoleń organizowanych przez CSRG S.A. [źródło: Ratownictwo Górnicze. Kwartalnik Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego S.A. 1/2012]

Tabela 1

Lp	Nazwa Kursu	Ilość kursów	Ilość przeszkolonych
1.	Kurs dla kierowników akcji na dole	7	114
2.	Kurs dla kierowników baz ratowniczych	7	124
3.	Kurs podst. dla kier. kopalnianych stacji ratownictwa górniczego	2	26
4.	Kurs okr. dla kier. kopalnianych stacji ratownictwa górniczego	3	59
5.	Kurs z zakresu udzielania pomocy przedmedycznej dla zastępowych kopalnianych drużyn ratowniczych	41	869
6.	Seminarium dla kierowników ruchu zakładu górniczego	3	93
7.	Seminarium dla dyspozytorów ruchu w podziemnych zakładach górniczych	21	311
8.	Kurs podstawowy dla ratowników górniczych	26	480
9.	Kurs okresowy dla ratowników górniczych	52	918
10.	Kurs podstawowy dla mechaników sprzętu ratowniczego	6	103
11.	Kurs okresowy dla mechaników sprzętu ratowniczego	9	141
12.	Kurs z zakresu ratownictwa górniczego dla osób kierownictwa i dozoru ruchu podziemnego zakładu górniczego, nie wchodzących w skład drużyny ratowniczej	88	2765
	RAZEM	**265**	**6003**

Analizy WUG [9] wskazują, że istotnym problemem, na jaki należy zwrócić uwagę w realizacji szkoleń, jest adaptacja zawodowa. W celu podniesienia bezpieczeństwa pracy przedsiębiorcy podejmują szereg działań. Jednym z tych działań jest wprowadzenie adaptacji zawodowej pracowników nowo przyjętych. Pomimo tego, że obowiązujące przepisy rozporządzenia Ministra

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Gospodarki i Pracy z dnia 27 lipca 2004 r. [1] w sprawie szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy, w zakresie szkolenia wstępnego dają możliwość zatrudnienia pracownika nowo przyjętego po ukończeniu 3-godzinnego instruktażu ogólnego i jednodniowego instruktażu stanowiskowego, to w górnictwie węglowym wymogi w tym zakresie są zaostrzone. W kopalniach węgla kamiennego funkcjonuje system, w którym pracownicy po raz pierwszy podejmujący pracę pod ziemią muszą ukończyć co najmniej 16 godzinny instruktaż ogólny i 10-dniowy instruktaż stanowiskowy, pod nadzorem instruktorów posiadających odpowiednie przygotowanie i doświadczenie zawodowe. W spółkach węglowych, po zakończeniu szkolenia wstępnego, wprowadzona została adaptacja zawodowa, która trwa od trzech do dwunastu miesięcy. Jest to okres, w którym nowo przyjęty pracownik poznaje swoje miejscy pracy. Adaptacja zawodowa to istotny etap aktywności zawodowej nowo przyjętych pracowników. Doświadczenia jakie zdobywają na tym etapie rzutują na ich przyszłą pracę. Koncepcja Centrum Kształtowania Kompetencji w początkowej fazie realizacji jego założeń opierać się będzie głównie na wspomaganiu działalności szkoleniowej osób nowo przyjętych, oraz na opracowywaniu materiałów rozszerzonych o dodatkowe elementy multimedialne, przykładowe zestawienie najczęściej realizowanych szkoleń w Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego przedstawiono w tabeli 1 [8].

Z uwagi na brak dostępu do szczegółowych danych statystycznych co do ilości i rodzaju szkoleń realizowanych przez znaczące podmioty w obszarze szkoleń dla górnictwa, można jedynie w sposób szacunkowy określić liczbę osób jakie poddawane się szkoleniom w skali roku. W przypadku rutynowo realizowanych szkoleń okresowych, jest to około kilkanaście tysięcy osób. Jak wynika z danych prezentowanych w tabeli 1, w przypadku szkoleń specjalistycznych skierowanych dla ratowników górniczych ogólna liczba wynosi 6003 osoby rocznie. Analizując stosowane metody szkoleń, w przeważającej większości są to standardowe zajęcia wykładowe, realizowane w wykorzystaniem komputera i rzutnika multimedialnego. Działania te wspomagane są za pomocą filmów szkoleniowych prezentujących właściwą realizację prac oraz odwołujących się do zaistniałych wypadków górniczych. Od 2006 roku specjaliści z ITG KOMAG opracowali ponad 100 filmów szkoleniowych [5]. Duże ośrodki szkoleniowe uzupełniają swoje szkolenia o zajęcia realizowane w sztolniach szkoleniowych, gdzie realizowana jest część praktyczna kursów. W kopalniach Kompanii Węglowej S.A. w szkoleniach okresowych wykorzystuje się oprogramowanie działające w systemie e-learningu. CSRG S.A. w swoich szkoleniach wykorzystuje symulator prowadzenia akcji ratowniczej, oparty na wizualizacji rozkładów temperatur, przepływów powietrza i gazów na płaskim schemacie hipotetycznych wyrobisk, objętych działaniem akcji ratowniczej [7]. W zakresie rozwiązań interaktywnych od roku 2011 wdrażane są rozwiązania opracowywane przez Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii ITG

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

KOMAG [6]. Z szerokiej oferty rozwiązań interaktywnych opracowanych w ITG KOMAG, opartych między innymi na wizualizacjach 3D, wdrożono aplikacje oparte na interaktywnych animacjach i rejestracjach wideo, wzbogaconych o zaawansowane metody pomiaru wiedzy z wykorzystaniem repozytorium pytań kontrolnych. Producenci maszyn promują swoje nowe rozwiązania techniczne poprzez zastosowanie zaawansowanych materiałów szkoleniowych, które oprócz tego, że stanowią element strategii marketingowej, wzbogacają w sposób znaczący jakość szkoleń.

Analizując aktualny stanu rynku szkoleń można stwierdzić, że:

- każdego roku szkoleniom poddawanych jest kilkanaście tysięcy osób – najczęstsze szkolenia to szkolenia okresowe – ogólne, oraz szkolenia skierowane dla osób nowo przyjętych, związane z adaptacją zawodową,
- preferowane są klasyczne formy szkoleniowe; można jednak zaobserwować pojedyncze implementacje zaawansowanych rozwiązań, które z uwagi na swój specjalistyczny charakter skierowane są jedynie do wąskiej grupy odbiorców (kilkadziesiąt osób rocznie, szkolonych w poszczególnych ośrodkach szkoleniowych).

3. Koncepcja Centrum Kształtowania Kompetencji - CKK

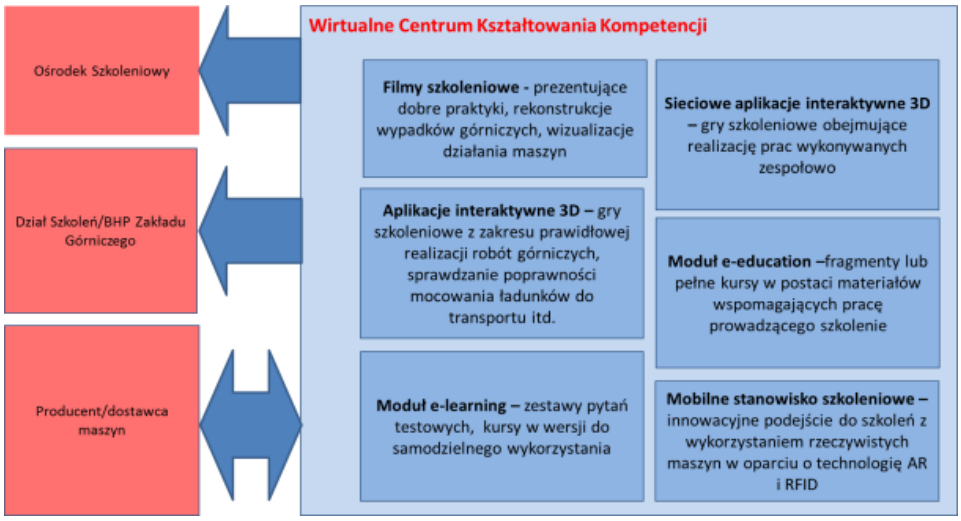
Analiza aktualnego stanu w dziedzinie specjalistycznych szkoleń dla górnictwa wskazuje na brak systemowych rozwiązań, które mogłyby zostać wykorzystywane do wspomagania szkoleń na szeroką skalę. Istnieje szereg rozwiązań szczegółowych zlokalizowanych u poszczególnych uczestników rynku szkoleń dla górnictwa, jednak żadne z nich nie ma charakteru ogólnego – rozwiązania stosowane są lokalnie, przez jednego producenta, jedną kopalnię, w najlepszym przypadku w ramach jednej spółki węglowej (system e-learningu wykorzystywany w szkoleniach okresowych w KW S.A.). Przyczyna takiego stanu rzeczy wynika najczęściej z oszczędności środków finansowych oraz z zawartości kursu specyficznej np. dla wybranego zakładu górniczego. Zachodzi zatem potrzeba opracowania rozwiązania ogólnie dostępnego, finansowanego wspólnie przez wszystkich uczestników procesów szkoleniowych oraz innowacyjnego i atrakcyjnego, skłaniającego do wdrożenia, przez większość jednostek szkoleniowych. Takie podejście wymusza przyjęcie pewnych założeń, które umożliwią realizację założonego celu, są to:

- dostępność – materiały dostarczane w oparciu o rozwiązania sieciowe,
- innowacyjna forma prezentacji i pomiaru wiedzy - zamieszczanie w systemie rozwiązań nie spotykanych do tej pory w szkoleniach dla górnictwa, realizowanych w oparciu o technologię Serious Games, przenośnych stanowisk szkoleniowych oraz Rozszerzoną Rzeczywistość (ang. Augmented Reality),

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– wysoka jakość dostarczanych rozwiązań – aspekt wizualny opracowywanych materiałów ma istotne znaczenie z punktu widzenia odbiorcy. Jeżeli materiały opracowane zostaną w oparciu o innowacyjną technologię, jednak zaniedbana zostanie część wizualna, np. interfejs użytkownika, rozwiązanie nie zostanie zaakceptowane przez odbiorców. Na jakość składa się także wysoki poziom merytoryczny – scenariusze szkoleń powinny być przygotowywane we współpracy z praktykami. W przypadku materiałów odzwierciedlających rzeczywiste lokalizacje należy opracowywać materiały o foto realistycznej jakości rozwiązań graficznych,
– innowacyjny model finansowania – finansowanie może być oparte na pobieraniu opłat za rzeczywiście wykorzystane materiały (system przedpłat, punktów kredytowych i zaawansowanych metod autoryzacji użytkownika),
– uniwersalność – umieszczanie w systemie rozwiązań umożliwiających wykorzystywanie ich przez dowolny zakład górniczy, z możliwością wariantowania zamieszczanych materiałów na potrzeby wynikające ze specyficznych warunków górniczo-geologicznych.

Centrum Kształtowania Kompetencji to rozwiązanie bazujące na elementach niematerialnych, takich jak programy komputerowe, bazy danych, bazy wiedzy oraz na elementach materialnych uzupełniających takie elementy, jak: przenośne stanowiska szkoleniowe (piloty do sterowania wirtualnymi maszynami, czy komputery stosowane w implementacjach Rozszerzonej Rzeczywistości i w połączeniu z technologią RFID).



Rys.2. Elementy składowe Centrum Kształtowania Kompetencji
(źródło: opracowanie własne)

Koncepcja CKK zakłada możliwość implementacji w oparciu o istniejącą infrastrukturę ośrodków szkoleniowych, przy zapewnieniu pewnych wymagań minimalnych (w zakresie stałego dostępu do sieci oraz wymaganej mocy obli-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

czeniowej komputerów do prezentacji materiałów 3D). Elementy składowe Centrum Kształtowania Kompetencji przedstawiono na rysunku 2.

Na poszczególne moduły tematyczne składają się następujące elementy:

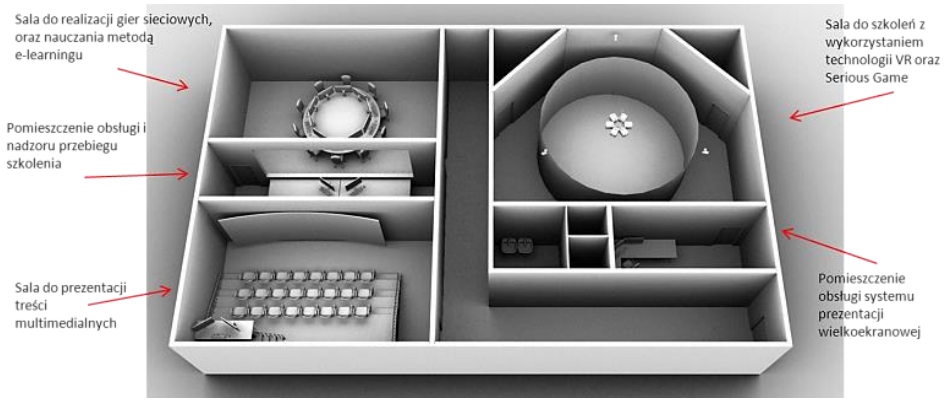
- filmy szkoleniowe – materiały multimedialne w postaci filmów animowanych lub realizowanych w technice wideo rejestracji, o dużej uniwersalności przekazu wizualnego, sprawiają, że ta forma prezentacji wiedzy jest często wykorzystywanym element szkoleń. Filmy szkoleniowe zawarte w systemie można wykorzystywać jako niezależne elementy i przeglądać je w zależności od potrzeb lub jako element innych modułów tematycznych np. e-learning i e-education,
- aplikacje interaktywne 3D - gry szkoleniowe z zakresu prawidłowej realizacji robót górniczych, z użyciem aplikacji interaktywnych, w których użytkownik z wykorzystaniem elementów graficznych w postaci modeli 3D realizuje czynności z zakresu technologii robót górniczych i obsługi maszyn, na bieżąco obserwując skutki swojego postępowania,
- sieciowe aplikacje interaktywne 3D – aplikacje szkoleniowe symulujące realizację prac zespołowych. Zadaniem tego typu aplikacji jest kształtowanie umiejętności pracy zespołowej oraz nauczanie prawidłowych form komunikacji pomiędzy członkami zespołu. Przykładem zastosowania tego rodzaju aplikacji może być współpraca pomiędzy dyspozytorem a operatorem kolejki podwieszonej, lub realizacja akcji ratowniczej przez zastęp ratowników,
- moduł e-education –fragmenty lub pełne kursy w postaci materiałów wspomagających pracę prowadzącego szkolenie. Aktualnie osoby prowadzące szkolenia bazują na opracowanych samodzielnie prezentacjach. Wykorzystanie platformy sieciowej daje możliwość ciągłej aktualizacji zasobów, oraz dzięki możliwości wykorzystania innych modułów systemu (np. zasobów bazy filmów szkoleniowych i interaktywnych aplikacji 3D), szkolenie może być urozmaicone i prowadzone w interakcji z uczestnikami kursu.
- moduł e-learning – moduł ten zawiera zestawy pytań testowych, możliwych do wykorzystania jako element pomiaru wiedzy zdobytej np. podczas szkoleń praktycznych. Kursy realizowane w systemie okresowym mogą być realizowane przez pracowników samodzielnie, a zaliczane w końcowej fazie kursu internetowego testy stanowią podstawę do dopuszczenia pracowników do pracy,
- mobilne stanowiska szkoleniowe – innowacyjne podejście do szkoleń z wykorzystaniem rzeczywistych maszyn w oparciu o technologię AR i RFID. Szkolenia praktyczne odbywają się w oparciu o przestarzałe rozwiązania techniczne dostępne w zasobach np. sztolni szkoleniowej, albo realizowane są w rzeczywistych wyrobiskach na aktualnie działających maszynach. W pierwszym przypadku demontaż np. osłon i omawianie budowy i zasady działania nie ma sensu, z uwagi na niezgodność obiektu ze stanem rze-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

czywistym. W drugim przypadku również nie ma takiej możliwości z uwagi na ograniczenia czasowe oraz zapisy gwarancyjne maszyn. Mobilne stanowisko szkoleniowe to rozwiązanie programowo-sprzętowe, którego główną cechą jest możliwość ożywiania obiektów rzeczywistych o dodatkowe informacje graficzne, bez konieczności ingerencji. Przenaszalność rozwiązania pozwala szybkie zestawienie stanowiska szkoleniowego w dowolnym miejscu. Przykład zastosowania różnych technologii informacyjnych przedstawiono na rysunku 3. W ostatniej kolumnie oznaczono propozycje usprawnień.

Lp.	Tematyka programowa	Liczba godzin	Propozycja zastosowania technik multimedialnych
1.	Wiadomości wstępne	1	Informacje tekstowe, proste grafiki opisujące informacyjne
2.	Wybrane zagadnienia z techniki eksploatacji złóż.	5	Animacje komputerowe opisujące wybrane technologie górnicze
3.	Ciśnienie górotworu, sposoby odprężania.	3	Symulacje interaktywne pokazujące skutki odprężania
4.	Obudowa wyrobisk podziemnych	8	Modele 3D do samodzielnego przeglądania różnych typów obudów
5.	Urabianie skał. Roboty strzałowe.	4	Animacja komputerowa obrazująca przebieg procesu
6.	Przewietrzanie wyrobisk górniczych	3	Symulacja interaktywna umożliwiająca zmianę parametrów powietrza w czasie rzeczywistym i obserwacje skutków
7.	Zagrożenia naturalne, zagrożenia związane z wykonywaniem robót strzałowych oraz sposoby ich zwalczania.	6	Implementacja systemu SafeAR realizowana np. w sztolni szkoleniowej
8.	Wybrane zagadnienia z mechanizacji, elektryfikacji i automatyzacji kopalń.	3	Interaktywne schematy prezentujące zasadę działania wybranych instalacji w maszynie
9.	Transport	2	Informacje tekstowe wzbogacone wizualizacją współczesnych systemów transportowych
10.	Pomoc przedlekarska w nagłych wypadkach.	1	Aplikacje interaktywne pozwalające ćwiczyć sposób pomocy w różnych sytuacjach
11.	Omówienie charakterystycznych wypadków przy robotach górniczych	1	Animacje komputerowe obrazujące przyczyny, skutki oraz profilaktykę dla zaistniałych zdarzeń wypadkowych
12	Wiadomości związane z zatrudnieniem	3	Informacje tekstowe
	RAZEM	40	

Rys.3. Propozycja wzbogacenia aktualnych kursów o multimedialne materiały informacyjne (źródło: opracowanie własne)



Rys.4. Przykładowa implementacja Centrum Kształtowania Kompetencji [źródło: opracowanie własne]

Umieszczenie wszystkich elementów składowych w infrastrukturze sieciowej daje duże możliwości śledzenia postępów szkolonego – np. porównując wyniki z poprzednich szkoleń okresowych. Przepływ informacji pomiędzy poszczególnymi modułami może także obrazować stopień ukończenia bieżą-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

cego kursu. Realizacja kursu może być przeprowadzana modułowo, a dostęp do poszczególnych etapów kursu potwierdzany jest zdaniem wskazanych modułów szkoleniowych. Implementacja Centrum Kształtowania Kompetencji może odbywać się na kilka sposób, różniących się stopniem zaawansowania i zależnych od wymagań obiorcy końcowego. Na rysunku 4 przedstawiono przykładowy rozkład pomieszczeń zlokalizowanych w Centrum Kształtowania Kompetencji.



Rys.5. Pomieszczenie do realizacji szkoleń z wykorzystaniem gier sieciowych [źródło: opracowanie własne]



Rys.6. Pomieszczenie do prezentacji treści multimedialnych [źródło: opracowanie własne]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Poszczególne elementy składowe centrum mają ściśle określone funkcje. Sala do realizacji gier sieciowych zaprojektowana jest tak, aby uczestnicy szkolenia mogli obserwować siebie tak, jak ma to miejsce w rzeczywistości. Oddzielne pomieszczenie prowadzącego szkolenie wyposażono w okno umożliwiające obserwację zachowań uczestników kursu – rysunek 5.

Prezentowanie treści multimedialnych wymaga zaangażowania odpowiednich środków audiowizualnych. Na rysunku 6 pokazano przykład implementacji sali do prezentacji treści multimedialnych.

Umieszczenie stanowiska operatora w sali z dodatkowymi ekranami pozwala na obsługę zaawansowanych aplikacji 3D i interaktywnych rozwiązań szkoleniowych wariantowanych, w zależności od potrzeb. Do prezentacji treści multimedialnych może być także wykorzystana wielkoekranowa projekcja dookólna. Zastosowanie takiego rozwiązania do prezentacji rozwiązań VR o charakterze Serious Games pozwala na uzyskanie maksymalnego efektu zanurzenia i zgodności z rzeczywistością. W dodatkowym pomieszczeniu znajduje się sprzęt do obsługi rzutników wyświetlających informacje na różnych fragmentach ekranu (od 4 do 6 rzutników) oraz komputer prowadzącego szkolenie, na którym można np. wprowadzać zmiany w scenariuszu szkolenia. Przedstawione powyżej rozwiązanie to sytuacja idealna, w której zarówno platforma programowa, sprzętowa i infrastruktura obiektu szkoleniowego dostosowane są do założeń CKK. W rzeczywistości zachodzi jednak sytuacja, w której mamy do czynienia z infrastrukturą w postaci sal lekcyjnych, w których aktualnie odbywają się szkolenia. Wymaga to dostosowania oferty dla poszczególnych odbiorców oraz dostarczania rozwiązań modułowych, które mogą być zestawiane w zależności od potrzeb klienta.

4. Podsumowanie

Przedstawiona koncepcja rozwiązania Centrum Kształtowania Kompetencji jest propozycją połączenia dotychczas opracowanych rozwiązań i zestawienia ich na jednej platformie. Opracowana koncepcja stanowi punkt wyjścia do podjęcia dalszych działań, obejmujących opracowywanie szczegółowych zestawów materiałów szkoleniowych oraz ustalenie sposobu finansowania, pozwalającego na uniwersalne wykorzystanie udostępnionych materiałów przez podmioty oferujące szkolenia. Przedstawione rozwiązanie może być realizowane np. we współpracy z producentem maszyn. Rosnąca złożoność maszyn górniczych powoduje, że od użytkowników maszyn wymaga się coraz wyż-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

szego poziomu znajomości zagadnień technicznych. Opracowanie rozwiązań organizacyjnych zapewniających dostarczenie wiedzy z zakresu bezpiecznej obsługi i eksploatacji maszyn może stanowić element przewagi konkurencyjnej na rynku dostawców maszyn górniczych.

Literatura

1. Dz. U. Nr 180, poz. 1860, poz. 1860 z późn. zm.
2. http://grupa.kwsa.pl/aktualnosci/wywiady/171-bedzie-praca-dla-42-tys-osob
3. Lesisz R., Michalak D.: Zastosowanie interaktywnych aplikacji w szkoleniach pracowników górniczych zakładów podziemnych. Mechanik 2011 nr 7 s. 485-492.
4. Michalak D., Rozmus M., Jaszczyk Ł., Lesisz R.: Zastosowanie wybranych technologii informacyjno-komunikacyjnych w szkoleniach użytkowników kolejek podwieszonych. KOMTECH 2009. Innowacyjne, bezpieczne oraz efektywne techniki i technologie dla górnictwa. Człowiek - Maszyna - Środowisko, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2009.
5. Michalak D., Rozmus M.: Multimedialne materiały szkoleniowe dla kopalń węgla kamiennego - ocena stanu obecnego oraz kierunki rozwoju. Maszyny Górnicze, nr 2/2010.
6. Michalak D., Rozmus M., Lesisz R., Jaszczyk Ł.: Interaktywne formy kształtowania bezpieczeństwa pracy w górnictwie, KOMTECH 2010, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo – Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2010.
7. Plata A., Szatan J.: Szkolenie dyspozytorów ruchu zakładu górniczego. Ratownictwo Górnicze nr66/2012.
8. Ratownictwo Górnicze. Kwartalnik Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego S.A. 1/2012.
9. Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2011 roku. Wyższy Urząd Górniczy, Katowice, kwiecień 2012 r.
10. Strategia działania urzędów górniczych na lata 2010–2014. Wyższy Urząd Górniczy, Katowice 2009.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

11. Winkler T., Michalak D., and Jaszczyk Ł.: The Use of Visualization of Risk Factors in Creation of Work Safety. Proceedings of the Eighteenth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES 2009). Banff, Alberta, Canada November 16 – 19, 2009. The Reading Matrix Inc., Irvine, CA, USA.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Szkolenia pracowników transportu górniczego z zastosowaniem technologii informacyjno-komunikacyjnych

Łukasz Jaszczyk - Instytut Techniki Górniczej KOMAG

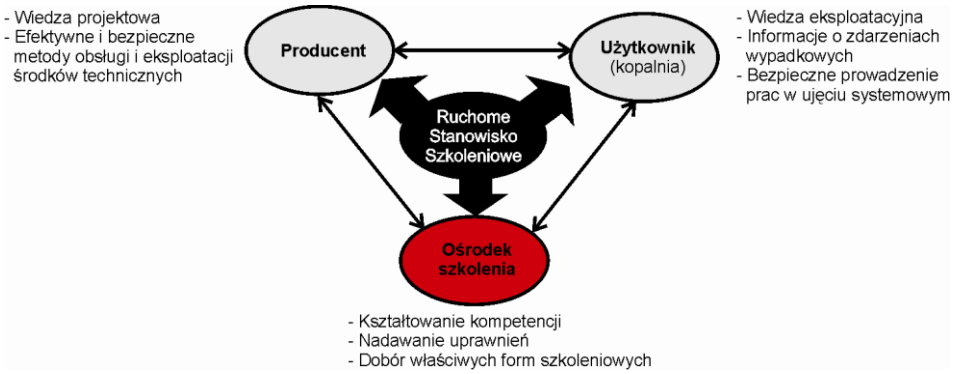
1. Wstęp

Jednym z kluczowych elementów procesu szkolenia jest dobór jego formy, pozwalającej na efektywne przetwarzanie i zapamiętywanie informacji. Odbiór informacji przekazywanych w trakcie szkoleń w postaci komunikatów czy obrazów, odbywa się na poziomie wielozmysłowym. Skuteczne ich przyswojenie uwarunkowane jest liczbą zaangażowanych procesów poznawczych. W przypadku szkoleń pracowników podziemnych zakładów górniczych, realizowanych w specjalistycznych ośrodkach szkolenia, informacje te przekazywane są głównie w formie wykładu, który pozwala przedstawić uczestnikom informacje na wybrany temat. Jednak w niewielkim stopniu przyczyniają się one do zmiany zachowań, związanych z bezpiecznym sposobem prowadzenia prac, czy nabywania umiejętności. Ponadto infrastruktura techniczna, jaką dysponują obecnie ośrodki szkolenia nie pozwala na prowadzenie szkoleń na obiektach, na których uczestnicy będą pracować w przyszłości, co wpływa na skuteczność szkolenia. Ograniczenia w dostępie do najnowszych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn i urządzeń można pokonać poprzez prowadzenie szkoleń na ruchomych stanowiskach szkoleniowych, wykorzystujących technologie informacyjno komunikacyjne. Pozwala to na prowadzenie szkoleń w ośrodku szkolenia, u producenta, jak również u użytkownika maszyny (rys. 1). Takie podejście pozwala na przekazywanie wiedzy oraz kształtowanie umiejętności związanych z obsługą i utrzymaniem ruchu maszyn i urządzeń. Szkolenia prowadzone w ośrodkach szkolenia są konieczne dla uzyskania uprawnień do wykonywania pracy na określonym stanowisku, jednakże niewystarczające ze względu na aktualny stan środków technicznych, jak również konieczność uzupełniania wiedzy i umiejętności. Obecnie maszyny górnicze produkowane są jednostkowo i dostosowane są do wymagań użytkownika końcowego (zakładu górniczego), dlatego też przekazywanie wiedzy, jak również nabywanie umiejętności powinno być realizowane również u producenta maszyny oraz jej użytkownika. Każdy z potencjalnych uczestników tego procesu posiada specjalistyczną wiedzę, która może być wykorzystana w realizacji szkoleń.

Podczas szkoleń prowadzonych bezpośrednio w miejscu pracy (zakładzie górniczym), uczestnicy pogłębiają swoją wiedzę i rozwijają umiejętności związane z obsługą ściśle określonego modelu maszyny. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku organizowania szkoleń u wytwórcy, gdzie przekazywana jest aktualna wiedza z zakresu budowy, obsługi i konserwacji, przy czym wiedza ta może dotyczyć nowych środków technicznych, nie będących na wyposażeniu zakładów górniczych. W ośrodku szkoleniowym użytkownik

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

zapoznaje się natomiast z przepisami dotyczącymi bezpiecznego prowadzenia prac i sposobem organizacji pracy na stanowisku roboczym, które związane jest z typem maszyny. Może prowadzić to do sytuacji, w której uczestnikom szkolenia przekazywana jest wiedza dotycząca innej maszyny. Dlatego też należy dążyć do organizowania szkoleń na maszynach, na których uczestnicy będą pracować w przyszłości. Możliwe jest to poprzez zastosowanie ruchomego stanowiska szkoleniowego, które pozwala na prowadzenie szkoleń dla dowolnego rodzaju, modelu i typu maszyny. Stanowisko pozwala na przekazywanie tych samych treści kształcenia, zarówno w ośrodku szkolenia, u wytwórcy, jak i użytkownika maszyny. Pozwala to na pogłębienie wiedzy z zakresu obsługi i utrzymania ruchu maszyny, a przekazywana w trakcie szkolenia wiedza z zakresu bezpieczeństwa pracy, z uwzględnieniem niebezpiecznych zdarzeń mogących wystąpić w trakcie użytkowania maszyny przyczynia się do propagowania bezpiecznych metod pracy.



Rys.1. Miejsce prowadzenia szkoleń z zastosowaniem ruchomego stanowiska szkoleniowego, wraz ze wskazaniem zasobów wiedzy charakterystycznych dla poszczególnych uczestników procesu [źródło: opracowanie własne]

Przedstawiona w niniejszym opracowaniu metoda szkolenia bazująca na koncepcji ruchomego stanowiska szkoleniowego, pozwala na zwiększenie zaangażowania uczestników szkolenia w proces nauczania, zwiększając tym samym możliwości zapamiętywania przekazywanych w trakcie szkolenia treści kształcenia. Obecnie prowadzone prace mające na celu zastosowanie opisywanej metody, dotyczą szkoleń pracowników transportu górniczego, w szczególności maszynistów i konserwatorów kolejek podwieszonych, jednakże z uwagi na jej uniwersalny charakter może być ona również stosowana dla innych maszyn, czy stanowisk pracy. Scenariusze szkolenia pracowników transportu opisane zostały szczegółowo w pracy „Struktura programów szkoleniowych dla operatorów kolejek podwieszonych" [10]. W niniejszym rozdziale skoncentrowano się na opisie metody i wariantów ruchomego stanowiska szkoleniowego.

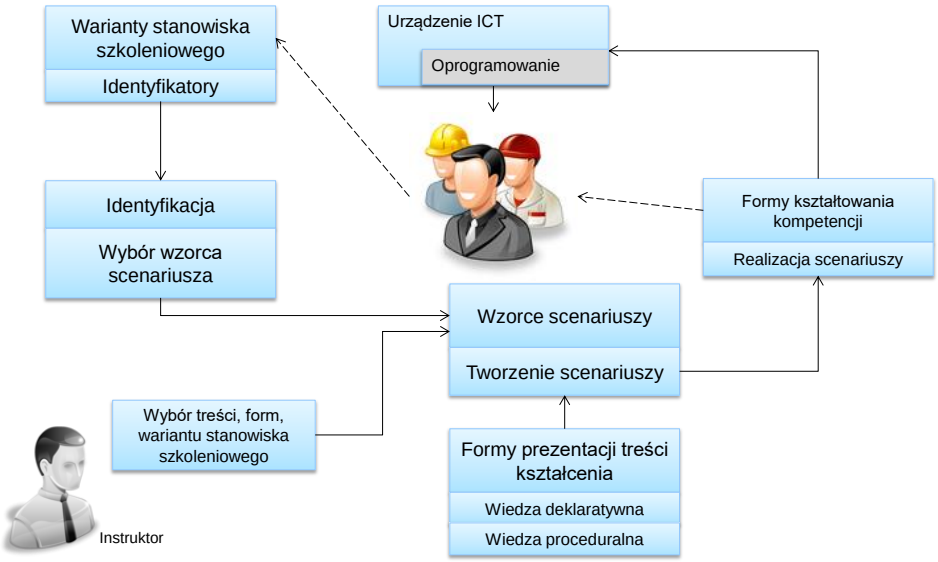
Ruchome stanowisko szkoleniowe umożliwia prowadzenie szkoleń z wykorzystaniem technologii wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości (*ang. Aug-*

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

mented Reality), zwiększając atrakcyjność szkolenia poprzez możliwość praktycznego wykorzystania wiedzy i umiejętności w codziennej pracy. Szkolenia z zastosowaniem wirtualnej rzeczywistości realizowane są na wirtualnych obiektach, stanowiących odwzorowanie aktualnych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn i urządzeń. Zastosowanie w trakcie szkolenia rozszerzonej rzeczywistości pozwala na kształtowanie wiedzy i umiejętności bezpośrednio w miejscu pracy.

2. Struktura logiczna ruchomego stanowiska szkoleniowego

Prowadzenie szkoleń z zastosowaniem ruchomego stanowiska szkoleniowego pozwala na przekazywanie treści kształcenia w formie umożliwiającej angażowanie uczestników w proces nauczania. Szkolenia te realizowane są zgodnie z opracowanym scenariuszem określającym formę i sposób przekazywania wiedzy. O wyborze scenariusza szkolenia decyduje instruktor, który odpowiedzialny jest za realizację programu nauczania. Rolę instruktora i uczestnika szkolenia w procesie kształtowania kompetencji przedstawiono na rysunku 2, obrazującym strukturę logiczną ruchomego stanowiska szkoleniowego.



Rys.2. Struktura logiczna ruchomego stanowiska szkoleniowego
[źródło: opracowanie własne]

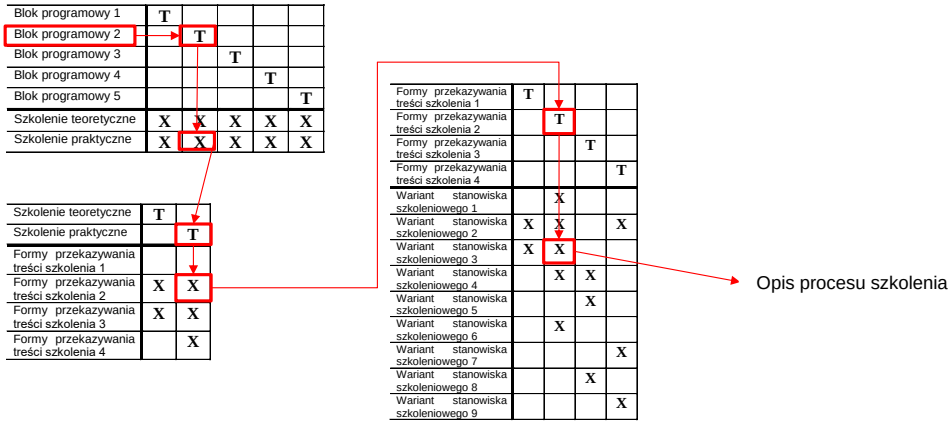
2.1. Rola instruktora i uczestnika szkolenia

Prowadzenie szkoleń z wykorzystaniem ruchomego stanowiska szkoleniowego wymaga opisu procesu szkolenia. Osobą odpowiedzialną za dobór treści kształcenia, form prowadzenia szkolenia, jak i wariantu stanowiska szkoleniowego jest instruktor, który prowadzi szkolenie zgodnie z programem nauczania

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

opracowanym przez ośrodek szkolenia. Program nauczania obejmuje zbiór zagadnień jakie powinien przyswoić szkolony. Zagadnienia sformułowane są jako treści kształcenia, które są pogrupowane w bloki programowe.

Na rysunku 3, w postaci tablic decyzyjnych przedstawiono tok postępowania instruktora, niezbędny dla opisu procesu szkolenia.



Rys.3. Opisu procesu szkolenia przez instruktora [źródło: opracowanie własne]

W zależności od bloków programowych realizowanych w trakcie szkolenia instruktor określa formę prowadzenia zajęć oraz dokonuje wyboru wariantu stanowiska szkoleniowego (warianty stanowisk szkoleniowych opisano szczegółowo w dalszej części opracowania). W zależności od formy prowadzenia zajęć wybierany jest jeden z wzorców scenariusza. Wzorce te dotyczą jedynie sposobu przekazywania wiedzy i kształtowania umiejętności w trakcie szkolenia realizowanego na ruchomym stanowisku (nie zawierają treści kształcenia).

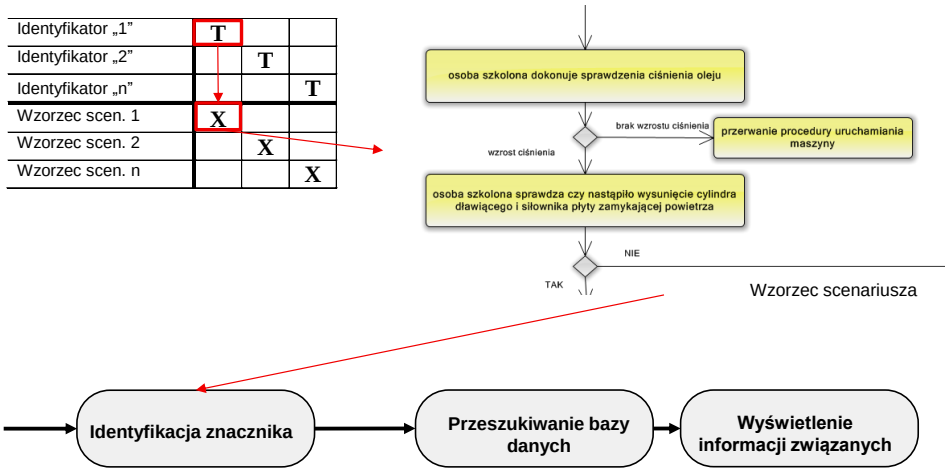
Opisywane wzorce umożliwiają generowanie scenariuszy szkolenia realizowanych w ramach bloków programowych, pozwalających kształtować wiedzę w trakcie wykładu, jak również umiejętności, poprzez wirtualne wykonywanie czynności związanych z obsługą, czy konserwacją maszyny.

W procesie nauczania stosowana jest metoda „step by step” (krok po kroku). Oznacza to, że instruktor prowadzący szkolenie nie przechodzi do nauczania elementu kolejnego, jeśli nie jest przekonany, że element nauczany w danym momencie nie został przez słuchacza opanowany w sposób zadowalający i gwarantujący jego prawidłowe wykonanie przez uczestnika.

Kształtowanie kompetencji uczestników realizowane jest w oparciu o technologie informacyjno-komunikacyjne. Dzięki temu dobór treści kształczenia odbywa się w sposób automatyczny poprzez oprogramowanie zarządzające procesem szkolenia, przy uwzględnieniu wzorca scenariusza, określonego przez instruktora. Informacje przekazywane w ramach szkolenia wyświetlane są

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

uczestnikowi szkolenia w wyniku identyfikacji elementu jakim jest znacznik RFID lub marker graficzny – w przypadku technologii rozszerzonej rzeczywistosci, skojarzony z elementem maszyny. Po zidentyfikowaniu elementu następuje przeszukanie bazy danych i wyświetlenie uczestnikowi informacji skojarzonych (rys. 4).



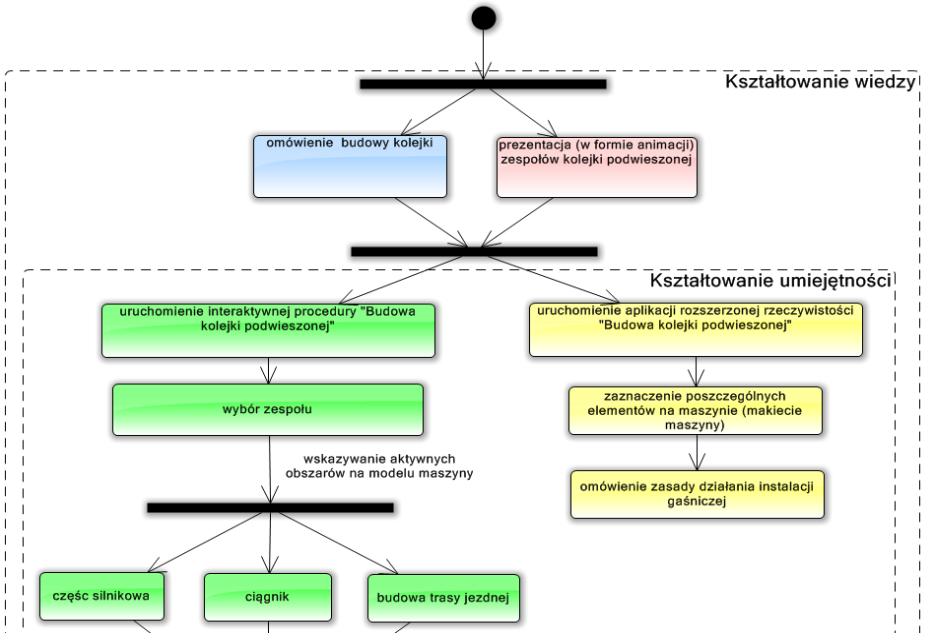
Rys.4. Algorytm realizacji scenariusza przez uczestnika szkolenia na ruchomym stanowisku szkoleniowym [źródło: opracowanie własne]

Przekazywanie informacji powinno być realizowane w sposób uniemożliwiający wyświetlanie zbyt dużej ilości danych w tym samym czasie. Stąd też w ramach zadania opracowano oprogramowanie pozwalające na grupowanie informacji. Uczestnik szkolenia ma możliwość przeglądania zasobów skojarzonych z danym elementem poprzez wybór odpowiedniego polecenia w programie.

Elementy wiedzy, w postaci opisów, rysunków, animacji, interaktywnych filmów, interaktywnych procedur, zgromadzone są w repozytorium wiedzy i przypisane do określonych obiektów, dzięki temu możliwe jest przekazywanie w trakcie szkolenia wiedzy, jak również kształtowanie umiejętności, i tym samym osiągnięcie celu szkolenia. Celem szkolenia jest przygotowanie uczestników szkolenia do bezpiecznego wykonywania pracy na stanowisku roboczym. Cel ten zostanie osiągnięty wówczas, gdy osoby szkolone przyswoją materiał przekazywany w trakcie szkolenia i będą w stanie wykorzystać zdobytą wiedzę i umiejętności w przyszłości – w codziennej pracy. Zgodnie z teorią poznawczą jest to możliwe wówczas, gdy człowiek ma możliwość samodzielnego dochodzenia do określonych rozwiązań. Zastosowanie w trakcie szkoleń metody scenariuszowej, w powiązaniu z technologiami informacyjno-komunikacyjnymi, pozwala uczestnikom na samodzielne rozwiązywanie zadań postawionych przed nimi. Przedstawienie sytuacji hipotetycznych, jak również skutków niewłaściwych decyzji pozwala na uświadamianie zagrożeń panujących w miejscu pracy. Oma-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wianie zagadnień w oparciu o różne scenariusze powoduje, że uczestnicy szkolenia uczą się metodą prób i błędów. Takie podejście jest zgodne z teorią uczenia się, która opiera się na założeniu, że skuteczne zachowania zostają utrwalane, natomiast nieskuteczne wygaszane. Opracowane scenariusze szkoleń pozwalają na kształtowanie wiedzy i umiejętności uczestników. Scenariusze te, przedstawione w formie diagramów aktywności opisują formę w jakiej przekazywana powinna być wiedza, jak również sposób kształtowania umiejętności. Przykładowy scenariusz szkolenia przedstawiono na rysunku 5 (ze względu wielkość diagramu przedstawiono fragment scenariusza).



Rys.5. Przykładowy scenariusz szkolenia – fragment diagramu
[źródło: opracowanie własne]

Scenariusz przedstawiony na rysunku 5 przewiduje prowadzenie szkolenia w formie wykładu z wykorzystaniem filmów, animacji oraz interaktywnych instrukcji. Uwzględnia również przeprowadzenie ćwiczeń praktycznych, z wykorzystaniem technologii rozszerzonej rzeczywistości. Uczestnicy szkolenia mają możliwość zapoznania się z budową poszczególnych zespołów maszyny poprzez trójwymiarowy model. Model ten posiada aktywne obszary, co pozwala na wyświetlenie informacji na temat danego zespołu czy elementu. Zastosowanie technologii rozszerzonej rzeczywistości pozwala na poznanie budowy maszyny:

– bezpośrednio w miejscu pracy, na obiektach, na których uczestnicy szkolenie będą w przyszłości pracować,
– w ośrodku szkoleniowym, z użyciem makiety odwzorowującej budowę maszyny.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

3. Warianty ruchomego stanowiska szkoleniowego

Warianty ruchomego stanowiska szkoleniowego [źródło: opracowanie własne]

Tabela 1

Wariant / Elementy Sprzętowe st. szkol.	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13
Obiekt rzeczywisty	X	X	X	X	X								
Makieta						X	X	X	X	X			
Zestaw do projekcji wielkoekranowej											X	X	X
Sprzęt komputerowy:													
PC	X	X				X	X				X	X	X
UMPC, Tablet			X	X				X	X				
PDA					X					X			
Urządzenia peryferyjne:													
Okulary	X		X			X		X			X	X	
Czytnik RFID		X		X	X		X		X	X			
Elementy sterujące:													
Joystick													X
Identyfikatory													
RFID		X		X	X		X		X	X			
Marker materialny	X		X			X		X					
Marker wirtualny											X	X	

Ruchome stanowisko szkoleniowe pozwala na kształtowanie wiedzy i umiejętności pracowników nie tylko w ośrodku szkolenia, ale również u wytwórcy maszyny i w zakładzie pracy. Dzięki formie w jakiej przekazywane są treści kształcenia, stanowisko to pozwala w dużym stopniu angażować pracowników w proces nauczania, zwiększając możliwości zapamiętania przekazywanych treści kształcenia. Do głównych zalet ruchomego stanowiska szkoleniowego należy zaliczyć możliwość jego zastosowania w szkoleniach pracowników na różnych stanowiskach pracy, możliwość dostosowania stanowiska do zdefiniowanych potrzeb, przy wykorzystaniu posiadanej infrastruktury sprzętowej. W zależności od potrzeby tworzone są konfiguracje sprzętowe przeznaczone do prowadzenia określonych szkoleń. Składniki sprzętowe stosowane w ruchomym stanowisku szkoleniowym zestawione w tabeli 1 obejmują:

- reprezentację fizyczną obiektu szkolenia (obiekt rzeczywisty, makieta, zestaw do projekcji wielkoekranowej),
- sprzęt komputerowy,
- urządzenia peryferyjne,
- elementy sterujące,
- identyfikatory.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Przy założeniu, że szkolenie może być prowadzone na obiekcie rzeczywistym, makiecie lub z zastosowaniem projekcji wielkoekranowej, można skonfigurować 13 wariantów stanowiska szkoleniowego.

W każdym z wariantów stosowany jest sprzęt komputerowy, który służy do przechowywania zasobów wiedzy. Zasoby te udostępnianie są z użyciem technologii informacyjno-komunikacyjnych i odpowiednich urządzeń peryferyjnych. W przypadku scenariuszy przewidujących sterowanie ruchami roboczymi, stosowane są rzeczywiste elementy sterujące. Dobór treści kształcenia w kontekście sytuacji w jakiej znajduje się szkolony, realizowany jest za pomocą identyfikatorów umieszczonych na reprezentacji fizycznej przedmiotu szkolenia.

Wybór wariantu stanowiska szkoleniowego decyduje o formie w jakiej prezentowane mogą być treści kształcenia. W tabeli 2 ujęto formy prezentowania treści kształcenia dla różnych wariantów stanowiska szkoleniowego.

Formy prezentowania treści kształcenia dla wariantów ruchomego stanowiska szkoleniowego [źródło: opracowanie własne]

Tabela 2

Wariant / Formy prezent. treści kształcenia	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13
Animacja	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Interaktywny film											X	X	X
Interaktywna instrukcja	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Interaktywna symulacja											X	X	X
Gra szkoleniowa											X	X	X

Zastosowanie ruchomego stanowiska szkoleniowego w procesie szkolenia pozwala na prezentowanie treści kształcenia w formie: animacji, interaktywnego filmu, interaktywnej instrukcji, interaktywnej symulacji, jak również gry szkoleniowej, co zwiększa zaangażowanie uczestników i szkolenie czyni skuteczniejszym.

4. Implementacja ruchomego stanowiska szkoleniowego. Studium przypadków

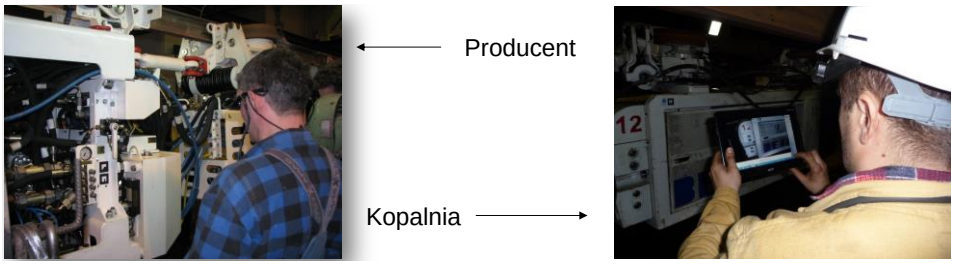
4.1. Szkolenie na obiekcie rzeczywistym

W przypadku prowadzenia szkoleń na obiekcie rzeczywistym dzięki zastosowaniu technologii rozszerzonej rzeczywistości uczestnicy mają możliwość zapoznania się z budową maszyny, zasadą działania poszczególnych podzespołów oraz z zasadami bezpieczeństwa dotyczącymi użytkowania maszyny. Szkolenia prowadzone mogą być z wykorzystaniem komputera PC, UMPC lub tabletu oraz okularów wideo wykorzystujących technologię rozszerzonej rzeczywistości.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Istnieje również możliwość prowadzenia szkoleń z zastosowaniem technologii RFID. Rozwiązanie to pozwala na przeglądanie zasobów wiedzy w postaci list kontrolnych, bezpośrednio w miejscu realizacji zadań, przy użyciu komputera klasy PDA. Różnice w stosowaniu obu rozwiązań dotyczą sposobu prezentowania wiedzy. W przypadku technologii rozszerzonej rzeczywistości obraz komputerowy nakładany jest na obraz rzeczywisty, co zwiększa skuteczność przekazu. Przy wykorzystaniu technologii RFID użytkownik otrzymuje informację skojarzoną z danym obiektem, która wyświetlana jest na wyświetlaczu komputera. Nie ma możliwości nałożenia obrazu komputerowego na obraz rzeczywisty.

Szkolenia na obiekcie rzeczywistym realizowane są głównie u użytkownika, jak i u producenta maszyny (rys. 6). Pozwalają na prowadzenie szkoleń dla nowoprzyjętych pracowników, jak również szkoleń okresowych, mających na celu uzupełnienie wiedzy i doskonalenie umiejętności pracowników [4].



Rys.6. Zastosowanie technologii informacyjno-komunikacyjnych w szkoleniach pracowników transportu górniczego kolejkami podwieszonymi. Szkolenie na obiekcie rzeczywistym [źródło: opracowanie własne]

Prowadzenie szkoleń na obiekcie rzeczywistym wymaga wcześniejszego przygotowania obiektu, na którym należy umieścić markery graficzne lub znaczniki RFID. Położenie markerów jest ściśle określone w aplikacji, służącej do tworzenia materiałów szkoleniowych z wykorzystaniem technologii rozszerzonej rzeczywistości [9].

4.2. Szkolenie z zastosowaniem projekcji wielkoekranowej

Zastosowanie projekcji wielkoekranowej w szkoleniach pracowników pozwala na kształtowanie kompetencji uczestników za pomocą technologii wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości. Ponadto pozwala na prezentowanie treści kształcenia w postaci animacji komputerowych, interaktywnych filmów szkoleniowych i gier treningowych. Na rysunku 7 przedstawiono stanowisko szkoleniowe z ekranem do tylnej projekcji. Stanowisko to składa się z projektora multimedialnego, komputera przenośnego (PC, UMPC, tablet), okularów wideo oraz kontrolera ruchu XBOX Kinect 360. Zastosowanie kontrolera Kinect pozwala na kontrolowanie obrazu wyświetlanego na ekranie. Kolejne fragmenty maszyny wyświetlane zostają w momencie wykonania gestu (ruch ręką w prawo lub w lewo). Dzięki temu istnieje możliwość „przemieszczania się w obrębie maszyny". Głównym ele-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

mentem stanowiska szkoleniowego jest ekran do tylnej projekcji, który pozwala na wyświetlanie obrazu uczestnikowi szkolenia w sposób, w którym projektor znajduje się przed osobą szkoloną. Dzięki temu obraz z projektora nie zostaje zasłaniany sylwetką osoby szkolonej. Zastosowanie technologii rozszerzonej rzeczywistości w opisywanym wariancie wymaga wcześniejszego przygotowania obrazów jakie zostaną wyświetlone uczestnikowi. Na obraz stanowiący odzwierciedlenie maszyny należy wcześniej nanieść markery wirtualne, które będą identyfikowane w trakcie szkolenia. Nałożenie markerów wirtualnych realizowane jest w programie graficznym.



Rys.7. Stanowisko szkoleniowe wykorzystujące projekcję wielkoekranową, przeznaczone do prowadzenia szkoleń dla maszynistów i konserwatorów kolejek podwieszonych [źródło: opracowanie własne]

Stanowisko szkoleniowe wykorzystujące projekcję wielkoekranową przeznaczone jest do prowadzenia szkoleń w ośrodku szkolenia i u producenta maszyny. Do zalet stanowiska należy zaliczyć możliwość prowadzenia szkoleń na wirtualnych obiektach stanowiących odwzorowanie aktualnych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn i urządzeń oraz niewielką przestrzeń zajmowaną przez stanowisko szkoleniowe.

4.3. Szkolenie z zastosowaniem makiety

Możliwe jest również prowadzenie szkoleń z użyciem makiety stanowiącej odwzorowanie budowy maszyny (rys. 8). Stanowisko szkoleniowe składa się z makiety wykonanej w skali 1:1 (na podstawie zdjęć maszyny), komputera przenośnego (PC, UMPC, tablet), okularów wideo oraz czytnika RFID. Zastosowanie makiety pozwala na prowadzenie szkoleń z wykorzystaniem technologii rozszerzonej rzeczywistości oraz technologii RFID. Wymaga to jednak wcześniejszego przygotowania makiety - uzupełnienia markerami graficznymi oraz znacznikami RFID do identyfikacji elementów maszyny. Wykorzystanie technologii informacyjno-komunikacyjnych pozwala uczestnikowi szkolenia na zapoznanie się z budową maszyny, zasadą działania, jak również pro wadzenia czynności związanych z kontrolą maszyny.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.8. Stanowisko szkoleniowe do prowadzenia szkoleń z wykorzystaniem makiety, przeznaczone dla konserwatorów kolejek podwieszonych [źródło: opracowanie własne]

Zaletą stosowania makiety w trakcie szkolenia jest niski koszt jej przygotowania oraz możliwość przenoszenia opracowanych scenariuszy szkolenia pomiędzy makietą, a obiektem rzeczywistym [7].

5. Podsumowanie

Stosowane obecnie metody szkoleniowe dają ograniczone możliwości upowszechniania wiedzy na temat bezpiecznych metod pracy w górnictwie. Wynika to, w szczególności z niewielkiego zastosowania nowoczesnych technologii informacyjno-komunikacyjnych.

Szkolenia pracowników powinny być przygotowywane w formie, która pozwala w jak największym stopniu zapamiętać i zrozumieć przekazywany materiał nauczania. Jest to możliwe poprzez angażowanie uczestników w proces nauczania. Należy jednak pamiętać, aby działania wymagające od uczestników zaangażowania nie trwały zbyt długo, gdyż może to wywoływać znużenie [1]. Zaproponowana metoda szkolenia z zastosowaniem technologii informacyjno-komunikacyjnych pozwala w dużym stopniu angażować uczestników, a samo szkolenie czyni skuteczniejszym i atrakcyjniejszym. Zastosowanie w procesie szkolenia technologii informacyjno-komunikacyjnych powoduje, że skróceniu ulega czas przyswajania materiału, wzrasta zrozumienie tematu, a zakres przyswojonej wiedzy jest wyższy [8].

Szkolenia z wykorzystaniem ruchomego stanowiska szkoleniowego realizowane mogą być u wytwórców, jak i użytkowników. Dzięki temu kształtowanie kompetencji nie ogranicza się tylko do ośrodków szkoleniowych, ale przebiega w trakcie użytkowania maszyn i umożliwia utrwalanie i pogłębianie wiedzy z zakresu obsługi i konserwacji, jak również zasad bezpiecznego prowadzenia prac na stanowisku roboczym. Zaletą ruchomego stanowiska szkoleniowego jest jego przenaszalność, czyli możliwość stosowania w różnych branżach przemysłu, dla różnych stanowisk pracy, bez konieczności modyfikowania części sprzętowej stanowiska.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Warianty ruchomego stanowiska szkoleniowego umożliwiają uczestnikom samodzielne rozwiązywanie postawionych przed nimi zadań. Stosowane technologie informacyjno-komunikacyjne umożliwiają realizację szkoleń w podziemiach zakładów górniczych, bezpośrednio na stanowisku pracy. Oprogramowanie stanowiące jeden z elementów stanowiska szkoleniowego pozwala na nabywanie i sprawdzanie nabytej wiedzy i umiejętności przez uczestników szkolenia. Przedstawienie sytuacji hipotetycznych, jak również skutków niewłaściwych decyzji pozwala na uświadamianie zagrożeń panujących w miejscu pracy. Omawianie zagadnień w oparciu o różne scenariusze powoduje, że uczestnicy szkolenia uczą się metodą prób i błędów. Takie podejście jest zgodne z teorią uczenia się, która opiera się na założeniu, że skuteczne zachowania zostają utrwalane, natomiast nieskuteczne wygaszane.

Literatura

1. Andrzejczak A.: Projektowanie i realizacja szkoleń. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2010.
2. Multimodal Learning Through Media: What the Research Says. USA 2008, s. 4−6.
3. Łaguna M.: Szkolenia. Jak je prowadzić, by... Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne. Gdańsk 2008.
4. Interaktywne formy kształtowania bezpieczeństwa pracy w górnictwie. Instytut Techniki Górniczej KOMAG 2010. Praca wewnętrzna nie publikowana.
5. Łączyński M.: Gry szkoleniowe w nauczaniu dorosłych. Uniwersytet Warszawski, 2011.
6. Michalak D., Rozmus M., Lesisz R., Jaszczyk Ł.: Interaktywne formy kształtowania bezpieczeństwa pracy w górnictwie. KOMTECH 2010, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo – Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Gliwice 2010.
7. MINTOS: Improving Mining Transport Reliability. RFCS Coal RTD Programme, Contract No. RFC-PR-06018.
8. Siemieniecki B.: Multimedia i hipermedia w edukacji. Edukacja Medialna, Toruń 2002, s. 255.
9. Michalak D., Winkler T., Jaszczyk Ł.: Zastosowanie technologii Augmented reality oraz RFID w szkoleniach operatorów maszyn. XIV Międzynarodowa Szkoła Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji. Jurata 2010.
10. Struktura programów szkoleniowych dla operatorów kolejek podwieszonych. KOMTECH 2011, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011 s. 261-272.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ROZDZIAŁ 3

BEZPIECZEŃSTWO EKSPLOATACJI GÓRNICZYCH WYCIĄGÓW SZYBOWYCH

Głębienie szybu w zawodnionym górotworze o niskich parametrach wytrzymałościowych skał na przykładzie szybu 1 – Bzie JSW S.A. KWK „Borynia – Zofiówka”

Ludwik Fiutka, Jan A. Kostrz, Tomasz Sanocki – KOPEX – Przedsiębiorstwo Budowy Szybów SA

1. Wprowadzenie

Głębienie szybu nie jest procesem powtarzalnym. Każdy szyb jest inwestycją indywidualną, zmienne są jego parametry geometryczne – średnica, głębokość, poziomy połączenia z infrastrukturą kopalnianą, zmienna jest technologia jego wykonania, dostosowana do warunków hydrogeologicznych górotworu, jak również projektowana funkcja.

Pomimo zmienności tych parametrów, niezmienne jest dążenie do optymalizacji procesu głębienia szybu pod kątem zwiększenia efektywności robót - przy zachowaniu wymogu bezpieczeństwa pracy i utrzymaniu projektowanych funkcji szybu.

Optymalizacja procesu głębienia sprowadza się w dużym stopniu do przyjęcia właściwej metody i technologii robót, a następnie jej maksymalnej mechanizacji. W przypadku stosowania zwykłej metody głębienia szybu, mechanizacja dotyczy zarówno etapu urabiania skał, transportu urobku na powierzchnię i wykonawstwa obudowy szybu. W polskim budownictwie szybowym stosowane są z powodzeniem wiertnice do wiercenia otworów strzałowych, ładowarki szybowe o dużej pojemności czerpaka, kubły urobkowe o pojemności do 6 m^3, zoptymalizowano układ wykonywania monolitycznej obudowy betonowej szybu. Dla potrzeb urabiania skał zamrożonych stosowany jest kombajn szybowy, eliminujący konieczność ręcznego urabiania skał w partii mrożonej górotworu. W górnictwie światowym wdrażane są kombajny szybowe urabiające górotwór metodą wiertniczą ze zmechanizowanym systemem transportu urobku na powierzchnię.

Przedstawione kierunki mechanizacji robót przy głębieniu szybu, zmierzające w konsekwencji do obniżenia kosztów prac, dotyczą prac w zasadniczo dogodnych warunkach hydrogeologicznych, w skałach o średniej lub dużej wytrzymałości i przy dopływie wody do zabierki szybowej w wielkości nie zakłócającej tok pracy pod osłoną zabudowanego systemu odwadniania.

Zaprojektowanie i wykonanie szybu w skałach o średniej lub też wysokiej wytrzymałości skał, nawet przy znacznym dopływie wody do zabierki szybowej nie stwarza w chwili obecnej znaczących problemów, możliwa jest znacząca mechanizacja prac, przekładająca się na zwiększenie postępów głębienia i w konsekwencji obniżenie kosztów inwestycji.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Znaczące problemy występują przy głębieniu szybu w warunkach górotworu o niskich parametrach wytrzymałościowych, szczególnie gdy parametry te ulegają dodatkowemu obniżeniu w warunkach górotworu zawodnionego. Problemy te występują już na etapie projektowym, szczególnie przy opracowywaniu projektu obudowy, na etapie doboru optymalnej technologii głębienia szybu – technologii opartej na wykorzystaniu metod specjalnych oraz w trakcie właściwych prac. Ograniczeniu ulega również możliwość mechanizacji prac.

Problemy związane z głębieniem szybu w warunkach zawodnionego górotworu o niskich parametrach wytrzymałościowych przedstawiono na przykładzie głębienia szybu 1–Bzie JSW S.A. Kopalni „Borynia – Zofiówka".

2. Warunki hydrogeologiczne w rejonie głębionego szybu

Aktualnie (październik 2012 r.) szyb jest zgłębiony do głębokości ok. 314,0 m. Problemy związane z głębieniem szybu do tej głębokości zostaną przedstawione poprzez porównanie warunków hydrogeologicznych znanych przed rozpoczęciem prac na podstawie danych z otworu badawczego z warunkami rzeczywistymi, określonymi w trakcie głębienia szybu. Rzeczywiste warunki hydrogeologiczne wpłynęły na przebieg głębienia szybu, wymusiły korektę technologii głębienia oraz wpłynęły na korektę konstrukcji obudowy szybu.

2.1. Warunki hydrogeologiczne projektowane

Warunki hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie dla celów zaprojektowania obudowy szybowej szybu 1-Bzie opracowano w szczególności na podstawie danych uzyskanych w trakcie wykonania otworu badawczego, który został odwiercony w odległości 15,0 m od osi projektowanego szybu.

2.1.1. Stratygrafia i litologia

W profilu pionowym projektowanego szybu „1-Bzie" KWK „Zofiówka", na odcinku od powierzchni do głębokości ok. 314,0 m występują:

– Utwory czwartorzędowe zalegające od powierzchni terenu do głębokości 24,6 m.

Utwory te wykształcone są jako naprzemianległe warstwy: gliny i piasku z przewarstwieniami iłu i pyłów. W okresie wiercenia otworu badawczego piaski wykazywały wysokie zawilgocenie.

– Utwory trzeciorzędowe zalegające od głębokości 24,6 m do głębokości 744,6 m, posiadają miąższość 720,0 m.

Utwory te w rozpatrywanym odcinku reprezentują warstwy skawińskie wykształcone są jako:

– gliny przewarstwione iłem, pyłem i piaskiem, w przedziale od głębokości 24,6 m do głębokości 58,6 m,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– iły ze sporadycznymi, cienkimi (miąższość do 0,1 m) przewarstwieniami piasku, piaskowca i iłowca, w przedziale od głębokości 58,6 m do głębokości 576,9 m.

2.1.2. Tektonika

Na rozpatrywanym odcinku utwory nadkładu, jak i warstwy stropu karbonu zalegają poziomo. Poziome zaleganie warstw skalnych może świadczyć o lokalizacji rozpatrywanego szybu w szczytowej części lokalnej kopuły warstw karbońskich. Struktura taka tworzy dogodne warunki do gromadzenia gazu w strefie stropowej karbonu, tzw. „pułapkę gazową", co oczywiście niekorzystnie wpływa na warunki geologiczne głębienia szybu. Silne zaangażowanie tektoniczne i ewentualna kontynuacja uskoku Bzie-Czechowice w nadkładzie wpływa na możliwość występowania stref gazowych również w utworach trzeciorzędowych.

2.1.3. Stosunki hydrogeologiczne i gazowe

W profilu pionowym projektowanego szybu „1-Bzie" KWK „Zofiówka", na odcinku od powierzchni do głębokości 752,0 m występują trzy piętra wodonośne:

Czwartorzędowe piętro wodonośne

Dwie warstwy piasków czwartorzędowych o miąższości 2,0 m i 6,0 m występujące w rozpatrywanym rejonie w przedziale od powierzchni do głębokości 24,6 m w okresie wiercenia otworu badawczego nie wykazywały zawodnienia (piaski mocno zawilgocone). Natomiast w okresie wiercenia otworów badawczych dla określenia warunków posadowienia obiektów budowlanych na powierzchni stwierdzono nawodnienie tych piasków. Warstwy te zasilane są wodami z opadów atmosferycznych, w związku z czym w okresie deszczowym utwory te będą zawodnione, a z uwagi na przyjętą technologię wykonania szybu na tym odcinku, utwory te będą odgrodzone (zabezpieczone) ścianką szczelinową.

Trzeciorzędowe piętro wodonośne

Na odcinku od głębokości 24,6 m do 58,6 m stwierdzono w oparciu o badania laboratoryjne bardzo wysokie wartości wilgotności naturalnych, maksymalnie do wartości 116% oraz konsystencję płynną warstw pyłu piaszczystego, gliny oraz mocno wilgotne piaski gliniaste różnoziarniste.

Zgodnie z uzyskanymi badaniami w otworze badawczym dla głębienia szybu na odcinku warstw trzeciorzędowych od 24,6 m do 738,5 m przyjęto brak zawodnienia.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

2.1.4. Warunki geologiczno-inżynierskie

W profilu pionowym, na rozpatrywanym odcinku szybu wydzielono następujące strefy geotechniczne o zróżnicowanych parametrach geologiczno-inżynierskich, które mają decydujący wpływ na obciążenia górotworu:

I strefa geotechniczna od powierzchni terenu do głębokości 58,60 m

W strefie tej do głębokości 24,6 m zalegają czwartorzędowe utwory spoiste z przewarstwieniami utworów luźnych. Luźne utwory piaszczyste okresowo są nawodnione. Nawodnienie bądź wysoką wilgotność mogą wykazywać również pyły. Grunty spoiste w większości mają konsystencję miękkoplastyczną i plastyczną.

Przy głębieniu szybu metodą zwykłą utrzymanie ociosów byłoby trudne, szczególnie w gruntach miękkoplastycznych, których konsystencja pod wpływem wody mogłaby zmieniać się w płynną. W nawodnionych piaskach, które pod wpływem wody mogłyby spływać do wyrobiska, na odcinku do 30 m górotwór zabezpieczono ścianką szczelinową. Na odcinku od głębokości 24,6 m do 58,6 m występują naprzemianlegle trzeciorzędowe utwory spoiste półzwarte z utworami spoistymi o konsystencji płynnej i bardzo wysokiej wilgotności naturalnej tj. do 116%, utwory spoiste miękkoplastyczne oraz luźne piaski gliniaste. Odcinek ten ma parametry geotechniczne zbliżone do utworów czwartorzędowych zalegających powyżej nich.

Utwory w tej strefie należą do nieskalistych i są generalnie nieodporne na działanie wody i pęcznieją pod wpływem wody, co dodatkowo wpływa na obniżenie parametrów geotechnicznych. Kąty tarcia w tej strefie wahają się od 4° do 25°, przy czym przeważają niskie wartości kątów tarcia.

Uwzględniając wszystkie parametry geotechniczne dla rozpatrywanej strefy stwierdzono, że jest to strefa bardzo słabych gruntów nieskalistych, a ocios wymagał będzie szybkiego zabezpieczenia obudową natychmiast podporową, np. poprzez zastosowanie paneli szybowych. Zastosowanie obudowy wstępnej technologicznej pozwoli na prawidłowe wykonanie obudowy ostatecznej betonowej dobrej jakości.

II strefa geotechniczna od głębokości 58,6 m do głębokości 308,6 m

W strefie tej zalegają trzeciorzędowe utwory spoiste. Grunty na tym odcinku należą do nieskalistych i mają generalnie konsystencję na pograniczu półzwartej i zwartej.

Utwory w tej strefie są nieodporne na działanie wody i w środowisku zawodnionym w początkowym okresie pęcznieją, a następnie ich konsystencja pod wpływem wody zmienia się w płynną. W przystropowej części tej strefy kąty tarcia wynoszą 12°. Na odcinku od głębokości 78,6 m do 263,6 m przyjęto wartość kąta tarcia górotworu 19°, dla pozostałego odcinka od 263,6 m do 308,6 m przyjęto wartość 26,5°.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Uwzględniając wszystkie parametry geotechniczne dla rozpatrywanej strefy określono, że jest to strefa bardzo słabych gruntów nieskalistych. Ociosy w tej strefie będą niestabilne, może występować znaczące zaciskanie ociosów i dna szybu. W związku z powyższym ocios na rozpatrywanym odcinku wymagał będzie szybkiego zabezpieczenia obudową natychmiast podporową tzn. strefa ta wymaga zastosowania paneli szybowych jako obudowy wstępnej technologicznej, co pozwoli na prawidłowe wykonanie obudowy ostatecznej betonowej dobrej jakości.

2.2. Warunki hydrogeologiczne rzeczywiste

W trakcie głębienia szybu, na głębokościach: 78,6 m; 106,0 m; 136,3 m; 155,8 m; stwierdzono pojedyncze punktowe wypływy wody z ociosu szybowego, których wielkość wynosiła od około 0,5 l/min do około 2 l/min (sumaryczna wielkość wypływów około 5 l/min). Poczynając od głębokości około 236,5 m dopływ do szybu intensywnie zwiększał się. Woda wraz z metanem dopływała z dna szybowego i ociosu na całej długości głębionego szybu poniżej 236,5 m. Szyb głębiony jest w warunkach górotworu mioceńskiego prowadzącego wodę i gaz (dodatkowy horyzont wodonośny). Analiza stabilizacji zwierciadła wody dla horyzontów na podobnych głębokościach w sąsiednich otworach badawczych pokazała, że pierwotne zwierciadło wody w rejonie szybu 1-Bzie w górotworze stabilizuje się na głębokości około 50 m. Sumaryczny dopływ wody do szybu wzrósł do ok. 200 l/min.

W trakcie głębienia szybu na odcinku warstwy wodonośnej poniżej głębokości 236,5 m występowało rozmakanie i obsypywanie gruntu za obudową. W trakcie rewizji obudowy we wrześniu 2011 r. stwierdzono na odcinku od głębokości 218 m do głębokości 285 m zarysowania i pęknięcia obudowy rury szybowej, co w konsekwencji spowodowało zatrzymanie głębienia szybu, konieczność ustabilizowania w górotworze wykonanej już do głębokości 290,0 m obudowy i potrzebę dostosowania obudowy szybu do odmiennych niż projektowane warunków geologicznych.

W profilu pionowym na rozpatrywanym odcinku do głębokości 290 m występują utwory trzeciorzędowe (miocen) reprezentujące warstwy skawińskie, wykształcone generalnie jako gliny pylaste zwięzłe i gliny zwięzłe z warstewkami i laminami pyłu, piasku drobnego i pylastego oraz piaskowca drobnoziarnistego, marglistego bardzo słabego. Grunty na tym odcinku należą do nieskalistych. Utwory te mają konsystencję od zwartej do twardoplastycznej, lokalnie plastycznej i są nieodporne na działanie wody, tj. górotwór rozmaka i pęcznieje w środowisku zawodnionym. Dodatkowo górotwór wykazuje gęste warstwowanie i laminację oraz spękania ciosowe.

Parametry geomechaniczne dla tego odcinka określone zostały na podstawie badań laboratoryjnych przeprowadzonych na próbkach rdzeniowych

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

gruntu pobranych zza obudowy szybowej po zabiegach iniekcyjnych na głębokościach: 211,8 m; 212,8 m; 213,8 m; 221,0 m; 233,5 m; 244,5 m; 245,5 m.

Stwierdzono, że:

- wytrzymałość na ściskanie "R_c" waha się w granicach od 0,38 MPa do 11,37 MPa,
- kąt tarcia wewnętrznego "f" waha się w granicach od 3,62° do 31,90°,
- spójność "c" waha się w granicach od 19,87 kPa do 1071,56 kPa,

oraz przed wykonaniem iniekcji na głębokościach: 250,0 m; 260,0 m; 270,0 m; 278,0 m:

- kąt tarcia wewnętrznego "f" waha się w granicach od 15,93° do 37,33°,
- spójność "c" waha się w granicach od 21,60 kPa do 48,27 kPa.

Uwzględniając wpływ wody na rozpatrywane grunty, gęstą laminację i warstwowanie oraz spękania ciosowe, do obliczeń sprawdzających obudowę szybu i stóp szybowych przyjęto następujące parametry:

- wytrzymałość na ściskanie "R_c" około 1,68 MPa,
- kąt tarcia wewnętrznego "f" w zakresie od 14,58° do 17,73°,
- spójność "c" w zakresie od 293,00 kPa do 352,54 kPa.

Dla uzyskania wiarygodnych danych dotyczących warunków hydrogeologicznych i geologiczno-inżynierskie dla celów głębienia szybu poniżej głębokości 290,0 m odwiercono otwór wyprzedzający w pionie z dna szybu na poziomie 288,0 m p.p.t. do głębokości 341,5 m p.p.t. oraz otwór sprawdzający wykonany pod kątem 23° od pionu z poziomu 283,0 m p.p.t. o długości 66m. Na podstawie przeprowadzonych badań określono następujące parametry górotworu w przedziale głębokości 287,5 m – 343,72 m:

Stratygrafia i litologia

Utwory trzeciorzędowe (mioceńskie), które reprezentują warstwy skawińskie, wykształcone jako:

- glina zwięzła (287,50 - 306,64 m),
- glina zwięzła z przerostami i laminami pyłu i piasku wodonośnego (306,64 - 320,33 m),
- glina zwięzła (320,33 - 343,42 m) z przerostami piasku drobnego i piaskowca z przerostami piasku (333,48 – 337,68 m).

Stosunki hydrogeologiczne i gazowe

Stwierdzono dwa poziomy wodonośne:

- od głębokości 306,64 m do głębokości 320,33 m,
- od głębokości 333,48 m do głębokości 337,68 m.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Warunki geologiczno – inżynierskie

Wydzielono następujące pakiety geotechniczne:

- I pakiet - od głębokości 287,5 m do głębokości 306,64 m:
  - kąt tarcia wewnętrznego - 17°,
  - wilgotność naturalna - 17,17%.
- II pakiet - od głębokości 306,64 m do głębokości 320,33 m:
  - kąt tarcia wewnętrznego – 16°,
  - wilgotność naturalna - 15,15%.
- III pakiet - od głębokości 320,33 m do głębokości 333,48 m:
  - kąt tarcia wewnętrznego – 17°,
  - wilgotność naturalna - 16,15%.
- IV pakiet – od głębokości 333,48 m do głębokości 337,68 m:
  - kąt tarcia wewnętrznego – 12,75°,
  - wilgotność naturalna - 19,89%.
- V pakiet – od głębokości 337,68 m do głębokości 343,72 m:
  - kąt tarcia wewnętrznego – 12°,
  - wilgotność naturalna - 21,57%.

3. Projektowana obudowa szybu

W poprzednim punkcie przedstawiono szczegółowo warunki hydrogeologiczne, wykorzystane do projektowania obudowy szybu i doboru odpowiedniej technologii przed rozpoczęciem głębienia szybu oraz porównano je do warunków rzeczywistych.

W oparciu o dane wyjściowe zaprojektowano na rozpatrywanym odcinku następującą obudowę szybu:

Konstrukcja i rodzaj materiałów obudowy

Obudowę szybową zaprojektowano jako wodoszczelną, zespoloną z betonu (kolumna wewnętrzna) oraz z elementów prefabrykowanych (paneli – kolumna zewnętrzna). Elementy prefabrykowane obudowy szybowej (panele) zaprojektowano na całym objętym projektem odcinku szybu z betonu klasy C20/25 o grubości 0,20 m. Przewidziano dwa rodzaje paneli: o promieniu R = 4,55 m oraz R = 4,75 m i wysokości 0,5 m oraz 1,0 m dla obudowy szybowej o grubości 0,55 m, natomiast panele o promieniu R = 4,75 m dla obudowy szybowej o grubości 0,75 m. Zabudowa paneli o wysokości 0,5 m lub 1,0 m miała być uzależniona od napotkanych warunków geologiczno-górniczych. Przestrzeń pomiędzy górotworem a panelami należało szczelnie wypełnić betonem, tworząc warstwę wyrównawczą o grubości minimum 0,10 m. Obudowę wewnętrzną

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

szybu zaprojektowano z betonu o grubości 0,55 m oraz 0,75 m i zróżnicowanej klasie wynikającej z występujących obciążeń od górotworu na danej głębokości, klasy C16/20, C20/25, C25/30 oraz C30/37. Celem zabezpieczenia szybu przed dopływem wody zaprojektowano beton obudowy szybu jako wodoszczelny: W6 i W12.

Konstrukcja i rodzaj materiałów stóp szybowych

Na rozpatrywanym odcinku obudowy szybu 1-Bzie zaprojektowano i wykonano 2 typy stóp szybowych oraz 1 typ stopy szybowej hydroizolacyjnej. Stopy szybowe hydroizolacyjne zlokalizowano na głębokościach (spąg stopy) 31,50 m i 65,00 m. Wysokość i szerokość stopy po 1,50 m, zaprojektowano ze zbrojonego betonu klasy C16/20. Stopy szybowe typ 1 z betonu C12/15 w ilości 23 sztuk wykonano na odcinku szybu od głębokości 30,00 m do głębokości 80,00 m. Stopy wykonano naprzemiennie co ~1,0 m poprzez poszerzenie wyłomu na głębokość ~0,4 m. Wysokość mieściła się w przedziale od 0,5 do 1,0 m. Stopy szybowe typu 2 z betonu C30/37 o wysokości i szerokości 1,00 m zlokalizowano na odcinku szybu od głębokości 80,00 m do głębokości 309,00 m w ilości 24 sztuk w rozstawie co 10,0 m.

4. Technologia głębienia szybu

4.1. Projektowana technologia głębienia szybu

Na rozpatrywanym odcinku, tj. do głębokości 290,0 m, szyb głębiony był metodą zwykłą, krótkimi odcinkami w kierunku z góry w dół w obudowie zespolonej (panele plus beton), o konstrukcji przedstawionej w punkcie 3. Calizna szybu urabiana była – w zależności od zwięzłości skał ładowarką CŁS, ręcznie przy użyciu młotków pneumatycznych i łopat lub za pomocą robót strzałowych. Po urobieniu calizny urobek był ładowany ładowarką CŁS do kubłów, transportowany nimi na powierzchnię na wysyp, gdzie kubły były opróżniane na zsypnię urobku. Po wykonaniu wyłomu i wybraniu urobku na głębokość ok. 0,8-1,0 m poniżej końca wykonanej wcześniej obudowy, przystępowano do wznoszenia obudowy wstępnej panelowej. Jej podstawowym zadaniem było zapewnienie warunków do wykonania ostatecznej obudowy betonowej o projektowanej grubości. Po zabudowaniu trzech pierścieni paneli (ok. 2 m) przestrzeń za panelami była wypełniana betonem. Po wypełnieniu przestrzeni za panelami wykonywany był kolejny wyłom i wybierany urobek na głębokość umożliwiającą zabudowę kolejnego pierścienia paneli. W opisany sposób szyb był głębiony odcinkami o długości 4,0 m. Po wykonaniu obudowy wstępnej panelowej o długości 4,0 m wykonywano obudowę ostateczną betonową o projektowanej grubości i z betonu o odpowiedniej klasie. Mieszanka betonowa dostarczana była nad pomost wiszący – ramę napinającą w kubłach materiałowych z otwieranym dnem, skąd systemem rurociągów z końcówkami elastycznymi dostarczana była za odeskowanie stalowe.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Zgodnie z opisaną technologią szyb był głębiony, pomimo stwierdzenia na głębokościach 78,6 m, 106,0 m, 136,3 m i 155,8 pojedynczych punktowych wypływów wody z ociosu szybowego, których wielkość wynosiła w zakresie od około 0,5 l/min do około 2 l/min, a poniżej głębokości 236,5 m występowało rozmakanie i obsypywanie gruntu za obudową. W trakcie rewizji obudowy we wrześniu 2011 r. stwierdzono na odcinku od głębokości 218 m do głębokości 285 m zarysowania i pęknięcia obudowy rury szybowej, co w konsekwencji spowodowało zatrzymanie głębienia szybu, konieczność ustabilizowania w górotworze obudowy wykonanej już do głębokości 290,0 m, potrzebę dostosowania obudowy szybu do odmiennych, niż projektowane, warunków geologicznych oraz dokonanie korekty technologii dalszego głębienia szybu.

4.2. Technologia prac zabezpieczających i wzmacniających obudowę szybu i górotwór

Dla zabezpieczenia i wzmocnienia obudowy szybu i górotworu, co było warunkiem niezbędnym dla kontynuowania dalszego bezpiecznego głębienia szybu, poniżej głębokości 290,0 m wykonano przedstawiony poniżej zakres prac.

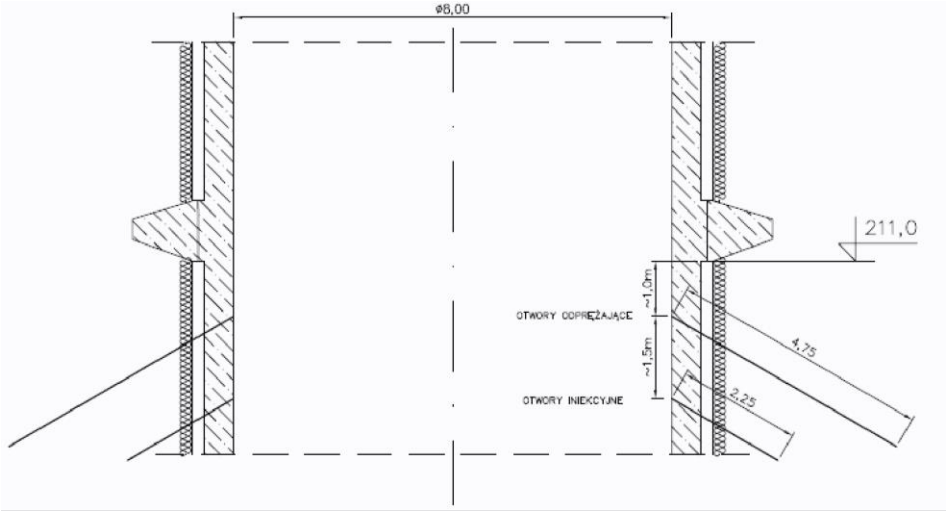
4.2.1. Prace iniekcyjne

W związku z intensywnym rozmakaniem skał górotworu i występowaniem na zawodnionym odcinku obwałów za obudową szybową w trakcie głębienia, przeprowadzono wypełnianie nieciągłości górotworu i ewentualnych pustek mieszaniną ze spienialnego spoiwa mineralno-cementowego oraz za pomocą środków poliuretanowych. Prace te miały na celu zapewnienie właściwej współpracy górotworu i obudowy szybowej oraz wzmocnienie posadowienia stóp szybowych. Prace iniekcyjne prowadzono na podstawie projektów technicznych wraz z technologią wzmocnienia posadowienia stóp szybowych w szybie. Każdy projekt techniczny dotyczył określonej stopy od głębokości 211,1 m do głębokości 277,0 m. Zgodnie z wyżej wymienionymi projektami prace iniekcyjne miały być prowadzone w sąsiedztwie stóp szybowych celem doprowadzenia do współpracy pomiędzy nimi a otaczającym górotworem, a tym samym zabezpieczeniu ich przed możliwością obniżeń. W związku z powyższym dokonano iniekcji wykorzystując do tego celu klej poliuretanowy Erkadur - Erkadol K (oraz spoiwo mineralne SPEC-Iniekt 90 NC).

Do głębokości 234,0 m prowadzono iniekcję tylko klejem poliuretanowym, natomiast poniżej głębokości 234,0 m iniekcję prowadzono jednocześnie za pomocą spoiwa mineralnego i kleju poliuretanowego. W ciągu ok. 4 miesięcy wykonano 1471 otworów o łącznej długości 3478,5 m. Za pomocą tych otworów wtłoczono łącznie 357 407 kg iniektu, w tym 143 758 kg kleju poliuretanowego Erkadur-Erkadol oraz 213 649 kg spoiwa mineralnego SPEC-Iniekt 90 NC.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Podstawowe otwory iniekcyjne dla wzmocnienia górotworu wykonane w sąsiedztwie stóp szybowych stanowiły dwa rzędy nachylonych otworów wykonanych nad stopą około 2,5 m oraz około 1,0 m, przy czym długość tych pierwszych otworów wynosiła 4,75 m, a tych drugich 2,25 m . Otwory dłuższe określone były jako odprężające, natomiast otwory krótsze jako iniekcyjne. Niemniej jednak oba rzędy otworów wykorzystano w celu zatłaczania materiałów iniekcyjnych pod ciśnieniem 1,5÷2,0 MPa. Przykładowe rozmieszczenie otworów wokół stopy przedstawiono na rys 1. Iniekcje prowadzono wokół stóp szybowych na głębokościach: 211,1 m; 211,1 m; 219,2 m; 231,5 m; 243,0 m; 253,0 m; 265,0 m; 277,0 m, jak również w obudowie szybu pomiędzy stopami.



Rys.1. Rozmieszczenie otworów iniekcyjnych nad stopą na głębokości 211 m

4.2.2. Wzmacnianie stóp szybowych

W trakcie głębienia szybu, szczególnie na głębokości poniżej 235 m, stwierdzono niższe parametry górotworu od tych jakie przyjęto w „Projekcie obudowy szybowej…". Związane to było w dużej mierze ze znacznym wzrostem zawodnienia górotworu oraz zwiększonymi dopływami wody do szybu. Na podstawie oceny parametrów geotechnicznych górotworu, po wykonanych iniekcjach stwierdzono, że niezbędne jest zwiększenie nośności wybranych stóp szybowych. W związku z powyższym, po analizie odpowiednich parametrów podjęto decyzję o wzmocnieniu stóp szybowych na poziomach 211,1 m, 243,0 m, 253,0 m i 277,0 m.

Zaprojektowano jeden rząd kotwienia na wybranych poziomach. Miejsce zabudowy wybrano na pograniczu dolnej krawędzi stopy, aby w trakcie wykonywania wierceń nie natrafić na elementy stalowe obudowy wstępnej (paneli). Kotwy zaprojektowano pod kątem 45° do góry, względem osi szybu. Kąt ten uznano za kompromis, pomiędzy maksymalnym wykorzystaniem pionowej

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

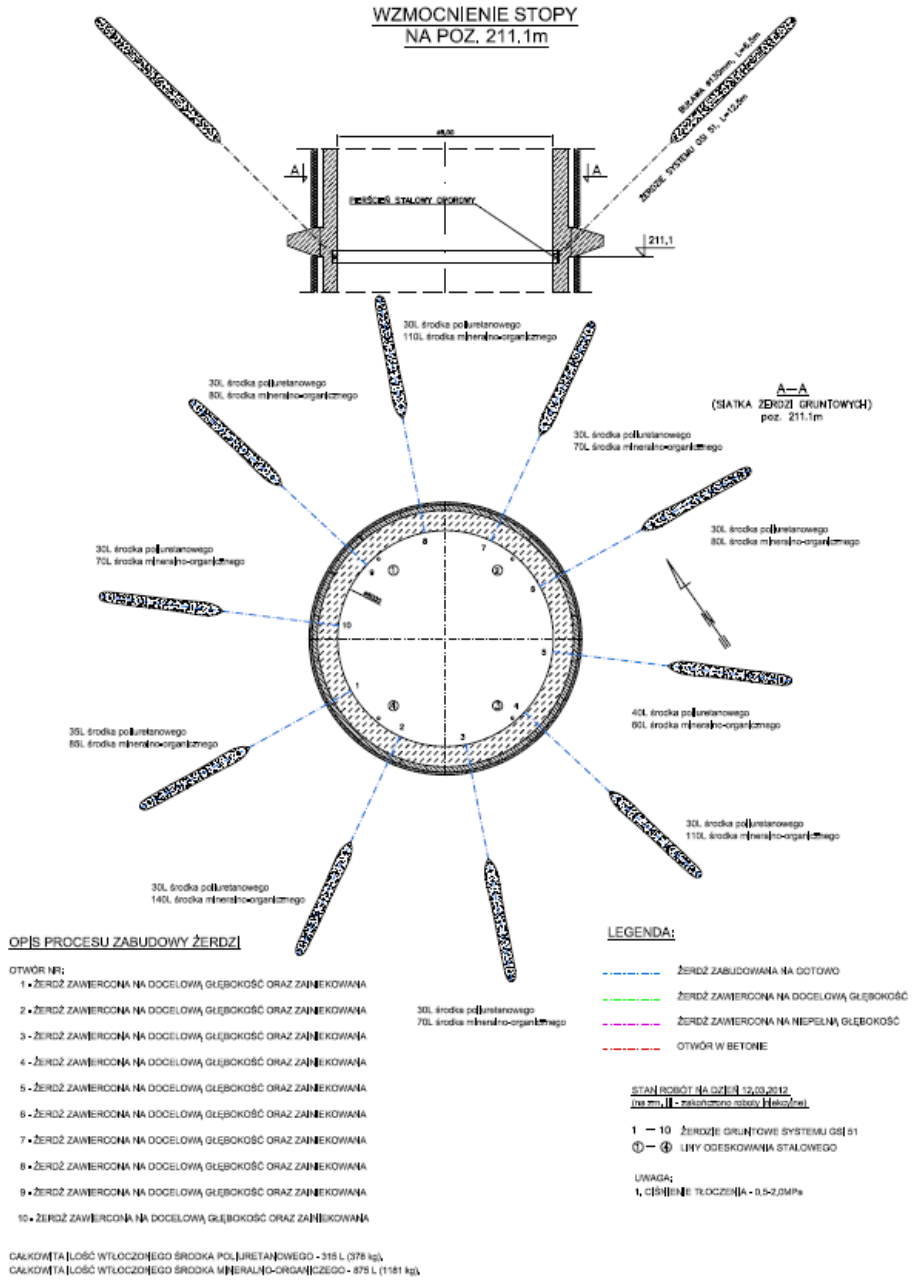
składowej nośności kotew a możliwym oddaleniem się od strefy odprężonej, w wyniku oddziaływania szybu. Przyjęto, że górotwór nośny rozpoczyna się ok. 3,5 m za wyłomem szybu. Odcinek żerdzi nie związany z górotworem i obudową szybu, długości 6 m wykorzystano do nadania naciągu wstępnego kotwy.

Ze względu na brak nośności pierścienia betonowego na rozciąganie, zaprojektowano konstrukcję stalową w postaci pierścienia (blachownicy), przejmującą obciążenia rozciągające od kotew. Blachownica zabudowana została po wykonaniu bruzdy w istniejącej obudowie, o wysokości ok. 0,6 m i głębokości minimum 0,25 m. Pierścień blachownicy składa się z 10 segmentów, w całości konstrukcji spawanej przygotowanej na powierzchni, a następnie skręcanej w miejscu zabudowy.

Do wzmocnienia stóp szybowych zastosowano kotwy GSI typu R51L, z koronką o średnicy O130 mm i nośności 260,0 kN. Cięgno kotwy stanowi stalowa żerdź w postaci rury o średnicy zewnętrznej 51 mm i średnicy wewnętrznej 34,5 mm, gwintowana na całej długości wraz z łącznikami. Żerdzie oraz łączniki wykonane są z wysokogatunkowej stali drobnoziarnistej StE460. Materiał charakteryzuje się wysokimi parametrami wytrzymałościowymi, bowiem granica plastyczności wynosi 580 N/mm^2. Wszystkie kotwy posiadają odcinek wolny (strefa aktywna) długości 6 m i buławę iniekcyjną. Buława iniekcyjna każdej z kotew wykonana jest w obrębie więcej niż jednej warstwy gruntu. Nośność pobocznicy buławy wyznaczono przyjmując do obliczeń średnie parametry gruntu określone w badaniach kontrolnych za obudową. Buława iniekcyjna, przenosząca obciążenia ze zbrojenia na grunt, tworzona jest z cementu portlandzkiego o wytrzymałości minimum 35 N/mm^2. Buława iniekcyjna stanowi również pojedynczą ochronę antykorozyjną. Wykorzystanie buławy iniekcyjnej jako zabezpieczenia antykorozyjnego jest możliwe dzięki wytworzeniu wokół żerdzi ciągłej otuliny o gwarantowanej, minimalnej grubości. Gwarancję uzyskania min. 20 mm otuliny iniekcyjnej daje stosowanie systemowych elementów dystansowych przy każdym łączeniu żerdzi.

Równocześnie z rozpoczęciem wiercenia rozpoczyna się iniekcja wstępna. Wewnętrznym otworem żerdzi, pod ciśnieniem rzędu 0,5÷2,0 MPa, tłoczona jest płuczka z zaczynu cementowego (współczynnik w/c ~0,7). Iniekt wytłaczany jest poprzez otwory w koronce wiertniczej. Zaczyn cementowy migrując w strukturę gruntu stabilizuje ściany otworu, eliminując potrzebę stosowania rur osłonowych. Zaczyn cementowy ma możliwość swobodnej penetracji w grunt, co skutkuje wytworzeniem buławy iniekcyjnej, dobrze związanej z gruntem. Migrujący iniekt dodatkowo wzmacnia ośrodek gruntowy wokół wykonywanej kotwy. Po dowierceniu zadanej głębokości wykonuje się iniekcję końcową. Przy stale obracającym się przewodzie, środkiem żerdzi tłoczony jest zaczyn cementowy o współczynniku w/c ~0,5. Otwór wiertniczy jest iniektowany poczynając od dna otworu do jego odcinka początkowego.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.2. Schemat wzmocnienia stopy szybowej na 211,1 m

Po wykonaniu poszczególnych kotew – nie wcześniej niż 14 dni od zainiekowania – następuje sprężenie każdej kotwy siłą 160 kN (tj. ok 60% obliczeniowej nośności). Naciąg należy nadawać kotwom w danym pierścieniu

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

stopniowo, tak by nie doprowadzić do zdeformowania pierścienia blachownicy. Przykładowy schemat wzmocnienia stóp przedstawiono na rysunku 2.

W każdym z czterech przypadków stóp zastosowano 10 kotew na każdym poziomie, przy czym długość kotwi oraz długość buławy były różne i przedstawiały się następująco:

- na poziomie 211,1 m długość kotew wynosiła 12,5 m, długość buławy 6,5 m, ilość wtłoczonego kleju poliuretanowego 378 kg, ilość wtłoczonego kleju mineralno-organicznego 1181 kg,
- na poziomie 243,0 m długość kotew wynosiła 9,0 m, długość buławy 3,0 m, ilość wtłoczonego kleju poliuretanowego 240 kg, ilość wtłoczonego kleju mineralno-organicznego 1228 kg,
- na poziomie 253,0 m długość kotew wynosiła 9,0 m, długość buławy 3,0 m, ilość wtłoczonego kleju poliuretanowego 288 kg, ilość wtłoczonego kleju mineralno-organicznego 1431 kg,
- na poziomie 277,0 m długość kotew wynosiła 14,0 m, długość buławy 8,0 m, ilość wtłoczonego kleju poliuretanowego 648 kg, ilość wtłoczonego kleju mineralno-organicznego 1525 kg.

Z uwagi na fakt, że każdy z zakotwionych odcinków w sąsiedztwie stóp szybowych, w wyniku zastosowania naciągu wstępnego o wartości około 160 kN, umożliwił zmniejszenie obciążenia stóp o około 1,6 MN, przyjęto, że w obudowie szybu nie powinny pojawiać się nowe pęknięcia poziome.

4.2.3. Naprawa pęknięć obudowy

Głównym celem prac iniekcyjnych w odniesieniu do obudowy szybu było jej scalenie w miejscach zaobserwowanych pęknięć i zwiększenie jej szczelności. Pęknięcia obudowy iniekowano głównie systemem Erkadur - Erkadol K, rzadziej systemem Izopur GR – 374. Prace prowadzono na odcinku szybu pomiędzy poziomami 219 do 290 m.

4.2.4. Ocena wykonanych prac zabezpieczających

Zgoda na dalsze głębienie szybu była uwarunkowana pozytywną oceną stateczności obudowy szybu i górotworu po przeprowadzonych pracach. Ocenę tę zlecono niezależnym jednostkom naukowym.

Ocenę skuteczności naprawy pęknięć obudowy szybu opracował Zakład Technologii Eksploatacji i Obudów Górniczych GIG w Katowicach. W opracowaniu [1] stwierdzono, że generalnie zapewniona jest ciągłość (integralność) obudowy.

Ocenę stanu obudowy i stateczności górotworu w otoczeniu szybu po wykonaniu prac zabezpieczających i wzmacniających obudowę i górotwór opracował Zespół Fundacja Nauka i Tradycje Górnicze AGH. W konkluzji opraco-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wania [2] stwierdzono, że nie ma przeciwwskazań do dalszego głębienia szybu, które powinno być kontynuowane przy utrzymaniu dotychczasowych pomiarów geodezyjnych i hydrogeologicznych oraz przy prowadzeniu wyprzedzających badań własności górotworu w otoczeniu szybu dla doboru odpowiedniej obudowy.

5. Wytyczne projektowo-technologiczne dalszego głębienia szybu – dobór metod specjalnych

Doświadczenia uzyskane przy prowadzeniu prac zabezpieczających i wzmacniających obudowę szybu i górotwór oraz wnioski z oceny tych prac przedstawione przez jednostki naukowe pozwoliły na dokonanie korekty w technologii dalszego głębienia szybu w zmienionych – odbiegających od zakładanych przed przystąpieniem do budowy szybu – warunkach hydrogeologicznych. Wprowadzono następujące główne zmiany w projektach obudowy szybu i technologii głębienia szybu.

5.1.1.1. Otwory drenażowo - depresyjne

Dla potwierdzenia warunków hydrogeologicznych i rozpoznanie warunków geologiczno-inżynierskich górotworu na odcinku do głębokości ok. 340 m, odwiercono na głębokości 283,0 m, poprzez obudowę szybu otwór badawczy. Zgodnie z założeniami projektowymi, po stwierdzeniu w nim warstw zawodnionych odwiercono na tym poziomie dodatkowe 3 otwory drenażowe (odwadniająco – odgazowujące) o podobnej konstrukcji. Otwory mają za zadanie drenaż zawodnionego górotworu tj. obniżenie ciśnienia wody i gazu w rejonie głębionego szybu oraz kontrolowanie aktualnego ciśnienia wody za obudową szybu. Taką samą funkcję przejął otwór badawczy po zakończeniu w nim prac badawczych. Prace te obejmowały badania parametrów fizykomechanicznych górotworu niezbędnych do sprawdzenia konstrukcji obudowy szybu i dokonania w niej ewentualnych korekt na głębokości 285,0 m. Otwory wykonano z wnęk w obudowie szybu, pod kątem 15° od pionu.

Konstrukcja otworu badawczego przedstawiała się następująco:

- rura kierunkowa Ø300 mm, długości 1,5 m,
- rura Ø150 mm do długości 23,0 m, cementowa,
- przewiercenie koronką Ø115 mm do długości 35,0 m, pobranie rdzenia, zabudowa rur Ø80 mm do głębokości 35,0 m,
- wiercenie otworu koronką Ø65 mm do długości 58,0 m („Bosy otwór").

Otwory te spełniły swoją rolę, umożliwiły dokonanie korekty parametrów geologiczno–inżynierskich górotworu, jak również spełniają do chwili obecnej rolę otworów drenażowych.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Podobny zakres prac wiertniczych zostanie powtórzony po uzyskaniu szybem głębokości ok. 320,0 m.

5.1.1.2. Konstrukcja obudowy szybu

Analiza wyników badań rdzenia z opisanego powyżej wiercenia badawczego spowodowała korektę konstrukcji obudowy szybu.

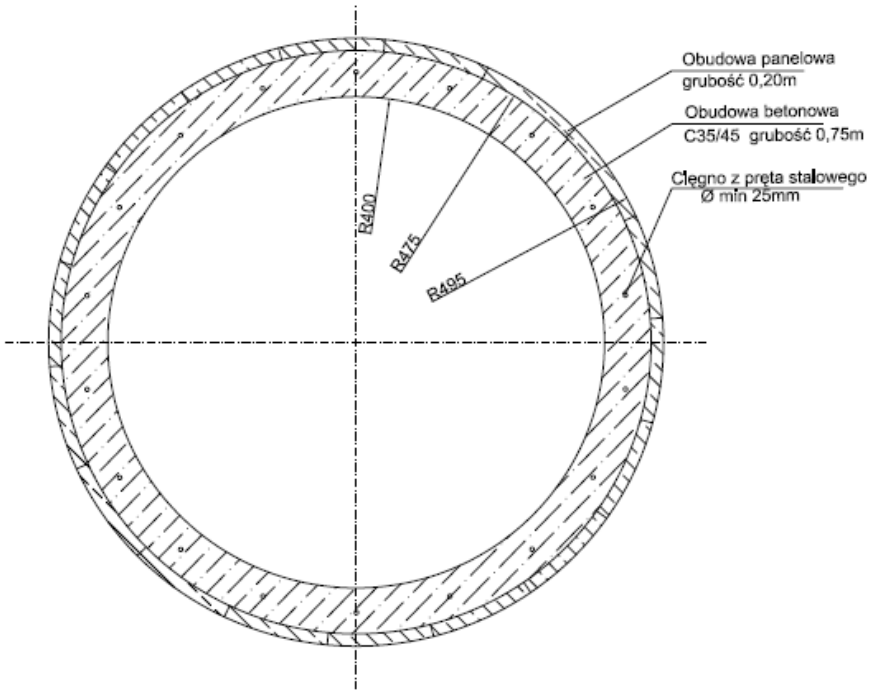
Zmiany te oparte zostały o następujące stwierdzenia:

– przy zachowaniu stosowanej dotychczas konstrukcji obudowy szybu, tj. obudowy zespolonej panelowo-betonowej, niemożliwe jest jej stosowanie jako obudowy wodoszczelnej, co było założeniem dotychczas realizowanego projektu.

Utrzymanie dotychczas stosowanej konstrukcji wymusza konieczność uznania jej jako niewodoszczelną i doliczenia do wielkości obciążenia na nią działającego ciśnienia wody w wielkości 0,1 ciśnienia pierwotnego przy założeniu pełnego drenażu wody oraz konieczności zabudowy w obudowie szybu drenażu promieniowego lub obwodowego, a także

– konieczność zabudowy w obudowie ostatecznej betonowej cięgien stalowych średnicy min. 25 mm w ilości 18 sztuk, rozmieszczonych regularnie po obwodzie.

Konstrukcję obudowy przedstawia rysunek 3.



Rys.3. Konstrukcja obudowy szybowej zespolonej panelowo–betonowej

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

5.1.1.3. Technologia dalszego głębienia szybu

Doświadczenia i informacje uzyskane z opisanych prac wymusiły konieczność modyfikacji stosowanej dotychczas technologii głębienia szybu. Modyfikacje te dotyczą wprowadzenia metod specjalnych głębienia szybu, tj. wykonania w górotworze zabiegów poprawiających warunki głębienia. Dla wzmocnienia górotworu i dla bezpiecznego wykonywania prac związanych z dalszym głębieniem szybu przeprowadzono tzw. żerdziowanie oraz iniekcję wyprzedzającą.

5.1.1.3.1. Wzmocnienie górotworu żerdziami gruntowymi

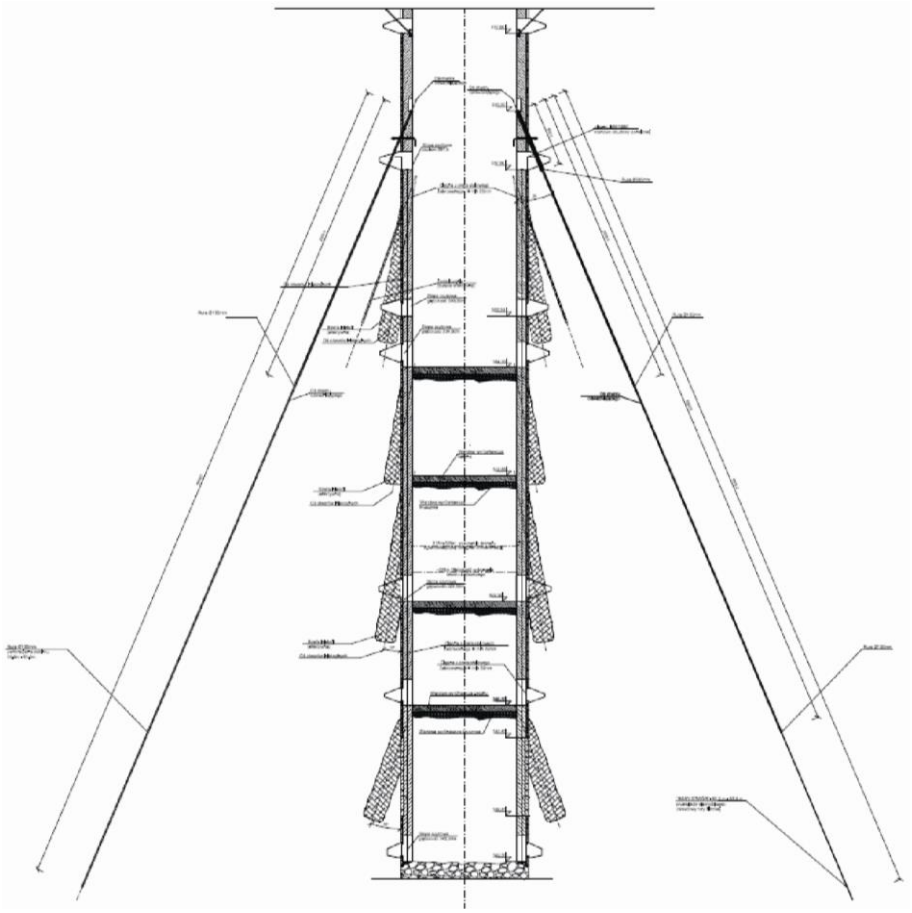
Do wykonania wzmocnienia wykorzystano system GSI GONAR. Zastosowano koronki typu dostosowanego do warunków geologicznych o minimalnej średnicy ϕ75 mm (maks. 135 mm), żerdzie typu R51N (w przypadku systemu GSI) lub rury grubościenne wraz z łącznikami (mufami) w przypadku innego typu żerdzi. Żerdzie zostaną zabudowane na okręgu o średnicy około 7,5 m pod kątem 20^{o} do pionu, we wzajemnej odległości około 0,5 m. Długość żerdzi wynosiła 12,0 m. System ten zastosowano na pierwszym odcinku głębionego szybu. Jego zastosowanie nie przyniosło spodziewanych efektów i przy dalszym głębieniu szybu zrezygnowano z jego stosowania.

5.1.1.3.2. Iniekcja wyprzedzająca górotworu

Metoda specjalna iniekcji górotworu polegała na uszczelnieniu górotworu przez wtłaczanie środka iniekcyjnego do występujących w górotworze szczelin i porów. Zatłaczany środek penetrował w grunt, co w konsekwencji miało wzmocnić zainiekowaną strefę, a zarazem zminimalizować możliwość przemieszczenia i zniszczenia struktury gruntu. W tym rozwiązaniu długość otworów iniekcyjnych wynosiła początkowo około 12,5 m, średnica otworów około 50 mm. Otwory zostaną odwiercone na okręgu o średnicy około 7,4 m, pod kątem około 10° od pionu, we wzajemnej odległości od 0,8 do 0,9 m. W późniejszym okresie długość otworów iniekcyjnych zmniejszono do 8,0 m. Jako iniekt zastosowano środki poliuretanowe, np. serii ERKADUR, o zróżnicowanym czasie wiązania i środki mineralne np. SPEC-INIEKT lub DURA-INIEKT.

Opisany schemat wykonywania prac przedstawia rysunek 4.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.4. Schemat iniekcji wyprzedzających

6. Możliwości mechanizacji robót przyjętej technologii robót

Przedstawiono szczegółowo konstrukcję obudowy oraz stosowaną i sprawdzoną technologię głębienia szybu, również pod kątem analizy możliwości mechanizacji robót. Proces urabiania skał oraz wydawania urobku na powierzchnię wydaje się być stosunkowo prosty do zmechanizowania. Wykonanie obudowy szybu o opisanej konstrukcji nie jest proste. Dla odpowiedniej mechanizacji szczególnie istotne jest uprzednie poprawienie parametrów geomechanicznych górotworu, celem zapewnienia stabilnego osadzenia w nim obudowy szybu. Poprawa tych parametrów poprzez zastosowanie metod specjalnych wymaga precyzji robót, niejednokrotnie natychmiastowej zmiany parametrów procesu i jego modyfikacji. W tej sytuacji stosowanie pełnej mechanizacji robót w tej fazie procesu głębienia szybu wydaje się być nieuzasadnione technicznie i ekonomicznie.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

7. Wnioski

W niniejszym rozdziale przedstawiono warunki głębienia szybu w zawodnionym górotworze o niskich parametrach wytrzymałościowych. Głębienie szybu w tych warunkach nastręcza szereg problemów technicznych i wymaga precyzyjnego rozpoznania warunków geoinżynierskich i hydrogeologicznych, zaprojektowania obudowy szybu i stóp szybowych o parametrach gwarantujących bezpieczne osadzenie szybu w górotworze oraz doboru odpowiedniej technologii głębienia szybu, w tym modyfikacji parametrów wytrzymałościowych górotworu dla bezpiecznego prowadzenia prac. Stopień skomplikowania technologii powoduje, że wprowadzenie mechanizacji prac jest nieuzasadnione technicznie i ekonomicznie.

Literatura

1. ”Wykonanie opinii rzeczoznawcy dotyczącej oceny skuteczności naprawy pęknięć obudowy szybowej szybu 1 - Bzie na odcinku od 217,5 m do 285 m”. Zakład Technologii Eksploatacji i Obudów Górniczych GIG, Katowice, kwiecień 2012 r.,
2. ”Analiza stanu obudowy i stateczności górotworu w otoczeniu szybu 1-Bzie JSW S.A. KWK „Borynia – Zofiówka” Ruch „Zofiówka” po wykonaniu prac zabezpieczających i wzmacniających obudowę i górotwór”. Fundacja Nauka i Tradycje Górnicze, Kraków, kwiecień 2012 r.
3. Materiały archiwalne KOPEX- PBSz S.A. w Bytomiu.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Współczesne urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej górniczych wyciągów szybowych – bezpieczeństwo, nowoczesność, ergonomia

Adam Zygmunt, Mariusz Kiercz, Marek Szczygieł – Specjalistyczny Urząd Górniczy w Katowicach

1. Wstęp

Górnicze wyciągi szybowe są jednymi z podstawowych obiektów zakładu górniczego, realizującymi funkcje transportu pionowego (jazda ludzi, ciągnienie urobku, transport materiałów, urządzeń, narzędzi, realizacja transportu pomocniczego).

W tabeli 1 zaprezentowano porównawcze zestawienie wartości charakterystycznych danych z roku 1996 oraz 2010.

Zestawienie danych z roku 1996 i 2011

Tabela 1

Rok	Masa transportowanej kopaliny [mln ton]	Liczba osób/dobę [tys.]	Łączna liczba górniczych wyciągów szybowych	Max głębokość szybów [m]	Max prędkość jazdy [m/s]	Max ładowność naczyń wyciągowych [Mg]	Grupa I – liczba/% górn. wyc. szybowych zbudowanych przed 1945 r.	Grupa II – liczba/% górn. wyc. szybowych zbudowanych w okresie 1945-1972	Grupa III – liczba/% górn. wyc. szybowych zbudowanych po 1972 r.
1996	200	200	570	1250	20	30	129 23%	328 57%	113 20%
2011	111	90	324	1250	20	40	32 10%	233 72%	60 18%

Jednym z elementów niezbędnych dla funkcjonowania górniczego wyciągu szybowego jest urządzenie sygnalizacji i łączności szybowej. W ostatnim okresie w sposób znaczący zmieniła się zarówno budowa tych urządzeń, jak i realizowane przez nie funkcje. Odejście od stosowania przy ich konstruowaniu ujednoliconych rozwiązań i indywidualne dopuszczanie do stosowania w podziemnych zakładach górniczych, pozwoliło producentom na budowę urządzeń sygnalizacji ściśle dostosowanych do specyfiki wyciągu szybowego, w którym będą eksploatowane. Ponadto wykorzystanie przy budowie urządzeń sygnalizacji i łączności szybowej nowoczesnych rozwiązań opartych o technikę cyfrową z zastosowaniem swobodnie programowalnych sterowników PLC oraz urządzeń do bezprzewodowego nadawania sygnałów z naczynia wyciągowego umożliwia postawienie przed wyciągiem szybowym nowych zadań w ruchu zakładu górniczego. Omówienie wymagań prawnych oraz technicznych dla

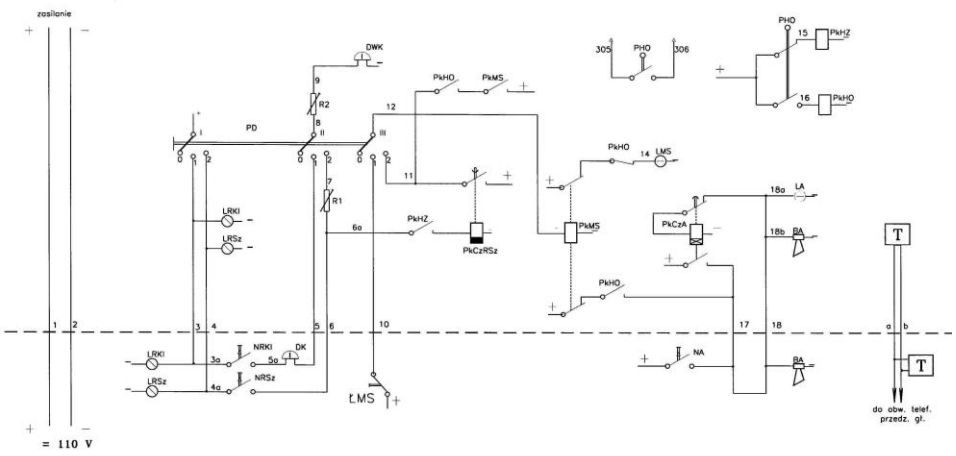
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

urządzeń sygnalizacji i łączności szybowej oraz prezentacja przykładowych rozwiązań wykonanych w ostatnich latach może być pomocna przy planowaniu w zakładach górniczych budowy tego typu urządzeń oraz przyczynić się do stosowania przy projektowaniu nowatorskich rozwiązań, a nie tylko na odtworzeniu dotychczasowych funkcji urządzenia zrealizowanych na nowych podzespołach.

2. Tradycyjne urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej wyciągów szybowych pomocniczych

Urządzenia sygnałowe wyciągów awaryjnych budowanych w latach 70-tych wykonywane były zgodnie z zapisami § 650 „Szczegółowych przepisów prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny i brunatny" z 1973 r., który stanowił, że rodzaje układów sygnalizacyjnych oraz szczegółowe wymagania stawiane elektrycznej sygnalizacji szybowej określają:

- „Warunki techniczne budowy elektrycznych urządzeń sygnalizacji szybowej",
- „Album ujednoliconych układów sygnalizacji szybowej", wydany przez MGiE w porozumieniu z Wyższym Urzędem Górniczym.



ZASILANIE	SYGNALIZACJA JEDNOUDERZENIOWA BEZPOŚREDNIA	BLOKOWANIE MASZYNY WYCIĄGOWEJ	SYGNALIZACJA ALARMOWA	ŁĄCZNOŚĆ TELEFONICZNA SZYBOWA
1-A-1	2-B-1	9-C-1	6-A-1	12-A-1

Rys.1. Przykładowe rozwiązanie urządzenia sygnalizacji wykonanego zgodnie z wyżej wymienionymi wymaganiami

Urządzenia zasilano tradycyjnie napięciem 110 V DC, składało się ono z obwodu sygnalizacji alarmowej, blokowania maszyny wyciągowej, sygnali-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

zacji jednouderzeniowej bezpośredniej i łączności szybowej. Wszystkie podzespoły zabudowane były na powierzchni, a nadawanie sygnału z szybu odbywało się za pośrednictwem linki rewizyjnej rozwiniętej w szybie.

Obowiązujące aktualnie wymagania techniczne w zakresie urządzeń sygnalizacji i łączności szybowej zawarte są w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych (Dz. U. Nr 99, poz. 1003 oraz z 2005 r. Nr 80, poz. 695). Punkt 1.7.3. zawiera wymagania dla urządzeń sygnalizacji szybowej górniczych wyciągów szybowych pomocniczych.

1.7.3.2. Zakres wyposażenia urządzeń sygnalizacji szybowej górniczych wyciągów szybowych awaryjno-rewizyjnych powinien być uzależniony od ich przeznaczenia.

1.7.3.2.1. Urządzenia sygnalizacji szybowej górniczych wyciągów szybowych awaryjnych:

1) z wciągarką przewoźną - powinny być wyposażone co najmniej w układy rewizji szybów określone w pkt 1.7.1.21 oraz w pkt 1.7.1.24 ppkt 2; powinny być stosowane urządzenia sygnalizacji szybowej zapewniające łączność pomiędzy naczyniem wyciągowym, a stanowiskiem maszynisty maszyn wyciągowych;
2) z wciągarką stałą - powinny być wyposażone w układy sygnalizacji szybowej w zależności od indywidualnych warunków pracy oraz dodatkowych funkcji górniczego wyciągu szybowego.

1.7.3.2.2. Urządzenia sygnalizacji szybowej górniczych wyciągów szybowych rewizyjnych powinny spełniać wymagania określone w pkt 1.7.3.2.1.

1.7.3.3. Urządzenia sygnalizacji szybowej małych górniczych wyciągów szybowych materiałowych bez jazdy ludzi powinny być wyposażone w urządzenia umożliwiające nadawanie sygnałów jednouderzeniowych i alarmowych oraz w układ łączności szybowej.

Podane zostały minimalne wymagania w zakresie urządzenia sygnalizacji szybowej dla górniczych wyciągów szybowych awaryjnych z wciągarką przewoźną. Dotyczą one rodzaju sygnalizacji „rewizja szybu", która powinna być wykonana zgodnie z następującymi zasadami:

1. zapowiedź załączenia sygnalizacji „rewizja szybu" na stanowisku sygnałowym przewidzianym do rozpoczynania rewizji szybu, przy obecności naczynia wyciągowego na tym stanowisku, powinna upoważnić stanowisko maszynisty maszyn wyciągowych do potwierdzenia tego rodzaju pracy;
2. potwierdzenie załączenia sygnalizacji „rewizja szybu" powinno nastąpić na stanowisku maszynisty maszyn wyciągowych po otrzymaniu zapowiedzi załączenia tego rodzaju sygnalizacji;

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

3. załączenie sygnalizacji „rewizja szybu” powinno spowodować wyłączenie spod napięcia wszystkich innych sygnalizacji, z wyjątkiem sygnalizacji alarmowej. Wyłączenie sygnalizacji „rewizja szybu” może nastąpić na stanowisku maszynisty maszyn wyciągowych po rezygnacji z tego rodzaju pracy na tym stanowisku sygnałowym, spośród stanowisk przewidzianych do wysiadania brygad rewizyjnych, na którym obecne jest naczynie wyciągowe.

Układ blokowania hamulca manewrowego powinien spowodować zablokowanie hamulca manewrowego zahamowanej maszyny wyciągowej, co najmniej od chwili załączenia sygnalizacji „rewizja szybu” lub „jazda osobista”, a następnie po każdym zatrzymaniu się naczynia wyciągowego, do chwili nadania z szybu sygnałów „dwa uderzenia” lub „trzy uderzenia”; odblokowanie spowodowane nadaniem tego sygnału nie może trwać dłużej niż 6 s.

Przeznaczenie, indywidualne warunki pracy oraz dodatkowe funkcje górniczego wyciągu szybowego awaryjno-rewizyjnego lub awaryjnego z wciągarką stałą determinują wyposażenie konkretnego urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej.

Przykład 1

Wyciąg szybowy pomocniczy, awaryjno-rewizyjny oddany do ruchu w 2007 roku w szybie wydechowym.

Funkcja wyciągu	pomocniczy, awaryjno-rewizyjny,
Wyciąg:	jednokońcowy z prowadzeniem linowym,
Typ maszyny:	B-2500/DC-315, zrębowa,
Poziomy:	zrąb szybu, poziom 1230 m,
Przeznaczenie wyciągu:	rewizje, remont obudowy i wyposażenia szybu oraz transport ludzi, materiałów, sprzętu i urządzeń do prac remontowych w szybie,
Naczynie wyciągowe:	klatka jednopiętrowa, prowadzenie linowe (4 liny),
Parametry ruchu	V = 2 m/s, Q = 20 kN.

Urządzenie sygnalizacji szybowej umożliwia:

- nadanie sygnału alarmowego,
- zablokowanie maszyny wyciągowej w stanie zahamowanym,
- automatyczne wytworzenie sygnału do jazdy i zatrzymywania maszyny wyciągowej w trybie zdalnego uruchamiania i zatrzymywania maszyny wyciągowej w celu przeprowadzenia rewizji szybu, prac szybowych, rewizji liny nośnej, koła linowego oraz naczynia wyciągowego,
- przekazywanie informacji za pomocą sygnalizacji jednouderzeniowej,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- wybór rodzaju pracy górniczego wyciągu szybowego i przynależnego rodzaju sterowania maszyny wyciągowej,
- kontrolę pracy górniczego wyciągu szybowego oraz elementów urządzeń współpracujących,
- informację o pracy i stanie górniczego wyciągu szybowego,
- dwukierunkową łączność foniczną pomiędzy stanowiskami sygnałowymi i stanowiskiem maszynisty maszyny wyciągowej.

Zespolony system sterowania maszyny wyciągowej i urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej został oparty na sterownikach logicznych PLC. Wykorzystano układ dwóch sterowników programowalnych, różniących się sprzętowo, posiadających indywidualne oprogramowanie, komunikujących się między sobą poprzez wymianę informacji odczytywanych przez poszczególne tory sterowania z wykorzystaniem bezpotencjałowych styków. Każda z jednostek tworzy odrębny tor transmisji. Jednostki centralne toru podstawowego i kontrolnego znajdują się w maszynowni, natomiast na poziomie zrębu znajdują się moduły zdalne, wykonujące tylko funkcje pobierania informacji i wydawania sygnałów sterujących wypracowanych przez jednostki centralne w oparciu o zaimplementowane w nich algorytmy.

3. Opis wybranych funkcji urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej

3.1. Sygnalizacja jednouderzeniowa bezpośrednia

Sygnalizacja jednouderzeniowa bezpośrednia przeznaczona jest do nadawania akustycznych sygnałów wykonawczych z uprawnionych stanowisk sygnałowych bezpośrednio do maszynisty. Uprawnienie stanowiska sygnałowego do nadawania sygnałów wykonawczych dokonywane jest za pomocą przełącznika dyspozycyjnego na stanowisku sterowania maszyną wyciągową oraz pod warunkiem obecności naczynia wyciągowego w określonej strefie szybu.

Do nadawania sygnałów wykonawczych przewidziane są stanowiska:

- do prowadzenia rewizji szybu (za pośrednictwem urządzenia bezprzewodowego ECHO-S zabudowanego w klatce),
- na zrębie szybu i podszybiu w czasie prowadzenia transportu materiałów,
- do prowadzenia prac szybowych (za pośrednictwem urządzenia bezprzewodowego ECHO-S zabudowanego w klatce).

3.2. Sygnalizacja alarmowa

Zadaniem sygnalizacji alarmowej jest spowodowanie natychmiastowego zatrzymania wyciągu oraz wywołanie sygnału akustycznego i optycznego przy zaistniałym lub mogącym zaistnieć niebezpieczeństwie.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Nadawanie sygnałów alarmowych odbywa się za pomocą nadajników alarmowych zainstalowanych na wszystkich stanowiskach sygnałowych. Powoduje to uruchomienie na 5 sek. buczków alarmowych na wszystkich stanowiskach sygnałowych i w maszynowni, a ponadto lampek na wszystkich stanowiskach sygnałowych oraz sygnału optycznego „Alarm" na stanowisku maszynisty. Sygnał awaryjny z naczynia nadany za pomocą przycisku w urządzeniu bezprzewodowym powoduje uruchomienie buczków alarmowych na wszystkich stanowiskach na czas 5 sek. oraz zapalenie się lampek na wszystkich stanowiskach sygnałowych oraz sygnału optycznego „Alarm" na stanowisku maszynisty. Każde wywołanie sygnału alarmowego powoduje zatrzymanie awaryjne maszyny wyciągowej, realizowane za pomocą napędu.

3.3. Blokowanie maszyny wyciągowej

Zadaniem układu blokowania maszyny wyciągowej jest uniemożliwienie odhamowania i uruchomienia maszyny w przypadku, gdy odjazd naczynia stwarzałby zagrożenie dla ludzi lub urządzeń.

Układ blokowania spełnia następujące funkcje realizowane w maszynie wyciągowej:

- uniemożliwia odhamowanie i wysterowanie napędu maszyny wyciągowej w przypadku, gdy blokada została zadana przy zahamowanej maszynie,
- powoduje zablokowanie maszyny wyciągowej po jej zatrzymaniu, jeżeli blokada została zadana w czasie jazdy,
- powoduje zablokowanie maszyny wyciągowej po jej zatrzymaniu wskutek awaryjnego zatrzymania napędem, jeżeli przy załączonej rewizji szybu lub pracach szybowych urządzenie bezprzewodowe uległo uszkodzeniu,
- powoduje przerwanie obwodu bezpieczeństwa w przypadku odhamowania zablokowanej maszyny wyciągowej,
- umożliwia awaryjne odblokowanie maszyny wyciągowej przez użycie przełącznika kluczykowego „Awaryjne obejście blokad", warunkiem załączenia jest stan zahamowania maszyny.

Pojawienie się sygnału z któregokolwiek łącznika w układzie blokowania sygnalizowane jest sygnałem optycznym „Blokada" przynależnym wyłącznie do danego stanowiska, z którego nastąpiło zablokowanie maszyny. Maszynista informowany jest o stanowisku, z którego nastąpiło zablokowanie i użytym elemencie dyspozycyjnym.

Dla umożliwienia wykonania prac, które wymagają ruchu naczynia przy otwartych wrotach szybowych, łączniki kontrolujące ich położenie są odpowiednio wyłączane programowo, w sposób skorelowany z rodzajem pracy. Do czynności tych należy np. rewizja naczynia wyciągowego lub rewizja liny nośnej prowadzone na zrębie szybu.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

3.4. Sygnalizacja „Rewizja szybu”

Rewizja szybu może być prowadzona z użyciem urządzenia bezprzewodowego ECHO-S, które pozwala na przesłanie sygnałów sterowniczych dla zrealizowania zdalnego uruchamiania i zatrzymywania maszyny wyciągowej wraz z regulacją prędkości w dozwolonych granicach lub nadawanie z naczynia wyciągowego sygnałów wykonawczych do maszynisty – wówczas maszyna wyciągowa sterowana jest ręcznie przez maszynistę wyciągowego. Po ustawieniu naczynia, otrzymaniu dyspozycji i załączeniu urządzenia bezprzewodowego sygnalista zgłasza zapowiedź rozpoczęcia rewizji za pomocą przycisku. Warunki uprawniające do nadania zapowiedzi, to obecność naczynia na zrębie szybu lub na podszybiu, zahamowanie maszyny wyciągowej, gotowość do pracy urządzenia bezprzewodowego. Zapowiedź rewizji szybu wywołuje u maszynisty sygnał dzwonka oraz pulsowanie lamp LRSz. Potwierdzenie przez maszynistę zapowiedzi powoduje załączenie rewizji szybu, zablokowanie możliwości załączenia innego rodzaju pracy do czasu wyłączenia rewizji szybu oraz przygotowanie obwodu blokowania maszyny wyciągowej, który po otrzymaniu z klatki sygnału wykonawczego, dwa lub trzy uderzenia, odblokowuje maszynę na czas 6 sekund. Sygnał wykonawczy nadany za pomocą przycisku z urządzenia bezprzewodowego powoduje uruchomienie w maszynowni dzwonu wykonawczego. Kontrola impulsów sygnału wykonawczego nadawanego z naczynia realizowana jest w sposób programowy.

W przypadku prowadzenia rewizji szybu za pomocą urządzenia bezprzewodowego zanik gotowości do pracy urządzenia bezprzewodowego wywołuje sygnał alarmowy.

Po przełączeniu sterowania maszyny wyciągowej w tryb zdalnego uruchamiania, rewizję szybu można prowadzić sterując maszyną z naczynia. Możliwy jest wybór kierunku jazdy, wyregulowanie prędkości jazdy w przyjętych granicach (progi prędkości V_1, V_2 i ewentualnie V_3) oraz zatrzymanie ruchu maszyny. Po zakończeniu rewizji szybu sygnalista wyłącza urządzenie bezprzewodowe po wcześniejszym zgłoszeniu zakończenia rewizji szybu za pomocą przycisku na stanowisku sygnałowym. Potwierdzenie rezygnacji przez maszynistę za pomocą przycisku powoduje wyłączenie rewizji szybu.

3.5. Zdalne uruchamianie maszyny wyciągowej podczas prac rewizyjnych

Urządzenie sygnalizacji szybowej zostało wyposażone również w układ zdalnego uruchamiania maszyny podczas prowadzenia prac rewizyjnych. Umożliwia on odhamowanie i prowadzenie jazd powolnych maszyną bezpośrednio ze stanowiska, na którym prowadzona jest rewizja. Rozwiązanie to umożliwia sterowanie maszyną wyciągową ze stanowisk sygnałowych do prowadzenia rewizji koła linowego, prowadzenia rewizji liny nośnej (z poziomu

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

zrębu lub z poziomu koła linowego), prowadzenia rewizji naczynia (z poziomu zrębu). Na stanowiskach sygnałowych na zrębie i poziomie koła linowego zainstalowano zespoły łączników, uprawniających stanowisko do sterowania maszyną oraz przycisków umożliwiających wybranie kierunku jazdy i zatrzymanie ruchu maszyny wyciągowej.

Podczas prowadzenia rewizji naczynia wyciągowego lub rewizji lin nośnych ze zrębu szybu następuje samoczynne zatrzymanie wyciągu przy wyjściu ze strefy uprawnionej. Ta użyteczna funkcja zapobiega wjechaniu naczynia wyciągowego bądź w strefę wyłączników krańcowych bądź powstanie niebezpiecznej sytuacji w przypadku wykorzystywania pomostów budowanych w szybie dla potrzeb przeprowadzenia czynności kontrolnych.

W trybie zdalnego uruchamiania maszyna blokowana jest automatycznie po każdym zatrzymaniu. Odblokowanie następuje dopiero po nadaniu sygnału kierunku. W ten sposób podczas prowadzenia prac rewizyjnych zwiększono bezpieczeństwo osób kontrolujących poprzez samoczynne blokowanie maszyny wyciągowej w czasie postoju.

Przykład 2

Wyciąg szybowy pomocniczy, awaryjno-rewizyjny z maszyną wyciągową typu B-1500A zabudowany w szybie wydechowym zmodernizowany został w 2007 roku.

Funkcja wyciągu	pomocniczy, awaryjno-rewizyjny,
Zadania	ewakuacja załogi z szybu, prace rewizyjne i naprawcze, prace szybowe,
Typ maszyny:	B-1500A,
Poziomy jazdy	zrąb, poziomy: -120 m, -240 m, -400 m i -600 m,
Parametry ruchu	V = 2,0 m/s, Q = 0,45 Mg,
Rodzaj sterowania	ręczny, tryb zdalnego uruchamiania.

Urządzenie sygnalizacji i łączności szybowej umożliwia:

- zdalne uruchamianie przy sterowaniu automatycznym wyciągu lub bezprzewodowe nadawanie sygnałów akustycznych jednouderzeniowych przy sterowaniu ręcznym wyciągu ze stanowiska sygnałowego w naczyniu przy rodzaju pracy wyciągu: „jazda ewakuacyjna”, „prace szybowe” i „rewizja szybu”,
- nadawanie sygnałów akustycznych jednouderzeniowych przy sterowaniu ręcznym wyciągu ze stanowisk na zrębie i wszystkich poziomach do jazdy przy rodzaju pracy: „jazda ewakuacyjna” i „prace szybowe”, o ile nie jest załączone stanowisko sygnałowe w naczyniu,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- zdalne uruchamianie przy sterowaniu automatycznym wyciągu lub nadawanie sygnałów jednouderzeniowych z odpowiednich stanowisk sygnałowych przy rodzaju pracy wyciągu: „rewizja koła linowego”, „rewizja naczynia” i „rewizja liny nośnej”,
- nadanie sygnału alarmowego z wszystkich stanowisk sygnałowych,
- blokowanie ruchu maszyny wyciągowej w stanie zahamowanym ze wszystkich stanowisk sygnałowych,
- blokowanie ruchu maszyny wyciągowej przy sterowaniu ręcznym w stanie zahamowanym po zatrzymaniu naczynia przy rodzaju pracy „jazda ewakuacyjna”, „rewizja szybu” i „prace szybowe” do czasu nadania dwóch lub trzech sygnałów wykonawczych z ruchomego stanowiska sygnałowego RSS (o ile jest załączone),
- ustalenia rodzaju pracy górniczego wyciągu szybowego,
- zapowiedź żądanego rodzaju sterowania maszyny wyciągowej „ręczne” lub „automatyczne”,
- przekazywanie do wyciągu szybowego stanu elementów zabezpieczeń krańcowych i korekcji regulatora jazdy (wykorzystano obwody iskrobezpieczne sterowników ET2000Ex zabudowanych na stanowiskach sygnałowych),
- wytworzenie informacji o pracy i stanie górniczego wyciągu szybowego,
- dwukierunkową łączność foniczną pomiędzy stanowiskami sygnałowymi i stanowiskiem maszynisty maszyny wyciągowej,
- sterowanie ryglowaniem wrót szybowych na zrębie i poziomach.

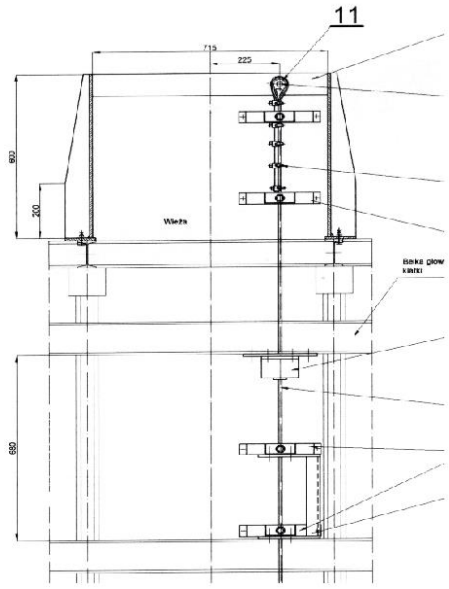
Urządzenie iskrobezpiecznej sygnalizacji szybowej zrealizowane jest w technice cyfrowej. Podstawowymi urządzeniami są dwa sterowniki PLC: podstawowy i dodatkowy zabudowane w pomieszczeniu maszynowni. W sterowniku podstawowym rezyduje program realizujący wszystkie funkcje urządzenia sygnalizacji szybowej. Sterownik ten współpracuje z sześcioma iskrobezpiecznymi stacjami lokalnymi typu ET2000Ex zainstalowanymi na stanowiskach sygnałowych w szybie. W sterowniku dodatkowym rezyduje program realizujący funkcje alarmu i blokad. Stacje lokalne zasilane są z zasilaczy iskrobezpiecznych zabudowanych na powierzchni w szafie sygnalizacji szybowej poprzez kabel poprowadzony w szybie. Wymiana informacji pomiędzy stacjami lokalnymi, a sterownikami PLC zabudowanymi również w szafie sygnalizacji szybowej w maszynowni, odbywa się za pośrednictwem światłowodowego systemu transmisji danych.

Jako ruchome stanowisko sygnałowe zastosowano urządzenie do bezprzewodowej łączności i sygnalizacji ECHO-S składające się z części stacyjnej zainstalowanej w maszynowni, z części przenośnej włączanej w naczyniu oraz elementów sprzęgających, którymi są pierścienie magnetyczne obejmujące linkę antenową. Omawiany wyciąg szybowy jest wyciągiem jednokońcowym,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

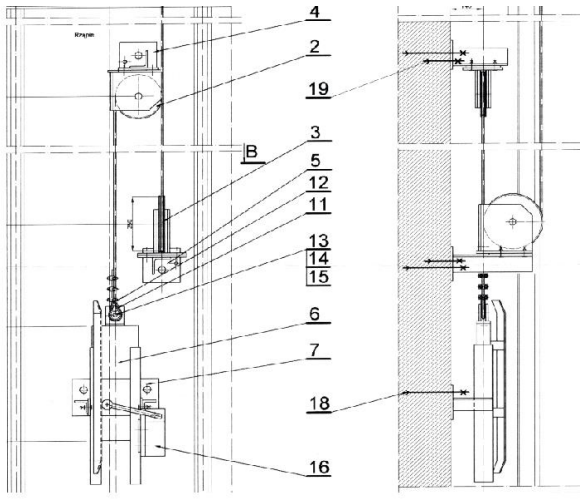
a naczynie wyciągowe prowadzone jest w szybie po prowadnikach szynowych. Pierwotna zabudowa sprzęgaczy klatkowych urządzenia ECHO-S na linie wyciągowej nośnej zakładająca zamykanie się pętli prądowej sygnału między innymi przez prowadnice ślizgowe naczynia i szyny prowadnicze nie zapewniała dostatecznej pewności jego przekazywania od sprzęgaczy klatkowych do stacyjnych. Rozwiązaniem tego problemu było zabudowanie w szybie linki antenowej. Linka antenowa, zawieszona w górnej części trzonu wieży nad belkami odbojowymi, zwisa przez cały szyb aż do rząpia. W rząpiu linka antenowa napięta jest obciążnikiem, którego górne i dolne położenie krańcowe jest kontrolowane przez łącznik krańcowy. Sygnał zadziałania łącznika krańcowego przekazywany jest do maszyny wyciągowej, inicjując zatrzymanie awaryjne napędem.

W opisywanym pomocniczym wyciągu szybowym przewidziano następujące rodzaje pracy: naczynie wolne, jazda ewakuacyjna, prace szybowe, rewizja szybu wraz z jazdą brygad szybowych (ECHO-S umieszczone w piętrze naczynia wyciągowego), prace rewizyjne (rewizja koła linowego, liny nośnej i naczynia). Układy rewizji szybu i prac rewizyjnych są analogiczne jak w rozwiązaniu omawianym powyżej. Układ prac szybowych służący do wykonywania remontu obudowy i urządzeń w szybie wykorzystuje sygnalizację jednouderzeniową. Do nadawania sygnałów wykonawczych uprawnione jest ruchome stanowisko sygnałowe lub po rezygnacji stałe stanowisko, w strefie którego znajduje się naczynie. Główna przewidywana funkcja wyciągu, tj. ewakuacja ludzi, z naczyń wyciągowych awaryjnie unieruchomionych w szybie lub z poziomów, realizowana jest przy użyciu rodzaju pracy „jazda ewakuacyjna”.



Rys.2. Mocowanie linki antenowej

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.3. Obciążnik linki antenowej

W tym rodzaju pracy wyciągu szybowego prowadzona jest ewakuacja załogi z naczynia przedziału głównego lub poziomu, z maksymalną prędkością jazdy 2 m/s. Do nadawania sygnałów wykonawczych uprawnione jest wówczas bądź ruchome stanowisko sygnałowe w naczyniu wyciągowym lub stałe stanowisko sygnałowe na poziomie, gdzie aktualnie znajduje się naczynie. Rezygnację z korzystania z ruchomego stanowiska sygnałowego można dokonać tylko przy zahamowanej maszynie wyciągowej przełącznikiem z pulpitu maszyny wyciągowej, po wcześniejszej dyspozycji sygnalisty - rezygnacji z ruchomego stanowiska sygnałowego za pomocą przycisku na właściwym stanowisku stałym oraz spełnienia warunku obecności naczynia wyciągowego na zrębie lub określonym poziomie.

Przykład 3

Kolejne z przedstawianych urządzeń sygnalizacji i łączności szybowej zbudowane zostało z wykorzystaniem dwóch sterowników swobodnie programowalnych firmy ABB typu AC500. Sterowniki:

- podstawowy – master 1 w wydzielonej sieci PROFIBUS-DP(1), realizuje funkcje sterowania i zabezpieczeń oraz kontrolne w zakresie nadzorowania pracy sterownika dodatkowego (kontrolnego),
- dodatkowy (kontrolny) – master 2 w wydzielonej sieci PROFIBUS-DP(2), realizuje funkcje alarmu i blokady oraz kontrolne w zakresie nadzorowania pracy sterownika podstawowego.

Komunikacja sterowników PLC typu AC500 (podstawowego i kontrolnego) z modułami slave'ów zabudowanych w stacjach lokalnych na nadszybiu, zrębie i na poziomach 450 m, 600 m oraz z modułami we/wy w szafie sterow-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

niczej i pulpicie sterowniczym odbywa się przez dwie niezależne sieci PROFIBUS-DP(1) i PROFIBUS-DP(2).

Sterownik podstawowy realizuje pełny program urządzenia sygnalizacji szybowej, to znaczy odczytuje stany wejść i na ich podstawie generuje odpowiednie stany wyjść. Sterownik podstawowy generuje stany wyjść modułów wyjściowych sygnalizacji optyczno-akustycznej przez magistralę PROFIBUS-DP(1).

Sterownik kontrolny (US200) uprawniony jest do odczytywania informacji o stanie wejść modułów wejściowych oraz modułów ET2000Ex przez magistralę PROFIBUS-DP(2). Sterownik kontrolny generuje stany wyjść alarmów i blokady poprzez moduł komunikacyjny mUS221.

Funkcje alarmów i blokady realizowane są dwukrotnie, raz w sterowniku podstawowym, a drugi raz w sterowniku kontrolnym. Wystąpienie blokady w którymkolwiek sterowniku powoduje zablokowanie maszyny po jej zahamowaniu (gdy wystąpi blokada).

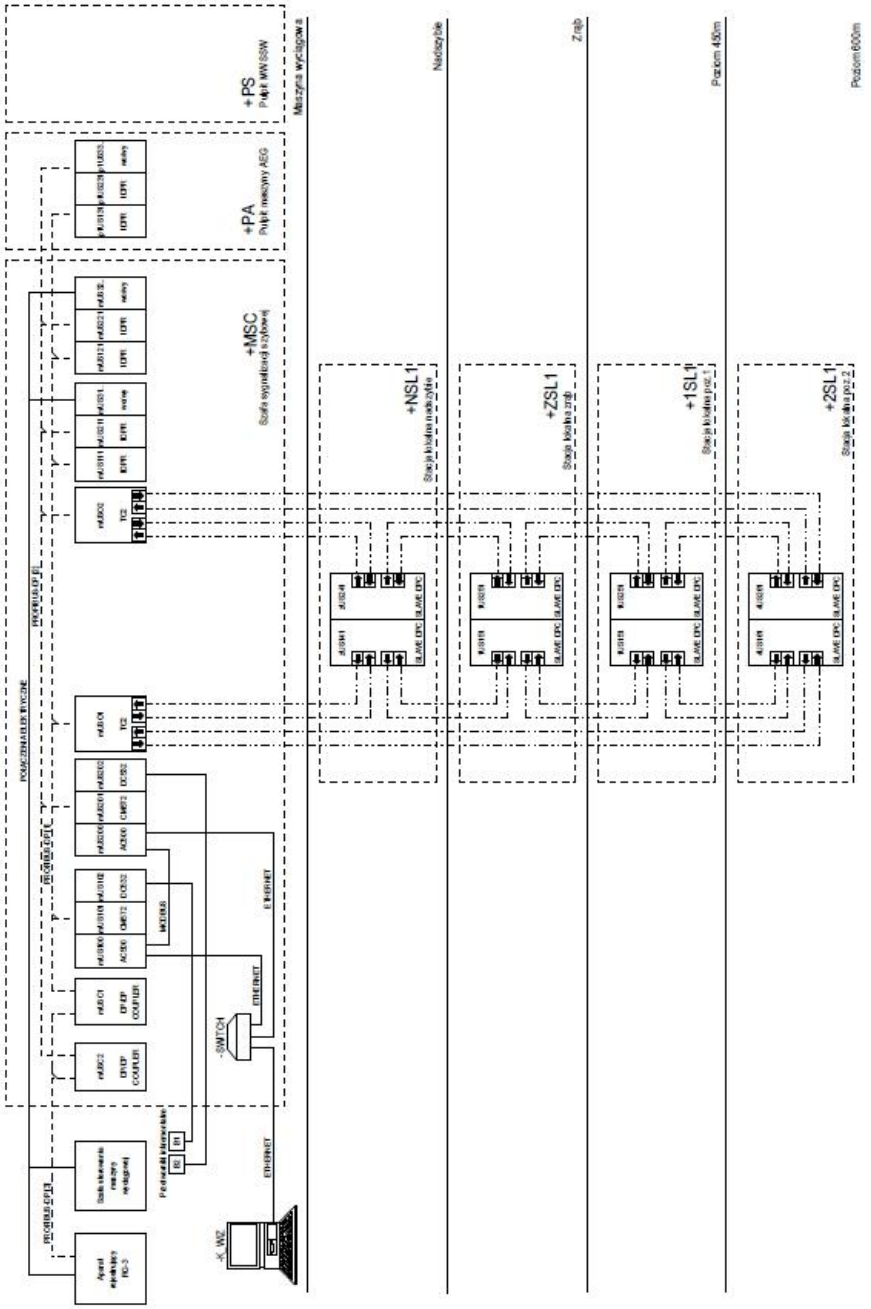
Komunikacja sterowników podstawowego i kontrolnego z systemem wizualizacji odbywa się poprzez magistralę ETHERNET.

Komunikacja pomiędzy sterownikiem podstawowym i kontrolnym odbywa się poprzez magistralę RS-485z protokołem MODBUS.

Sterowniki urządzenia sygnalizacji szybowej (AC500) komunikują się ze zdalnymi modułami ET2000Ex przez pętlę światłowodową określaną jako „redundant ring". Komunikacja pomiędzy sterownikiem podstawowym (master 1 -mUS100), modułami ET2000Ex oraz modułami sieciowymi IDPR odbywa się zgodnie z protokołem PROFIBUS–DP. Komunikacja pomiędzy sterownikiem dodatkowym (master 2 –mUS200), modułami ET2000Ex oraz modułami sieciowymi IDPR odbywa się również zgodnie z protokołem PROFIBUS–DP, przy czym sterownik kontrolny uprawniony jest jedynie do odczytu stanu wejść modułów zdalnych.

W torze komunikacji pomiędzy sterownikami urządzenia sygnalizacji szybowej (jednostki AC500) a zdalnymi modułami ET2000Ex, zastosowano pętlę światłowodową o strukturze określanej jako „redundant ring", co pozwala na nieprzerwaną poprawną pracę urządzenia w przypadku awarii odcinka światłowodu podstawowego lub rezerwowego, umożliwiając podjęcie działań naprawczych przez użytkownika bez przerywania pracy urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.4. Topologia sieci komunikacyjnej współczesnego urządzenia sygnalizacji

W urządzeniu zastosowano następujące protokoły transmisji:

- MODBUS pomiędzy sterownikami PLC,
- PROFIBUS-DP pomiędzy sterownikami PLC a ich modułami zdalnymi,
- PROFIBUS-DP pomiędzy sterownikiem podstawowym sygnalizacji szybowej a aparatem rejestrującym maszyny wyciągowej,
- ETHERNET pomiędzy sterownikami PLC a systemem wizualizacji.

Komunikacja nadzorowana jest zarówno w sterowniku podstawowym, jak i w sterowniku dodatkowym. Wykrywane są zarówno stany utraty transmisji z poszczególnymi jednostkami, jak i zawieszenia komunikacji pomiędzy nimi, utraty danych oraz braku ich odświeżania w wymaganym założonym czasie.

W celu zapewnienia wykrywania wszystkich stanów awaryjnych sterowników, zastosowano układ programowego „watch'doga".

„Watch'dog" programowy zastosowano w celu sprawdzania poprawności przebiegu pętli czasowej, stanów komunikacji oraz stanów diagnostycznych sprzętu.

Przykład 4

Wyciąg szybowy pomocniczy, awaryjno-rewizyjny z maszyną wyciągową typu 1B2015M wybudowany został w 2009 r. w szybie wdechowym o głębokości 1067 m.

Urządzenie sygnalizacji i łączności szybowej zaproponowane przez producenta zakładowi górniczemu było w pierwszej wersji zgodne jedynie z minimalnymi wymaganiami stawianymi wyciągowi awaryjno-rewizyjnemu stawianymi przez obowiązujące przepisy. Iskrobezpieczne wykonanie urządzenia, opartego o sterowniki PLC, umożliwiało jednak znaczne rozbudowanie funkcji użytkowych oraz podniesienie poziomu bezpieczeństwa przy stosunkowo niewielkim wzroście kosztów związanych z jego rozbudową. Wykorzystując doświadczenia nabyte w czasie badań kontrolnych odbiorczych górniczych wyciągów szybowych pomocniczych budowanych w ostatnich latach, pracownicy inspekcyjno-techniczni Urzędu Górniczego do Badań Kontrolnych Urządzeń Energomechanicznych (obecnie: Specjalistyczny Urząd Górniczy) podjęli działania inspirujące służby energomechaniczne zakładu górniczego do wprowadzenia zmian w projekcie urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej. Efektem tego było opracowanie rozwiązania przedstawionego poniżej.

Urządzenie sygnalizacji szybowej umożliwia:

- prowadzenie transportu materiałów i materiałów długich przy zastosowaniu sygnalizacji jednouderzeniowej bezpośredniej,
- prowadzenie rewizji szybu za pomocą urządzenia ECHO-P,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- uprawnienie przez maszynistę wyciągowego stanowiska rewizyjnego na wieży szybowej (rewizja koła linowego) lub na zrębie szybu (rewizja liny nośnej i naczynia),
- zablokowanie maszyny wyciągowej za pomocą łączników blokujących,
- nadawanie sygnałów wykonawczych z uprawnionego stanowiska sygnałowego lub stanowiska rewizyjnego do maszynisty wyciągowego,
- nadawanie sygnałów alarmowych z każdego stanowiska w szybie oraz z naczynia,
- ustne porozumiewanie się maszynisty wyciągowego z obsługą poszczególnych stanowisk sygnałowych oraz obsługi stanowisk między sobą,
- prowadzenie jazdy ewakuacyjnej z wykorzystaniem urządzenia ECHO-P w wypadku prowadzenia tej jazdy do naczynia wyciągu podstawowego zatrzymanego w szybie,
- prowadzenie jazdy ewakuacyjnej z wykorzystaniem sygnalizacji jednouderzeniowej w wypadku prowadzenia tej jazdy z poziomu 960 m lub 1067 m,
- prowadzenie jazdy remontowej członków brygad szybowych do i z poziomów, z wykorzystaniem urządzenia ECHO-P,
- współpracę z układem napędowym, urządzeniami przyszybowymi i wyciągiem podstawowym.



Podstawowymi elementami iskrobezpiecznego urządzenia sygnałowego są dwa sterowniki PLC typu SIMATIC znajdujące się w pomieszczeniu maszyny wyciągowej. W urządzeniu zastosowano sterownik podstawowy i dodatkowy, przetwarzające wszystkie informacje i realizujące program sterujący sygnalizacji szybowej. Ponadto w skład urządzenia sygnalizacji szybowej wchodzą rozproszone stacje ETR2000 w szafie sterowniczej i pulpicie maszynisty oraz iskrobezpieczne sterowniki ET2000Ex na stanowiskach sygnałowych. Komunikacja sterownika podstawowego i dodatkowego z iskrobezpiecznymi sterownikami ET2000Ex odbywa się za pośrednictwem światłowodu. Zasilanie sterowników ET2000Ex odbywa się za pośrednictwem szybowego kabla miedzianego

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

z zasilaczy z wyjściem iskrobezpiecznym, zabudowanych w szafie w pomieszczeniu maszyny wyciągowej.

Sygnalizacja jednouderzeniowa bezpośrednia jest przeznaczona do nadawania dźwiękowych sygnałów wykonawczych z uprawnionych stanowisk sygnałowych bezpośrednio do maszynisty. Uprawnione jest tylko to stanowisko, w którego rejonie znajduje się naczynie wyciągowe lub naczynie wyciągowe z zabudowanym urządzeniem ECHO-P. Rejon obecności naczynia określony jest odpowiednim sygnałem z cyfrowego regulatora jazdy maszyny wyciągowej.

Układy rewizji szybu, sygnalizacji alarmowej, jednouderzeniowej bezpośredniej, blokowania elektrycznego maszyny wyciągowej są analogiczne jak w rozwiązaniach omawianym powyżej. Zastosowane w tym przypadku urządzenie ECHO-P posiada elementy sprzęgające obejmujące liny prowadnicze.

3.6. Jazda ewakuacyjna

Jazda ewakuacyjna z prędkością do 2 m/s, przeznaczona jest do prowadzenia ewakuacji załogi:

- z klatki wyciągu podstawowego, w przypadku jej unieruchomienia w szybie,
- z poziomów.

Przy prowadzeniu jazdy ewakuacyjnej „z urządzeniem ECHO-P", używane jest ruchome stanowisko sygnałowe w naczyniu. Przy prowadzeniu jazdy ewakuacyjnej dezaktywowany jest alarm wywoływany zestykiem przekaźnika kontroli stacji nawrotu lin wyrównawczych wyciągu podstawowego oraz zestykiem przekaźnika alarmu wyciągu podstawowego.

Jazda ewakuacyjna „bez ECHO-P" przeznaczona jest do wykorzystania przy prowadzeniu akcji ewakuacji ludzi z poziomu. Do nadania sygnałów wykonawczych wykorzystuje się wówczas sygnalizację jednouderzeniową bezpośrednią z danego stanowiska sygnałowego (poziom, zrąb). Jest ona uprawniona przy obecności naczynia w rejonie stanowiska sygnałowego.

3.7. Jazda remontowa

W omawianym rozwiązaniu urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej wprowadzono rodzaj pracy „jazda remontowa", który prowadzony jest przy zastosowaniu urządzenia ECHO-P służącego do nadawania sygnałów wykonawczych do maszynisty, przy sterowaniu ręcznym napędu maszyny wyciągowej. Jazda remontowa przeznaczona jest do przejazdu z/do poziomu 960 m oraz 1067 m wyłącznie dla osób wykonujących kontrolę wyciągu szybowego. Prędkość jazdy maszyny przy prowadzeniu jazdy remontowej wynosi do 2 m/s.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Stosowane w tym rodzaju pracy wymagania techniczne są takie same, jak w przypadku realizacji „jazdy osobistej".

W każdym z przedstawionych powyżej urządzeń sygnalizacji i łączności szybowej do łączności lokalnej pomiędzy maszynistą i stanowiskami sygnałowymi oraz pomiędzy nimi służy lokalny układ łączności typu TS lub jego wersja w wykonaniu iskrobezpiecznym ITS.

4. Wnioski

Pomocnicze wyciągi szybowe zbudowane w ostatnich latach połączyły w sobie funkcje i zadania realizowane przez wyciągi awaryjne, rewizyjne i małe wyciągi materiałowe. Stosowane przy budowie urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej wyciągów pomocniczych nowoczesne rozwiązania oparte o technikę cyfrową z zastosowaniem swobodnie programowalnych sterowników PLC oraz urządzeń do bezprzewodowego nadawania sygnałów z naczynia wyciągowego, umożliwiły wprowadzenie rozwiązań zapewniających realizację wymagań technicznych stawianych dotychczas wyciągom z jazdą ludzi. Przedstawione w przykładzie 2 zastosowanie urządzenia do bezprzewodowego nadawania sygnałów z naczynia wyciągowego, potwierdza możliwość jego użycia w wyciągu szybowym jednokońcowym (bez liny wyrównawczej) ze sztywnym prowadzeniem naczyń. Wprowadzenie rodzaju pracy „jazda ewakuacyjna" dla przeprowadzania ewakuacji załogi z naczyń awaryjnie unieruchomionych w szybie lub dla ewakuacji ludzi z wyrobisk, pozwala na wykonanie tych bardzo odpowiedzialnych operacji bez konieczności wykorzystywania rodzaju pracy „rewizja szybu". Umożliwia to zwiększenie do 2 m/s prędkości naczyń w szybie, przez co znacznie skraca się czas ewakuacji. Wprowadzenie wymagań technicznych stawianych „jeździe osobistej" w przedstawionym w przykładzie 4 rodzaju pracy „jazda remontowa" (stosowana dla jazdy brygad szybowych), znacząco podnosi poziom bezpieczeństwa osób wykonujących czynności naprawcze i kontrolne w szybie. Celowym jest przeprowadzenie w zakładach górniczych modernizacji wyciągów pomocniczych z wykorzystaniem rozwiązań i doświadczeń wynikających z przedstawionych przykładów.

Należy podkreślić, iż w trakcie przeprowadzania badań kontrolnych górniczych wyciągów szybowych pracownicy inspekcyjno-techniczni Specjalistycznego Urzędu Górniczego (dawnego UGBKUE) omawiają z przedstawicielami zakładów górniczych zagadnienia techniczne związane z możliwością wprowadzenia zmian w wyciągach szybowych. Niektóre z opisanych wyżej

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

rozwiązań technicznych powstały w wyniku takich inspirujących działań prowadzonych przez pracowników SUG. Na podkreślenie zasługuje dążenie do maksymalnego wykorzystania przez producentów możliwości technicznych, jakie daje stosowanie w budowie urządzeń sygnalizacji szybowej swobodnie programowalnych sterowników logicznych PLC oraz wykorzystanie rozbudowanych aplikacji wizualizacji ich stanów pracy.

W najbliższej przyszłości należy oczekiwać kolejnych rozwiązań technicznych umożliwiających podniesienie poziomu bezpieczeństwa eksploatacji wyciągów szybowych, w tym jednokońcowych wyciągów szybowych realizujących zadania wyciągów pomocniczych, awaryjno-rewizyjnych. Oczekiwane są też nowe rozwiązania urządzeń bezprzewodowej sygnalizacji i łączności szybowej, umożliwiające przekazanie znacznie większej liczby sygnałów z poruszającego się naczynia wyciągowego, w celu zrealizowania optymalnego monitoringu. Przykładem mogą być eksploatowane już systemy łączności szybowej zrealizowane w oparciu o dane pozyskane z wykorzystaniem transmisji w standardzie wi-fi. System taki przekazuje rewidentom m.in. informację o wartości prędkości i położenia naczynia wyciągowego w szybie, transmituje sygnały sterownicze i ich zwrotne potwierdzenie oraz umożliwia bezprzewodową łączność naczynie wyciągowe-stanowisko sterownicze maszyny wyciągowej, jak również cyfrową rejestrację i archiwizację pozyskanych danych.

Dalsze podniesienie poziomu bezpieczeństwa pracowników wykonujących czynności kontrolne z naczyń wyciągowych powinno być uzyskane poprzez użycie w budowie urządzeń sygnalizacji i łączności szybowej m.in. osobistych czujników aktywności, stosowanych przez służby ratownicze (np. straż pożarną), dla monitorowania aktywności życiowej osób pracujących w warunkach zagrożenia. Ich działanie nie powinno stanowić dodatkowego utrudnienia dla pracownika, natomiast winno zapewnić maksymalnie szybkie powiadomienie innych o powstałej sytuacji awaryjnej. Mógłby to być swego rodzaju „ergonomiczny czuwak", dający osobie przebywającej w naczyniu wyciągowym pewność, iż np. w przypadku jej zasłabnięcia bądź zranienia, pomoc nadejdzie szybko.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Literatura

1. Wojtowicz Wł., Zygmunt A.: Dekapitalizacja techniczna elementów wyciągów szybowych zagrożeniem bezpieczeństwa pracy. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Transport Szybowy 96, Gliwice 8-10 październik 1996 r.
2. Kiercz M., Krajczok J., Szczygieł M.: Zmiany w górniczych wyciągach szybowych będące w latach 2004-2007 przedmiotem badań kontrolnych odbiorczych UGBKUE. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Transport Linowy", Szczyrk 17-19.09.2007.
3. Cholewa J., Hałupczok P., Małecki J., Oleksy A.: Ocena maszyn wyciągowych na podstawie ich wyposażenia i zastosowanych rozwiązań technicznych. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Transport Linowy", Szczyrk 17-19.09.2007.
4. Hansel J., Koczwara J., Krajczok J., Zygmunt A.: Monografia pod redakcją J. Hansel pt. Metodyka kształtowania bezpieczeństwa transportu pionowego w polskich zakładach górniczych – rozdział 5. – Syntetyczna ocena poziomu technicznego i określenie kierunków modernizacji górniczych wyciągów szybowych eksploatowanych w Polsce. Zeszyty Naukowo-Techniczne AGH-KTL, Zeszyt 40.
5. Loska G., Musiał Z.: Wybrane zagadnienia bezpiecznego stosowania maszyn i urządzeń w zakładach górniczych. Konferencja „Problemy Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia w Polskim Górnictwie", Mysłowice 27-28.03.2008.
6. Krajczok J., Szczygieł M.: Zmiany w górniczych wyciągach szybowych w latach 2004-2007. Konferencja „Problemy Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia w Polskim Górnictwie", Mysłowice 27-28.03.2008.
7. Hansel J.: Niezawodność i bezpieczeństwo systemów maszynowych transportu pionowego – wyniki wybranych prac naukowych Katedry Transportu

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Linowego AGH. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Transport Linowy”, Szczyrk 17-19.09.2007.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Propozycje nowych metod wyznaczania obciążeń i naprężeń w elementach nośnych naczynia i zbrojenia w aspekcie poprawy bezpieczeństwa eksploatacji górniczych wyciągów szybowych

Stanisław Wolny – Akademia Górniczo-Hutnicza, **Zbigniew Łowkis** – KGHM Polska Miedź ZG „Rudna"

1. Wstęp

Stosowane obecnie w praktyce projektowej naczyń wydobywczych, metody wymiarowania ich elementów konstrukcyjnych – głównie nośnych – nie pozwalają na prognozowanie bezpiecznego okresu ich eksploatacji, a jedynie na określenie współczynnika bezpieczeństwa odniesionego do obciążeń statycznych.

Rozwiązania tego problemu, polegającego na opracowaniu zweryfikowanych zależności, niezbędnych do określenia trwałości zmęczeniowej elementów konstrukcyjnych naczynia wydobywczego jako funkcji czasu ich eksploatacji oraz rodzaju urządzenia wyciągowego, wymaga określenia wartości wszystkich obciążeń działających na konstrukcję naczynia, jako funkcji czasu w warunkach normalnej eksploatacji układu.

W opracowaniu, bazując na pracach naukowo–badawczych wykonanych w katedrze Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji AGH w Krakowie, zestawiono wzory analityczne zweryfikowane eksperymentem na obiekcie rzeczywistym, z pomocą których wyznaczyć można:

- maksymalne wartości obciążeń w zawieszeniach naczynia i lin nośnych dla przypadku rozruchu pełnego naczynia z dolnego poziomu załadowczego,
- maksymalne wartości obciążeń w zawieszeniach naczynia i lin nośnych dla przypadku hamowania pełnego naczynia dojeżdżającego do nadszybia,
- obciążeń w układzie prowadzenia (głowica skipu - zbrojenie szybu, rama dolna skipu – zbrojenie szybu) w czasie jazdy skipu z prędkością ustaloną V_0.

W opracowaniu ograniczono się do podania zależności analitycznych, niezbędnych do wyznaczenia sił wzajemnego oddziaływania naczynia i zbrojenia szybu.

Wyznaczone zależności pozwoliły między innymi na wykonanie analizy wytrzymałościowej:

- kół pędnych [5],
- naczyń wydobywczych [4].

Wykonana analiza wytrzymałościowa, może stanowić podstawy przeprowadzenia optymalizacji parametrów (np. masy, trwałości zmęczeniowej) konstrukcji urządzenia wyciągowego.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

2. Obciążenie w układzie naczynia wydobywcze – zbrojenie szybu

Interesującą funkcją ze względu na użyteczność projektową, jest obciążenie kinematyczne w układzie prowadzenia, tj. siła wzajemnego oddziaływania między zbrojeniem szybu a głowicą skipu lub zbrojenia szybu, a ramą dolną skipu.

Dla przypadku wzajemnego oddziaływania w układzie zbrojenia szybu głowica skipu, gęstość widmowa sił przybiera postać [3, 5]:

$$S_{Q_1(\omega)} = |W_1|^2 \cdot S_{x_1(\omega)} \tag{1}$$

gdzie:

$S_{x_1(\omega)}$ — gęstość widmowa nierówności ciągów prowadniczych urządzenia wyciągowego odniesiona do głowicy skipu [3].

$$W_1 = \frac{2k\left[m_A \cdot m_g (i\omega)^4 + (m_A + m_g) k_g (i\omega)^2\right]}{m_A m_g (i\omega)^4 + \left[m_g k_g + m_A (2k + k_g)\right](i\omega)^2 + 2k \cdot k_g} \tag{2}$$

$$m_A = \frac{J + mb_2^2}{l^2},$$

m — masa kosza skipu wraz z urobkiem,

J — moment bezwładności kosza skipu wraz z urobkiem względem środka masy,

m_g — masa głowicy skipu,

k_g — współczynnik sprężystości poprzecznej cięgien łączących głowicę z koszem skipu,

b_2 — odległość od środka masy skipu prowadnic dolnych,

l — odległość między prowadnicami czołowymi górnymi i dolnymi,

k — współczynnik sprężystości prowadnic czołowych.

Natomiast wariancja sił wzajemnego oddziaływania zbrojenia szybu i głowicy skipu przyjmuje postać:

$$\sigma_{S_{\theta_1(\omega)}} = \int_{-\infty}^{\infty} |W_1|^2 S_{x1}(\omega) d\omega \tag{3}$$

Ponadto gęstość widmowa sił wzajemnego oddziaływania między zbrojeniem szybu a ramą dolną określa zależność [3]:

$$S_{Q_2(\omega)} = |W_2|^2 \cdot S_{x_2}(\omega) \tag{4}$$

gdzie:

$S_{x_2(\omega)}$ — gęstość widmowa nierówności ciągów prowadniczych urządzenia wyciągowego odniesiona do ramy dolnej [4].

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

$$W_2 = \frac{2k\left[m_B \cdot m_d (i\omega)^4 + (m_B + m_d) k_g (i\omega)^2\right]}{m_B m_d (i\omega)^4 + \left[m_d k_d + m_B (2k + k_d)\right](i\omega)^2 + 2k \cdot k_d} e^{i\omega\tau} \tag{5}$$

$$m_B = \frac{J + mb_1^2}{l^2},$$

m_d — masa ramy dolnej,

k_d — współczynnik sprężystości poprzecznej cięgien łączących ramę dolną z koszem skipu,

b_1 — odległość od środka masy skipu prowadnic górnych,

τ — czas przejazdu przez naczynie drogi równej odległości między prowadnicami czołowymi (na głowicy i ramie dolnej).

Wariancja sił wzajemnego oddziaływania zbrojenia szybu i ramy dolnej skipu przyjmuje postać:

$$\sigma_{S_{\theta_1(\omega)}} = \int_{-\infty}^{\infty} |W_2|^2 S_{x2}(\omega) d\omega \tag{6}$$

3. Analiza naprężeń w elementach konstrukcyjnych koła pędnego górniczego urządzenia wyciągowego

Celem podjętej analizy wytrzymałościowej elementów konstrukcyjnych koła pędnego urządzenia wyciągowego, było uzyskanie pełnej informacji o stanie naprężeń jaki powstaje w jego elementach składowych, pod wpływem obciążeń eksploatacyjnych i znajomość ekstremalnych wartości składowych stanu naprężenia w elemencie, co jest podstawą do oceny jego wytrzymałości oraz trwałości (dopuszczalnego okresu eksploatacji).

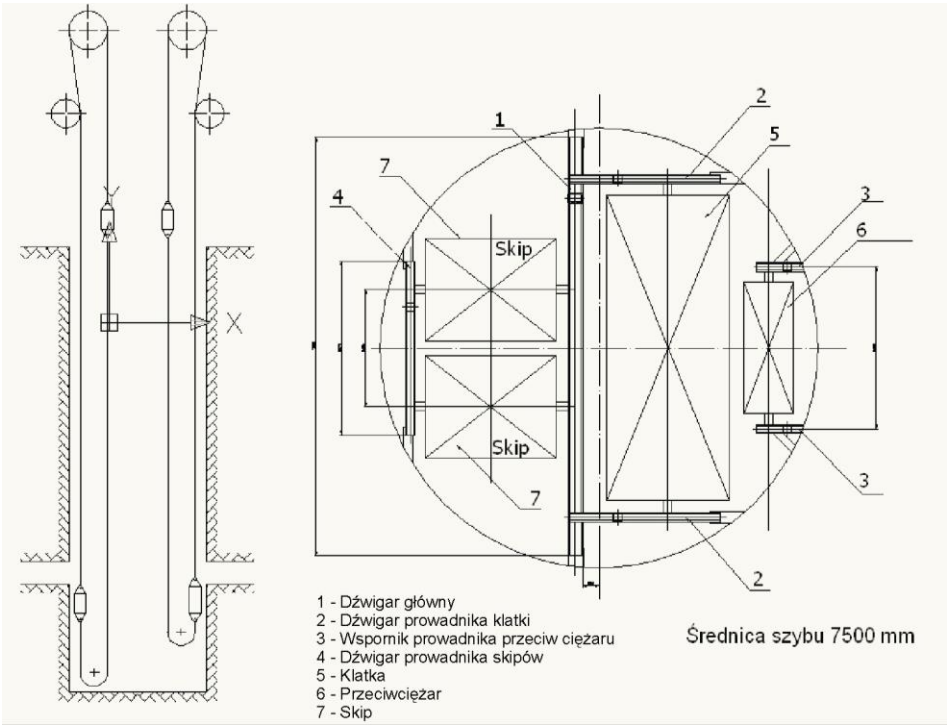
W związku z powyższym postanowiono wykonać analizę wytrzymałościową elementów składowych koła pędnego, przy wykorzystaniu numerycznych metod analizy konstrukcji. Wszystkie niezbędne obliczenia wykonano metodą elementów skończonych. Modele zostały wykonane przy użyciu programu „FEMAP", a analizę przeprowadzono z wykorzystaniem pakietu „NE i /Nastran for Windows".

Uzyskane rezultaty analizy wytrzymałościowej (numerycznej) zweryfikowano pomiarami odkształceń (naprężeń) na obiekcie rzeczywistym, w warunkach normalnej eksploatacji.

Odkształcenia (naprężenia) mierzono w najbardziej wytężonych punktach konstrukcji, wytypowanych na podstawie wyników analizy numerycznej.

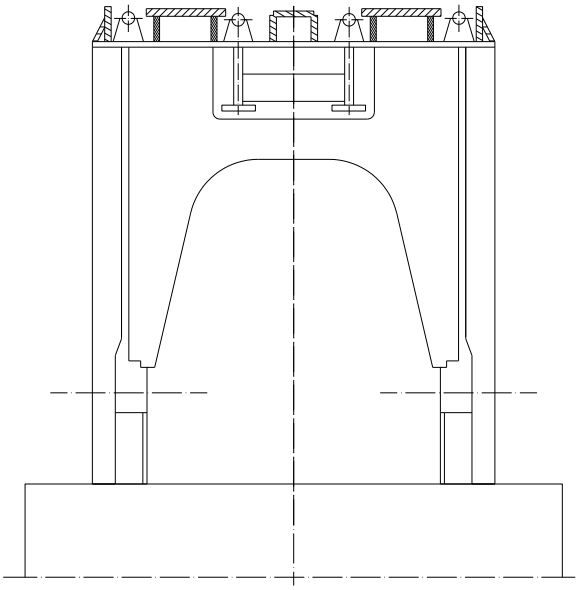
Numerycznej analizie wytrzymałościowej poddano koło pędne urządzenia wyciągowego którego schemat przedstawiono na rysunku 1.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.1. Schemat urządzenia wyciągowego

Natomiast schemat konstrukcji koła pędnego przedstawiono na rysunku 2.

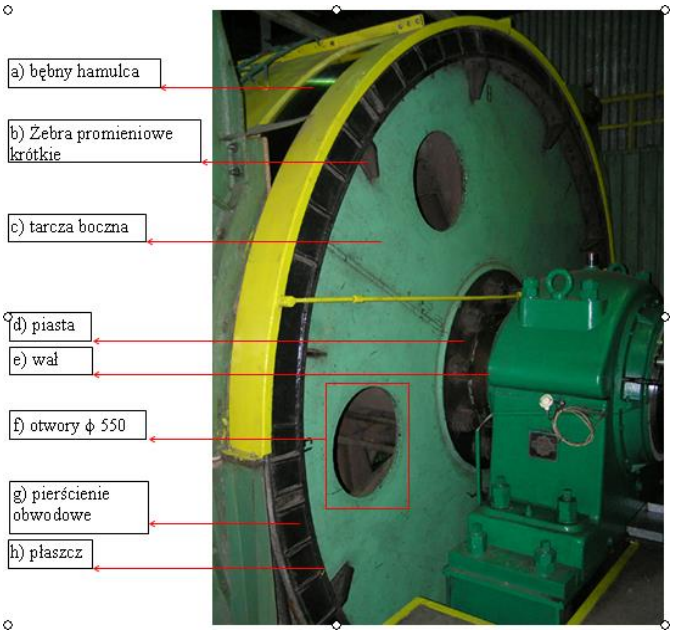


Rys.2. Schemat konstrukcji koła pędnego

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

W konstrukcji koła pędnego można wyróżnić podstawowe elementy nośne (rysunek nr 3):

a) żebra promieniowe krótkie,
b) tarcza boczna,
c) piasta,
d) wał,
e) pierścienie obwodowe,
f) płaszcz.



Rys.3. Konstrukcja bębna pędnego

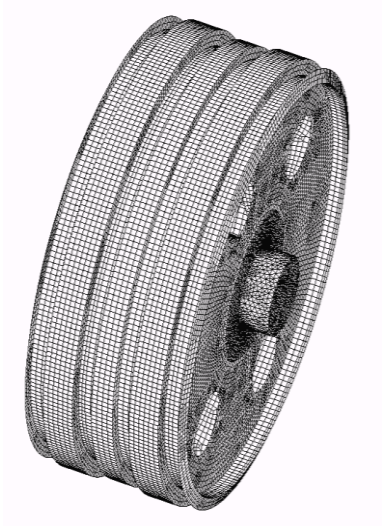
Koło pędne urządzenia wyciągowego jest konstrukcją spawaną wykonaną w całości ze stali St3S.

Obciążenie konstrukcji koła pędnego stanowiły siły w linach nośnych w miejscu ich wejścia i zejścia z koła pędnego, dla normalnego cyklu pracy urządzenia, uzyskane w wyniku przeprowadzonej analizy dynamicznej [3], zweryfikowanej pomiarami sił na obiekcie rzeczywistym [4]. Model numeryczny (rysunek 4) został wykonany przy użyciu programu „Femap", a analizę przeprowadzono z wykorzystaniem pakietu „NEiNastran for Windows". Do wykonania modelu numerycznego zostały użyte elementy typu płaskiego i bryłowego.

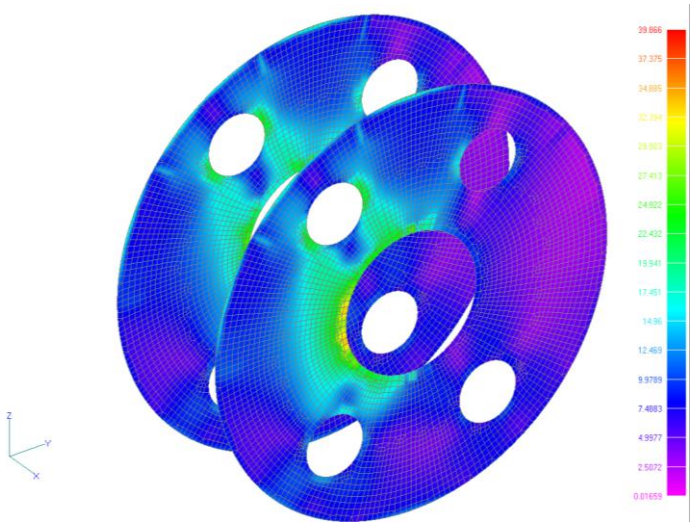
Wyniki przeprowadzonej numerycznej analizy stanu naprężenia zamieszczono w pracy [5]. Natomiast w tym opracowaniu, ograniczono się do podania – w formie graficznej – rozkładu naprężeń w tarczach bocznych (rysunek 5),

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ponieważ analiza numeryczna wykazała w obszarach tego elementu najwyższy poziom naprężeń (około 30 MPa), a ponadto w wybranych punktach tarczy zmierzono odkształcenia (naprężenia) w warunkach normalnej eksploatacji układu.



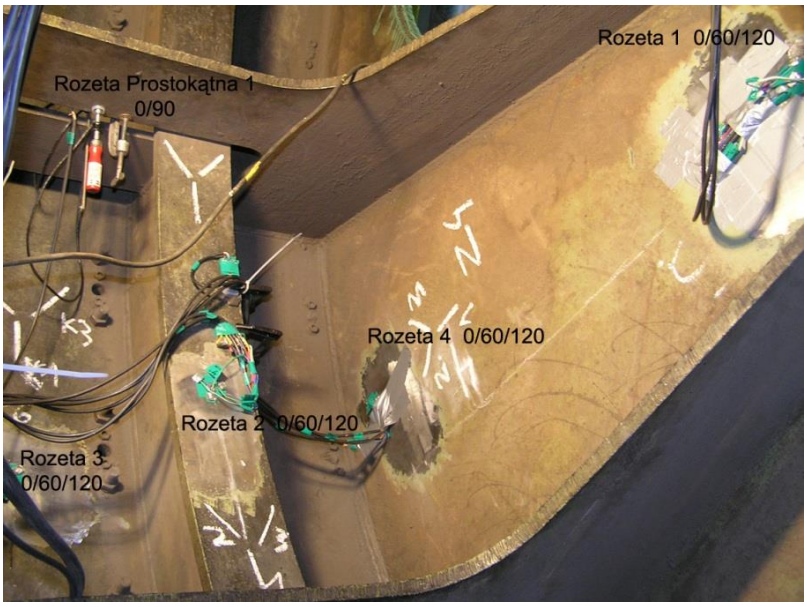
Rys.4. Model numeryczny koła pędnego



Rys.5. Rozkład naprężeń zredukowanych σ_z na tarczach bocznych

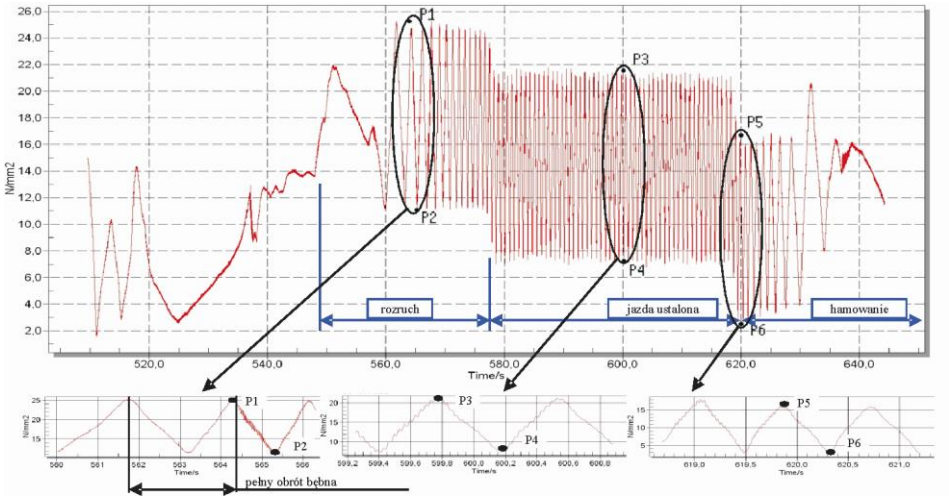
Stan odkształcenia (naprężenia) w najbardziej wytężonych punktach elementów konstrukcji koła pędnego wytypowanych w wyniku wykonanej analizy numerycznej zweryfikowano pomiarami na obiekcie rzeczywistym. Przykładowo rozmieszczenie czujników tensometrycznych (pomiarowych) wewnątrz konstrukcji koła pędnego pokazano na rysunku 6.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.6. Rozmieszczenie czujników tensometrycznych
wewnątrz konstrukcji koła pędnego (zdjęcie)

Przykładowo na rysunku 7 przedstawiono określoną na podstawie pomiarów zmianę naprężenia zredukowanego w czasie normalnego cyklu pracy urządzenia wyciągowego, zarejestrowanego przez rozetę tensometryczną R1 (rys. 6).



Rys.7. Wykres naprężeń zredukowanych σ_z dla przypadku podnoszenia
pełnego naczynia z podszybia (Rozeta tensometryczna R1)

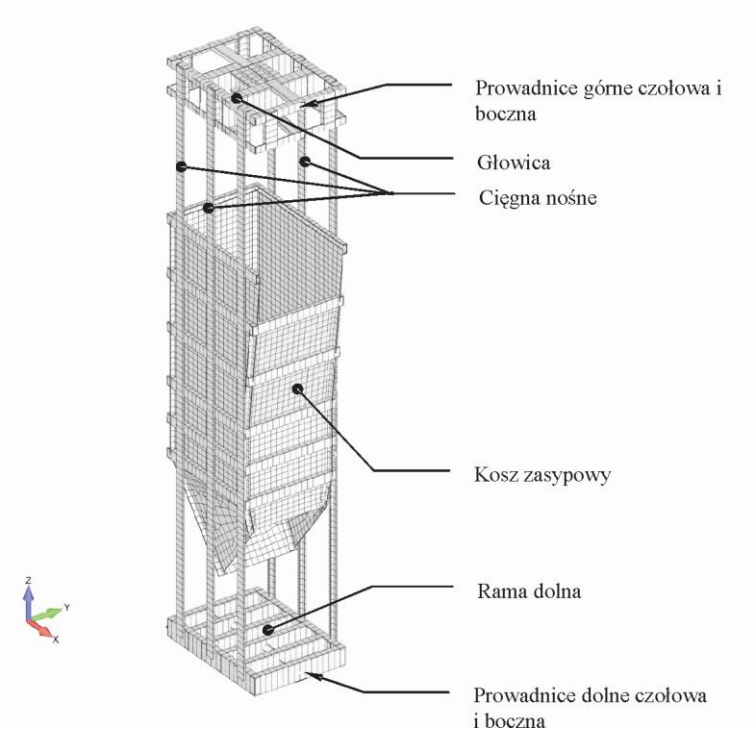
Wyniki przeprowadzonych analiz numerycznych, korespondują z wynikami przeprowadzonych pomiarów weryfikacyjnych [1], co z jednej strony pot-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wierdza słuszność poczynionych założeń na etapie numerycznej analizy wytrzymałościowej, a z drugiej pozwala uznać jej wyniki za wiarygodne.

4. Analiza naprężeń w elementach konstrukcyjnych górniczego urządzenia wyciągowego

Analizie wytrzymałościowej poddano numeryczny model naczynia wydobywczego (MES 3D) (rys. 8) opracowany na podstawie dokumentacji rzeczywistego obiektu, pracującego w urządzeniu wyciągowym którego schemat pokazano na rysunku 1.



Rys.8. Główne elementy konstrukcji skipu wyodrębnione w modelu MES

Opracowany model numeryczny naczynia wydobywczego to model belkowo – powierzchniowy w którym wyróżniono następujące elementy (rys. 8):

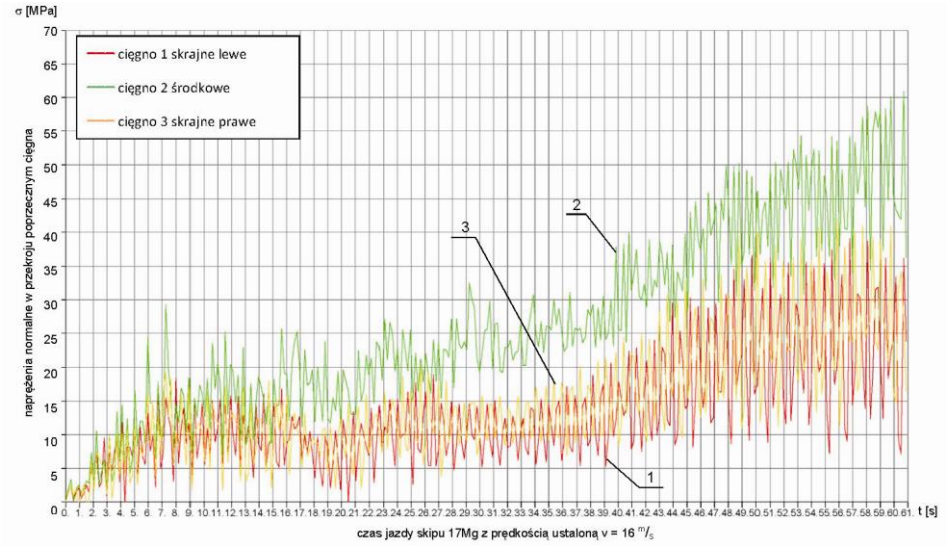
- głowicę, do modelowania której użyto elementów belkowych,
- kosz zasypowy zamodelowany przy użyciu elementów belkowych (rama kosza) i powierzchniowych (poszycie kosza),
- ramę dolną, zamodelowano podobnie jak głowicę elementami belkowymi,
- cięgna nośne, łączące wszystkie trzy elementy konstrukcji, zamodelowane jako belki,
- prowadnice czołowe i boczne jako elementy sprężysto–tłumiące.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Analizę wytrzymałościową przeprowadzono przy założeniu, że obciążenie konstrukcji naczynia stanowią siły pionowe przenoszone przez zawieszenie naczynia i lin nośnych [2, 3] oraz siły wzajemnego oddziaływania naczynia i zbrojenia, przenoszone na konstrukcję przez elementy prowadzenia, wygenerowane przez nierówności ciągów prowadniczych (patrz punkt 2).

Wyniki numerycznej analizy wytrzymałościowej, pozwoliły na określenie stanu naprężenia w elementach konstrukcyjnych naczynia wydobywczego, w normalnym cyklu eksploatacyjnym. Przykładowo na rysunku 9 przedstawiono wykresy przebiegu zmienności naprężeń w przekrojach poprzecznych cięgien nośnych w miejscu ich łączenia z głowicą, dla prędkości jazdy ustalonej V = 16 m/s, podczas podnoszenia pełnego naczynia z dolnego poziomu załadowczego. Należy podkreślić, że cięgna nośne są najbardziej wytężonym elementem konstrukcyjnym naczynia wydobywczego.

Wyniki analizy wytrzymałościowej zostały zweryfikowane eksperymentem na obiekcie rzeczywistym, poprzez pomiar naprężeń w wybranych punktach elementów nośnych konstrukcji naczynia wydobywczego, w tym również w cięgnach nośnych. Wyniki eksperymentu korespondują z wynikami analiz dynamicznych i wytrzymałościowych [2].



Rys.9. Wykres zmienności naprężeń w przekrojach poprzecznych cięgien nośnych w miejscu ich łączenia z głowicą

5. Podsumowanie

Wykonana analiza dynamiczna pracy urządzenia wyciągowego w warunkach normalnej eksploatacji (jazdy z ustaloną prędkością V = const), przy modelu są losowe nierówności cięgów prowadniczych, oraz pomiary weryfikujące

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

na obiekcie rzeczywistym, pozwoliła na wyznaczenie gęstości widmowych sił wzajemnego oddziaływania głowicy skipu i zbrojenia szybowego oraz ramy dolnej i zbrojenia szybu.

Wyniki numerycznej analizy wytrzymałościowej dwóch podstawowych konstrukcji urządzenia wyciągowego (koła pędnego, naczynia wydobywczego), wykonanej w warunkach normalnej eksploatacji układu z uwzględnieniem sił poziomych (wzajemnego oddziaływania naczynia i zbrojenia) wyznaczonych na podstawie przeprowadzonych analiz [1, 5], wyników eksperymentów na obiekcie rzeczywistym [2, 4, 5] pozwalają na wytypowanie obszarów najbardziej wytężonych analizowanych konstrukcji.

Wyprowadzone – jako wynik analizy dynamicznej – zależności w postaci analitycznej i geometrycznej interpretacji wzory na siły wzajemnego oddziaływania naczynia i zbrojenia oraz stanu naprężenia w elementach nośnych analizowanych konstrukcji, mogą być podstawą do prognozowania okresu ich bezpiecznej eksploatacji.

Literatura

1. Badura S.: Opracowanie kryteriów projektowania kół pędnych urządzeń wyciągowych. Praca doktorska. AGH. Kraków, 2008.
2. Matachowski F.: Opracowanie kryteriów projektowania wybranych elementów nośnych naczynia wydobywczego. Praca doktorska. AGH, Kraków, 2011.
3. Wolny S., Matachowski F.: Analysis of loads and stresses in structural elements of installations in mines. Engineering Transactions. 58, 3 – 4, 153 – 174, 2010.
4. Wolny S., Badura S.: Stress analysis in structural compents of the koepe pulley in hoisting installations. Engineering Transactions. 60 – 2, 155 -170, 2012.
5. Wolny S.: Dynamic Loading of Conveyances in Normal Operating Conditions. Archives of Mining Sciences. Vol. 56 (2011), No 4 p. 665-682.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ROZDZIAŁ 4

KIERUNKI ROZWOJU GÓRNICZYCH SYSTEMÓW MECHANIZACYJNYCH I TRANSPORTOWYCH

Zautomatyzowany kompleks ścianowy w KWK „Pniówek" – wyposażenie, automatyzacja, wizualizacja – wybrane zagadnienia

Bartosz Bukowiecki, Marek Sobieraj, Ryszard Hylla – Fabryka Maszyn i Urządzeń TAGOR S.A

1. Wprowadzenie

W kwietniu 2012 roku w podziemiach KWK „Pniówek" został zainstalowany kompleks ścianowy przystosowany do automatyzacji procesu eksploatacji wyrobiska ścianowego. Występujące zagrożenia oraz trudne warunki geologiczno-górnicze, wymusiły konieczność opracowania innowatorskiego systemu sterowania urządzeniami kompleksu, które jednocześnie zapewniałyby wysoki poziom bezpieczeństwa pracy oraz gwarantowałyby uzyskanie zakładanych wyników produkcyjnych. Głównym założeniem wdrożonego kompleksu ścianowego, było w znaczący sposób ograniczenie konieczności obecności załogi w wyrobisku ścianowym i poprawienie efektywności dotychczasowej produkcji poprzez zwiększenie wydobycia dobowego.

Zastosowane rozwiązania techniczne współpracujących maszyn i urządzeń opracowane zostały w zakładach wchodzących w skład grupy kapitałowej KOPEX S.A.: Fabryki Maszyn i Urządzeń TAGOR S.A., Rybnickiej Fabryki Maszyn RYFAMA S.A., Zabrzańskich Zakładów Mechanicznych S.A. i Kopex Electric Systems S.A.

2. Charakterystyka kompleksu

Kompleks ścianowy zainstalowany jest w wyrobisku ścianowym C1 na poziomie 1000 m prowadzonym w pokładzie 404/1 o wysokości ściany około 1,45 m. Eksploatowana ściana prowadzona jest w najwyższej, IV kategorii zagrożenia metanowego, w partii zaliczonej do zagrożonych wyrzutami gazów i skał. Sposób urabiania calizny węglowej odbywa się w systemie dwukierunkowego urabiania. Kompleks przystosowany jest do pracy w pokładach zagrożonych i niezagrożonych tąpaniami o nachyleniu podłużnym do 12^0, i poprzecznym do $\pm 15^0$.

Komplet obudowy zmechanizowanej składa się z sekcji liniowych typu TAGOR-11/26-POz oraz sekcji skrajnych typu TAGOR-11/26-POz/S. Liniowe sekcje obudowy posiadają sztywną stropnicę i pracują w systemie „z krokiem wstecz" tzn. w pozycji wyjściowej do skrawu są odsunięte od przenośnika ścianowego. Sekcje skrajne obudowy posiadają stropnice wychylno-wysuwne i w pozycji wyjściowej do skrawu są dosunięte do przenośnika. Pracują w systemie „bez kroku wstecz". Wszystkie sekcje obudowy charakteryzują się podziałką wynoszącą 1,5 m. Komplet obudowy składa się ze 163 szt. sekcji liniowych i 4 szt. sekcji skrajnych, zlokalizowanych na końcach wyrobiska [2].

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Przenośnik ścianowy zgrzebłowy RYBNIK 850, charakteryzuje się walcowanym profilem trasy o wysokości 260 mm. Napęd główny przenośnika wyposażony jest w dwa silniki elektryczne o mocy 315 kW usytuowane prostopadle do trasy. Wysyp na napędzie głównym jest czołowy (prosty). Na napędzie zwrotnym zainstalowany jest silnik w układzie równoległym. Przenośnik wyposażony jest w łańcuch typoszeregu 34 x 126.

Zainstalowany kombajn ścianowy KSW-460NE1 jest kombajnem wąskoramionowym z elektrycznym napędem posuwu. Maksymalna zainstalowana moc wynosi 603 kW. Silniki napędu organów urabiających posiadają moc 2 x 250 kW, napęd posuwu 2 x 45 kW, natomiast napęd hydrauliki 13 kW. Średnica organów urabiających wynosi ϕ1400 mm realizujących zabiór wynoszący 800 mm. Układ zasilania silników posuwu z falownika umożliwia pracę ze zwrotem energii do sieci zasilającej. Zabudowany w kombajnie system wizualizacji umożliwia odczyt niezbędnych informacji o pracy kombajnu, zapewniając pełną diagnostykę. Kombajn jest wyposażony w układ centralnego smarowania, zapewniający ciągłe smarowanie we wszystkich głównych węzłach par kinematycznych. Dodatkowo kombajn wyposażony jest w tzw. pamięć skrawu współpracującą z nadrzędnym systemem sterowania. Oprócz wyżej wymienionych maszyn i urządzeń zainstalowanych w wyrobisku ścianowym, wyposażenie kompleksu obejmuje również urządzenia do odstawy i kruszenia urobku, urządzenia zasilające oraz szereg elementów sterujących i nadzorujących poprawność przebiegu zadanych parametrów. Poniżej przedstawiono spis pozostałych urządzeń będących integralną częścią systemu:

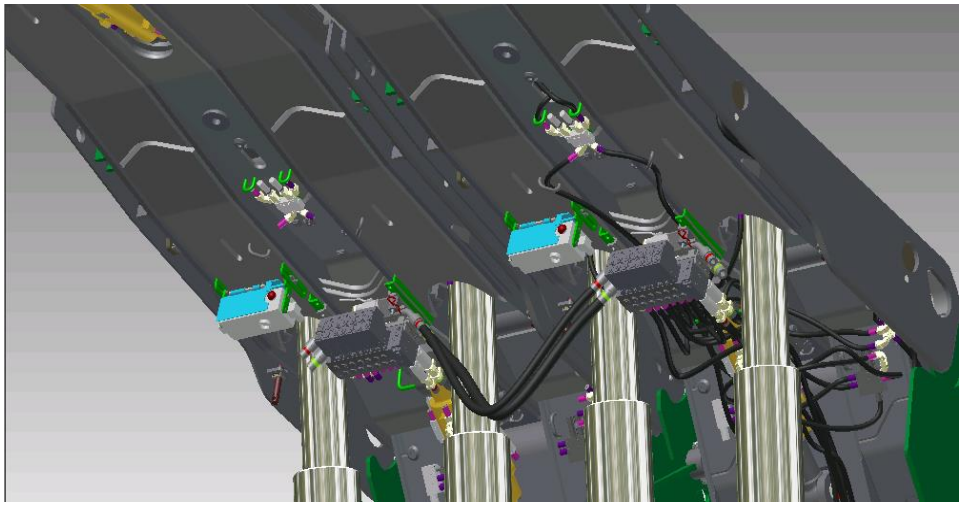
- przenośnik podścianowy GROT-850,
- kruszarka SCORPION-1800P,
- aparatura elektryczna zasilająca kompleks (stacje transformatorowe, zespoły transformatorowe, stacje kompaktowe),
- stacje pomp wodnych i ciśnieniowych,
- system głośnomówiący, blokad i sygnalizacji SSG-2.
- zintegrowane stanowisko sterowania i wizualizacji – IPC.

3. Hydrauliczny układ sterowania sekcji obudowy zmechanizowanej

Sekcje obudowy zmechanizowanej wyposażone są w układ ze sterowaniem elektro-hydraulicznym. Sterowanie elementami wykonawczymi sekcji odbywa się poprzez wykorzystanie 14-stu funkcji. Głównymi elementami systemu sterowania są sterownik ASG, który nadzoruje pracę sekcji i przetwarza sygnały pochodzące z czujników rozmieszczonych w elementach hydrauliki siłowej oraz rozdzielacz wykonawczy, który bezpośrednio realizuje proces sterowania elektrozaworami. W tylnej części sterownika umieszczone są gniazda wejściowe do przyłączenia przewodów łączących sterownik z czujnikami umiesz-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

czonymi w składowych elementach sekcji i gniazda wyjściowe do przesyłania sygnału odbieranego przez elektrozawory. Sterownik wyposażony jest też w gniazda podłączeniowe magistrali SKK28, która łączy ze sobą sterowniki znajdujące się w sąsiednich sekcjach.



Rys.1.Usytuowanie głównych elementów układu hydraulicznego

Cechą układu hydraulicznego jest to, że zastosowano w nim czujniki pomiarowe ciśnienia na każdym ze stojaków hydraulicznych. W sekcjach skrajnych obudowy wyposażonej w zespół stropnic wychylno-wysuwnych został umieszczony czujnik zbliżeniowy monitorujący stan wysunięcia stropnicy. Pozostałe czujniki są elementami służącymi do pomiaru wysuwu tłoczyska siłownika wykonywanego z określoną rozdzielczością. Czujniki zainstalowane są w siłowniku osłony czoła ściany, siłowniku stropnicy wychylnej i przesuwniku sekcji. W potocznie używanym określeniu nazewnictwo dla wyżej wymienionych czujników funkcjonuje jako czujnik pomiaru drogi. Poniżej na rysunkach 2 - 5 przedstawiono elementy pomiarowe i wykonawcze układu sterującego.

3.1. Czujnik pomiaru drogi

Sposób działania czujnika polega na zasadzie liniowo zmiennego rezystora, tzn. przesuwany jest suwak po ścieżce rezystywnej. Jeżeli do przetwornika podłączone jest napięcie, to na wyjściu suwaka napięcie jest wprost proporcjonalne do jego pozycji na ścieżce rezystywnej. Pomiar drogi odbywa się za pomocą pręta oraz umieszczonego na nim ruchomego czujnika magnetycznego. Odległość przesunięcia magnesu względem drążka przetwarzana jest proporcjonalnie na napięcie z zakresu 0,5 - 4,5 V DC. Drążek zamontowany w siłowniku hydraulicznym jest wykorzystany do mierzenia wartości wysunięcia tłoczyska względem cylindra.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.2. Czujnik pomiaru drogi [1]

3.2. Czujnik ciśnienia

Czujniki piezorezystancyjne umożliwiają pomiar wykorzystując efekt zmiany rezystancji materiału pod wpływem działającego ciśnienia. Główną jego część stanowi membrana wytrawiona w krzemie. Bezobsługowy, iskrobezpieczny czujnik ciśnienia zamienia wartość ciśnienia hydraulicznego na proporcjonalne napięcie elektryczne. Sygnał ten rejestrowany jest przez jednostkę sterującą ASG.



Rys.3. Czujnik ciśnienia [1]

3.3. Czujnik zbliżeniowy

Czujniki indukcyjne zbliżeniowe w iskrobezpiecznym obwodzie prądu służą jako monostabilne styki sterujące. Czujniki te działają nie tylko z materiałami metalowymi, lecz także poprzez materiały niemetalowe takie jak: szkło, żywica syntetyczna czy guma. Występujące w wyrobisku ścianowym warunki wilgoci, zapylenia oraz kontakt ze środkami smarnymi nie wykluczają możliwości poprawnego działania czujnika. Elementy te wyposażone są w podwójny wlot wraz z iskrobezpiecznym wyjściem do komunikacji ze sterownikiem i urządzeniami kontrolnymi.



Rys.4. Czujnik zbliżeniowy [1]

3.4. Zawór elektromagnetyczny

Zadaniem zaworu jest sterowanie przepływem medium hydraulicznego będącego pod wysokim ciśnieniem i kierowania go do odbiorników hydraulicznych. Otwarcie lub zamknięcie zaworu realizowane jest poprzez impuls elek-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

tryczny wysyłany przez sterownik ASG. Połączenie pomiędzy sterownikiem, a zaworem realizowane jest za pomocą kabla czterożyłowego. Zawór posiada możliwość pracy w systemie awaryjnym, w przypadku kiedy uległby uszkodzeniu sterujący obwód elektryczny. W takiej sytuacji sterowanie zaworem prowadzone jest manualnie.



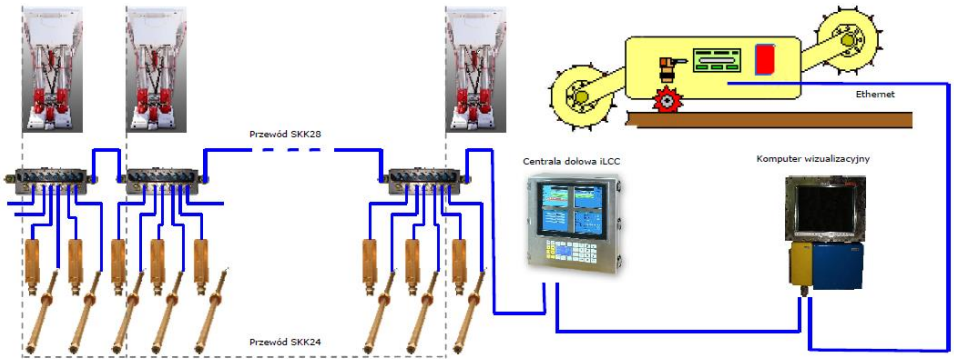
Rys.5. Zawór elektromagnetyczny [1]

Sterowanie bezpośrednie (manualne) nie może być wykorzystywane podczas standardowego przebiegu procesu technologicznego, lecz tylko w sytuacjach awaryjnych.

4. Automatyzacja i wizualizacja – opis systemu

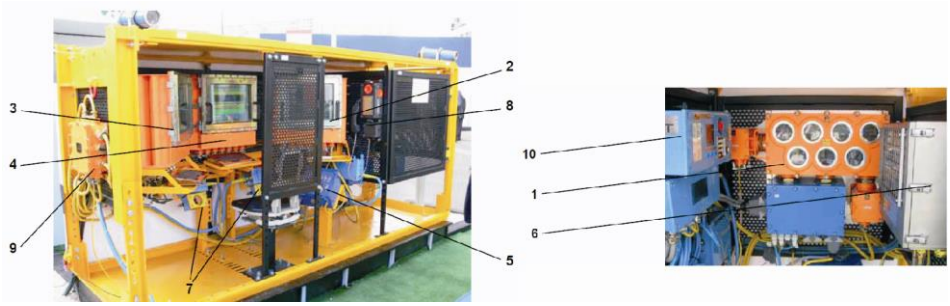
Przebieg procesu sterowania kompletem obudowy realizowany jest za pomocą hydraulicznych i elektrycznych elementów wykonawczych firmy Tiefenbach. Informacja o tym jakie funkcje ruchowe powinny być realizowane w danej chwili czasowej przez sekcję obudowy, kierowana jest poprzez wykonawcze elementy układu sterowania z centralnego urządzenia sterującego. Nadzór oraz korekty przebiegu procesu, zadawane i kontrolowane są bezpośrednio ze stanowiska kabiny operatora systemu IPC. Centrala stale monitoruje status urządzeń w ścianie oraz pozycję i kierunek ruchu kombajnu, co pozwala na kontrolę pracy systemu. Odpowiednio skonfigurowany system pozwala na automatyczną pracę sekcji zależną od pozycji kombajnu w ścianie np. automatyczne kroczenie sekcji, przekładkę i korekcję trasy przenośnika ścianowego. Funkcje mogą być realizowane dla pojedynczej sekcji lub dla grupy sekcji w trybie w pełni zautomatyzowanym powiązanym z pozycją kombajnu pracującego w ścianie. Obsługa pod ziemią realizowana jest poprzez oznakowaną piktogramami klawiaturę sterownika ASG. Parametry pracy systemu mogą być zadawane z komputera na powierzchni. Poniżej w sposób schematyczny przedstawiono połączenie pomiędzy urządzeniami kompleksu.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.6. Logiczny schemat połączeń pomiędzy urządzeniami [1]

Z kabiny operatora systemu, z której bezpośrednio zadawane są parametry ruchowe, prowadzony jest monitoring i wizualizacja pracy wszystkich urządzeń kompleksu. Kabina zlokalizowana jest w chodniku podścianowym. Zainstalowany w kabinie komputer wizualizacji centralnej EH-WallView realizuje komunikację i przesył danych pochodzących z urządzeń i maszyn, objętych systemem automatyzacji. Drugą funkcją, jaka jest realizowana przy pomocy komputera jest zbieranie i przetwarzanie danych w celu ich prezentacji na synoptykach wizualizacyjnych znajdujących się bezpośrednio w kabinie. Oprócz tego, zebrane informacje przesyłane są do systemu EH-MineRaport i EH-MineView, prezentujących zebrane dane na stanowiskach zlokalizowanych na powierzchni.



Rys.7. Kabina operatora systemu IPC [3]; *1 - Sterownik centralny IPC, 2 - Komputer wizualizacji centralnej kompleksu, EH-WallView, 3 - Komputer nadzoru wizyjnego EH-WallVision, 4 - Komputer dołowy systemu elektrohydraulicznego Tiefenbach-TIBATRON, 5 - Pulpit sterowniczy, 6 - Sterownik ILCC Tiefenbach, 7 - Sygnalizatory ostrzegawczo porozumiewawcze dla PZS i PZP, 8 - Telefon, 9 - Niezbędny osprzęt elektryczny, 10 - Sterownik systemu blokad i sygnalizacji SSG-2*

Istotnym zagadnieniem z punktu widzenia poprawnej współpracy urządzeń, jest zdefiniowanie stanów awaryjnych maszyn, możliwości wystąpienia wzajemnie od siebie zależnych kolizji, określenia przebiegu procesu w przypadku niezachowania określonych parametrów dotyczących np. zasilania elektrycznego lub hydraulicznego. W tym celu w zależności od wystąpienia określ-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

lonego stanu, praca kompleksu ścianowego może być realizowana w czterech trybach:

- automatyczny (tryb wydobywczy),
- lokalny (tryb wydobywczy, lokalne sterowanie napędami),
- rewizji (lokalne sterowania napędami),
- spinania (lokalne sterowanie jednym napędem).

Rozpatrując zagadnienie w odniesieniu do sterowania kompletem obudowy, zdefiniowano trzy tryby pracy, które realizują funkcje ruchowe sekcji. Z uwagi na możliwość wystąpienia nieprzewidzianych awarii sprzętu, uszkodzeń linii przesyłowych, zaburzeń geologicznych w wyrobisku ścianowym, i innych czynników, które uniemożliwiłyby pracę w trybie automatycznym założono, że konieczna jest możliwość sterowania w systemie manualnym bezpośrednio przez osoby obsługi.

1. Tryb pierwszy to sterowanie przyległe pojedynczymi funkcjami za pomocą sterownika ASG.
2. Tryb drugi to sterowanie sekwencyjne (rabowanie – kroczenie – rozpieranie). Uruchomienie każdej sekwencji może się odbywać np. dla trzech sekcji, położonych w prawo lub w lewo od sekcji, spod której odbywa się sterowanie. Sygnał sterujący zadawany jest ze sterownika ASG. Poszczególne funkcje cyklu pracy sekcji realizowane są według zależności czasowych, pomiędzy cyklem zrabowania stojaków, przesunięcia sekcji i ponownym zabudowaniem stojaków. Realizacja funkcji zależna jest od parametrów wydajnościowych jednostki zasilającej, stąd też zależności pomiędzy czasem poszczególnych cykli zostały ustalone doświadczalnie. Drugi sposób realizacji cyklu pracy sekcji, oparty jest o wymagane systemowo parametry wartości ciśnienia w przestrzeni podtłokowej stojaka oraz wartości przemieszczenia tłoczyska przesuwnika sekcji.
3. Tryb trzeci, najbardziej zaawansowany realizuje funkcje ruchowe sekcji w systemie automatycznym. Sterowanie pojedynczą sekcją obudowy lub grupą sekcji, zależne jest od przesłanej informacji do komputera sterującego definiującej położenie kombajnu w ścianie. Sterowanie obejmuje funkcje kroczenia sekcji i przekładki przenośnika. Podobnie jak w sterowaniu sekwencyjnym (tryb 2), funkcje ruchowe mogą być realizowane według zależności czasowych lub parametru wartości ciśnienia.

Część systemu odpowiedzialnego za proces automatyzacji pracy kompletu obudowy obejmuje następujące elementy:

- sterownik ASG umieszony w każdej sekcji obudowy,
- centrala dołowa iLCC,
- zasilacze stabilizowane 12V,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– komputer wizualizacyjny typu PC dołowy,
– komputer wizualizacyjny - powierzchniowy.

4.1. Sterownik ASG

Sterownik w przedniej części posiada podświetlony wyświetlacz, klawiaturę za pomocą której wywoływane są funkcje ruchowe oraz wyłącznik bezpieczeństwa. Spełnia on również funkcję wyłącznika awaryjnego, wykorzystywanego do odłączenia napięcia podczas prac remontowych i konserwacyjnych.



Rys.8. Sterownik ASG [1]

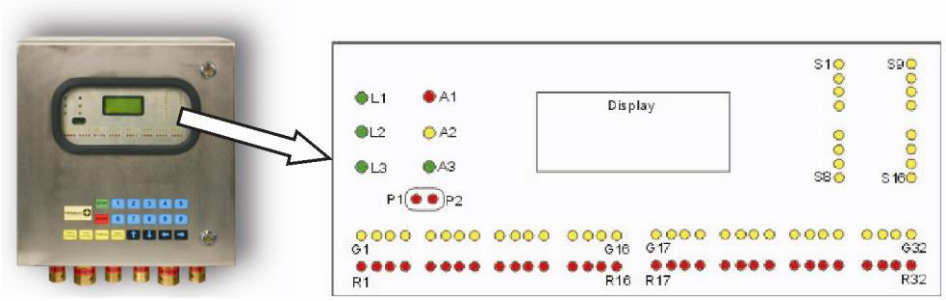
W przypadku wystąpienia zagrożenia, użytkownik przyciskając ręcznie wyłącznik bezpieczeństwa, dokonuje automatycznego wyłączenia wszystkich funkcji elektrycznych dla szeregu sekcji, określonego w oprogramowaniu systemu. Uruchomienie wyłącznika sygnalizowane jest przez migające w kolorze czerwonym diody. Sygnalizacja ciągła diód oznacza stan gotowości sekcji do przeprowadzenia funkcji sterujących.

Sterownik ASG zamontowany jest na każdej sekcji. Oprogramowanie sterowania umożliwia realizowanie funkcji ruchowych dla sekcji oddalonych od miejsca, z którego odbywa się sterowanie. Do tego celu umieszczono na klawiaturze strzałki do wyboru sekcji sterowanej.

4.2. Centrala dołowa iLCC

Zadaniem jednostki jest sterowanie wszystkimi sterownikami ASG, nadzorowanie pracy automatycznej oraz komunikacja z systemem wizualizacyjnym. Bez centrali dołowej praca w trybie automatycznym nie byłaby możliwa. Jedną z możliwości jaką cechuje się centrala iLCC to konfiguracja poszczególnych funkcji sterujących wybranej sekcji, poprzez zdalny wybór sterownika ASG. Inną istotną cechą centrali jest możliwość uzyskania podglądu stanu pracy urządzeń, aktualnego profilu ściany, śledzenia informacji o stanie czujników zamontowanych w elementach sekcji oraz pozyskiwania komunikatów o ewentualnych awariach elektrycznych. Centrala przetwarza i przekazuje do komputera wizualizacyjnego sygnał przekazywany z kombajnu określający jego pozycję w ścianie.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.9. Centrala dołowa iLCC [1]

Centrala posiada wbudowane dwa moduły, które są oddzielnie zasilane:

- moduł graficzny iGM (intrinsically safe Graphic Module),
- moduł sterujący MCU (Master Control Unit).

Po uruchomieniu centrali i zainstalowaniu programu, urządzenie zgłasza gotowość do pracy. Stan w jakim znajduje się urządzenie sygnalizowany jest odpowiednio poprzez umieszczone na pulpicie diody. W standardowym trybie pracy urządzenia, użytkownik może odczytać szereg komunikatów informujących o stanie urządzeń kompleksu. Poniżej zaprezentowano przykładowe komunikaty, które system generuje podczas pracy.

Linia	Komunikat	Znaczenie
1	Poz.kombajnu: ###	Pozycja kombajnu w ścianie
2	Poz.Kom.nieznana	Nieznane położenie kombajnu – problem w komunikacji z systemem określania pozycji kombajnu..
	J.do nap.pom.	Jazda kombajnu w kierunku do napędu pomocniczego. Komunikacja z centrala OK.
	J.do nap.gl.	Jazda kombajnu w kierunki do napędu głównego. Komunikacja z centrala OK.
	Kombajn stoi	Kombajn stoi.
3	[Przekaźnik magistrali ścianowej otwarty lub zamknięty]	
	Przek.mag.zamkn.	Centrala aktywna, przesyła informacje przez magistralę ścianową.
	Przek.mag.otwar.	Centrala nie przesyła informacji przez magistralę ścianową.
4	[Wizualizacja przesyła aktualny czas co minutę.]	
	Czas: 13:45 M	Czas i rodzaj połączenia z wizualizacją (D=Modem DMT/komputer Bartec, M=Modem)
	Czas: --:-- D	Przez cztery minuty nie było aktualnego czasu

Rys.10. Przykładowe komunikaty generowane przez centralę dołową [1]

Użytkownik poza zakresem wykorzystania możliwości centrali opisanym powyżej ma możliwość podglądu poniższych parametrów:

- statusu poszczególnych sekcji,
- błędów występujących w systemie sterowania poszczególnych sekcji,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– wersji programu sterującego.

Dodatkowo może wykonać następujące czynności:

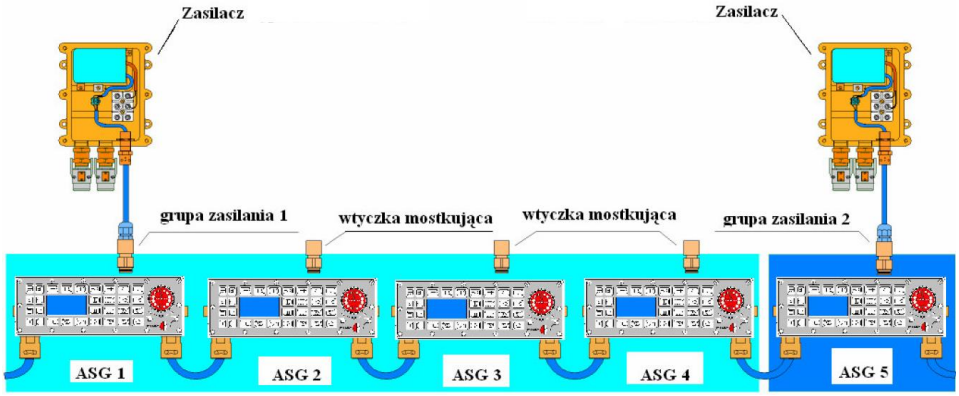
– start (reset) centrali,
– konfiguracja sposobu urabiania,
– adresowanie ASG w ścianie,
– zdalne ładowanie programu użytkowego do sterowników ASG,
– diagnostykę transmisji danych.

4.3. Zasilacz stabilizowany 12V

Zadaniem zasilacza jest dostarczenie napięcia elektrycznego dla sterowników ASG oraz dla centrali dołowej. Zasilacz dostarcza napięcie poprzez obwód iskrobezpieczny zakończony gniazdem SKK24.



Rys.11. Zasilacz [1]



Rys.12. Ogólny sposób zasilania [1]

W celu uniknięcia spadku napięcia sterowniki pogrupowano w grupy czterosekcyjne. Przekazanie napięcia dla sterownika ASG umieszczonego na sekcji

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

obudowy, która nie jest wyposażona w zasilacz, realizowane jest poprzez mostek przepływu prądu.

Jeżeli w grupie sekcji wystąpi uszkodzenie obwodu, którego skutkiem będzie częściowy lub całkowity zanik napięcia, wtedy grupa sekcji zostanie pozbawiona możliwości realizowania funkcji ruchowych za pośrednictwem sterownika.

Wizualizacja systemu pracy kompleksu ścianowego realizowana jest poprzez komputer wizualizacji centralnej EH-WallView oraz komputer dołowy sterowania elektrohydraulicznego sekcji obudowy „TIBATRON" firmy Tiefenbach. Dzięki zastosowanym aplikacjom programowym realizowane jest stałe monitorowanie parametrów maszyn i urządzeń kompleksu. System wizualizacji kompleksu ścianowego zainstalowany jest w kabinie operatora systemu, zlokalizowanej w chodniku podścianowym.

Oprócz pełnienia funkcji komunikacji i wymiany danych z urządzeń i maszyn kompleksu, drugą równie istotną funkcją, którą pełni komputer jest prezentacja gromadzonych informacji na synoptykach wizualizacyjnych oraz na monitorze, bezpośrednio na stanowisku operatora. Za pośrednictwem komputera wykonywana jest również transmisja danych do stanowiska systemu EH-MineRaport i EH-Mine-View zlokalizowanego na powierzchni.

Komputer wizualizacji centralnej pobiera i wizualizuje dane z następujących urządzeń kompleksu ścianowego :

- kombajnu ścianowego,
- stacji kompaktowych,
- stacji transformatorowych,
- zespołu pomp wysokociśnieniowych do emulsji,
- zespołu pomp do wody.

Drugim elementem systemu wizualizacji i monitoringu jest dołowy komputer wizualizacyjny typu PC sterowania elektrohydraulicznego „TIBATRON" firmy Tiefenbach. Jest to podstawowa jednostka systemu realizującego proces wizualizacji i zdalnej zmiany parametrów sekcji obudowy zmechanizowanej. Jest to komputer przemysłowy klasy Celeron 1,1GHz wyposażony w wyświetlacz LCD TFT 17" oraz w urządzenia umożliwiające podłączenie iskrobezpiecznej klawiatury ze zintegrowanym touchpadem. Komputer połączony jest z centralą dołową oraz systemem transmisji danych przesyłanych na powierzchnię.

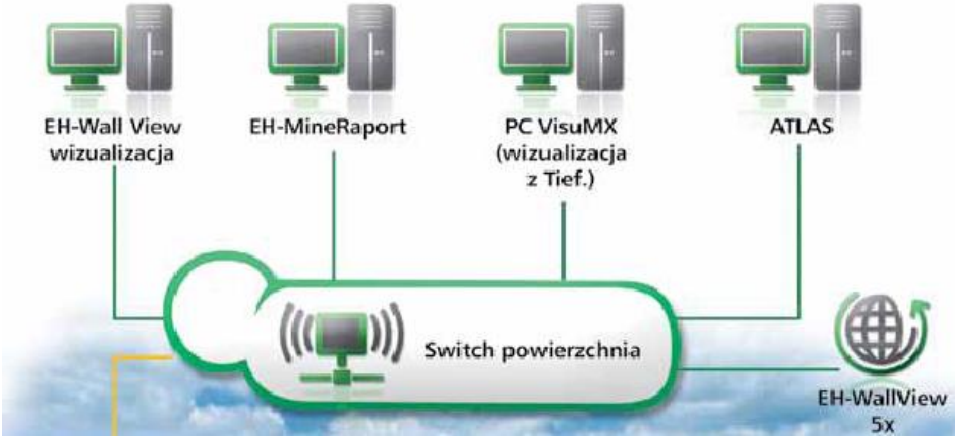
Poprzez użycie odpowiednich funkcji programowych komputera dołowego, użytkownik może prowadzić obserwację parametrów mających bezpośredni wpływ na poprawność działania systemu realizującego ruchowe funkcje sekcji obudowy zmechanizowanej. Poniżej podano wybrane, najistotniejsze informacje możliwe do obserwacji na monitorze komputera:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- wartość ciśnienia wstępnego i roboczego w poszczególnych stojakach,
- wartość wysuwu przesuwników sekcji,
- lokalizację kombajnu w ścianie względem sekcji obudowy,
- komunikat o zaistniałych błędach i wadliwym działaniu elektrozaworów, sterowników, czujników pomiaru drogi, czujników ciśnienia i czujników zbliżeniowych,
- aktywacji wyłącznika awaryjnego,
- włączonej blokadzie dla poszczególnej sekcji,
- postępu ściany,
- zarys kształtu czoła ściany,
- stan położenia osłon czoła ściany.



Rys.13. Komputer dołowy „TIBATRON” [1]



Rys.14. Systemy wizualizacji pracy kompleksu [3]

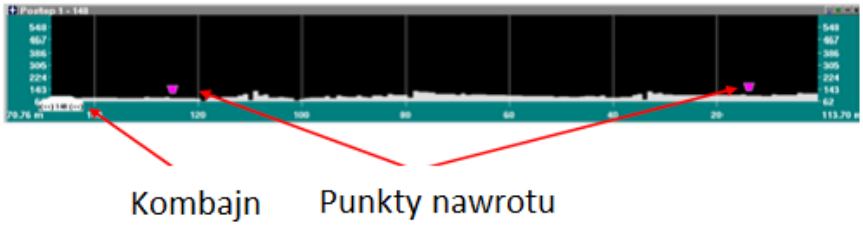
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Wizualizacja parametrów pracy sekcji obudowy zmechanizowanej prowadzona na powierzchni kopalni obok innych systemów prezentowana jest na stanowisku komputerowym wykorzystującym aplikację „ATLAS”.

Na podstawie danych otrzymywanych z monitoringu ciśnień w stojakach sekcji obudowy zmechanizowanej dokonywana jest analiza obciążeń obudowy stropem za pomocą „Systemu monitoringu obudów zmechanizowanych ATLAS”. System ten informuje o stanie obciążenia sekcji obudowy siłą, która pochodzi od górotworu. Jednocześnie analizując stan obciążenia pozwala na korektę wartości podporności wstępnej w celu optymalnego doboru ciśnienia. System „ATLAS” posiada rozbudowany system analizy obciążenia sekcji obudowy zmechanizowanej znajdującej się w wyrobisku ścianowym w oparciu o opracowane modele opisujące rzeczywisty stan obciążenia, odnoszący się do jednego skrawu [3].

Wybrane przykłady wizualizacji parametrów, które pobierane są z czujników zainstalowanych w elementach sekcji obudowy i przetwarzane przez komputer dołowy „TIBATRON” z możliwością transmisji danych na powierzchnię przedstawiono poniżej.

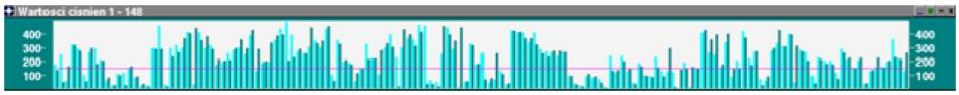
Na podstawie danych rejestrowanych przez „n-kodery” położenia kombajnu oraz przez drążki pomiarowe przesuwników sekcji aplikacja komputerowa generuje obraz przedstawiający zarys frontu ściany z jednoczesnym wskazaniem pozycji kombajnu.



Rys.15. Wizualizacja frontu ściany [1]

Dzięki czujnikom ciśnienia, które są umieszczone na każdym stojaku hydraulicznym mierzona jest chwilowa wartość ciśnienia w przestrzeni podtłokowej pierwszego stopnia. Informacja ta jest przesyłana i przetwarzana na obraz wizualizacji przez komputer. Wynikiem tego jest „wykres słupkowy”, na którym fioletową poziomą linią zaznaczono wartość ciśnienia wstępnego założonego w procesie automatyki wtórnego doładowania. Dwa kolory – niebieski i granatowy, wyróżniają stojaki hydrauliczne. Wysokość „słupków” jest tożsama z wartością ciśnienia występującą w stojaku w danej chwili czasowej. Oprócz tego użytkownik ma możliwość odczytu wartości ciśnienia poprzez skalę umieszczoną na ekranie wizualizacyjnym.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



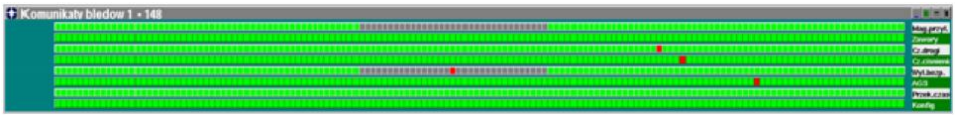
Rys.16. Wizualizacja ciśnień na stojakach hydraulicznych [1]

Podobne rozwiązanie jak powyżej zastosowano w celu prezentacji pozycji danej sekcji względem czoła ściany. Elementami pomiarowymi są czujniki pomiaru wysuwu tłoczyska umieszczone w przesuwniku sekcji. Sygnał pochodzący z każdego przesuwnika jest przetwarzany i prezentowany w formie przedstawionej poniżej. Wysokość „słupków" odpowiada wartości wysunięcia tłoczyska przesuwnika i tym samym definiuje położenie sekcji względem czoła ściany.



Rys.17. Wizualizacja wysuwu sekcji w ścianie [1]

System wizualizacji umożliwia śledzenie błędów występujących w elementach pomiarowych powstałych np. na skutek mechanicznego ich uszkodzenia lub odłączenia.



Rys.18. Komunikaty błędów [1]

W tym celu na ekranie wyświetlany jest obraz, na którym w sposób umowny zaznaczono poszczególne czujniki. Do stanu w jakim znajduje się w danej chwili czujnik przypisany jest jeden z trzech kolorów.

- kolor zielony - oznacza bezawaryjny stan pracy czujnika,
- kolor czerwony - oznacza awarię lub błąd pracy czujnika,
- kolor szary - oznacza, że w obrębie 16 sekcji aktywny jest wyłącznik bezpieczeństwa lub w sąsiedniej sekcji aktywny jest wyłącznik awaryjny.

Komputer wizualizacji centralnej, którego aplikacja zbiera, przetwarza, analizuje i prezentuje parametry urządzeń, poza parametrami sekcji obudowy, umożliwia prezentację m.in. takich informacji, jak:

– bieżące i zarchiwizowane wartości pomiarowe z poszczególnych podsystemów,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– alarmy i ostrzeżenia wykryte przez system monitorujący pracę urządzeń i maszyn kompleksu ścianowego,
– wykresy czasowe w odniesieniu do monitorowanych sygnałów,
– archiwizowanie danych.

Poniżej w celu zilustrowania planszy wizualizacyjnej przedstawiającej parametry urządzeń, która jest dostępna dla użytkownika zamieszczono poniższy rysunek, na którym przedstawiono przykład wygenerowany przez system komputerowy.



Rys.19. Główna tablica synoptyczna [1]

Oprócz prezentacji danych, będących wynikiem położenia lub stanu pracy czujników, system charakteryzuje możliwość prowadzenia analiz co do położenia urządzeń względem siebie. W przypadku kiedy może dojść do sytuacji wystąpienia kolizji pomiędzy urządzeniami kompleksu, oprócz wyświetlenia informacji na ekranie wizualizacyjnym system wstrzymuje pracę urządzeń. Jest to tzw. „system antykolizyjny", który wykrywa możliwość wystąpienia kolizji pomiędzy sekcjami obudowy zmechanizowanej, a kombajnem z następujących przyczyn:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- zbyt niskie ciśnienie w stojakach - zrabowana sekcja,
- zbyt dalekie przesunięcie sekcji,
- niezamknięta osłona czoła ściany,
- niezamknięta stropnica wysuwna - w sekcjach skrajnych,
- zbyt nisko opuszczona stropnica wychylna - w sekcjach skrajnych.

Dzięki aplikacjom komputerowym pozwalającym na wzajemną komunikację maszyn, wykrywanie potencjalnych kolizji, kontrolę parametrów stanu pracy, opracowano system pracy urządzeń kompleksu, przy znacznym stopniu zautomatyzowania. Procedury zarządzające parametrami pracy urządzeń kompleksu ścianowego, pozwalają na automatyzację następujących funkcji:

- automatyczna procedura załączania wszystkich maszyn w kompleksie wydobywczym z pominięciem maszyny urabiającej,
- programowania i odtwarzania skrawu wzorcowego przez kombajn ścianowy,
- automatyczne przesuwanie sekcji za urabiającym kombajnem,
- automatyczna przekładka przenośnika ścianowego,
- automatyczna przekładka sekcji skrajnych i napędów,
- automatyczne sterowanie napędami przenośnika ścianowego, podścianowego i kruszarki,
- diagnostyka maszyn pracujących w kompleksie,
- automatyczne sterowanie stacjami pomp wody i emulsji.

5. Podsumowanie

Zainstalowany kompleks ścianowy w podziemiach KWK „Pniówek” jest pierwszym rozwiązaniem na rynku krajowym przy eksploatacji węgla ścianą kombajnową, o tak wysokim stopniu zautomatyzowania maszyn i urządzeń. Średnie wydobycie ze ściany kształtuje się na poziomie 3,2 tys. ton węgla na dobę (najwyższe 3,5 tys. ton), co daje niemal dwukrotnie wyższe niż uzyskiwane dotychczas w ścianach o podobnych parametrach [4].

Prawidłowa współpraca maszyn i urządzeń jeszcze przed wprowadzeniem do wyrobiska ścianowego została uzyskana dzięki licznym próbom przeprowa-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

dzonym na powierzchni. Chociaż prowadzone próby nie odzwierciedlały rzeczywistych warunków dołowych, to uzyskano liczne informacje na podstawie, których można było zasymulować sytuacje, które potencjalnie mogą zaistnieć w warunkach rzeczywistej pracy kompleksu. Instalację, rozruch oraz zharmonizowanie współpracy wszystkich elementów kompleksu, przeprowadzono w warunkach dołowych, jednocześnie przeprowadzając szkolenie załóg obsługujących maszyny i urządzenia. W rezultacie czynności wdrożeniowych opracowany system automatyzacji, wizualizacji i diagnostyki maszyn, pozwala na pracę urządzeń w wyrobisku ścianowym, przy znacznie ograniczonej obsłudze personalnej. Systemy antykolizyjne, systemy monitoringu i wizualizacji parametrów maszyn, systemy zabezpieczeń oraz możliwość sterowania ze zdalnego pulpitu, umożliwiają eksploatację wyrobiska ścianowego w trudnych warunkach geologiczno-górniczych w zautomatyzowanym trybie, dbając o bezpieczeństwo ludzi potencjalnie narażonych na niebezpieczeństwa.

Z uwagi na fakt, że zastosowany system automatyzacji jest rozwiązaniem prototypowym, a jednocześnie jednostkowym, eksploatacja kompleksu, ze względu na warunki panujące w wyrobisku ścianowym, odbywa się pod stałym nadzorem obsługi.

Literatura

1. Instrukcja obsługi sterowania Elektrohydraulicznego Tiefenbach – Polska sp. z.o.o.
2. Instrukcja obsługi nr M-101.01.IO, M-101.02.IO Obudowa zmechanizowana Tagor-11/26-POz, Tagor-11/26-POz/S.
3. Prezentacja KOPEX GROUP „Zautomatyzowany kompleks ścianowy”, Informacje techniczne dla Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. KWK „Pniówek” – materiały nie publikowane.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

4. Siemieniec T.: Nowoczesny, wydajny i bezpieczny zautomatyzowany kompleks ścianowy w KWK „Pniówek” – doświadczenia eksploatacyjne. Maszyny Górnicze 3(131)2012.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Zbrojenie i eksploatacja ściany G-4 pokład 412 wyposażonej w najwyższy kompleks ścianowy w Polsce w warunkach KWK „Borynia-Zofiówka" Ruch Zofiówka

Augustyn Holeksa - Jastrzębska Spółka Węglowa S.A., **Grzegorz Płaczek, Jarosław Adamek, Jacek Kapcia** - Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. KWK „Borynia-Zofiówka" Ruch Zofiówka

1. Wstęp

Racjonalna gospodarka złożem jest podstawą prawidłowego funkcjonowania każdej kopalni. Gwarantuje bowiem wyeksploatowanie w maksymalnym stopniu – zgodnie ze sztuką górniczą – udostępnianych zasobów złoża węgla kamiennego. Stwierdzenie to odnosi się również do wszystkich pozostałych eksploatowanych surowców naturalnych. Wszystkie złoża węgla kamiennego charakteryzują się m.in. występowaniem pokładów o zmiennej miąższości, który to parametr ma zasadnicze znaczenie przy doborze maszyn i urządzeń przewidywanych do eksploatacji danego pokładu. Zastosowane maszyny i urządzenia mają zapewnić „czystą" eksploatację pokładu, tzn. bez zbędnej przybierki skał stropowych lub spągowych, jak również bez pozostawiania nieurobionej warstwy węgla w stropie lub spągu pokładu. Oba przypadki obniżają wynik finansowy kopalni, gdyż urobione w stropie lub spągu pokładu skały należy przetransportować z wyrobiska do Zakładu Przeróbczego, oddzielić od węgla i ulokować w miejscu do tego przeznaczonym. Natomiast pozostawiona warstwa węgla obniża ilość wydobytego surowca z rozciętej parceli oraz stwarza zagrożenie pożarowe w zawale, na likwidację którego należy ponieść dodatkowe koszty. KWK „Borynia-Zofiówka" Ruch Zofiówka prowadzi eksploatację w złożu „Zofiówka", które należy do II typu zmienności ze względu na skomplikowaną budowę. Występuje tu nie tylko bogata tektonika, ale również duża zmienność sedymentacyjna uwidaczniająca się w zgrubieniach, ścienienach, zanikach pokładu, dzielenia się na warstwy lub łączeniu. Szczególnym tego typu przykładem jest pokład 412 łg+łd i 412 łg. W partii G pokład ten posiada miąższość od 3,5 do 5,3 m, natomiast w partii E od 4,8 do 5,0 m i od 3,0 do 4,2 m w partii D. Kolejne grube pokłady to 413/2 o miąższości od 3,0 do 4,1 m w partii D, 409/4 o miąższości od 4,2 do 5,3 m w partii H oraz 407/1 o miąższości od 2,0 do 3,7 m w partii B.

Posiadane dotychczas przez kopalnię wyposażenie ścian pozwala na eksploatację pokładów o miąższości do 3,6 m. Mając na uwadze fakt, że kopalniane zasoby operatywne pokładów o miąższości powyżej 3,6 m wynoszą ok. 18,3 mln Mg, z początkiem 2010 roku podjęto decyzję o rozpoczęciu prac analityczno-koncepcyjnych nad pozyskaniem tzw. wysokiego kompleksu ścianowego do eksploatacji grubych pokładów. Dokonana analiza jednoznacznie wskazała na zasadność jego zakupu. W przeciwnym razie prowadzona eksploa-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

tacja tych pokładów z wykorzystaniem posiadanych kompleksów ścianowych (do 3,6 m) realizowana byłaby na dwie warstwy. Wiąże się to z pozostawieniem tzw. „łaty węglowej" między wybieranymi warstwami, koniecznością wykonania dużo większej ilości wyrobisk korytarzowych rozcinających ściany oraz robót zbrojeniowo-likwidacyjnych. Konsekwencją podjętych w kopalni decyzji, zaakceptowanych przez Zarząd JSW S.A., było opracowane przez kopalniane służby techniczne specyfikacji istotnych warunków zamówienia publicznego na dostawę fabrycznie nowego wysokiego kompleksu ścianowego wraz z niezbędnym wyposażeniem. W wyniku przeprowadzonej procedury przetargowej podpisano w dn. 27.05.2011 r. Umowę z firmą KOPEX S.A. na dostawę fabrycznie nowego kompleksu, z terminem realizacji 27.10.2011 r. Po podpisaniu Umowy odbyło się kilka spotkań służb technicznych kopalni z producentami wyposażenia kompleksu ścianowego, podczas których przedstawiono oczekiwania i wymagania kopalni odnośnie do rozwiązań technicznych kompleksu. Po przeprowadzonym w dn. 21.09.2011 r. w zakładach TAGOR S.A. w Tarnowskich Górach teście kompatybilności, dostawa na kopalnię została zrealizowana zgodnie z Umową.

W latach 2011-2014 wysoki kompleks wykorzystany zostanie do eksploatacji ścian w partii G i E pokładu 412 łg+łd. W sumie z eksploatacji ścian w tych partiach uzyska się około 1,8 mln Mg węgla.

2. Zbrojenie ściany

2.1. Dowierzchnia G-4 w pokładzie 412 łg

Dowierzchnia G-4 w pokładzie 412 łg wykonana została w obudowie ŁPKO 10 I/10 z rozstawem odrzwi co 0,6 m. Obudowa z oznaczeniem I należy do typoszeregu poszerzonego i jest o 1 m szersza od typoszeregu podstawowego przy tej samej wysokości. Szerokość obudowy wynosi 8,19 m, natomiast jej wysokość jest równa 3,8 m. Zastosowano rozpory typu G, RSM29 i Kr29 oraz stopy podporowe o powierzchni minimum 400 cm^2 do posadowienia obudowy na spągu. Opinkę stropu stanowiła siatka zgrzewana zaczepowa typu ciężkiego oraz siatka węzłowo-łańcuchowa z zakładką 0,6 m.

Długość dowierzchni G-4 wyniosła 209 m, przy średnim nachyleniu około 11º.

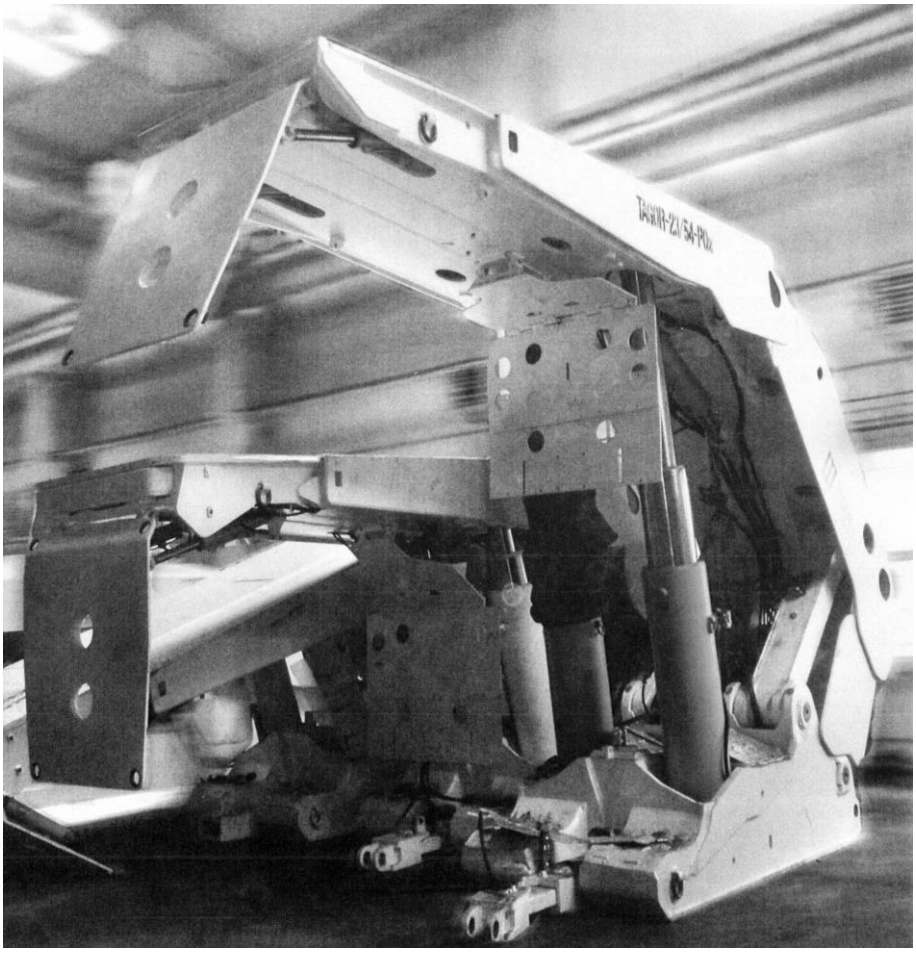
2.2. Dane techniczne kompleksu

Ściana G-4 w pokładzie 412 wyposażona jest w fabrycznie nowy kombajn ścianowy typu KSW-1140EZ wraz z kruszarką urobku, przenośnik zgrzebłowy ścianowy typu RYBNIK-1100 wraz z kruszarką ścianową typu KS-4, nowe sekcje obudowy zmechanizowanej typu TAGOR-23/54-POz i TAGOR-23/54-POz/S oraz w obudowę skrzyżowań typu TAGOR-24/50.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Kompleks ścianowy firmy KOPEX S.A.:

a) podstawowe parametry kompleksu:
   - napięcie zasilania 3 300 V,
   - możliwość pracy na nachylenia podłużne do 35°,
   - możliwość pracy na nachylenia poprzeczne do 20°,
   - ciśnienie w magistrali zasilającej 25 ÷ 30 MPa,
   - podziałka obudowy 1,75 m,
   - system sterowania obudowy zmechanizowanej pilotowe,

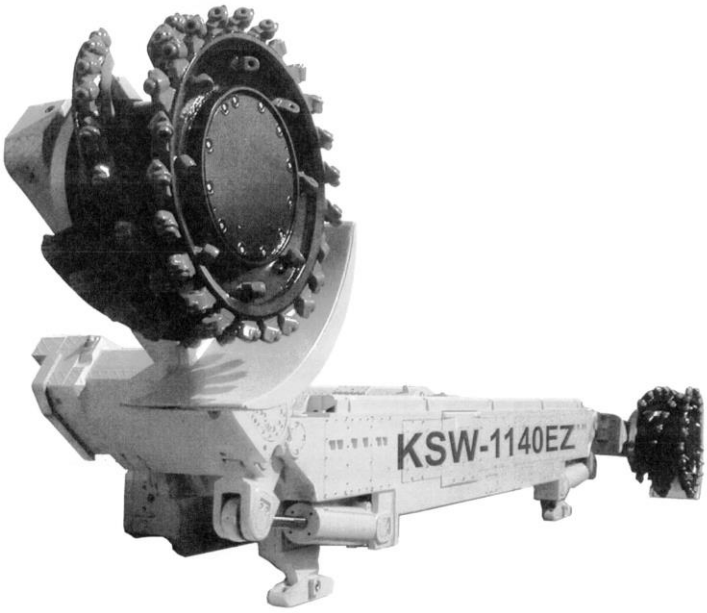


Rys.1. Sekcje obudowy zmechanizowanej TAGOR 23/54-POz

b) kombajn ścianowy typu KSW-1140EZ:
   - zakres wysokości urabiania 2,5 ÷ 5,252 m,
   - zainstalowana moc 1 250 kW,
   - średnica organów urabiających 2 500 mm,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- maks. zagłębienie w spąg 398 mm,
- maks. siła pociągowa 2 x 441 kN,
- prędkość posuwu 0 ÷ 15 m/min,
- masa kombajnu ok. 97 Mg,



Rys.2. Kombajn ścianowy KSW-1140EZ

c) przenośnik zgrzebłowy ścianowy typu RYBNIK-1100:
   - szerokość rynny przenośnika 1100 mm,
   - wysokość profilu rynny przenośnika 330 mm,
   - prędkość łańcucha na „biegu szybkim" silnika 1,21 m/s,
   - łańcuch Ø38 x 137 mm płaski,
   - napędy przenośnika wyposażone są w reduktory planetarne wielkości 35 i przełożeniu i = 39,
   - napędy przenośnika wyposażone są w dwubiegowe silniki elektryczne chłodzone wodą, o mocy 260/520 kW,
d) 106 sekcji obudowy zmechanizowanej typu TAGOR-23/54-POz – sekcje liniowe:
   - wysokość robocza obudowy 2,5 ÷ 5,3 m,
   - podporność robocza obudowy 1,0 ÷ 1,08 MN,
   - przesuw sekcji obudowy 0,8 m,
   - system pracy z krokiem wstecz,
   - masa sekcji 35 712 kg,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

e) 7 sekcji obudowy zmechanizowanej ze stropnicą wysuwną typu TAGOR-23/54-POz/S:
   - wysokość robocza obudowy 2,5 ÷ 5,3 m,
   - podporność robocza obudowy 0,72 ÷ 0,77 MN,
   - przesuw sekcji obudowy 0,8 m,
   - system pracy z krokiem wstecz,
   - masa sekcji 38 555 kg,

f) 1 obudowa skrzyżowania typu TAGOR-24/50:
   - zakres roboczy wysokości 2,5 ÷ 4,8 m,
   - podporność obudowy 0,587 MPa,
   - przesuw sekcji obudowy 0,8 m,
   - masa zestawu 63 570 kg.

2.3. Drogi transportu z powierzchni do ściany

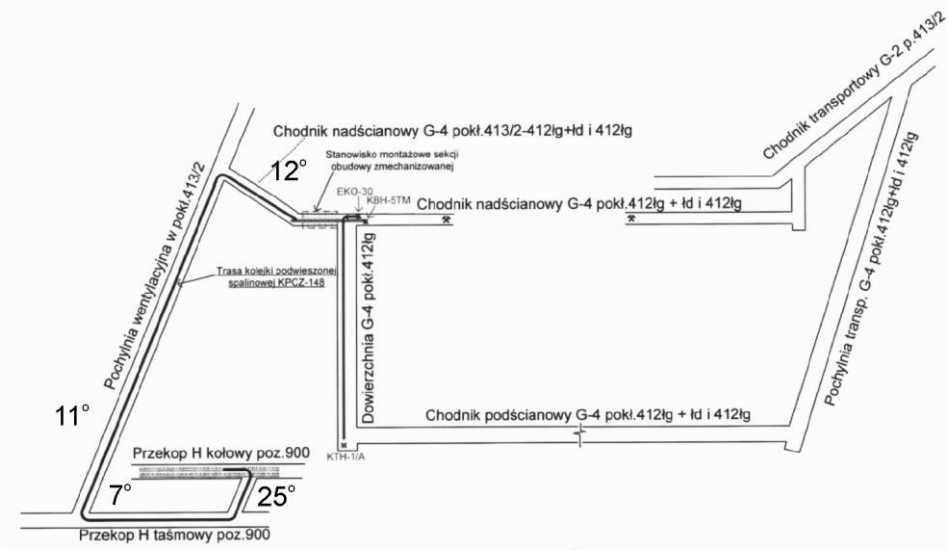
Transport kompleksu ścianowego z powierzchni kopalni do rejonu zbrojonej ściany wykonywały brygady oddziałów MP, GPD1z i GKTz. Elementy sekcji opuszczane były na poziom 900 w klatce szybowej w pozycji pionowej na platformach specjalnego typu (WPT016,WPT007) lub podwieszane w klatce nasiębiernej. Po opuszczeniu elementów na poziom 900 zostały one przetransportowane lokomotywami LEA-BM 12 w rejon przeładunku sekcji z pozycji pionowej na pozycję poziomą na platformy specjalnego typu (WOZ2, PTS26). Stanowisko to było zlokalizowane w podszybiu szybu IVz od strony południowej na poziomie 900. Po przeładowaniu elementów sekcji i przygotowaniu do dalszego transportu, drużyny pociągowe odbierały platformy z prawidłowo załadowanymi sekcjami i przewoziły je do przekopu H kołowego, gdzie zlokalizowana była stacja przeładunkowa z jednostek kołowych na kolejki podwieszone spalinowe. Ze względu na zmienne nachylenia trasy i ograniczone nośności zestawów, do transportu zostały użyte dwie kolejki podwieszone spalinowe KPCZ-148 z zestawami o odpowiedniej nośności. Elementy sekcji były przeładowane na zestawy transportowe skąd transportowano je do stacji nadawczo-odbiorczej, zlokalizowanej przed komorą montażową sekcji.

Elementy sekcji i innych maszyn i urządzeń zostały odbierane ze stacji nadawczo-odbiorczej kolejki KPCZ i wciągane do komory montażowej, gdzie były montowane przez oddział MD3z. Zbrojenie ściany wraz z zabudową kompleksu podścianowego wykonywały brygady oddziału GZL1z, wspólnie z oddziałem wydobywczym G3z, który prowadzi obecnie eksploatację.

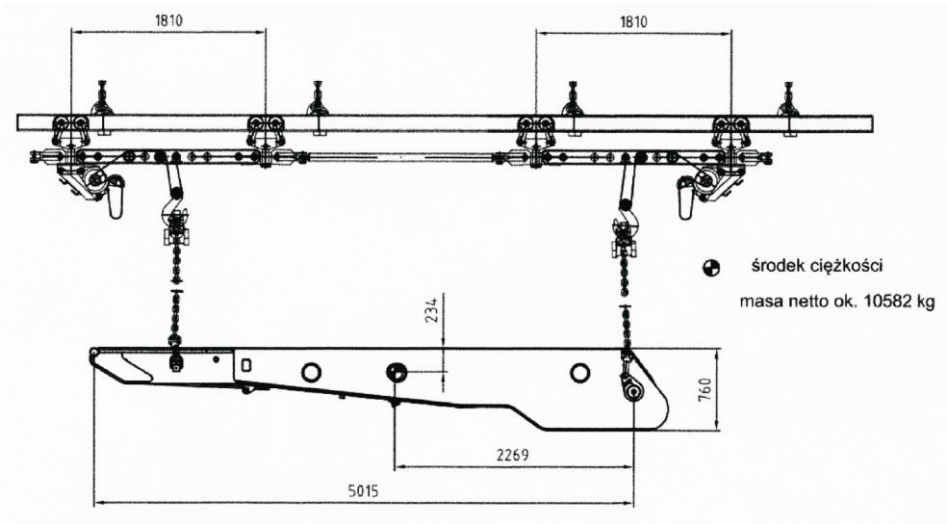
Po zmontowaniu sekcji na stanowisku montażowym były one ciągnięte po spągu za pomocą kołowrotu KBH-5TM na wysokość kanału dowierzchni G-4, gdzie następowało obracanie sekcji obudowy zmechanizowanej. Manewrowanie sekcjami w rejonie skrzyżowania odbywało się za pomocą kołowrotów

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

KBH-5TM i EKO-30. Następnie transport sekcji w dowierzchni realizowany był przy użyciu kołowrotów EKO-30 i KTH-1/A



Rys.3. Schemat trasy układów transportowych w trakcie zbrojenia ściany



Rys.4. Transport stropnicy kolejką spalinową podwieszoną

Organizacja robót transportowych w trakcie zbrojenia ściany obejmowała pracę w systemie czterozmianowym. Przyjęto następujące obłożenie robót transportowych:

- min. 4. pracowników na zmianę przy transporcie kołowrotami KTH-1/A i EKO-30,
- min. 2. pracowników na zmianę przy transporcie kołowrotem KBH-5TM,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– min. 3. pracowników na zmianę przy zabudowie sekcji obudowy zmechanizowanej.

Schemat trasy kolejki spalinowej podwieszonej cierno-zębatej w trakcie zbrojenia ściany przedstawiono na rysunku 3.

Na rysunku 4 przedstawiono sposób transportu elementów sekcji obudowy zmechanizowanej kolejką spalinową cierno-zębatą do ściany G-4 w pokładzie 412.

Ciężary transportowanych elementów sekcji obudowy zmechanizowanej:

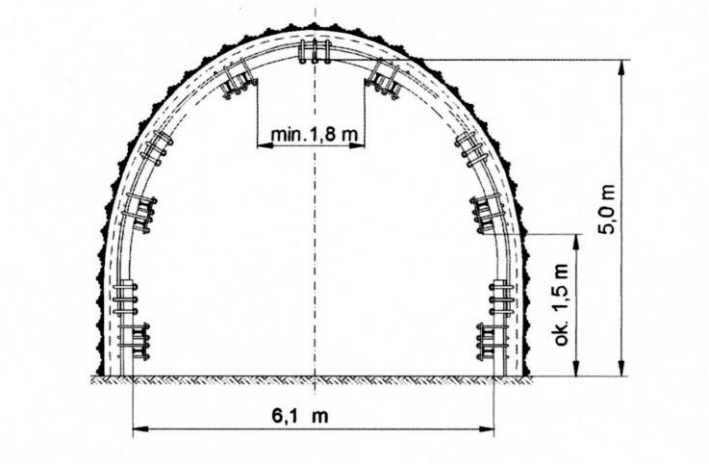
– stropnica 10 582 kg,
– osłona odzawałowa 6 744 kg,
– spągnica 7 931 kg,
– belka układu przesuwnego 1 445 kg.

Poniżej przedstawiono charakterystykę urządzeń transportowych:

a) Wózek hamulcowy typ WHR-1/N (78 kN):
   – prędkość jazdy 0 - 2,5 m/s,
   – maksymalna siła ciągnąca zespołu transportowego 100 kN,
   – prędkość wyzwolenia hamulca 2,8 - 3,2 m/s,
   – statyczna siła hamowania wózka min.78 kN,
   – masa własna 207 kg,
   – maksymalne nachylenie toru przy transp. materiału 45°,
   – minimalny promień krzywizny toru w poziomie 4 m,
     w pionie 8 m,
b) Hydrauliczny zestaw nośny HMZ TDS 10 DUO:
   – maksymalna nośność 2 x 100 kN (2x10 000 kg),
   – wysokość podnoszenia 1,64 m,
   – prędkość jazdy do 2 m/s,
   – masa 1 170 kg,
c) zestaw transportowy z ciągnikiem BW-38:
   – wciągniki WPT 3,0 - 2 szt,
   – zestaw nośny MZN 252-126 kN-h,
d) zestaw transportowy z ciągnikiem BW-39:
   – wciągniki WPT 3,0 - 2 szt,
   – zestaw nośny MZN TDS 10 DUO.

Stanowisko montażowe sekcji obudowy zmechanizowanej przedstawiono na rysunku nr 5.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

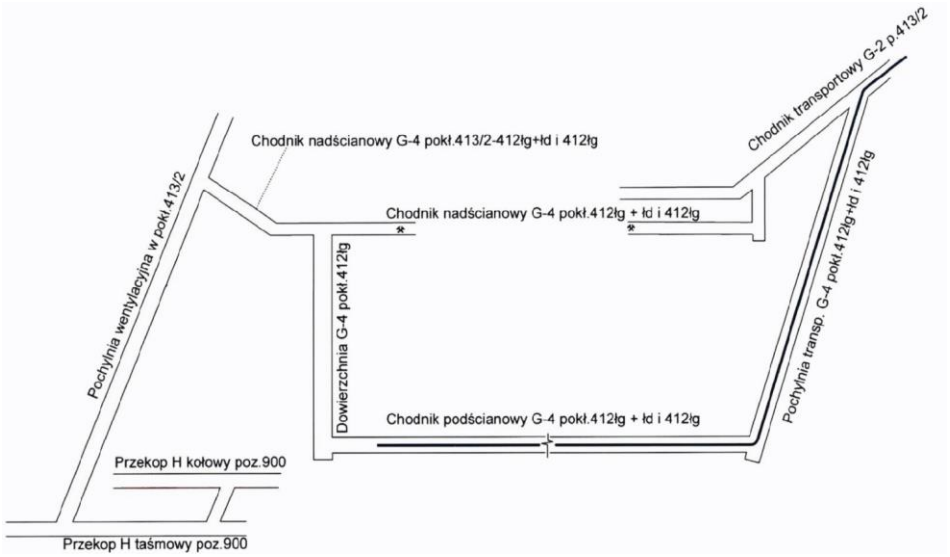


Rys.5. Schemat stanowiska montażowego sekcji obudowy zmechanizowanej

2.4. Odstawa urobku ze ściany

Zbrojenie odstawy ze ściany zostało zlecone konsorcjum firm Budwak sp. z o.o. i Vacat sp. z o.o.

Podobnie jak w przypadku zbrojenia ściany, zbrojenie odstawy realizowane było z poziomu 900. Od szybu do stacji materiałowej zlokalizowanej w przecince G-2 pokład 413/2 transport odbywał się środkami przewozu kołowego. W tych miejscach następował przeładunek maszyn i urządzeń oraz materiałów do zbrojenia odstawy ze ściany na zestaw kolejki spalinowej podwieszonej cierno-zębatej KPCZ-148.



Rys.6. Schemat trasy kolejki spalinowej podwieszonej w trakcie zbrojenia odstawy

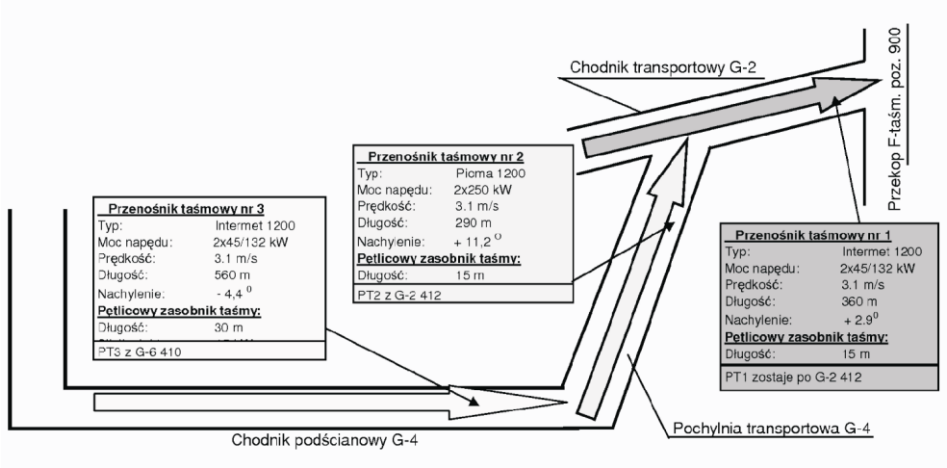
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Schemat trasy układów transportowych w rejonie zbrojonej odstawy ze ściany G-4 przedstawiono na rysunku 6.

Zbrojenie ściany realizowane było od 14 października do 1 grudnia 2011 r. Postęp zbrojenia ściany wynosił średnio około 4 sekcje na dobę. W dniu 1 grudnia 2011 r. ściana G-4 w pokładzie 412 została oddana do ruchu.

Odstawa urobku ze ściany G-4 w pokładzie 412 obejmuje trzy przenośniki taśmowe o parametrach dobranych odpowiednio do warunków górniczo-geologicznych w rejonie oraz o wydajności zapewniającej odbiór urobku ze ściany.

Schemat rozmieszczenia przenośników taśmowych w rejonie ściany G-4 w pokładzie 412 wraz z ich charakterystyką techniczną przedstawiono na rysunku 7.



Rys.7. Schemat trasy odstawy urobku

3. Eksploatacja

Ściana G-4 w pokładzie 412 posiada następujące parametry eksploatacyjne:

- długość ściany ok. 200 m,
- wybieg ściany ok. 535 m,
- wysokość furty max. 5,3 m,
- nachylenie podłużne ściany 5 ÷ 12°,
- nachylenie poprzeczne ściany 0 ÷ -9°,
- planowane wydobycie dobowe od 2 400 do >5 000 Mg/d.

W rejonie ściany występują następujące zagrożenia naturalne:

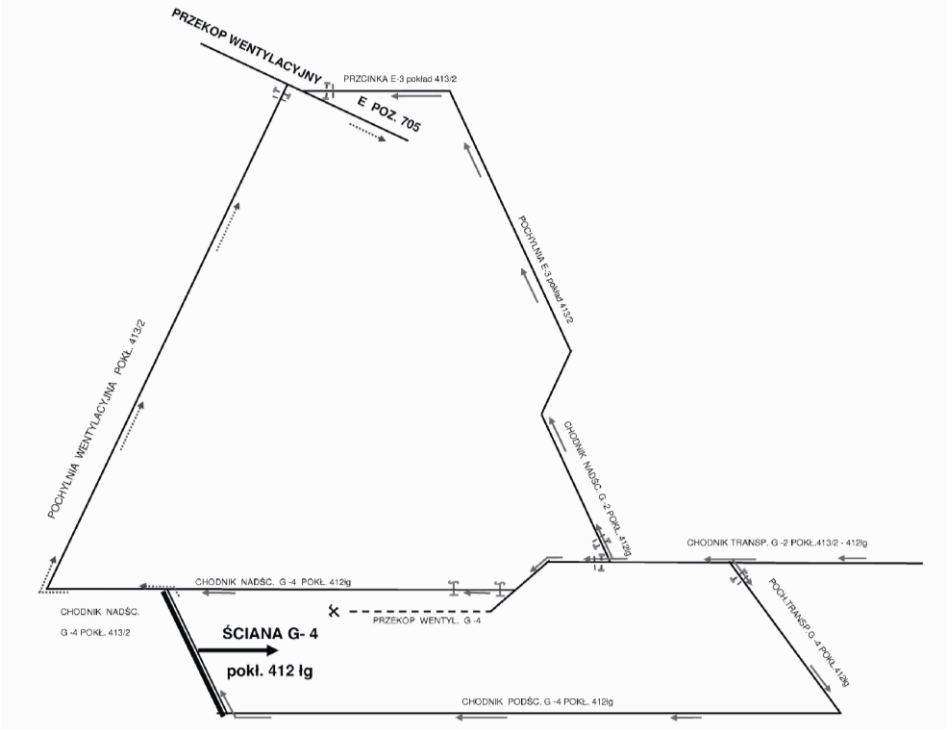
- zagrożenie metanowe: IV kategoria,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– zagrożenie wybuchem pyłu węglowego: klasa B,
– zagrożenie działaniem pyłów szkodliwych dla zdrowia: występuje,
– zagrożenie pożarowe: I grupa samozapalności,
– zagrożenie wodne: I stopień,
– zagrożenie tąpaniami: 412 łg+łd i 412 łg - I stopień,
– zagrożenie wyrzutami metanu i skał: 412 łg+łd i 412 łg - ZWMS,
– zagrożenie temperaturowe: temperatura górotworu 39 ÷ 41ºC,

Spodziewane są zaburzenia geologiczne: uskoki o zrzutach 0,4 ÷ 2 m.

Ściana G-4 w pokładzie 412 jest przewietrzana systemem na „Y". Według przyjętej koncepcji rozcinki partii „G", istnieje możliwość zmiany systemu przewietrzania ściany z „Y" na „U". Wariant przewietrzania na „U" przewidziany jest w przypadku wystąpienia problemów z utrzymaniem chodnika nadścianowego za frontem ściany.



Rys.8. Schemat przewietrzania ściany G-4

Dla ściany G-4 opracowana została „Prognoza dynamiczna metanowości bezwzględnej" przez KD Barbara. Największa metanowość bezwzględna wystąpi na KM~300. Na tym odcinku wydobycie zostanie ograniczone do 3 000 Mg/d, a wydzielanie się metanu do środowiska ściany, przy planowanym wydobyciu dobowym wyniesie 49,92 m^3/min.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

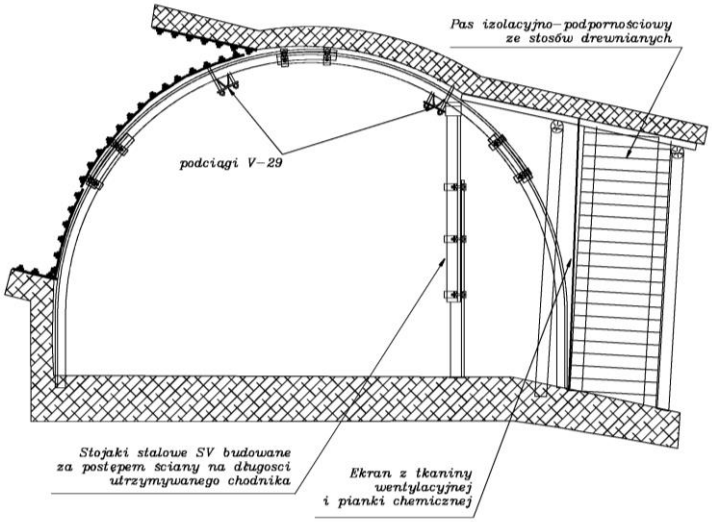
W trakcie eksploatacji ściany prowadzone jest odmetanowanie przed frontem ściany, zarówno z chodnika nadścianowego jak i z chodnika podścianowego. Z uwagi na fakt, że chodnik nadścianowy jest utrzymywany, metan ujmowany jest również z otworów wierconych w chodniku nadścianowym za postępem ściany G-4.

Przy wydobyciu ze ściany G-4 na poziomie 3 000 do 6 000 Mg/d całkowita metanowość bezwzględna rejonu ściany wynosi od około 20 m^3CH_4/min do około 60 m^3CH_4/min. Efektywność odmetanowania ściany G-4, uzyskiwana przy przewietrzaniu na „Y", waha się w granicach 35 ÷ 50%.

Wewnątrz rejonu wentylacyjnego ściany G-4, jednocześnie z eksploatacją ściany, rozpoczęto drążenie przekopu wentylacyjnego G-4 (nadległego), który drążony jest w odległości około 30 m nad eksploatowaną parcelą ściany G-4. Przekop ten, w przypadku konieczności zmiany systemu przewietrzania z „Y" na „U", pozwoli na poprawę efektywności odmetanowania.

3.1. Obudowa skrzyżowania ściany z chodnikami

Z uwagi na przyjęty sposób przewietrzania rejonu ściany G-4 chodnik nadścianowy G-4 jest utrzymywany, a chodnik podścianowy G-4 likwidowany. Wzdłuż chodnika nadścianowego, za postępem ściany po stronie ociosu zawałowego, budowany jest pas izolacyjno-podpornościowy ze stosów drewnianych. Ocios odzawałowy, chodnika nadścianowego, uszczelniony jest płótnem wentylacyjnym i piankami chemicznymi.

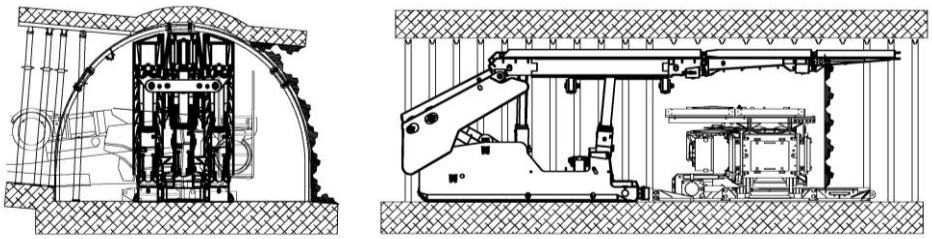


Rys.9. Sposób utrzymywania chodnika nadścianowego za ścianą

Chodnik podścianowy G-4 jest likwidowany za postępem ściany. Na skrzyżowaniu ściany, na odcinku z jednostronnie wybudowanymi łukami ocio-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

sowymi zastosowano obudowę skrzyżowań typu TAGOR-24/50, która przemieszcza się wraz z postępem ściany. Zastosowanie tego typu obudowy na skrzyżowaniu ściana-chodnik podścianowy pozwoli na wyeliminowanie bardzo niebezpiecznych prac związanych z likwidacją chodnika podścianowego za postępem ściany.



Rys.10. Obudowa zmechanizowana chodnika podścianowego

3.2. Organizacja prac i nadzoru

Ściana G-4 eksploatowana jest systemem podłużnym z zawałem stropu, w kierunku od pola. Ściana prowadzona jest bezwnękowo. Urabianie w ścianie G-4 odbywa się dwukierunkowo.

Sekcje liniowe, współpracujące w kompleksie ścianowym z kombajnem, pracują w układzie odsuniętym od przenośnika – „z krokiem wstecz". Kombajn ścianowy porusza się po przenośniku typu RYBNIK-1100, wykonując zabiór o głębokości do 0,8 m.

W zakres jednego cyklu pracy ściany wchodzą następujące czynności:

- zawrębianie, urabianie i ładowanie kombajnem ścianowym,
- przesuwanie sekcji obudowy zmechanizowanej,
- przesuwanie przenośnika ścianowego za pomocą przesuwników sekcji.

Eksploatacja w ścianie prowadzona jest na czterech zmianach wydobywczych. Ilość zmian, postęp, a tym samym wielkość wydobycia, jest regulowana, w zależności od możliwości wentylacyjnych, metanowych oraz organizacyjnych.

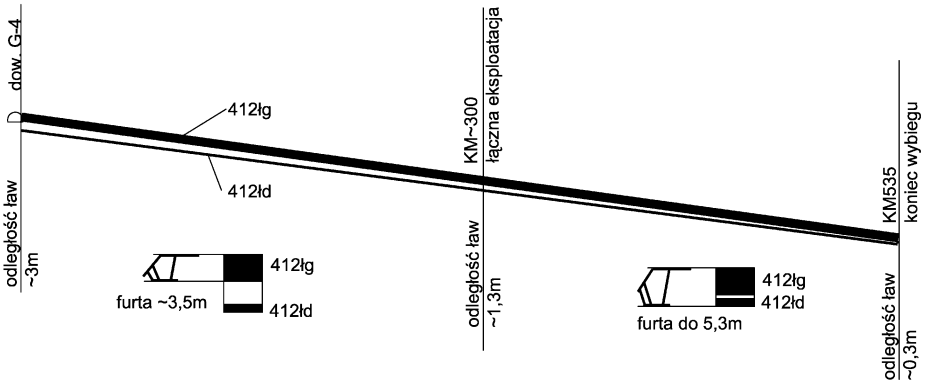
3.3. Furta ścianowa na całym wybiegu

Ścianą G-4 eksploatowany jest pokład 412 łg, na całym wybiegu ściany oraz pokład 412 łd od KM~300. Miąższość pokładu 412 łg w parceli ściany wynosi 3,12 ÷ 3,56 m natomiast miąższość pokładu 412 łd wynosi 0,98 ÷ 1,18 m. Odległość ławy górnej od ławy dolnej pokładu 412 jest zmienna na wybiegu ściany i wynosi od około 3 m w rejonie dowierzchni G-4 do około 0,3 m na końcu wybiegu ściany. Dzięki zastosowaniu obudowy zmechanizowanej typu TAGOR-23/54-POz i TAGOR-23/54-POz/S, o maksymalnym zakresie pracy

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

do 5,3 m, możliwa będzie łączna eksploatacja pokładów 412 łg oraz 412 łd, od KM~300.

Sytuację powyższą obrazuje szkic według chodnika podścianowego G-4



Rys.11. Zakres eksploatacji ściany G-4 w poszczególnych etapach

3.4. Planowane postępy

W trakcie rozruchu ściany G-4 dobiegała końca likwidacja powyżej eksploatowanej ściany G-2 w tym samym pokładzie. Do czasu zakończenia likwidacji ściany G-2, eksploatacja ściany G-4 była ograniczona do 10 m jej postępu, decyzją komisji ds. Atmosfery Kopalnianej i Zagrożeń Aerologicznych w Podziemnych Zakładach Górniczych.

Decydującym czynnikiem determinującym poziom wydobycia ściany G-4 jest wysoki poziom zagrożenia metanowego. Uwzględniając wyniki dynamicznej prognozy metanowości bezwzględnej dla ściany G-4, opracowanej przez KD „Barbara", kopalnia założyła różne wielkości wydobycia w zależności od poziomu metanowości, w różnych przedziałach wybiegu ściany. W związku z powyższym zaplanowano, że wydobycie ze ściany G-4 wyniesie od 2 400 Mg/d do ponad 5 000 Mg/d.

W okresie rozruchu dobowe wydobycie ze ściany G-4 osiągnęło poziom 3 000 Mg/d. Obecnie wydobycie ze ściany G-4 wynosi 3 300 Mg/d, co jest uwarunkowane poziomem występującego zagrożenia metanowego.

4. Podsumowanie

Eksploatacja grubych pokładów na jedną warstwę z wykorzystaniem wysokich kompleksów ścianowych musi być zawsze poprzedzona wcześniejszą głęboką analizą warunków geologiczno-górniczych danych pokładów, występującymi tam zagrożeniami naturalnymi oraz możliwościami techniczno-ruchowymi kopalni.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Chodzi tu przede wszystkim o warunki spągowe i stropowe analizowanych pokładów. Zbyt miękkie skały stropowe i spągowe będą stwarzały duże trudności z utrzymaniem stropu oraz prowadzeniem sekcji obudowy zmechanizowanej o dużej masie. Również zabezpieczanie przerwanego stropu wymagać będzie z uwagi na wysoką furtę, zastosowania w pewnym stopniu innego podejścia niż w ścianach niskich czy średnich, które będzie niestety bardziej czasochłonne. Mówiąc o uwarunkowaniach techniczno-ruchowych to należy mieć na uwadze możliwości kopalni przetransportowania takiego wielkogabarytowego kompleksu z powierzchni w rejon zbrojonej ściany. Również ważnym aspektem prowadzenia eksploatacji wysokim kompleksem ścianowym jest odpowiedni dobór załogi do planowanych robót. Zarówno roboty zbrojeniowo-likwidacyjne, jak i eksploatacyjne wykonywane muszą być poprzez doświadczoną i wykwalifikowaną załogę kopalnianą. Jeżeli jednak są warunki dla zastosowania takiego kompleksu to należy taką eksploatację projektować. Pozwala to znacznie obniżyć koszty produkcji – w porównaniu do eksploatacji na warstwy – ze względu na mniejszą ilość koniecznych do wykonania wyrobisk rozcinających oraz zbrojeń i przezbrojeń ściany, uzyskując przy tym większy uzysk węgla z eksploatowanej parceli grubego pokładu.

Literatura

1. Dokumentacja techniczno-ruchowa kompleksu ścianowego Spółki KOPEX S.A.
2. Materiały promocyjne i reklamowe Spółki KOPEX S.A.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Kompleks Mikrus – nowa technologia wybierania pokładów niskich

Jan Dziura – KOPEX MACHINERY S.A

1. Wstęp

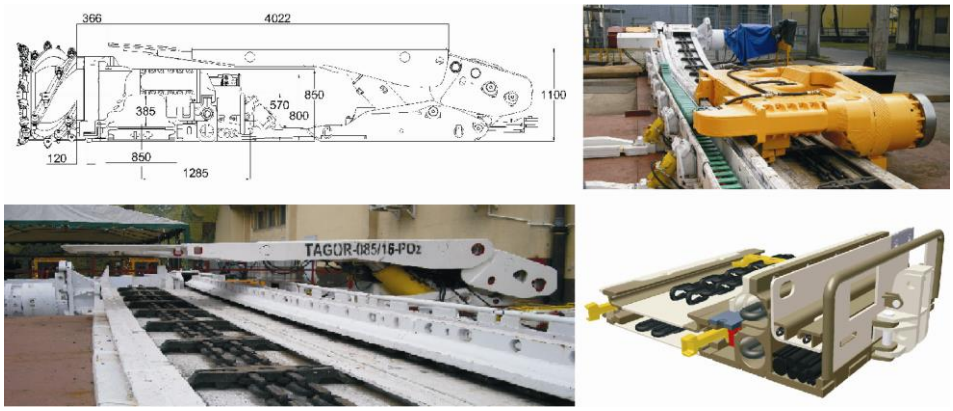
Na podstawie analizy danych o zasobach operacyjnych, około 1 miliarda ton węgla zalega w Polsce w pokładach niskich. W świecie średni udział pokładów niskich w udostępnionych górniczo zasobach węglowych wynosi ok. 30%, co pokazuje ogromny obszar do pozyskania węgla. Koniecznym warunkiem do zagospodarowania tej niszy rynkowej jest opracowanie sprawnego, bezpiecznego i wydajnego systemu ścianowego.

Warunkiem eksploatacji niskich pokładów węgla jest opłacalność, na którą składa się wiele czynników. Jednym z ważniejszych jest bezpieczeństwo załóg górniczych oraz ograniczona gabarytami zdolność tychże załóg do sprawnej obsługi systemu. Innym znaczącym czynnikiem jest czynnik ekonomiczny takiej eksploatacji z punktu widzenia cen węgla na światowych rynkach i koniecznych do poniesienia nakładów inwestycyjnych, aby móc eksploatować ścianowo pokłady niskie.

2. Kompleks ścianowy do wybierania pokładów niskich

Grupa kapitałowa KOPEX opracowała i wykonała na podstawie własnego projektu pt.: „Kompleks ścianowy do wybierania niskich pokładów" urządzenia, które powiązane ze sobą strukturalnie, działając w oparciu o wspólny system sterowania tworzą spójny system ścianowy. System wyposażono w głowicę urabiająco-ładującą z dwoma organami urabiającymi, która jest przemieszczana po przenośniku ścianowym wzdłuż ociosu węglowego za pomocą systemu cięgnowego pod sekcjami obudowy zmechanizowanej (rys.1.). Kompleks umożliwia wybieranie pokładów niskich przy dużej wytrzymałości węgla na ściskanie powyżej 40 MPa i nieregularności zalegania złoża, pozwalając na uzyskanie ekonomicznie opłacalnej wydajności. Dopasowany do głowicy przenośnik ścianowy umożliwia sprawne przemieszczanie głowicy urabiająco-ładującej wzdłuż przodka wydobywczego oraz poprzeczne korygowanie jej położenia. Korekcja położenia przenośnika i głowicy urabiająco-ładującej jest realizowana za pomocą wyspecjalizowanej obudowy zmechanizowanej. Całość kompleksu jest zasilana i sterowana przez zintegrowany system wyposażony w centralny pulpit umieszczony na stanowisku operatora, który zlokalizowany jest w chodniku odstawczym. Podstawowe parametry techniczne nowego rozwiązania podano w tabeli 1.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.1. Kompleks do wybierania pokładów niskich (Źródło: opracowanie własne)

Podstawowe parametry kompleksu

Tabela 1

Parametr	**Wartość**		
Wysokość urabiania	1100 ÷ 1500 mm		
Długość ściany wydobywczej	260 m		
Nachylenie podłużne ściany	35°		
Nachylenie poprzeczne ściany	±20°		
Średnica organu urabiającego	1200 ÷ 1600 mm		
Głębokość urabiania	0,6 m		
Napięcie zasilania	3300 V		
Minimalna wysokość głowicy urabiająco-ładującej nad przenośnikiem	850mm		
Maksymalna zainstalowana moc	1433 kW	silnik urabiania głowicy	500 kW
		silniki posuwu	2 x 60 kW
		silnik wciągarki	13 kW
		silniki napędu przenośnika	2x200/400 kW
Siła posuwu (0 ÷ 50 Hz)	2 x 320 kN		
Prędkość posuwu	0 ÷ 27 m/min		
Przenośnik ścianowy S-850N o wys. profilu E	220 mm		
Całkowita masa głowicy urabiająco-ładującej	ok. 19,2 ton		
Obudowa zmechanizowana Tagor-08,/16-POz	0,85 m ÷ 1,6 m		
Zakładana wydajność godzinowa dla wytrzymałości węgla 40 MPa	560 t/h		
Zakładana wydajność godzinowa dla wytrzymałości węgla 10 MPa	800 t/h		

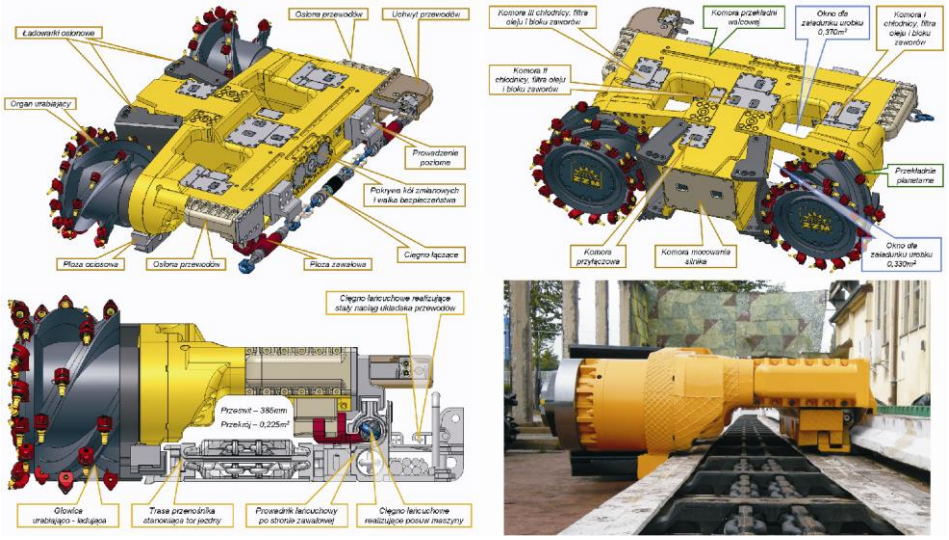
(Źródło: opracowanie własne)

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

3. Głowica urabiająco-ładująca

Urządzeniem urabiającym ocios węglowy w prezentowanym niskim kompleksie jest głowica urabiająco-ładująca (rys. 2). Nieskomplikowana budowa, maksymalne uproszczenie układu napędowego ślimakowych organów urabiających, zastosowanie wewnętrznego smarowania wraz z układem intensywnego chłodzenia przekładni zapewniają niezawodną, w pełni bezobsługową, pracę głowicy. Dodatkowo specjalnie ukształtowany korpus głowicy uzupełniony ładowarkami zapewnia płynne ładowanie urobku na przenośnik ścianowy przy prędkościach posuwu do 13 m/min.

Integralną częścią głowicy urabiająco-ładującej jest mechanizm posuwu usytuowany poza urządzeniem. Głowica urabiająco-ładująca pracuje na przenośniku i ciągnięta jest wzdłuż czoła ściany łańcuchem. Od strony zawału urządzenie podparte jest ślizgowo na prowadniku stanowiącym element rynny przenośnika, a od strony ociosu na klinie ładującym. Na obu końcach głowicy urabiająco-ładującej od strony zawału znajdują się płozy ustalające poprzecznie głowicę urabiająco-ładującą, przez które przewleczone jest cięgno łączące z zaczepami służącymi do zamocowania łańcucha pociągowego. W czasie pracy przedni organ, którego średnica powinna odpowiadać miąższości pokładu, urabia i ładuje urobek tworząc wolną przestrzeń dla ładowarek osłonowych zamocowanych na korpusie głowicy i tylnego organu urabiającego. Tylny organ spełnia funkcję dodatkowego urządzenia ładującego pozostałość urobku. Pomiędzy ładowarkami w korpusie zabudowany jest silnik napędowy organów urabiających.



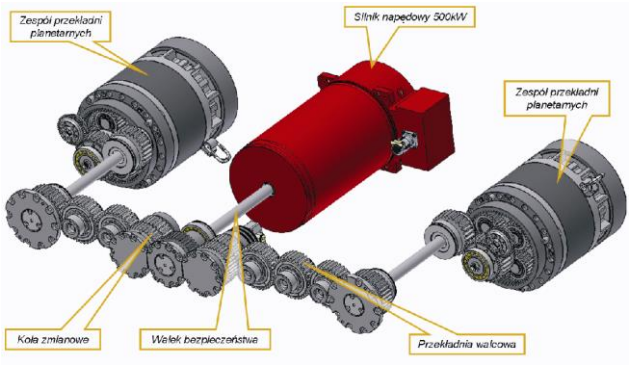
Rys.2. Głowica urabiająco-ładująca GUŁ-500 (Źródło: opracowanie własne)

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Napęd organów urabiających jest głównym zespołem głowicy urabiająco-ładującej (rys. 3). W kadłubie prostopadle do osi wzdłużnej zamocowano silnik napędowy. Napęd z silnika przez wałek skrętny przenoszony jest na przekładnię napędową wyposażoną w koła zmianowe. Przekładnia napędowa rozprowadza moment obrotowy na oba organy urabiające. We wnętrzu organów urabiających zabudowane są dwustopniowe przekładnie planetarne. Wały wyjściowe przekładni posiadają kwadratowe końcówki sprzęgłowe służące do zamocowania organów urabiających.

Instalacja smarowania i chłodzenia zapewnia właściwe smarowanie wszystkich węzłów przekładni napędowej oraz prawidłową temperaturę pracy całego układu napędowego. Zastosowanie instalacji smarowania i chłodzenia zapewnia możliwość pracy przekładni napędowej z pełną mocą przy optymalnych warunkach smarowania bez względu na nachylenie ściany.

W głowicy urabiająco-ładującej zastosowane są dwa ślimakowe organy urabiające z przeciwnymi kierunkami zwojów. Organy urabiające wyposażono w instalację wewnętrznego zraszania. Woda do organów urabiających dostarczona jest przez drążone wały przekładni planetarnych. Organy zostały przystosowane do zawrębiania prostopadłego w stosunku do kierunku urabiania.



Rys.3. Przekładnia napędowa organów urabiających GUŁ-500 (Źródło: opracowanie własne)

Pomiędzy organami urabiającymi, w polu przyociosowym maszyny, zainstalowane są dwie ładowarki umocowane do kadłuba urządzenia. Do czołowych płyt ładowarek od spodu przy spągu zamocowano wychylne płyty zgarniające o określonym zakresie obrotu. W zależności od kierunku urabiania płyty mogą być odchylane, co zapobiega gromadzeniu się pomiędzy organami urabiającymi niezaładowanego urobku i zabezpiecza przed blokowaniem głowicy urabiająco-ładującej.

Integralną częścią głowicy urabiająco-ładującej są zespoły napędowe posuwu umieszczone poza urządzeniem (rys. 4). Dwa zespoły napędowe wraz z przekładniami, umocowane są na kadłubach napędowych przenośnika ściano-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

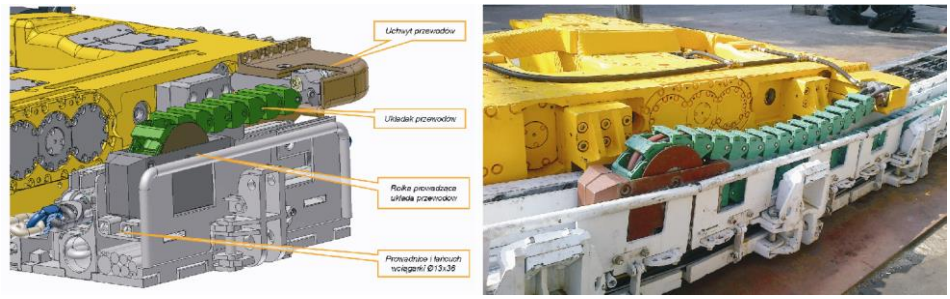
wego. W mechanizmie zastosowane zostały asynchroniczne silniki sterowane za pomocą falowników, co umożliwia automatyczną regulację posuwu w zależności od obciążenia silników napędowych maszyny. Cięgłem roboczym jest łańcuch ogniwowy, przewinięty przez gwiazdy napędowe mechanizmu i zaczepiony na obu końcach do cięgna głowicy urabiająco-ładującej. Łańcuch prowadzony jest wzdłuż przenośnika zgrzebłowego w specjalnych prowadnikach, które również spełniają funkcję prowadzenia dla głowicy urabiająco-ładującej.



Rys.4. Zespół napędowy posuwu GUŁ-500 (Źródło: opracowanie własne)

W głowicy urabiająco-ładującej znajdują się: skrzynka zaciskowa silnika służąca do podłączenia kabla zasilającego, koncentrator sygnałów z czujników: temperatury, ciśnienia, siły oraz uchwyt kabla i przewodów wodnych prowadzonych w układaku. Pozostałe niezbędne wyposażenie elektryczne zostało umieszczone w stacjach zasilających zlokalizowanych w chodnikach nadścianowym i podścianowym.

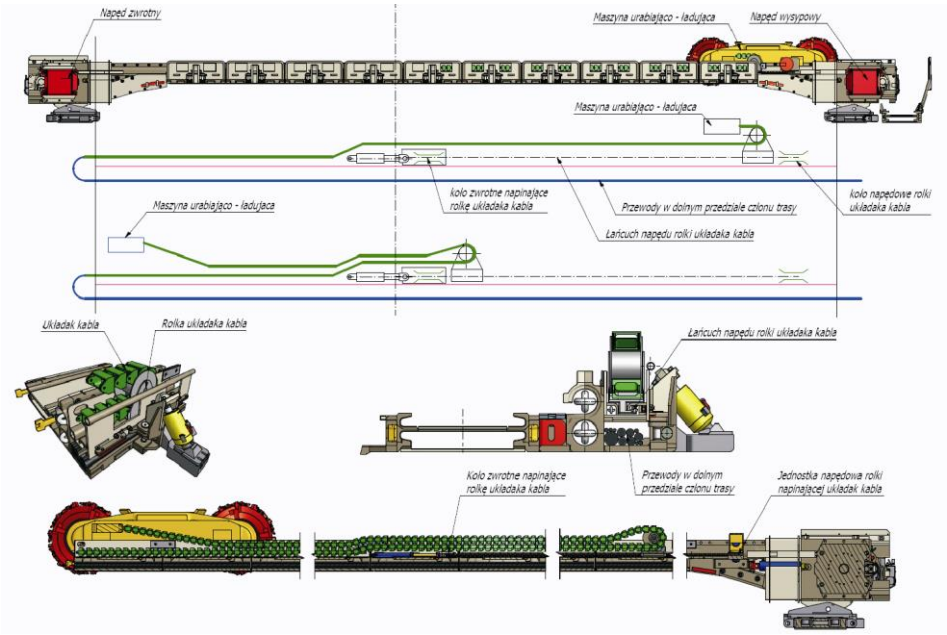
Prowadzenie układaka przewodów zostało zrealizowane za pomocą łańcuchowego układu napinającego z rolką (rys. 5). Sterowany on jest przez przemiennik częstotliwości. Mechanizm prowadzenia układaka przystosowany jest do zabudowy w specjalnej zastawce przenośnika zgrzebłowego, a napęd cięgna utrzymującego stałą siłę naciągu układaka wraz z przewodami zasilającymi tj. silnik elektryczny i wciągarka łańcuchowa, umieszczony został w chodniku. Rozwiązanie to ma za zadanie nie dopuścić do powstawania pętli układaka przy nawrotach głowicy oraz zapewnić stałą siłę naciągu uzyskiwaną dzięki zasilaniu z przemiennika częstotliwości.



Rys.5. Mechanizm prowadzenia przewodów zasilających GUŁ-500 (Źródło: opracowanie własne)

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Przemiennik częstotliwości zasilający silnik napędu wciągarki układaka przewodów pracuje w trybie stałomomentowym niezależnie od kierunku i prędkości posuwu głowicy (również na postoju), utrzymując zadaną siłę naciągu układaka. Prędkość przemieszczania rolki napinającej to ½ prędkości posuwu maszyny. Mechanizm prowadzenia przewodów zasilających może być stosowany w prawej lub lewej ścianie (rys. 6).



Rys.6. Łańcuchowy zespół napinania i prowadzenia przewodów zasilających GUŁ-500 (Źródło: opracowanie własne)

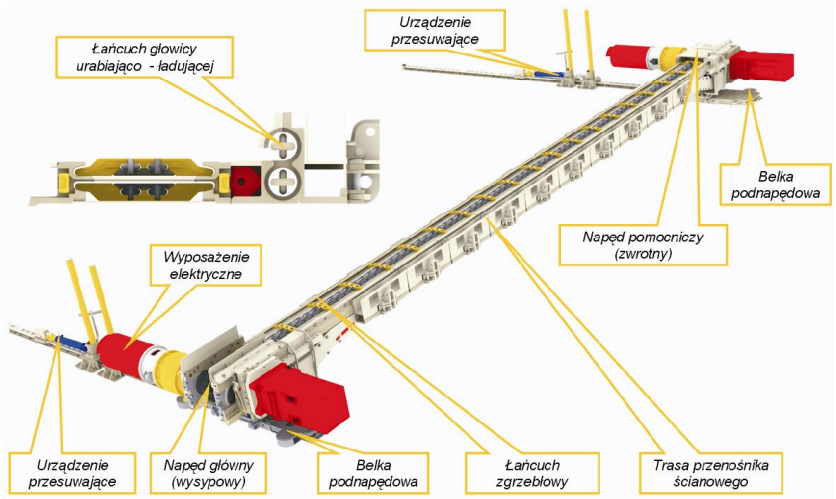
4. Ścianowy przenośnik zgrzebłowy Ryfama S-850N

Przenośnik ścianowy przeznaczony jest do odstawy urobku w ścianie niskiej urabianej przez głowicę urabiająco-ładującą, a jednocześnie trasa przenośnika stanowi tor jezdny głowicy i dzięki specjalnym umieszczonym po stronie zawałowej prowadnikom, umożliwia bezpieczne prowadzenie cięgna łańcuchowego realizującego posuw głowicy urabiająco-ładującej.

Napęd główny (wysypowy), jak i napęd pomocniczy (zwrotny) są zbudowane z tych samych podstawowych podzespołów to jest: kadłuba napędu, bębna łańcuchowego, reduktora planetarnego, sprzęgła z obudową, sprzęgła zębatego, bloku dystansowego, kompletu wyrzutnikowego, bloku napędu posuwu głowicy urabiająco-ładującej, itp. (rys. 7).

Montaż i demontaż wałów napędowych przenośnika zgrzebłowego możliwy jest bez konieczności demontażu jednostek napędowych przenośnika i posuwu głowicy.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.7. Ścianowy przenośnik zgrzebłowy Ryfama S-850N (Źródło: opracowanie własne)

Jednostka napędowa napędu łańcucha zgrzebłowego składa się z silnika elektrycznego, sprzęgła elastycznego oraz przekładni walcowo-planetarnej wielkości „25”.

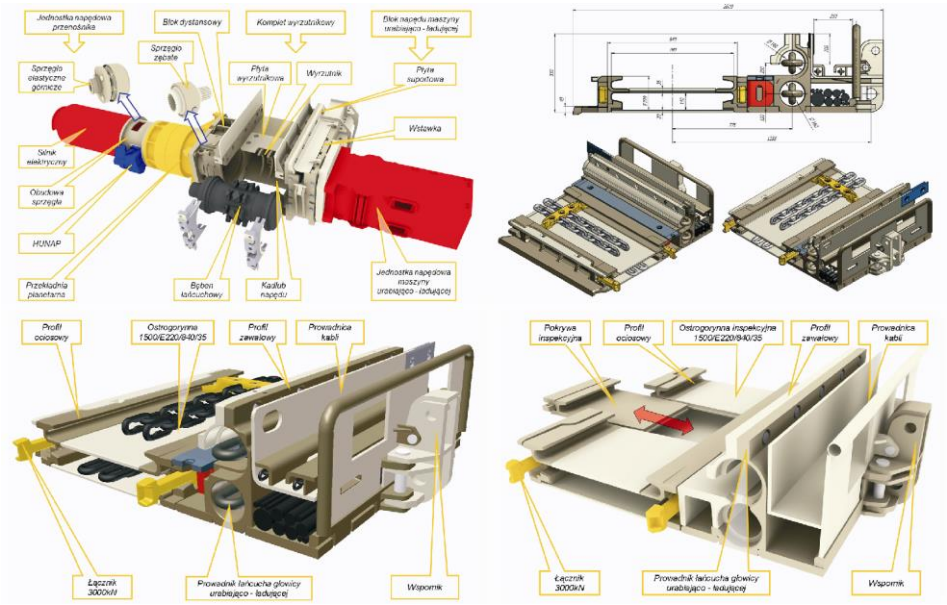
Silnik elektryczny jest mocowany do przekładni za pomocą obudowy sprzęgła, natomiast wał silnika łączony jest z wałem przekładni poprzez sprzęgło elastyczne. Jednostki napędu łańcucha zgrzebłowego montowane są po stronie ociosowej (rys. 8). Sposób napinania łańcucha zgrzebłowego realizowany jest przez układ napinający silnikiem hydraulicznym z hamulcem.

Jednostki napędowe napędu łańcucha głowicy urabiająco-ładującej zabudowane są na napędzie wysypowym i zwrotnym po stronie zawałowej. Napinanie łańcucha pociągowego głowicy realizowane jest za pomocą siłowników hydraulicznych.

Rynny trasy wykonane są na bazie dwóch odlewanych profili E220. Profil ociosowy wykonany jest z klinem ładującym a profil zawałowy połączony jest z prowadnikiem głowicy urabiająco-ładującej. Profile połączone są ze sobą blachą ślizgową oraz dolną blachą zamykającą (przyspągową). Trasa przenośnika posiada możliwość realizacji korekcji poprzecznej poprzez siłownik korekcyjny zabudowany pomiędzy belką układu przesuwnego sekcji obudowy zmechanizowanej a zastawką rynny.

Człony dołączne stanowią elementy łączące trasę przenośnika z napędami. Podbudowa napędu jest konstrukcją spawaną pozwalającą na obrót posadowionego napędu w dwóch płaszczyznach, przesunięcie równoległe do ściany oraz podwyższenie lub obniżenie napędu.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.8. Budowa ścianowego przenośnika zgrzebłowego Ryfama S-850N (Źródło: opracowanie własne)

5. Obudowa zmechanizowana TAGOR-0,85/1,6-POz

Kompleks wyposażony będzie w obudowę TAGOR-085/16-POz (rys. 9). Jest to obudowa dwustojakowa z lemniskatową stabilizacją prowadzenia stropnicy pracująca z krokiem wstecz. Stojaki jednostopniowe o średnicy tłoka Ø250 i tłoczyska Ø200, zasilane ciśnieniem do 30 MPa, ciśnienie nastawy na zaworze przelewowym 48 MPa. Przesuwnik sekcji Ø120/80 zasilany przez tłoczysko. Jedna podpora stropnicy Ø160/100 pracująca na podwójnym zaworze zwrotnym z zaworami przelewowymi 48 MPa na przestrzeni nadtłokowej i 34 MPa na podtłokowej co daje odpowiednio siły 588 kN i 683 kN.

Obudowa ma stropnicę sztywną i spągnicę typu katamaran, belka układu przesuwnego wyposażona jest w łącznik umożliwiający regulację długości oraz gniazda mocujące siłownik korekcji poprzecznej trasy przenośnika. Stropnica i osłona odzawałowa wyposażona jest w osłony boczne ruchome, wysuwane dwoma siłownikami Ø90/63 dla stropnicy i jednym siłownikiem dla osłony odzawałowej. Osłony boczne prowadzone są na dwóch prowadnikach bez sprężyn mechanicznych. Sterowanie obudową oparte jest o system E+H z minimum 10 funkcyjnym.

Funkcja korekcji poprzecznej przenośnika zrealizowana jest przez podsystem Tibatron (prod. Tiefenbach), w którym siłowniki korekcji poprzecznej połączone są w grupach co 5, 6 siłowników. W przedstawionym rozwiązaniu żądane pochylenie ustawiane będzie przez system sterowania kompleksem.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.9. Obudowa ścianowa zmechanizowana TAGOR-0,85/1,6-POz
(Źródło: opracowanie własne)

6. System sterowania kompleksem ścianowym EH-WallControl

Bezawaryjną, automatyczną pracę, prowadzoną w optymalny sposób z wykorzystaniem maksymalnie zainstalowanej mocy kompleksu dla panujących warunków górniczo-geologicznych dla osiągnięcia najwyższej efektywności zapewnia system sterowania urządzeniami kompleksu. Oparty jest on o rozwiązania systemu automatyki EH-WallControl (rys. 10).

Do systemu automatyki dostarczane są informacje o pracy wszystkich urządzeń przodka ścianowego. Na podstawie tych informacji system wypracowuje sygnały do sterowania urządzeń (przenośników, sekcji obudowy, pomp itp.). W przypadku pojawienia się informacji o zagrożeniach lub stanów przedawaryjnych w poszczególnych urządzeniach system sygnalizuje to na stanowisku operatora. W przypadku przekroczenia dopuszczalnych parametrów pracy lub wystąpienia stanów awaryjnych system wyłączy poszczególne urządzenia lub zatrzyma cały kompleks. System przystosowany jest do transmisji danych na powierzchnię.

Operator ze względów bezpieczeństwa ma możliwość uruchomienia w trybie awaryjnym poszczególnych urządzeń nawet w przypadku zagrożenia awarią. Stan taki jest odrębnie i wyraźnie zarejestrowany.

Stanowisko operatora to specjalna kabina umieszczona w chodniku podścianowym i przesuwana wraz z postępem ściany. Na stanowisku operatora wizualizowane są na ognioszczelnym monitorze wszystkie dane o pracy urządzeń kompleksu ścianowego, dostępne w poszczególnym menu wywoływanym na polecenie operatora.

Ponieważ w trakcie pracy kompleksu nie przewiduje się obsługi w ścianie, jedynie obecni będą obserwatorzy, ze stanowiska operatora załączane będą napędy poszczególnych urządzeń.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.10. System sterowania kompleksem ścianowym (Źródło: opracowanie własne)

W cyklu pracy automatycznej operator steruje tylko prędkością posuwu głowicy urabiająco-ładujacej, natomiast pracą pozostałych urządzeń (przenośników, sekcji obudowy, pomp itp.) sterował będzie układ nadrzędny automatyki kompleksu ścianowego. Operator w dowolnym momencie ma możliwość przejścia na pracę ręczną i zmianę parametrów pracy urządzeń (np. ustawienia siłowników korekcyjnych obudowy lub zmianę uzależnienia prędkości przenośnika ścianowego od prędkości posuwu kombajnu).

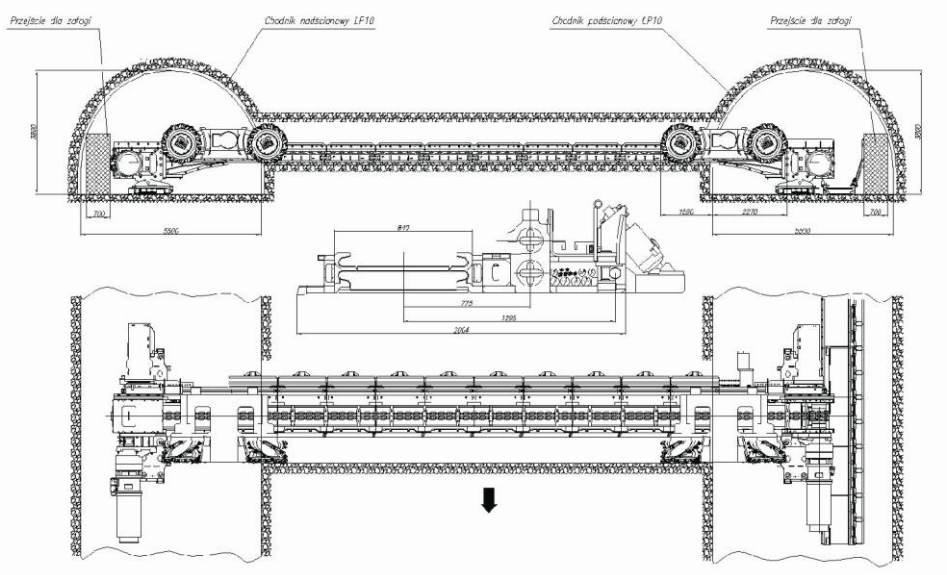
Operator może w dowolnym momencie wyłączyć oraz zablokować możliwość załączenia dowolnego urządzenia (lub też wszystkich urządzeń kompleksu) na zasadzie wyłącznika bezpieczeństwa.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Stanowisko operatora wyposażone jest w układy umożliwiające obsługę wyłącznie przez uprawnione osoby oraz w układy tzw. „martwej ręki" wyłączające urządzenia kompleksu w przypadku np. zasłabnięcia operatora. Stanowisko operatora wyposażone jest w środki łączności głośnomówiącej oraz bezpośrednie połączenie z dyspozytorem kopalni.

7. Technologia urabiania

Kompleks ścianowy do wybierania niskich pokładów ze względu na swoją konfigurację sprzętową wymaga przygotowania chodników: podścianowego i nadścianowego w obudowie łukowej min. ŁP-10 lub większej. Napędy przenośnika ścianowego: wysypowy i zwrotny, posadowione na belce podnapędowej usytuowane będą w chodnikach, co zapewni możliwość wyjazdu głowicy urabiająco-ładującej do przestrzeni chodników (rys. 11).

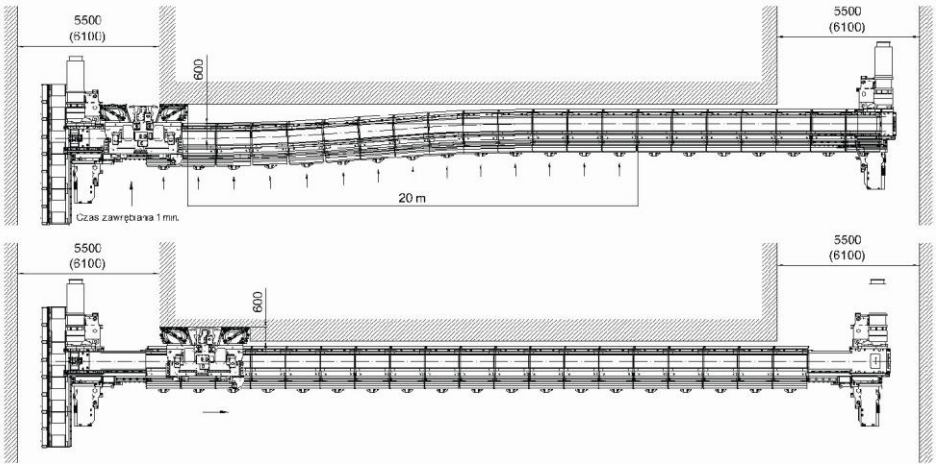


Rys.11. Usytuowanie kompleksu w ścianie (Źródło: opracowanie własne)

To funkcjonalne rozwiązanie umożliwia zawrębienie organu, który pozostaje w ścianie, w sposób prostopadły do kierunku ruchu maszyny (rys. 12). Przewidywany czas zawrębienia to ok. 1 minuta. Organy urabiające głowicy przystosowano do takiego sposobu zawrębienia. Niewielki czas zawrębiania pozwoli na zwiększenie wydajności całego kompleksu. Po zawrębieniu głowica urabiająco-ładująca rozpocznie eksploatację ściany na całej jej długości. Bezpośrednio po przejeździe głowicy urabiajaco-ładującej następować będzie przekładka przenośnika ścianowego, tak aby w obu kierunkach urządzenie wydobywcze było w kontakcie z ociosem (ważne w przypadku ścian nachylonych). Po dojeździe do końca ściany w drugim chodniku następować będzie ponowne zawrębienie i urabianie w przeciwnym kierunku.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Na końcach przenośnika ścianowego w obrębie napędów umieszczono wyłączniki krańcowe oraz mechaniczny zderzak zabezpieczający przed niekontrolowanym wyjazdem głowicy urabiająco-ładującej do chodników.



Rys.12. Zawrębienie prostopadłe (Źródło: opracowanie własne)

Korekcja poprzeczna położenia przenośnika wraz z głowicą urabiająco-ładującą wykonywana będzie za pomocą siłowników korekcyjnych, umocowanych pomiędzy belkami przesuwnymi obudowy zmechanizowanej i zastawkami przenośnika ścianowego, na całej długości ściany. Korekcja poprzeczna głowicy urabiająco-ładującej względem przenośnika może być wykonywana przez regulację wysokości płóz ociosowych.

8. Podsumowanie

Połączenie najlepszych cech systemu strugowego i kombajnowego w urządzeniach kompleksu ścianowego pozwala na innowacyjne podejście do eksploatacji ścian niskich, a wykorzystanie zaawansowanych systemów sterowania i diagnostyki umożliwia budowę w pełni zautomatyzowanego kompleksu ścianowego do urabiania cienkich pokładów charakteryzującego się następującymi cechami:

- zautomatyzowanie procesu eksploatacji, czemu sprzyja prosta budowa głowicy i wyniesienie wszelkich urządzeń sterujących do chodników przyścianowych (podścianowe stanowisko operatorskie), co pozwala na sterowanie i obsługę urządzeń kompleksu ze stref bezpiecznych, bez konieczności przebywania załogi bezpośrednio w przodku wydobywczym.
- zastąpienie głowicy strugowej, głowicą wyposażoną we frezujące, ślimakowe organy urabiające, stosowane powszechnie w systemach kombajnowych, pozwala na urabianie calizny o dużej twardości, z przerostami ka-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

miennymi, i stanowi innowacyjne połączenie zalet obu systemów eksploatacji,

- niewielkie wymiary głowicy urabiająco-ładującej, przy dużej mocy zainstalowanej do napędu frezujących organów ślimakowych, oraz bardzo efektywne jej wykorzystanie, stawia nowe rozwiązanie wysoko w rankingu urządzeń urabiających poprzez frezowanie calizny,
- podniesienie efektywności eksploatacji w niskiej ścianie, dzięki zwartości konstrukcji, przy jednoczesnym zapewnieniu odpowiednio dużych przestrzeni do załadunku urobku na przenośnik zgrzebłowy i wspomaganiu ładowania odpowiednio ukształtowanymi ładowarkami,
- prosta budowa głowicy urabiająco-ładującej i wysoka niezawodność,
- zastosowanie układów zapewniających stabilne warunki pracy przekładni mechanicznych, co do temperatury pracy i czystości oleju smarującego, podnosi trwałość i wydłuża okresy międzyprzeglądowe dla poszczególnych urządzeń kompleksu,
- zastąpienie wleczonego układaka wraz z przewodami zasilającymi systemem prowadzenia układaka i kontroli siły jego napięcia, z pełną synchronizacją prędkości głowicy urabiająco-ładującej oraz zapewnieniem pełnej synchronizacji z usytuowaniem maszyny w ścianie wydobywczej,
- sterowanie pracą obudów zmechanizowanych i przenośnika ścianowego na drodze elektrohydraulicznej z uwzględnieniem pełnego monitoringu biernego i aktywnego, tak aby dokonywać okresowego wyrównywania frontu ściany, podążanie głowicy urabiająco-ładującej za złożem, kontrola spełzania przenośnika przy ścianach nachylonych.

Pełna realizacja przedsięwzięcia obejmuje wytworzenie wszystkich urządzeń kompleksu ścianowego na podstawie opracowanej dokumentacji technicznej, prace badawcze obejmujące badania stanowiskowe (rys. 13) oraz próby i badania eksploatacyjne kompleksu ścianowego. Próby eksploatacyjne zostaną przeprowadzone w KWK „Jas-Mos” w pokładzie 505/łg w ścianie 53a. Ściana badawcza będzie miała długość 145 m a jej wybieg to 135 m. Zbrojenie ściany rozpocznie się w styczniu 2013 r.



Rys.13. Stanowisko prób kompleksu (Źródło: opracowanie własne)

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Przedstawiony kompleks ścianowy do wybierania niskich pokładów to rozwiązanie niespotykane w skali światowej, umożliwiające wprowadzenie na rynek maszyn górniczych nowego produktu, pozwalającego na prowadzenie opłacalnej i bezpiecznej eksploatacji pokładów niskich, a innowacyjne rozwiązania zawarte w projekcie otwierają nowe możliwości wybierania tego typu pokładów przy zachowaniu efektywnej wydajności nawet w trudnych warunkach górniczo-geologicznych, wpływają na wydatne zmniejszenie zagrożenia bezpieczeństwa załogi górniczej, a przez automatyzację - poprawiają komfort obsługi i pracy ludzi obsługujących ścianę.

Literatura

1. Opracowania własne ZZM S.A.
2. Dziura J.: Dokumentacja techniczno-ruchowa „Instrukcja obsługi" urabiająco-ładującej typu GUŁ 500 G-2221 maj 2012.
3. Dziura J. Skrzypiec A. Tytko S. Walczak Z.: Kompleks ścianowy do wybierania cienkich pokładów. Międzynarodowa Konferencja TUR 2011.
4. Dziura J.: Warunki techniczne głowicy urabiająco-ładującej typu GUŁ 500 G-2221 maj 2012.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Tworzenie innowacyjnego rozwiązania kombajnu ścianowego do urabiania pokładów niskich. Projekt realizowany w ramach inicjatywy IniTech

Teodor Winkler, Zdzisław Budzyński, Andrzej Mazurkiewicz, Dariusz Prostański, Krzysztof Stankiewicz, Magda Szczygłowska, Jarosław Tokarczyk – Instytut Techniki Górniczej KOMAG, **Michał Marcińczyk** - KOPEX MACHINERY S.A.

1. Organizacja projektu

Projekt pt.: „Innowacyjne rozwiązania maszyn wydobywczych podnoszące bezpieczeństwo energetyczne kraju" (akronim INERG) realizowany jest przez konsorcjum naukowo-przemysłowe, w skład którego wchodzą: Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Zabrzańskie Zakłady Mechaniczne S.A. oraz KOPEX Technology Sp. z o.o. Koordynatorem projektu jest ITG KOMAG. Projekt realizowany jest w ramach Przedsięwzięcia „IniTech", dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, w okresie: styczeń 2010 r. – grudzień 2014 r.

Celem projektu badawczego jest opracowanie prototypu innowacyjnego kombajnu ścianowego przeznaczonego do ścian niskich, umożliwiającego urabianie węgla w systemie ścianowym przy różnych warunkach górniczo-geologicznych zalegania pokładu węgla i zapewniającego bezpieczeństwo załogi.

Podstawowymi elementami struktury organizacyjnej zespołu projektu są: Komitet Sterujący oraz Zespół Zarządzania Projektem. Do zadań Komitetu należy całościowy nadzór nad realizacją projektu przez konsorcjum, koordynacja prac zespołów roboczych oraz rozstrzyganie kwestii spornych. W jego składzie znajdują się dyrektorzy ze strony każdego z konsorcjantów oraz Kierownik Projektu. Celem prowadzenia nadzoru nad zgodnością realizacji prac z zapisami wniosku, harmonogramem i kosztorysem oraz poprawnością rozliczeń finansowych, dokumentacji sprawozdawczej i projektowej powołany został Zespół Zarządzania Projektem, w skład którego wchodzą przedstawiciele działów m.in.: finansowego, jakości i analiz ze strony każdego z konsorcjantów.

Zgodnie z zaplanowanym harmonogramem działań zespołu projektowego, regularnie odbywają się spotkania plenarne, przedmiotem których jest nadzór nad realizacją zadań głównych i szczegółowych. W celu monitorowania działań i kontroli postępu prac oraz omawiania bieżących problemów projektowych, organizowane są spotkania robocze w trybie miesięcznym.

Jedną z podstawowych metod rozliczania właściwej realizacji prac w projekcie jest raportowanie w trybie półrocznym do NCBiR-u. Równolegle opracowywane są zbiorcze sprawozdania wewnętrzne ze zrealizowanych zadań, archi-

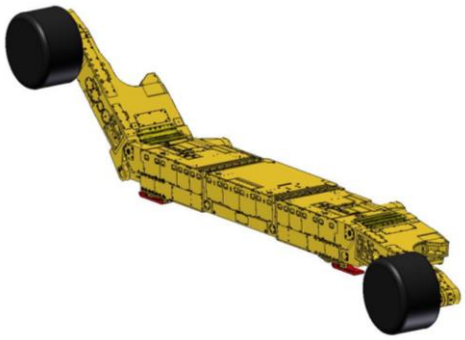
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wizowane wraz z dokumentami będącymi ostatecznym, bądź cząstkowym wynikiem poszczególnych zadań.

2. Założenia projektu

Kombajn będący przedmiotem projektu otrzymał oznaczenie KSW-800NE. Jest to maszyna przeznaczona do dwukierunkowego mechanicznego urabiania i ładowania węgla w pokładach zaliczanych do niskich. Kombajn ma strukturę modułową, przez co nadaje się także do urabiania pokładów średnich. Wynika to z faktu, że największa część zasobów węgla w Polsce zalega w pokładach klasyfikowanych jako niskie i średnie.

Moce zainstalowane w głowicach urabiających i w systemie posuwu pozwalają na urabianie pokładów twardych oraz zanieczyszczonych. Dzięki rozbudowanym systemom sterowania i diagnostyki, kombajn jest w pełni przystosowany od pracy w automatycznych kompleksach ścianowych.



Rys.1. Postać konstrukcyjna kombajnu KSW-800NE, [wszystkie rysunki zamieszczone w rozdziale powstały w toku realizacji projektu]

3. Struktura zadań projektu

W ramach realizowanych zadań w projekcie KOPEX MACHINERY S.A. opracowało:

- założenia konstrukcyjne wstępnego rozwiązania konstrukcyjnego oraz projektu wstępnego kombajnu,
- postać konstrukcyjną prototypu kombajnu, a w tym:
  - zespoły napędowo hydrauliczne,
  - zespół zasilająco-sterujący,
  - instalację hydrauliczną,
  - instalację wodną,
  - instalację centralnego smarowania,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

  - osprzęt kombajnowy,
- technologię wytworzenia prototypu kombajnu.

Zadania realizowane przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG obejmują:

- opracowanie założeń konstrukcyjnych, wstępnego rozwiązania konstrukcyjnego, postaci konstrukcyjnej oraz nadzoru konstruktorskiego dla następujących zespołów kombajnu:
  - przekładni zębatej ramienia wraz z kadłubem i łącznikiem do przegubu kombajnu,
  - instalacji wymuszonego smarowania i chłodzenia,
  - instalacji zraszającej powietrzno-wodnej,
  - napędu ładowarki osłonowej,
  - wizyjnego systemu kontroli warunków pracy: podsystemu obserwacji warunków pracy, podsystemu termowizji,
  - przekładni bocznych,
  - podsystemu wibrodiagnostycznego,
  - podsystemu elektronicznego znakowania i identyfikacji.

4. Potencjał innowacyjny projektu

4.1. Ogólna charakterystyka innowacji produktowych i procesowych

W toku realizacji projektu powstały innowacyjne rozwiązania o charakterze produktowym i procesowym. Do innowacyjnych rozwiązań o charakterze produktowym należą :

- struktura modułowa kombajnu pozwalająca na szeroki zakres wysokości urabiania,
- podsystem zraszania,
- podsystem kontroli warunków pracy (wizyjny i termowizyjny),
- podsystem wibrodiagnostyki,
- podsystem elektronicznej identyfikacji elementów oparty na technologii RFID,
- ramię kombajnu z miejscami przyłączania systemów zraszania, wodnego i smarowania, kamerami i czujnikami RFID,
- kruszarka zintegrowana z ramieniem,
- centralny komputer w pociągu aparaturowym w chodniku podścianowym.

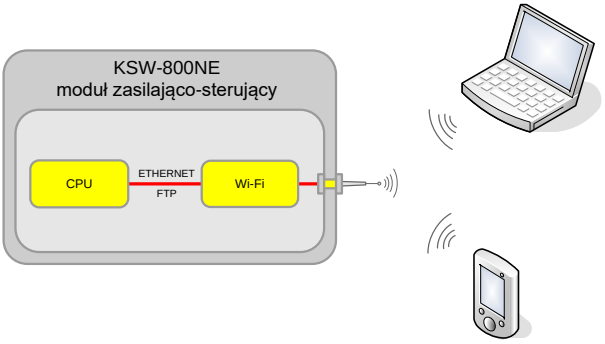
Innowacje o charakterze procesowym to zastosowanie wirtualnego prototypowania we wczesnych fazach rozwoju konstrukcji kombajnu, wykorzystujące metody: elementu skończonego, analizy ciała sztywnego, komputerowej dynamiki płynów.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

4.2. Innowacje o charakterze produktowym

Moduł zasilająco-sterujący kombajnu (rozwiązanie KOPEX MACHINERY S.A.)

W module zasilająco-sterującym kombajnu zastosowano technologię Wi-Fi do bezprzewodowego odczytu danych z karty pamięci, parametryzacji oraz zmiany programu sterownika głównego kombajnu, rysunek 2.



Rys.2. Moduł zasilająco-sterujący kombajnu

System kamer wizyjnych w kombajnie wraz z systemem przesyłu po sieci światłowodowej (rozwiązanie KOPEX MACHINERY S.A.)

Ognioszczelna kamera obserwacyjna typu OKO jest przeznaczona do pracy w podziemnych zakładach górniczych, a w szczególności do pracy na kombajnach ścianowych i chodnikowych. Część elektryczna kamery jest iskrobezpieczna, a sygnał wizyjny z kamery jest wyprowadzony poprzez złącze światłowodowe. Przetwornik obrazu umieszczony w kamerze dostarcza ostrego obrazu, a reakcja na zmienne warunki oświetleniowe następuje natychmiastowo. Mimo, że obudowa kamery jest ognioszczelna, posiada ona niewielkie wymiary gabarytowe. Kamera typu OKO wraz z systemem zraszania tworzą kompleksowe rozwiązanie dla maszyn pracujących w ciężkich warunkach dołowych, dla których wymagana jest obserwacja pola działania maszyny.

Dwukierunkowa transmisja danych z kombajnu z wykorzystaniem Ethernetu w oparciu o łącza elektryczne lub technikę światłowodową (rozwiązanie KOPEX MACHINERY S.A.)

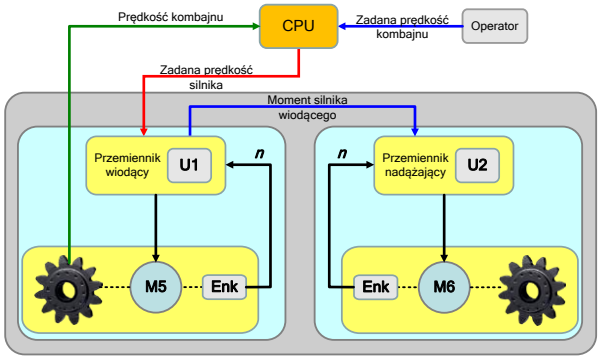
Do dwukierunkowej komunikacji pomiędzy kombajnem, a innymi maszynami i urządzeniami wchodzącymi w skład nowoczesnych systemów ścianowych stosowana jest sieć Ethernet z wykorzystaniem protokołu TCP/IP. Transmisja danych z kombajnu odbywa się z wykorzystaniem kabla zasilającego lub technologii światłowodowej. Ta sama technologia może posłużyć do monitorowania procesu wydobywczego w centrum dyspozytorskim kopalni, a także umożliwi wizualizację danych w dyspozytorni Producenta. Dzięki takim

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

rozwiązaniom służby serwisowe będą mogły wcześniej wykryć nieprawidłowości w pracy kombajnu oraz zapobiegać możliwym awariom.

Kompaktowy zespół przemienników częstotliwości z oddawaniem energii do sieci (rozwiązanie KOPEX MACHINERY S.A.)

Kompaktowy zespół przemienników częstotliwości umożliwia zwrot energii do sieci podczas dynamicznego hamowania maszyny, rysunek 3.



Rys.3. Kompaktowy zespół przemienników częstotliwości z oddawaniem energii do sieci

Pozwala to zarówno na bardziej efektywną pracę układu posuwu podczas eksploatacji maszyny na upadzie, jak również podnosi bezpieczeństwo maszyny dzięki skróceniu czasu hamowania kombajnu poruszającego się z pełną prędkością. Ponadto, dzięki zastosowaniu czujników położenia kątowego wału wirnika silników posuwu kombajnu oraz szybkiej magistrali światłowodowej łączącej sterowniki przemienników częstotliwości, zostanie zaimplementowana funkcja wyrównywania momentów obciążeń między jednostkami napędowymi kombajnu. Zwiększa to efektywność układu napędu posuwu oraz zmniejsza zużycie części mechanicznych zespołu napędowego.

Ramię R350N (rozwiązanie ITG KOMAG)

Ramię R350N jest pierwszym ramieniem, w którym elementy powietrzno-wodnej instalacji zraszającej, wymuszonego smarowania, elektrycznej i hydraulicznej znajdują się w wydzielonym kanale kadłuba, co nie zwiększa zewnętrznych gabarytów ramienia. Wydzielenie dodatkowego miejsca na prowadzenie kanałów stało się możliwe w wyniku optymalizacji rozkładu przełożeń w przekładni planetarnej.

Przekładnia boczna mechanizmu jazdy kombajnu (rozwiązanie ITG KOMAG)

Opracowano dwa warianty konstrukcyjne przekładni bocznej mechanizmu jazdy kombajnu, w których:

– koło napędowe zazębia się bezpośrednio z kołem trakowym,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

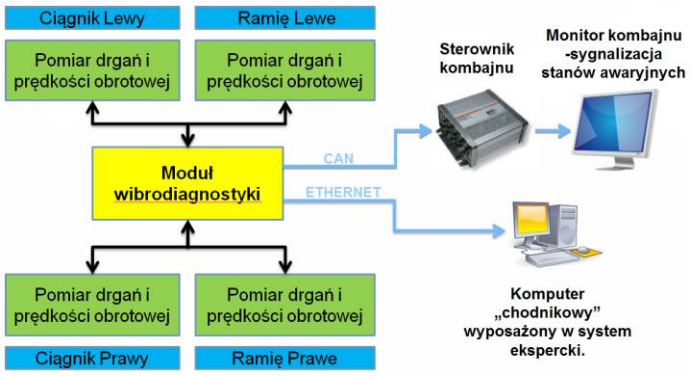
– koło trakowe zazębia się tylko z drabinką systemu posuwu, a napędzane jest parą kół usytuowanych w płaszczyźnie równoległej do koła trakowego.

Dzięki unifikacji elementów przekładni obniżono koszty jej produkcji i eksploatacji.

Podsystem wibrodiagnostyczny (rozwiązanie ITG KOMAG)

Celem podsystemu wibrodiagnostyki jest detekcja uszkodzeń elementów przekładni kombajnu w zmiennych warunkach eksploatacyjnych poprzez wnioskowanie diagnostyczne na podstawie pozyskanych danych z czujników drgań rozmieszczonych na kombajnie. Wnioskowanie diagnostyczne uwzględnia również informację o warunkach eksploatacyjnych. Poza analizą sygnałów uzyskanych z czujników drgań (przyspieszeń), podsystem wibrodiagnostyczny wykorzystuje informację o chwilowych wartościach obciążenia silnika organu urabiającego i mechanizmu posuwu. Podsystem spełnia warunki iskrobezpieczeństwa.

Budowę układu przedstawiono za pomocą schematu blokowego na rysunku 4.



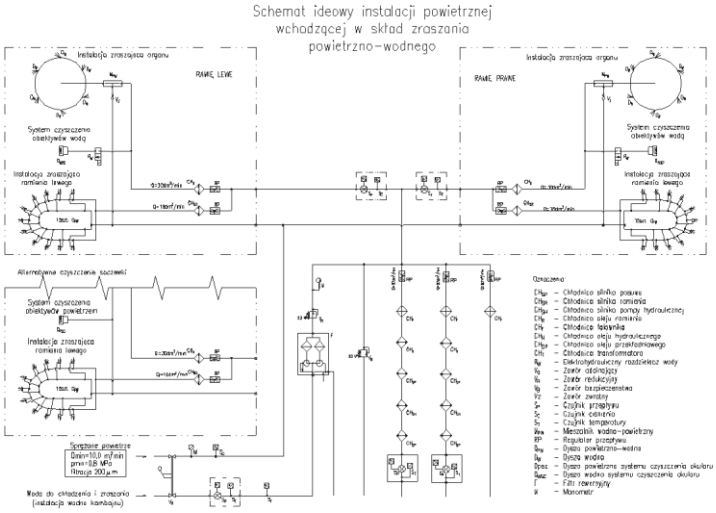
Rys.4. Budowa modułu wibrodiagnostyki

Podstawową wielkością mierzoną jest przyspieszenie drgań. Na kombajnie rozmieszczonych będzie 12 czujników. Będą one połączone kanałami pomiarowymi z jednostką sterującą. Informacje o stanie przekładni uzyskiwane będą na podstawie analizy parametrów sygnału odbieranego z czujników drgań, w tym głównie amplitudy mierzonego sygnału, jego obwiedni, oraz amplitudy poszczególnych składowych widma częstotliwościowego.

Podwójny układ zraszania powietrzno-wodnego (rozwiązanie ITG KOMAG)

Innowacyjność podsystemu zraszania powietrzno-wodnego polega na zastosowaniu podwójnego układu: zraszania zewnętrznego z ramienia i wewnętrznego (z organu kombajnu), za nożami, rysunek 5.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.5. Schemat powietrzno-wodnej instalacji zraszającej

Ciśnienie mediów w obu układach ma zbliżone wartości i nie przekracza wartości 0,7 MPa. Woda rozpylona poprzez sprężone powietrze, do postaci drobnych kropel, o wiele skuteczniej niż tradycyjne systemy, redukuje pył generowany przez organy urabiające. Dodatkowo rozpylony strumień wytwarzany przez dysze posiada właściwości gaszące ewentualne zapalenie metanu. Całkowite zużycie wody zraszającej kombajnu ograniczono do ok. 90 dm^3/min, a woda chłodząca zasila instalację zraszającą, ograniczając dodatkowo zużycie wody w kombajnie. Dysze zraszające o specjalnej konstrukcji umożliwiają bardzo dobre rozpylenie wody i są odporne na zatykanie.

Podsystem obserwacji warunków pracy i diagnostyki (rozwiązanie ITG KOMAG)

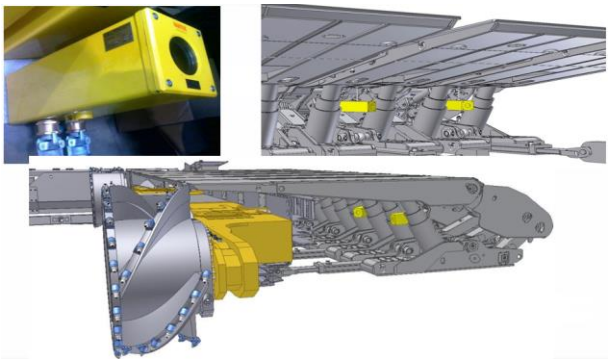
W skład podsystemu wchodzą (rys. 6):

- umieszczone na sekcjach obudowy zmechanizowanej kamery wizyjne do obserwacji skrzyżowania ściany z chodnikami,
- kamera termowizyjna przeznaczona do diagnostyki ramienia kombajnu.

Obraz z kamer wizyjnych umieszczonych na ramionach kombajnu i na sekcjach obudowy oraz z kamery termowizyjnej jest przesyłany do komputera umieszczonego w pociągu aparaturowym, w obudowie przeciwwybuchowej. Za pomocą kamery termowizyjnej diagnozowany będzie stan zużycia noży skrawających rozmieszczonych na organie.

Komputer ten będzie komunikował się ponadto z komputerem pokładowym kombajnu rejestrującym parametry pracy. Zainstalowane tam oprogramowanie służyć będzie do rejestracji i przetwarzania danych oraz gromadzenia wyników. Dane z komputera przesyłane będą na powierzchnię kopalni za pośrednictwem sieci ethernetowej, z wykorzystaniem przewodów światłowodowych.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



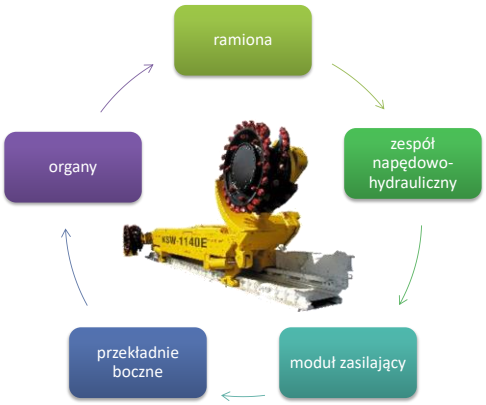
Rys.6. Rozmieszczenie kamer wizyjnych i kamery termowizyjnej na skrzyżowaniu ściany z chodnikiem

Podsystem elektronicznej identyfikacji (rozwiązanie ITG KOMAG)

Podsystem elektronicznej identyfikacji składa się z następujących elementów:

- transponderów RIFD,
- komputera przenośnego typu PDA, wraz z lancą odczytującą kody transponderów RFID,
- oprogramowania bazodanowego.

Elektroniczną identyfikacją objęte są główne zespoły, podzespoły i elementy kombajnu (takie jak kadłuby, korpusy itp.), rysunek 7.



Rys.7. Zakres elektronicznej identyfikacji

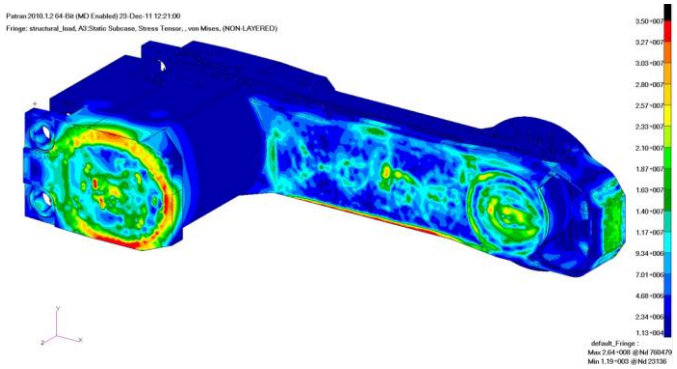
Transpondery RFID spełniają rolę nośnika informacji o składnikach kombajnu. Zadaniem lancy odczytującej jest identyfikacja elementów, których kody przesyłane są bezprzewodowo do komputera PDA. Oprogramowanie bazodanowe służy do rejestracji i przetwarzania danych identyfikacyjnych oraz ewidencji elementów kombajnów. Podsystem wspomaga procesy logistyczne w warunkach kopalnianych, w całym cyklu życia kombajnu.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

4.3. Wirtualne prototypowanie wstępnego rozwiązania konstrukcyjnego kombajnu (realizacja: ITG KOMAG)

Wirtualne prototypowanie obejmowało:

- analizę poprawności współpracy maszyn wchodzących w skład kompleksu ścianowego, badania kolizyjności maszyny z otoczeniem,
- analizę wytrzymałościową w zespołach i podzespołach maszyny metodą elementów skończonych, dla obciążeń statycznych i dynamicznych,
- modelowanie zjawisk cieplnych w układach napędowych i weryfikację na podstawie badań termowizyjnych, rysunek 8,
- badanie stateczności maszyny na nachylonym podłożu,
- symulację rozprzestrzeniania się strugi powietrzno-wodnej w układzie zraszania,
- weryfikację cech konstrukcyjnych dysz zraszających,
- analizę warunków pracy operatorów, ślusarzy i serwisantów w wirtualnym środowisku pracy.



Rys.8. Przykład wyniku analizy termicznej: mapa naprężeń zredukowanych na powierzchni kadłuba ramienia kombajnu

Stosowano takie metody szczegółowe, jak: modelowanie geometryczne CAD (ang. *Computer Aided Design*), metoda elementów skończonych MES, analiza układów wieloczłonowych MBS (ang. *Multi-Body System*), komputerowa mechanika płynów CFD (ang. *Computational Fluid Dynamics*).

5. Dalsze prace w ramach projektu

Realizacja zadań projektu odbywa się w dwóch fazach: badawczej oraz wdrożeniowej. W ramach fazy badawczej projektu, na którą łącznie składa się siedem zadań, zakończono realizację czterech z nich, pozostałe dwa są w toku z planowanym terminem zakończenia w lipcu przyszłego roku. W międzyczasie rozpocznie się zadanie *Zmiana postaci konstrukcyjnej maszyny wydobywczej po badaniach stanowiskowych prototypu*, którego celem będzie weryfikacja i zmia-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

na postaci konstrukcyjnej kombajnu po wykonaniu badań stanowiskowych prototypu.

Kolejne zadanie to *Certyfikacje i dopuszczenia* i obejmuje przygotowanie dokumentacji technicznej oraz przeprowadzenie certyfikacji i dopuszczenia przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego wybranych składników maszyny oraz całej maszyny na zgodność z odpowiednimi dyrektywami nowego podejścia. W ramach następnego zadania (*Opracowanie dokumentacji użytkowania maszyny wydobywczej)* opracowana zostanie Interaktywna Dokumentacja Techniczno-Ruchowa (IDTR) w formie repozytoriów wiedzy udostępnianych na platformie internetowej lub za pomocą przenośnych komputerów klasy PDA lub UMPC zintegrowanych z czytnikami kodów czujników RFID zainstalowanych na wybranych zespołach i elementach maszyny. W ramach zadania *Badania eksploatacyjne maszyny wydobywczej* podjęte zostaną próby eksploatacyjne kombajnu według opracowanego programu badań. Ich zadaniem będzie ostateczna weryfikacja prawidłowości doboru założeń konstrukcyjnych i postaci konstrukcyjnej kombajnu. Wnioski z tych badań stanowić będą podstawę do opracowania, w ramach ostatniego zadania, dokumentacji technicznej kombajnu dla produkcji seryjnej. Wprowadzenie w dokumentacji technicznej zmian wynikających z przeprowadzonych prób eksploatacyjnych będzie traktowane jako zakończenie fazy przygotowań do wdrożenia.

Literatura

1. **G-1940AN Wydanie 4.** Weryfikacja założeń i zastosowania postaci konstrukcyjnej maszyny wydobywczej. Nie publikowany raport w projekcie INERG. Gliwice, grudzień 2011.
2. **G-1940.03.E.04 CY Wydanie 1.** System elektronicznej identyfikacji elementów kombajnu ścianowego. Nie publikowany raport w projekcie INERG. Gliwice, grudzień 2011.
3. **G-1940.09.01CY Wydanie 1.** Opracowanie postaci konstrukcyjnej systemu zraszania. Nie publikowany raport w projekcie INERG. Gliwice, grudzień 2011.
4. **G-1940-.03.E.02CY Wydanie 1.** Opracowanie dokumentacji prototypowej systemu termowizji. Nie publikowany raport w projekcie INERG. Gliwice, czerwiec 2011.
5. **G-1940.10LY Wydanie 1.** Opracowanie postaci konstrukcyjnej systemu mechanicznego w zakresie ramion i przekładni bocznej mechanizmu jazdy maszyny. Nie publikowany raport w projekcie INERG. Gliwice, czerwiec 2011.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Wdrożenie i wykorzystanie nowej generacji systemów sterowania kompleksów wydobywczych EH-Wall Control produkcji KOPEX Electric Systems SA w KWK Jas-Mos

Mieczysław Lubryka, Fryderyk Duda, Sebastian Berger - KWK „Jas-Mos", **Jan Lubryka** - KOPEX Electric Systems SA, **Karol Opielka** - Politechnika Śląska

1. Wstęp

Wdrażanie nowoczesnych systemów sterowania ma za zadanie zapewnić realizację prostych, jak i skomplikowanych funkcji sterowniczych procesami przemysłowymi oraz dostarczać mechanizmy umożliwiające monitoring procesu oraz jego szybką diagnostykę.

Dzięki rozwiniętej technologii współczesnych systemów PLC oraz opracowania techniki ich wykorzystania na potrzeby przemysłu wydobywczego możliwe jest budowanie zcentralizowanych i zdecentralizowanych systemów automatyzacji wraz ze zintegrowanymi systemami nadrzędnymi służącymi do monitoringu i parametryzacji. Niezawodne sterowanie maszyn, jak i możliwość pełnej ich parametryzacji poprzez zintegrowaną wizualizację w zmieniającym się środowisku pracy, jest celem samym w sobie. Takie cele zostały określone przy wdrożeniu systemów sterowania na KWK „Jas-Mos".

W myśl tak sprecyzowanego pomysłu w Grupie Kapitałowej KOPEX S. A. w firmie KOPEX Electric Systems będącej dywizją elektryczną grupy KOPEX powstała koncepcja realizacji w pełni skalowalnego i rozbudowywalnego systemu sterowania kompleksami wydobywczymi EH-WallControl.

KOPEX S.A. jako generalny wykonawca przedsięwzięć inwestycyjnych w górnictwie węgla kamiennego, brunatnego i rud metali nieżelaznych, będący jednym z największych podmiotów działającym w światowym przemyśle wydobywczym, z wieloletnią tradycją i doświadczeniem w produkcji i montażu specjalizowanych, zautomatyzowanych i dobrze zwizualizowanych urządzeń dla górnictwa opracował i wdrożył narzędzia umożliwiające pełną, jak i częściową automatyzację procesu wydobywczego.

2. Cechy ogólne systemów EH-WallControl

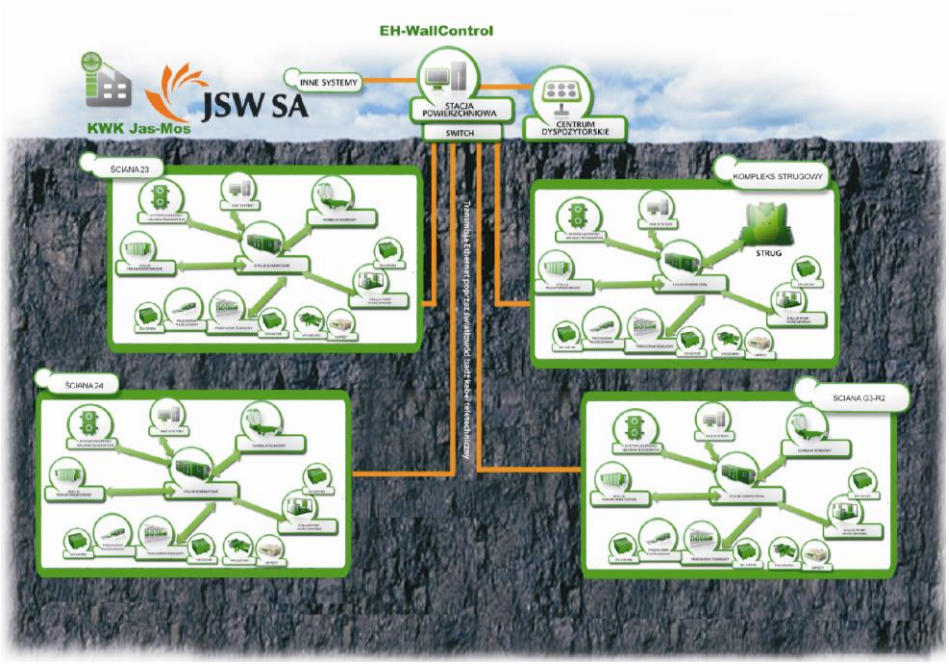
EH-WallControl jest zintegrowanym systemem sterowania maszynami i urządzeniami górniczymi wchodzącymi w skład nowoczesnych, jak i modernizowanych kompleksów wydobywczych w wersji rozbudowanej i mniej skomplikowanej. Przy zachowaniu najwyższych poziomów bezpieczeństwa zapewnia optymalne sterowanie całym kompleksem, pozwalając na zwiększenie jego wydajności, szybką diagnozowalność przyczyn zatrzymania lub awarii maszyn, optymalizację połączeń sterowniczych, jak i prowadzenie procesu ura-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

biania przy ograniczonym stanie załogi, w szczególności w rejonach najbardziej zagrożonych. Zgodnie z polskimi przepisami wykonawczymi Prawa Geologicznego i Górniczego system może być instalowany w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych nie metanowych i metanowych ze stopniem zagrożenia metanowego „a", „b", „c" oraz klasy „A" i „B" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

System sterowania składa się, w zależności od wymaganej konfiguracji, najczęściej ze zdecentralizowanych komponentów, które umożliwiają sterowanie poszczególnych maszyn lub urządzeń kompleksu wydobywczego. Interakcja załogi z systemem odbywa się za pomocą wykorzystanych w kompleksie pulpitów sterowniczych, komunikujących się przy wykorzystaniu transmisji cyfrowej, zabudowanych w pobliżu urządzeń czy maszyn m.in. takich jak:

– napęd kruszarki,
– napęd zgrzebłowego przenośnika podścianowego,
– napędy zgrzebłowego przenośnika ścianowego,
– stacje pomp wodnych,
– stacje pomp hydraulicznych,
– inne wymagane.



Rys.1. Struktura systemów EH-WallControl na KWK „Jas-Mos"

System sterowania EH-WallControl w zależności od wymaganej złożoności charakteryzuje się zdecentralizowaniem funkcji sterujących lub częścio-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wym ich scentralizowaniem na wymaganym akceptowalnym poziomie w danej konfiguracji. Wszystkie urządzenia posiadające sterowniki mogą zostać połączone z centralną stacją sterowania, która nadzoruje sterowanie całego kompleksu lub w sposób niezależny realizować logikę działania kompleksu w zdefiniowanych zakresach. Komunikacja pomiędzy elementami systemu może odbywać się poprzez interfejs Ethernet, CAN lub RS485 z wykorzystaniem standardowych lub dedykowanych protokołów transmisji. Budowa centralnej stacji sterowania umożliwia współpracę z innymi systemami kopalnianymi, co może zostać wykorzystane do integracji z istniejącymi już instalacjami lub podsystemami, z którymi współpraca jest wymagana. Wszystkie dane pomiarowe mające znaczenie dla procesu technologicznego są monitorowane, archiwizowane i mogą być udostępnione innym systemom.

Załoga kompleksu poprzez transmisyjne pulpity sterownicze, aktywowane w określonych trybach pracy, kontroluje odpowiednie maszyny i urządzenia. EH-WallControl, analizując informacje na temat stanu systemu i blokad technologicznych, uprawnia do działania lub steruje pracą maszyn i urządzeń, takich jak:

- poszczególne odpływy w stacjach transformatorowych,
- poszczególne odpływy w wyłącznikach stycznikowych,
- przenośnik ścianowy,
- przenośnik podścianowy,
- kruszarka ścianowa,
- kruszarka podścianowa,
- kombajn ścianowy, strug lub inne urządzenia urabiające,
- stacje pomp wodnych zraszających i chłodzących,
- stacja pomp hydraulicznych,
- inne – w zależności od wymogów klienta.

Systemy EH-WallControl, tworzone zgodnie z dokumentacją zintegrowanego kompleksu wydobywczego dopuszczaną przez Wyższy Urząd Górniczy, zapewniają najwyższy poziom bezpieczeństwa załogi. Wszystkie urządzenia sterowane są zgodnie z ustalonym algorytmem uzgodnionym oraz przystosowanym dla użytkownika docelowego, brane są przy tym pod uwagę nie tylko wymaganie techniczne, ale i przyzwyczajenia operatorów kompleksów. W celu poprawienia wydajności działania kompleksu ścianowego system może brać także pod uwagę dane otrzymane z innych systemów, m.in. takich jak:

- system sterowania elektrohydraulicznego,
- system blokad i sygnalizacji,
- system sterowania kombajnem,
- inne systemy występujące w kompleksie wydobywczym.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

EH-WallControl może udostępniać informacje systemom zewnętrznym np. w celu wizualizacji pracy kompleksu lub ciągłej archiwizacji danych na temat stanu jego pracy lub podsystemów przez niego kontrolowanych. Komunikacja z zewnętrznym systemem może odbywać się poprzez większość popularnych standardów transmisji danych – w tym m.in. przez:

- Ethernet TCP/IP,
- OPC,
- ModbusTCP,
- Modbus RTU/ASCII,
- ProfiBus,
- inne – w zależności od wymagań klienta.

Standardowe funkcje i cechy systemu EH-WallControl obejmują m.in.:

- możliwość tworzenia systemów dowolnej wielkości i złożoności opartych o sterowniki PLC oraz przemysłowe protokoły transmisyjne,
- łatwą skalowalność – czyli szeroko rozumianą możliwość późniejszego rozszerzania systemu, zarówno o nowe sterowniki, jak i karty wejść/wyjść,
- wysoki poziom bezpieczeństwa,
- łatwa możliwość integracji z systemem wizualizacji EH-WallView w celu umożliwienia pełnej wizualizacji, jak i parametryzacji systemu sterowania,
- koncepcję umożliwiającą klientowi przyspieszenie szkoleń załogi, jak i skoncentrowanie się podczas szkoleń na nowościach i zastosowanych ułatwieniach,
- standaryzację budowy systemów sterowania umożliwiającą łatwe migracje załogi pomiędzy kompleksami wydobywczymi,
  - pod względem diagnostyki stanów prezentowanej na pulpitach sterowniczych,
  - logiki działania i reakcji na blokady technologiczne,
  - parametrów wykorzystanych w systemach,
- zaprojektowanie systemów EH-WallControl w jednolitej, głęboko zintegrowanej z aparaturą elektryczną technologii, ułatwia zrozumienia zaistniałych zdarzeń, jak i reakcji systemu w danym otaczającym środowisku,
- gotowość do pracy w różnych trybach pracy np. rewizji/napinania poprzez szybkie przełączanie, aktywność i kontrolę pulpitów znajdujących się przy poszczególnych napędach w czasie normalnej pracy,
- szybką kontrolę nad stanem poszczególnych styków przycisków w pulpitach operatorskich oraz lokalizację i usunięcie awarii, co przy "tradycyjnych" rozwiązaniach wymagało czasochłonnej diagnozy,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- szybkie diagnozowanie awarii na poszczególnych obwodach sterowniczych systemu oraz usuwanie uszkodzeń dzięki zmniejszonej ilości przewodów potrzebnych do jego pracy,
- ciągły 24-godzinny serwis KOPEX Electric Systems, który może skontrolować system i naprowadzić załogę kopalni na odpowiednie działania lub precyzyjnie zdiagnozować usterkę/uszkodzony element systemu i zorganizować jego wymianę lub naprawę.

3. Od prostego…

Poprzez zastosowanie prostych systemów EH-WallControl KWK „Jas-Mos" uzyskała m.in.:

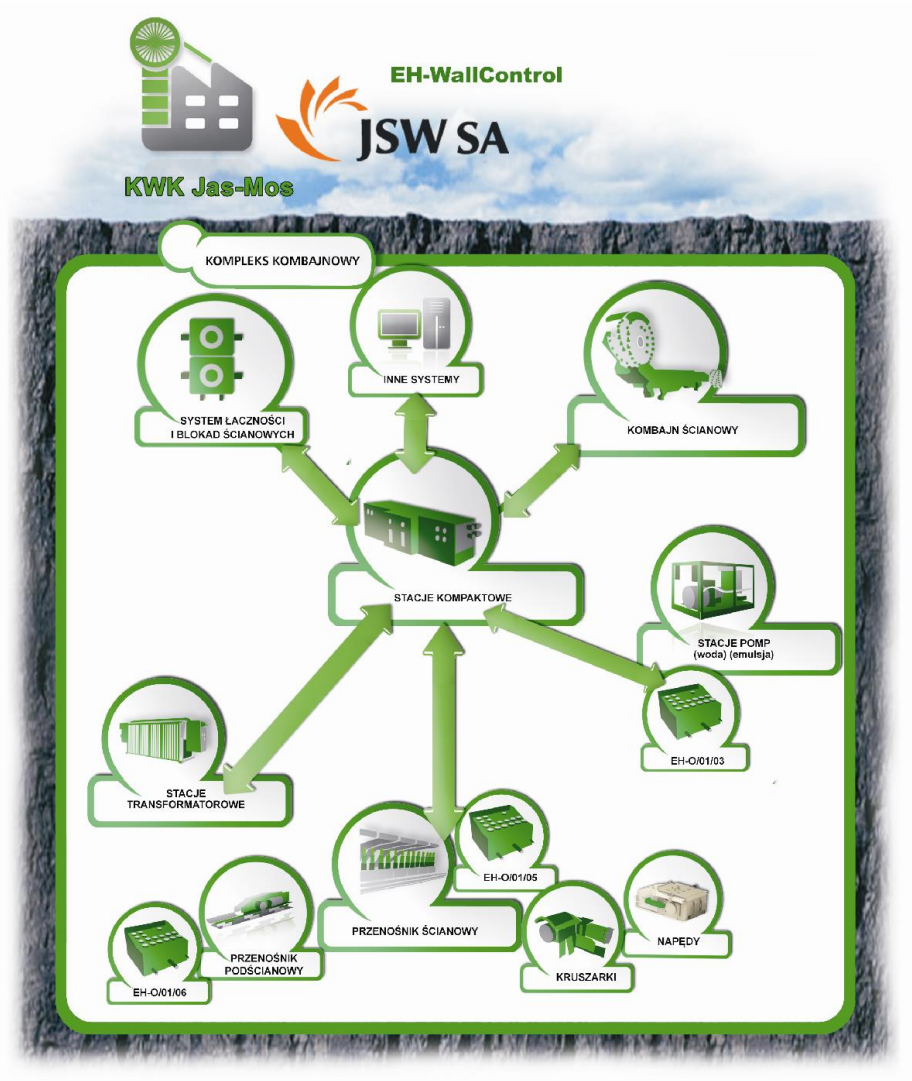
- pełen podgląd diagnostyczny stanu systemu, blokad technologicznych, jak i urządzeń przedstawiony w przejrzysty sposób obsłudze zarówno elektrycznej, jak i górniczej pod ziemią na pulpitach operatorskich,
- możliwość wpięcia sygnałów z blokad technologicznych do pulpitów operatorskich co skutkuje optymalizacją prowadzenia obwodów sterowniczych, jak i zmniejszeniem potrzebnych urządzeń w kompleksie wydobywczym,
- ujednolicenie sprzętu oraz wprowadzenie do górnictwa standardowych urządzeń sterowniczych, jak i sterowników PLC wykorzystywanych na całym świecie w różnych konfiguracjach na potrzeby instalacjach przemysłowych,
- możliwość późniejszego rozwijania systemu wydobywczego o nowe komponenty,
- możliwość czasowej aktywacji/dezaktywacji sygnałów wejść/wyjść sterowników PLC poprzez zintegrowany system EH-WallView,

Na poniższym zdjęciu przedstawiony jest wygląd lokalnego stanowiska sterowania pod ziemią na jednym z napędów.



Rys.2. Wygląd lokalnego stanowiska sterowania w kompleksie, wydobywczym systemu EH-WallControl na KWK „Jas-Mos"

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.3. Poglądowa struktura prostego systemu sterowania EH-WallControl

4. Do złożonego…

Poprzez zastosowanie złożonych systemów EH-WallControl KWK „Jas-Mos" uzyskała m.in.:

- pełną kontrolę nad systemem sterowania,
- optymalizację procesu wydobywczego poprzez zastosowanie trybu pracy automatycznej kompleksu,
- w przypadku kompleksów strugowych możliwość sterowania kompleksem ze stanowiska zlokalizowanego na powierzchni zakładu górniczego,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- pełen podgląd diagnostyczny stanu systemu, blokad technologicznych, jak i urządzeń przedstawiony w przejrzysty sposób obsłudze, zarówno elektrycznej jak i górniczej pod ziemią na pulpitach operatorskich, diodach diagnostycznych, jak i monitorach wizualizacyjnych,
- możliwość wspomagania operatora na centralnym stanowisku sterowania przez udostępnienie obrazu z kamer przy zastosowaniu systemu EH-Vision,
- możliwość wpięcia sygnałów z blokad technologicznych do pulpitów operatorskich lub koncentratorów sygnałów, co skutkuje uproszczeniem instalacji obwodów sterowniczych, jak i zmniejszeniem potrzebnych urządzeń w kompleksie wydobywczym,
- ujednolicenie sprzętu oraz wprowadzenie do górnictwa standardowych urządzeń sterowniczych, jak i sterowników PLC wykorzystywanych na całym świecie w różnych konfiguracjach na potrzeby w instalacjach przemysłowych,
- możliwość późniejszego rozwijania systemu wydobywczego o nowe komponenty,
- możliwość czasowej aktywacji/dezaktywacji sygnałów wejść/wyjść sterowników PLC poprzez zintegrowany system EH-WallView,
- częściowa centralizacja systemu sterowania,
- możliwość nadrzędnego sterowania podsystemami wykorzystanymi w kompleksie wydobywczym.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.4. Komora odpływowa z zabudowanym sterownikiem PLC oraz separatorami zewnętrznymi na ścianie 24 KWK „Jas-Mos”

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.5. Poglądowa przykładowa struktura rozbudowanego systemu sterowania EH-WallControl

5. Podsumowanie

Wysoko wydajne kompleksy wydobywcze oparte o systemy sterowania EH-WallControl umożliwiają efektywne prowadzenie procesu wydobywczego z pełnym wsparciem załogi pod ziemią. Sam EH-WallControl udostępnia systemom wizualizacyjnym pełen obraz stanu maszyn i urządzeń tam pracujących. Rozwój technologii w tym zakresie w górnictwie będzie zmierzał do dalszego zwiększania diagnozowalności, jak i do maksymalizacji stopnia automatyzacji procesu wydobywczego. Wdrażanie systemów sterowania nowej generacji ma na celu precyzyjne określanie stanu poszczególnych maszyn i urządzeń. Szybka i precyzyjna diagnostyka stanu całego systemu przez np. dyspozytora energomaszynowego pozwala na szybkie podejmowanie decyzji i reagowanie na określone zdarzenia. Jest to niezwykle istotne biorąc pod uwagę chociażby as-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

pekt taki, jak bezpieczeństwo ludzi pracujących w rejonach najbardziej zagrożonych.

Wykorzystanie zaawansowanych technologii informatycznych na potrzeby kompleksów wydobywczych umożliwia lepsze dostosowanie systemów eksploatacji do panujących pod ziemią warunków oraz pozwala na spełnienie coraz bardziej rozległych wymagań technicznych stawianym takim instalacjom.

Optymalizacja algorytmów procesów oraz sposobu ich realizacji na potrzeby automatyzacji kompleksów wydobywczym daje widoczne korzyści każdego dnia z czego w pełni korzysta załoga KWK „Jas-Mos".

Reasumując system EH-WallControl zapewnia pełną optymalizację prowadzenia procesu wydobywczego przy zachowaniu standardów bezpieczeństwa oraz przyzwyczajeń załogi. Umożliwia bardziej racjonalne wykorzystanie potencjału specjalistów dzięki szerokiej diagnozowalność instalacji. Zastosowanie EH-WallControl pozwala zwiększyć dyspozycyjności systemów wydobywczych, co przekłada się w tym przypadku bezpośrednio na bardziej efektywne zarządzanie całym ruchem kopalni „Jas-Mos".

Literatura

1. Karta katalogowa systemu EH-WallControl.
2. Karta katalogowa systemu EH-WallView.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Transport poziomy w kopalniach Kompanii Węglowej S.A.

Leszek Doległo, Łucjan Gajda – Kompania Węglowa S.A.

1. Wstęp

W ostatnich latach obserwuje się przyspieszony rozwój górniczych urządzeń i systemów transportowych. Środki transportu posiadają coraz to wyższe parametry pracy, korzystniejsze cechy użytkowe i są coraz bezpieczniejsze. Urządzenia transportowe z napędem linowym są sukcesywnie zastępowane kolejkami o napędzie spalinowym. Z różnych przyczyn, w polskich kopalniach węgla kamiennego nie ma jednak jednolitego systemu zarządzania ruchem transportu poziomego. Modernizacji środków transportu powinno towarzyszyć poszukiwanie optymalnych rozwiązań systemowych.

Sprawne środki transportu mają znaczący udział w minimalizowaniu kosztów produkcji. Proces wydobywczy jest szeregowo sprzężony z wieloma systemami, które w zależności od stopnia zaangażowania mają wpływ na jego efektywność. Osiągnięcie wysokich wskaźników produkcyjnych uwarunkowane jest stosowaniem wysoko wydajnych maszyn i urządzeń w całym procesie technologicznym, dotyczy to zarówno maszyn i urządzeń wchodzących w skład kompleksów ścianowych i chodnikowych, jak również szeroko rozumianego transportu. Odstawa urobku, przewóz załogi oraz transport maszyn, urządzeń i materiałów decyduje o dynamice procesu wydobycia węgla. Transport wpływa, między innymi, na czas przezbrojenia ścian, efektywny czas pracy oddziałów wydobywczych oraz bezpieczeństwo i organizację pracy. Prawidłowo zorganizowany i wyposażony w odpowiednie środki transport dołowy, poprawia stan bezpieczeństwa wielu osób pracujących i przebywających w wyrobiskach z infrastrukturą transportową.

Poniżej przedstawiono krótką charakterystykę ilościową środków transportu dołowego w wyrobiskach poziomych kopalń Kompanii Węglowej S.A. oraz długości dróg przewozowych. Stanowi ona punkt wyjścia do znalezienia optymalnych rozwiązań systemowych dla kopalń Kompanii w zakresie transportu jako całości, rozumianej jako transport materiałów, maszyn i urządzeń, a także jako przewóz ludzi. Uwzględnione zostały przyjęte zasady i założenia oraz już podjęte i zamierzone działania dla unowocześnienia transportu jako całości.

2. Obszar funkcjonowania transportu w Kompanii Węglowej S.A.

Aby przedstawić skalę zadań jakie muszą zrealizować służby transportowe w kopalniach Kompanii Węglowej, warto przytoczyć parę wielkości globalnych.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Kompania Węglowa prowadzi eksploatację pokładów w 15 kopalniach (w tym 5 dwuruchowych), o łącznym obszarze górniczym wynoszącym 681,1 km^2. W kopalniach tych funkcjonuje 37 poziomów wydobywczych, posiadających m.in. infrastrukturę transportową.

W 2011 roku w kopalniach Kompanii wydobyto 39,1 mln ton węgla netto, co oznacza, że ponad 52,3 mln ton surowego urobku trzeba było przemieścić po drogach transportowych. Średnio na dobę przetransportowano więc 207,7 tys. ton urobku. Ponadto wydrążono ponad 180 km wyrobisk chodnikowych. Jednocześnie, ze środków przewozu skorzystała zdecydowana większość załogi zatrudnionej pod ziemią. Trzeba w tym miejscu zaznaczyć, że według danych na koniec 2011 roku, spośród około 60,2 tys. pracowników Kompanii, ponad 46,4 tys. zatrudnionych było właśnie pod ziemią.

Trudne do skwantyfikowania są ogromne ilości materiałów, maszyn i sprzętu, które trzeba dostarczyć do ścian wydobywczych i przodków chodnikowych. Tylko w 2011 roku uruchomionych zostało 56 ścian, co oznacza ich wyposażenie w maszyny i sprzęt dostarczony z powierzchni lub z innych rejonów kopalni. W tym samym okresie uruchomiono ponad 500 przodków chodnikowych.

Średnio w całym 2011 roku prowadzono jednocześnie 56,9 ścian oraz 142,5 przodków chodnikowych, do których trzeba było dostarczyć niezbędne materiały.

Nie sposób wymienić wszystkich zadań transportowych w kopalni. Podane wielkości wskazują nie tylko na olbrzymią rolę transportu dołowego, ale świadczą również o ogromnym znaczeniu każdej najmniejszej poprawy dla korzystnego kształtowania kosztów produkcji [1,2].

3. Długości tras transportowych w kopalniach KW S.A.

W tabeli 1 przedstawiono długości tras poszczególnych środków transportu kopalnianego z podziałem na: przenośniki taśmowe, kolejki podwieszone lokomotywowe, kolejki spągowe i przewóz kołowy w poszczególnych kopalniach Kompanii [5].

Na rysunkach 1 - 4 przedstawiono graficznie długości tras poszczególnych środków transportu we wszystkich kopalniach Kompanii, z uwzględnieniem długości tych tras wykorzystywanych do przewozu ludzi.

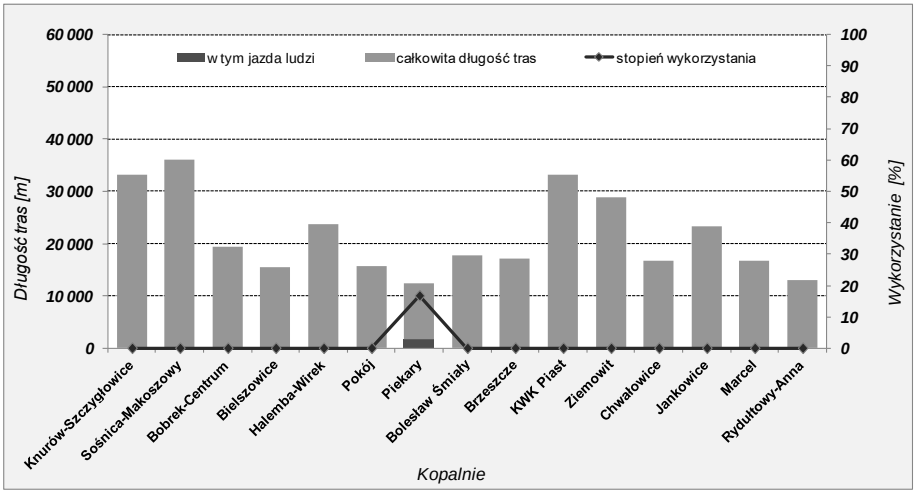
Udział długości tras wykorzystywanych do przewozu ludzi w łącznej długości tras danego typu transportu, wyrażony w %, rozumiany jest jako stopień jego wykorzystania do jazdy ludzi.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Długości tras poszczególnych środków transportu – stan na 31.12. 2011 r. [źródło: opracowanie własne]

Tabela 1

Lp.	Kopalnia	Przenośniki taśmowe	Kolejki podwieszone spalinowe	Kolejki spągowe	Przewóz kołowy
		Długości tras			
		m	m	m	m
1	KWK Knurów-Szczygłowice	33 100	33 220	2 500	65 300
2	KWK Sośnica-Makoszowy	36 120	11 570	980	95 400
3	KWK Bobrek-Centrum	19 471	15 400	0	19 930
4	KWK Bielszowice	15 540	19 700	0	24 000
5	KWK Halemba-Wirek	23 650	38 700	0	9 300
6	KWK Pokój	15 700	9 500	0	6 500
7	KWK Piekary	10 650	36 855	0	6 000
8	KWK Bolesław Śmiały	17 800	26 850	0	15 000
9	KWK Brzeszcze	17 228	27 000	0	18 600
10	KWK Piast	33 201	48 000	0	18 750
11	KWK Ziemowit	28 887	35 000	0	32 500
12	KWK Chwałowice	16 700	10 840	1 870	28 273
13	KWK Jankowice	23 400	15 200	10 700	22 873
14	KWK Marcel	16 769	1 572	13 890	25 918
15	KWK Rydułtowy-Anna	13 022	4 000	12 937	28 306
Razem KW S.A.		**321 238**	**333 407**	**42 877**	**416 650**

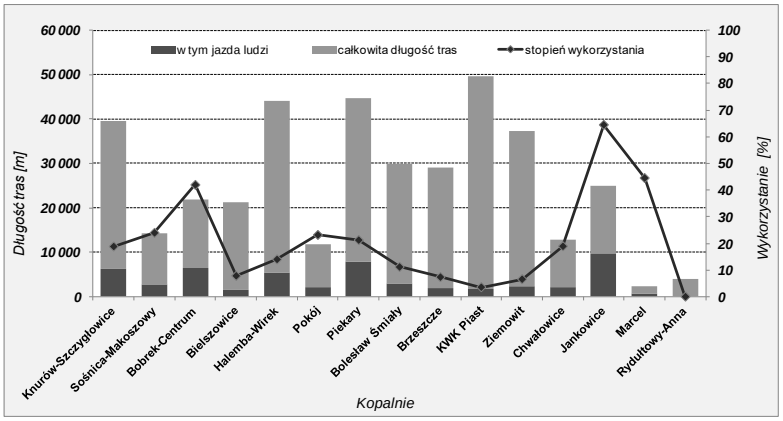


Rys.1. Stopień wykorzystania przenośników taśmowych do jazdy ludzi w kopalniach KW S.A. [źródło: opracowanie własne]

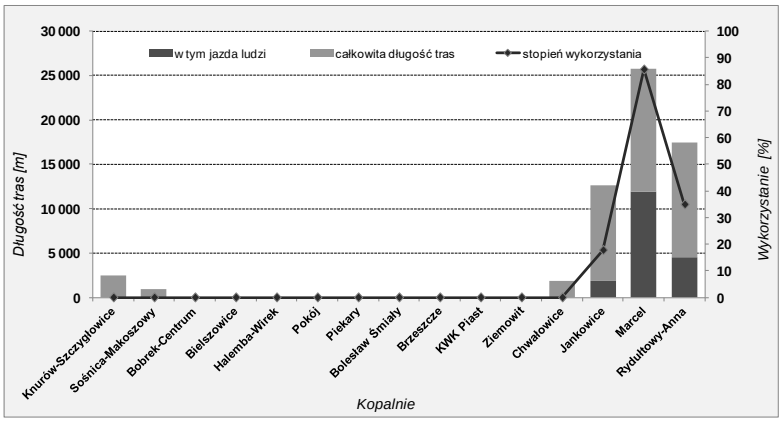
Charakterystyczne jest znaczne zróżnicowanie pomiędzy kopalniami długości tras poszczególnych rodzajów transportu, a także ich wykorzystania do przewozu ludzi.

Konieczne będzie szczegółowe przeanalizowanie przyczyn takiego stanu rzeczy.

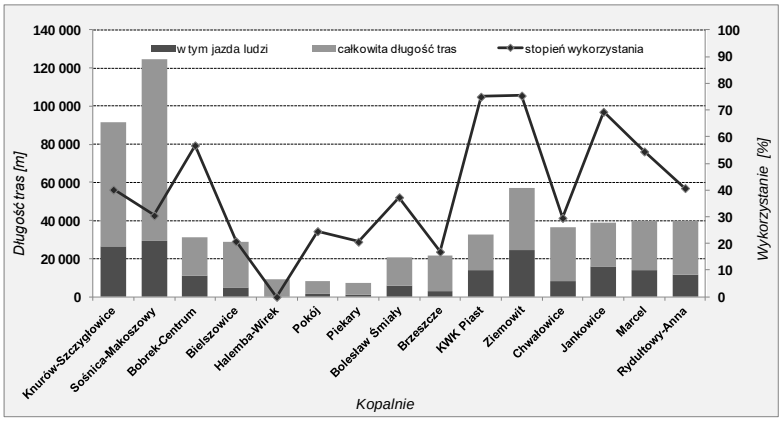
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.2. Stopień wykorzystania kolejek podwieszonych spalinowych do jazdy ludzi w kopalniach KW S.A. [źródło: opracowanie własne]



Rys.3. Stopień wykorzystania kolejek spągowych do jazdy ludzi w kopalniach KW S.A. [źródło: opracowanie własne]



Rys.4. Stopień wykorzystania przewozu kołowego do jazdy ludzi w kopalniach KW S.A. [źródło: opracowanie własne]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

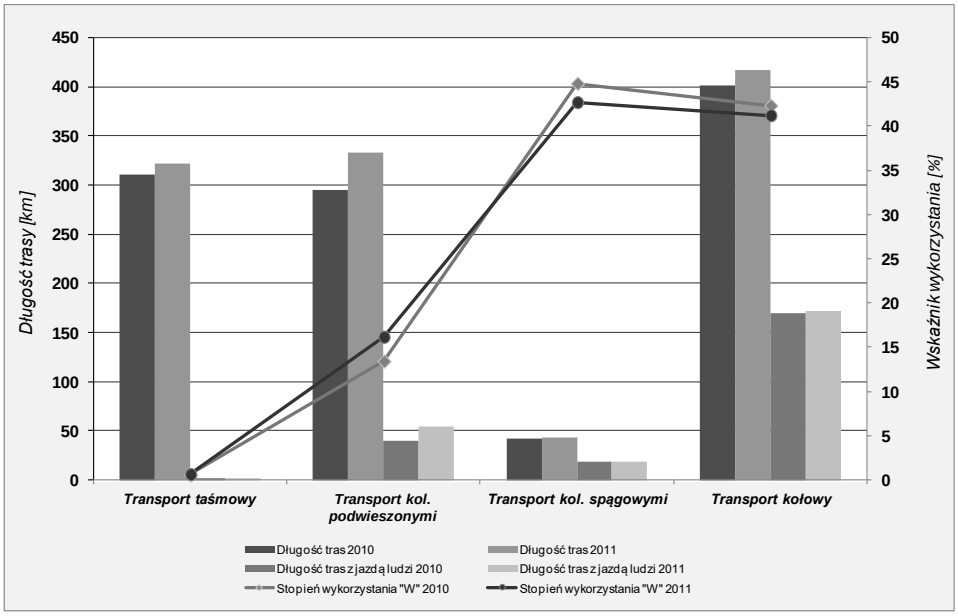
4. Nakłady na środki transportu w latach minionych

W latach 2003-2011 w kopalniach KW S.A. dokonano szeregu zakupów urządzeń transportowych służących do transportu urobku, materiałów, jak również do przewozu ludzi. Łącznie w tych latach poniesiono nakłady w wysokości 553,3 mln zł [5].

Zakupy inwestycyjne środków transportu w latach 2003 – 2011r. w mln zł

Tabela 2

Wyszczególnienie	Lata									Razem
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2003 – 2011
Przenośniki taśmowe	24,4	13,4	18,0	22,0	19,6	25,1	27,2	41,5	48,4	239,5
Kolejki, ciągniki (zestawy transportowe)	7,4	23,3	29,5	29,0	21,7	43,8	12,8	24,3	31,6	223,3
Kołowroty	0,4	0,0	0,7	0,7	1,3	4,1	1,1	1,7	3,7	13,6
Lokomotywy dołowe	0,4	0,0	0,5	0,7	3,1	4,7	6,1	5,4	7,4	28,3
Wozy, platformy, drzewiarki i inne	1,5	2,7	3,0	3,1	4,5	4,1	11,2	5,4	13,0	48,5
Ogółem w KW S.A.	**34,0**	**39,3**	**51,7**	**55,5**	**50,2**	**81,7**	**58,3**	**78,4**	**104,1**	**553,3**



Rys.5. Porównanie danych o środkach transportu w 2010 i 2011 r.

W ramach powyższych nakładów dokonano zakupów, między innymi:

- 183 przenośników taśmowych na wartość 239,5 mln zł,
- 70 kolejek spalinowych podwieszonych oraz 95 ciągników wraz z kabinami transportowymi i zestawami transportowymi na wartość 223,3 mln zł,
- lokomotyw spalinowych torowych na wartość 28,3 mln zł,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

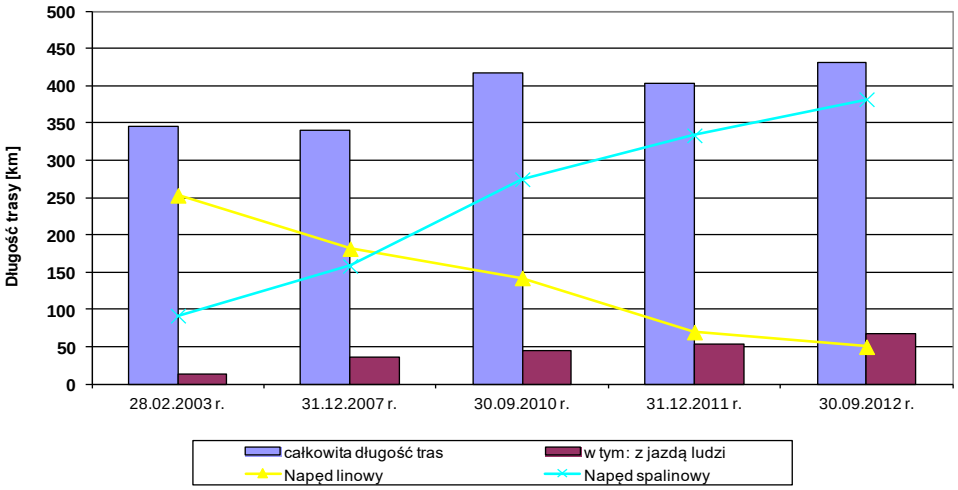
– kołowrotów do transportu materiałów na wartość 13,6 mln zł,
– wozów, platform, drzewiarek na wartość 48,5 mln zł.

4.1. Kolejki szynowe podwieszone

Kolejki szynowe podwieszone posiadają zalety, takie jak:

– małe zapotrzebowanie miejsca w przekroju poprzecznym wyrobiska,
– możliwość dojazdu bezpośrednio do przodka,
– łatwe i szybkie wydłużanie lub skracanie trasy,
– łatwy załadunek i wyładunek,
– łatwość podwieszania różnych nośników,
– łatwa mechanizacja podnoszenia i opuszczania ładunku,
– stosunkowo duży udźwig.

Na rysunku 6 przedstawiono porównanie długości tras kolejek szynowych podwieszonych z napędem linowym i spalinowym z września 2012 r. ze stanami z grudnia 2011 r., września 2010 r., grudnia 2007 r. oraz lutego 2003 r. [5]



Rys.6. Długości tras kolejek szynowych podwieszonych dla wybranych okresów czasu

Porównanie danych z lutego 2003 r. i września 2012 r. wskazuje przede wszystkim na prawie całkowite zastąpienie niebezpiecznych napędów linowych przez napędy spalinowe.

Nastąpił nieduży (2,4%) wzrost długości tras kolejek podwieszonych, tj. o 8 349 m. Trzeba jednak pamiętać, że w tym czasie zmalała liczba kopalń oraz wydobycie w kopalniach KW S.A.

W długości tych tras wykorzystywanych do przewozu ludzi nastąpił ponad 4-krotny wzrost, natomiast stopień wykorzystania tych tras do przewozu ludzi wzrósł z 3,9 do 19,1 %.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

W lutym 2003 r. w podziemiach kopalń eksploatowanych było ogółem 305 napędów linowych kolejek podwieszonych, w tym:

- 222 kolejki podwieszone typu KSP 16 (w których kołowroty typu EKO-D30 stanowiły 192 napędy, kołowroty typu EKO-D15 stanowiły 27 napędów, a inne typy kołowrotów odpowiednio 3 napędy),
- 75 kolejek podwieszonych typu KSP 32 (w których były 72 napędy typu HNK-1, 2 napędy typu MNK-1/30 oraz 1 typu HNK-2),
- 8 kolejek typu K-63 z napędem typu HNK-2.

Żadna z kopalń nie realizowała przewozu ludzi kolejkami podwieszonymi z napędem linowym.

Łącznie 99,5 km tras kolejek szynowych podwieszonych realizowały 44 ciągniki z napędem spalinowym, w tym:

- 30 ciągników firmy Scharf typu DZ,
- 7 ciągników firmy Ferrit typu LSP,
- 4 ciągniki firmy Bevex typu LZH,
- 3 ciągniki firmy Ruhrthaler typu HL.

Obecnie eksploatowanych jest 160 ciągników spalinowych oraz 86 napędów linowych kolejek szynowych podwieszonych. W związku ze stopniową rezygnacją z eksploatacji mniej wydajnych i mobilnych kolejek linowych na rzecz zestawów transportowych z ciągnikami spalinowymi określono docelową ich liczbę na poziomie 300 sztuk. Rozbudowa parku maszynowego wymusza konieczność wykonywania coraz większej ilości transportów ciężkich elementów w całości, jak np. sekcji obudów zmechanizowanych, czy wykonywanie transportów na dużych nachyleniach. Środkami do realizacji takich transportów były dotychczas kolejki zębate spągowe. Obecnym kierunkiem rozwoju w oparciu o kilka konkurencyjnych rozwiązań w zakresie konstrukcji trasy, są kolejki podwieszone z ciągnikami spalinowymi z zębatym przeniesieniem napędu. Jest to jedna z przesłanek do agregacji całości potrzeb, co jest realizowane w centralnych postępowaniach przetargowych dla całej KW S.A. i wypracowania standardów formułowania wymagań technicznych dla pozyskiwania ciągników o najlepszych parametrach trakcyjnych, zunifikowanych w zakresie konstrukcji trasy.

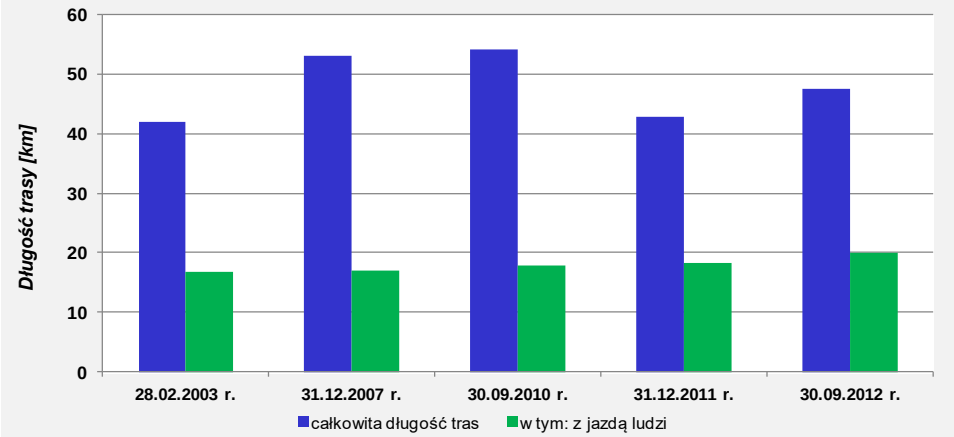
4.2. Kolejki spągowe

Na rysunku 7 przedstawiono porównanie długości tras kolejek szynowych spągowych z napędem linowym, spalinowym i elektrycznym z września 2012 r. ze stanami z grudnia 2011 r., września 2010 r., grudnia 2007 r. oraz lutego 2003 r. [5].

W lutym 2003 r. w 11 kopalniach eksploatowano ogółem 33 napędy linowe kolejek spągowych, w tym:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– 13 napędów typu Gollner GP/R8500/PL - (kolejki typu KS-650/900/63/100),
– 8 napędów typu HNK-2 – (kolejki typu KS-650/900/63 – 7 napędów i typu SKS-60M – 1 napęd),
– 8 napędów typu Ecker E-SR/P-100 – (kolejki typu KS-650/900/63/100 – 6 napędów oraz typu Scharf 500/U-180 – 2 napędy),
– 2 napędy typu HNK-3 – (kolejki typu KS-650/900/63/100),
– 2 napędy typu NK-100H – (kolejki typu SKS-100/900 NL).



Rys.7. Porównanie długości tras kolejek spągowych
dla wybranych okresów czasu [źródło: opracowanie własne]

W 5 kopalniach eksploatowano kolejki spągowe z napędem elektrycznym – łącznie 6 ciągników. Z uwagi na ich specyfikę i przeznaczenie (głównie do zbrojenia i likwidacji ścian) nie prowadzono nimi jazdy ludzi.

Obecnie w 15 kopalniach eksploatowanych jest 69 kolejek spągowych.

5. Plany rozwoju transportu w KW S.A.

Kompania Węglowa S.A. wykorzystując posiadane środku techniczne oraz doświadczenie innych firm i kopalń zamierza w najbliższym czasie podjąć działania w zakresie opracowania założeń pod przyszły system wpierający proces logistyczny w kopalniach KW S.A. opierając się na modułach wchodzących w skład systemu SZYK2.

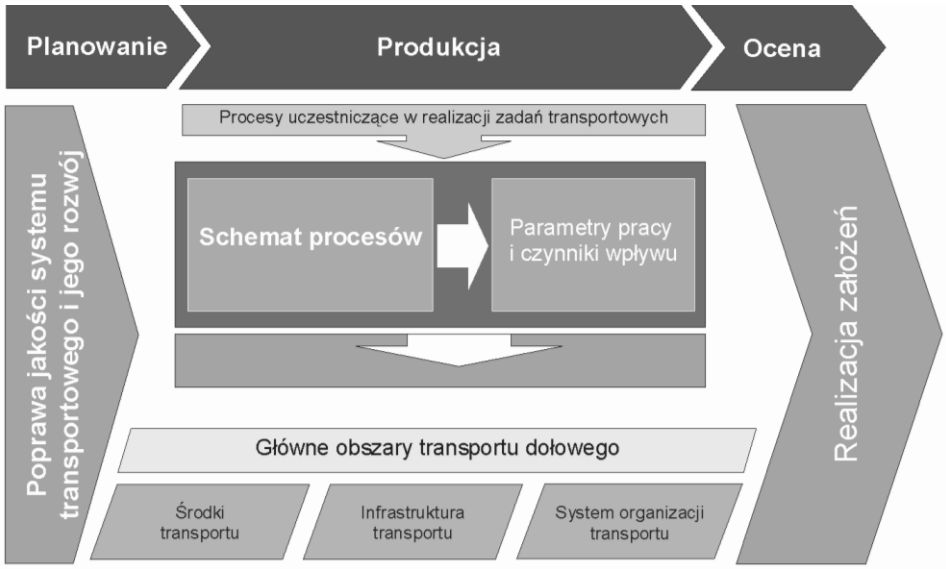
System SZYK2 jest zintegrowanym narzędziem informatycznym funkcjonującym w obszarach:

– logistyki materiałowej (KLM),
– produkcji (KPT),
– księgowości (KFK),
– sprzedaży węgla (SCM),

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– Kartotek Współdzielonych.

Wykorzystanie możliwości potencjału technicznego, jakie można uzyskać poprzez zintegrowane środowisko, zapewni wymianę danych w szybki i bezpieczny sposób.



Rys.8. Schemat funkcjonalny procesów transportowych w kopalni [źródło: opracowanie własne]

Zamierzenia modernizacyjne Kompanii Węglowej S.A. na 2012 r. obejmują:

– zakup 49 oraz modernizację 2 ciągników spalinowych,
– zakup 20 dołowych lokomotyw torowych spalinowych.

W latach 2013-2015 plany zakładają:

– zakup 81 ciągników spalinowych,
– zakup 39 dołowych lokomotyw torowych spalinowych.

6. Doświadczenia innych kopalń

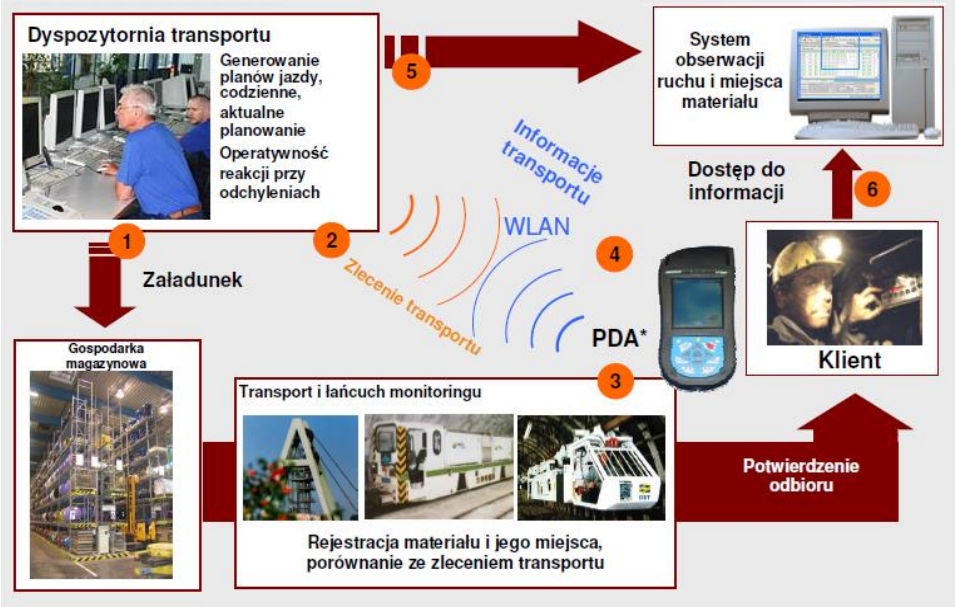
Środki transportu są jednym z elementów całego procesu logistycznego, którego celem jest dostarczenie w bezpieczny sposób określonego ładunku zgodnie z założonym harmonogramem, przy możliwie najniższych kosztach. W RAG opracowano system logistyczny oparty na ciągu obejmującym wszystkie etapy „życia" materiału.



Ważnym elementem całego procesu logistycznego jest możliwość monitorowania i koordynowania procesu na każdym poziomie. Realizacja tego typu

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

prac przyniesie oczekiwane efekty jedynie przy wsparciu informatycznym takiego procesu. Do znanych rozwiązań w górnictwie niemieckim należy system MVS - planowanie, sterowanie, obserwacja i realizacja, firmy RAG. Na rysunku 9 przedstawiono proces logistyczny oparty o system MVS.



Rys.9. Schemat procesu monitorowania transportu dołowego [4]

7. Podsumowanie i wnioski

W ciągu blisko 10 lat funkcjonowania, Kompania Węglowa S.A. dokonała znacznego postępu w modernizacji środków transportowych.

Największy postęp nastąpił w zakresie zastosowania kolejek podwieszonych i spągowych z napędem własnym. Prawie zupełnie wyeliminowano kolejki z napędem linowym. Znacząco wzrosła długość tras wykorzystywanych do przewozu załogi.

Uznając jednakże, że postęp w tej dziedzinie jest nadal niezadowalający, w kopalniach Kompanii Węglowej S.A. przewiduje się dalszą modernizację środków, układów i systemów transportowych, która będzie uwzględniać następujące zasady [3]:

1. Prowadzenie każdorazowo szczegółowej analizy przy projektowaniu układów transportu oraz dróg dojścia i przewozu załogi do przodków pod kątem:
   – maksymalnego wykorzystania dróg transportu do przewozu załogi i skrócenia do minimum tras i czasu dojścia załogi do przodków, co pozwoli na wydłużenie efektywnego czasu i zwiększenie komfortu pracy załóg,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- odpowiednich gabarytów wyrobisk stanowiących drogi dojścia do miejsc pracy, uwzględniających zainstalowane maszyny i urządzenia, w tym wymagane przepisami odstępy ruchowe oraz wnęki ochronne dla pracowników obsługi,
- właściwego doboru środków transportu do możliwości, warunków i profilu trasy,
- doboru środków transportu pod kątem parametrów technicznych (moc, prędkość, masy transportowanych ładunków) oraz rozwiązań technicznych, zwłaszcza na dużych upadach (np. kolejki podwieszone zębate),
- stosowania pomocniczych środków przemieszczania załogi na dużych upadach (taśmy osobowe, wyciągi orczykowe).

2. Stosowanie nowoczesnych, wysoko wydajnych systemów transportu, umożliwiających przewóz załogi bezpośrednio w rejony przodków przy projektowaniu nowych rejonów eksploatacyjnych kopalń.
3. Rozpowszechnianie kolejek podwieszonych z napędem własnym (spalinowym), jako najskuteczniejszego środka transportu pod ziemią.
4. Eliminowanie odcinków z transportem linowym.
5. Upowszechnianie stosowania konteneryzacji i paletyzacji transportowanych ładunków.
6. Wdrożenie i upowszechnienie bezprzewodowej łączności w podziemiach kopalni oraz systemów umożliwiających śledzenie jednostek transportowych znajdujących się na trasie.
7. Upowszechnienie jazdy ludzi na urobku.
8. Szersze wykorzystywanie spalinowych lokomotyw dołowych torowych i eliminacja trakcji elektrycznej.
9. Zintensyfikowanie szkoleń zawodowych w celu zapewnienia wykwalifikowanej kadry do obsługi urządzeń transportowych.

Istotnym jest, aby procesy modernizacyjne prowadzone były systemowo, w oparciu o wypracowany model, dostosowany do warunków kopalń Kompanii Węglowej S.A.

Literatura

1. Strategia funkcjonowania i rozwoju Kompanii Węglowej do roku 2015 z perspektywą do roku 2020. Katowice, grudzień 2011.
2. Strategia umaszynowienia kopalń Kompanii Węglowej S.A. na lata 2012-2015. Katowice, lipiec 2012.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

3. Materiały XIV Konferencji „Problemy bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w polskim górnictwie. Wisła 17-18.04.2012.
4. Prezentacja RAG Mining Solutions. Katowice, sierpień 2012.
5. Moduł Rozliczenia Produkcji (TRP) za lata 2003-2011.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ROZDZIAŁ 5

WYBRANE ZAGADNIENIA ZASILANIA I STEROWANIA SEKCJAMI OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ

Porównanie wskaźnika nośności stropu "*g*" oraz współczynnika dociążenia "n_{tz}" dla modernizowanych i zakupionych obudów zmechanizowanych (na przykładzie Kompanii Węglowej S.A.)

Jan Gil – Kompania Węglowa S.A. Oddział Zakład Remontowo-Produkcyjny

1. Wprowadzenie

Kompania Węglowa S.A. prowadzi eksploatację węgla wyłącznie systemem ścianowym z zawałem stopu. Zabezpieczenie stropu podczas eksploatacji jest realizowane zmechanizowaną obudową ścianową. Zmienne warunki górniczo-geologiczne w szczególności zagrożenie wstrząsem górotworu powodują, że w okresie eksploatacji obudowy wielokrotnie następuje zmiana wymagań w zakresie podporności, jak również odporności na obciążenia dynamiczne, jako pochodne wstrząsu górotworu. Aktualnie większość eksploatowanych ścian jest lokalizowana w pokładach, zagrożonych wstrząsami górotworu. Na rynek obudowa jest wprowadzana głównie w oparciu o dyrektywę maszynową [3] oraz zharmonizowane z nią normy polskie z serii PN-EN 1804 [5, 6, 7]. Do eksploatacji dodatkowe wymagania ujmuje Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie BHP § 440 ust. 2 i 8 [9].

Podstawowymi parametrami w oparciu o które są ustalane wymagania dla zmechanizowanej obudowy ścianowej odnoszące się do warunków górniczo-geologicznych jest wskaźnik nośności stropu „*g*" [1] w zakresie podporności oraz współczynnik dociążenia „n_{tz}" wraz z oceną upodatnienia [10] w zakresie odporności na obciążenia dynamiczne. Kształtowanie się wartości wymienionych parametrów ma istotny wpływ na wymagane parametry techniczne zmechanizowanej obudowy ścianowej, a głównie podporności oraz odporności na obciążenia dynamiczne.

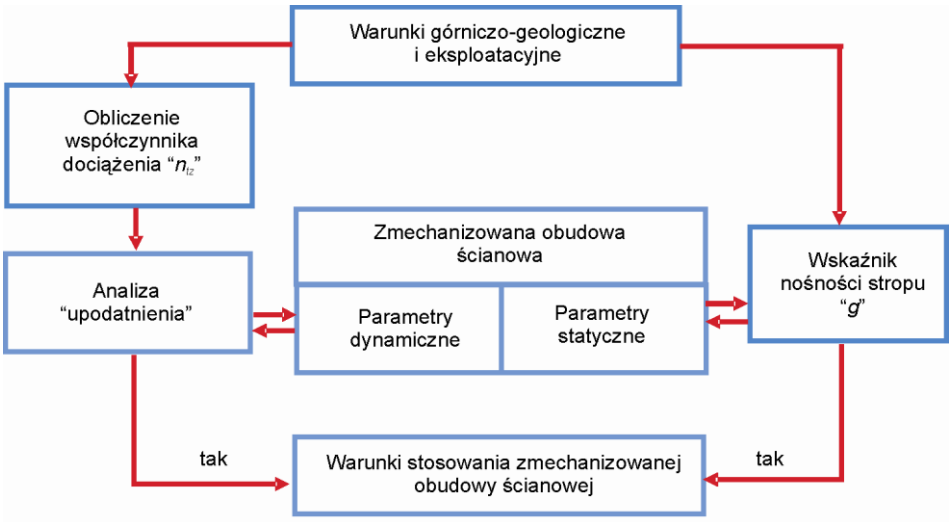
Niniejsza praca prezentuje doświadczenia własne Zakładu Remontowo-Produkcyjnego w Bieruniu, działającego wyłącznie na potrzeby Kompanii Węglowej S.A. W szczególności przedstawiono problematykę podporności i odporności dynamicznej obudów w odniesieniu do potrzeb Kompanii Węglowej S.A.

2. Metodologia postępowania

Dobór zmechanizowanej obudowy ścianowej dokonywany jest w oparciu o analizę warunków górniczo-geologicznych oraz parametrów technicznych zmechanizowanej obudowy ścianowej, przewidzianej do zastosowania w analizowanym przypadku. Według najczęściej stosowanych metodyk opracowanych i stosowanych przez Główny Instytut Górnictwa wykorzystywane są dwa obliczane parametry: wskaźnik nośności stropu „*g*" [1] oraz współczynnik docią-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

żenia „n_{tz}” i powiązana z nim ocena „upodatenienia” [10]. Wskaźnik nośności stropu „g” ocenia poprawność utrzymania stropu w zależności od parametrów podpornościowych zmechanizowanej obudowy ścianowej dla danych warunków górniczo-geologicznych. Wyznacza zatem wymagania podpornościowe obudowy. Współczynnik dociążenia „n_{tz}” jest wykorzystywany dla prognozy przeciążeń obudowy zmechanizowanej wskutek wstrząsu górotworu. Prognozowane przeciążenie (ujęte „upodatnieniem”) jest określone dla wybranej konstrukcji obudowy, jej wyposażenia zabezpieczającego stojak oraz wartości współczynnika dociążenia „n_{tz}”. A zatem dla obudowy spełniającej wymagania podpornościowe możemy dobierać układ zabezpieczający stojak przed przeciążeniem. Spełnienie warunku wynikającego ze wskaźnika „*g*” oraz przeciążenia opartego o współczynnik „n_{tz}” i „upodatnienie” kwalifikuje obudowę do zastosowania w danych warunkach górniczo-geologicznych. Sposób postępowania prezentuje rysunek 1.



Rys.1. Sposób postępowania w doborze zmechanizowanej obudowy ścianowej do warunków górniczo-geologicznych i eksploatacyjnych ściany (pokładu)

Znaczenie poszczególnych podstawowych pojęć ujętych na rysunku 1 obejmuje:

– współczynnik dociążenia „n_{tz}” – wartość dociążenia (wyrobiska) obudowy w odniesieniu do wartości roboczych, zawiera się w przedziale od 1,0 do około 1,5 (w warunkach Kompanii Węglowej S.A.), jego wartość jest obliczana w oparciu o prognozowaną energię wstrząsu oraz odległość środka warstwy tąpiącej od pułapu wyrobiska;
– „upodatnienie” – procedura wyznaczania dopuszczalnego przeciążenia stojaka obudowy w zależności od wartości „n_{tz}” oraz parametrów technicznych, eksploatacyjnych i zastosowanych zabezpieczeń stojaka,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– wskaźnik nośności stopu „*g*” – określa stopień utrzymania stropu ujęty wartościami liczbowymi w przedziale [1]:

$g < 0,7$ – stan zagrożenia zawałem,

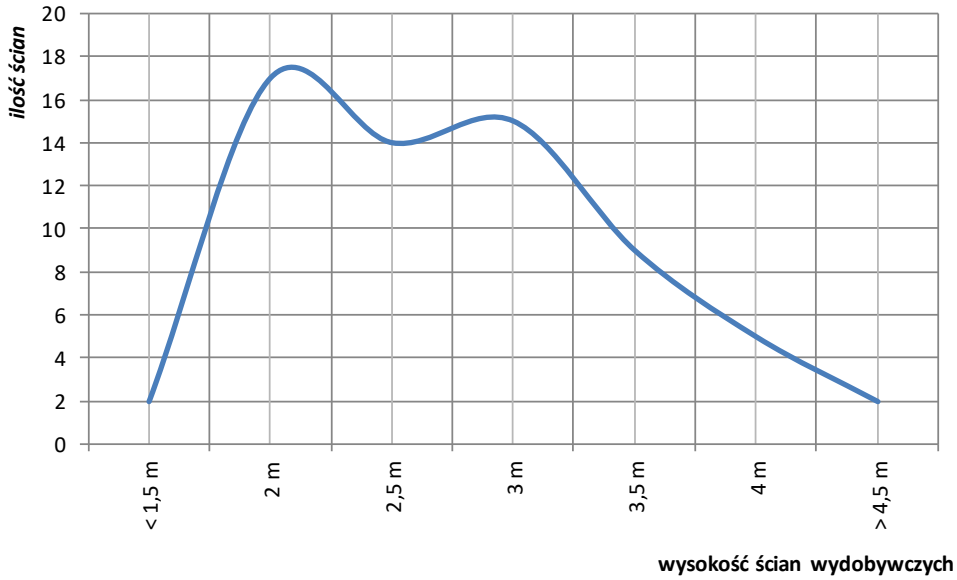
$0,7 \leq g < 0,8$ – utrudnione warunki utrzymania stropu,

$g \geq 0,8$ – poprawne warunki utrzymania stropu.

Opierając się na przedstawionym sposobie postępowania ujętym na rysunku 1 zostały przeanalizowane wybrane typowe zmechanizowane obudowy modernizowane oraz zakupione.

3. Analiza zmechanizowanych obudów ścianowych z uwagi na „*g*”, „n_{tz}” i upodatnienie

Kompania Węglowa S.A. prowadzi aktualnie eksploatację sześćdziesięcioma czteroma ścianami o miąższości w przedziale 1,5 ÷ 4,5 m, systemem na zawał [8]. Rozkład wysokości eksploatowanych ścian prezentuje rysunek 2.



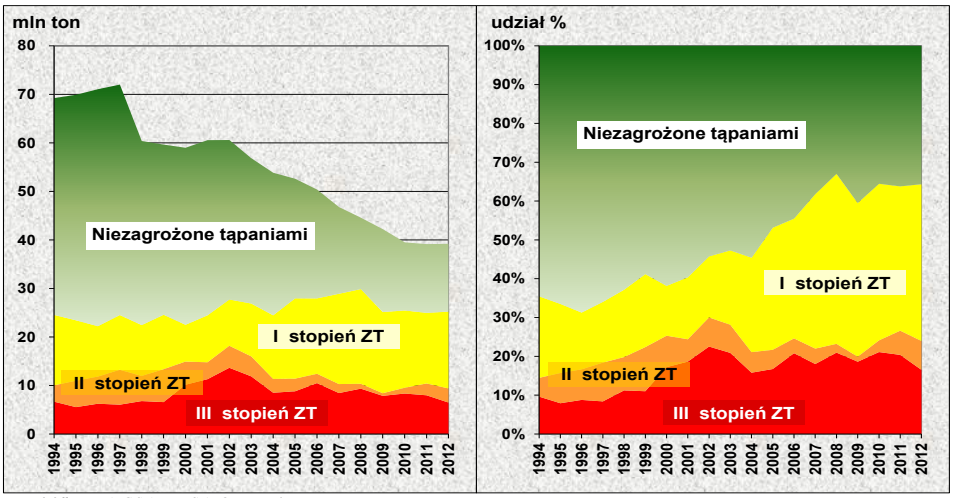
Rys.2. Rozkład ilościowy wysokości eksploatowanych ścian w Kompanii Węglowej S.A. stan na m-c wrzesień 2012

Dominujący przedział wysokości eksploatowanych ścian zawiera się w przedziale 1,75 ÷ 3,5 m. Tendencję eksploatacji ścian zagrożonych wstrząsami górotworu i wydobycie z nich węgla ujmuje rysunek 3.

Zabezpieczenie stropu eksploatowanych ścian jest realizowane obudowami głównie podporowo-osłonowymi (dla ścian eksploatowanych na zawał) i w nielicznych przypadkach podporowymi (dla ścian eksploatowanych z podsadzką). Zdecydowana większość obudów są to obudowy wprowadzone do eks-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ploatacji decyzją Prezesa WUG [8]. Aktualnie wymiana obudów następuje drogą modernizacji już eksploatowanych lub zakupem nowych. Przykładowe zmechanizowane obudowy wprowadzone do eksploatacji ujmują tabele 1 i 2.



Dane źródłowe: PARG S.A. i KW S.A. Oprac. PP/PPZ-AB

Rys.3. Tendencje w eksploatacji w Kompanii Węglowej S.A. pokładów zagrożonych i niezagrożonych wstrząsami górotworu

Przykładowe zmodernizowane obudowy dla Kompanii Węglowej S.A. przez KW ZRP- Bieruń

Tabela 1

l.p.	kopalnia	nr ściany	pokład	typ obudowy	ciśnienie zasilania	typ i średnica stojaka	średni wskaźnik nośności stropu "g"
OBUDOWY ZMODERNIZOWANE PRZEZ ZAKŁAD REMONTOWO-PRODUKCYJNY							
1	KWK "Sośnica-Makoszowy" Ruch Makoszowy	j83	407/1	KW-09/26-POzW1/ZRP śc. j83 pokł. 407/1 KW-09/26-POzW1/BSN/ZRP śc. j83 pokł. 407/1	25 MPa	dwuteleskopowy 0,21/0,16	0,89 0,84
2	KWK "Sośnica-Makoszowy" Ruch Makoszowy	j82	407/1	KW-09/26-POzW1/ZRP śc. j83 pokł. 407/1 KW-09/26-POzW1/BSN/ZRP śc. j83 pokł. 407/1	25 MPa	dwuteleskopowy 0,21/0,16	0,92 0,87
3	KWK "Piekary"	207	419	KW-19/35-POz/ZRP śc.207 pokł. 419 KW-19/35-POz/BSN/ZRP śc.207 pokł. 419	25 MPa	dwuteleskopowy 0,25/0,20	0,99 0,94
4	KWK "Bielszowice"	251	408	KW-14/28-POz/ZRP śc.251 pokł. 408 KW-14/28-POz/BSN/ZRP śc.251 pokł. 408	25 MPa	dwuteleskopowy 0,25/	0,97 0,88
5	KWK "Sośnica-Makoszowy" Ruch Makoszowy	h50	405/1	KW-09/26-POzW1/ZRP śc.h50 pokł. 405/1 KW-09/26-POzW1/BSN/ZRP śc.h50 pokł. 405/1	25 MPa	dwuteleskopowy 0,21/0,6	0,87 0,84

Z tabeli 1 wynika, że następuje zdecydowany wzrost podporności obudów, szczególnie w grupie nowo zakupionych. Skutkuje to stosowaniem stojaków o średnicach I stopnia większych od 0,28 m.

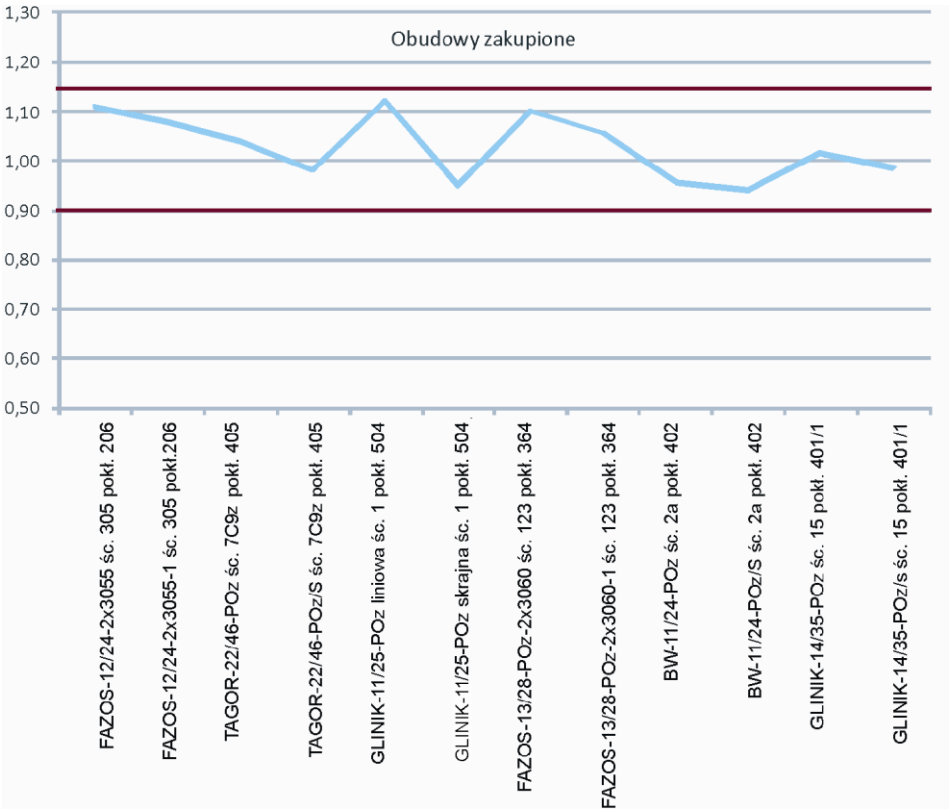
Obliczone wskaźniki utrzymania stropu „*g*" dla rozważanego przypadku zawarte są w przedziale 0,9 ÷ 1,15. Wyznaczone tendencje prezentuje rysunek 4.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Przykładowe zakupione obudowy dla Kompanii Węglowej S.A.

Tabela 2

l.p.	kopalnia	nr ściany	pokład	typ obudowy	ciśnienie zasilania	typ i średnica stojaka	średni wskaźnik nośności stropu "g"
OBUDOWY ZAKUPIONE PRZEZ KW S.A. W LATACH 2009 ÷ 2011							
1	KWK "Ziemowit"	305	206	FAZOS-12/24-2x3055 śc.305 pokł. 206 FAZOS-12/24-2x3055-1 śc.305 pokł. 206	25 MPa	dwuteleskopowy 0/32	1,11 1,08
2	KWK "Sośnica-Makoszowy" Ruch Sośnica	7C9z	405	TAGOR-22/46-POz śc.7C9z pokł. 405 TAGOR-22/46-POz/S śc.7C9z pokł. 405	25 MPa	dwuteleskopowy 0,30/	1,04 0,98
3	KWK "Bobrek-Centrum"	1	504	GLINIK-11/25-Poz liniowa śc.1 pokł. 504 GLINIK-11/25-Poz skrajna śc.1 pokł. 504	25 MPa	dwuteleskopowy 0,28/0,20	1,12 0,95
4	KWK "Brzeszcze"	123	364	FAZOS-13/28-POz-2x3060 śc.123 pokł. 364 FAZOS-13/28-POz-2x3060-1 śc.123 pokł. 364	25 MPa	dwuteleskopowy 0,32/0,24	1,10 1,06
5	KWK "Halemba-Wirek"	2a	402	BW-11/24-POz śc.2a pokł. 402 BW-11/24-POz/S śc.2a pokł. 402	25 MPa	dwuteleskopowy 0,28/0,21	0,96 0,94
6	KWK "Knurów"	15	401/1	GLINIK-14/35-POz śc.15 pokł. 401/1 GLINIK-14/35-POz/S śc.15 pokł. 401/1	25 MPa	dwuteleskopowy 0,32/0,24	1,02 0,99

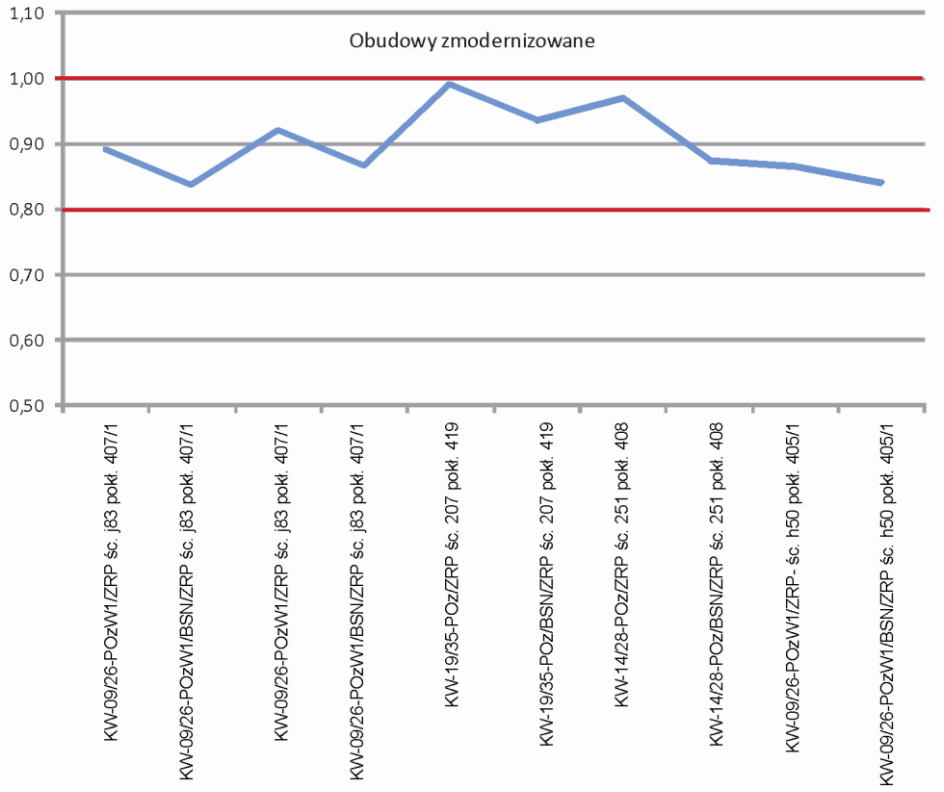


Rys.4. Tendencje kształtowania się wskaźnika utrzymania stopu „*g*" dla obudów zakupionych przez Kompanię Węglową S.A. (zasilanie 25 MPa)

Dla obudów zmodernizowanych z uwagi na możliwości wytrzymałościowe konstrukcji, średnice pierwszego stopnia stojaków nie przekraczają zwykle 0,25 m, co skutkuje znacznym zmniejszeniem wskaźnika utrzymania

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

stropu „*g*”, który przyjmuje wartości z przedziału 0,8 ÷ 1,0. Wyznaczone tendencje prezentuje rysunek 5.



Rys.5. Tendencje kształtowania się wskaźnika utrzymania stopu „*g*” dla obudów zmodernizowanych (zasilanie 25 MPa)

Zwiększenie wskaźnika nośności stropu „*g*” skutkuje wzrostem podporności stojaków, a zatem ich średnic oraz wzrostem podporności obudowy. Skutkuje również zwiększeniem kosztów produkcji. Zatem celowe są dokładne analizy wartości wskaźnika nośności stropu „*g*” w porównaniu z kosztem obudowy. Analizy takie mogą doprowadzić do optymalizacji kosztów i rzeczywistych potrzeb podporności obudów zmechanizowanych bez zmniejszenia bezpieczeństwa.

Zabezpieczenie zmechanizowanej obudowy ścianowej przed przeciążeniami jako następstwo wstrząsu górotworu jest realizowane na podstawie oceny „upodatnienia” obudowy [10]. W oparciu o obliczony współczynnik dociążenia „n_{tz}” (patrz rozdział 2) i parametry techniczne sekcji wyznacza się bezpieczny zakres roboczy. Dla układu hydraulicznego zabezpieczającego stojak wymagane przepływy są najczęściej odnoszone do klasy zaworu według PN-EN 1804-3+A1:2010. Jest to bardzo mało precyzyjne określenie z uwagi na duży przedział wartości przepływów dla poszczególnych klas, jak również zależność

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wartości przepływów od ciśnienia pod tłokiem. Bardziej zbliżone do potrzeb praktyki eksploatacyjnej obudowy byłoby wyznaczanie całej charakterystyki przepływu układu sterowania stojakiem $Q = f(P)$, a co najmniej punktu na tej charakterystyce najbardziej istotnego – dla dwukrotnej wartości ciśnienia roboczego [2, 4, 13]. Jest to maksymalna wartość ciśnienia, którą nie można przekroczyć z uwagi na bezpieczeństwo obudowy. Prezentacje opisanej problematyki ujmuje tabela 3 dla analizowanych obudów przedstawionych w tabeli 1 i 2.

Porównanie współczynników „n_{tz}", klasy zaworu i wymaganej wartości przepływu układu sterującego stojakiem dla analizowanych obudów wg tabeli 1 i 2

Tabela 3

l.p.	kopalnia	nr ściany	pokład	typ obudowy	typ i średnica stojaka	współczynnik dociążenia obudowy "n_{tz}"	klasa zaworu wg PN-EN 1804-3	Q_z^* $l\min^{-1}$
OBUDOWY ZMODERNIZOWANE PRZEZ ZAKŁAD REMONTOWO-PRODUKCYJNY								
1	KWK "Sośnica-Makoszowy" Ruch Makoszowy	j83	407/1	KW-09/26-POzW1/ZRP ść. j83 pokł. 407/1 KW-09/26-POzW1/BSN/ZRP ść. j83 pokł. 407/1	dwuteleskopowy 0,21/0,16	1,10	III	150
2	KWK "Sośnica-Makoszowy" Ruch Makoszowy	j82	407/1	KW-09/26-POzW1/ZRP ść. j83 pokł. 407/1 KW-09/26-POzW1/BSN/ZRP ść. j83 pokł. 407/1	dwuteleskopowy 0,21/0,16	1,09	III	130
3	KWK "Piekary"	207	419	KW-19/35-POz/ZRP ść.207 pokł. 419 KW-19/35-POz/BSN/ZRP ść.207 pokł. 419	dwuteleskopowy 0,25/0,20	1,10	III	650
4	KWK "Bielszowice"	251	408	KW-14/28-POz/ZRP ść.251 pokł. 408 KW-14/28-POz/BSN/ZRP ść.251 pokł. 408	dwuteleskopowy 0,25/	1,14	Ib, III	520
5	KWK "Sośnica-Makoszowy" Ruch Makoszowy	h50	405/1	KW-09/26-POzW1/ZRP ść.h50 pokł. 405/1 KW-09/26-POzW1/BSN/ZRP ść.h50 pokł. 405/1	dwuteleskopowy 0,21/0,6	1,24	III	800
OBUDOWY ZAKUPIONE PRZEZ KW S.A. W LATACH 2009 ÷ 2011								
1	KWK "Ziemowit"	305	206	FAZOS-12/24-2x3055 ść.305 pokł. 206 FAZOS-12/24-2x3055-1 ść.305 pokł. 206	dwuteleskopowy 0/32	1,10	III, IV	650
2	KWK "Sośnica-Makoszowy" Ruch Sośnica	7C9z	405	TAGOR-22/46-POz ść.7C9z pokł. 405 TAGOR-22/46-POz/S ść.7C9z pokł. 405	dwuteleskopowy 0,30/	1,21	III	1300
3	KWK "Bobrek-Centrum"	1	504	GLINIK-11/25-Poz liniowa ść.1 pokł. 504 GLINIK-11/25-Poz skrajna ść.1 pokł. 504	dwuteleskopowy 0,28/0,20	1,10	Ib	550
4	KWK "Brzeszcze"	123	364	FAZOS-13/28-POz-2x3060 ść.123 pokł. 364 FAZOS-13/28-POz-2x3060-1 ść.123 pokł. 364	dwuteleskopowy 0,32/0,24	1,10	Ib, III	600
5	KWK "Halemba-Wirek"	2a	402	BW-11/24-POz ść.2a pokł. 402 BW-11/24-POz/S ść.2a pokł. 402	dwuteleskopowy 0,28/0,21	1,10	Ib, III	550
6	KWK "Knurów"	15	401/1	GLINIK-14/35-POz ść.15 pokł. 401/1 GLINIK-14/35-POz/S ść.15 pokł. 401/1	dwuteleskopowy 0,32/0,24	1,10	III	600

Q_z^* - obliczony przepływ objętościowy układu sterowania stojakiem dla ciśnienia pod tłokiem dla dwukrotnej wartości roboczej oraz minimalnej wysokości roboczej obudowy

Propozycje wymagań, badań dodatkowych w odniesieniu do norm oraz stosowane procedury oceny i doboru elementów zabezpieczających opisuje literatura [11, 12]. Podstawową i realizowaną procedurą w Zakładzie Remontowo-Produkcyjnym jest wyznaczanie przepływów w całym układzie hydraulicznym zabezpieczającym przestrzeń roboczą pod tłokiem stojaka.

Tabela 3, a mianowicie wartości wymaganych przepływów „Q_z" oraz klasy zaworów wskazują na ważność problematyki dla bezpieczeństwa obudowy zmechanizowanej szczególnie eksploatowanej w warunkach zagrożonych

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wstrząsami górotworu. Występowanie bardzo dużych różnic w ocenie przepływu według normy oraz rzeczywistych potrzeb wymagają pilnego uregulowania.

4. Wnioski

Z analizowanego materiału można przyjąć wnioski do dyskusji:

1. Jaki przedział podporności obudowy i związany z nią wskaźnik utrzymania stopu „*g*" powinien być stosowany dla zmechanizowanej obudowy ścianowej? Autor proponuje aby ograniczyć się do wartości 0,8 ÷ 1,0 i stosownie do tej wartości przyjąć podporności i średnice stojaków. W doborze podporności, celowe jest rozpatrywanie również strony ekonomicznej. Autor sugeruje, aby dokładnie analizować zakres ekonomiczny dla przypadków, gdy wskaźnik „*g*" przekracza wartość 1,0. Według badań własnych Zakładu Remontowo-Produkcyjnego gwałtowny przyrost kosztów produkcji, modernizacji obudowy następuje po przekroczeniu wartości „*g*" = 1.
2. W dotychczas prowadzonych analizach gospodarki zmechanizowanymi obudowami ścianowymi prowadzonymi w Kompanii Węglowej S.A. należy zwrócić szczególną uwagę na pełne wykorzystanie parametrów technicznych obudów. Dotyczy to w szczególności podporności obudów i ich przystosowania do warunków górniczo-geologicznych.
3. Dobierając zabezpieczanie stojaka przed przeciążeniami, jako następstwo wstrząsu górotworu, powinno się określić charakterystykę przepływu układu hydraulicznego, a nie klasę zaworu. Podanie klasy zaworu według PN-EN 1804-3+A1:2012 jest mało precyzyjne. Optymalnym rozwiązaniem jest wprowadzenie zabezpieczeń stojaka na etapie projektowania obudowy i jej produkcji, co jest możliwe znając tendencję potrzeb na lata przyszłe, w Kompanii Węglowej S.A.

Literatura

1. Biliński A., Kostyk T., Prusek S.: Zasady doboru obudowy zmechanizowanej dla wyrobisk ścianowych. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie. Miesięcznik WUG. Katowice 3/1997.
2. Doległo L.: Analityczna metoda wyznaczania przeciążeń zmechanizowanej obudowy ścianowej powstałych w wyniku wstrząsu górotworu. Praca doktorska. GIG Katowice 2011.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

3. Dyrektywa 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniająca dyrektywę 95/16/WE.
4. Gil J., Kubiesa R.: Badania wydajności objętościowej układu sterowania stojakiem obudowy KW-09/26-POz/ZRP. III Międzynarodowa Konferencja – Problemy bezpieczeństwa w budowie i eksploatacji maszyn i urządzeń górnictwa podziemnego. Ustroń 2011.
5. PN-EN 1804-1+A1:2011 - Maszyny dla górnictwa podziemnego – Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej - Część 1: Sekcje obudowy i wymagania ogólne.
6. PN-EN 1804-2+A1:2012 - Maszyny dla górnictwa podziemnego – Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej - Część 2: Stojaki i pozostałe siłowniki.
7. PN-EN 1804-3+A1:2012 - Maszyny dla górnictwa podziemnego – Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej - Część 3: Hydrauliczne układy sterowania.
8. Prace własne Zakładu Remontowo-Produkcyjnego.
9. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 9 czerwca 2006 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych.
10. Stoiński K., Kostyk T.: Sposób określenia upodatnienia sekcji zmechanizowanej obudowy ścianowej – metody analityczne. Maszyny Górnicze. Gliwice 3/2005.
11. Stoiński K., Doległo L., Gasztych T., Gil J., Kasprusz A., Kubiesa R., Szurgacz D.: Propozycje wymagań, badań oraz procedur wprowadzania do eksploatacji zmechanizowanych obudów ścianowych do warunków zagrożenia wstrząsami górotworu. XVIII Jubileuszowa Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna TEMAG 2010. Gliwice-Ustroń 2010.
12. Stoiński K., Klabis L.: Modernizacja stojaka hydraulicznego ukierunkowana na zwiększenie odporności dynamicznej na obciążenia jako pochodna wstrząsu górotworu. Trwałość elementów i węzłów konstrukcyjnych maszyn górniczych. XX Jubileuszowa Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna TEMAG 2012. Gliwice-Ustroń 2012.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

13. Szurgacz D.: Próba określenia dynamicznej mocy stojaka zmechanizowanej obudowy ścianowej przeznaczonego do pracy w warunkach zagrożenia wstrząsami górotworu – artykuł dyskusyjny. Prace naukowe GIG. Katowice 1/2011.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Analiza wytężenia elementów połączenia przegubowego sekcji obudowy zmechanizowanej z uwzględnieniem lokalnych odkształceń trwałych

Józef Markowicz - Politechnika Śląska, **Marcin Gancarczyk** - Kompania Węglowa S.A. Oddział KWK "Bielszowice"

1. Wprowadzenie

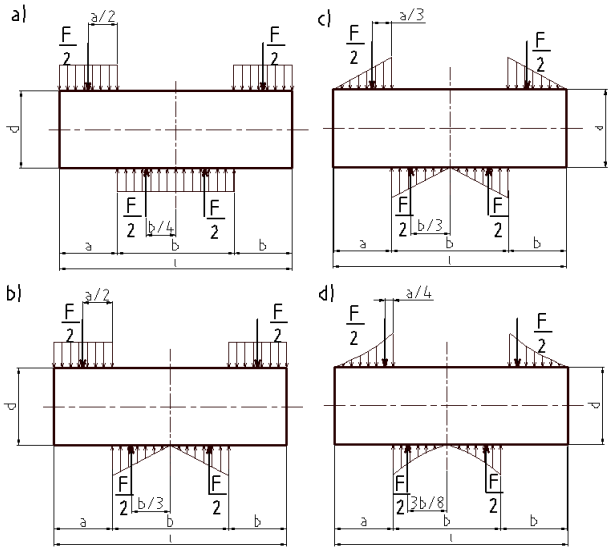
Sekcja obudowy zmechanizowanej jest układem mechanicznym, w którym wzajemne położenie poszczególnych członów, w zależności od wysokości sekcji, może się znacznie różnić. Względne przemieszczanie się podstawowych elementów sekcji umożliwiają połączenia przegubowe, które stanowią istotny węzeł konstrukcyjny sekcji obudowy zmechanizowanej. Ucha i sworznie połączeń przegubowych przenoszą wypadkowe siły o wartości nawet do kilku MN. Biorąc powyższe pod uwagę poprawne zaprojektowanie i ocena stanu wytężenia elementów połączenia przegubowego jest istotna z uwagi na bezpieczeństwo użytkowania sekcji obudowy zmechanizowanej. Uszkodzenie elementów tego połączenia – pęknięcie sworznia lub rozerwanie ucha powoduje utratę stateczności sekcji i może doprowadzić do bardzo poważnych w skutkach wypadków.

Obliczenia wytrzymałościowe elementów połączenia przegubowego stanowią więc ważny etap w procesie projektowania sekcji. Ostateczny wynik obliczeń wytrzymałościowych zależy w dużym stopniu od przyjętego modelu obliczeniowego.

2. Modele obciążenia

Najczęściej obliczenia wytrzymałościowe elementów połączenia przegubowego ogranicza się do sprawdzenia wytrzymałościowego sworznia, uch i widełek. Podczas prowadzenia obliczeń sprawdza się naciski powierzchniowe pomiędzy elementami łączonymi a sworzniem oraz założone przekroje ucha i widełek. Wyboru sposobu obliczeń połączenia przegubowego należy dokonać w zależności od rodzaju zastosowanego pasowania sworznia w elementach łączonych. W najprostszym modelu obciążenia - znacznie odbiegającym od rzeczywistości (rys. 1a) przyjmuje się, że sworzeń, ucho i widełki obciążone są równomiernie wzdłuż osi analizowanego połączenia. W rzeczywistości taka sytuacja nie występuje, ponieważ elementy połączenia przegubowego nie są idealnie sztywne. Biorąc powyższe pod uwagę przyjmuje się również inne modele obciążenia elementów połączenia przegubowego, zakładając przykładowo [5]: równomierny rozkład nacisków pomiędzy widełkami a sworzniem oraz trójkątny pomiędzy uchem a sworzniem (rys. 1b), trójkątny rozkład nacisków pomiędzy uchem a sworzniem oraz widełkami a sworzniem (rys. 1c) czy też paraboliczny rozkład nacisków pomiędzy tymi elementami (rys. 1d).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.1. Modele obciążenia [5]

Dla zilustrowania wpływu przyjętego modelu obciążenia elementów połączenia przegubowego na wynik obliczeń wytrzymałościowych w tabeli 1 zamieszczono wyznaczone wartości maksymalnego momentu zginającego M_{gmax} oraz minimalne wartości średnicy sworznia d, otrzymane dla przedstawionych na rys. 1 modeli obliczeniowych. Przy tych samych wymiarach, tym samym obciążeniu oraz identycznych właściwościach materiałów wyznaczona średnica sworznia, w zależności od przyjętego modelu obciążenia, może się różnić nawet o 35%.

Połączenia przegubowe w sekcji obudowy zmechanizowanej, w porównaniu do tego typu połączeń występujących w innych maszynach, charakteryzują się znacznym luzem występującym pomiędzy sworzniem a uchem i widełkami. Ponadto połączenia te użytkowane są w specyficznych warunkach - brak smarowania kontaktujących się powierzchni i duże zanieczyszczenie.

Wpływ modelu obciążenia na wynik obliczeń

Tabela 1

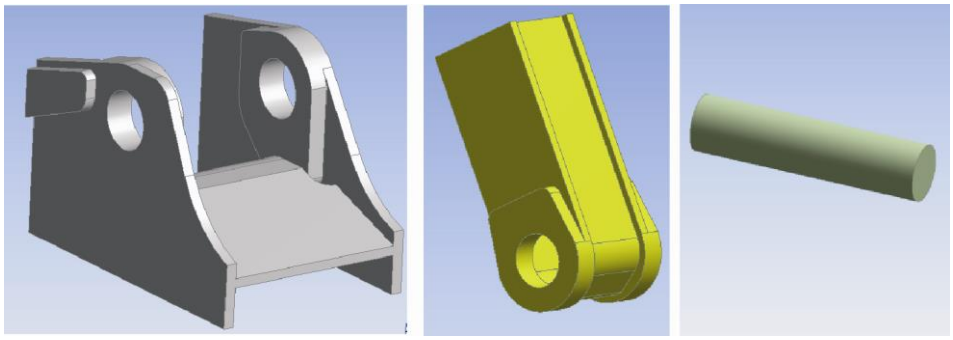
Model obciążenia	Wymiary			Obciążenie	Naprężenie dopuszczalne	Wyniki obliczeń	
	a	b	l	F	k_g	M_{gmax}	d
	mm			kN	MPa	Nm	mm
a)	25	50	100	150	80	1875	62
b)						1563	58
c)						1250	54
d)						938	49

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Specyfika połączeń przegubowych występujących w elementach sekcji obudowy zmechanizowanej powoduje, że określenie stanu wytężenia elementów tego połączenia wymaga uwzględnienia, między innymi takich czynników jak: odkształcalność poszczególnych elementów a więc rzeczywistą ich sztywność, możliwość lokalnego uplastycznienia zarówno sworznia jak i uch, siły tarcia występujące pomiędzy kontaktującymi się powierzchniami oraz wartość luzu pomiędzy sworzniem i uchem. Zagadnienie to przeanalizowano na przykładzie połączenia przegubowego łącznika przedniego ze spągnicą dla jednej wybranej postaci konstrukcyjnej sekcji obudowy zmechanizowanej.

3. Modelowanie i analiza stanu wytężenia połączenia przegubowego spągnicy z łącznikiem lemniskatowym przednim

Obliczenia i analizę stanu wytężenia przeprowadzono metodą elementów skończonych z wykorzystaniem pakietu programów Ansys Workbench. Modelowane połączenie przegubowe składa się z trzech elementów: fragmentu spągnicy, fragmentu łącznika lemniskatowego przedniego oraz sworzenia (rys. 2).



Rys.2. Elementy modelu geometrycznego

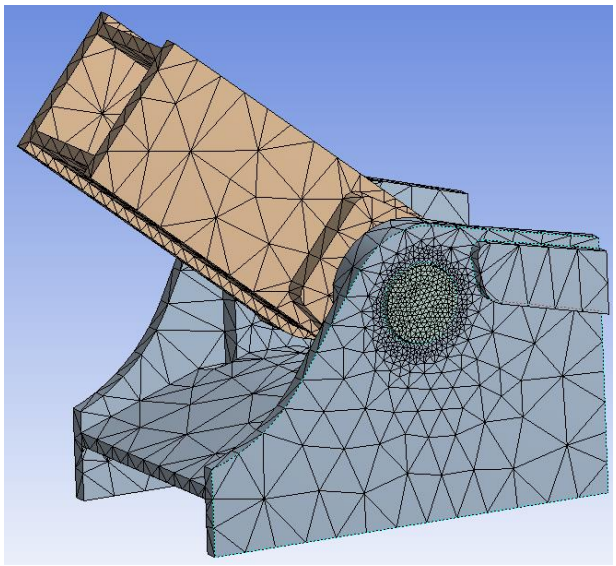
Porównując model geometryczny z rzeczywistym obiektem można zauważyć, że w modelu pominięto elementy zabezpieczające sworzeń przed wypadnięciem. Uproszczenie to zostało przyjęte, ze względu na fakt, że pomiędzy sworzniem a elementami zabezpieczającymi, przyspawanymi do spągnicy, nie występuje kontakt. Elementy zabezpieczające nie przenoszą więc obciążenia. W modelowanym połączeniu nominalna średnica sworznia wynosiła 130 mm, natomiast średnica otworów w uchach 131,5 mm.

Model geometryczny spągnicy został ograniczony do fragmentu o długości 700 mm, natomiast model geometryczny łącznika lemniskatowego obejmuje tylko połowę jego długości. Uproszczenia te mają znikomy wpływ na wyniki analizy, natomiast powodują istotne ograniczenie liczby elementów skończonych, co zwłaszcza przy nieliniowych analizach, znacznie skraca czas obliczeń.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Pomiędzy elementami sworznia i uch zamodelowano kontakt z uwzględnieniem tarcia na styku kontaktujących się powierzchni – typu Frictional [4]. Zamodelowanie tego typu kontaktu wymaga wprowadzenia wartości współczynnika tarcia. Statyczny współczynnik tarcia stali po stali wynosi 0,15. W modelowanym połączeniu przegubowym założono współczynnik tarcia o wartości 0,25, co odpowiada wartości współczynnika przyjmowanej dla czopa niedotartego [6] oraz w przypadku występowania zanieczyszczeń pomiędzy sworzniem a otworami łącznika lemniskatowego oraz spągnicy. Kontakt z uwzględnieniem tarcia jest zjawiskiem nieliniowym, ponieważ pole powierzchnie kontaktu może sie zmieniać, jak również może się zmieniać położenie tych powierzchni względem siebie.

Wygenerowaną siatkę (rys. 3) tworzą 39502 elementy, na które składa się 109472 węzłów. Dla całego układu przyjęto domyślną siatkę, którą następnie zagęszczono w obrębie stref kontaktowych - wykorzystując opcję do generowania siatki w obrębie przewidywanych powierzchni kontaktu.



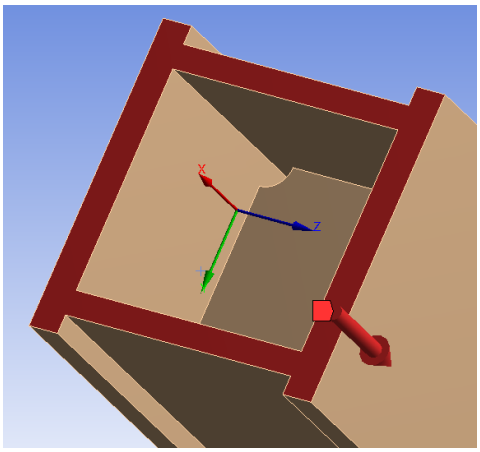
Rys.3. Siatka elementów skończonych połączenia łącznika przedniego ze spągnicą

Zasadniczym celem obliczeń było wyznaczenie stanu wytężenia elementów połączenia przegubowego ze szczególnym uwzględnieniem obszaru kontaktu sworznia z powierzchniami otworów łącznika i spągnicy. Wprowadzono więc następujące warunki brzegowe:

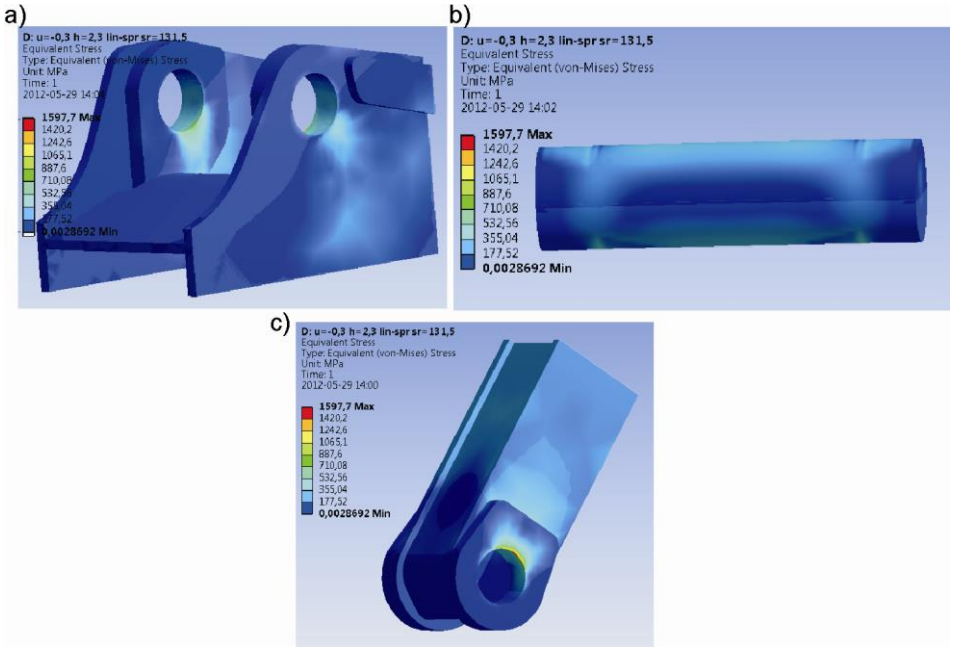
– odebrano wszystkie stopnie swobody na powierzchniach przecięcia modelu spągnicy,
– układ obciążono wypadkową siłą występującą w łączniku lemniskatowym; siłę tę przyłożono w płaszczyźnie przecięcia łącznika lemniskatowego – w kierunku prostopadłym do tej płaszczyzny (rys. 4). Wartość i zwrot siły

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wyznaczono na podstawie analizy obciążenia modelu sekcji obudowy za pomocą programu OStO v.4.1 [2]. W obliczeniach uwzględniono najbardziej niekorzystny wariant obciążenia, przy którym siła w łączniku przednim wynosi 4923 kN.



Rys.4. Model obciążenia łącznika



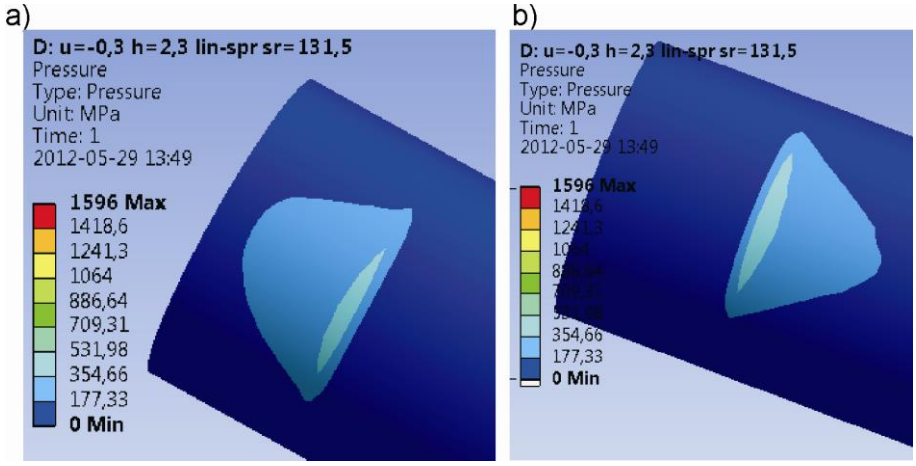
Rys.5. Rozkład naprężenia zredukowanego w spągnicy (a), sworzniu (b) i łączniku (c)

W pierwszym etapie obliczenia wykonano zakładając liniowo sprężystą charakterystykę materiału wszystkich elementów połączenia przegubowego. Na rysunku 5 przedstawiono rozkład naprężenia zredukowanego w poszczególnych elementach połączenia przegubowego. Maksymalna wartość naprężenia zredu-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

kowanego w analizowanych elementach wynosi odpowiednio 889 MPa – w spągnicy, 717 MPa - w sworzniu i 1598 MPa - w łączniku. Maksymalne wartości naprężenia zredukowanego w poszczególnych elementach występują lokalnie - jako koncentracja naprężenia w obszarze kontaktu sworznia z powierzchnią otworu spągnicy i łącznika lemniskatowego. Obszary o największym wytężeniu, zarówno w łączniku lemniskatowym, jak i w spągnicy, występują w bardzo ograniczonej strefie – krawędź otworu łącznika lub spągnicy. W tych obszarach, lokalnie, naprężenie zredukowane jest większe od granicy plastyczności. Wystąpią więc odkształcenia trwałe powierzchni otworów spągnicy (stal S690QL) oraz łącznika lemniskatowego (stal S460N). Wartość maksymalna naprężenia zredukowanego w sworzniu (stal 40H) nie przekracza granicy plastyczności materiału.

Rozkład nacisków powierzchniowych dla najbardziej niekorzystnego wariantu obciążenia pomiędzy sworzniem i uchem spągnicy przedstawiono na rysunku 6a, natomiast pomiędzy sworzniem a uchem łącznika lemniskatowego pokazano na rysunku 6b. Na skutek odkształceń elementów połączenia przegubowego obszary o znacznej koncentracji nacisków położone są przy krawędziach otworów w uchu spągnicy i w uchu łącznika lemniskatowego.



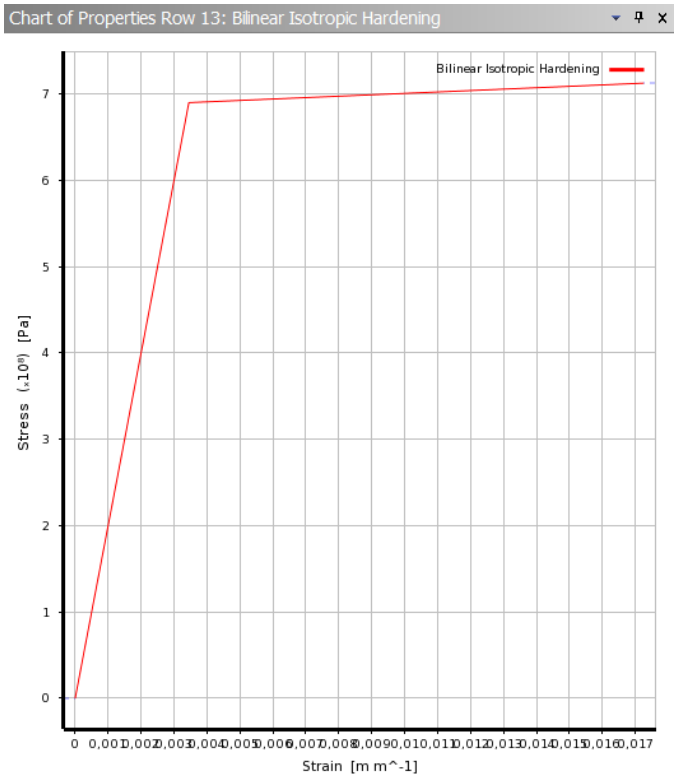
Rys.6. Rozkład nacisków powierzchniowych pomiędzy sworzniem i uchem spągnicy (a) oraz sworzniem i uchem łącznika lemniskatowego (b).

4. Modelowanie z uwzględnieniem odkształceń trwałych

Analiza stanu wytężenia elementów połączeń przegubowych sekcji obudowy zmechanizowanej (której wybrane wyniki przedstawiono w poprzednim rozdziale) wykazała, że dla wszystkich przypadków obciążenia maksymalne naprężenie zredukowane na powierzchni otworów uch, lokalnie, ma wartość większą od naprężenia na granicy plastyczności materiałów z jakich wykonane są elementy połączeń przegubowych. Rzetelna ocena stanu wytężenia wymaga

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

więc opracowania modeli z uwzględnieniem rzeczywistych charakterystyk materiałów. Biorąc pod uwagę wyniki badań laboratoryjnych na próbkach materiałów, z których wykonywane są elementy sekcji obudowy zmechanizowanej [3] zdecydowano, że dla potrzeb analizy stanu wytężenia elementów połączeń przegubowych należy przyjąć sprężysto-plastyczne (z liniowym umocnieniem) charakterystyki materiałów. Na rysunku 7 pokazano przykładowo dwuliniową charakterystykę z umocnieniem dla stali S690QL. W tabeli 2 zestawiono właściwości mechaniczno-wytrzymałościowe stali z jakich wykonano elementy analizowanego połączenia przegubowego.



Rys.7. Charakterystyka stali S690QL z liniowym umocnieniem

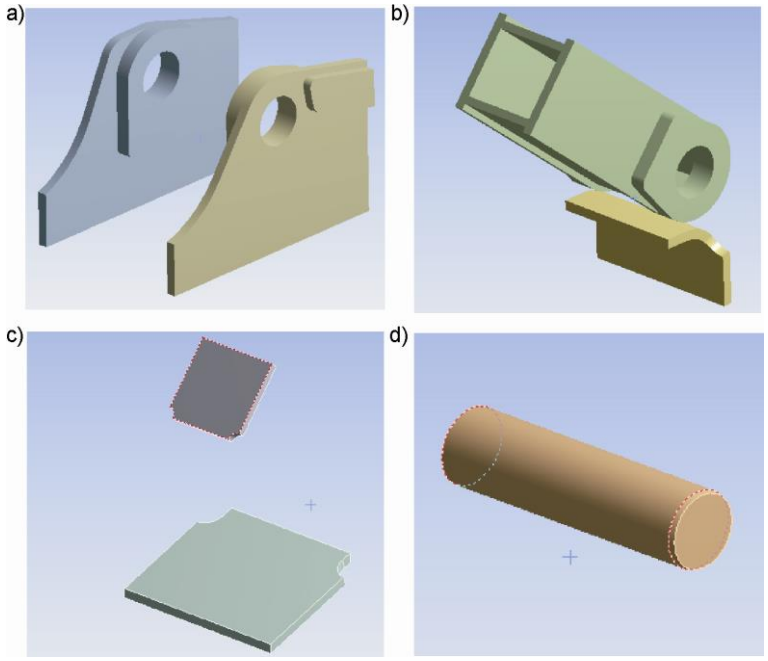
Właściwości mechaniczne materiałów z których wykonane są elementy połączenia przegubowego [1]

Tabela 2

Materiał	Granica plastyczności R_e	Moduł uplastycznienia E_H
	MPa	
S690QL	690	1634
S460N	460	1550
S355J2	355	1830
40H	800	1000

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Na rysunku 8 wyszczególniono elementy połączenia przegubowego wykonane z tego samego gatunku stali.



Rys.8. Połączenie przegubowe łącznika lemniskatowego przedniego ze spągnicą z podziałem na elementy wykonane z różnych materiałów: *a – stal S690QL, b – stal S460N c – stal S355J2 d – stal 40H*

Analizę wyników obliczeń dla modelu z uwzględnieniem uplastycznienia materiału przeprowadzono dokonując porównania tych wyników z wynikami uzyskanymi dla modelu z materiałem liniowo sprężystym. Rozkład naprężenia zredukowanego dla każdego z elementów tworzących połączenie przegubowe pokazano na rysunku 9.

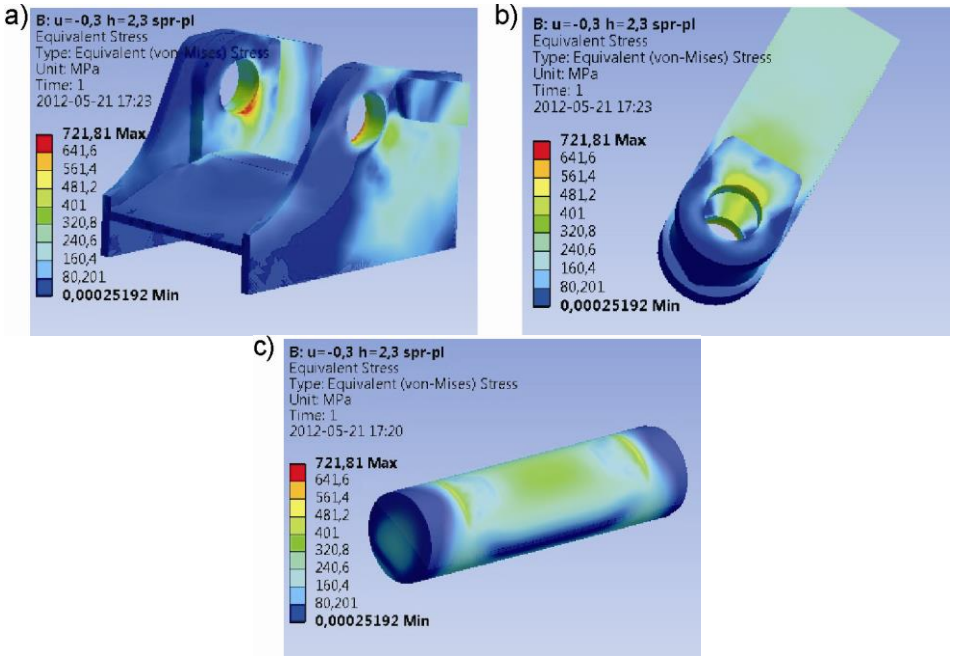
Maksymalne wartości naprężenia zredukowanego dla modelu sprężysto plastycznego z liniowym umocnieniem dla poszczególnych elementów wynoszą:

- w spągnicy - 722 MPa (889 MPa),
- w łączniku lemniskatowym - 482 MPa (1598 MPa),
- w sworzniu - 712 MPa (717 MPa).

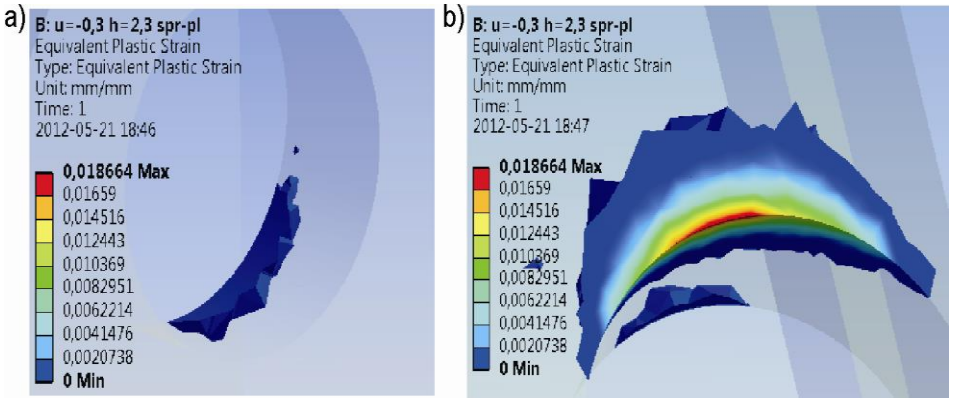
Dla porównania w nawiasach podano wartości maksymalne dla materiału liniowo-sprężystego. W przypadku spągnicy i łącznika lemniskatowego maksymalne naprężenie zredukowane dla modelu sprężysto plastycznego jest znacznie mniejsze i jego wartość nie przekracza granicy wytrzymałości. Strefa najbardziej wytężona obejmuje niewielki obszar, tworząc lokalne koncentracje w miejscu styku sworznia przy krawędzi otworu spągnicy i łącznika lemniskatowego. Obszary uch w których wystąpiły odkształcenia trwałe przedstawiono

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

na rysunku 10. Dla modelu sprężysto-plastycznego wartość maksymalna naprężenia zredukowanego w sworzniu zmniejszyła się nieznacznie (o około 5 MPa). W sworzniu nie wystąpi więc uplastycznienie materiału.



Rys.9. Rozkład naprężenia zredukowanego z uwzględnieniem uplastycznienia materiału w spągnicy (a), łączniku lemniskatowym (b) oraz sworzniu (c)



Rys.10. Obszary uplastycznione przy krawędzi otworu spągnicy (a) i łącznika lemniskatowego (b)

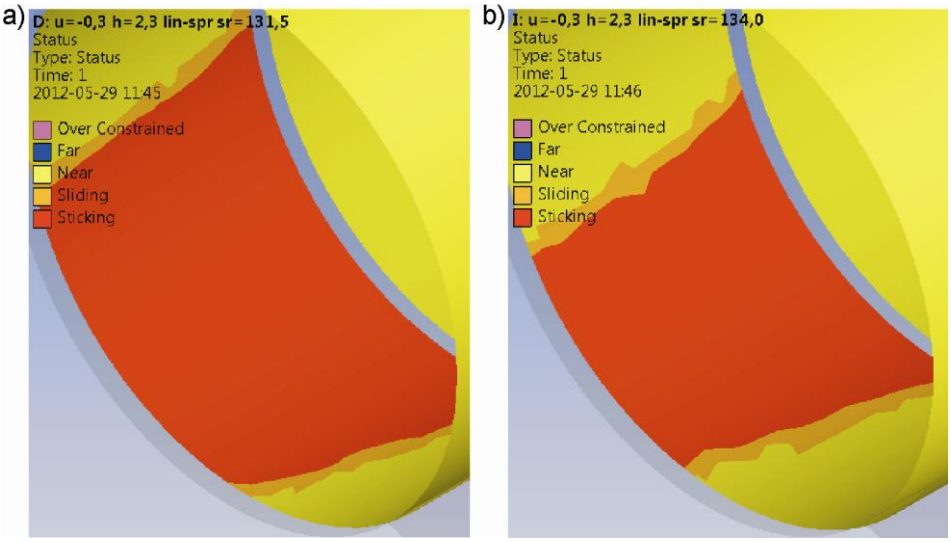
Lokalne uplastycznienia materiału mają wpływ na wielkość powierzchni styku sworznia z otworami spągnicy i łącznika lemniskatowego. W związku z tym, zmieniają się maksymalne wartości nacisków powierzchniowych w każdym z elementów tworzących połączenie przegubowe.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

5. Wpływ luzu na stan wytężenia ucha i sworznia połączenia przegubowego

W obecnie produkowanych sekcjach obudowy zmechanizowanej nominalny luz w głównych połączeniach przegubowych wynosi od 1 - 2 mm. Podczas użytkowania sekcji na skutek zużycia powierzchni sworznia i otworów wartość tego luzu zwiększa się i przed przekazaniem elementów sekcji do remontu luz ten wynosi najczęściej kilka mm [1]. Biorąc powyższe pod uwagę w analizowanym połączeniu przegubowym spągnicy z łącznikiem lemniskatowym o nominalnej średnicy sworznia 130 mm założono, że wartość luzu może się zmieniać w zakresie od 0 - 4 mm. Analizę stanu wytężenia przeprowadzono więc dla średnic otworu w łączniku i spągnicy zakresie od 130 ÷ 134 mm.

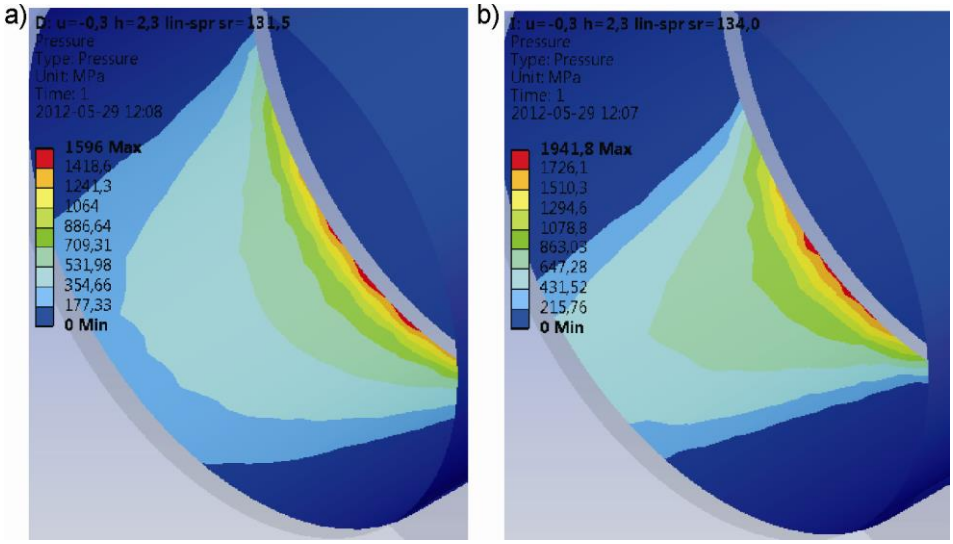
Wraz ze zmianą wielkości luzu w połączeniu przegubowym zmianie ulega powierzchnia styku sworznia z otworem. Większy luz powoduje zmniejszenie powierzchni, na której występuje kontakt tych dwóch elementów. Na rysunku 11 przedstawiono porównanie powierzchni styku sworznia i otworu dla luzu nominalnego i maksymalnego.



Rys.11. Porównanie powierzchni kontaktu sworznia i otworu dla luzu nominalnego (a) oraz luzu o wartości 4 mm (b)

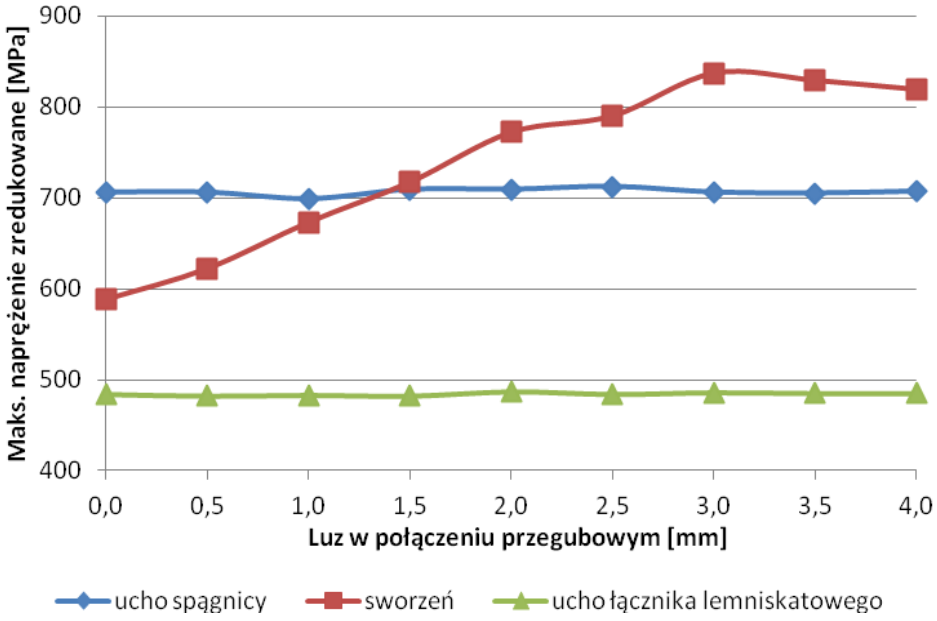
Zmiana wielkości powierzchni styku elementów połączenia przegubowego skutkuje istotną zmianą rozkładu nacisków powierzchniowych. Dla większego luzu obciążenie przenoszone jest na mniejszej powierzchni, w związku z tym występują większe naciski powierzchniowe. Porównanie rozkładu nacisków powierzchniowych dla luzu nominalnego i maksymalnego przedstawiono na rysunku 12.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.12. Rozkład nacisków powierzchniowych dla luzu nominalnego (a) oraz luzu o wartości 4 mm (b)

Wzrost wartości luzu powoduje istotną zmianę wielkości obszaru uplastycznionego, natomiast maksymalne naprężenie zredukowane jest nieznacznie większe od granicy plastyczności materiału blach spągnicy (oscyluje wokół wartości 707 MPa) i łącznika lemniskatowego około 484 MPa (rys. 13).



Rys.13. Wpływ luzu na wartość maksymalnego naprężenia zredukowanego

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Wartość maksymalna naprężenia zredukowanego w sworzniu zwiększa się wraz ze wzrostem luzu w przegubie. Wzrost naprężenia następuje aż do luzu o wartości 3 mm, a przy większych wartościach luzu dochodzi do lokalnego uplastycznienia najbardziej wytężonych obszarów sworznia – w strefie, w której sworzeń jest ścinany. Obszary uplastycznione w sworzniu, dla luzu o wartości 4 mm przedstawiono na rysunku 14.



Rys.14. Obszary uplastycznione w sworzniu dla luzu o wartości 4 mm

6. Podsumowanie

Stosując tradycyjne metody obliczeń wytrzymałościowych elementów połączenia przegubowego uzyskuje się (w zależności od przyjętego modelu obciążenia) istotnie różniące się wyniki obliczeń stanu ich wytężenia przy tych samych wartościach wypadkowego obciążenia zewnętrznego połączenia przegubowego.

Na podstawie analizy wyników obliczeń MES można stwierdzić, że najbardziej wytężonymi elementami analizowanych połączeń są ucha łączników lemniskatowych oraz ucha stropnicy w połączeniu z osłoną odzawałową. Relatywnie, mniejszy poziom wytężenia występuje w sworzniach analizowanych połączeń przegubowych. Wartość naprężenia zredukowanego w uchach połączeń przegubowych, lokalnie przekracza wartość naprężenia na granicy plas-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

tyczności. Trwałe odkształcenia plastyczne występują lokalnie wokół otworów połączeń przegubowych.

Uwzględniając wyniki identyfikacji zużycia elementów połączeń przegubowych podczas użytkowania sekcji obudowy zmechanizowanej przeanalizowano wpływ luzu pomiędzy uchem a sworzniem na stan wytężenia tych elementów. Na podstawie przeprowadzonych symulacji komputerowych stwierdzono, że luz w parze przegubowej w istotnym stopniu wpływa na stan wytężenia sworznia i obszarów wokół otworu. Przyrost wartości luzu w zakresie 0 ÷ 4 mm powoduje wzrost wartości maksymalnego naprężenia zredukowanego w sworzniu o około 40% oraz wzrost wartości nacisku powierzchniowego około 35%.

Dla poprawnej oceny stanu wytężenia elementów połączenia przegubowego niezbędne jest prowadzenie obliczeń z uwzględnieniem nieliniowych charakterystyk materiałów.

Literatura

1. Jaszczuk M., Markowicz J.: Parametryczna metoda oceny stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.
2. Jaszczuk M., Szweda S., Markowicz J., Kaczmarczyk A.: Metodyka obliczeń obciążenia statycznego elementów sekcji obudowy zmechanizowanej wraz z programem komputerowym. Gliwice 2006 (praca nie publikowana).
3. Junak G., Markowicz J.: Niskocyklowa trwałość zmęczeniowa materiałów stosowanych na elementy sekcji Obudowy zmechanizowanej. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, nr 9/2010, str. 17- 22.
4. Łaczek S.: Modelowanie i analiza konstrukcji w systemie MES Ansys v.11, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2011.
5. Markowicz J.: Wpływ stopnia zużycia elementów połączenia przegubowego na stan ich wytężenia, Zeszyty Naukowe. Górnictwo z. 286, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

6. Miller S.: Teoria maszyn i mechanizmów. Analiza układów kinematycznych, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1996.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Sterowanie elektrohydrauliczne DOH-Matic w kontekście przeprowadzonych wdrożeń i automatyzacji pracy obudowy zmechanizowanej

Sławomir Mikuła, Marek Wojtas - Elsta Elektronika Sp. z o.o. S.K.A., **Michał Skrabaka** – Katowicki Holding Węglowy S.A., KWK „Murcki-Staszic", **Mirosław Janik, Piotr Świeczak, Jerzy Kuska** – Kompania Węglowa S.A, KWK „Ziemowit", **Krzysztof Fitowski** - Centrum Hydrauliki Dirk Otto Hennlich Sp. z o.o.

1. Wprowadzenie

Charakterystyczne dla polskiego i światowego górnictwa trendy w zakresie poprawy efektywności wydobycia węgla kamiennego wymagają sięgania po coraz to nowocześniejsze i bardziej niezawodne systemy maszynowe. Natomiast z roku na rok proces wydobywania węgla kamiennego w polskim górnictwie podziemnym charakteryzuje się coraz to trudniejszymi warunkami geologiczno-górniczymi oraz występowaniem coraz częściej zagrożeń skojarzonych [1]. Dlatego zasadnym jest zmierzanie w kierunku ograniczenia ilości niezbędnej załogi znajdującej się w bezpośrednim sąsiedztwie pracujących maszyn. Analiza wyników kontroli przeprowadzonych przez organy nadzoru górniczego wskazuje na konieczność wprowadzania rozwiązań technicznych dotyczących przede wszystkim eliminacji przebywania pracowników w strefach zagrożenia od pracujących maszyn i urządzeń, wdrażania antykolizyjnych układów elektronicznych oraz zastosowania na szerszą skalę monitoringu procesów technologicznych [1]. W związku z powyższym współpraca systemów sterowania maszyn wchodzących w skład kompleksu ścianowego czy implementacja dodatkowych elementów, takich jak monitoring procesów oraz możliwość zdalnego sterowania maszynami przyczyni się bezpośrednio do zwiększenia bezpieczeństwa pracy w podziemnych wyrobiskach górniczych. Dlatego właśnie w ostatnich latach można wyraźnie zaobserwować silny nacisk światowego górnictwa na automatyzację pracy kompleksu ścianowego [2]. Tego typu rozwiązanie ma doprowadzić do sytuacji, w której dwuosobowa załoga wyszkolonych operatorów będzie sterowała całym zespołem maszyn kompleksu ścianowego, co idealnie wkomponowuje się w zagadnienia zwiększenia bezpieczeństwa i efektywności technik urabiania. Niemniej jednak osiągnięcie tego celu wymaga położenia bardzo dużego nacisku na wysoką niezawodność maszyn i systemów sterownia oraz wysoką kulturę techniczną personelu obsługi oraz kadry zajmującej się nadzorowaniem procesów technologicznych. Dla kopalń coraz istotniejsze staje się zmniejszenie ilości awarii maszyn i urządzeń realizujących procesy technologiczne związane z wydobyciem węgla kamiennego oraz możliwość efektywniejszego wykrywania zagrożeń [3]. Realizacja tych potrzeb wymaga coraz większej informatyzacji procesu wydobycia węgla, a co za tym idzie integracji systemów sterowania maszynami kompleksu ścia-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

nowego. Dlatego odpowiedzią na obecne potrzeby polskiego i światowego górnictwa jest prezentowany w rozdziale system DOH-Matic (będący efektem wspólnego projektu firm Elsta Sp. z o.o. i Centrum Hydrauliki Dirk Otto Hennlich Sp. z o.o.), który w obecnej konstrukcji posiada możliwość rozległej rekonfiguracji i umożliwia integrację z pozostałymi systemami sterowania maszyn kompleksu ścianowego.

2. Elektroniczne sterowanie sekcją obudowy zmechanizowanej DOH-Matic

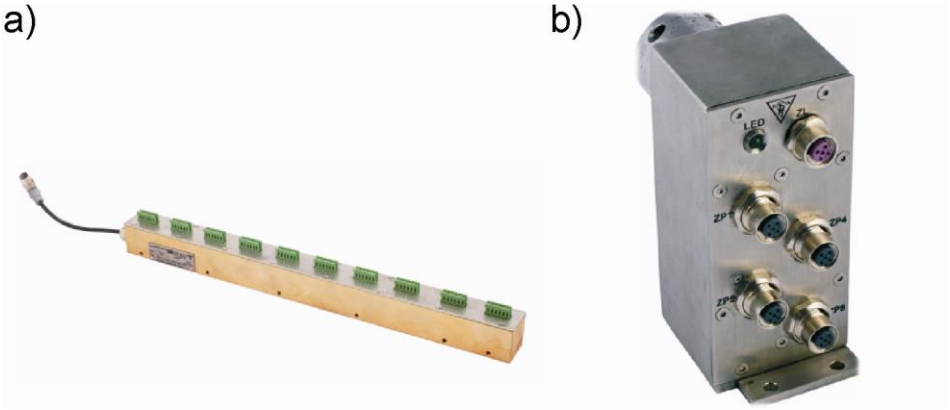
Kompletny zestaw sterowania elektrohydraulicznego DOH-Matic dla pojedynczej sekcji obudowy zmechanizowanej składa się z kilku urządzeń o jasno określonej odpowiedzialności. Urządzenia te tworzą spójny komponent odpowiedzialny za:

- sterowanie elektrozaworami bloku wykonawczego danej sekcji,
- akwizycję danych kontrolno-pomiarowych w celu diagnostyki systemu oraz jako dane wejściowe dla algorytmów sterujących sekcją w sposób automatyczny,
- interfejs użytkownika dla operatora sekcji w trakcie pracy manualnej, wspomaganie operatora sekcji podczas wykonywania zaawansowanego sterowania oraz zapewnienie sterowania i kontroli pracy sekcji obudowy zmechanizowanej w trybie automatycznym.

Odpowiednio do zadań w komplecie urządzeń wyróżniamy:

- moduł MS-01 montowany w module elektrozaworowym odpowiedzialny za bezpieczne sterowanie. Oprócz elementów wykonawczych układ posiada układy odpowiedzialne za diagnostykę zwrotną wysterowania elektrozaworu,
- urządzenie LR-01/*/* służące jako element rozdzielający dane do zestawu elektrozaworów. Ze względu na modułową budowę bloku sterującego urządzenie występuje w wersjach umożliwiających obsługę od 5 do 12 elektrozaworów, co jednocześnie oznacza obsługę do maksymalnie 24 funkcji sterujących,
- urządzenie BP-01 odpowiadające za akwizycję danych z czujników zlokalizowanych na sekcji obudowy zmechanizowanej. Urządzenie występuje w wersjach różniących się liczbą wejść danych od 4 do 8,
- urządzenie SOZ-01/S – sterownik sekcji obudowy zmechanizowanej. Urządzenie udostępnia panel sterujący dla użytkownika pracującego w trybie manualnego sterowania sekcjami. Urządzenie równocześnie w momencie włączenia trybu automatycznego pracy obudowy zmechanizowanej przejmuje rolę kontrolera sekcji i realizuje sterowanie funkcjami wykonawczymi sekcji na podstawie informacji z czujników i danych zewnętrznych pochodzących z centralnego systemu kontrolnego. Konstrukcja wymienionych urządzeń została przedstawiona na rysunkach 1 i 2.

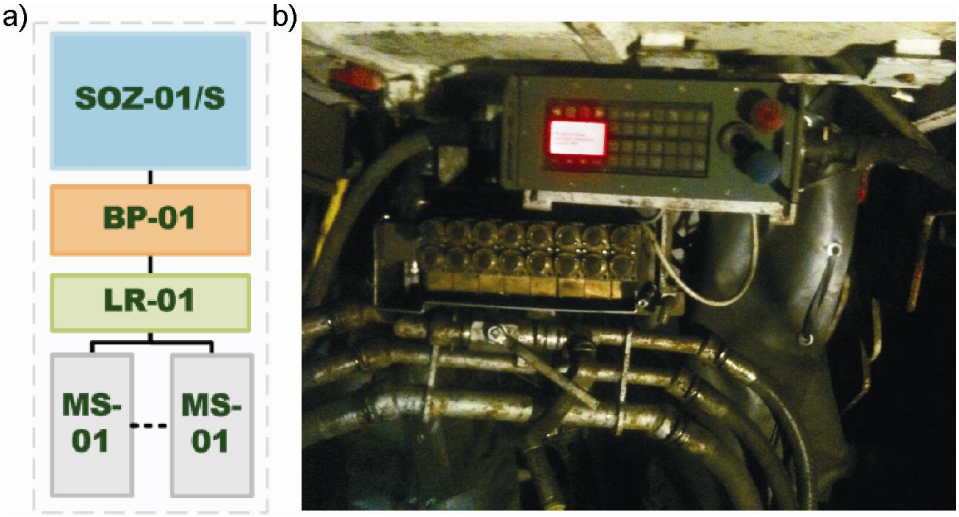
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.1. Urządzenia sterowania i akwizycji danych *a) LR-01/10/CH, b) BP-01/4/T*



Rys.2. Urządzenie SOZ-01/*



Rys.3. *a) Schemat blokowy połączeń wyposażenia elektronicznego pojedynczej sekcji obudowy zmechanizowanej, b) montaż urządzeń na sekcji w warunkach rzeczywistych*

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Urządzenia zamontowane na sekcji tworzą kompletny zestaw sterowania elektrohydraulicznego. Wybrany sposób podziału odpowiedzialności na kilka urządzeń ma wiele zalet m.in. moduł wykonawczy wykonany jako osobne urządzenie, brak długich, zewnętrznych, wielokablowych połączeń pomiędzy elektrozaworami a elementem sterującym, spójna konstrukcja z blokiem elektrozaworowym minimalizująca uszkodzenia w tym obszarze, możliwość dowolnego pozycjonowania urządzeń akwizycji danych w zależności od położenia czujników na sekcji obudowy zmechanizowanej. Schematycznie połączenia pomiędzy elementami elektronicznego sterowania sekcji obudowy zmechanizowanej zostały przedstawione na rysunku 3a), natomiast zamontowane urządzenia w rzeczywistych warunkach dołowych na rysunku 3b).

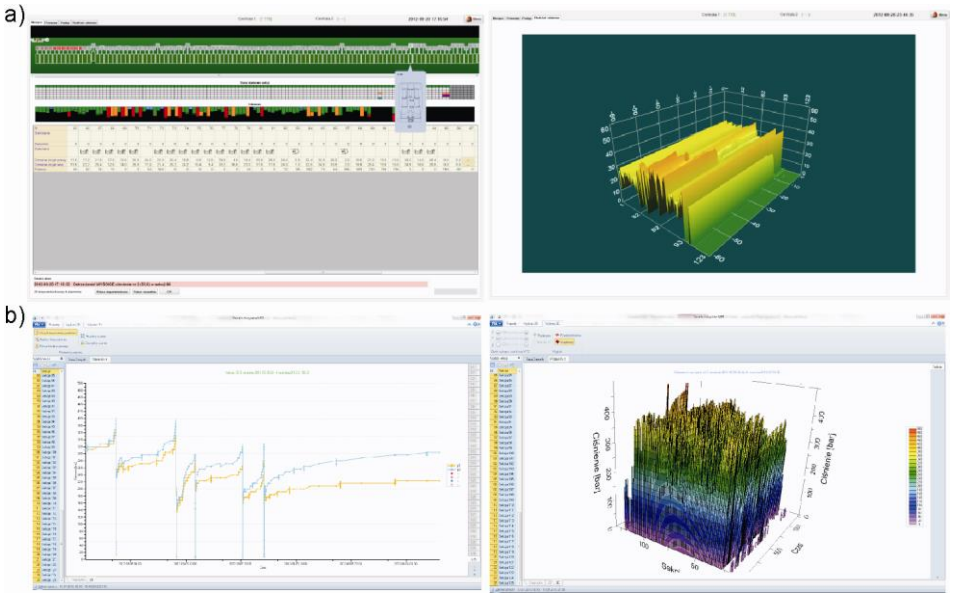
3. Komponenty techniczne sterowania obudową zmechanizowaną oraz infrastruktura akwizycji i wizualizacji danych

Elementy przedstawione w poprzedniej części rozdziału określają kompletne wyposażenie sterowania elektrohydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej. Urządzenia działają w sposób autonomiczny, przesyłając informacje pomiędzy sobą za pomocą kabli magistral lokalnych. W celu stosowania zaawansowanych technik sterowania oraz aby umożliwić sterowanie automatyczne całą obudową zmechanizowaną zostały wprowadzone do architektury dwa elementy:

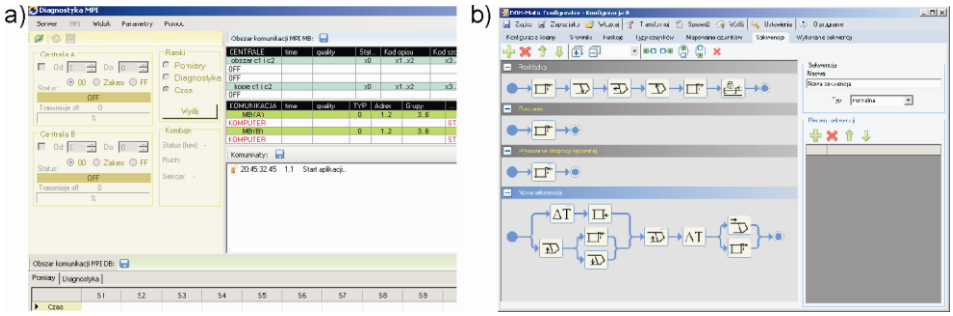
- centrala komunikacyjna SOZ-01/C o konstrukcji mechanicznej tożsamej ze sterownikiem SOZ-01/S (rys. 2). Urządzenie zostało dodatkowo wyposażone w komunikację centralną, umożliwiającą przesyłanie informacji sterujących pomiędzy dwoma takimi samymi centralami umieszczonymi na dwóch końcach obudowy zmechanizowanej oraz do komputera podścianowego w czasie rzeczywistym. Zadaniami urządzenia są: agregacja danych pomiarowych ze sterowników SOZ-01/S, transmisja danych pomiarowych do komputera podścianowego, transmisja danych konfiguracyjnych (np. sposób zachowania w trybie automatycznym) do sterowników oraz nadzorowanie sterowników SOZ-01/S w realizacji trybów automatycznych. Nadzór polega na analizie stanu wszystkich sekcji w celu umożliwienia prowadzenia sterowania automatycznego, jak i z dodatkowych funkcji wynikających z konieczności dostarczania informacji do sterowników m.in. o położeniu kombajnu podczas eksploatacji ściany,
- komputer podścianowy, którego zadaniami są: wizualizacja aktualnego stanu fizycznego obudowy zmechanizowanej oraz udostępnienie operatorowi obudowy zmechanizowanej spójnego interfejsu diagnostyczno-konfi-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

guracyjnego podczas procesu dostrajania parametrów pracy obudowy zmechanizowanej. Komputer podścianowy służy również jako magazyn danych oraz medium transmisyjne danych pomiarowych do nadrzędnego systemu wizualizacyjnego zlokalizowanego na powierzchni zakładu górniczego. Przykładowe ekrany oprogramowania diagnostyczno-operatorskiego dostępnego na komputerze podścianowym zostały przedstawione na rysunkach 4 i 5.



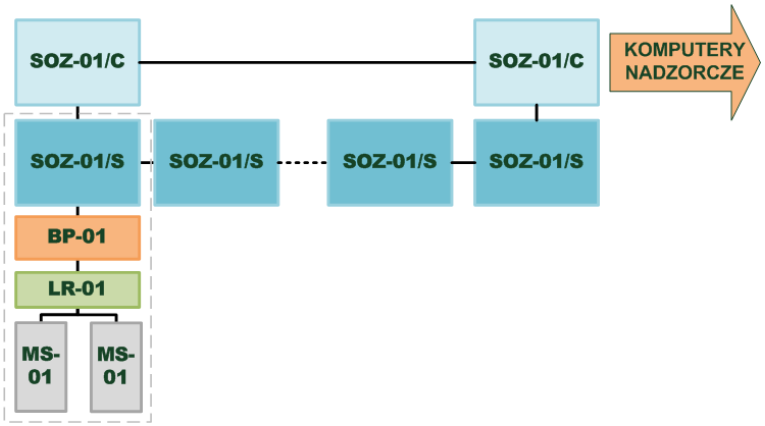
Rys.4. Oprogramowanie *a) wizualizacyjne „Miner”, b) analizy danych historycznych „Hist”*



Rys.5. Oprogramowanie *a) diagnostyki i komunikacji, b) konfiguracji parametrów pracy sekcji*

Schematycznie konfigurację połączeń pomiędzy urządzeniami w konfiguracji kompletnego zestawu sterowania obudową zmechanizowaną przedstawia rysunek 6.

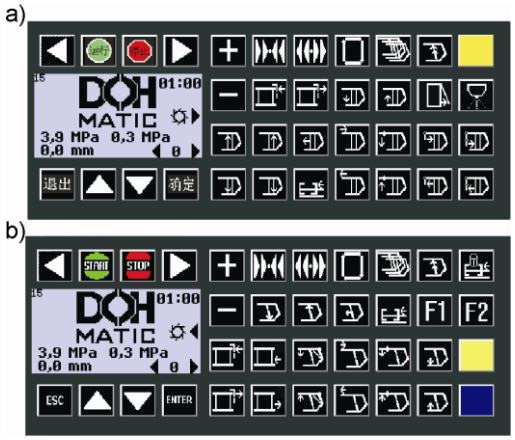
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.6. Schemat blokowy sterowania obudową zmechanizowaną

4. Możliwości funkcjonalne sterowania sekcją obudowy zmechanizowanej

Przedstawiona architektura techniczna urządzeń sterowania obudową zmechanizowaną stanowi podstawowy element składowy sterowania elektrohydraulicznego. Na jej podstawie, za pomocą zaawansowanego oprogramowania wbudowanego, uzyskano szerokie spektrum możliwości wspomagania pracy operatorów sekcji obudowy zmechanizowanej w trakcie pracy ręcznej, jak i podczas realizacji pracy automatycznej ze sterowaniem wspomaganym poszczególnymi funkcjami obudowy zmechanizowanej. Ze względu na wymagania różnych użytkowników urządzenia mają możliwość konfiguracji wyglądu płyty czołowej, tak aby w maksymalny sposób ułatwić użytkownikowi korzystanie ze sterowania dla konkretnego typu sekcji obudowy zmechanizowanej. Przykładowa płyta czołowa ze zdefiniowanymi funkcjami dla obudowy 4-stojakowej jest przedstawiona na rysunku 7a), natomiast dla sekcji 2-stojakowej na rysunku 7b).

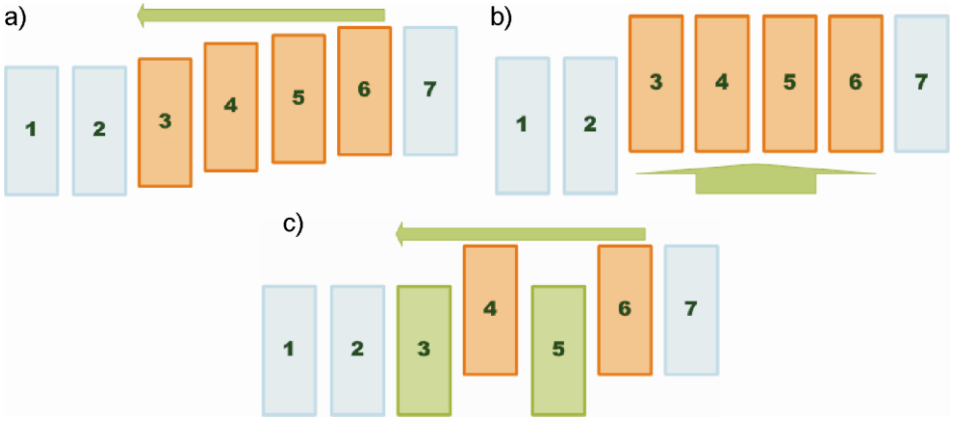


Rys.7. Wygląd płyty czołowej dla urządzeń, *a) Wagner Industrial Technology China, b) KWK „Murcki-Staszic”*

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Urządzenia umożliwiają:

– sterowanie ręczne – sterowanie bezpośrednio sekcjami znajdującymi się w bezpiecznej (konfigurowalnej) odległości od sterownika wyzwalającego. Funkcje sterowania sekcji mogą być skonfigurowane jako wyzwalane aktywnym naciśnięciem przycisku, włączone na stałe lub wyłączone na stałe. Taka konfiguracja umożliwia realizację większości wymagań spotykanych w obecnym trybie eksploatacji, np. włączenie dopychania przenośnika na stałe w obszarze kombajnu dla pokładów o większej twardości,
– sterowanie wspomagane – sterowanie wspomagane informacjami z czujników. Urządzenia wyposażone są w wejścia czujnikowe, które za pomocą konfiguracji łączone są z wykonywanymi funkcjami umożliwiającymi wykonanie określonej czynności np. budowanie sekcji z wykorzystaniem czujnika ciśnienia kończącego operacje w momencie uzyskania podporności wstępnej przez sekcję. Dodatkowo istnieje możliwość programowego sterowania sekwencyjnego. Dla dodatkowego przycisku może zostać zdefiniowana grupa operacji wykonywanych samoczynnie na podstawie danych czujnikowych, np. kompletna przestawka sekcji. Przykład możliwości konfiguracji takiej czynności został przedstawiony graficznie na rysunku 9,
– sterowanie zestawem sekcji w sposób skoordynowany. Urządzenia umożliwiają m.in. sterowanie sekcjami po kolei (rys. 8a), tj. wykonanie określonej funkcji wspomaganej czujnikami na grupie sekcji po kolei na każdej. Zakończenie operacji na jednej z sekcji rozpoczyna operację na następnej. Sterowanie sekcjami w grupie (rys. 8b) realizującymi tę samą funkcję równocześnie na wszystkich sekcjach w grupie oraz np. sterowanie w grupie z określonymi ograniczeniami, jak np. sterowanie naprzemienne w grupie, gdzie funkcje wykonywane są najpierw na sekcjach nieparzystych danej grupy, a następnie na sekcjach parzystych (rys. 8c).

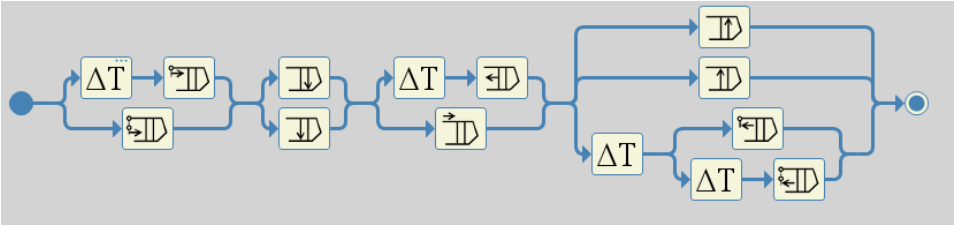


Rys.8. Możliwości sterowania zbiorczego: *a) po kolei, b) w grupie, c)zaawansowane w grupie (np. przeplot)*

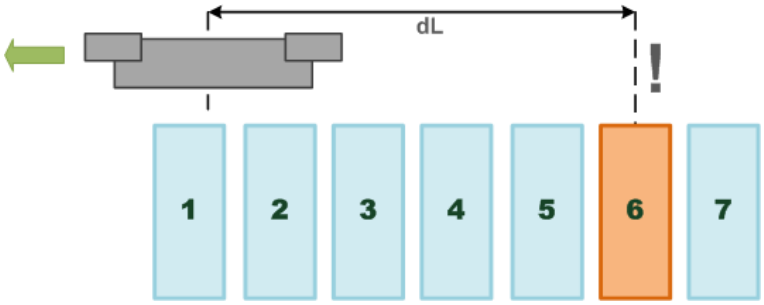
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

5. Sterowanie zdarzeniami jako element automatyzacji pracy sekcji obudowy zmechanizowanej

Urządzenia sterowania elektrohydraulicznego DOH-Matic umożliwiają również realizację funkcji automatycznych podczas eksploatacji ściany. Aby istniała taka możliwość, urządzenia zostały wyposażone w moduł programowy maszyny wirtualnej umożliwiającej realizację dowolnie skomplikowanych funkcji sterowania obudową zmechanizowaną. Zachowanie sekcji podczas realizacji funkcji automatycznych może być projektowane za pomocą przyjaznego użytkownikowi interfejsu graficznego, którego elementem wejściowym jest zdefiniowanie graficzne wykonania funkcji. Przykład skomplikowania mechanizmów sterujących tj. zagnieżdżenia funkcji, wykonywanie równoległe operacji itp. został przedstawiony na rysunku 9.



Rys.9. Przykład możliwej definicji zaawansowanej operacji wykonywanej na pojedynczej sekcji



Rys.10. Schematycznie przedstawiony jeden z możliwych warunków wyzwalania zdarzeń podczas pracy automatycznej, tj. wyzwolenie operacji na podstawie względnego położenia kombajnu

Dodatkowo w celu umożliwienia maksymalnej konfigurowalności reprezentacja graficzna jest przetwarzana do tekstowego języka opisu zachowania sekcji. W notacji tej dostępne są operatory przypisania, zmienne dynamiczne, definicje maszyn, stanów skończonych, definicje połączeń ze zmiennymi fizycznymi (np. czujniki), jak i dane pochodzące z zewnętrznych systemów (np. położenie kombajnu). Po odpowiednim oprogramowaniu elementy te są kompilowane do formatu wykonywalnego przez maszynę wirtualną znajdującą się w sterownikach SOZ-01/S. Realizacja zadań determinowana jest za pomocą zestawu wyzwalaczy umożliwiających wykonanie funkcji automatycznych.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Wyzwalaczem może być jeden z wielu warunków zewnętrznych systemu, jak np. wartości czujników na określonej sekcji, wartości czujników na sekcji sąsiedniej, położenie, prędkość, kierunek ruchu kombajnu, stan nadrzędnego systemu, informacje z systemu wideo lub detekcji obecności człowieka itp. Mechanizm wyzwalania akcji na podstawie odległości od kombajnu został przestawiony schematycznie na rysunku 10.

6. Wdrożenia systemu sterowania elektrohydraulicznego DOH-Matic i wyniki eksploatacji

Zaprezentowane możliwości urządzeń znalazły w pełni zastosowanie podczas realizowanych wdrożeń systemu sterowania elektrohydraulicznego DOH-Matic zarówno w kraju, jak i za granicą.

Jednym z wdrożeń było uruchomienie sterowania elektrohydraulicznego DOH-Matic w KWK „Ziemowit". Urządzenia zostały zamontowane na ścianie 305 w pokładzie 206/1. Próby ruchowe systemu sterowania elektrohydraulicznego DOH-Matic przeprowadzone w KWK „Ziemowit" miały na celu weryfikację przyjętych w systemie rozwiązań technicznych, ocenę oraz porównanie sterowania elektrohydraulicznego z hydraulicznym kompaktowym pilotowym sterowaniem obudową zmechanizowaną. W szczególności uwagę zwrócono na następujące zagadnienia:

- weryfikację działania urządzeń sterowania elektrohydraulicznego w wymagającym środowisku górniczym,
- sprawdzenie i porównanie czasu cyklu przekładki przenośnika i sekcji sterowanych elektrohydraulicznie w trybie lokalnym i zdalnym względem sterowania hydraulicznego pilotowego przy zastosowaniu sterowania lokalnego,
- przeprowadzenie próby sterowania elektrohydraulicznego sekwencyjnego cyklu przekładki przenośnika ścianowego i sekcji liniowej obudowy zmechanizowanej mając na uwadze poszczególne etapy cyklu przekładki, tzn. przekładka przenośnika kolejno na długości pięciu sekcji i następnie realizację podjazdu sekcji zaczynając od pierwszej do piątej. Założony cykl podjazdu sekcji:
  - ściągnięcie osłon bocznych,
  - rabunek,
  - podjazd,
  - rozparcie,
  - korekcja położenia stropnicy,
  - rozciągnięcie osłon bocznych,
- sprawdzenie funkcji automatycznego podbijania ciśnienia w stojakach obudowy,

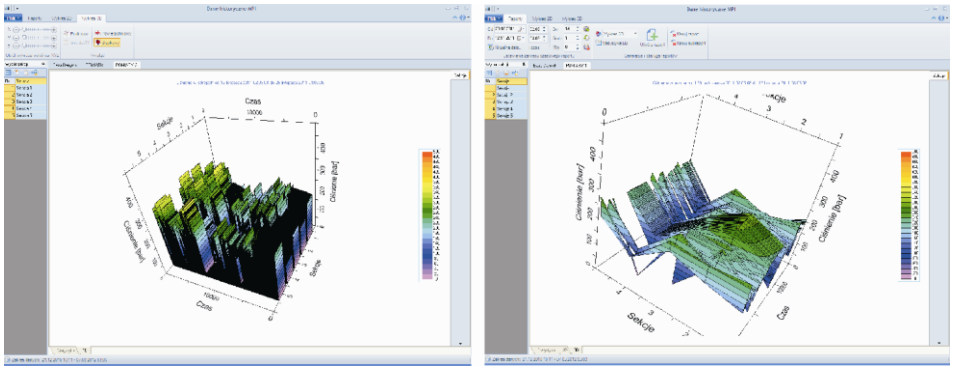
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– wyprowadzenie monitoringu podporności roboczej sekcji obudowy zmechanizowanej na powierzchnię, położenia sekcji i położenie przenośnika w ścianie.

W trakcie prób ruchowych zbierano informacje na temat funkcjonowania sterowania oraz uwagi zgłaszane przez pracowników użytkownika, jak i pracowników serwisu producenta. Wszystkie zebrane informacje zostały przeanalizowane pod kątem możliwości i korzyści wynikających z zastosowania sterowania elektrohydraulicznego w warunkach KWK „Ziemowit" [5]. Podczas analizy zwrócono szczególną uwagę na informacje przekazane przez pracowników bezpośrednio obsługujących obudowę zmechanizowaną.

Wyposażenie techniczne ściany 305 w pokładzie 206/1:

– obudowa zmechanizowana FAZOS 12/24-2x3055 – podstawowe parametry:
  – zakres pracy roboczy 1,3÷2,3 m,
  – podziałka obudowy 1,5 m,
  – liczba stojaków 2,
  – typ stojaka dwuteleskopowy ø 320 mm,
  – podporność wstępna (32 MPa) stojaka 2574 kN,
  – podporność robocza (38 MPa) stojaka 3056 kN,
  – ciśnienie zasilania 25÷32 MPa,
– kombajn ścianowy typu Joy 4LS20,
– przenośnik zgrzebłowy ścianowy RYBNIK – 850,
– przenośnik zgrzebłowy podścianowy GROT 1100,
– stacja zwrotno-najazdowa typu UPP-3 (urządzenie przekładkowe).



Rys.11. Wykresy 3D rozkładu ciśnień podczas eksploatacji obudowy zmechanizowanej

Urządzenia obsługiwały sekcje obudowy zmechanizowanej FAZOS 12/24-2 x 3055. Eksploatacja ściany trwała od grudnia 2010 roku do lutego 2012 roku. Pomimo pilotażowego charakteru wdrożenia już na tej ścianie można było

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wykazać poprzez analizę porównawczą zalety sterowania elektrohydraulicznego w kontekście ułatwienia/przyśpieszenia pracy górników sekcyjnych.

Dodatkowo informacje zebrane przez system akwizycji danych pozwoliły na analizę rozkładu ciśnień na obszarze zamontowania sekcji [4], które zostają przedstawione na rysunku 11.

W sekcjach sąsiadujących z grupą pięciu sekcji biorących udział w próbach zamontowano centralę sterującą **SOZ-01/C/IR**. W ten sposób umożliwiono sterowanie wszystkimi sekcjami biorącymi udział w próbach zarówno z prawej, jak i z lewej strony oraz załączenie i wyłączenie funkcji automatycznych w pięciu sekcjach jednocześnie. Komputer powierzchniowy zainstalowano na powierzchni, w biurze nadsztygarów oddziału maszynowego co umożliwiło:

- ciągłe monitorowanie podporności roboczej każdego stojaka w pięciu sekcjach,
- wykrywanie nieszczelności (wycieki emulsji) z układu podpornościowego,
- monitorowanie pracy górotworu w eksploatowanej ścianie w dni wolne od pracy.

Należy podkreślić, że na wniosek kopalni elementy sterowania elektrohydraulicznego zostały wkomponowane w dostarczone przez producenta obudowy sterowane hydrauliczne pilotowe firmy Centrum Hydrauliki. Pozostałe sekcje obudowy zmechanizowanej były sterowane z wykorzystaniem sterowania pilotowego przyległego.

Wyniki prób ruchowych

W pierwszym okresie prób ruchowych grupa serwisowa Elsta/Centrum Hydrauliki była obecna w KWK „Ziemowit" trzy razy w tygodniu. W trakcie wizyt serwis udzielał dodatkowych informacji związanych z obsługą systemu operatorom sekcji. Podczas wizyt serwisu dokonano następujących napraw i modyfikacji:

- wymiana 5 szt. zaworów elektrohydraulicznych ze względu na niepoprawną sygnalizację stanu cewki,
- wymiana kabla łączącego centralę SOZ-01/C/IR z modemem ZMT-3 z powodu uszkodzenia mechanicznego. Zmieniono miejsce prowadzenia kabla w sekcjach,
- wymiana kabla łączącego sterowniki SOZ-01/S/IR z powodu uszkodzenia mechanicznego. Zmieniono miejsce prowadzenia kabla w sekcjach,
- modyfikacje oprogramowania sterowników w celu optymalizacji parametrów, weryfikacji algorytmu automatycznego podbijania ciśnienia oraz wykrywania krótkotrwałych skoków ciśnienia, jak również uaktywniono zablokowaną wcześniej, możliwość zdalnej modyfikacji oprogramowania urządzeń systemu podczas zmian remontowych.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

W trakcie prowadzonych prób ruchowych szczególną uwagę służby kopalniane zwróciły na możliwości diagnostyki stanu obudowy, jakie daje wizualizacja pracy systemu i archiwizacja danych pomiarowych na komputerze powierzchniowym. Pozwoliło to na:

- dodatkowe diagnozowanie nieszczelności hydraulicznych układów podporności sekcji przy operacjach ich rozpierania,
- ciągłą archiwizację podporności roboczych stojaków hydraulicznych sekcji,
- monitorowanie położenia kombajnu w sekcjach wyposażonych w sterowniki sekcyjne w trakcie eksploatacji ściany, jak i cyklu przekładki rynien przenośnika ścianowego na komputerze powierzchniowym.

Przy sterowaniu ręcznym sekcją sąsiednią, czasy działania poszczególnych funkcji są porównywalne ze sterowaniem pilotowym (**średni czas wynikający z analizy danych zarejestrowanych w bazie wynosi do 20 sekund**). Jednak przy zastosowaniu sterowania zdalnego (w zakresie widoczności) można uzyskać sumarycznie krótsze czasy ze względu na możliwość wysterowania kolejnych sekcji bez konieczności przechodzenia do sekcji następnej (sterowanie z jednego sterownika).

Podczas prób ruchowych sprawdzono działanie wybranych zautomatyzowanych funkcji:

- funkcja dopychania przenośnika,
- funkcja automatycznego podbijania ciśnienia w stojakach obudowy,
- sterowanie sekwencyjne.

Czas działania poszczególnych funkcji w sekwencji

Tabela 1

id	Funkcja	Czas działania [s]	Czujniki
1	osłony boczne	Poniżej 0,5	
2	rabowanie stojaków	1	Czujniki ciśnienia w stojakach
3	kroczenie obudowy	4	
4	budowanie stojaków	4	Czujniki ciśnienia w stojakach
5	podpora stropnicy	1	
6	osłony boczne	0,5	
7	przekładka przenośnika	10	

Stwierdzono, że sterowanie z wykorzystaniem zaprogramowanej sekwencji pozwala skrócić czas całej operacji ze względu na brak konieczności naciskania pojedynczych klawiszy z kolejnymi funkcjami. Uzyskany czas dla pojedynczej sekcji to **maksimum 11-12** sekund. Całkowity czas podjazdu sekcji można skrócić, stosując czujnik drogi (na ścianie 305 sterowanie tą funkcją było czasowe), a także poprzez wykonywanie sekwencji na sekcjach zdalnych (wybór kolejnej sekcji w zakresie widoczności i wykonanie tej samej sekwencji).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Wykonano również próby sterowania grupowego sekwencyjnego, które przynosi największe korzyści czasowe. Taki sposób sterowania niesie większe potencjalne korzyści, gdyż oprócz automatycznego wykonania funkcji na grupie sekcji umożliwia równoległe wykonywanie wybranych funkcji na różnych sekcjach. Wynikowy czas jest zależny od wydajności układu hydraulicznego.

Wnioski wynikające z wdrożenia w KWK „Ziemowit"

W wyniku przeprowadzonej analizy wyżej wymienionej informacji sformułowano następujące wnioski:

1. Cykle przekładki przy zastosowaniu sterowania elektrohydraulicznego i sterowania hydraulicznego pilotowego przy stosowaniu sterowań lokalnych są porównywalne.
2. Sterowanie elektrohydrauliczne zdalne zdecydowanie skraca cykl przekładki sekcji i przenośnika ścianowego.
3. Sterowanie elektrohydrauliczne sekwencyjne skraca cykl „podjazdu" sekcji do około 10-12 sekund co pozwoli w przyszłości na zwiększenie prędkości roboczej przejazdu kombajnu ścianowego. Sekwencja wybrana na klawiaturze sterownika realizuje na pojedynczej sekcji lub grupie wcześniej zaprogramowanych sekcji dowolnie kolejne funkcje. Sprowadza się to do naciśnięcia jednego klawisza zamiast wyboru wielu funkcji kolejno.
4. Sterownie elektrohydrauliczne pozwoliło na pełny monitoring podporności roboczej stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej. W przyszłości pozwoli to na obserwację z powierzchni naprężeń górotworu działających na obudowę zmechanizowaną – kontrolę rozparcia sekcji z powierzchni do wymaganej podporności wstępnej lub podjęcie niezbędnych działań profilaktycznych w przypadku nagłych przyrostów naprężeń do wartości granicznych roboczych sekcji.
5. Należy kontynuować prace konstrukcyjne w celu poprawy odporności stosowanych elementów sterowania elektrohydraulicznego na działanie atmosfery dołowej, szczególnie soli – wydłużenie żywotności elementów elektrycznych systemu sterowania. Zebrane doświadczenia już w trakcie prowadzenia prób ruchowych pozwoliły na polepszenie konstrukcji mechanicznej urządzenia oraz funkcjonalności oprogramowania systemu.
6. Próby ruchowe wprowadziły pracowników obsługi kompleksu ścianowego w nową generację sterowania sekcjami obudowy zmechanizowanej. Pracownikom KWK „Ziemowit" branży górniczej, mechanicznej i elektrycznej przedstawiono inny sposób spojrzenia na sterowanie obudową zmechanizowaną. Należy podkreślić, że sterowanie nie sprawiło załodze trudności w obsłudze ściany oraz nie wywołało dodatkowych problemów. Dowodem tego jest praca instalacji testowej przez cały okres biegu ściany.

Aktualnie realizowane jest wdrożenie produkcyjne systemu DOH-Matic w Katowickim Holdingu Węglowym S.A. KWK „Murcki-Staszic". Jest ono

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wynikiem współpracy badawczej firm Elsta Sp. z o.o., Centrum Hydrauliki Dirk Otto Hennlich Sp. z o.o. oraz Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, przy udziale wykonawczym Katowickiego Holdingu Węglowego S.A. Sterowanie elektrohydrauliczne zostało zamontowane na ścianie 816 pokładu 349 na 125 sekcjach obudowy zmechanizowanej.

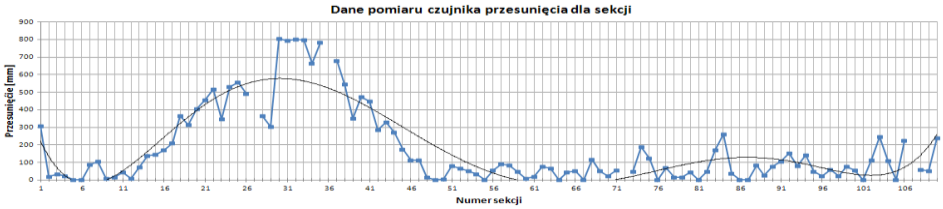
Wyposażenie ściany 816:

- **Obudowa zmechanizowana Glinik 12/23POz:**
  - Zakres roboczy 1,1 ÷ 2,2 m,
  - Podziałka obudowy 1,5 m,
  - Liczba stojaków 2,
  - Typ stojaka dwuteleskopowy (szerokość maks. 335 mm),
  - Podporność wstępna stojaka 1039 kN,
  - Podporność robocza stojaka 1350 kN,
  - Ciśnienie zasilania 30 MPa,
- **Kombajn ścianowy KSW 880E – 3,3 kV:**
  - Długość 12,4 m (odległość między osiami organów przy poziomo ustawionych ramionach),
  - Moc całkowita 850 kW,
  - Siła pociągowa 670 kN (2 x 335 kN),
  - Prędkość robocza 0 ÷ 25,6 m/min,
- **Przenośnik zgrzebłowy ścianowy TAGOR 850,**
- **Przenośnik zgrzebłowy podścianowy: Glinik 724,**
- **Ściana 816:**
  - Wybieg 275 m,
  - Długość 107 ÷ 250 m,
  - Wysokość do 2 m,
  - Średnie wydobycie 1800 t/d.

Liczba sekcji objętych sterowaniem elektrohydraulicznym wynosi 125 sztuk. Ściana rozpoczęła eksploatację w lipcu 2012 roku. Wyposażenie ściany oprócz sterowania elektrohydraulicznego zawiera również system transmisji z kamer wideo rozmieszczonych w obszarze eksploatacji. Celem projektu badawczego jest określenie możliwości pracy ściany w trybie całkowicie automatycznym. W trakcie eksploatacji zostanie przeprowadzony szereg badań w celu zdobycia takich danych, które umożliwią opracowanie oprogramowania dla pracy kompleksu ścianowego w trybie pełnej automatyki. Jednym z kluczowych elementów w tym zagadnieniu jest system sterowania elektrohydraulicznego DOH-Matic. Podczas realizacji wdrożenia system został skonfigurowany do pracy automatycznej z wyzwalaniem zdarzeniami, realizując następujące funkcje:

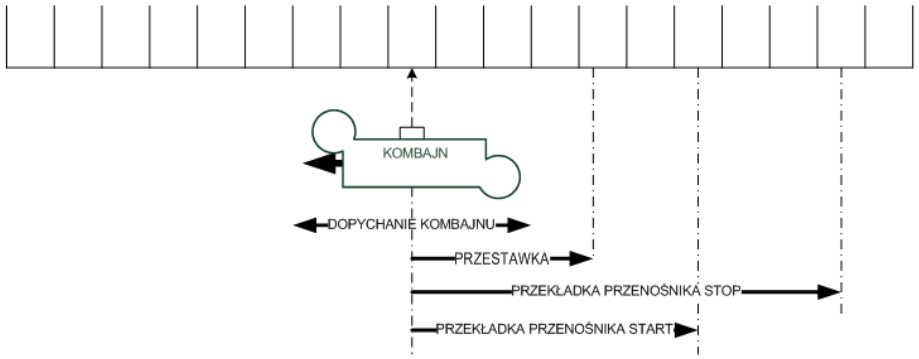
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– dopychanie przenośnika kombajnu na całej długości położenia kombajnu – funkcja wymagana w przypadku pokładów węgla o większej twardości, co pozwala na lepsze zawrębianie się kombajnu podczas jego pracy,
– przestawka sekcji wykonywana automatycznie za kombajnem. W przypadku zastosowania sekcji Glinik 12/23-POz dodatkowo dla pracy automatycznej w momencie realizacji przestawki na sekcji N następuje równoczesne schowanie osłon bocznych na sekcji N+1 (lub N-1 w zależności od kierunku jazdy) w celu uniemożliwienia zaklinowania się sekcji w trakcie realizowania przestawki,
– przekładka przenośnika realizowana w obszarze za kombajnem na zdefiniowanej podczas eksploatacji grupie sekcji. Funkcja realizowana z wykorzystaniem danych z czujników przesunięcia sekcji. Przykładowy wykres pracy czujników przesunięcia dla danej ściany można zobaczyć na rysunku 12.



Rys.12. Pomiar przesunięcia przenośnika dla obudowy w KWK „Murcki-Staszic”

Schematycznie zakresy działań mechanizmów automatycznych zostały przedstawione na rysunku 13.



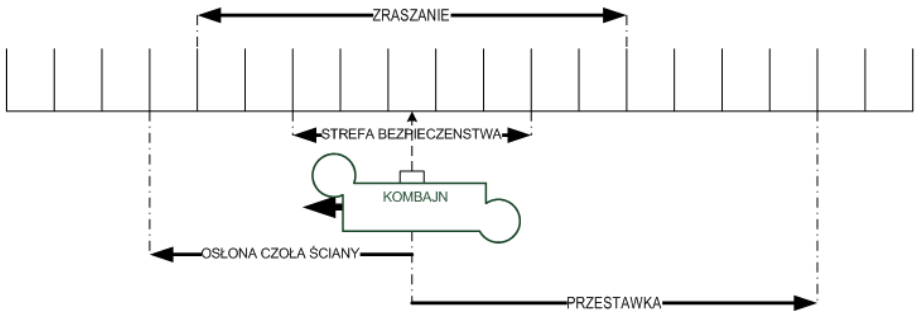
Rys.13. Sposób sterowania zdarzeniami dla KWK „Murcki-Staszic”

W trakcie realizacji znajduje się również wdrożenie sterowania elektrohydraulicznego DOH-Matic dla Wagner Industrial Technology China. Wdrożenie jest realizowane z wykorzystaniem sekcji obudowy zmechanizowanej chińskiego producenta. Ściana wydobywcza o szerokości 245 m i wybiegu 2000 m, wysokość pokładu H = 4,5 m, pokład znajduje się na głębokości 100 m.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Liczba sekcji sterowania elektrohydraulicznego 140. Rozpoczęcie eksploatacji ściany we wrześniu 2012 roku. Czas trwania eksploatacji ok. 15 miesięcy. Ze względu na warunki geologiczne, wysokość pokładu oraz szybki proces eksploatacji wymogiem koniecznym dla klienta stało się wprowadzenie mechanizmów automatycznych wspomagających pracę górników. W związku z tym system skonfigurowano do realizowania następujących zdarzeń wyzwalanych położeniem kombajnu:

- zraszanie obszaru pracy kombajnu realizowane jest przez sekcje obudowy zmechanizowanej. Wprowadzono realizowanie automatycznego zraszania w zakresie pracy kombajnu oraz tylko podczas jego ruchu. Zraszanie zostaje wyłączone w 10 sekund po wykryciu zatrzymania kombajnu,
- chowanie osłony czoła ściany w obszarze przed kombajnem. Ze względu na małą zwięzłość skał oraz wysokość pokładu wymagane jest chronienie obszaru wydobycia przez dwustopniowe osłony czoła ściany. Osłony są składane przed kombajnem, tak aby umożliwić bezproblemowy przejazd kombajnu,
- przestawka sekcji za kombajnem realizowana automatycznie po przejeździe kombajnu. Ze względu na zwięzłość skał stropowych realizowana jest grupowa przestawka sekcji z przeplotem na obszarze 10 sekcji, tj. dla 10 sekcji następuje przekładka najpierw sekcji nieparzystych, a następnie po zakończeniu operacji powtarzana dla sekcji parzystych. Schematycznie operację przedstawia rysunek 14. Pozwala to na uzyskanie dużej prędkości przekładki i nadążania za kombajnem oraz zabezpieczeniu obszaru przekładki przed nadmiernym osuwaniem się skał stropowych.



Rys.14. Sposób sterowania zdarzeniami dla Wagner Industrial China

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

7. Podsumowanie

W rozdziale przedstawiono aktualne wdrożenia urządzeń sterowania elektrohydraulicznego DOH-Matic. W pierwszej części rozdziału przedstawiono konstrukcję elektroniczną oraz architekturę oprogramowania urządzeń. Przedstawiono również zaawansowane możliwości konfiguracji oraz dostosowywania parametrów pracy sekcji obudowy zmechanizowanej. Zaprojektowany system znajduje zastosowanie zarówno w trybach pracy ręcznej, jak i ręcznej wspomaganej wyposażeniem elektronicznym sekcji obudowy zmechanizowanej. Na podstawie analizy danych powstałych podczas eksploatacji obudów zmechanizowanych wyposażonych w sterowanie DOH-Matic wykazano znaczne przyśpieszenie pracy górników z wykorzystaniem dostępnych w urządzeniach mechanizmów wspomagających pracę. Realizowane wdrożenia wykazują jednocześnie coraz większe zainteresowanie wprowadzaniem zaawansowanych funkcji automatycznych w pracy obudowy zmechanizowanej. Spójny system sterowania obudową zmechanizowaną DOH-Matic wykazuje idealne dopasowanie do coraz większych wymagań zakładów górniczych w tym zakresie. System dostarcza zaawansowanej wiedzy na temat eksploatowanej ściany, wykorzystywanego sprzętu, diagnostyki magistral ciśnieniowych oraz pozwala na wykrywanie zdarzeń niebezpiecznych podczas eksploatacji ściany. Wszystkie wymienione wyżej zalety pozwalają na wdrożenie systemu jako jednego z elementów spójnego systemu automatyzacji kompleksu ścianowego.

Literatura

1. Wyższy Urząd Górniczy: Raport: Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2011 roku, kwiecień 2012.
2. Schaeffer M.: Longwall Automation: State of the Art., Joy Corp., Mine Expo International, 2008.
3. Kozieł A., Jasiulek D., Stankiewicz K., Bartoszek S.: Inteligentne systemy mechatroniczne w maszynach górniczych., Napędy i Sterowanie, Luty 2012.
4. Janik M., Świeczak P., Augustyniak K., Fitowski K., Wojtas M.: Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań do zasilania sekcji obudów zmechanizowanych w kompleksach ścianowych w kopalni „Ziemowit", ze szczególnym uwzględnieniem sterowań elektrohydraulicznych i wizualizacji parametrów pracy urządzeń. Artykuł NiS Nr 7/8 l Lipiec – Sierpień 2011 r.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

5. Janik M., Kuska J., Świeczak P., Wojtas M., Fitowski K.: Próby ruchowe sterowania elektrohydraulicznego DOH-Matic w ścianie 305 w pokładzie 206 w Kopalni Węgla Kamiennego „Ziemowit". Artykuł NiS Nr 9, Wrzesień 2012 r.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Wybrane problemy konfiguracji układu zasilania hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej

Daniel Chlebek - Instytut Techniki Górniczej KOMAG

1. Wprowadzenie

W ramach współpracy ITG KOMAG z HYDROMEL S.A. opracowano projekt układu zasilania hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej typu HYDROMEL-16/34-POz wdrożonej ostatnio w jednej z kopalń.

Ze względu na konieczność zapewnienia pewniejszej ochrony operatora przed opadem brył ze stropu i czoła ściany zastosowano układ hydrauliczny ze sterowaniem przyległym. Zasilanie i spływ cieczy hydraulicznej odbywa się przewodami magistralnymi prowadzonymi wzdłuż ściany. Układ hydrauliczny składa się z:

- bloku sterująco-wykonawczego 16-funkcyjnego (rozdzielacza) wraz z multiwężem (przewodem wielokanałowym),
- zaworu odcinającego na połączeniu rozdzielacza z przewodem magistralnym zasilającym,
- zaworów zwrotnego i przelewowego na połączeniu sekcji z przewodem magistralnym spływowym,
- przewodów wysokociśnieniowych łączących przewody magistralne przez rozdzielacze z układami podpornościowymi i siłownikami,
- dwóch układów podpornościowych stojaków hydraulicznych,
- układu podpornościowego podpory stropnicy,
- układu podpornościowego siłownika osłony czoła ściany,
- układu podpornościowego siłownika osłony przejścia.

Istnieje możliwość odcięcia za pomocą zaworu odcinającego ciśnienia zasilania pojedynczej sekcji. Zawór zwrotny montowany przed magistralą spływową zabezpiecza każdą z sekcji przed dopływem cieczy hydraulicznej od strony magistrali spływowej.

W trakcie wdrażania kompletu obudowy zmechanizowanej, wprowadzono modyfikacje wynikające z sugestii użytkownika obudowy. Dotyczyły one:

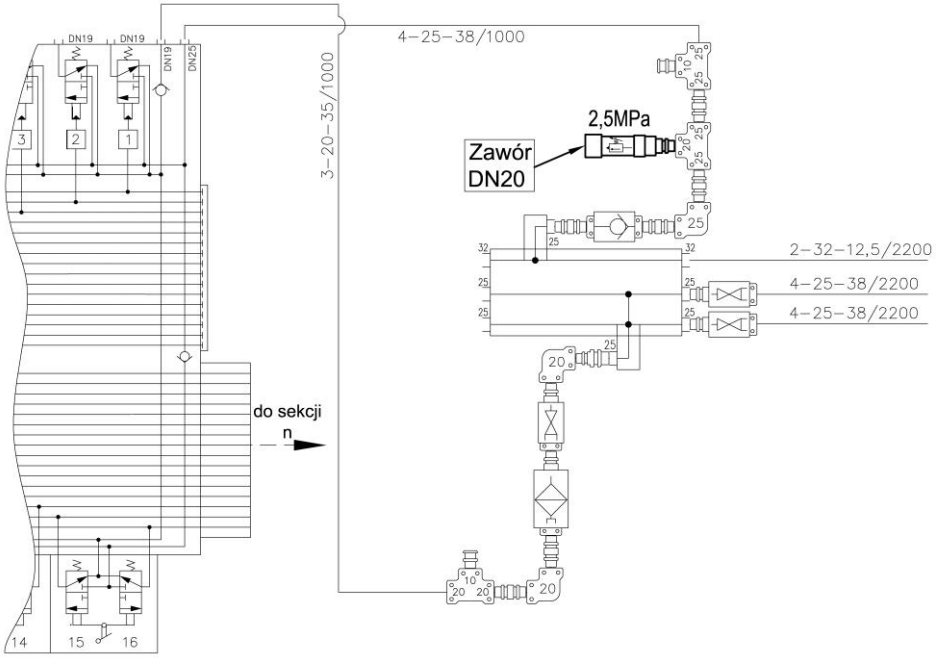
- zmiany usytuowania przyłącza zaworu przelewowego DN20 ograniczającego ciśnienie w magistrali spływowej,
- zmiany miejsca i sposobu zamocowania rozdzielacza rurowego w magistrali sekcji.

Poniżej przedstawiono sposób realizacji wyżej wymienionych zagadnień.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

2. Zmiana usytuowania zaworu ograniczającego ciśnienie w magistrali spływowej

Celem zaworu przelewowego DN20 (rys.1) jest ograniczenie ciśnienia w magistrali spływowej niekorzystnie wpływającego na funkcjonowanie elementów sterowniczych i wykonawczych sekcji.



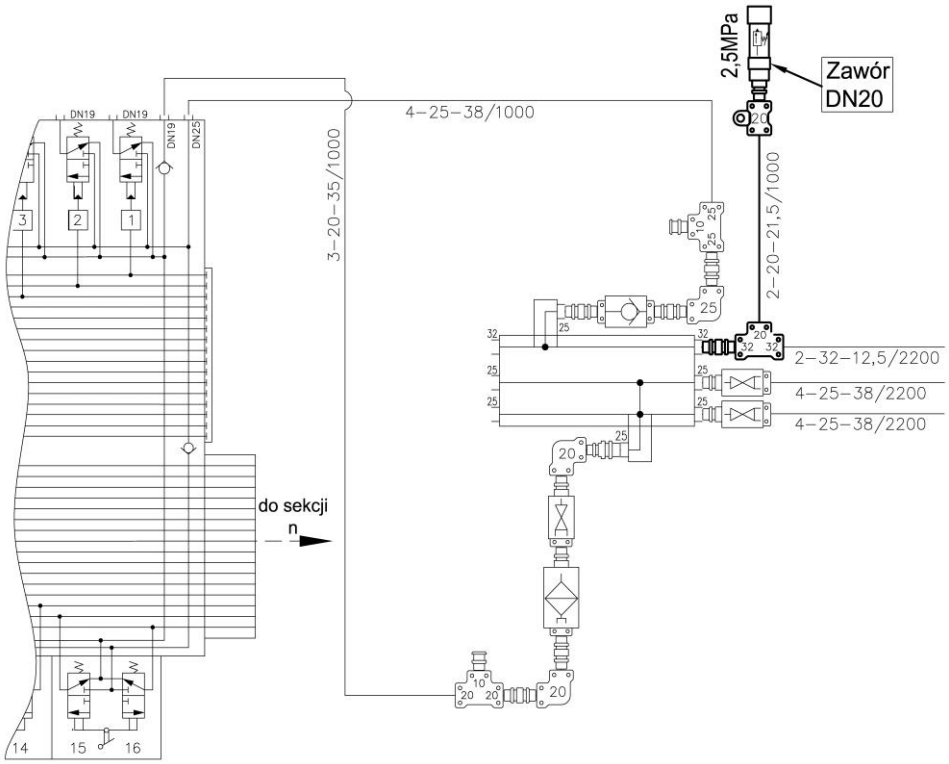
Rys.1. Projektowane usytuowanie zaworu ograniczającego ciśnienie w przewodach spływowych sekcji [2]

Zgodnie z dokumentacją techniczną [2] sekcji omawiany zawór jest nastawiony na ciśnienie 2,5 MPa. Ustalając miejsce jego montażu w sekcji brano pod uwagę konieczność ograniczenia ciśnienia w przewodach spływowych położonych możliwie najbliżej siłowników wykonawczych.

Obserwując funkcjonowanie układu hydraulicznego sekcji po jej zabudowaniu w wyrobisku stwierdzono, że zawory te działają bardzo często, praktycznie otwierają się po każdym sterowaniu siłownikiem wykonawczym, wypuszczając na zewnątrz układu pewną porcję emulsji. Prawdopodobną przyczyną tego zjawiska jest uderzenie hydrauliczne w przewodach, generujące krótkotrwałe przyrosty ciśnienia powodujące otwarcie zaworu przelewowego [1]. Jest mało prawdopodobne by takie zmiany ciśnienia skutkowały niewłaściwą pracą układu hydraulicznego (np. niekontrolowanym wysuwaniem siłowników osłon bocznych).

Biorąc powyższe pod uwagę na prośbę użytkownika zmieniono sposób montażu zaworu przelewowego magistrali spływowej, na przedstawiony na rysunku 2.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



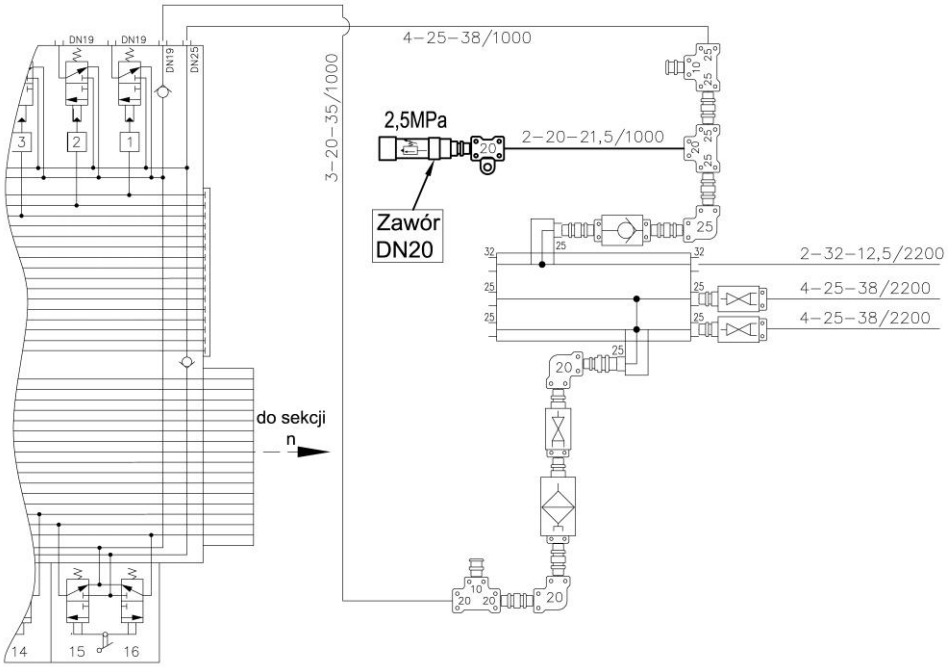
Rys.2. Zmiana sposobu montowania zaworu przelewowego [3]

Po zamontowaniu zaworu zgodnie z rysunkiem 2 stwierdzono, że sterowanie układem hydraulicznym nie skutkuje otwieraniem zaworu.

Zawór zamontowany w sposób przedstawiony na rysunku 2 służy faktycznie ochronie magistrali spływowej przed nadmiernym wzrostem ciśnienia, natomiast uderzenie hydrauliczne w przewodach łączących rozdzielacz z siłownikami wykonawczymi powoduje mniejsze chwilowe przyrosty ciśnienia w miejscu aktualnego zamontowania zaworu przelewowego i w konsekwencji znacznie rzadsze przypadki jego działania. Zmiana miejsca usytuowania zaworu nie zlikwidowała jednak samego zjawiska gwałtownego przyrostu ciśnienia w układzie hydraulicznym sekcji.

Występowanie nawet krótkotrwałych przyrostów ciśnienia w układzie hydraulicznym sekcji nie jest korzystne, a problem ich ograniczenia wymaga przeprowadzenia dodatkowych badań. Celem zwiększenia możliwości eliminowania krótkotrwałych zmian ciśnienia w przewodach układu hydraulicznego sekcji za pomocą zaworu ograniczającego ciśnienie rozważano również alternatywne usytuowanie zaworu przelewowego, przedstawione na rysunku 3.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.3. Alternatywne usytuowanie zaworu ograniczającego ciśnienie [źródło: opracowanie własne]

Elastyczny przewód (DN20 i długości 1m), na którego końcu umieszczono zawór przelewowy, przyłączono do trójnika usytuowanego przed rozdzielaczem. Wstępne obserwacje pracy tak zamontowanego zaworu wykazały, że zawór przelewowy DN20 w położeniu jak na rysunku 3 przy każdej czynności sterowania układem hydraulicznym otwiera się, co oznacza, że ciśnienie w miejscu jego zamontowania jest większe od 2,5 MPa. Wynika stąd, że na ograniczenie przyrostów ciśnienia w układzie hydraulicznym sekcji ma wpływ nie tylko uderzenie hydrauliczne, ale również dobór parametrów pozostałych elementów układu sterowania hydraulicznego sekcji. Zagadnienie to wymaga bardziej szczegółowego przebadania w aspekcie wyznaczenia przebiegu czasowego zmian ciśnienia w zaworze przelewowym, rozdzielaczu sterującym i wykonawczym, jak również analizy doboru elementów składowych układu hydraulicznego.

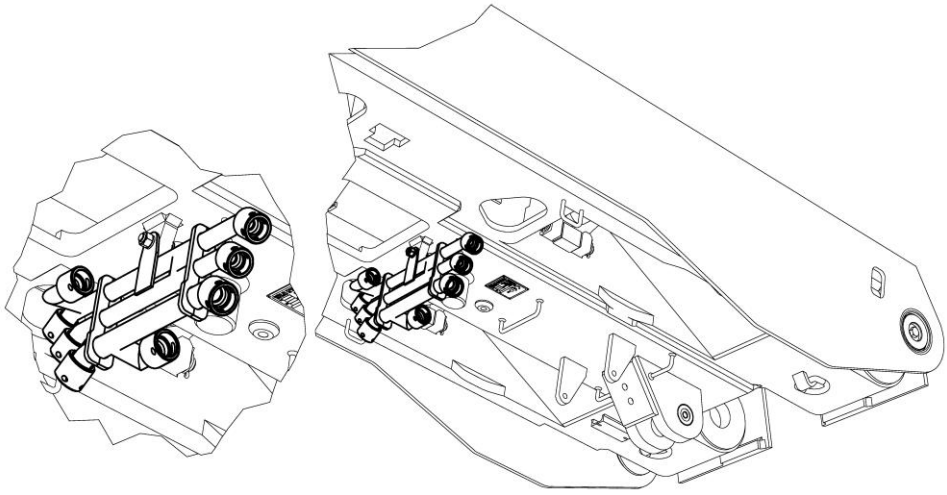
3. Modyfikacja sposobu zamocowania rozdzielacza rurowego

Sposób mocowania rozdzielacza rurowego w sekcji obudowy zmechanizowanej przedstawiono na rysunku 4.

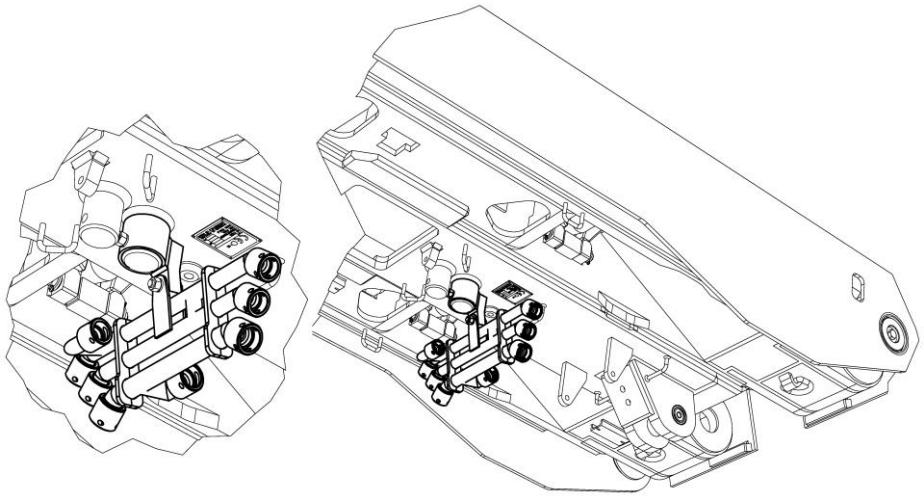
Zastosowanie rozdzielacza rurowego powoduje istotne uporządkowanie układu przewodów w sekcji. Dotychczas stosowany jednopunktowy sposób

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

mocowania tego elementu do stropnicy sekcji sprawia, że wskutek odkształceń sprężystych przewodów hydraulicznych rozdzielacz zmienia swoje położenie wobec czego przewody hydrauliczne mogą ograniczać swobodę przemieszczania się załogi w przedziale roboczym wyrobiska. Celem wyeliminowania tej niedogodności zaproponowano alternatywny sposób montażu rozdzielacza rurowego, przedstawiony na rysunku 5.



Rys.4. Sposób zamocowania rozdzielacza rurowego w sekcji [2]



Rys.5. Alternatywny sposób montażu rozdzielacza rurowego [3]

Korzystniejsze usytuowanie przewodów w sekcji uzyskano dzięki przesunięciu punktu zamocowania rozdzielacza o ok. 250 mm w stronę zawału, oraz dzięki zastosowaniu specjalnego uchwytu (rys. 5 szczegół) powodującego ukośne ustawienie rozdzielacza względem płaszczyzny stropnicy.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Nowy sposób mocowania rozdzielacza do stropnicy zastosowany na kopalni charakteryzuje się jednak większą odległością rur rozdzielacza od stropnicy. Rozdzielacz może więc obracać się wokół uchwytu mocującego o ok. 26°, co również nie jest korzystne. Właściwszym rozwiązaniem byłoby dwupunktowe mocowanie rozdzielacza do stropnicy.

4. Podsumowanie

W rozdziale przedstawiono wybrane przykłady modyfikacji układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej wprowadzone na podstawie uwag użytkowników. Ich wprowadzenie przyczyniło się do uzyskania korzystniejszych właściwości funkcjonalnych sekcji. Uwagi i sugestie użytkowników obudowy zazwyczaj generują tak jak w przypadku zaworu przelewowego omawianego w rozdziale 2 niniejszej publikacji, problematykę prac badawczych, które należałoby podjąć celem wyeliminowania zaobserwowanych nieprawidłowości.

Prace tego typu zostaną podjęte w Zakładzie Obudów Zmechanizowanych ITG Komag. Przykłady modyfikacji omówione w niniejszej publikacji można również potraktować jako potwierdzenie konieczności ściślejszego współdziałania projektantów z użytkownikami już na finalnym etapie projektowania sekcji.

Literatura

1. Prosnak Wł.: Równania klasycznej mechaniki płynów. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2006.
2. Instrukcja, Obudowa ścianowa zmechanizowana HYDROMEL-16/34-POz, HYDROMEL-16/34-POz/BSN. W31.250IOR, W31.252IOR. Wydanie 1. ITG Komag 2012.
3. Instrukcja Obudowa ścianowa zmechanizowana HYDROMEL-16/34-POz, HYDROMEL-16/34-POz/BSN. W31.250IOR W31.252IOR Wydanie 1, ANEKS nr 2 Wydanie 2. ITG Komag 2012.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Metodyka modelowania i wyniki badań symulacyjnych zaworu bezpieczeństwa dla siłowników obudów zmechanizowanych dużej podporności

Antoni Kalukiewicz, Jan Marianowski, Piotr Kipczak – Akademia Górniczo-Hutnicza

1. Wstęp

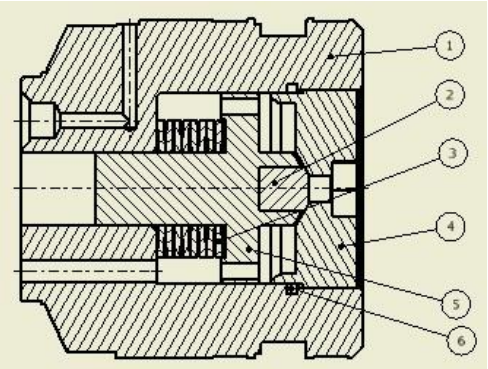
Podejmując badania eksperymentalne wykorzystujące oprogramowanie inżynierskie, oczekujemy, że zastosowane oprogramowanie pozwoli w dość krótkim czasie przeprowadzić doświadczenia numeryczne oraz dokonać oceny otrzymanych wyników. Z praktyki wiadomo, że stosując oprogramowanie inżynierskie dotyczące procesów niestacjonarnych można napotkać nieraz na duże problemy, szczególnie w zakresie uzyskania wiarygodnych wyników w rozsądnym do przyjęcia czasie. Ciągły rozwój metod numerycznych wpływa na poprawę jakości wyników eksperymentów numerycznych. Dzięki ciągłemu rozwojowi informatyzacji możliwe jest zwiększenie mocy obliczeniowych poprzez zastosowanie procesorów wielordzeniowych, czy wykorzystanie sieci komputerowej. Głównymi oprogramowaniami stosowanymi w modelowaniu zaworów hydraulicznych są: Fluent, Ansys CFX, FIDAP [1, 2]. Wśród tych programów dużym zainteresowaniem cieszy się Fluent, nie tylko ze względu na fakt, że jest on jednym z pierwszych programów do modelowania przepływów, ale jest jednym z najwiarygodniejszych, tj; współgrających z rezultatami przeprowadzonych równolegle doświadczeń [3, 5]. Wyniki analiz przeprowadzanych w innych programach są porównywane z analizami przeprowadzanymi we Fluencie, co świadczy o jego dużej wiarygodności.

Zagadnienie podjęte w rozdziale dotyczy głównie zastosowania metod komputerowego modelowania CFD (ang. Computational Fluid Dynanics) do analizy zjawisk przepływowych w zaworach bezpieczeństwa. Podczas modelowania zaworów bardzo istotne znaczenie odgrywa przyjęcie odpowiednich założeń dotyczących obiektu badań, zbudowanie właściwego modelu dyskretnego oraz ustalenie warunków brzegowych.

2. Model zaworu

Badania numeryczne przeprowadzono opierając się na nowym rozwiązaniu zaworu bezpieczeństwa umiejscowionym w wewnętrznej przestrzeni tłoczyska drugiego stopnia siłownika hydraulicznego o średnicy spodnika φ 400 mm [4]. Model tego zaworu przedstawia rysunek 1, gdzie: 1 - dno tłoczyska drugiego stopnia, 2 - uszczelnienie, 3 - pakiet sprężyn, 4 - nakrętka dociskowa, 5 - tłoczek, 6 - uszczelnienie obwodowe.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.1. Model zaworu [4]

Zawór umieszczony w tłoczysku drugiego stopnia spełnia ściśle określone funkcje w przypadku siłowników obudów zmechanizowanych. Głównym jego zadaniem jest zabezpieczenie całego układu hydraulicznego przed przeciążeniami, czyli wzrostem ciśnienia ponad dopuszczalną wartość. Zazwyczaj przeciążenia te spowodowane są tąpnięciami. Stosowanie zaworu zabezpiecza także układ hydrauliczny przed uszkodzeniem. Zawór powinien samoczynnie otwierać się, gdy ciśnienie w przestrzeni podtłokowej wzrośnie powyżej dopuszczalnej wartości. W trakcie otwarcia nadmiar cieczy zostaje odprowadzony poprzez wnętrze rury na zewnątrz, powodując tym samym spadek ciśnienia. Jeżeli ciśnienie spadnie poniżej dopuszczalnej wartości, zawór samoczynnie się zamyka.

Zasada działania zaworu przedstawia się następująco. Medium robocze przepływające pod ciśnieniem do przestrzeni podtłokowej siłownika hydraulicznego, powoduje wysuwanie jego tłoka. W celu powrotu tłoka siłownika, zmienia się kierunek przepływu rozdzielaczem, skierowując medium robocze do gniazda połączonego bezpośrednio z przestrzenią nadtłokową. Gdy w przestrzeni podtłokowej siłownika wystąpi wzrost ciśnienia przekraczając wartość, na którą nastawiony jest zawór, następuje upuszczanie medium z tej przestrzeni do momentu spadku ciśnienia poniżej nastawy na zaworze.

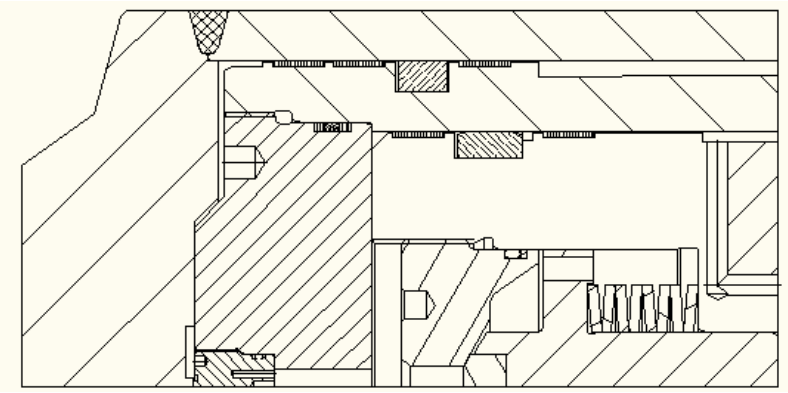
W celu określenia zalet i wad zaworu należy przyjrzeć się dokładnie konstrukcji wszystkich części zaworu, przez które przepływa medium robocze. Podstawowy wpływ na parametry techniczne zaworu bezpieczeństwa mają kształty i wymiary poszczególnych elementów. Ciecz robocza w zaworze powinna przepływać przez poszczególne elementy z jak najmniejszymi stratami ciśnienia. Im mniejsze straty występują podczas przepływu medium przez zawór tym większa jest jego przepustowość (przelew). Niestety nie można wyeliminować całkowicie strat ciśnienia, gdyż są one nieodłącznym towarzyszem zmian powierzchni przekroju przepływu czynnika roboczego, jak również są czynnikiem dławienia przez inne elementy, przez które przepływa ciecz

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

robocza. W celu maksymalnego zminimalizowania strat ciśnienia dąży się do tego, aby w każdym kolejnym elemencie powierzchnia przekroju przepływu była równa przekrojowi poprzedniemu lub była większa. Wszytko to oznacza, że należy przykładać wagę do tego, aby ograniczyć liczbę elementów, przez które przepływa ciecz robocza, tak aby dławienie spowodowane przez te części było jak najmniejsze.

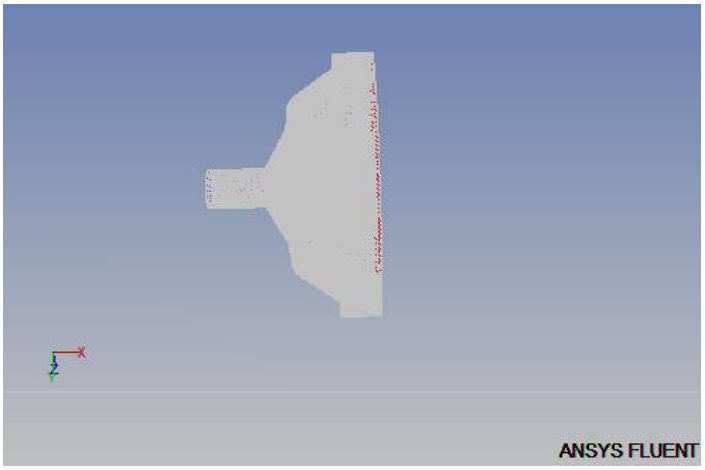
3. Model i badania numeryczne

W przedstawionym na rysunku 1 modelu zaworu wyodrębniono obszar zawierający kanały przepływowe, a umiejscowienie zaworu w siłowniku rzeczywistej obudowy przedstawia rysunek 2.



Rys.2. Lokalizacja zaworu [4]

W kolejnym etapie postępowania wykonano dyskretny model wirtualny na podstawie którego wygenerowano siatkę obliczeniową. Model dyskretny, jak również warunki brzegowe określono w preprocesorze Gambit.



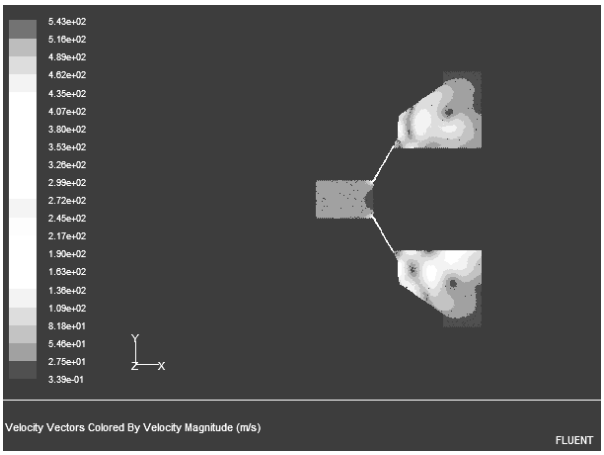
Rys.3. Model dyskretny

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

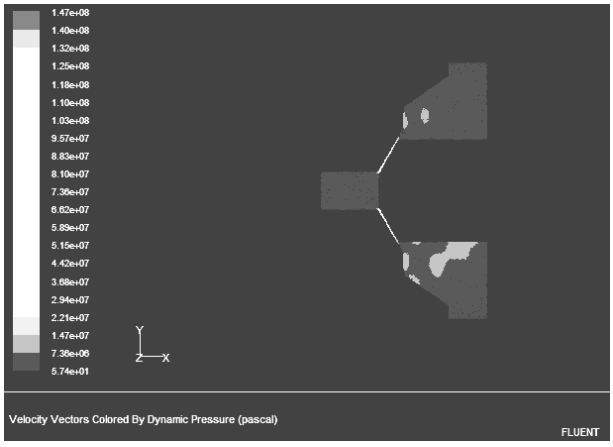
Tak sprecyzowany model zaimportowano do programu Fluent (rys. 3), gdzie zdefiniowano odpowiednie warunki brzegowe oraz określono parametry analizy (przyjęto model turbulencji, określono właściwości cieczy roboczej, itp.). Zagęszczenie siatki wprowadzono w miejscach istotnych dla analizowanych zjawisk, a więc w obszarze kontaktu grzybka z gniazdem. Przeprowadzona analiza CFD pozwoliła uzyskać informacje na temat rozkładów prędkości przepływu medium, rozkładu ciśnienia, intensywności turbulencji, wartości sił działających na elementy zaworu.

4. Wyniki badań

Eksperymenty przeprowadzano dla różnych wartości ciśnienia oraz dla różnych szerokości szczeliny. Na rysunku 4 przedstawiono rozkład prędkości przepływającej cieczy dla ciśnienia na wlocie do zaworu równego 72 MPa.



Rys.4. Rozkład prędkości przepływającej cieczy – szczelina 0,5 mm



Rys.5. Rozkład ciśnienia dynamicznego – szczelina 0,5 mm

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

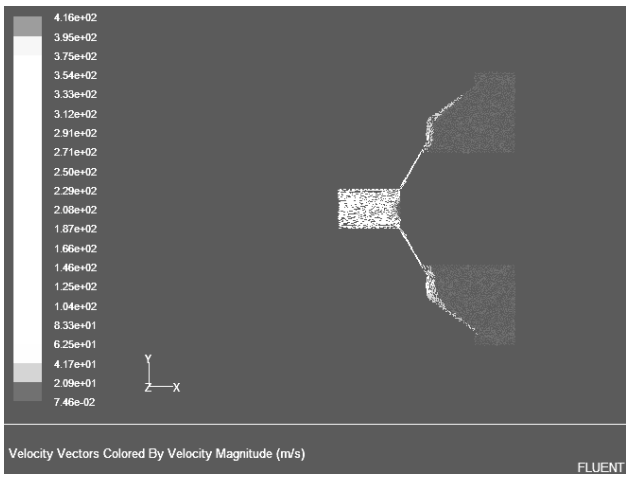
Maksymalna wartość prędkości emulsji w szczelinie wynosi 543 m/s.

Kolejnym krokiem było określenie ciśnienia w obszarze przepływu cieczy.

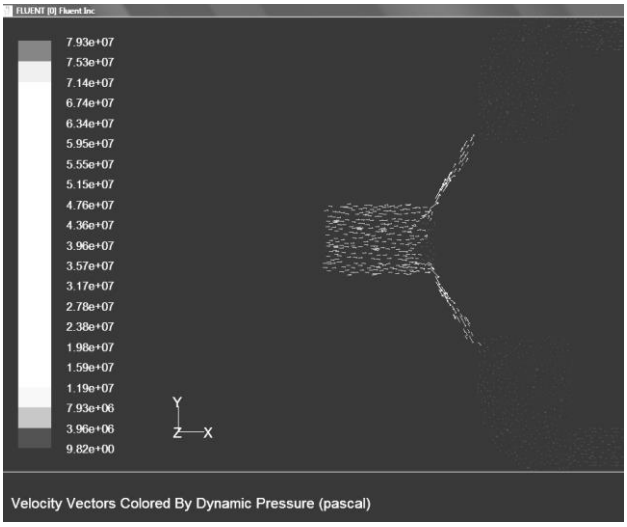
Na rysunku 5 przedstawiono rozkład ciśnienia dynamicznego dla następujących parametrów: szerokość szczeliny 0,5 mm, ciśnienie na wlocie do zaworu 72 MPa.

Dla takich parametrów przepływu maksymalne obliczone ciśnienie dynamiczne w szczelinie wynosi 147,2 MPa.

Wyniki symulacji dla szczeliny o parametrach: szerokość szczeliny 1 mm i ciśnienie na wlocie 45 MPa przedstawiono na rysunku 6.



Rys.6. Rozkład prędkości przepływającej cieczy – szczelina 1 mm



Rys.7. Rozkład ciśnienia dynamicznego – szczelina 1 mm

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Dla takich parametrów przepływu maksymalna wartość prędkości cieczy w szczelinie wynosi 416 m/s.

Na rysunku 7 przedstawiono dla omawianego wyżej przypadku rozkład ciśnienia dynamicznego.

Maksymalne ciśnienie dynamiczne w szczelinie wynosi 79 MPa. Porównując prędkości przepływu medium pomiędzy szczelinami, zaobserwowano wpływ oddziaływania ciśnienia otwarcia zaworu oraz niewielki wpływ siły hydrodynamicznej. Z przedstawionych na rysunkach 4-5 wyników analizy dla dwóch szczelin wynika, że po wypłynięciu ze szczeliny w obszarze pomiędzy nakrętką a tłoczkiem występuje różnica w rozkładzie prędkości. Dla szczeliny 0,5 mm można zaobserwować większe zawirowania, co może prowadzić do występowania niekorzystnych zjawisk. Po przeprowadzonej analizie CFD zaworu dla różnych wariantów w oparciu o uzyskane wyniki opracowano i wykonano konstrukcję przedstawioną na rysunku 8.



Rys.8. Konstrukcja zaworu [4]

Zastosowanie tego rozwiązania w dnie tłoczyska drugiego stopnia niewątpliwie skróciło drogę wypływu medium na zewnątrz, co z kolei prowadzi do lepszego upodatnienia obudowy zmechanizowanej.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

5. Podsumowanie

W rozdziale w skrócie przedstawiono opracowanie metodyki modelowania zaworów hydraulicznych, wykorzystując metody komputerowe, które pozwalają na wirtualne testowanie każdego prototypu. Zaprezentowano wyniki badań dla pewnych założeń konstrukcyjnych. Przeprowadzone eksperymenty pozwoliły na przedstawienie następujących wniosków:

1. Zaproponowane umiejscowienie zaworu w dnie tłoczyska drugiego stopnia spełnia oczekiwania jako zabezpieczenia stojaka obudowy zmechanizowanej przed nadmiernym oddziaływaniem górotworu.
2. Zastosowanie zestawu sprężyn talerzowych pozwoliło na umieszczenie zaworu w dnie tłoczyska.
3. Przeprowadzone obliczenia numeryczne posłużyły do weryfikacji obliczeń stanowiskowych.

Ze względu na uwarunkowania ekonomiczne, badania symulacyjne stanowią cenną alternatywę do badań stanowiskowych. Zastosowanie badań symulujących np. przepływ medium przez zawór jest ważnym etapem wirtualnego projektowania. Przedstawiona metodyka postępowania daje pogląd na zjawiska jakie zachodzą wewnątrz analizowanej konstrukcji.

Literatura

1. Andersen O. T. i inni, Using CFD to establish a correlation between design parameters and performance characteristics for seat valves, 1st International Conference on Computational Method in Fluid Power Technology, Melbourne 2003.
2. Amirante R., Flow forces analysis of an open center hydraulic directional control valve sliding spool, Energy Conversion and Management, Volume 47, Issue 1, January 2006.
3. Huguet D. Dynamic mesh modelling of a direct acting relief valve, 3rd FPNI PhD Symposium, Terrasa, Spain, 2004.
4. Kalukiewicz A., Marianowski J., Kipczak P.: Przeprowadzenie badań stanowiskowych stojaka do upodatnionej obudowy dużej podporności.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

[Umowa nr 5.5.130.900/TK/54/10], AGH Kraków, czerwiec 2010 nie publikowane.

5. Turbulent Flow Modeling using Ansys Fluent. Ansys Inc 2011.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ROZDZIAŁ 6

AUTOMATYZACJA PROCESÓW WYDOBYCIA – ZASTOSOWANIE ROZWIĄZAŃ MECHATRONICZNYCH

System sterowania rozproszonego maszyn górniczych

Jerzy Jura, Sławomir Bartoszek, Jerzy Jagoda, Dariusz Jasiulek, Krzysztof Stankiewicz – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

1. Wstęp

Układ sterowania, posiadający trzy podstawowe cechy:

- strukturę rozproszoną [1],
- iskrobezpieczną magistralę CAN [2],
- obwody iskrobezpieczne wykorzystane w konstrukcji modułów [3],

pozwala na utworzenie nowej jakości systemów sterowania maszyn górniczych. Specyficzne warunki pracy maszyn górniczych związane szczególnie ze środowiskiem zagrażającym wybuchem metanu i pyłu węglowego narzucają projektantom spełnienie szeregu wymagań. Zapewnienie bezpiecznej pracy maszyn w wyrobiskach górniczych wymaga od instalacji elektrycznych i układów sterowania stosowania budowy przeciwwybuchowej. Często jest to realizowane poprzez umieszczenie układów w obudowach ognioszczelnych i/lub wykonanie ich w technologii iskrobezpiecznej.

Budowa układu sterownia z elementów wykonanych jako obwody iskrobezpieczne posiada szereg zalet, szczególnie przy modernizacji układów sterowania maszyn. Elementy te nie wymagają zabudowy w skrzyniach ognioszczelnych, co znacznie obniża koszty modernizacji. Konieczność ingerencji w konstrukcje obudów ognioszczelnych zwiększa koszty, gdyż wymagana jest powtórna certyfikacja.

2. Struktura układu sterowania

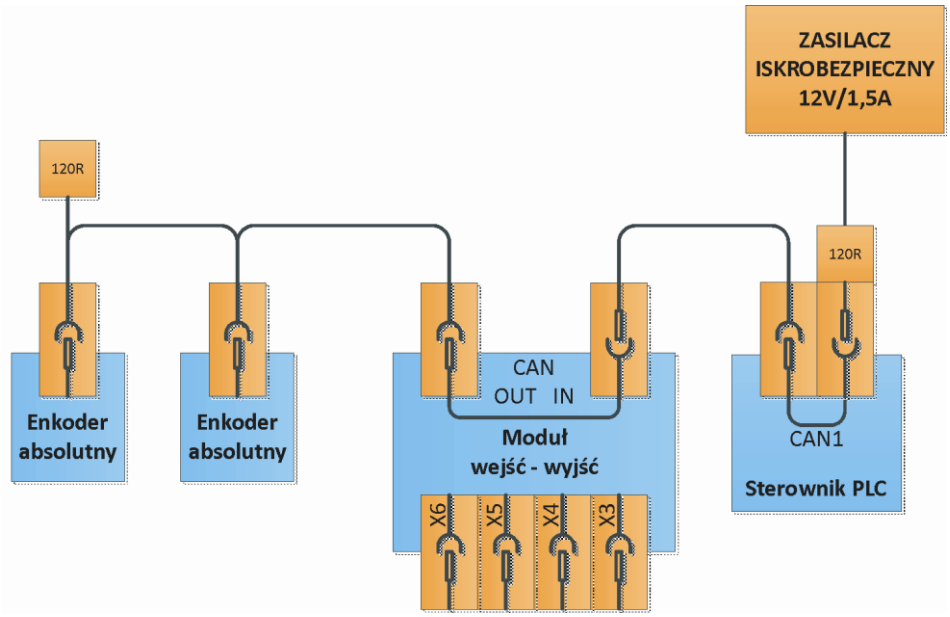
Podstawowa konfiguracja rozproszonego układu sterowania składa się z modułów sterownika, wejść-wyjść oraz przetworników pomiarowych i elementów wykonawczych z interfejsem cyfrowym, połączonych cyfrową magistralą danych. W analizowanych przypadkach jest to magistrala CAN. Dodatkową zaletą takiego połączenia jest możliwość prowadzenia zasilania w jednej wiązce, wraz z przewodami do transmisji danych. Najprostsza konfiguracja obejmuje czujniki i przetworniki, wraz z modułem wejść-wyjść i sterownikiem PLC, oraz zasilanie z jednego zasilacza iskrobezpiecznego. W takiej sytuacji nie są wymagane: bufor i separatory sygnałów wejściowy i wyjściowych podłączonych do modułu wejść-wyjść. Przykładowy schemat blokowy przedstawiono na rysunku 1.

Wprowadzenie odrębnego zasilania elementów wykonawczych (np. rozdzielaczy hydraulicznych) podłączonych do obwodów iskrobezpiecznych wymusza zastosowanie w module wejść-wyjść izolacji galwanicznej zapewniającej

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

spełnienie odpowiednich wymagań w odniesieniu do zasilania modułu i magistrali CAN oraz rozdzielaczy (rys. 2). Kolorami żółtym i pomarańczowym oznaczono strefy zasilania odrębnymi obwodami iskrobezpiecznymi. Wydzielono trzy strefy:

– wyjścia w postaci niespolaryzowanych styków przekaźników,
– interfejs cyfrowej magistrali CAN - wprowadzenie separacji galwanicznej pozwala na wykorzystanie sygnałów magistrali w różnych obwodach iskrobezpiecznych oraz powala na zmniejszenie zakłóceń indukowanych z innych obwodów,
– zasilanie procesora wraz z przetwornikiem analogowo–cyfrowym oraz wejściami dwustanowymi. Ta strefa połączona jest galwanicznie z zasilaniem modułu.



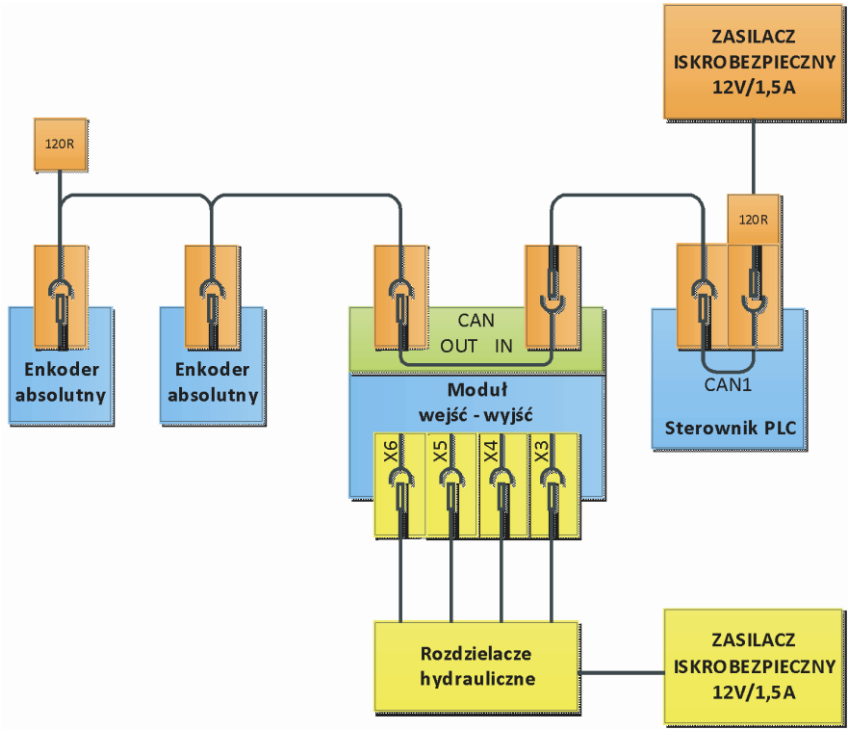
Rys.1. Schemat blokowy sterowania rozproszonego z wykorzystaniem pojedynczej magistrali CAN [źródło: opracowanie własne ITG KOMAG]

Jest to rozwiązanie, które wymaga aby przetworniki i czujniki były zasilane z tego samego zasilacza iskrobezpiecznego co moduł wejść-wyjść. Przetworniki i czujniki dostępne na rynku spełniają ten wymóg.

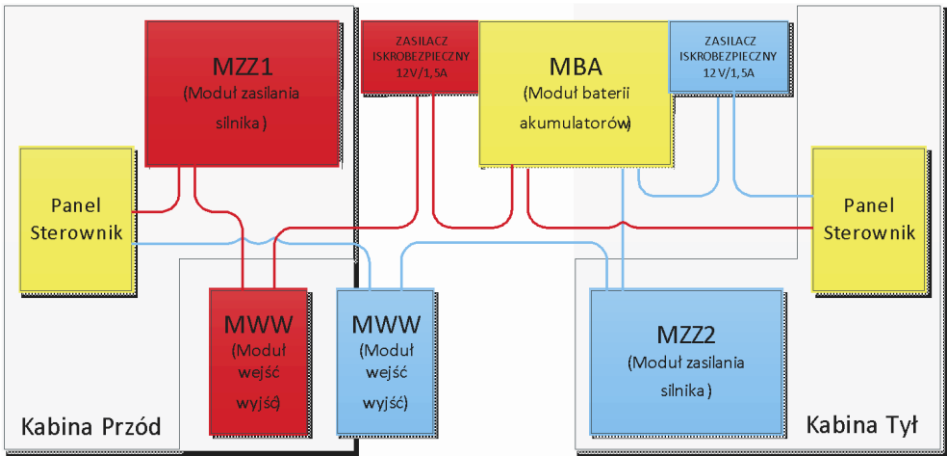
Zwiększenie niezawodności w układach rozproszonych odbywa się poprzez redundancję magistrali CAN oraz dublowanie modułów i przetworników. Stosowanie takich rozwiązań uzasadnione jest w maszynach, od których poprawnego działania zależy bezpieczeństwo i niezależność działania. Redundancja układu sterowania podnosi koszty jednostkowe, ale pozwala na obniżenie kosztów wynikających z przestojów przy ewentualnym usuwaniu awarii.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Przykładem takiego rozwiązania może być lokomotywa wyposażona w dwa niezależne panele-sterowniki oraz dwa niezależne napędy. Schemat blokowy takiej struktury układu sterowania przedstawiono na rysunku 3.



Rys.2. Schemat blokowy sterowania rozproszonego z wykorzystaniem pojedynczej magistrali CAN i dwóch różnych obwodów iskrobezpiecznych
[źródło: opracowanie własne ITG KOMAG]



Rys.3. Schemat blokowy sterowania rozproszonego z redundancją
[źródło: opracowanie własne ITG KOMAG]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Na rysunku 3 kolorem czerwonym i niebieskim oznaczono redundantne obwody iskrobezpieczne. Kolorem żółtym oznaczono elementy, których konstrukcja musi być wykonana w taki sposób, aby zapewnić redundancję sterowania. Najważniejszym elementem redundantnego układu sterowania jest Panel-Sterownik PLC, który pełni jednocześnie funkcje panelu i sterownika. Wyposażony jest w dwa interfejsy iskrobezpieczne CAN zapewniające izolację galwaniczną oraz możliwość zasilania z dwóch niezależnych zasilaczy iskrobezpiecznych.

Porównując przedstawione powyżej konfiguracje rozproszonych układów sterowania należy stwierdzić, że projektując maszynę można wprowadzić sterowanie z redundancją, nie podnosząc znacząco kosztów układu sterowania. Układy sterowania z redundancją pozwalają na zwiększenie liczby stanów, przy których maszyna może bezpiecznie funkcjonować. Daje to możliwość ograniczenia strat wynikających z przestojów spowodowanych awariami. W tym przypadku komplikacja układu sterowania wydłuża czas bezawaryjnej pracy, gdyż w ściśle określonych warunkach, naprawę można przesunąć do bardziej dogodnego momentu.

3. Moduł wejść-wyjść

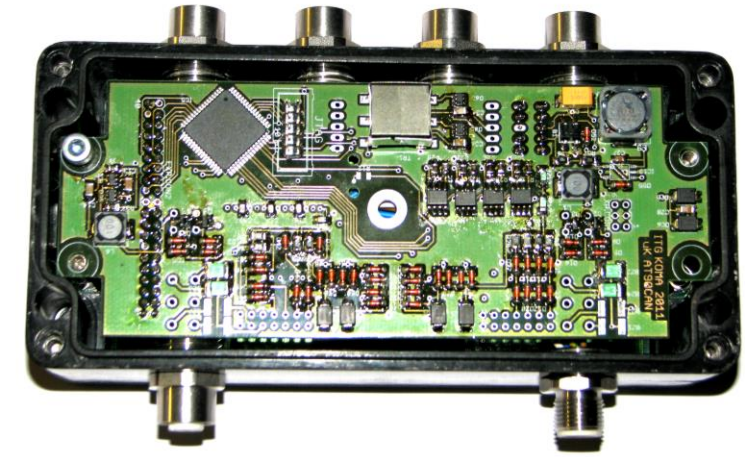
Projektowany w ITG KOMAG moduł wejść-wyjść (rys. 4) przeznaczony jest do zastosowania w przedstawionych powyżej strukturach. Przetworniki wielkości nieelektrycznych, takie jak: mostki tensometryczne, rezystory termometryczne, przetworniki wydłużenia siłowników hydraulicznych, wykorzystywane w układach sterowania można podłączyć do wejść modułu. Moduł charakteryzuje się niewielkimi gabarytami oraz indywidualnym dostosowaniem złącz wyjściowych. Zasilanie modułu i podłączonych przetworników musi być włączone do jednego zasilacza iskrobezpiecznego. Zasilanie modułu wykorzystywane jest do zasilania przetworników, które muszą być wykonane w wersji iskrobezpiecznej.

Moduł pozwala na podłączenie przetworników zasilanych napięciem 12 V (rys. 5), posiadających następujące wyjścia analogowe: 0 ÷ 10 V, 0 ÷ 20 mA lub 4 ÷ 20 mA.

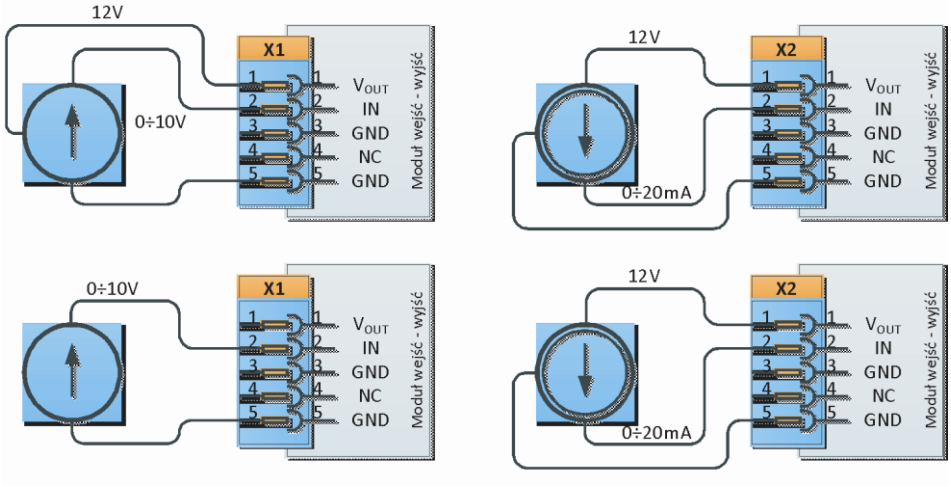
Ponadto moduł pozwala na podłączenie elementów prostych jakimi są tensometry i rezystory termometryczne PTC i NTC. Na rys.6 przedstawiono podłączenie mostka tensometrycznego i rezystora PT100. Istnieje również możliwość podłączenia pół-mostka i ćwierć-mostka tensometrycznego.

Moduł pozwala również na podłączenie do 8 wejść dwustanowych. Mogą to być styki niespolaryzowane lub indukcyjne czujniki zbliżeniowe typu NAMUR. Na rysunku 7 przedstawiono możliwości podłączenia czujników.

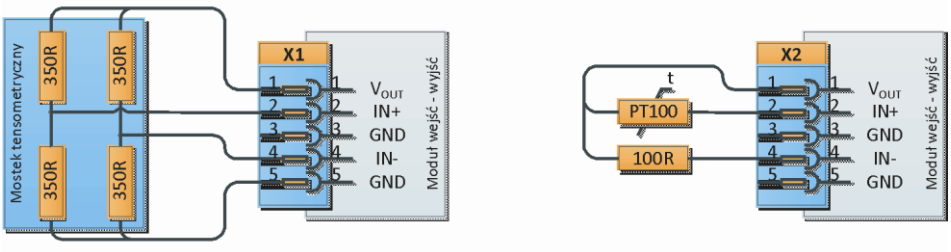
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.4. Moduł wejść-wyjść analogowych i cyfrowych [7]
[źródło: opracowanie własne ITG KOMAG]

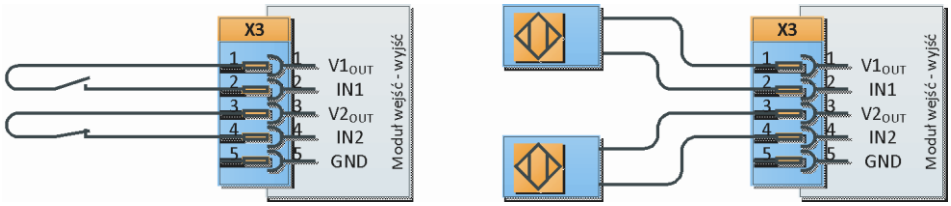


Rys.5. Podłączenie 2 i 3 przewodowe przetworników do modułu wejść-wyjść
[źródło: opracowanie własne ITG KOMAG]



Rys.6. Podłączenie mostka tensometrycznego i rezystora termometrycznego PT100
[źródło: opracowanie własne ITG KOMAG]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.7. Podłączenie sygnałów dwustanowych do modułu wejść-wyjść
[źródło: opracowanie własne ITG KOMAG]

Moduły charakteryzują się niewielkimi gabarytami. Zaprojektowane obwody drukowane są przystosowane do różnych typów wejść. Przedstawione rozwiązanie pozwala na dostosowanie modułów do konkretnej aplikacji i spełnia oczekiwania producentów maszyn w zakresie preferowanych złącz w wiązkach kablowych.

Wejścia analogowe i dwustanowe są zasilane z tego samego źródła iskrobezpiecznego, z którego zasilany jest moduł wejść-wyjść. Nie powinno to utrudniać opracowania konstrukcji układu sterowania, gdyż przetworniki wielkości nieelektrycznych stanowią samodzielne urządzenia, których zasilanie i sygnał wyjściowy są jednym obwodem iskrobezpiecznym. Dotyczy to również indukcyjnych czujników zbliżeniowych oraz wyłączników krańcowych i styków niespolaryzowanych przekaźników.

Moduł posiada również cztery przekaźniki, których styki niespolaryzowane są dostępne jako odizolowane obwody. Styki mogą być wykorzystane do zapalania lampek sygnalizacyjnych i włączania sygnałów dźwiękowych.

Programowanie modułu odbywa się poprzez magistralę CAN. Producent mikrokomputera ATMEL przygotował oprogramowanie ładujące oraz program narzędziowy, co znacznie ułatwia proces projektowania. Wykorzystanie magistrali CAN do programowania pozwala na zmianę oprogramowania, bez konieczności otwierania obudowy. Daje to dużą swobodę i elastyczność przy serwisowaniu modułów.

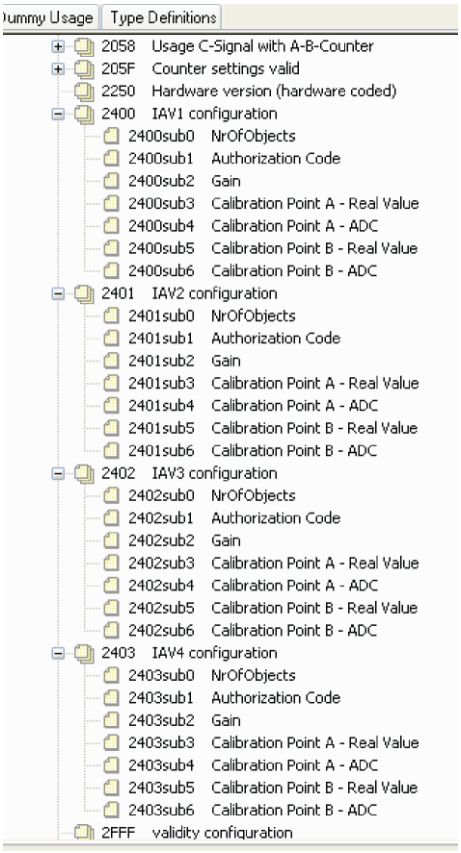
Drugim ważnym elementem jest kalibracja wejść analogowych. Na rysunku 8 przedstawiono fragment zawartości pliku konfiguracyjnego modułu.

Pozycje 2400, 2401, 2402 i 2403 zawierają rejestry pozwalające na cyfrową kalibrację wejść analogowych. Ważnym elementem jest rejestr „Autorization Code", który chroni kalibrację wejścia przed przypadkową zamianą.

Wykorzystane w module przetworniki 24 bitowe można kalibrować jedynie metodami cyfrowymi. Stosowanie potencjometrów do kalibracji nie jest możliwe z wielu powodów, dlatego wykorzystano metodę linearyzacji dwu punktową wykonywaną przez mikrokomputer. Kalibracja wymaga podania na wejście modułu dwóch wartości napięć lub prądów (zależy od typu wejścia).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Wprowadzenie wartości rzeczywistej dla dwóch punktów powoduje automatyczną korektę wskazań i wówczas moduł wysyła na magistralę CAN wartości rzeczywiste mierzonych parametrów. Cały proces kalibracji wykonywany jest z wykorzystaniem komend wysyłanych na magistralę CAN, przez specjalne oprogramowanie konfiguracyjne, zgodne z standardem CANopen [4]. Dzięki temu kalibrację można przeprowadzić szybko i bez konieczności otwierania obudowy modułu.



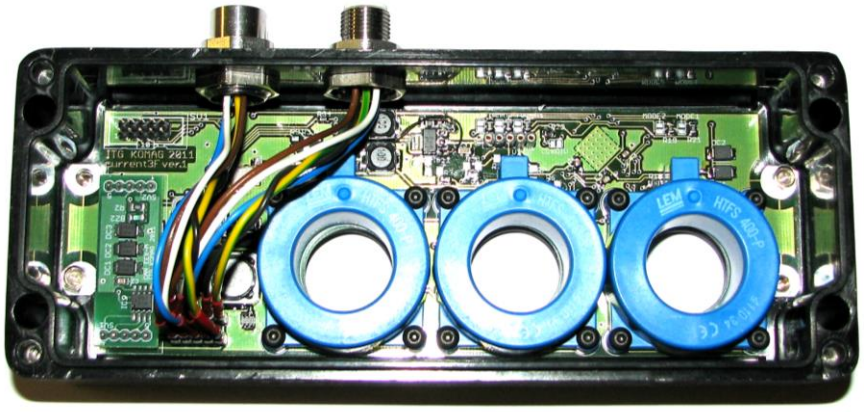
Rys.8. Fragment pliku konfiguracyjnego modułu wejść-wyjść
[źródło: opracowanie własne ITG KOMAG]

4. Moduł pomiarowy prądów

Drugim projektowanym obecnie w ITG KOMAG modułem jest moduł pomiaru prądów. Przeznaczony jest on do pomiaru prądów pobieranych przez silniki trójfazowe oraz do pomiaru prądów w układach dystrybucji energii pojazdów akumulatorowych. Moduł pozwala na pomiar prądów AC i DC. W zależności od wybranego przetwornika moduł może mierzyć prądy o wartościach: 200 A, 400 A, 600 A lub 800 A.

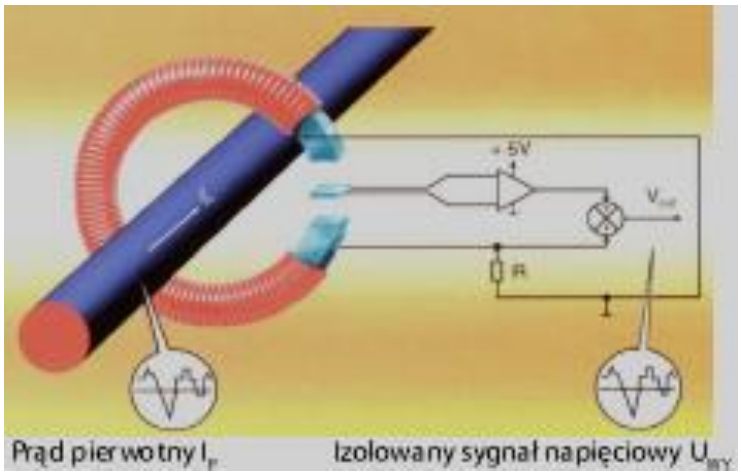
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Do modułu można ponadto podłączyć napięcia z przekładników prądowych. Pozwala to na obliczanie mocy czynnej i biernej w obwodach prądu zmiennego, a w obwodach prądu stałego określenie stopnia naładowania akumulatorów. Na rysunku 9 przedstawiono widok modułu.



Rys.9. Moduł pomiarowy prądów [7] [źródło: opracowanie własne ITG KOMAG]

Działanie układu opiera się na kompensacji strumienia magnetycznego w obwodzie magnetycznym. Elementem pozwalającym na pomiar kompensacji strumienia magnetycznego jest hallotron. Sygnałem wyjściowym jest napięcie proporcjonalne do prądu przepływającego przez przewód przeprowadzony przez otwór przekładnika. Na rysunku 10 przedstawiono zasadę działania przekładnika.



Rys.10. Moduł pomiarowy prądów - zasada działania [5]

Programowanie modułu, podobnie jak w poprzednim przypadku odbywa się poprzez magistralę CAN z wykorzystaniem przygotowanego przez producenta mikrokomputera firmę ATMEL oprogramowania ładującego oraz progra-

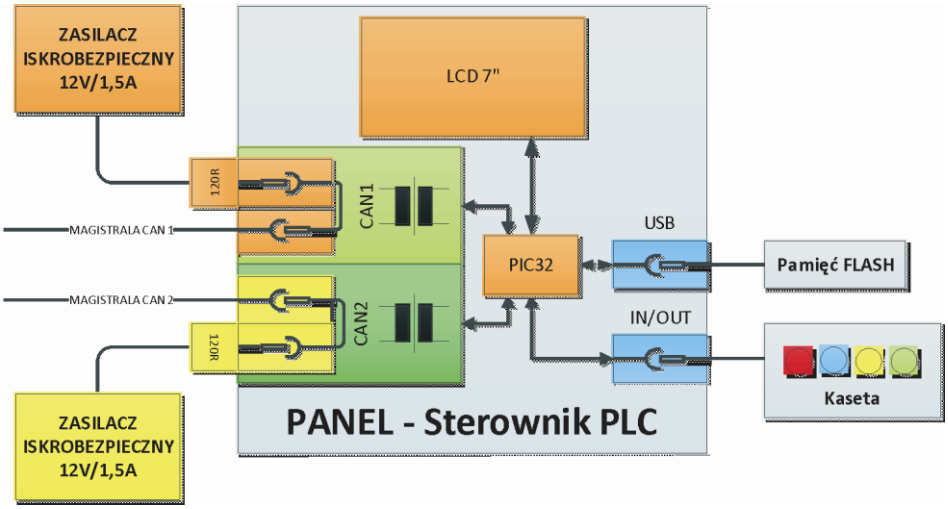
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

mu narzędziowego. Wykorzystanie magistrali CAN do programowania i kalibracji pozwala na zmianę oprogramowania, bez konieczności otwierania obudowy.

5. Panel – sterownik PLC

ITG Komag prowadzi również prace rozwojowe nad konstrukcją panelu, który pełnić będzie również funkcję sterownika. Panel będzie wyposażony w wyświetlacz graficzny o przekątnej 7”, posiadający własny procesor graficzny. Do realizacji funkcji sterowania zostanie wykorzystany procesor 32 bitowy. Ponadto panel będzie wyposażony w dwa interfejsy CAN izolowane oraz możliwość zasilania z dwóch niezależnych zasilaczy iskrobezpiecznych. Do panelu będzie można podłączyć kasetę z przyciskami, przełącznikami i kontrolkami.

Rozszerzenie panelu o możliwość podłączenia kasety z przyciskami i kontrolkami LED znacznie zwiększy funkcjonalność modułu. Kasetę wyposażoną w elementy proste, w rozumieniu norm [3] zharmonizowanych z dyrektywą ATEX, będzie można w łatwy sposób modyfikować, dostosowując ją do danej aplikacji. Uproszczony schemat blokowy przedstawiono na rysunku 11.



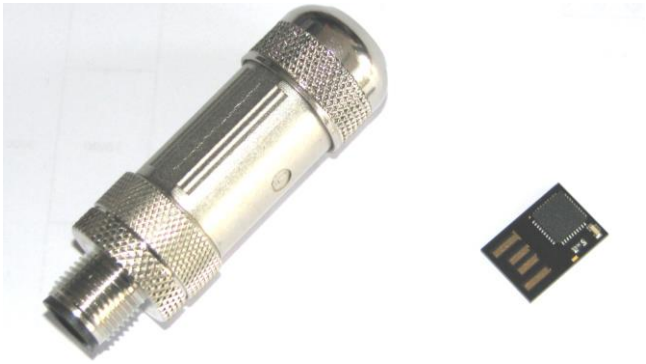
Rys.11. Schemat blokowy panelu – sterownika PLC
[źródło: opracowanie własne ITG KOMAG]

Wyposażenie panelu w dwa oddzielne interfejsy CAN oraz możliwość zasilania z dwóch niezależnych zasilaczy pozwala na jego wykorzystanie w układach sterowania rozproszonego z redundancją. Ewentualna awaria jednego zasilacza lub przewodu, pozwala na dalsze działanie układu sterowania.

Panel posiada również możliwość podłączenia pamięci typu FLASH. Wówczas panel może pełnić funkcje rejestratora. Instalacja pamięci FLASH,

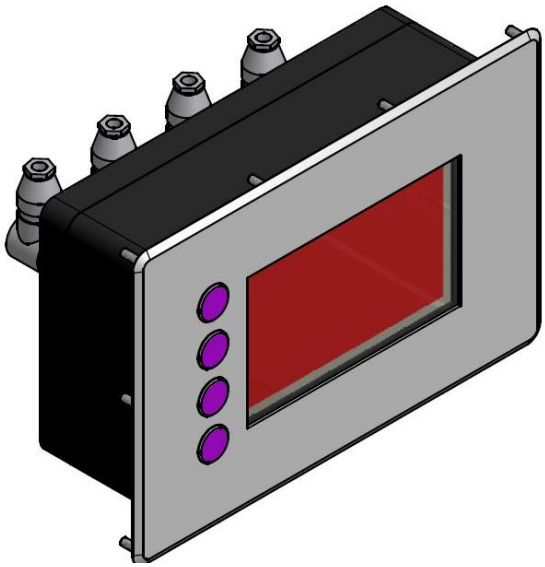
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

nie posiadającej indukcyjności i pojemności, zamontowanej w odpowiedniej obudowie, zapewnia spełnienie niezbędnych wymagań dla obwodów iskrobezpiecznych. Na rysunku 12 pokazano elementy pamięci FLASH.



Rys.12. Elementy pamięci FLASH w wykonaniu ATEX
[źródło: opracowanie własne ITG KOMAG]

W układzie przewidziano także rozwiązanie problemu zabezpieczenia przed dostępem do pamięci osób nieupoważnionych. Będzie to wymagane w przypadkach, gdy pamięć zawiera dane eksploatacyjne podlegające archiwizacji. Wówczas należy umieścić złącze z pamięcią FLASH w obudowie ze specjalnym zamknięciem. Zabezpieczenie to jest przyjazne użytkownikowi ponieważ połączenie pulpitu z pamięcią FLASH spełnia wymagania stawiane obwodom iskrobezpiecznym, co pozwala na dużą swobodę zabudowy mechanicznej. Na rysunku 13 przedstawiono model 3D panelu – sterownika PLC.



Rys.13. Model 3D panelu – sterownika PLC
[źródło: opracowanie własne ITG KOMAG]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Panel wyposażony został w graficzny wyświetlacz o rozdzielczości 800 x 480px i przekątnej 7”. Wyświetlacz posiada własny procesor graficzny oraz pamięć pozwalającą na zapamiętanie grafiki i makro komend. Komunikacja z procesorem nadrzędnym odbywa się poprzez interfejs szeregowy. Procesor nadrzędny komunikuje się poprzez dwa niezależne interfejsy CAN z zewnętrznymi przetwornikami, czujnikami i elementami wykonawczymi.

Taka konfiguracja zapewnia największą efektywność realizacji funkcji sterowania, która jest mierzona czasem wykonania jednej pętli programu sterownika. Ponadto konstrukcja zasilania pozwala na zasilanie z jednego lub z drugiego obwodu iskrobezpiecznego, co zwiększa elastyczność przy projektowaniu rozproszonych układów sterowania.

Panel zostanie również wyposażony w interfejs ETERNET, w dwóch opcjach. Jedną opcją będzie interfejs iskrobezpieczny FAST ETERNET, a drugą interfejs światłowodowy. Światłowody z konwertera zostaną wyprowadzone na obudowę panelu poprzez złącze CTOS (rys. 14).



Rys.14. Konwerter światłowodowy oraz złącze CTOS [6]

Podstawową zaletą stosowania złącz światłowodowych CTOS jest możliwość zapewnienia niskiego tłumienia połączenia w trudnych warunkach pracy. Poprawne działanie złącza można uzyskać nawet po przetarciu powierzchni łączonych. W warunkach górniczych stosowanie złącz typu ST i SC (rys. 15), wewnątrz szczelnych obudów, czy w obudowach ognioszczelnych nie jest możliwie. Złącza tego typu wymagają utrzymania dużej czystości, co nie jest możliwe podczas eksploatacji w kopalnianych wyrobiskach podziemnych.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.15. Złącza światłowodowe typu ST i SC

Duża uniwersalność panelu – sterownika PLC stawia duże wymagania oprogramowaniu. O użyteczności panelu decyduje zarówno strona połączeń elektrycznych, jak i elastyczności oprogramowania. Zapewnienie możliwości swobodnej zmiany oprogramowania jest podstawowym wymaganiem funkcjonalnym. Istnieją dwie metody programowania używane w projektowanym panelu. Jedną jest programowanie poprzez interfejs JTAG procesora. Drugą jest wykorzystanie magistrali CAN do programowania procesora. Drugie rozwiązanie jako bardziej skomplikowane oraz wymaga napisania specjalnego programu ładującego, przewidziane jest do wdrożenia w następnym etapie projektu. Programowanie panelu z wykorzystaniem istniejącego interfejsu nie wymaga ingerencji w obudowę panelu (wystarczy odkręcenie pokrywy i podłączenie do specjalnego złącza).

6. Podsumowanie

Rozwój konstrukcji przetworników, enkoderów, falowników, proporcjonalnych rozdzielaczy hydraulicznych oraz innych elementów automatyki wyposażonych w interfejsy z magistralą CAN, oparty jest na produkowanych seryjnie mikroprocesorach i mikrokomputerach wyposażonych w wewnętrzne kontrolery. Różnorodność produkowanych podzespołów półprzewodnikowych umożliwia projektantom na dostosowanie konstrukcji do wymagań klienta. Dalszy rozwój maszyn górniczych będzie w coraz większym stopniu związany z systemami wykorzystującymi układy sterowania rozproszonego, opartymi na magistralach cyfrowych.

Elementy systemów rozproszonych opracowywane w ITG KOMAG pozwalają na elastyczne projektowanie układów sterowania i charakteryzują się następującymi zaletami:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- mogą być stosowane do różnych maszyn górniczych z obwodami iskrobezpiecznymi i nieiskrobezpiecznymi,
- moduły wejść-wyjść mogą być dostosowane do różnych przetworników wielkości elektrycznych i nieelektrycznych,
- rejestrowane parametry mogą zostać poddane analizie z wykorzystaniem zaawansowanych, zewnętrznych aplikacji komputerowych,
- zbudowany na bazie opracowywanych modułów system sterowania posiada strukturę otwartą i pozwala na znaczną modyfikację liczby i typów podłączanych czujników oraz przetworników,
- rozproszony układ sterowania pozwala użytkownikowi na optymalizowanie kosztów inwestycji, dzięki możliwości konfiguracji ściśle w odniesieniu do własnych potrzeb, przy jednoczesnej łatwej modernizacji sprzętowej i programowej.

Opracowywane moduły będą posiadały oprogramowanie interfejsów CAN zgodnie z standardem CANopen CiA301 [4]. Wybrany protokół jest protokołem otwartym, dla którego opracowywanych jest wiele standardów w odniesieniu do szczególnych zastosowań. Należy spodziewać się, że w najbliższym czasie powstaną standardy do nowych maszyn, urządzeń i elementów automatyki.

Literatura

1. Tanenbaum A.S., Stehen M.V.: Systemy rozproszone. Zasady i paradygmaty. Klasyka informatyki. WN-T, Warszawa 2006.
2. Karta katalogowa: BOSCH GmbH: CAN Specyfication ver 2.0, 1991.
3. Norma PN-EN 60079-11 Atmosfery wybuchowe: Część 11: „Zabezpieczenie urządzeń za pomocą iskrobezpieczeństwa i".
4. CAN in Automation (CiA) 301 "CANopen application layer and communication profile".
5. www.lem.com, Strona internetowa firmy LEM.
6. Karta katalogowa: Amphenol Connector CTOS Series 976.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

7. „Iskrobezpieczny system sterowania maszyn górniczych bazujących na magistrali CAN i protokole CANopen.” Sprawozdanie z realizacji pracy statutowej ITG KOMAG 2010-2012, praca nie publikowana.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Wykorzystanie magistrali CAN w układach sterowania maszyn górniczych na przykładzie ciągnika podwieszonego GAD-1

Tomasz Piętowski – SOMAR S.A.

1. Wprowadzenie

W zdecydowanej większości nowoczesnych systemów sterowania maszyn i urządzeń wykorzystuje się komputerowe sterowników swobodnie programowalne PLC (Programmable Logic Controler). Dodatkowo systemy te są wyposażane w mikroprocesorowe, inteligentne elementy pomiarowe (czujniki, przetworniki, uniwersalne moduły pomiarowe) oraz wykonawcze (wyjścia sterujące, przemienniki do sterowania napędami). Do prawidłowego działania całego systemu sterowania, jest wymagane, aby jego wymienione elementy miały możliwość wzajemnej wymiany danych (do sterownika maszyny, czy też bezpośrednio z przetwornika pomiarowego do inteligentnego urządzenia wykonawczego). Takie rozwiązania możliwe są do zastosowania tylko wtedy, gdy wszystkie elementy systemu sterowania współpracują ze sobą, wykorzystując jednakowe interfejsy oraz magistrale cyfrowe. W przemyśle wykorzystuje się różne rozwiązania komunikacji między elementami systemów sterowania (np. CAN, DeviceNet, ProfiBus), ktore muszą spełniać bardzo surowe wymagania, związane z przepustowością magistral, awaryjnością, możliwością nadzoru nad prawidłowym działaniem elementów magistrali oraz przebiegiem komunikacji pomiędzy nimi.

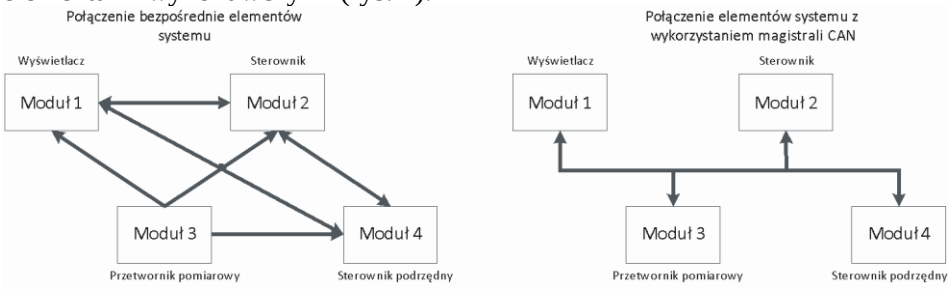
Niniejszy rozdział przedstawia opracowane przez autora nowatorskie rozwiązanie układu sterowania akumulatorowego ciągnika podwieszonego, opartego na połączeniu elementów układu magistralą CAN. Rozwiązanie to umożliwia proste rozproszenie układu sterowania pomiędzy sterownik główny maszyny a elementy pomiarowe (moduł wejść-wyjść), elementy wykonawcze (falowniki sterujące pracą napędów), elementy operatora (pulpity sterownicze zintegrowane z wizualizacją stanu maszyny) oraz kontroler baterii akumulatorów BMS (Battery Management System). Część elementów układu sterowania (np. pulpity operatora) wymaga zastosowania rozwiązań w wykonaniu przeciwwybuchowym.

2. Magistrala CAN *(Controller Area Network)*

Interfejs szeregowy CAN został opracowany wspólnie przez firmy Bosch oraz Intel, głównie na potrzeby przemysłu motoryzacyjnego. Umożliwia on podłączenie wielu układów mikroprocesorowych czujników, układów sterujących i układów wykonawczych do jednej, dwuprzewodowej magistrali szeregowej oraz swobodną wymianę danych pomiędzy podłączonymi układami. Elementy oraz układy dołączane do magistrali CAN nazywa się najczęściej

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

węzłami (*Node*). Obecnie wykorzystuje się dwie wersje tego interfejsu: standardową CAN 2.0A (*standard CAN*) i rozszerzoną CAN 2.0B (*extended CAN*) [2]. Organizacja transmisji danych przez magistralę interfejsu szeregowego CAN zastępuje stosowane wcześniej sposoby wymiany danych w systemach, polegające na stosowaniu wielu połączeń bezpośrednich między komunikującymi się układami, sterownikami, przetwornikami pomiarowymi lub elementami wykonawczymi (rys. 1).

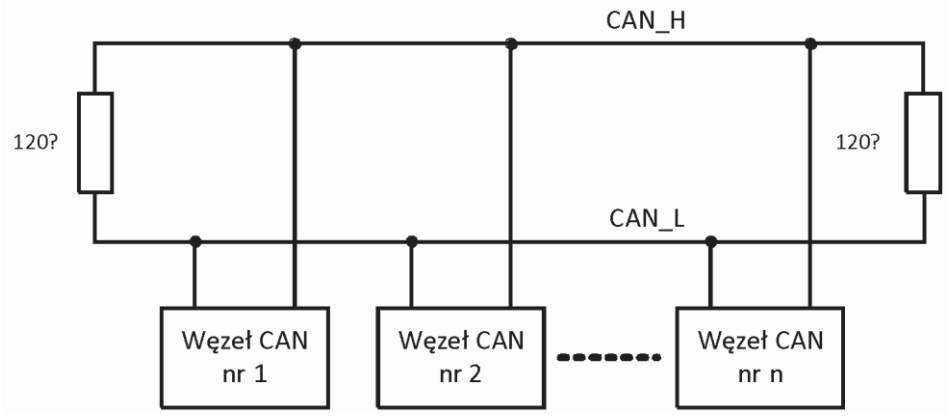


Rys.1. Przykład systemu pomiarowo-sterującego z wykorzystaniem połączeń bezpośrednich oraz magistrali CAN [2]

Podstawowym przeznaczeniem CAN jest łączenie podzespołów systemu, np. w samochodzie, ale CAN może być stosowany również w układach pomiarowych oraz do sterowania innych maszyn i urządzeń.

Maksymalna szybkość transmisji danych magistrali CAN jest funkcją jej długości i w zdecydowanej większości przypadków dochodzi do 1 Mb/s, dla magistrali o długości do 40 m, bez konieczności stosowania dodatkowych wzmacniaczy linii (repeaterów). Dla mniejszych szybkości transmisji odległości te mogą dochodzić do 1 km (dla 50 kb/s), a nawet 10 km, przy bardzo niewielkich szybkościach rzędu kilku kb/s. Sygnały interfejsu CAN są przesyłane najczęściej symetryczną linią transmisyjną, złożoną z dwóch skręconych przewodów. Specyfikacja CAN nie narzuca ani nośnika informacji (sygnał elektryczny, optyczny lub radiowy), ani rodzaju kabla (linia symetryczna, niesymetryczna lub światłowód). W przypadku elektrycznej linii symetrycznej, w celu uniknięcia odbić sygnału na obu końcach magistrali, niezbędne jest włączenie impedancji o wartości 120 **Ω**. Magistrala składa się z dwóch przewodów, do których dołączane są wyprowadzenia CAN-H oraz CAN-L każdego modułu (węzła) włączonego do magistrali (rys. 2).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.2. Struktura magistrali CAN [2]

Wszystkie moduły magistrali CAN mogą pełnić funkcje zarówno nadajników, jak i odbiorników. Urządzenia (węzły) magistrali CAN nie mają adresów i dlatego muszą odbierać wszystkie komunikaty, co powoduje, że liczba modułów na magistrali nie jest ograniczona ilością dostępnych adresów. Dodanie lub odłączenie modułu z magistrali nie komplikuje działania całego systemu [2].

Jak już wspomniano, wymiana danych na magistrali CAN odbywa się przez wysyłanie oraz odbieranie komunikatów zawierających dane lub instrukcje, do wykonania przez węzły na magistrali. Komunikat nadawany jest przez jeden węzeł, a odbierany przez wszystkie pozostałe. Prawo do nadawania ma każde urządzenie na magistrali. Brak urządzenia nadrzędnego (Master), kontrolującego przepływ danych w systemie, jest istotną zaletą rozwiązań opartych o interfejs CAN. Każdy komunikat posiada wielobitowy identyfikator określający typ przekazywanej informacji. Rozróżnia się identyfikatory 11 bitowe (dla wersji CAN2.0A) oraz 29 bitowe (dla CAN2.0B). Moduły na magistrali odczytują każdy komunikat w całości, ale do dalszego przetwarzania akceptują tylko niektóre komunikaty przeznaczone dla danego węzła magistrali (na zasadzie programowej filtracji identyfikatorów komunikatów). Nadawanie komunikatu przez urządzenie poprzedzone jest sprawdzeniem zajętości magistrali. Gdy jest zajęta (ponieważ nadaje inny węzeł) urządzenie odwleka rozpoczęcie transmisji do momentu zwolnienia magistrali. Ponieważ wszystkie moduły na magistrali mają równe prawa, co do rozpoczęcia komunikacji istnieje możliwość wystąpienia kolizji na magistrali, czyli rozpoczęcie nadawania komunikatu przez więcej niż jeden moduł. Zjawisko to jest eliminowane poprzez zastosowanie metody wielodostępu, z wykrywaniem kolizji CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection). W przypadku, gdy dwa moduły jednocześnie rozpoczynają nadawanie, kolizję w dostępie do magistrali eliminuje się przez porównanie wartości logicznej bitów identyfikatora komunikatu i wykrycie pierwszego stanu niezgodności stanów logicznych

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

bitów na magistrali. Moduł, który pierwszy wykryje niezgodność bitową identyfikatora nadawanego komunikatu ze stanem faktycznym na magistrali zmuszony jest do przerwania transmisji i odczekania do czasu zwolnienia magistrali.

Jak już wspomniano interfejs CAN został opracowany początkowo na potrzeby przemysłu motoryzacyjnego, gdzie do dziś umożliwia swobodne łączenie ze sobą dużej ilości elementów pomiarowych oraz sterujących, w jakie są wyposażane pojazdy, zarówno osobowe i ciężarowe, produkowane na masową skalę, jak również w rozwiązaniach dedykowanych maszyn ciężkich przeznaczonych do zastosowań specjalnych. W chwili obecnej rozwiązania oparte na magistrali CAN stosowane są w wbudowanych systemach sterowania maszyn, urządzeń medycznych, elektroniki kolejowej i gospodarki morskiej oraz w przemyśle budowlanym.

W ramach ułatwienia producentom maszyn i urządzeń stosowania interfejsu CAN w układach sterowania, przyjęto wiele standardów protokołów komunikacyjnych wymiany danych pomiędzy urządzeniami na magistrali. Komunikacja bazuje zawsze na wymianie standardowych komunikatów, w zależności od protokołu, ze standardowym lub rozszerzonym identyfikatorem komunikatu. Jako przykładem można posłużyć się np. specyfikacją SAE J1939 lub CANopen®.

Specyfikacja J1939 opisuje protokół komunikacyjny stosowany głównie w pojazdach dużej mocy z silnikami wysokoprężnymi, jak np. maszyny ciężkie, maszyny rolnicze itp.

Specyfikacja CANopen® definiuje protokoły oraz standardy profili urządzeń stosowanych w układach sterowania bazujących na tym protokole. Standard ten posiada bardzo elastyczne możliwości konfiguracyjne. Standard CANopen® określa sposób adresowania, np. zarządzanie siecią (NMT), Service Data Object (SDO), Process Data Object (PDO), komunikaty awaryjne Emergency (EMCY). W związku z czym możliwe jest bardzo dokładne zarządzanie siecią (najczęściej konfiguracji dokonuje jeden węzeł sieci – identyfikowany jako CANopen Master) oraz monitorowanie pracy węzłów sieci i komunikacji między nimi.

Standard CANopen® definiuje również profile urządzeń, co pozwala ujednolicić oprogramowanie systemu sterowania, umożliwiając modyfikację części sprzętowej systemu sterowania, bez większych zmian w jego oprogramowaniu. Wymaga to jednak od producentów elementów układów sterowania opartych o komunikację zgodą z CANopen®, ścisłego trzymania się założeń danego profilu urządzenia. Przykładowe profile urządzeń to: CiA 401: Profil urządzenia do standardowych modułów wejść-wyjść (I/O), CiA 402: Profil urządzenia do napędów i sterowania ruchem (np. przemiennik częstotliwości).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

3. Wykorzystanie magistrali CAN w przestrzeniach zagrożonych wybuchem

Zastosowanie układów sterownia w podziemiach zakładów górniczych, a więc również w środowisku zagrożonym wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego, wymaga zastosowania elementów systemu oraz sposobu ich połączenia w wykonaniu przeciwwybuchowym, zgodnie z wymaganiami dyrektywy ATEX. Powszechnie stosowanym rozwiązaniem jest umieszczenie elementów systemu w osłonach ognioszczelnych, które ze względu na konieczność umieszczenia tam elementów wykonawczych dużej mocy, stosowane są w zdecydowanej większości maszyn górniczych. Nie rozwiązuje to jednak problemu związanego z koniecznością podłączenia do systemu sterowania zewnętrznych przetworników pomiarowych oraz elementów sterowniczych dla operatora maszyny. Konieczne jest wówczas stosowanie odpowiednich separatorów obwodów elektrycznych.

Wykorzystanie magistrali CAN w układach sterowania maszyn górniczych również powinno uwzględniać wymienioną sytuację. Konieczne staje się posiadanie rozwiązań umożliwiających separowanie obwodów iskrobezpiecznych od nieiskrobezpiecznych magistrali CAN oraz zapewnienie zintegrowanych urządzeń sterowniczych operatora, komunikujących się ze sterownikiem głównym maszyny wyłącznie poprzez interfejs CAN. Naprzeciw tym wymaganiom wyszła firma Somar S.A., opracowując na potrzeby projektu prototypu układu sterowania ciągnika akumulatorowego typu GAD-1 takie urządzenia, jak separator magistrali CAN typu SM-SC1 oraz pulpit operatorski zintegrowany z wyświetlaczem LCD oraz modułem wejść-wyjść. W chwili obecnej opracowywany jest manipulator z interfejsem CAN, z przeznaczeniem do kolejnych projektów układów sterowania maszyn górniczych.

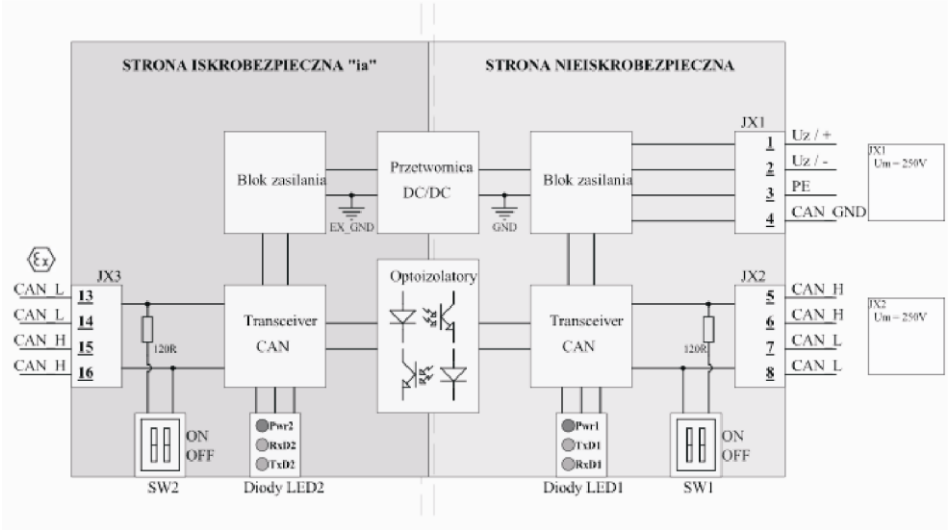
Separator magistrali SM-SC1 oddziela galwanicznie magistralę iskrobezpieczną i nieiskrobezpieczną, umożliwiając wymianę informacji pomiędzy obwodami. Urządzenie jest przystosowane do mocowania na symetrycznej szynie EN 35 mm (rys. 3). Separator może być montowany jedynie w przestrzeni niezagrożonej wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego lub – w przypadku obszarów zagrożonych wybuchem – we wnętrzu obudowy ognioszczelnej.

Magistrale CAN oddzielone są od siebie za pomocą bariery transoptorowej (rys. 4). Separator od strony iskrobezpiecznej nie wymaga zasilania, zaś obwód nieiskrobezpieczny wymaga zasilania 12V DC, 24V DC, 42V AC lub 48V DC – zależnie od wersji urządzenia. Separator realizuje funkcję przeźroczystego łącza, tzn. przesyła dane pomiędzy magistralami, bez ingerencji w ich zawartość, z maksymalną prędkością transmisji wynoszącą 500 kb/s.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.3. Separator SM-SC1 [4]



Rys.4. SM-SC1 - schemat blokowy [4]

Pulpit operatorski zastosowany w kabinach ciągnika akumulatorowego GAD-1 (rys. 5) zbudowano na bazie opracowanego przez Somar S.A. panelu wyświetlacza ciekłokrystalicznego z modułem wejść-wyjść typu LCDIO-1. Panel ten posiada zintegrowany wyświetlacz LCD, obwody wejść-wyjść dwustanowych oraz wejść analogowych potencjometrycznych umożliwiających podłączenie maksymalnie dwóch manipulatorów w wyjściem potencjometrycznym. Pulpit posiada interfejs CAN pracujący w protokole CANopen® z wykorzystaniem profilu urządzenia standardowych modułów wejść-wyjść (CiA 401). Zastosowanie takiego panelu umożliwia budowę pulpitów operatora o swobodnej konfiguracji elementów sterujących (przyciski, przełączniki) oraz sygnalizacyjnych (lampki, diody LED). Przykładową konfigurację pulpitu ope-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ratora przedstawiono na rysunku 5. Jest to rozwiązanie zaproponowane i wykonane jako element układu sterowania ciągnika GAD-1, umożliwiając operatorowi wybór kierunku jazdy, trybu sterowania, uruchomienie i zatrzymanie maszyny oraz obserwację stanu pracy maszyny, prędkości jazdy, stanu napędów i poziomów naładowania baterii akumulatorów.



Rys.5. Iskrobezpieczny pulpit sterowniczy ciągnika GAD-1
[źródło: NAFRA Polska Sp. z o.o.]

4. Ciągnik akumulatorowy kolei podwieszonej GAD-1

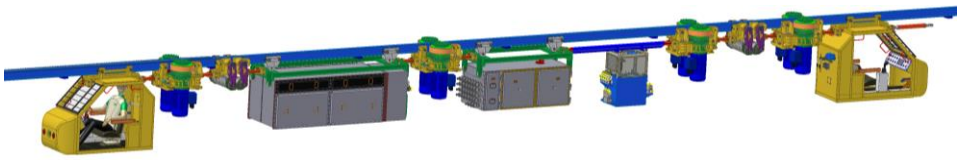
Ciągnik akumulatorowy kolei podwieszonej GAD-1 został opracowany przy współpracy firm NAFRA Polska Sp. z o.o., Vacat Sp. z o.o. oraz Instytutu Techniki Górniczej KOMAG i BOBRME Komel. Dostawcą elementów sterowania napędami (przemienników częstotliwości) z interfejsem CAN oraz możliwością sterowania w oparciu o protokół CANopen® był ENEL-PC. Firma Somar S.A. dostarczyła sterownik główny maszyny i pulpity stanowiące wyposażenie kabiny operatora oraz wykonała oprogramowanie układu sterowania ciągnika oraz wizualizacji pracy maszyny na pulpitach.

Akronim ciągnika „GAD” pochodzi od pierwszych liter słów angielskich: Gentle Accumulator Drive, co oznacza szlachetny, akumulatorowy napęd.

Ciągnik akumulatorowy GAD-1 jest przeznaczony do przewozu ludzi oraz transportu ładunków po podwieszonej jezdni szynowej na nachyleniach do 30°,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

w podziemnych wyrobiskach górniczych, w tym, w pomieszczeniach o stopniu „a", „b" i „c" niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz klasach „A" i „B" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Ciągnik podwieszony GAD-1 może być konfigurowany z dwoma, trzema lub czterema wózkami napędowymi, w zależności od zapotrzebowania na siłę pociągową [1].



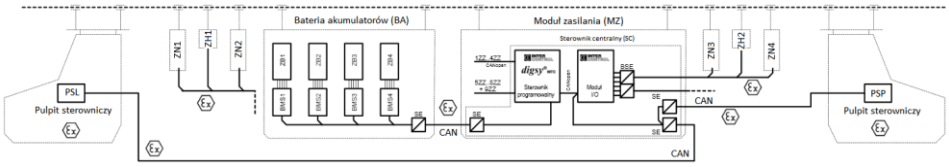
Rys.6. Ciągnik akumulatorowy GAD-1 - widok ogólny
[źródło: NAFRA Polska Sp. z o.o.]

Przedstawiony na rysunku 6 ciągnik w konfiguracji z czterema wózkami napędowymi ma budowę wielozespołową. Poszczególne jego podzespoły są indywidualnie zawieszone na przynależnych im wózkach jezdnych i są połączone pomiędzy sobą łącznikami. Podstawowe zespoły ciągnika to wózek napędowy (2, 3 lub 4 sztuki), dwa wózki hamulcowe, kabina operatora (prawa oraz lewa), moduł baterii akumulatorów oraz moduł zasilająco-sterujący.

Sterownik centralny maszyny wraz z układami wykonawczymi (styczniki, przemienniki) oraz obwodami zabezpieczeń umieszczony jest w module zasilająco-sterującym. Połączenie sterownika z pulpitami w kabinach operatora oraz kontrolerem modułu baterii akumulatorów realizowane jest wyłącznie iskrobezpiecznymi obwodami magistrali CAN.

5. Struktura oraz funkcje układu sterowania ciągnika GAD-1

Schemat blokowy systemu sterowania ciągnika akumulatorowego kolei podwieszonej typu GAD-1 pokazano na rysunku 7.



Rys.7. Układ sterowania ciągnika - schemat ogólny [3]

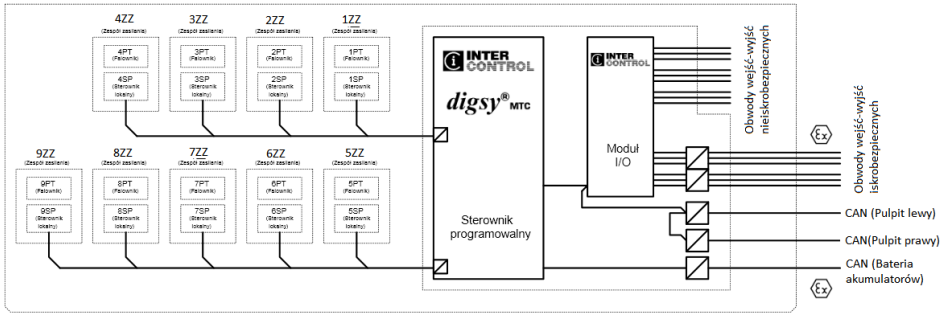
Głównym elementem układu sterowania jest sterownik centralny (SC) składający się ze sterownika programowalnego PLC (digsy®MTC), modułu wejść/wyjść dwustanowych oraz wejść analogowych, bloku separatorów analogowych, dwustanowych obwodów iskrobezpiecznych (BSE) oraz separatorów obwodów iskrobezpiecznych magistrali CAN (SE).

Sterownik programowalny digsy®MTC wyposażony jest w cztery interfejsy do magistrali CAN, z czego dwa posiadają izolację galwaniczną. Pierwszy

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

interfejs wykorzystany został do podłączenia modułów wejść/wyjść, znajdujących się w obrębie sterownika centralnego oraz (poprzez separatory magistrali CAN (SE)) do pulpitów sterowniczych (PSP, PSL) znajdujących się w kabinach operatora, drugi interfejs stanowi podłączenia magistrali do modułu baterii akumulatorów (BA). Trzeci oraz czwarty wykorzystane są do podłączenia zespołów zasilania (ZZ) składających się z falowników (PT), z wbudowanymi sterownikami lokalnymi (SP) oraz silnika pompy układu hydraulicznego. Tor komunikacji z każdym zespołem zasilania został podzielony na dwie niezależne magistrale CAN. Do jednej podłączone zostały zespoły napędowe 1ZZ do 4ZZ, natomiast do drugiej zespoły napędowe 5ZZ do 8ZZ oraz 9ZZ stanowiący układ zasilania silnika pompy układu hydraulicznego. Taki podział układu sterowania zespołami zasilania (układami napędowymi) jest świadomy i wynika z zaawansowanego algorytmu sterowania jazdą ciągnika oraz przesłania danych do sterownika układu falownika.

Sygnały z czujników dwustanowych, analogowych umieszczonych na zespołach napędowych (ZN) i zespołach hamulcowych (ZH) oraz elementów wykonawczych umieszczonych na ciągniku w strefie zagrożonej wybuchem, podłączane są do modułu wejść/wyjść bloku sterownika centralnego (SC) poprzez blok separatorów obwodów iskrobezpiecznych. Sygnały dwustanowe, analogowe, elementy wykonawcze oraz sygnały przychodzące z układów zabezpieczeń obwodów elektroenergetycznych umieszczonych w module zasilania (MZ), podłączane są bezpośrednio do wejść modułu wejść/wyjść sterownika centralnego (rys. 8).



Rys.8. Sterownik centralny ciągnika GAD-1 - schemat blokowy [3]

Pulpity sterownicze (PSP – kabina prawa, PSL – kabina lewa) posiadają zintegrowany wyświetlacz LCD, elementy sterownicze (przyciski) oraz elementy sygnalizacyjne. Manipulator stanowi odrębny element, montowany oddzielnie i podłączony z modułem pulpitu za pomocą przewodu.

Zintegrowany z pulpitem sterowniczym panel LCD realizuje funkcję wizualizacji stanu maszyny oraz pełni rolę interfejsu operatora. Wizualizacji podlegają parametry jazdy, stan maszyny, stan baterii akumulatorów. Zasada

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wyświetlania informacji na panelu LCD oparta jest o plansze informacyjne, diagnostyczne i serwisowe oraz dane przekazywane ze sterownika centralnego maszyny.

Funkcje oprogramowania sterownika centralnego (SC) to:

a) sterowanie pracą zespołów napędowych poprzez odpowiednie wysterowania sterowników falowników,
b) kontrola pracy zespołów napędowych (monitorowania prędkości obrotowej, poboru prądu przez falowniki, obsługa sytuacji awaryjnych, błędów falownika),
c) kontrola stanu baterii akumulatorów (komunikacja ze sterownikiem baterii, sygnalizacja stanu naładowania, obciążenia oraz stanów awaryjnych),
d) sterowanie oraz kontrola działania układu hydraulicznego (sterowanie pracą pompy, utrzymywanie zadanego ciśnienia w instalacji),
e) sterowanie oraz kontrola układów hydraulicznych docisku napędów ciernych oraz hamulca awaryjno-postojowego (sterowanie rozdzielaczy, pomiar prawidłowego ciśnienia docisku oraz odhamowania),
f) realizacja funkcji automatycznej zmiany napędu z ciernego na zębaty oraz odwrotnie,
g) realizacja funkcji ograniczenia prędkości jazdy (do wartości dopuszczalnej),
h) sterowanie pracą pozostałych układów na maszynie (sygnalizacja świetlna oraz dźwiękowa),
i) bieżąca diagnostyka całego układu sterowania oraz parametrów jazdy z możliwością automatycznego zatrzymania awaryjnego maszyny.

Funkcje oprogramowania pulpitów sterowniczych (PSP, PSL) to:

a) przekazywanie informacji o stanie elementów sterowniczych (przyciski, przełączniki) oraz manipulatora do sterownika centralnego,
b) wizualizacja na wyświetlaczu LCD bieżących parametrów jazdy (prędkość jazdy, przebieg) oraz informacji o stanie układów napędowych (obciążenia silników), akumulatorów (stan naładowania, napięcie) i układu hydraulicznego (ciśnienia w układzie).

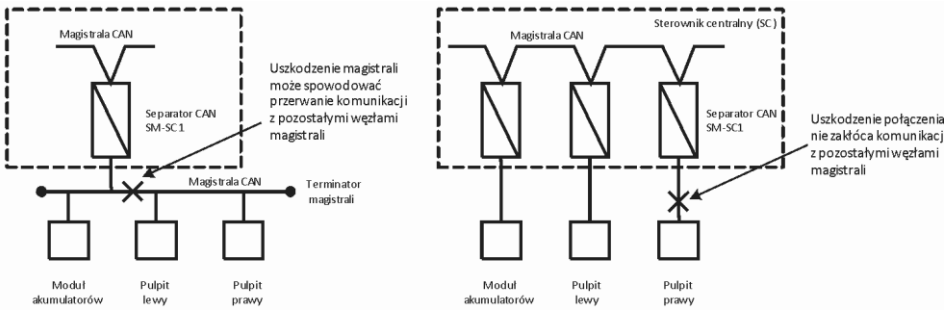
6. Układ sterowania ciągnika GAD-1

Jak można zauważyć na schemacie ogólnym układu sterowania ciągnika akumulatorowego GAD-1, podział układu na kilka elementów (sterownik centralny, pulpity, kontroler baterii akumulatorów) oraz połączenie ich magistralą CAN, znacznie uprościło strukturę całego systemu sterowania. Połączenie pomiędzy sterownikiem centralnym a kabiną operatora oraz modułem akumulatorów sprowadza się do 2 przewodów magistrali CAN oraz obwodu zasilania. Pulpity sterownicze stanowią pewnego rodzaju koncentrator sygnałów

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

z każdej kabiny operatora, co umożliwia ich lokalną akwizycję oraz przesłanie danych sterownika poprzez interfejs CAN.

Ponadto wykorzystano dodatkowe rozwiązanie, polegające na rozdzieleniu jednej wspólnej magistrali, za pomocą separatorów obwodów iskrobezpiecznych magistrali CAN typu SM-SC1, na trzy niezależne magistrale umożliwiające bezpośrednie podłączenie jednego z urządzeń zewnętrznych (pulpity, moduł baterii). Każda z trzech niezależnych magistral stanowi osobny obwód iskrobezpieczny (rys. 9).



Rys.9. Sposób zmniejszenia awaryjności układu sterowania dla uszkodzenia połączeń magistrali CAN [źródło: opracowanie własne]

Wybranie rozwiązania z trzema osobnymi magistralami CAN podyktowane jest koniecznością zmniejszenia awaryjności maszyny. Zastosowanie pojedynczej magistrali z podłączonymi do niej wszystkimi urządzeniami zewnętrznymi, w przypadku jej uszkodzenia (przerwania) w dowolnym punkcie, powoduje zablokowanie magistrali oraz całkowity brak możliwości komunikacji pomiędzy sterownikiem centralnym a pulpitami, co blokuje możliwość uruchomienia maszyny (nawet awaryjnego). Przyjęte rozwiązanie z trzema magistralami CAN, w przypadku uszkodzenia jednej z nich (np. prowadzącej do jednego z pulpitów) nie powoduje całkowitej blokady maszyny, gdyż istnieje możliwość sterowania maszyną z drugiego (sprawnego) pulpitu. Uszkodzenie obu linii magistrali do pulpitów z oczywistych powodów blokuje możliwość uruchomienia ciągnika.

7. Możliwości przyszłych zastosowań

Wykorzystanie magistrali CAN w układzie sterowania ciągnika akumulatorowego kolei podwieszonej umożliwia stosunkowo prostą rozbudowę całego systemu o dodatkowe elementy pomiarowe lub wykonawcze, posiadające interfejs CAN. Zastosowanie kolejnego elementu systemu sterowania sprowadza się do włączenia nowego urządzenia do magistrali w części iskrobezpiecznej lub nieiskrobezpiecznej oraz skonfigurowania sterownika programowalnego maszyny do komunikacji z nowym elementem układu. Wykorzystanie protokołu komunikacyjnego, takiego jak stosowany w ciągniku GAD-1 pro-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

tokół CANopen®, umożliwia wykorzystanie gotowych mechanizmów konfiguracji oraz obsługi węzłów magistrali CAN, dostarczanych przez producentów sterowników swobodnie programowalnych.

Cyfrowa wymiana danych pomiędzy elementami układów sterowania maszyn oraz możliwość prostej rozbudowy systemu poprzez dołączanie kolejnych urządzeń do magistrali umożliwia również wyposażenie maszyny w układy monitorowania stanu pracy oraz rejestracji i transmisji danych. Firma Somar S.A. posiada w swojej ofercie urządzenia umożliwiające wyposażenie takich maszyn górniczych, jak: kolejki podwieszone, koleje spągowe z napędem elektrycznym lub spalinowym, w systemy monitorowania, rejestracji oraz transmisji danych. Do takich rozwiązań można zaliczyć:

a) urządzenia rejestracji danych, tzw. czarne skrzynki, umożliwiające ciągłe monitorowanie oraz rejestrację parametrów pracy maszyny; przenoszenie danych możliwe jest z wykorzystaniem pamięci masowych,

b) urządzenia do transmisji danych poprzez sieć zasilającą maszynę z wykorzystaniem dedykowanych modemów lub do bezprzewodowej transmisji danych z maszyny z wykorzystaniem rozwiązań opartych o „cieknący kabel”,

c) urządzenia do systemów lokalizacji maszyny (ciągnika lub kolejki) w wyrobisku oparte o system „tagów” oraz odbiornik na maszynie, rejestrujący daną pozycję maszyny w czasie.

8. Podsumowanie

Opisane zostało rozwiązanie układu sterowania ciągnika podwieszanego typu GAD-1, bazujące na rozproszonym systemie sterowania, składającym się z centralnego sterownika swobodnie programowalnego, elementów pomiarowych oraz przetworników, prostych oraz zaawansowanych elementów wykonawczych (moduły wejść-wyjść, zintegrowane przemienniki) i elementów sterowniczych dostępnych dla operatora. Wszystkie te elementy zostały połączone we wspólną magistralę wymiany danych, opartą o interfejsy CAN wymienionych urządzeń. Przyjęte rozwiązanie uprościło oraz zminimalizowało liczbę niezbędnych połączeń pomiędzy modułami systemu sterowania, umożliwiło lepszą diagnostykę układu oraz precyzyjną lokalizację usterek w poszczególnych elementach układu sterowania.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Wykorzystanie zintegrowanych pulpitów sterowniczych wyposażonych w niezbędne elementy sterownicze oraz sygnalizacyjne, połączonych z centralnym sterownikiem wyłącznie poprzez magistralę CAN, zmniejszyło do minimum ilość koniecznych połączeń pomiędzy skrzynią aparatury elektrycznej a pulpitami umieszczonymi w kabinach operatora. Przy tej okazji zmniejszono również awaryjność maszyny skutkującą całkowitym brakiem możliwości sterowania. Zrealizowano to poprzez wydzielenie niezależnych bezpośrednich połączeń do elementów systemu sterowania, które są najbardziej narażone zarówno na uszkodzenia, jak i świadome wyłączenia modułów z struktury systemu. Rozwiązanie te zostało sprawdzone w trakcie prac rozwojowych oraz badawczych nad prototypem maszyny.

Zastosowanie jako protokołu komunikacyjnego CANopen® pomiędzy elementami systemu połączonymi magistralą CAN umożliwiło kontrolę nad procesem wymiany danych, aktywnością węzłów na magistrali oraz prawidłowego działania kluczowych elementów systemu sterowania. Przyjęcie otwartego protokołu w układach sterowania maszyn jakim jest CANopen® umożliwia ujednolicenie interfejsów komunikacyjnych produkowanych oraz wykorzystywanych urządzeń stanowiących elementy układów sterowania i diagnostyki.

Podsumowując opis układu sterowania ciągnika akumulatorowego GAD-1, można stwierdzić, że przyjęte rozwiązania odnośnie do podziału podstawowych elementów układu (sterownik, pulpity sterownicze, kontroler modułu akumulatora, elementy wykonawcze - przemienniki) oraz wykorzystanie do ich komunikacji między sobą magistrali CAN można zakwalifikować do nowoczesnych systemów sterowania maszyn górniczych.

Literatura

1. Nafra Polska Spółka z o.o.: Ciągnik akumulatorowy kolei podwieszanej GAD-1 - Instrukcja obsługi, 2012.
2. Nawrocki W.: Rozproszone systemy pomiarowe, Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 2006.
3. SOMAR Spółka Akcyjna: System sterowania ciągnika akumulatorowego kolei podwieszanej. Dokumentacja techniczna, Katowice, 2011.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

4. SOMAR Spółka Akcyjna: Separator magistrali CAN - Instrukcja obsługi IO.153, Katowice, 2011.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Zintegrowany system monitorowania i wizualizacji procesów technologicznych

Sylwester Maźnio, Tomasz Gamrat, Piotr Ściegienka – SOMAR S.A.

1. Wprowadzenie

Wprowadzając do produkcji nowoczesny, zautomatyzowany park maszynowy wraz z urządzeniami towarzyszącymi, nierzadko pracującymi w środowisku heterogenicznym, uzyskuje się nowe możliwości sterowania, kontroli oraz bezpieczeństwa pracy. Te nowe cechy funkcjonalne, dostępne lokalnie, nie są zazwyczaj w pełni wykorzystywane. Nawet w przypadku transmisji danych z tych urządzeń na powierzchnię zakładu, zwykle tworzy się dedykowane stacje wizualizacyjno-sterujące, obejmujące urządzenie lub zespół urządzeń jednego producenta. Stacje te budowane są z reguły w bezpośrednio zainteresowanych działach kopalni, których zadania sprowadzają się często do pobieżnej obserwacji niewielu czynników. Rzadko wykonuje się analizy przyczyn określonych zachowań urządzeń, a prawie nigdy analizy nie służą kadrze wyższego szczebla jako narzędzie wspomagające proces produkcji.

Dla kierownika działu energomechanicznego, głównego elektryka lub mechanika kopalni odpowiednio przygotowane dane z wszystkich obszarów są nieocenioną metodą wprawnego planowania, zarządzania i kontrolowania.

2. Nowoczesne rozwiązania w dziedzinie transmisji danych

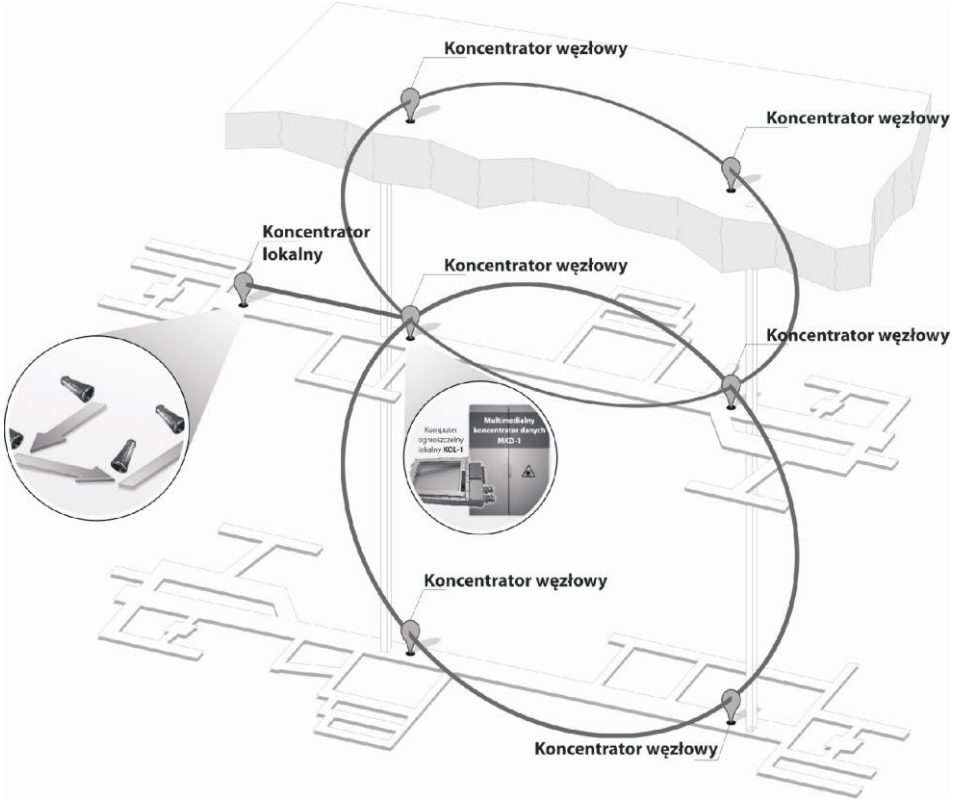
Ogromny postęp w ostatnich latach w dziedzinie systemów teleinformatycznych oraz w dziedzinie automatyki, elektroniki i łączności pozwala na coraz częstszą implementację nowoczesnych struktur transmisyjnych w zakładach górniczych. Dzięki wdrożeniu nowoczesnych rozwiązań w dziedzinie transmisji danych, możliwe staje się pełne wykorzystanie funkcjonalności nowoczesnych maszyn i urządzeń górniczych. Aby uzyskać pełny obraz istniejącej sytuacji z pozycji energomechanicznej należy zastosować kompleksowe podejście do problemu, wdrażając jednolitą platformę gromadzenia, przetwarzania i prezentacji danych z pracy maszyn i urządzeń każdego producenta.

2.1. Magistralna sieć światłowodowa

Podstawowym celem realizacji sieci światłowodowej jest stworzenie bezpiecznych pierścieni optycznych, łączących powierzchnię zakładu górniczego z poziomami. Sieć w formie pierścieni optycznych zapewnia możliwość integracji systemów automatyzacji produkcji oraz systemów wizualizacji procesów technologicznych, umożliwiając równocześnie zwiększenie poziomu bezpieczeństwa poprzez zastosowanie nowych systemów monitoringu wizyjnego oraz łączności bezprzewodowej z użyciem kabla promieniującego.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Szkielet sieci przesyłowej budowany jest w oparciu o przełączniki ethernetowe pracujące z szybkością 1Gbit/s. Przełączniki połączone są przewodami magistralnymi w logiczne pierścienie. Najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie struktury łączącej wszystkie przełączniki, stanowiące elementy szkieletu sieci, również te, z których dane transmitowane są innym szybem kopalni (rys. 1).



Rys.1. Szkielet sieci przesyłowej [źródło: opracowanie własne]

Budowa w pełni funkcjonalnej sieci światłowodowej, wykorzystywanej jako medium transmisyjne dla przesyłanych danych, wiąże się z koniecznością spełnienia określonych wymagań. Wszystkie przełącznice przeznaczone do zabudowy powinny być dopuszczone do pracy w warunkach zagrożenia metanowego oraz wybuchu pyłu węglowego, w których występuje prawdopodobieństwo wybuchu pyłu węglowego. Przełącznice powinny być przystosowane do rozbudowy oraz wprowadzania kolejnych kabli światłowodowych. Zarządzanie i diagnostyka sieci światłowodowej jest możliwa m.in. dzięki:

- przełącznikom sieciowym, które przywracają działanie sieci po uszkodzeniu jednego z łączy światłowodowych w czasie nie dłuższym niż 50 ms,
- informacji o aktualnym stanie sieci, która jest przesyłana do dyspozytora,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– zdalnemu zarządzaniu oraz możliwości zdalnej konfiguracji i odłączania logicznego podłączonych urządzeń zewnętrznych.

Główne cechy funkcjonalne światłowodowej sieci telekomunikacyjnej to:

– topologia: samorekonfigurowalne pierścienie optyczne w czasie krótszym niż 50 ms,
– protokół transmisji – Ethernet,
– informacja o aktualnym stanie sieci przesyłana do dyspozytora,
– urządzenia zdalnie zarządzane, z możliwością zdalnej konfiguracji i zdalnego odłączania logicznego podłączonych urządzeń zewnętrznych,
– typ włókna: jednomodowe,
– stopień ochrony przełącznic: IP66,
– kategoria oraz rodzaj zabezpieczenia górniczych przełącznic światłowodowych i światłowodowych elementów transmismisyjnych: I M1 „op is”,
– przepustowość magistralnej sieci światłowodowej: co najmniej 1Gb/s.

2.2. Dołowe multimedialne koncentratory danych

Podstawowym celem projektowania magistralnej sieci telekomunikacyjnej jest skonstruowanie zunifikowanej infrastruktury, która w sposób czytelny dla użytkownika potrafi przyjąć i przesłać dane. Istotnym elementem magistralnej sieci światłowodowej są lokalne i węzłowe koncentratory danych, odpowiedzialne za przyjęcie i agregację danych. Wyposażenie koncentratorów musi być na tyle elastyczne aby zapewnić możliwość przyjęcia sygnałów ze wszystkich maszyn i urządzeń.

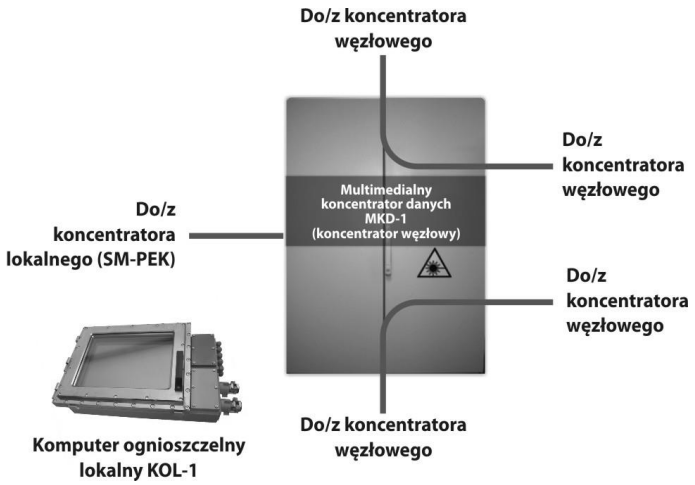
Podstawowe cechy funkcjonalne koncentratorów to:

– możliwość pracy w pierścieniu światłowodowym obejmującym urządzenia z poszczególnych poziomów kopalni,
– możliwość stworzenia osobnego pierścienia na każdym poziomie kopalni,
– przywracanie działania sieci po uszkodzeniu jednego z łączy światłowodowych, w czasie nie dłuższym niż 50 ms,
– zdalne zarządzanie i informacja o aktualnym stanie sieci przesyłana do dyspozytora,
– możliwość zasilania z dwóch niezależnych źródeł wraz z podtrzymaniem napięcia,
– szybkość przesyłu danych dla pierścieni sieci równa 1Gbit/s,
– cecha Ex „op is” w stosunku do urządzeń optycznych stanowiących elementy wyposażenia stacji.

Podział funkcjonalny na koncentratory lokalne i węzłowe wydaje się uzasadniony w przypadku realizacji sieci telekomunikacyjnej w oparciu o już ist-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

niejącą sieć światłowodową o rozbudowanej strukturze. Ponieważ budowa sieci światłowodowej przebiega stopniowo, proponuje się by połączyć cechy funkcjonalne obu wymienionych koncentratorów w ramach jednego urządzenia, o większych gabarytach. Takie podejście pozwala w początkowym okresie na wykorzystanie koncentratorów głównie jako stacji agregujących dane, przesyłane za pomocą aktualnie dostępnych mediów transmisyjnych, stanowiąc jednocześnie solidny fundament do dalszej rozbudowy światłowodowej sieci telekomunikacyjnej (rys. 2).



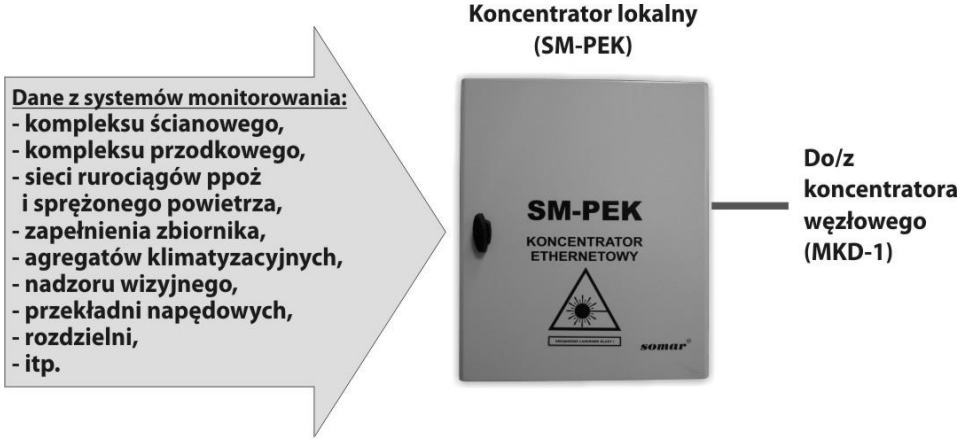
Rys.2. Koncentrator węzłowy [źródło: opracowanie własne]

Multimedialny koncentrator danych MKD-1 stanowi podstawowy węzeł światłowodowej sieci telekomunikacyjnej zintegrowanego systemu monitorowania i wizualizacji procesów technologicznych. Dodatkowo pełni rolę lokalnego punktu akwizycji oraz redystrybucji danych w systemie. Podstawowym elementem wyposażenia koncentratora jest zarządzalny przełącznik ethernetowy, umożliwiający realizację redundantnych i deterministycznych sieci przemysłowych, wykonanych w topologii pierścienia. Cechą charakterystyczną przełącznika ethernetowego jest możliwość łączenia sieci LAN lub VLAN, bez użycia dodatkowego routera. Pozwala to na kontrolowanie dostępu do różnych podsieci i możliwość przesyłania danych pomiędzy nimi. Przełącznik wyposażony jest w mechanizmy pozwalające określać priorytety różnym rodzajom danych przesyłanych przez sieć. Przełącznik ethernetowy jest urządzeniem modułowym, pozwalającym na przeprowadzenie elastycznej konfiguracji sprzętowej w zakresie doboru potrzebnych portów komunikacyjnych. O funkcjonalności koncentratora MKD-1, jako węzła sieci komunikacyjnej, decyduje typ użytego przełącznika ethernetowego oraz zastosowane moduły rozszerzające. Z kolei o funkcjonalności koncentratora przeznaczonego do pracy w charakterze stacji agregującej dane decydują pozostałe moduły wyposażenia. Spośród tych modułów nadrzędną rolę pełnią urządzenia dokonujące konsolidacji da-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

nych do postaci umożliwiającej ich przesył za pomocą światłowodowej sieci telekomunikacyjnej. Do grupy urządzeń sieciowych należy zaliczyć serwer portów szeregowych oraz serwery wideo.

Koncentrator MKD-1 może być wyposażony w serwery portów szeregowych, zapewniające możliwość komunikacji z urządzeniami zewnętrznymi, bezpośrednio za pomocą interfejsów szeregowych RS-422/485 lub pośrednio za pomocą transmisji modemowej (przy wykorzystaniu dodatkowych modemów telefonicznych). Serwery portów szeregowych posiadają po 16 konfigurowalnych portów szeregowych (łącznie 32), które można wykorzystać do realizacji transmisji szeregowej lub do konfiguracji wyjść modemowych. W celu umożliwienia komunikacji z dowolnym urządzeniem iskrobezpiecznym przewidziano dodatkowo podział interfejsów w obu grupach na interfejsy iskro- i nieiskrobezpieczne. Oprócz interfejsów komunikacyjnych, w koncentratorze przewidziano również wejścia wizyjne, przeznaczone do odbioru elektrycznych i/lub optycznych sygnałów wizyjnych z iskrobezpiecznych kamer telewizyjnych. Maksymalna liczba wejść wizyjnych wynosi 16. W razie konieczności możliwe jest elastyczne dostosowanie konfiguracji sprzętowej koncentratora poprzez zabudowę dodatkowych elementów, o określonych cechach funkcjonalnych. W szczególności dotyczy to elementów wyposażenia dodatkowego, takich jak rozdzielacze sygnału wizji, dodatkowe przełączniki ethernetowe itd.



Rys.3. Koncentrator lokalny [źródło: opracowanie własne]

Koncentrator Ethernetowy SM-PEK stanowi lokalny, wyniesiony punkt dostępowy do magistralnej sieci światłowodowej. Podstawowym elementem wyposażenia koncentratora jest zarządzalny przełącznik ethernetowy, umożliwiający realizację redundantnych i deterministycznych sieci przemysłowych, wykonanych w topologii pierścienia, lub niezarządzalny przełącznik ethernetowy, w przypadku połączeń poza topologią pierścienia. W zależności od wersji wykonania koncentratora SM-PEK, może on być przeznaczony do agregowania danych dostarczonych bezpośrednio za pomocą interfejsów szeregowych RS-

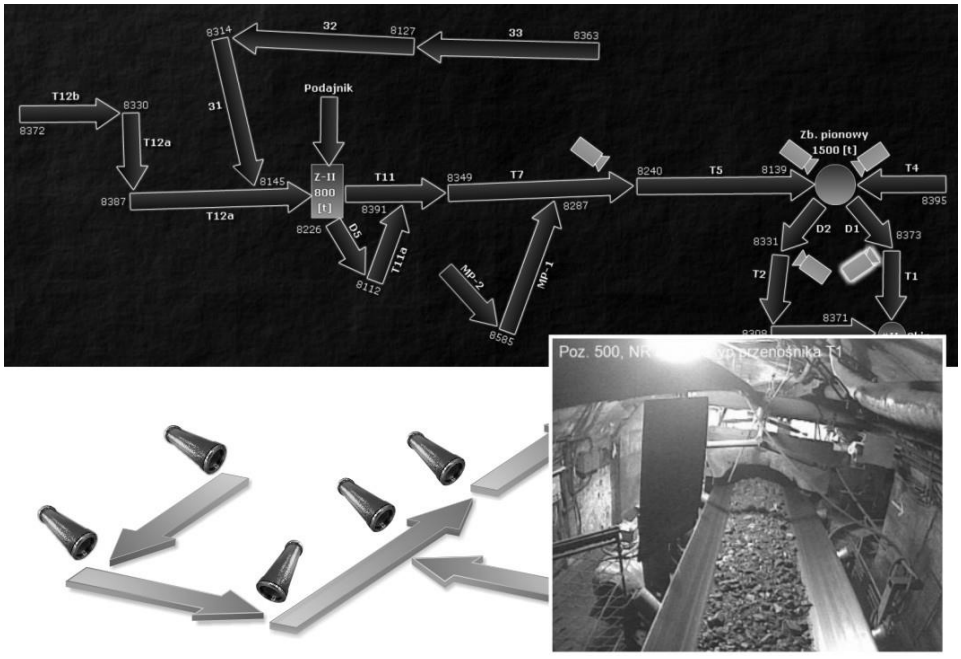
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

422/485 lub pośrednio za pomocą transmisji modemowej (przy wykorzystaniu dodatkowych modemów telefonicznych). Serwer portów szeregowych zainstalowany w koncentratorze lokalnym posiada 4 porty szeregowe, które można wykorzystać do realizacji transmisji szeregowej lub do realizacji wyjść modemowych. Maksymalną liczbę wejść wizyjnych ustalono na cztery (rys. 3).

2.3. System iskrobezpiecznej telewizji przemysłowej

System telewizji przemysłowej pozwala na uzyskanie obrazów z pomieszczeń, w których obecność człowieka jest ograniczona ze względu na występujące zagrożenia, także w podziemnych zakładach wydobywczych. Kamery ulokowane w miejscach pracy kompleksu ścianowego, odstawy węgla, w chodnikach transportowych lub przy zbiornikach węgla, ułatwiają prowadzenie nadzoru, a w razie zagrożenia wspomagają prowadzenie ewakuacji lub akcji ratowniczej (rys. 4).

Podstawowymi elementami systemu telewizji przemysłowej są: kamera, łącze transmisyjne oraz monitor (ewentualnie rejestrator obrazu). Ze względu na specyfikę łącza transmisyjnego, często stosowane są dodatkowo urządzenia towarzyszące, takie jak: wzmacniacze, modulatory, demodulatory, przetworniki światłowodowe, kompresory, modemy itp.



Rys.4. Nadzór wizyjny przenośników [źródło: opracowanie własne]

Wymienione powyżej podstawowe elementy systemu telewizji przemysłowej posiadają cechy rozwiązań ogólnoprzemysłowych, jednak z uwagi na

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

uwarunkowania zakładów wydobywczych nakładają dodatkowe wymagania, które dotyczą ich odporności na udary mechaniczne oraz konieczność pracy w atmosferze zagrożonej wybuchem gazu i/lub pyłu węglowego.

Wyszczególnione, podstawowe elementy systemu telewizji przemysłowej oprócz spełnienia wcześniej wymienionych wymagań, powinny charakteryzować się następującymi cechami:

- powinny posiadać certyfikat badania typu WE, potwierdzający spełnienie wymagań zasadniczych dyrektywy ATEX,
- kamery, jako podstawowe elementy systemu, powinny umożliwiać identyfikację obecności załogi i urządzeń, poprzez odpowiednią jakość parametrów technicznych, takich jak: czułość w słabych warunkach oświetlenia, wymagany kąt widzenia obiektywu. Powinny także umożliwiać współpracę z dowolnym łączem transmisyjnym (elektrycznym lub optycznym) oraz zapewniać wysoką jakość obrazu niezależnie od długości łącza,
- medium transmisyjne może być elektryczne (przede wszystkim współosiowy przewód koncentryczny) lub optyczne (jednomodowy światłowód); media powinny umożliwiać połączenia kamer wraz z odbiornikami wizji,
- odbiorniki bezpośrednie (monitory, rejestratory obrazu) lub pośrednie (odbiorniki wideo, wzmacniacze sygnału itp.), służące do dalszego przekazywania sygnału, powinny umożliwiać wyświetlenie obrazu (obrazów) dla służb odpowiedzialnych za nadzór wizyjny oraz rejestrację obrazów w celach archiwizacji i odtwarzania w czasie późniejszym (np. analiza zdarzeń). Urządzenia odpowiedzialne za odbiór sygnałów wizji, powinny umożliwiać współpracę z rozwiązaniami nowymi, jak i aktualnie stosowanymi w zakładzie górniczym,
- źródła zasilania systemu powinny być dobrane w taki sposób, aby zapewnić odpowiedni poziom napięcia zasilania, z uwzględnieniem wymagań obowiązujących przepisów w zakresie zabezpieczeń i prowadzenia instalacji, w tym iskrobezpiecznych. Należy przewidywać możliwość zastosowania jako źródła zasilania zasilaczy buforowych, co w połączeniu z kamerami odpowiedniej budowy przeciwwybuchowej, może zapewnić ciągły przekaz sygnału wizji z rejonów zagrożonych, w których obecność załogi jest wykluczona (np. przekroczenia dopuszczalnych stężeń gazów lub pyłu). Rozwiązania takie może zapewnić system składający się z urządzeń budowy I M1 Ex ia I.

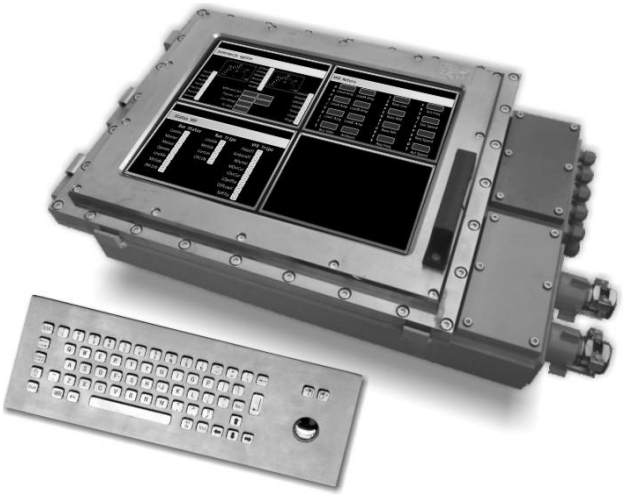
2.4. Dyspozytornia energomechaniczna oraz stacje dołowe

Komputery dyspozytorskie przyłączone bezpośrednio do przełącznika głównego (pracującego w pierścieniu), ze względu na ich umiejscowienie i charakter pracy uznawane są za komputery bezpieczne (instalowane jest jedynie określone oprogramowanie). Sieć ta nie ma styku z innymi sieciami, z wyjątkiem komputera lustrzanego, w związku z czym wyeliminowana jest możliwość

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

bezpośredniego przesyłania informacji z tej sieci na zewnątrz, nie ma również możliwości przesłania informacji z zewnątrz do tej sieci.

Komputery wewnątrz tej sieci mają bezpośredni dostęp do serwera bazy danych oraz do serwera wideo. Na komputerach tych można zainstalować oprogramowanie do wizualizacji, analizy danych oraz do sterowania urządzeń dołowych - DEMKop.



Rys.5. Komputer dołowy jako lokalne stanowisko
klienckie sieci technologicznej [źródło: opracowanie własne]

Sieć ogólnokopalniana otrzymuje informacje jedynie za pośrednictwem serwera lustrzanego. Wyposażony jest on w dodatkową kartę sieciową dla każdej przyłączanej sieci zewnętrznej. Informacje przeznaczone dla tej sieci są poddawane filtracji. Pozwala to w bezpieczny sposób podłączyć sieć zewnętrzną – uznawaną jako sieć niezabezpieczoną.

Serwer lustrzany (jako serwer zapasowy wizualizacji) w najprostszej konfiguracji pozwala na bezpieczne przechowywanie danych w przypadku uszkodzenia serwera głównego.

Jako rejestrator sygnałów wideo wykorzystany jest komputer przemysłowy, z zainstalowanym oprogramowaniem. Rozwiązanie takie umożliwia równoczesną rejestrację obrazu i przesył obrazu aktualnego oraz historycznego do sieci komputerowej.

Oprócz komputerów dyspozytorskich do sieci (poprzez koncentratory MKD-1 lub SM-PEK) można dołączyć również – w charakterze stanowisk klienckich – komputery dołowe, pozwalające na wizualizację parametrów technologicznych wybranych procesów, oraz umożliwiające diagnostykę wszystkich systemów (rys.5).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

2.5. Oprogramowanie dyspozytorni energomaszynowej - DEMKop

Oprogramowanie DEMKop służy do zbierania informacji o pracy maszyn i urządzeń eksploatowanych na dole kopalń. Do zbieranych i przetwarzanych informacji należą m.in:

- dane pomiarowe z czujników zainstalowanych w maszynach i urządzeniach, w tym urabiających i transportujących oraz do przewozu, systemów sterowania i monitorowania pracy urządzeń szybowych i systemów monitorowania mediów,
- obrazy wideo z kamer przemysłowych,
- informacje diagnostyczne z systemów łączności radiowej.

Oprogramowanie dyspozytorni energomechanicznej DEMKop składa się z oprogramowania serwerowego i oprogramowania klienckiego.

W skład oprogramowania serwerowego, instalowanego na serwerze systemu (serwerze głównym, serwerze rezerwowym/serwerze lustrzanym) wchodzą programy służące do:

- bezpośredniej komunikacji z urządzeniami pomiarowymi i wykonawczymi,
- komunikacji z ww. urządzeniami za pośrednictwem dodatkowych koncentratorów danych,
- komunikacji z innymi systemami zbierania i przetwarzania danych, w tym odbioru i przesyłu danych do dyspozytora głównego oraz dyspozytora metanometrii,
- rejestracji danych i udostępniania historycznych danych pomiarowych,
- rejestracji, udostępniania i odtwarzania zarejestrowanych obrazów wideo i sygnałów audio,
- automatycznego przetwarzania danych archiwalnych, w celu tworzenia cyklicznych raportów z pracy maszyn,
- zaawansowanej analizy danych wspomagającej decyzje operacyjne działu energomaszynowego,
- nadzoru nad prawidłową eksploatacją maszyn,
- przekazywania danych i sygnałów alarmowych do systemów wizualizacji mobilnej,
- zdalnej konfiguracji, nadzoru i obsługi systemu.

Oprogramowanie klienckie uruchamiane na stacjach roboczych dyspozytora i w wewnętrznej sieci dyspozytorskiej kopalni, bądź też na stanowiskach komputerowych pracowników odpowiedzialnych za określone procesy technologiczne składa się z:

- oprogramowania służącego do bieżącej wizualizacji stanu pracy maszyn oraz sterowania,
- oprogramowania pozwalającego na przeglądanie danych archiwalnych,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– programu odtwarzającego bieżące i archiwalne sygnały wideo oraz audio,
– oprogramowania służącego do tworzenia i wprowadzania zmian w planszach wizualizacyjnych systemu.

Dostęp do oprogramowania klienckiego odbywa się poprzez przeglądarkę internetową, co umożliwia uruchomienie aplikacji systemu DEMKop na dowolnym stanowisku komputerowym przyłączonym do ogólnozakładowej sieci komputerowej (rys. 6).



Rys.6. Plansze synoptyczne oprogramowania DEMKop [źródło: opracowanie własne]

2.6. Serwer lustrzany i serwer równoległy

Ze względu na konieczność oddzielenia sieci dyspozytorskiej od sieci komputerowej całego zakładu górniczego system jest wyposażony w wyodrębniony komputer, zwany serwerem lustrzanym. Jego działanie polega na blokowaniu możliwości przesyłania jakiejkolwiek informacji z sieci zewnętrznej (ogólnej) do sieci dyspozytorskiej. Natomiast transmitowanie danych w drugim kierunku jest możliwe i pozwala na przesyłanie danych pomiarowych również do sieci ogólnej.

Ta zasada określa jasno, że sterowanie urządzeniami dołowymi możliwe jest z sieci dyspozytorskiej, ale w żaden sposób nie ma możliwości sterowania urządzeń z sieci ogólnozakładowej.

Zupełnie inne zadanie spełnia oprogramowanie serwera równoległego (zwanego również zapasowym). Serwer ten pracuje ciągle w trybie „gorącej rezerwy", co oznacza możliwość zastąpienia działania serwera głównego w przypadku jego awarii. Oznacza to, że w przypadku uszkodzenia komputera serwera wszystkie jego funkcje są przejęte przez komputer (serwer) równoległy.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Pozostałe oprogramowanie – programy wizualizacji, przetwarzania i odtwarzania obrazów oraz analizy danych - jest przystosowane do pracy z alternatywnym serwerem równoległym i w sytuacji, kiedy serwer główny nie odpowiada, automatycznie przechodzi do komunikacji z serwerem równoległym.

Oprogramowanie serwera głównego oraz serwera równoległego posiada oczywiście odpowiednie mechanizmy przywracania stanu i odtwarzania baz danych po przywróceniu działania serwera głównego.

2.7. Inne moduły oprogramowania specjalistycznego służące do rozwoju systemu dyspozytorni energomaszynowej

Z uwagi na istniejące instalacje będące w użytkowaniu zakładów górniczych oraz instalacje budowane lub planowane do realizacji, system dyspozytorni energomaszynowej DEMKop posiada odpowiednie narzędzia, które pozwalają na jego rozbudowę oraz podłączanie aplikacji specjalistycznych, jak na przykład aplikacja do projektowania i analizy parametrów kopalnianej sieci rurociągów przeciwpożarowych. Obiekty, które w przyszłości mogłyby być monitorowane to m.in.:

- instalacje monitorowania nadzoru ruchu załogi oraz materiałów,
- instalacje rozchodu mediów, wraz z możliwością ich prognozowania,
- instalacje sterowania i sygnalizacji szybowej.

Oprogramowanie DEMKop posiada również możliwość zasilenia strumieniem danych technologicznych nadrzędne oprogramowanie wspierania decyzji zarządczych (ERP).

3. Podsumowanie

Opisany sposób budowy światłowodowej sieci technologicznej, bazujący na koncentratorach węzłowych, których rolę pełnią Multimedialne Koncentratory Danych MKD–1 oraz koncentratorach lokalnych, których rolę pełnią Koncentratory Ethernetowe SM–PEK, pozwala realizować kompleksowo monitorowanie różnych urządzeń wykorzystanych w procesach przemysłowych zachodzących na dole kopalni, wykorzystując jednolitą przejrzystą i łatwą w rozbudowie platformę. Wykorzystanie przełączników ethernetowych pracujących z szybkością 1Gbit/s pozwala na ograniczenie liczby połączeń pomiędzy urządzeniami pracującymi na dole kopalni z urządzeniami pracującymi na powierzchni, co z kolei przekłada się na efektywniejsze wykorzystanie infrastruktury kopalnianej.

Podsumowując opis zintegrowanego systemu monitorowania i wizualizacji procesów technologicznych można stwierdzić, że proponowany model budowania sieci technologicznej pozwala kompleksowo realizować monitorowanie pracy maszyn i urządzeń.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Literatura

1. SOMAR Spółka Akcyjna: Zeszyt 1 – Dyspozytornia Energo-mechaniczna DEMKop, Katowice, 2011.
2. SOMAR Spółka Akcyjna: Zeszyt 2 – System Monitorowania Maszyn i Urządzeń Dołowych SMoK, Katowice, 2011.
3. SOMAR Spółka Akcyjna: Zeszyt 3 – System iskrobezpiecznej telewizji, Katowice, 2011.
4. SOMAR Spółka Akcyjna: Multimedialny Koncentrator Danych MKD-1/xx – Instrukcja obsługi IO 164, Katowice, 2012.
5. SOMAR Spółka Akcyjna: Koncentrator Ethernetowy SM–PEK/xxx – Instrukcja obsługi IO 191, Katowice, 2012.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Koncepcja metody samoorganizacji złożonego systemu komunikacyjnego do zastosowań w górnictwie

Krzysztof Stankiewicz - Instytut Techniki Górniczej KOMAG

1. Wprowadzenie

Od roku 1950 czołowe ośrodki akademickie na świecie opracowują, badają i rozwijają metody i techniki sztucznej inteligencji. Wiele z opracowanych technik znalazło swoje zastosowanie w praktyce inżynierskiej, szczególnie w optymalizacji procesów, rozpoznawaniu wzorców, uczeniu maszynowym, modelowaniu, predykcji, adaptacji, itp. Sztuczna inteligencja umożliwia sprawne sterowanie i automatyzację procesów, które do niedawna mógł wykonywać jedynie człowiek. Jest to szczególnie ważne w aspekcie złożoności zjawisk, a co za tym idzie budowy modeli opisujących je, wykraczających poza ludzką percepcję, szczególnie w aspekcie bezpieczeństwa pracy załóg, prowadzonej niejednokrotnie w skrajnie trudnych warunkach. Rozwiązania z zastosowaniem sztucznej inteligencji pozwalają na częściową lub całkowitą eliminację ludzi ze szczególnie zagrożonych regionów, a także wczesne wykrywanie i ostrzeganie o zagrożeniach.

W górnictwie sztuczna inteligencja znajduje zastosowanie szczególnie w zakresie diagnostyki zużycia podzespołów i części [9] oraz systemów sterowania maszyn i systemów mechanizacyjnych [4, 5]. Znane są obecnie implementacje umożliwiające inteligentną adaptację maszyn do zmiennych warunków eksploatacyjnych. Przyszłościowa eksploatacja pokładów o silnym zametanowieniu, zagrożeniach tąpaniem oraz termicznych, w pokładach cienkich, zmusza projektantów do budowania systemów o coraz większej autonomii, tak by rola człowieka ograniczona została głównie do zdalnego nadzoru.

2. Zagrożenie pożarowe w transporcie przenośnikami taśmowymi

W górnictwie, szczególnie w kopalniach węgla kamiennego, jednym z najczęściej występujących zagrożeń, wymagających niejednokrotnie prowadzenia długotrwałych akcji ratowniczych, są pożary. Związane jest to przede wszystkim ze specyfiką podziemnych wyrobisk górniczych, których ograniczona pojemność powoduje szybkie przekroczenie dopuszczalnej granicy koncentracji gazów szkodliwych dla zdrowia, co może powodować groźne w danej sytuacji zmiany kierunków przepływu powietrza lub ogranicza swobodę poruszania się ludzi, szczególnie w warunkach zadymienia. Podejmowane w wyniku pożarów akcje przeciwpożarowe skutkują, w przypadku aktywnego gaszenia, częściowym wstrzymaniem robót górniczych w części kopalni, a w przypadku pasywnego gaszenia zachodzi konieczność tamowania wyrobisk celem ich izolacji,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

w wyniku czego w polu pożarowym niejednokrotnie pozostaje bardzo znaczny majątek trwały oraz zasoby węgla [7].

Przez pożar podziemny należy rozumieć wystąpienie w wyrobisku podziemnym otwartego ognia, tj. żarzącej lub palącej się płomieniem otwartym substancji, jak również utrzymywanie się w powietrzu kopalnianym dymów lub utrzymywanie się w przepływowym prądzie powietrza stężenia tlenku węgla powyżej 0,0026%. Pojawienie się w powietrzu kopalnianym dymów lub tlenków węgla w wyżej wymienionej ilości, w wyniku stosowania dopuszczalnych procesów technologicznych (np. robót strzałowych, prac spawalniczych, pracy maszyn górniczych z napędem spalinowym lub wydzielania się tlenku węgla wskutek urabiania), nie podlega zgłoszeniu i rejestrowaniu jako pożar podziemny [7].

W strefie takiego zagrożenia pracuje system transportu kopalnianego, rozumiany jako uporządkowany wewnętrznie zbiór obiektów znajdujących się na powierzchni i w podziemiach kopalni, wraz z relacjami istniejącymi między tymi obiektami oraz ich właściwościami, których działanie jest podporządkowane osiągnięciu założonego celu transportowego [2, 11]. W skład systemu transportu wchodzą zadania przewozowe: urobku, osób i materiałów oraz wszystkie procesy związane z przeładunkiem, składowaniem i magazynowaniem transportowanych materiałów. Na wyniki pracy systemów transportu mają także wpływ procesy pracy obiektów tworzących dany system oraz jego otoczenie. Stopień automatyzacji procesów produkcyjnych oraz kompleksowej diagnostyki maszyn i urządzeń jest w polskich kopalniach węgla kamiennego znacznie ograniczony [1, 2, 10, 11].

Ze względu na skalę wykorzystywanych procesów technologicznych można stwierdzić, że przedsiębiorstwo górnicze to przede wszystkim przedsiębiorstwo transportowe. W sferze tej spotyka się szereg zagrożeń związanych głównie z prawidłową eksploatacją, warunkami eksploatacji czy stanami awaryjnymi. Jednym z ważniejszych zagrożeń jest niebezpieczeństwo pożaru, jaki może zaistnieć w przenośnikach taśmowych transportujących urobek. Źródłem pożaru w przypadku przenośników taśmowych może być tarcie taśmy przenośnikowej o:

- obudowę lub zwały urobku, który spadł z przenośnika,
- bębny w czasie poślizgu wywołanego przeciążeniem przenośnika,
- unieruchomione krążniki.

Stosunkowo często występuje problem awarii krążników, których ułożyskowanie ulega zatarciu. Krążnik, którego prędkość obrotowa nie jest skorelowana z prędkością liniową taśmy transportowej, staje się źródłem zagrożenia pożarowego ze względu na efekty termiczne wywołane tarciem. O ile rozgrzany krążnik może nie zapalić urobku lub taśmy w ruchu, o tyle po jej zatrzymaniu pożar staje się nieunikniony.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

3. Monitoring krążników przenośnika taśmowego w aspekcie ochrony przeciwpożarowej

W literaturze można znaleźć szereg przykładów opracowanych systemów monitorowania stanu krążników [8, 12]. Kontrolowany jest bieg taśmy, jej zerwanie lub prędkość. W zakresie ochrony przeciwpożarowej systemy te bazują głównie na pomiarze temperatury w pobliżu opraw łożyskowych krążników poprzez bezpośredni pomiar za pomocą oczujnikowania mocowanego na konstrukcji przenośnika lub poprzez system termowizyjny czy pirometrami. Korzystanie ze stałego systemu termowizji jest ekonomicznie nieuzasadnione i technicznie trudne w realizacji ze względu na obecność pyłu w atmosferze. Dlatego w celach kontrolnych wykonuje się okresowe przeglądy urządzeniami przenośnymi. Kontrola taka wymaga zaangażowania pracownika do rejestracji i analizy obserwowanych temperatur. Jest to uciążliwe i nieefektywne.

Spotyka się także systemy bardziej złożone, które nie tylko analizują temperaturę w pobliżu opraw łożyskowych, ale także skład chemiczny atmosfery. Ich głównym zadaniem jest detekcja źródeł pożaru. Przykładem takiego rozwiązania może być propozycja Instytutu Technik Innowacyjnych EMAG, w której przedstawiono wykrywanie stanów awaryjnych i źródeł pożarów przenośników taśmowych [8]. Układ ten charakteryzuje się wielodetektorowym systemem pomiarowym rozmieszczonym wzdłuż całego przenośnika. Pomiarom podlega temperatura konstrukcji przenośnika, stężenie tlenku węgla, stężenie cyjanowodoru i wielkość zadymienia. Układ wykonuje:

- pomiary wielkości fizycznych,
- eliminację sygnałów z uszkodzonych czujników,
- filtrację sygnałów analogowych,
- normalizację sygnałów do wspólnego wskaźnika stanu zagrożenia,
- obliczanie wspólnego wskaźnika zagrożenia,
- klasyfikację sygnałów i wskaźników z wyznaczeniem stanów zagrożenia,
- wizualizację lub transmisję stanu zagrożenia do centrali.

Znane jest, zaproponowane przez Politechnikę Wrocławską, rozwiązanie diagnostyki przenośników taśmowych [12] bazujące na analizie:

- wibracji generowanych przez podzespoły wirujące podczas normalnej pracy przenośnika,
- temperatury opraw łożyskowych,
- natężeń prądów silników napędowych.

System ten nie reaguje bezpośrednio na zagrożenia pożarowe, ale pozwala na wczesną eliminację stanów awaryjnych przenośnika, zapobiegając tym samym pojawieniu się czynników wywołujących pożar.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Stosunkowo niedawno na rynku pojawił się system opracowany przez Politechnikę w Delft (Holandia). System ten bazuje na bardzo ciekawym i innowacyjnym rozwiązaniu monitoringu krążników „od wewnątrz". Każdy krążnik jest wyposażony w niewielki i tani system elektroniczny (tzw. MTU – *Monitoring and Transmission Unit*), który zapewnia pomiar temperatury, prędkości obrotowej oraz transmisję bezprzewodową o krótkim zasięgu. Źródłem zasilania jest bateria. Każdy MTU, zamontowany w krążniku, stanowi element globalnego (w skali przenośnika) łącza komunikacyjnego. Komunikacja ta przebiega od krążnika do krążnika, przy czym każdy MTU posiada zapisany w pamięci unikalny numer własny, numer MTU sąsiedniego, do którego ma nastąpić transmisja danych pomiarowych oraz numer MTU, z którego może następować odbiór danych. Taka topologia transmisyjna jest mało elastyczna w zakresie reakcji na stany awaryjne MTU, ponieważ system posiada zewnętrznie zdefiniowaną siatkę komunikacyjną, która nie ma możliwości adaptowania się do potencjalnych problemów uniemożliwiających wymianę danych w przyjętych na etapie uruchomienia ciągach MTU. Główne, zewnętrzne stacje odbiorczo-nadawcze mogą znajdować się przy bębnach napędowych, zwrotnych lub przy dowolnym krążniku. Główną funkcją stacji jest komunikacja bezprzewodowa z układem monitoringu przenośnika oraz możliwość prowadzenia analiz i archiwizacji napływających danych. Stacja może komunikować się z dowolnym krążnikiem przy którym została ustawiona, tworząc w danym miejscu łącze do agregacji danych z całego systemu. Głównymi wadami zaproponowanego rozwiązania są:

- zasilanie bateryjne MTU wymagające okresowej wymiany,
- brak wykonania iskrobezpiecznego,
- brak samoorganizującego się logicznego łącza danych w złożonym systemie setek jednostek MTU, co staje się szczególnie problematyczne w sytuacjach awaryjnych.

4. Koncepcja metody samoorganizacji roju komunikacyjnego krążników

Eliminacja wszystkich opisanych wad systemu monitoringu krążników przenośnika taśmowego, opracowanego przez Politechnikę w Delft była inspiracją do opracowania przez ITG KOMAG:

- układu odzysku energii z ruchu obrotowego krążnika, dzięki czemu MTU zyskuje pełną samowystarczalność i bezobsługowość od strony zasilania (zgodnie z ideą *energy harvesting*, która bazuje na szeregu rozwiązań technicznych umożliwiających odzysk energii ruchu, drgań, pól elektromagnetycznych lub źródeł ciepła obecnych w prawie każdym procesie technologicznym),
- iskrobezpiecznej platformy sprzętowej, umożliwiającej pomiar temperatury krążnika w zdefiniowanych punktach, jego prędkości obrotowej oraz odbiór i transmisję danych drogą radiową o zasięgu nie przekraczającym 2 m,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- samoorganizującej się struktury komunikacyjnej krążników uwzględniającej i reagującej na:
  - proces rozruchu przenośnika, gdy następuje stopniowa aktywacja wszystkich MTU zasilanych przez układ odzysku energii,
  - stany awaryjne MTU uniemożliwiające nawiązanie komunikacji i przesył danych.

Koncepcja samoorganizującej się struktury komunikacyjnej bazuje na jednej z technik sztucznej inteligencji nazywanej inteligencją roju [3], będącej bezpośrednią implementacją zjawisk i zachowań obserwowanych w przyrodzie wśród organizmów żyjących w licznych grupach. Opracowane przez człowieka struktury systemowe (niezależnie od faktycznej implementacji), korzystające z tej techniki, odznaczają się znacznymi możliwościami adaptacyjnymi i wysoką niezawodnością działania. W 1987 r. na konferencji SIGGRAPH programista Craig Reynolds, w artykule „*Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model",* zaproponował trzy podstawowe zasady samoorganizacji bazujące na obserwacjach grup zwierząt, mianowicie [6]:

- rozdzielność – sterowanie zapobiegające lokalnym zgrupowaniom jednostek. Rozdzielność umożliwia jednostce utrzymanie pożądanej, minimalnej separacji efektów specyficznych dla jego funkcji, w stosunku do innych jednostek z grupy lokalnej, a tym samym zapobiega kumulowaniu struktur sprzętowych lub decyzyjnych. Z drugiej strony, zastosowanie samej rozdzielności spowodowałoby strukturalne rozbicie grupy, bez możliwości ponownego skupienia. Stąd wynika potrzeba wprowadzenia przeciwnej reguły spójności,
- spójność – działanie w kierunku uśrednionego zachowania lokalnej grupy jednostek. Spójność umożliwia jednostce grupowanie z innymi jednostkami lokalnymi, czyli zapobiega dekompozycji struktur. Jednak nawet wprowadzenie tej zasady nie jest wystarczające. Ciągle może występować niepożądany efekt nieskoordynowanego działania jednostek, spowodowany brakiem wspólnego kierunku. Zachodzi więc potrzeba dodania zasady wyrównania.
- wyrównywanie – działanie w kierunku uśrednionego celu lokalnej grupy. Wyrównywanie zapewnia jednostce możliwość dostosowania swojego działania do innych jednostek z jego lokalnej grupy. Zapobiega to niestabilności systemu, którą można opisać jako: „muszę być jak najbardziej zbieżny z działaniem X, lecz jednocześnie, gdy to mi się uda, muszę prowadzić działania rozbieżne z X". W takiej sytuacji otrzymuje się system niestabilny. Rozwiązaniem jest wprowadzenie wyrównywania, które nakazuje jednostkom naśladować kierunek działania sąsiadów oraz jednocześnie spełniać wymagania spójności i rozdzielności.

Każdej ramce danych przechodzącej przez MTU w układzie komunikacyjnym należy przypisać współczynnik określający priorytet transmisyjny W_p,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

określający skuteczność transmisji danych do głównych stacji odbiorczo-nadawczych. Współczynnik ten bazuje na czasie propagacji danych i liczbie skoków transmitowanych ramek z danymi pomiarowymi. Ponadto każdej ramce należy przypisać następujące reguły łączności:

1. dopasowuje swoją ścieżkę transmisji do ramek z sąsiednich MTU,
2. stara się zająć miejsce w ścieżce pomiędzy ramkami pochodzącymi z MTU będącymi w zasięgu transmisji,
3. nie współzawodniczy o pierwszeństwo transmisji z ramkami o wyższym priorytecie,
4. unika prób transmisji przez jednostki, które oznaczone zostały jako uszkodzone,
5. może porzucić obecne łącze, jeśli współczynnik priorytetu transmisji grupy MTU spada lub odnaleziona została główna stacja nadawczo-odbiorcza.

Zastosowanie tych prostych reguł powoduje, że grupa MTU tworząca łącze transmisyjne, samoczynnie wytwarza strukturę niezawodnej ścieżki transmisyjnej, omijając przy tym jednostki, które uległy awarii, jak ich żywe odpowiedniki – potrafiące rozdzielić się na dwie niezależne grupy przy napotkaniu przeszkody, ominąć ją i połączyć się ponownie za nią. Ramka danych zdefiniowana jest przez cztery dodatkowe wartości:

– własny, niepowtarzalny numer identyfikacyjny nadany MTU,
– współrzędne X i Y określające zajmowaną pozycję w strukturze ścieżki komunikacyjnej,
– współczynnik priorytetu W_p ścieżki komunikacyjnej, której elementem jest dana ramka,
– prędkość transmisji dla wymiaru X i Y, czyli vX i vY.

Sąsiadami ramek o numerze danego MTU nazywa się inne ramki, które znajdują się w zasięgu transmisji MTU, czyli takie, które znajdują się w odpowiednio małej odległości d i jednocześnie w polu widzenia, określonego przez wartość wirtualnego kąta r.

Aby sprawdzić czy dana ramka e o współrzędnych odpowiednio $e.X$ i $e.Y$, jest sąsiadem MTU b o współrzędnych $b.X$ i $b.Y$, w pierwszej kolejności należy sprawdzić czy element znajduje się w odpowiednio małej odległości, czyli:

$$\sqrt{(e.X - b.X)^2 + (e.Y - b.Y)} < d \tag{1}$$

Jeżeli nierówność nie jest spełniona, to nie sprawdza się kolejnych reguł, ponieważ dana ramka pochodząca z MTU e na pewno nie jest sąsiadem ramek pochodzących z MTU b. Jeżeli nierówność jest spełniona, to sprawdza się czy ramka jest w wirtualnym kącie widzenia r przez wyznaczenie kąta r_1, pod którym wirtualnie porusza się ramka:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

$$r_1 = \arctan\left(\frac{b.vY}{b.vX}\right) \tag{2}$$

oraz kąta wirtualnego r_2 odcinka łączącego ramkę MTU *b* z ramką MTU *e*:

$$r_2 = \arctan\left(\frac{e.Y - b.Y}{e.X - b.X}\right) \tag{3}$$

przy założeniu, że $b.vX \neq 0$ i $e.X\text{-}b.X \neq 0$. Następnie obliczona zostaje wartość bezwzględna różnicy kątów i sprawdzona nierówność:

$$\left|r_1 - r_2\right| < r \tag{4}$$

Jeśli nierówność jest spełniona to ramki pochodzą z sąsiednich MTU. W dalszej kolejności zastosowana zostaje reguła pierwsza – każda ramka dopasowuje swoją ścieżkę do ramek z sąsiednich MTU. Należy obliczyć prędkość średnią v_{avg} wszystkich ramek pochodzących z sąsiednich MTU (oddzielnie w odniesieniu do składowej *vX* i składowej *vY*), a następnie zmodyfikować prędkość transmisji ramki, biorąc pod uwagę współczynnik priorytetowy ścieżki, bieżącą prędkość, oraz obliczoną średnią, według wzoru:

$$\begin{aligned} b.vX &= b.vX + \left(W_p \cdot \left(vX_{avg} - b.vX\right)\right) \\ b.vY &= b.vY + \left(W_p \cdot \left(vY_{avg} - b.vY\right)\right) \end{aligned} \tag{5}$$

Aby zastosować regułę drugą, należy obliczyć średnią liczbę skoków ramki w ścieżce transmisyjnej d_{avg}, w stosunku do ramek z sąsiednich MTU, a następnie zmodyfikować prędkość transmisji ramki względem sąsiednich. Wzór (6) jest wynikiem zastosowania twierdzenia o podobieństwie trójkątów. Wykorzystano w nim pozycję ramki w ścieżce transmisyjnej, której prędkość jest modyfikowana *b* oraz pozycję sąsiada *e*:

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{(e.X - b.X)^2 + (e.Y - b.Y)} \\ b.vX &= b.vX + \frac{(e.X - b.X) \cdot \left(d - d_{avg}\right)}{d} \\ b.vY &= b.vY + \frac{(e.Y - b.Y) \cdot \left(d - d_{avg}\right)}{d} \end{aligned} \tag{6}$$

Z zastosowania reguły trzeciej wynika, że w sytuacji kiedy ramka w ścieżce o niższym współczynniku priorytetowym próbuje dokonać transmisji, konkurując z ramką o wyższym priorytecie transmisyjnym, powinna tego uniknąć, modyfikując swoją prędkość. We wzorze (7) również wykorzystano twierdzenie o podobieństwie trójkątów. Niech *b* będzie ramką o niższym priorytecie konku-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

rującą z ramką z sąsiedniego MTU, o priorytecie wyższym *e*. W odniesieniu do powyższej reguły należy zastosować następujący wzór:

$$
\begin{aligned}
d &= \sqrt{(e.X - b.X)^2 + (e.Y - b.Y)} \\
b.vX &= b.vX + \left(\frac{(e.X - b.X) \cdot d_{\min}}{d} - (e.X - b.X) \right) \\
b.vY &= b.vY + \left(\frac{(e.Y - b.Y) \cdot d_{\min}}{d} - (e.Y - b.Y) \right)
\end{aligned}
\tag{7}
$$

gdzie d_{min} jest zadaną, minimalną liczbą skoków w ścieżce transmisyjnej, której nie powinna przekraczać transmitowana ramka.

Dwie ostatnie reguły wprowadza się do systemu modyfikując regułę czwartą, bazując na zależnościach (7). Należy podkreślić, że każda ramka może poruszać się z pewną, maksymalną prędkością narzuconą przez fizyczny system. W symulacjach należy ograniczyć tą prędkość i dodatkowo wprowadzić:

– ograniczenia wynikające z obecności MTU w stanie awaryjnym lub stanie rozruchu (elementy, które ramki powinny omijać tworząc ścieżki transmisyjne),
– atraktory, w postaci głównych stacji odbiorczo-nadawczych.

5. Podsumowanie

Koncepcja metody samoorganizacji systemu komunikacyjnego pozwala na zaimplementowanie nowoczesnej i wydajnej techniki monitoringu oraz sterowania w wyrobiskach podziemnych, szczególnie w odniesieniu do diagnostyki, monitoringu i zabezpieczenia ppoż. przenośników taśmowych, w których krążniki i bębny, wyposażone w odpowiedni układ elektroniczny, mogą być traktowane jak elementy roju pomiarowego. Jest to szczególnie ważne w aspekcie bezpieczeństwa pracy ludzi w wyrobiskach podziemnych, gdzie efektywna ewakuacja załogi w obliczu pożaru jest bardzo trudna, a sam pożar rodzi szereg kolejnych zagrożeń. Biorąc pod uwagę możliwe korzyści płynące z zastosowań tego typu systemów, zarówno w zakresie zwiększenia bezpieczeństwa pracy ludzi oraz eliminacji sytuacji awaryjnych, i ich stosunkowo niewielki koszt, należy stwierdzić, że nie ma już istotnych czynników uniemożliwiających szersze wykorzystanie technik sztucznej inteligencji w zastosowaniach górniczych.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Literatura

1. Antoniak J.: Kontrola procesów transportowych. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa. Katowice, nr 4-5, 1999.
2. Antoniak J.: Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1990.
3. Arabshahi P. Gray A., Kassabalidis, I., Das A., Narayanan S., Sharkawi M., El Marks R. J.: Adaptive routing in wireless communication networks using swarm intelligence, AIAA 19th Annual Satellite Communications System Conference Toulouse, France 2001.
4. Bombor J.: Sztuczna inteligencja w kopalni Pniówek! Górnicy niepotrzebni?, http://www.dziennikzachodni.pl/artykul/586769,sztuczna-inteligencja-w-kopalni-pniowek-gornicy-niepotrzebni,id,t.html#czytaj_dalej
5. Jasiulek D., Rogala-Rojek J., Stankiewicz K.: Możliwości zastosowania technik sztucznej inteligencji w układach sterowania i diagnostyki maszyn górniczych. Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo – Efektywność – Niezawodność KOMTECH 2011. Monografia. ITG KOMAG, Gliwice 2011. s. 45-54.
6. Materiały dostępne na stronie www.algorytmy.org
7. Materiały dostępne na stronie Wyższego Urzędu Górniczego www.wug.gov.pl
8. Mróz J., Szczygielska M., Broja A., Felka D.: Wykrywanie stanów awaryjnych i źródeł pożarów przenośników taśmowych, KOMTECH 2011, Praca zbiorowa – monografia, wyd. ITG KOMAG, s. 149-160.
9. Prostański D., Jonak J.: Sieci neuronowe w badaniach procesu urabiania skał stożkowymi nożami obrotowymi, Monografia, Wyd. CMG KOMAG, Gliwice 2003.
10. Szymański Z.: Zastosowanie metod sztucznej inteligencji do sterowania, monitorowania i diagnostyki górniczych maszyn transportowych. Materiały Konferencyjne Międzynarodowej Konferencji KOMTECH'2000, Szczyrk, listopad 2000.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

11. Szymański Z. Zastosowanie metod sztucznej inteligencji w układach sterowania maszyn transportu poziomego i pionowego, Napędy i Sterowanie nr 12/2007, s. 114-120.

12. Zimroz R., Król R.: Failure analysis of belt conveyor systems for condition monitoring purposes, Prace naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej nr 128, s. 255-270, Wrocław 2009.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Zastosowanie cyfrowego systemu łączności BeckerCom oraz systemu do lokalizacji i monitoringu MineTracer w górnictwie węglowym

Andrzej Krawczyk, Józef Rusinek, Wojciech Zasadni – Becker – Warkop Sp. z o. o.

1. Wstęp

Technologia cyfrowa poprawia jakość odbioru na całym obszarze zasięgu, tam gdzie technologia analogowa staje się mocno zaszumiona oraz zwiększa efektywny zasięg pracy o 20% w stosunku do systemów analogowych FM. Zaletą transmisji cyfrowej jest możliwość nadania dużej liczby numerów identyfikacyjnych użytkowników UID i numerów identyfikacyjnych grup GID. Każdemu użytkownikowi można przypisać nazwę, która jest transmitowana radiowo do odbiorcy z radiotelefonu nadawcy (w przypadku pracy bezpośredniej) lub zaprogramowana w przemienniku (w przypadku pracy z przemiennikiem). W związku z tym nie ma konieczności programowania listy nazw dla każdego radia osobno. Technologia cyfrowa umożliwia wywołanie indywidualnych użytkowników, nawiązanie połączenia alarmowego, zdalne blokowanie radiotelefonów oraz szyfrowanie rozmów. Do komunikacji pomiędzy pracownikami stosowany jest radiotelefon cyfrowy typu BWRI-*/* przeznaczony do pracy w podziemnych wyrobiskach górniczych. Dostępny jest w dwóch wersjach wykonania VHF i UHF. Elementem wspólnym dla obu wersji jest bateria iskrobezpieczna „ia" typu BWRI-B/0. W radiotelefonach ograniczono moc sygnału nadawanego do 0,5W.

System łączności bezprzewodowej jest zasilany z zasilaczy iskrobezpiecznych z potrzymaniem bateryjnym typu MPS-*. Podstawową jego funkcją jest zamienienie napięcia zasilania 230V AC lub 250V DC na stabilizowane i regulowane źródło iskrobezpieczne do zasilania nie tylko magistrali sieci systemu łączności bezprzewodowej, ale także dopuszczonych innych urządzeń sterowania.

MineTracer to zintegrowany system bezprzewodowej komunikacji do lokalizacji oraz monitoringu stosowany do pracy w podziemiach kopalń. Przeznaczony jest do ciągłej i precyzyjnej lokalizacji personelu i sprzętu.

Wykorzystując sieć kratową zapewnia nieprzerwaną funkcjonalność. Sieć kratowa to metoda trasowania danych, która daje możliwość ustanowienia stałych połączeń w sieci zbudowanej z wielu, połączonych ze sobą węzłów. Jeśli nie wszystkie węzły mogą wymieniać się bezpośrednio danymi między sobą, są przesyłane przez sąsiednie.

System MineTracer zapewnia monitoring tam, gdzie jest największe zagrożenie dla załogi. Sieć złożona jest z czytników bezprzewodowych (mi-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

niWAP) umieszczonych na przejściach lub skrzyżowaniach, co 150 – 250 m. Co kilka sekund identyfikatory (TAG) noszone przez pracowników lub zamontowane na pojazdach lub sprzęcie, wysyłają sygnał do najbliższych czytników. Czytniki przekazują następnie lokalizację i dane na powierzchnię przez kontroler podsieci, który może być oddalony nawet do 5 km od identyfikatora. Kontroler podsieci może komunikować się z 25 czytników miniWAP.

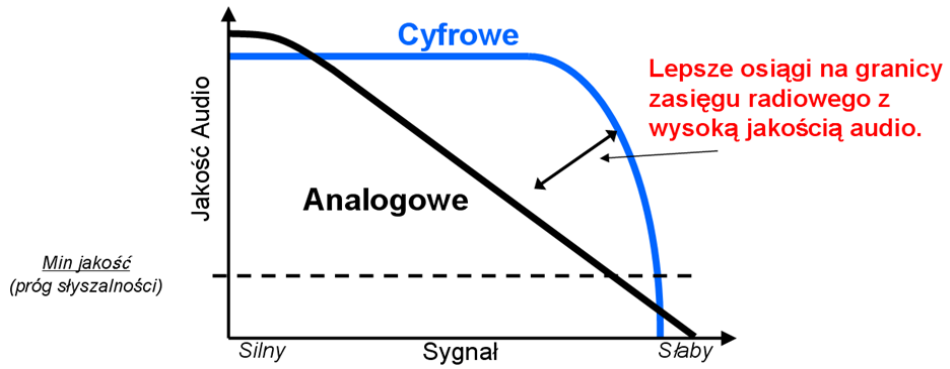
Przedstawione systemy zyskują coraz szersze zastosowanie z wykorzystaniem doświadczeń kopalń w zakresie łączności i przesyłu danych.

2. Charakterystyka cyfrowego systemu łączności BeckerCom

Kabel cieknący Leaky Feeder UHF jako medium transmisyjne umożliwia przesył danych/głosu w przedziale częstotliwości od 20 MHz do 3 GHz w 4 pasmach:

- 20 – 400 MHz pasmo podstawowe - transmisja i odbiór (380 MHz szerokości) – dane i obraz,
- 435 - 445 MHz UHF L/Feeder transmisja (10 MHz szerokości) – głos i dane,
- 460 - 470 MHz UHF L/Feeder odbiór (10 MHz szerokości) – głos i dane,
- 500 - 3000 MHz szerokopasmowa transmisja i odbiór (2,5 GHz szerokości) - GSM, dane i obraz.

System transmisji głosu i danych typu BeckerCom pracuje w paśmie częstotliwości 435 – 470 MHz. W stosunku do systemów VHF szersze pasmo UHF pozwala na uzyskanie większej liczby kanałów bez zakłóceń intermodulacyjnych – do 80 kanałów (audio i dane) w paśmie 10 MHz. Technologia cyfrowa poprawia jakość odbioru na krańcach obszaru zasięgu i zwiększa efektywny zasięg o 20 %, w stosunku do systemów analogowych FM. Analogowa łączność FM staje się mocno zaszumiona na krańcach zasięgu. Na rysunku 1 przedstawiono różnice w przebiegu jakości rozmowy sygnału analogowego w stosunku do cyfrowego.



Rys.1. Przebieg jakości rozmowy sygnału analogowego i cyfrowego

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

W łączności cyfrowej mowa nie zostaje transmitowana bezpośrednio, tylko zostaje zamieniona na pakiety danych poprzez kodery głosu. Dostępne na rynku systemy cyfrowe stosują następujące kodery głosu:

- kodery klasyczne, w których próbkowanie wykorzystane przez koder przetwarza się w dekoderze praktycznie bez kompresji,
- wokodery mowy – używają parametrycznego modelu i analizują krótkie części mowy przekształcając ją w strumień bitów na niskim poziomie. Dekoder konwertuje te bity ze strumienia danych, a następnie wykorzystuje te elementy do syntezy mowy. W ten sposób uzyskuje się poprawę jakości dźwięku poprzez kompensację sygnału i korekcję błędów, eliminację zakłócenia i szumy, uzyskując naturalny ludzki głos, nieosiągalny dla technologii z lat 90 ubiegłego wieku.

Podstawowe zalety cyfrowego systemu łączności głosowej BeckerCom oraz radiotelefonu cyfrowego typu BWRI-*/*:

- cyfrowy interfejs radiowy,
- koder AMBE+2 dla naturalnie brzmiącego głosu cyfrowego,
- praca w trybach: cyfrowy konwencjonalny i analogowy FM, nawet na tym samym kanale; automatyczne wykrywanie trybu odbioru (cyfrowy lub analogowy); funkcja umożliwia elastyczne przejście z systemów analogowych na system cyfrowy,
- tryby cyfrowe konwencjonalne i trankingowe,
- wielostrefowy tranking cyfrowy, do 60000 grup i 60000 użytkowników na sieć,
- praca z odstępami międzykanałowymi 6.25 kHz lub 12,5 kHz,
- tryb Radio-To-Radio (nie jest wymagany przemiennik).

Parametry techniczne:

- ilość kanałów rozmównych w systemie BeckerCom: do 40,
- odstęp międzykanałowy – cyfra: 6,25/12,5 kHz,
- odstęp międzykanałowy – analog: 25/12,5 kHz.

Dodatkowe funkcje radiotelefonów cyfrowych:

- funkcja alarmowa,
- przycisk awaryjny,
- zaawansowane wykrywanie ruchu w razie niebezpieczeństwa,
- funkcja samotnego pracownika,
- funkcja „Man-Down” uruchamiająca tryb alarmowania w przypadku obrócenia radiotelefonu o predefiniowany kąt oraz czas lub bezruchu pracownika.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Do radiotelefonu można podłączyć zestawy słuchawkowe, umożliwiające stałą łączność, typu BWZS-** pełniące funkcję: mikrofonogłośnika, mikrofonu kostnego z przyciskiem PTT lub ochronnika słuchu z zintegrowanym głośnikiem/mikrofonem.

3. Charakterystyka systemu lokalizacji i identyfikacji MineTracer

MineTracer to zintegrowany system lokalizacji i identyfikacji do monitorowania przemieszczającej się załogi oraz środków transportu. Do lokalizacji wykorzystuje sieć kratową zapewniającą nieprzerwaną łączność. Sieć kratowa daje możliwość ustanowienia stałych połączeń w sieci zbudowanej z wielu połączonych między sobą węzłów. Jeśli nie wszystkie węzły mogą wymieniać dane bezpośrednio, dane są przesyłane przez sąsiednie węzły. Oprogramowanie komputerowe systemu daje nam możliwość obserwacji ruchu załogi oraz środków transportu w czasie rzeczywistym, co jest istotne w razie powstania zagrożenia. Odpowiednia konfiguracja systemu zapewnia dokładność lokalizacji transpondera do 5 m. Zaimplementowana w systemie autodiagnostyka na bieżąco monitoruje i raportuje o stanie systemu (braku zasilania – pracy na zasilaniu bateryjnym, utracie łączności, itp.). System MineTracer może współpracować z systemem radiowej łączności bezprzewodowej BeckerCom.

Głównymi elementami systemu są:

- kontroler sieci, jako serwer danych najczęściej znajduje się w serwerowni na powierzchni kopalni. Baza danych przechowuje i archiwizuje wszystkie dane systemu. Dostęp do systemu możliwy jest przez przeglądarkę internetową z dowolnego komputera PC, znajdującego się w sieci lokalnej serwera. Zintegrowany z serwerem klient pocztowy umożliwia automatyczne wysyłanie wiadomości e-mail do zdefiniowanych użytkowników,
- kontroler podsieci zbiera, oblicza i zarządza danymi z 25 czytników bezprzewodowych. Komunikuje się z kontrolerem sieci poprzez ethernet światłowodowy,
- czytnik bezprzewodowy (miniWAP) odbiera i przekazuje dane z/do transponderów poprzez wykorzystanie sieci kratowej,
- transpondery, które noszone są przez załogę lub umiejscowione są na pojazdach bądź na urządzeniach monitorowanych wysyłają sygnał do czytników bezprzewodowych w zasięgu 100 – 300 m,
- komunikatory tekstowe z wbudowanym transponderem realizują dwukierunkową komunikację między użytkownikiem a centrum komunikacji (każdy pracownik może wysłać i odebrać wiadomości tekstowe).

System MineTracer zwiększa wydajność zainstalowanego pod ziemią wyposażenia poprzez lepsze zarządzanie i wykorzystanie posiadanego sprzętu.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

4. Zastosowanie cyfrowego systemu łączności BeckerCom oraz systemu łączności, lokalizacji i monitoringu MineTracer w polskich kopalniach węgla kamiennego

4.1. Zastosowanie łączności radiowej BeckerCom Leaky Feeder System w jednej z kopalń

System cyfrowej łączności radiowej bezprzewodowej typu BeckerCom Leaky Feeder System (w skrócie BeckerCom LF) został opracowany w celu zapewnienia bezprzewodowej komunikacji i transmisji danych w podziemiach kopalń, w szybie oraz na trasie zestawów transportowych. W wykonaniu iskrobezpiecznym system nosi nazwę Radiating Leaky Cable. Oprócz iskrobezpiecznych urządzeń infrastruktury takich jak: wzmacniacze ze zdalną diagnostyką, barier, separatorów komórki, trójników, skrzynek łączeniowych w systemie BeckerCom LF występują dodatkowo iskrobezpieczne radiotelefony cyfrowe typy BWRI-*/* i zasilacze iskrobezpieczne z podtrzymaniem bateryjnym typu MPS-* oraz nieiskrobezpieczna stacja bazowa. W zależności od wykonania, urządzenia systemu BeckerCom LF przystosowane są do pracy w zakresie częstotliwości VHF lub UHF. W opisywanej kopalni zastosowano pasmo UHF (435-470 MHz). System łączności bezprzewodowej typu BeckerCom LF UHF doskonale sprawdza się w wyrobiskach górniczych w miejscach z utrudnioną propagacją fal radiowych. W oparciu o koncentryczny, promieniujący przewód antenowy (ang. Leaky Feeder Cable) możliwe jest objęcie zasięgiem radiowym mocno rozgałęzionych wyrobisk, pomieszczeń i szybów, zapewniając wysoki stopień wydajności i bezpieczeństwa pracy osób znajdujących się na całym obszarze zakładu górniczego, w tym także na powierzchni. Przewód antenowy dzięki swojej specjalnej budowie umożliwia dwukierunkowe przenikanie fal elektromagnetycznych. System BeckerCom LF UHF dzięki modułowej budowie i prostej instalacji może być w łatwy sposób rozbudowywany, a całkowita długość magistrali antenowej może przekroczyć 100 km. Łącząc kilka stacji bazowych otrzymujemy nieograniczoną możliwość integracji usług w jednym systemie na obszarze jednego lub grupy zakładów górniczych. Zabudowanie systemu łączności bezprzewodowej obejmuje swoim zasięgiem układ transportu na odcinku roboczym 13 km. System wyposażony jest w stację bazową, która ma możliwość włączenia się do kopalnianej sieci światłowodowej przy wykorzystaniu sieci Ethernet. Zastosowanie cyfrowych przemienników częstotliwości w stacji bazowej oraz iskrobezpiecznych radiotelefonów cyfrowych typu BWRI-*/* pozwala uzyskać wysoką jakość sygnału w całym zakresie pracy oraz funkcje nieosiągalne dla technologii analogowej.

W skład stacji bazowej wchodzą następujące urządzenia:

- stacja czołowa typu UHED-* (moduł główny),
- cyfrowe przemienniki częstotliwości, które umożliwiają pracę systemu w trybie trankingowym,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- interfejs telefoniczny,
- moduł zasilający,
- moduł zdalnej diagnostyki wzmacniaczy typu DRUM*.

Radiotelefon cyfrowy typu BWRI-* przeznaczony jest do pracy w podziemnych wyrobiskach górniczych. Dostępny jest w dwóch wersjach wykonania VHF i UHF. Elementem wspólnym dla obu wersji jest bateria iskrobezpieczna „ia" typu BWRI-B/0. W radiotelefonach ograniczono moc sygnału nadawanego do 0,5 W.

4.2. Zastosowanie łączności radiowej BeckerCom Leaky Feeder System, oraz systemu do lokalizacji MineTracer na przykładzie drugiej kopalni węgla kamiennego

4.2.1. System cyfrowej łączności bezprzewodowej BeckerCom

Wyposażenie próbnego systemu BeckerCom dla kopalni jest iskrobezpieczne. Nie tylko pojedyncze elementy, ale również system w całości nie może przekroczyć granicznych wartości napięcia, prądu, indukcyjności i pojemności określonych w certyfikacie. Stąd topografia układu iskrobezpiecznego różni się od zwykłej instalacji. System zostaje podzielony na iskrobezpieczne komórki (IS Cells). W skład każdej komórki wchodzą następujące urządzenia iskrobezpieczne: zasilacz, separator DC z dwoma wejściami napięcia zasilania (zasilanie dla dwóch komórek), do trzech wzmacniaczy liniowych oraz terminator dopasowujący impedancję lub separator DC dla kolejnej komórki, bariera w celu połączenia z częścią nieiskrobezpieczną systemu.

Z uwagi na maksymalną indukcyjność komórkę dzieli się na sekcję sumując indukcyjność wszystkich elementów i kabli od strony źródła zasilania do pierwszego z urządzeń: trójnika, czwórnika, wzmacniacza dwukierunkowego oraz wzmacniacza dwukierunkowego ze zdalną diagnostyką.

Komunikacja pomiędzy użytkownikami lub urządzeniami systemu odbywa się nie bezpośrednio, lecz zawsze za pośrednictwem stacji bazowej. Głównym medium pośredniczącym w łączności głosowej jest koncentryczny promieniujący kabel antenowy w specjalnym wykonaniu. W odróżnieniu od zwykłych przewodów koncentrycznych, których zadaniem jest skuteczne ekranowanie żyły przewodzącej przed wnikaniem do środka i przenikaniem na zewnątrz niepożądanych sygnałów i szumów, kabel typu „leaky feeder" jest tak zaprojektowany by mógł wypromieniowywać sygnały radiowe i pozwalał na ich wnikanie z nadajników rozmieszczonych do pewnej odległości od przewodu antenowego. W zależności od otoczenia, pasma częstotliwości oraz użytego przewodu promieniującego zmienia się propagacja fal radiowych. Zasięg poprzeczny do kabla waha się w granicach nawet do 300 m przy UHF. Zasięg wzdłużny do osi (np. od końca kabla promieniującego) wynosi do ok. 40 m dla UHF. Jest to

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

w zupełności wystarczające dla zastosowań w wyrobiskach górnictwa podziemnego.

Dostępne są różne typy kabli „leaky feeder" o zróżnicowanych właściwościach fizycznych i parametrach elektrycznych. Dla zakresu UHF przewidziano kabel o impedancji charakterystycznej 50 Ω.

Jeśli na danym odcinku wyrobiska nie ma żadnych rozgałęzień, wzmacniacz liniowy wbudowany jest na trasie kabla średnio, co ok. 300 m. Najczęściej dokładnie w takich odcinkach dostarczane są na bębnach kable „promieniujące". Dokładny odstęp pomiędzy wzmacniaczami zależy od strat wzdłuż kabla promieniującego, co wymaga obliczeń linii transmisyjnej. W celu uproszczenia instalacji, wzmacniacze posiadają wbudowany moduł CLC (Cable Length Compensation) – pozwalający symulować odcinek kabla promieniującego w kierunku stacji bazowej. Drobne różnice kompensowane są przez układ automatycznej regulacji wzmocnienia (AGC – ang. Automatic Gain Control). Brak dopasowania wzmocnienia mógłby generować oscylacje i wzrost zakłóceń w całym układzie.

4.2.1.1. Opis instalacji

Próbna instalacja cyfrowej łączności radiowej w oparciu o „promieniujący kabel antenowy" wykonana została w kopalni w dwóch wyrobiskach. Obejmuje wyrobiska o łącznej długości około 5700 m. Stacja bazowa zlokalizowana jest w pomieszczeniu dysponenta kolei podziemnej z barierami oddzielającymi część nieiskrobezpieczną stacji bazowej od iskrobezpiecznych linii magistralnych. Pomieszczenie dysponenta zlokalizowane w rejonie szybu, zaliczone jest do klasy „A" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. W kopalni nie występuje zagrożenie wybuchu metanu. Dwie linie magistralne wykonane są przy pomocy kabla promieniującego ½" typu CMC 50D-12-01 o długości 2240 i 3465 m.

4.2.1.2. Zasilanie urządzeń systemu

Zasilanie poszczególnych komórek systemu łączności wykonano z zasilaczy z podtrzymaniem bateryjnym typu MPS_ia firmy Becker Elektronics poprzez iskrobezpieczne separatory linii. Zasilacze iskrobezpieczne zasilono na trasie łączności z sieci trakcyjnej 250V DC. Zasilanie, potencjał dodatni „+", do zasilaczy doprowadzono przewodem zasilającym z przewodu jezdnego poprzez bezpiecznik BTH-6 z wkładką bezpiecznikową 2A. Natomiast potencjał ujemny „–" doprowadzono przewodem roboczym (kabel z pancerzem) z szyny jezdnej. Dodatkowo, do zacisku ochronnego na obudowie zasilacza, z szyny jezdnej podłączono przewód ochronny o przekroju ø6 mm.

Stacja bazowa jak i stanowisko wizualizacji w pomieszczeniu dysponenta kolei zasilono z obwodu oświetlenia 230 V AC, z zespołu transformatorowego.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Czas podtrzymania bateryjnego całego systemu (z zasilaczy awaryjnych MPS_ia jak i stacji bazowej z wewnętrznego akumulatora), przy pełnym naładowaniu baterii, wynosi do ok. 10 godzin.

Czas podtrzymania bateryjnego stanowiska wizualizacji dysponenta wystarczy na automatyczne zamknięcie systemu i wynosi ok. 8 min.

4.2.1.3. Zdalna diagnostyka oraz podłączenie linii telefonicznej

Wzmacniacze systemu łączności posiadają zdalną diagnostykę. Parametry poszczególnych wzmacniaczy są prezentowane w systemie Pantha. Wersję serwerową systemu Pantha zainstalowano na serwerze zlokalizowanym na powierzchni w pomieszczeniu transmisji. Na tym serwerze istnieje również możliwość lokalnego podejrzenia parametrów systemu. Dodatkowo podgląd parametrów wzmacniaczy możliwy jest w pomieszczeniu dysponenta kolei podziemnej na stanowisku wizualizacji. Serwer w szafie teletechnicznej zasilany jest z zasilacza awaryjnego UPS umożliwiającego ciągłą pracę przez około 30 minut. Połączenie pomiędzy pomieszczeniem dysponenta kolei podziemnej a szafą teletechniczną na powierzchni zrealizowane jest kablem światłowodowym. Pomiędzy stacją bazową systemu łączności bezprzewodowej w pomieszczeniu dysponenta kolei a przełącznicą światłowodową na podszybiu, wyłożony jest czterowłóknowy kabel światłowodowy typu CDAD 4J. Dalej dane ze zdalnej diagnostyki do serwera na powierzchni przekazywane są istniejącym kablem światłowodowym wyłożonym w szybie.

Stację bazową systemu łączności bezprzewodowej BeckerCom wyposażono w interkom umożliwiający wdzwonienie się z linii telefonicznej na jeden kanał radiowy systemu łączności. Nieiskrobezpieczną linię telefoniczną doprowadzono do interkomu skrętką teletechniczną z zestawu skrzynek teletechnicznych.

4.2.2. System lokalizacji MineTracer

Kopalnia przystąpiła do rozbudowy instalacji o urządzenia systemu identyfikacji MineTracer w rejonie szybów głównych. Rozbudowa polegała na:

- zabudowie czytników transponderów typu miniWAP,
- zasileniu czytników miniWAP napięciem iskrobezpiecznym 12VDC z systemu łączności bezprzewodowej Leaky Feeder,
- zabudowie oraz zasileniu kontrolera podsieci typu VSC 018-AT z napięcia 230 VAC,
- wyłożeniu kabla światłowodowego pomiędzy stacją bazową a kontrolerem podsieci,
- zabudowie serwera systemu MineTracer w pomieszczeniu transmisji w szafie teletechnicznej,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– zasileniu serwera z zasilacza UPS zabudowanego wcześniej razem z systemem zdalnej diagnostyki systemu Leaky Feeder.

4.2.2.1. Opis techniczny

Wyposażenie systemu MineTracer dla kopalni jest iskrobezpieczne. Bezprzewodowe punkty dostępowe miniWAP systemu MineTracer zasilono z systemu łączności bezprzewodowej BeckerCom, z 12 V napięcia iskrobezpiecznego. Informacje dotyczące zlokalizowanych w wyrobisku transponderów przesyłane są bezprzewodowo pomiędzy bezprzewodowymi punktami dostępowymi do ognioszczelnego kontrolera podsieci typu VSC 018-AT. Następnie dane zostają przesłane siecią światłowodową do kontrolera sieci znajdującego się na powierzchni kopalni.

4.2.2.2. Opis instalacji

Instalację identyfikacji MineTracer wykonano w rejonie szybów głównych. Obejmuje ona wyrobiska o łącznej długości około 2300 m. Kontroler podsieci został zlokalizowany w pomieszczeniu dysponenta kolei podziemnej. Pomieszczenie dysponenta, zlokalizowane w rejonie szybu, zaliczone jest do klasy „A" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. W kopalni nie występuje zagrożenie wybuchu metanu.

4.2.2.3. Zasilanie urządzeń systemu

Zasilanie poszczególnych komórek bezprzewodowych punktów dostępowych miniWAP wykonano z systemu łączności bezprzewodowej BeckerCom, poprzez zabudowane w instalacji trójniki.

Kontroler podsieci zabudowany w pomieszczeniu dysponenta kolei jest zasilony ze stacji bazowej systemu łączności, która natomiast zasilona jest z zespołu transformatorowego.

Czas podtrzymania bateryjnego całego systemu (z zasilaczy awaryjnych MPS_ia jak i kontrolera podsieci z wewnętrznego akumulatora), przy pełnym naładowaniu baterii, wynosi do ok. 10 godzin.

4.2.2.4. System lokalizacji MineTracer

System identyfikacji MineTracer składa się z: transponderów Hat-Tag oraz Lamp-Tag (nadajników unikalnego kodu, pracujących w częstotliwości 2,4 GHz), bezprzewodowych punktów dostępowych miniWAP, kontrolera podsieci oraz kontrolera sieci.

Transpondery Hat-Tag zabudowano na urządzeniach, których położenie monitorowano. Urządzenia typu Lamp-Tag natomiast zabudowano w lampach górniczych. Sygnał z transpondera odbierany jest przez punkty dostępowe

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

miniWAP. Na podstawie siły odebranego sygnału następuje lokalizacja w wyrobisku urządzenia z transponderem. Informacja o numerze transpondera, stanie baterii oraz mocy odebranego sygnału z bezprzewodowego punktu dostępowego miniWAP przekazana jest bezprzewodowo przez kolejne urządzenia miniWAP do kontrolera podsieci, skąd siecią światłowodową LAN przekazana jest do kontrolera sieci, serwera.

Kontroler podsieci typu VSC 018-AT jest wykonany jako urządzenie budowy ognioszczelnej. Pełni funkcję zarządzania siecią bezprzewodowych punktów dostępowych oraz przekazywania danych poprzez światłowodową sieć LAN do kontrolera sieci.

Wizualizacja systemu identyfikacji MineTracer odbywa się poprzez standardową przeglądarkę internetową z zainstalowanym środowiskiem JAVA po zalogowaniu się do systemu. W czasie prób podgląd systemu możliwy jest również z komputera dysponenta kolei podziemnej oraz z serwera na powierzchni.

Wersję serwerową systemu identyfikacji zainstalowano na serwerze zlokalizowanym na powierzchni w pomieszczeniu transmisji nr 1 w szafie transmisji sygnałów optycznych.

5. Podsumowanie

Wprowadzanie nowych rozwiązań dotyczących transmisji sygnału cyfrowego przez system BeckerCom oraz systemów do lokalizacji i identyfikacji MineTracer przyczyniają się do lepszego wykorzystania posiadanego potencjału technicznego kopalń, a równocześnie podnoszą bezpieczeństwo pracy. Coraz więcej kopalń i wyrobisk objętych jest wprowadzonymi innowacjami technicznymi.

Autorzy uważają, że wprowadzane zmiany winny w pierwszej kolejności obejmować drogi transportu i strefy szczególnego zagrożenia.

O coraz szerszym zastosowaniu przedstawionych rozwiązań może świadczyć załączone zestawienie długości wyrobisk, w których stosowane są prezentowane systemy.

Zestawienie długości wyrobisk, w których stosowany jest system:

- łączności BeckerCom – 48,4 km,
- lokalizacji i identyfikacji MineTracer – 2300 m.

6. Wnioski

1. Wprowadzenie łączności bezprzewodowej oraz systemów do lokalizacji i identyfikacji winno obejmować w pierwszej kolejności systemy transportowe i strefy szczególnego zagrożenia.
2. Systemy proponowane przez firmę Becker-Warkop Sp. z o.o. zapewniają pewne i niezawodne działanie w najtrudniejszych warunkach.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

3. Cyfrowy system BeckerCom poprawia komfort użytkowania bezprzewodowej łączności, eliminując szumy i zakłócenia występujące w systemach analogowych.
4. Wprowadzone rozwiązania rejestracji załogi w wyrobiskach pozwalają podejmować właściwe działania dotyczące dalszego przebywania, jak i bezpośredniego kontaktu w przypadku zaistniałego zagrożenia.
5. Rejestracja ruchu maszyn i urządzeń pozwala na efektywniejsze wykorzystanie posiadanego wyposażenia.
6. Monitorowanie pracy urządzeń przyczynia się do podniesienia poziomu bezpieczeństwa.
7. W przeciwieństwie do systemów bramkowych, informujących o ostatnim zarejestrowanym miejscu osoby/maszyny, system identyfikacji oraz lokalizacji MineTracer umożliwia wskazanie aktualnej pozycji w wyrobisku z dokładnością do 5 m.
8. Z uwagi na spełniane funkcje systemy te są szczególnie przydatne dla dyspozytora, służb ratowniczych i dozoru funkcyjnego.

Literatura

1. Żyrek L., Karwot Z., Rusinek J.: Zastosowanie systemów BECKERCOM do łączności bezprzewodowej oraz BECKERTAG do lokalizacji, identyfikacji załogi i maszyn, 11 Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna KOMTECH 2011, Rytro 17-19 listopada 2010 r.
2. Kurak K., Cudny T., Wójcik D., Radomski F., Lorencki A., Rusinek J., Krawczyk A.: Zastosowanie łączności radiowej BECKERCOM w wyrobiskach podziemnych kopalń, XXXVIII Konferencja Naukowo-Techniczna ATI 2011 nt. Telekomunikacja i Systemy Bezpieczeństwa w Górnictwie, Szczyrk, 15-17 czerwca 2011 r.
3. Żyrek L., Rusinek J., Krawczyk A.: Systemy łączności BECKERCOM oraz systemy identyfikacji BECKERTAG i MINETRACER – materiał w publikacji.
4. Żyrek L., Rusinek J., Krawczyk A.: Kompleksowe rozwiązania podniesienia poziomu bezpieczeństwa w systemach transportu Becker-Warkop Sp. z o. o. VII Międzynarodowa Konferencja Bezpieczeństwo pracy Urządzeń Transportowych w Górnictwie, CBiDGP, Monografia, Ustroń 8 – 10 listopada 2011 r.
5. Zasadni W., Żyrek L., Rusinek J.: Innowacyjność rozwiązań w systemach transportu firmy Becker-Warkop Sp. z o. o., XXI Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Kraków , 20-24 lutego 2012 r.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

6. Rusinek J., Zasadni W., Żyrek L.: Zintegrowany model podniesienia poziomu bezpieczeństwa w systemach transportu firmy Becker-Warkop Sp. z o. o., XIV Konferencja, Problemy Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia w polskim górnictwie, Wisła 17-18 kwietnia 2012 r.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Wykorzystanie rozwiązań telekomunikacyjnych w monitoringu materiałów i personelu oraz w realizacji zadań górniczych

Christoph Mueller – MineTronics GmbH, **Michał Koźmiński** – MT-Silesia Sp. z o.o., **Mateusz Korczyński** – MineTronics GmbH

1. Wstęp

Dynamiczny rozwój technologii oraz rosnące wymagania rynku spowodowały pojawienie się w procesach wydobywczych licznej aparatury elektronicznej i systemów automatyki. Eksploatacja złóż, zabezpieczenie tuneli oraz transport materiałów i urobku w dużej mierze wspierane są przez cyfrowe systemy, stwarzając przy tym możliwość ich monitoringu i optymalizacji. Kopalnia stała się „fabryką" będącą w nieustannym ruchu [1]. Kolejnym wyzwaniem będzie koordynacja prac w nowych, odległych pokładach lub w terenach o trudnej strukturze geologicznej. Wymusi to stosowanie znacznie bardziej zaawansowanych maszyn górniczych, a także bardziej złożonej organizacji pracy opartej na niezawodnym systemie komunikacji i przetwarzania danych.

Niezawodność i wszechstronność systemu komunikacji odegra nieocenioną rolę w zapewnieniu natychmiastowej i pełnej informacji o procesach wydobywczych i zdarzeniach im towarzyszącym. Umiejętne wykorzystanie pozyskanych informacji odegra natomiast znaczącą rolę w poprawie wydajności, bezpieczeństwa i redukcji kosztów. Podstawą do osiągnięcia wysokich rezultatów jest zastosowanie urządzeń dedykowanych, które zostały zaprojektowane w oparciu o doświadczenia i zdolne w elastyczny sposób dostosować się do lokalnych warunków. Wzorem dla współczesnych systemów komunikacji w procesach wydobywczych stał się Ethernet, który z sukcesem wkroczył w rozwiązania przemysłowe [2], zapewniając niedrogie, ale jednocześnie niezawodne narzędzie komunikacji w czasie rzeczywistym.

W rozdziale przedstawiono urządzenia telekomunikacyjne służące do lokalizacji oraz rejestracji pracowników i materiałów, które równocześnie przeznaczone są do transferu danych, głosu oraz obrazu. Standaryzacja i unifikacja komunikacji zapewnia bezpieczeństwo i wydajność, redukując czas przestojów oraz koszty eksploatacji.

Pokazano także, w jaki sposób system komunikacyjny może być użyty do wsparcia podziemnych aplikacji zapewniających bezpieczeństwo.

2. Komunikacja podziemna

Sieci podziemne stanowią wyzwanie dla specjalistów od telekomunikacji z kilku powodów:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- niebezpiecznego środowiska wprowadzającego ograniczenia wobec stosowanej elektroniki,
- występowania dużych odległości utrudniających użycie tradycyjnych kabli miedzianych,
- specyfiki pracy – zarówno maszyny, jak i pracownicy znajdują się w nieustającym ruchu.

Tradycyjna komunikacja podziemna składa się obecnie z kilku systemów, których zasada działania nie zmieniła się przez ostatnie dekady. Są nimi:

- tradycyjne systemy telefonii kablowej,
- analogowa łączność radiowa w różnym zakresie częstotliwości (VHF, UHF) bazująca na antenach i „kablach cieknących",
- ograniczona transmisja danych poprzez sieci telefoniczne.

3. Techniczne podstawy tworzenia sieci podziemnej

System komunikacji podziemnej musi być niezawodny w ekstremalnie ciężkich warunkach oraz stanowić spójną magistralę dla przesyłu danych, głosu, obrazu wideo, a także poleceń zdalnej kontroli i automatyki.

W ciągu ostatniej dekady, kable światłowodowe w technologii Ethernet stały się powszechne w podziemnej komunikacji. Mają one kilka zalet, dzięki którym są szczególnie użyteczne w środowisku kopalnianym. Są one bezpieczne pod względem elektrycznym, łatwe w instalacji oraz doskonale nadają się do transmisji sygnałów na dalekie dystanse z zachowaniem wysokiej prędkości transmisji (wszystkie systemy sieciowe certyfikowane do pracy w kopalniach używają optycznego Ethernetu o prędkości do 1Gbit na sekundę).

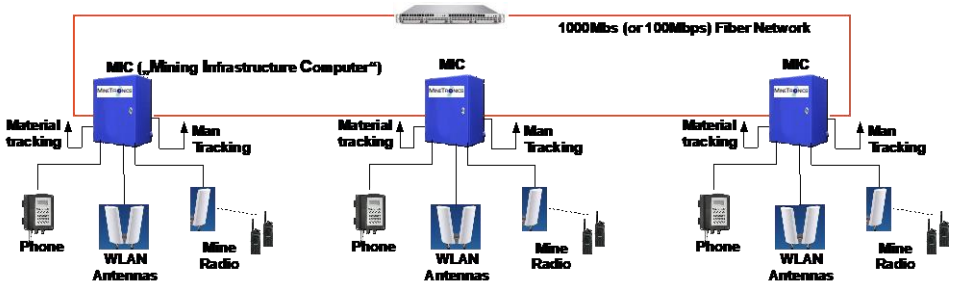
Doświadczenia płynące z kopalni węgla kamiennego w Niemczech oraz kopalni rud z całego świata wskazują, że rozwiązanie to świetnie się sprawdza.

Kable optyczne są bezużyteczne w łączności z maszynami mobilnymi i pracownikami. Pełna funkcjonalność podziemnego systemu komunikacji jest możliwa dzięki zastosowaniu bezprzewodowej sieci WLAN. Technologia ta łączy mobilne maszyny z centralnym systemem komputerowym i bezprzewodowymi jednostkami kontrolnymi. Umożliwia to komunikację pomiędzy nimi oraz z wewnętrznymi i zewnętrznymi sieciami komunikacyjnymi.

Aby zapewnić niezawodność sieci, w instalacjach światłowodowych stosuje się topologię RING, wykorzystując jednocześnie STP (Spanning Tree Protocol), zapewniając alternatywną drogę komunikacji w momencie awarii i przerwania jednego z połączeń. Aby odpowiednio wykorzystać tę funkcjonalność trzeba odpowiednio zaprojektować prowadzenie kabli. Dodatkowo dołowe stacje bazowe pozwalają na tworzenie wewnętrznych połączeń w sieci światłowodowej i wykorzystanie funkcjonalności sieci MESH. Wielopoziomowe

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

zabezpieczenie komunikacji w sieci pozwala jej działać także bez dostępu do komputera centralnego znajdującego się na powierzchni. W takim przypadku użytkownicy informowani są o najbliższych punktach zbiorczych, położeniu apteczek itp. Ponadto, urządzenia krytyczne dla bezpieczeństwa i komunikacji powinny być zasilane dodatkowo przez UPS. Dzięki temu mogą pracować nawet kilkanaście godzin bez zasilania sieciowego.



Rys.1. Architektura RING [3]

W komercyjnych zastosowaniach podziemnych również konwencjonalne urządzenia UHF i VHF są używane do komunikacji głosowej. Bardzo ważna jest kompatybilność tych technologii z urządzeniami stosowanymi przez strażaków i służby ratownicze. Aby uzyskać taką funkcjonalność, dołowa stacja bazowa może być wyposażona w stacje bazowe, umożliwiające łączność z dyspozytorem i każdym innym punktem podłączonym do sieci optycznej Ethernet przy użyciu technologii Voice-over-IP („VoIP"). Ponadto także telefony przewodowe i bezprzewodowe są podłączone poprzez VoIP umożliwiający pracownikom kontakt z nimi poprzez telefony WLAN.

4. Urządzenia dedykowane do komunikacji podziemnej

4.1. Dołowa Stacja Bazowa

Zwiększenie liczby urządzeń elektronicznych w podziemnym środowisku zwiększa ryzyko ich uszkodzenia bądź zniszczenia. Dobrym rozwiązaniem jest integracja wielu urządzeń w jedną jednostkę. Najnowsza generacja sprzętu do podziemnej komunikacji zgodna z tą filozofią nosi nazwę dołowej stacji bazowej (DSB) i jest zdolna do podstawowego przetwarzania danych działając jako aktywny komponent sieci. Zintegrowane w niej są również systemy zapewniające bezpieczeństwo sieciowe [5].

Dołowa stacja bazowa jest uniwersalnym urządzeniem sieciowym. Posiada wbudowany optyczny switch Ethernetowy oraz moduł WLAN zapewniający łączność bezprzewodową [4]. Zdalny dostęp do stacji umożliwia konfigurowanie urządzenia na odległość. Urządzenie jest zdolne do pracy także w razie uszkodzenia sieci. Praktyka dowodzi, że długość obszaru użytecznego dostępu do

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

sieci bezprzewodowej wynosi do około 300 metrów na każdy punkt dostępowy [2].



Rys.2. Dołowa stacja bazowa w obudowie [6]

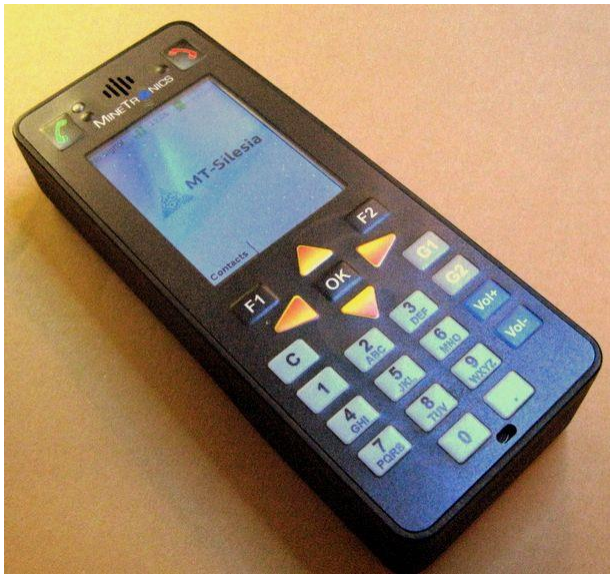


Rys.3. Dołowa Stacja Bazowa zainstalowana pod ziemią [6]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

4.2. Telefon

Telefon umożliwia dwukierunkową komunikację głosową oraz tekstową pomiędzy górnikami, a także z dyspozytornią. Podstawową zaletą tego urządzenia jest zainstalowany system operacyjny, który umożliwia tworzenie aplikacji dedykowanych specyficznym zadaniom, na przykład przeglądaniu planów kopalni czy schematów instalacji elektrycznych. Jednym z peryferiów telefonu jest kamera. Obraz z niej może być przesyłany pomiędzy użytkownikami lub poddany analizie w celu identyfikacji kodu kreskowego znajdującego się na wagonach transportowych, czy też bezpośrednio na materiałach. Taki sposób oznakowania i identyfikacji pozwala na dynamiczną aktualizację bazy materiałów i jej synchronizację z mobilnymi urządzeniami [5].



Rys.4. Telefon przystosowany do pracy w sieci podziemnej [7]

4.3. Pager

Dzięki pagerowi możliwe jest przesyłanie z dyspozytorni wiadomości do określonych użytkowników lub grup. Istnieje możliwość odpowiedzi na komunikat poprzez wybór jednej z kilku opcji spośród zdefiniowanych przez nadawcę [5].

W celu szybkiego reagowania na zagrożenie życia, implementuje się w pagerach funkcję „dead man”. Polega ona na tym, że akcelerometr w urządzeniu nieustannie wykrywa zmiany pozycji ciała górnika. W przypadku, gdy przez zdefiniowany z góry czas żaden ruch nie zostanie wykryty, wszyscy posiadacze pagerów znajdujący się w pobliżu otrzymają ostrzeżenie, iż jednemu z ich kolegów może grozić niebezpieczeństwo. Jeśli mimo wszystko nadal nie nastąpi zmiana położenia górnika, alarm zostaje wysłany do dyspozytorni.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.5. Pager [7]

Położenie pracowników, którzy są wyposażeni w urządzenia mobilne może być monitorowane. Pozwala na to system kontrolujący ruch węzłów znajdujących się w polu sieci. Taki sposób działania sieci wprowadza znaczące usprawnienia i ułatwienia jeżeli chodzi o kontrolę obecności i poruszania się w rejonach szczególnie niebezpiecznych (przodek, kruszarka). Kompletny system jest w stanie monitorować położenie pracownika od wkroczenia do strefy i dalej wzdłuż instalacji systemu.

Zarówno telefon, jak i pager posiadają możliwość zdalnego kopiowania na nich indywidualnych ustawień użytkowników. Dzięki temu urządzenie nie jest przypisane tylko do jednego pracownika. Przed każdą zmianą dokonuje się jedynie zgrania plików personalnych na dowolny egzemplarz.

4.4. Mobilna Brama Sieciowa

Komunikacja bezprzewodowa ma istotne znaczenie w przypadku integracji urządzeń mobilnych pracujących pod ziemią (kotwiarek, LHD) z siecią IT zarządzająca pracami podziemnymi. Nie chodzi tu tylko o komunikację między personelem, ale też o szczegółowe informacje o pracy urządzeń, które mogą pomóc w usprawnianiu, planowaniu pracy oraz serwisowaniu tych urządzeń. Taka kontrola zużycia i utrzymania sprzętu, pozwala zapobiec kosztownym przestojom. W tym przypadku swoje zastosowanie znajduje Mobilna Brama Sieciowa przeznaczona do urządzeń przemysłowych. To uniwersalne urządzenie pracuje jako router, który łączy automatykę urządzenia z siecią działającą pod ziemią za pomocą łącza bezprzewodowego.

Mobilna Brama Sieciowa pozwala także na instalowanie odrębnych aplikacji, które usprawniają archiwizację danych ze zmiany i działania urzą-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

dzenia. Jeżeli pojazd znajdzie się poza zasięgiem sieci WLAN, natychmiast, po ponownym wkroczeniu w jej obszar, zebrane informacje zastaną przesłane do centrum utrzymania [5].



Rys.6. Mobilna Brama Sieciowa do instalacji na pojazdach [6]

4.5. Czytnik RFID

Ze względu na dużą liczbę urządzeń i materiałów znajdujących się w rożnych miejscach na obszarze całej kopalni, pojawiła się potrzeba kontroli ich składowania i położenia. Proces ten, ze względu na złożoność, także wymaga optymalizacji. Technologii monitoringu jest kilka, jednak aby system działał niezawodnie i nie generował wysokich kosztów utrzymania, ich liczbę trzeba zredukować.

Przed wyborem odpowiedniej technologii, należy gruntownie przeanalizować potrzeby i warunki w których będzie działał system.

Jeżeli chodzi o urządzenia bezprzewodowe pracujące w sieci opartej o dołowe stacje bazowe – są one automatycznie śledzone przez sieć. Dotyczy to urządzeń personalnych (pager, telefon) oraz urządzeń dedykowanych do urządzeń mobilnych (kotwiarki, LHD).

Na nieco inne podejście do problemu zasługuje monitoring materiałów. W tym szczególnym przypadku należy zwrócić uwagę na [4]:

- rozpoznanie wagonów przyłączonych do danej kolejki podziemnej,
- zapewnienie ciągłego monitoringu dużej liczby wagoników bez potrzeby wymiany podzespołów takiego systemu (dotyczy to szczególnie zasilania takich urządzeń),

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– możliwość szybkiego przydzielania odpowiednich materiałów do podziemnych wagonów.

Najodpowiedniejszym rozwiązaniem, które może być jednocześnie zintegrowane z dołową stacją bazową, jest moduł odbiornika RFID. W tym przypadku pozwala on na odczytanie identyfikatora zapisanego w pasywnym tagu RFID, który na stałe, w bezpieczny sposób, zamontowany jest na obudowie kolejki. Informacje te w postaci strumienia danych trafiają do centrum monitorowania.

Równolegle z identyfikatorem RFID określającym kontener (wagon), można zastosować etykiety opisujące ładunek. W ten sposób oba czytniki, RFID i laserowy czytnik kodów, współpracują podczas kontroli położenia wagonu i identyfikacji jego zawartości. Obie te informacje są automatycznie aktualizowane w centrum monitorowania. Technika RFID pozwala na zamontowanie czytnika w odległości 2,5 metra od taga, co zapewnia sporą elastyczność w umiejscowieniu tych urządzeń.



Rys.7. Tag RFID (po lewej) na kontenerze transportowym [6]

Technologię tę cechuje wiele zalet. Dzięki zastosowaniu sygnału radiowego nie jest ona ograniczona przez warunki panujące pod ziemią. Kurz, brud ani uszkodzone etykiety nie mają wpływu na poprawność odczytywanych informacji z taga RFID.

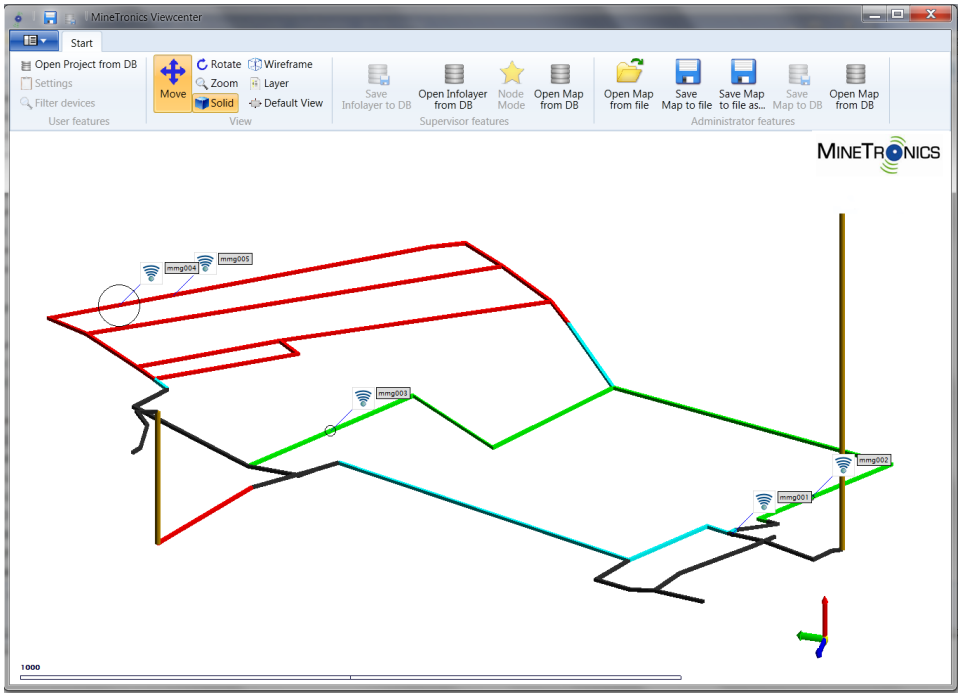
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Informacje płynące z wszystkich węzłów sieci powinny mieć zunifikowany format. Pozwala to na sprawne i szybkie analizowanie przetwarzanych danych. W tym celu wykorzystywany jest standard IREDES, który opisany jest w dalszej części pracy.

5. Rozwiązania informatyczne

5.1. Systemy wizualizacyjne

Wszystkie informacje płynące z sieci mogą być przedstawione w formie graficznej na wirtualnej, trójwymiarowej mapie kopalni. Dzięki temu niewielki zespół koordynatorów na powierzchni ma dostęp do istotnych informacji z węzłów i jest w stanie szybko reagować na niebezpieczne sytuacje, komunikować się z grupami pracowników oraz kontrolować operacje prowadzone pod ziemią. Poza monitorowaniem personelu, urządzeń i przepływu materiałów, oprogramowanie wizualizacyjne pozwala na planowanie przyszłych instalacji wentylacyjnych lub wodnych na obszarze kopalni.



Rys.8. Wizualizacja kopalni [6]

5.2. IREDES

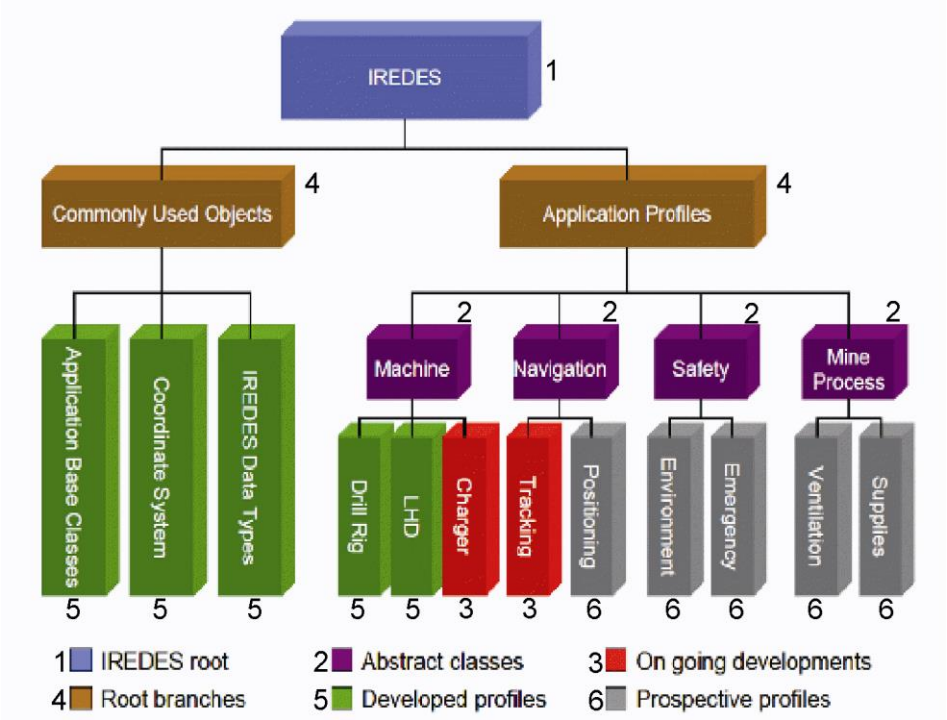
IREDES (*International Rock Excavation Data Exchange Standard*) jest standardem definiującym struktury danych przesyłane przez systemy informa-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

tyczne maszyn górniczych. Głównym jego założeniem jest umożliwienie łatwej komunikacji pomiędzy sprzętem bez względu na to, przez kogo został wyprodukowany. Taka wymiana danych ma istotny wpływ na optymalizację produkcji.

Standard ten powstał w 2000 roku z inicjatywy najważniejszych firm produkujących sprzęt górniczy, takich jak Atlas Copco oraz Sandvik. Opiera się on na ustandaryzowanych schematach parametrów górniczych stworzonych w języku XML.Technologia ta, stosowana powszechnie w technologiach sieciowych, jest niezwykle prosta w implementacji.

Specyfika każdego procesu górniczego wymusza stosowanie odpowiedniego schematu. Każda z takich struktur nosi nazwę profilu. Ze względu na swoją praktyczną przydatność, największą popularnością cieszy się profil odnoszący się do prac wiertniczych. Bardzo łatwo dzięki niemu wydać polecenia, a następnie skontrolować wykonaną pracę maszyny.



Rys.9. Struktura standardu IREDES

IREDES nieustannie się rozwija. Dotychczas opracowano profile definiujące pracę wiertnic oraz maszyn odstawczych. Rozpoczęto już prace nad schematem maszyn strzałowych (wrzesień 2012).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

6. Podsumowanie

Niepodważalnym faktem są rosnące wymagania co do systemów podziemnej komunikacji, które wynikają z dynamicznej zmiany systemu pracy jaki tam panuje. Rolę prostych urządzeń przejmują nowoczesne maszyny pozyskujące szereg danych podczas swojego działania. Te przetworzone i przeanalizowane stanowią źródło usprawnień wielu procesów. Bezpieczeństwo pracy pracowników stawia się z kolei na pierwszym miejscu. Nie tylko informacja o obecności personelu w niebezpiecznych miejscach, ale także możliwość kontaktu i wymiany danych stanowi kolejny krok do podnoszenia jakości organizacji i kontroli pracy.

Tym, co uzupełnia niemal w całości proces produkcji, jest monitoring materiałów i urobku. W tym przypadku zastosowano metodę pasywnych tagów RFID i czytników znajdujących się w kluczowych dla transportu miejscach. Dane z tak zaprojektowanego systemu wystarczy nanieść na trójwymiarową mapę kopalni, aby w jednej chwili posiadać informację o pracach prowadzonych w jej najodleglejszych końcach, położeniu transportu urobku z możliwością wydawania poleceń lub ostrzeżeń do personelu wyposażonego w mobilne urządzenia komunikacyjne. Idea takich systemów nie jest odosobniona, stanowi ona przykład trendów panujących na rynku międzynarodowym i efektem projektów pracujących nad optymalizacją prac górniczych.

Literatura

1. Wigden I.: To install automation equipment in an underground mine. Proceedings of the 6th International Symposium on Mine Mechanization and Automation, Sandton, p. 267 ff, 2001.
2. Furrer F.: Industrieautomation mit Ethernet-TCP/IP und Web Technologie, 2003.
3. Mueller C., Noak A.: Netzwerkbasierte Kommunikationstechnik fuer Bohr- und Sprengvortriebe im Berg- und Tunnelbau, 2011.
4. Mueller C.: Network based underground communication: Precondition for highly efficient optimized mining processes, 2011.
5. Mueller C., Hoffmann P., Koźmiński M.: Wykorzystanie rozwiązań telekomunikacyjnych w monitoringu materiałów i personelu oraz w realizacji za-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

dań górniczych. Konferencja Maszyny i pojazdy dla budownictwa skalnego i górnictwa 2012.

6. Materiały informacyjne firmy Minetronics.
7. Materiały informacyjne firmy MT-Silesia.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Przegląd technologii sensorowych stosowanych w górnictwie

Karl Nienhaus, Kai Neumann, Jan Berg, Martin Hahn, Manuel Warcholik, Moritz Zingsheim – RWTH Aachen University

1. Introduction

Mining machinery for both underground and opencast operations has seen a significant progress in the last decades. With the help of modern machinery it is possible to mine faster while requiring fewer personnel than ever before to reach their maximum production. The remarkable state-of-the-art has been achieved by numerous mechanical advancements; sensor technologies were merely used to monitor machine parameters such as temperatures and electrical currents. While the mechanical optimization of these machines still holds room for improvements, it can be expected that with the integration of sensor technologies that enable the assessment of the complex surroundings in mining and the process thereof, even higher efficiency and productivity improvements are possible. New innovations in the electronics sector have not only broadened the possible areas of application for existing sensor technologies, but have also given birth to sensor technologies being able to open up completely new areas of application. When well integrated into the machine and coupled with intelligent and application tailored data processing, modern sensor technologies can be apt to reduce the number of human errors and/or reduce the tolerances necessary due to limited human accuracy, thus increasing efficiency and productivity of mining machines. Also, modern safety features on mining machinery rely on sensors for their realization.

As many sensor technologies are already available on the market and new technologies are getting mature enough to be applied in the field, it is difficult to assess which technology might be a candidate solution for a given problem. This is especially so in the highly demanding requirements of the mining and minerals industry. This paper gives a broad overview of available and emerging sensor technologies by introducing them, listing their properties and also assessing their feasibility for possible application areas. The paper is structured as follows. First, the technologies are discussed in a structured manner. They are divided into standalone and cooperative technologies, where the former describes sensors that operate on their own while the latter require of some sort of "communication partner" to fulfill their task. Second, as a finer structuring, the technologies are listed in ascending order by the electromagnetic frequency used. Non-electromagnetic technologies are listed at the end of each section. A conclusion summarizes the paper and gives an outlook to possible future developments.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

2. Standalone Sensor Technologies

The following section gives an overview of so-called standalone technologies (also scene analyzing technologies). These technologies do not rely on an infrastructure or other sensors. They rather analyze the surroundings by means of gathering “echoes” or by evaluating the inherent radiation of environments. That is, these technologies are well-suited for applications and environments where the installation of infrastructure is difficult or not possible at all. The technologies presented here are mostly used for imaging purposes. In order to realize tasks such as collision avoidance or object detection, feature extraction and/or object detection algorithms have to be applied to the measured data, which add to the complexity of these standalone solutions.

2.1. Inertial Navigation Systems

Measurement and description of the geomagnetic field as well as its spatial and temporal variations comprise one of the oldest geophysical disciplines [1]. Magnetometers measure magnetic fields, in nanoteslas (nT), which are generated by magnetized bodies. The accurate measurement of orientation plays a critical role in many applications including aerospace, robotics, navigation, human motion analysis and machine interaction. Inertial navigation is a self-contained navigation technique in which measurements provided by accelerometers and gyroscopes are used to track the position and orientation of an object relative to a known reference point, orientation and velocity. Inertial Measurement Units (IMUs) typically contain three orthogonal gyroscopes and three orthogonal accelerometers, measuring angular velocity and linear acceleration of an object. By processing signals from these devices, it is possible to track the position and orientation of an object. The quality and technical sophistication of commercially available inertial technologies cover a wide range from Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS)-based devices used in mass consumer products such as mobile phones, automotive application and satellite navigation support system. The most important requirement for fully automated and remote-controlled mining machines is an accurate and reliable navigation system based on IMUs, which is able to derive the position and angle of mining machinery at all times. High performance inertial navigation systems are being successfully employed to accurately measure the three-dimensional path of the longwall shearer [2].

2.2. Global Navigation Satellite Systems (GNSS)

Satellite based positioning systems are very interesting for monitoring because of their distinct advantages compared to terrestrial positioning technologies. Such systems track the Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System (NAVSTAR GPS or simply GPS) navigation satel-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

lites and/or the satellite system GLONASS respectively. The general term for these systems is Global Navigation Satellite Systems (GNSS). GNSS based monitoring systems are able to measure at high rates (e.g. 20 Hz) with low latency, operate in all weather conditions while giving synchronized measurement, they do not require line of sight to ground marks/targets and they can measure over long baselines while having a low maintenance and a long service life. Receivers that can track multiple satellite constellations benefit from higher redundancy in computation and reduced sensitivity to obstructions [3]. The Global Positioning System is the best known, and currently the only fully operational GNSS, providing positioning capability anywhere on the globe, on a continuous 24/7 basis, with accuracies ranging from the decameter-level to the sub-centimeter-level [4]. The Russian GNSS known as GLONASS is providing critical additional measurements for real-time kinematic (RTK) positioning systems. However, despite this versatility GPS/GNSS cannot satisfy the high accuracy positioning requirements for many applications in mining surveying, and mine machine guidance and control. The reason is that open-cut mines are getting increasingly deeper; the result is a reduction of the "sky-view" which is necessary for GNSS systems to operate satisfactorily. GNSS augmentation techniques such as Differential GNSS (DGNSS) or RTK increase the accuracy to a level required for some of the mining activities and are normally used in GNSS mining systems [5]. Most of the mining GNSS systems are implemented using DGNSS or RTK. These systems require reference stations for which the position needs to be known accurately. By that, deviations between measured position and actual position and more importantly the corrections to the measured pseudo ranges to each of the individual satellites can be calculated for the mine site. The calculated corrections are transmitted by a radio network to the equipment in the field [5]. In open pit mining, accurate GNSS can be used for machine guidance, grading, dozing, drilling, collision avoidance, surveying, and fleet management [4].

2.3. Ground-penetrating radar

Ground-penetrating radar (GPR) images the subsurface using radar pulses. It uses electromagnetic radiation with frequencies between 10MHz and 2GHz and detects the reflection from subsurface layers and objects [6]. Different layers in the ground have different dielectric constants, leading to differences in transmission and reflection of the electromagnetic waves. These variations are detected by GPR antennas and can be visualized in a radargram.

The penetration depth and precision (resolution) of GPR systems are dependent on the transmitted frequency and radiation power. The lower the frequency, the higher the penetration depth, but the lower the precision. The depth is also highly influenced by the material which is being scanned [7]. Possible applications are mapping of a mine during exploration and boundary

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

layer detection for automation purposes. Available systems are currently used during exploration drillings in salt mines. Additionally research on usage of GPR for bucket wheel excavators has been done [8].

2.4. Radar

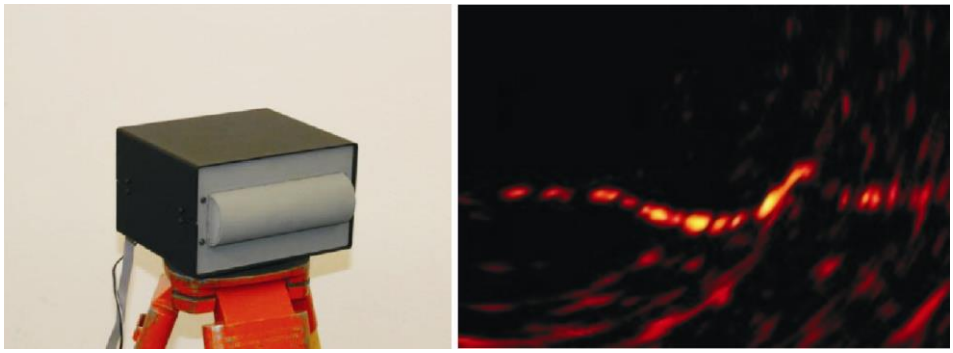


Fig.1. IMR's 2D-radar-sensor and a radar image of a scanned slope

Radar employs the emission of an electromagnetic signal into the scenery and the recording of the returning echo. Used frequencies range from 10 GHz to about 100 GHz. In contrast to the lower frequency based GPR, the higher frequency radar waves pass almost unattenuated through air but are reflected by both target materials such as coal, rock or metal and obstacles such as machinery and humans. Distance information is gathered from the time delay between sending the signal and receiving the corresponding echo. To gain angular information either a mechanically rotated antenna can be used, or - in more modern technologies – electronically steerable antennas can be used. For these, sophisticated hardware components and design are necessary, which lead to high costs. As computing resources get cheaper every day, it is desirable to move the effort from costly electronic components into signal processing. This leads to Digital Beamforming (DBF) technology, which is more robust because of the absence of mechanical components. Radar is also used in so-called deformation monitors, which analyze the phase of the echo continually and report phase variations (interferometer). By that, movements of objects can be detected. Due to the physical properties of radar waves, a penetration of vapor and dust is achievable [9]. For 2D-radar-sensors, typical characteristics are a sensing range of up to 50 m and an angular resolution of 2°. For deformation monitors a sensing range of up to 4 km and a minimal displacement accuracy of 0.1 mm are achievable. In terms of 2D imaging, the indurad iDRR radar sensor is suitable for environmental imaging in mining applications; Scheding et al. have developed an imaging Radar sensor which makes use of a mechanically rotated mirror [10] and showed that it can be used for mining applications [11]. The Institute of Mining and Metallurgy Machinery is also developing an imaging radar sensor (Fig.) for the use in mining applications [12]. A commonly used

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

deformation monitor is the IDS IBIS-FL [13]; GroundProbe is another provider [14].

2.5. Terahertz technology

Terahertz technology is a promising young technology. It employs the electromagnetic spectrum, between microwave and infrared (300 GHz up to 3 THz). Because the generation of terahertz radiation is difficult [15] the development of industrial sensors proceeds very slowly. Now, first sensors for application in security systems (airport scanners) emerged using the similarity to back-scatter X-ray imaging with the advantage of non-ionizing radiation [16]. Reflective measurements are limited to a few meters distance depending on the present humidity, which is absorptive for terahertz radiation [17]. The detectability of minerals has not yet been fully examined, but the field of terahertz technology is an active research area. Current systems also have the disadvantages to not be fully ruggedized yet, and can almost always only operate in laboratories or other clean environments. This also leads to applicability on a rather small scale with limited range. Thereby, they are not yet usable for the mining industry but should be taken into consideration for future applications.

2.6. Long wavelength infrared

Each body with a temperature above absolute zero (0K or -273.15°C) emits energy in form of electromagnetic radiation. This radiation is commonly called thermal radiation because its power and spectral radiance is only dependent on the absolute temperature of the emitting body and not on its chemical properties [18]. At higher temperatures the intensity of the emitted radiation increases and its spectral radiance shifts towards the visible light. At ambient temperatures the majority of the emitted radiation is in the long wavelength infrared (LWIR) spectrum (8µm - 15µm). This radiation can be detected by appropriate cameras and can then be visualized. Due to the comparably long wavelength (in comparison to visible light), infrared radiation can bypass dust and water particles to a certain extent. This and the independency of light sources of any kind, lead to a more robust image generation than possible with visual light cameras [19]. Another advantage of LWIR cameras is the data processing and analysis which can be done similarly to conventional image and video processing.

The possible field of application for LWIR systems in mining is huge. They can be applied for both surface and underground mining. Some examples are boundary layer detection for automated machinery, diagnosis features like belt surveillance, hot spot detection and replacement of visual cameras in rough environments [20].

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

2.7. Near Infrared

The near infrared spectrum, corresponding to wavelengths from 0.8 μm to 2.5 μm or 375 THz to 120 THz respectively, is used by mainly two technologies: laser scanners and Time-of-Flight (ToF) cameras. Infrared laser scanners have been successfully used in underground mining applications (e.g. [21, 22, 23]). To generate a 2D scan of the environment, the laser ray is steered mechanically and at each step the return time of flight is measured. To produce a 3D image of the environment, the laser scanner has to be tilted as well. Typical characteristics are distances up to more than 100 m, distance resolution of 1 cm and an angular resolution of 0.25°. Infrared laser scanners are widely available: RIEGL [24] and SICK [25] offer a wide variety of laser scanners suited for industrial use. While this technology offers highly precise measurements, its usage is limited to suitable environment and weather conditions. By design, the scanner employs an optical lens, which tends to pollute; the mechanical steering components may get broken due to heavy vibrations or shocks making the usability of such sensors strongly dependent on the existing environmental conditions [9]. However, laser scanners have already been tested in solutions for opencast automation features, e.g. on shovels [26].

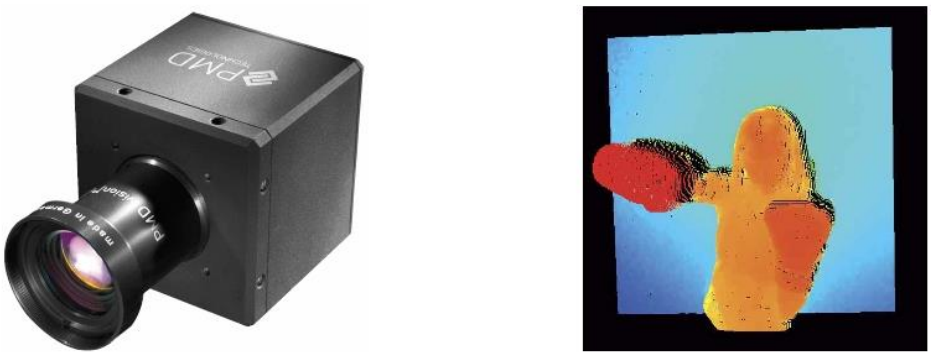


Fig.2. Infrared ToF camera with an example depth-color coded 3D image (source: PMDTechnologies CamCube 3.0 datasheet)

Infrared Time-of-Flight cameras have become very popular over the past few years. Due to the progress in semiconductor miniaturization and signal processing ToF cameras have become available in a small form factor and at a reasonable price [27]. These cameras are able to produce 3D scans of the scenery (Figure 3) by emitting infrared light into the scene and simultaneously acquiring the reflected light on a CMOS sensor, like in a digital photo camera. Sensors that analyze the phase shift of the reflection currently offer resolutions at around 100x100 to 200x200 pixel with a field of view of about 40°x40° and a range of up to 10 m. Cameras that use the direct ToF principle seem not to be wide-spread, but are able to cover much higher distances. The distance accuracy

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

of all cameras is typically around 1 cm [28, 29]. Despite the relatively low resolution, the major advantage of these imaging devices is the ability to scan the scene at once, not sequentially like laser scanners. Due to the novelty of this technology, not many products are available, nor have they been tested very well in rough environments. Due to the characteristics of near infrared light these sensors can be used in environments where dust and vapor density is at a moderate level. Due to the instant scanning of the scene, this technology is promising for highly dynamic applications.

2.8. Visual light technologies

Sensor technologies that use the visual spectrum have a long history. In form of cameras the technology is widely available at very low costs. Cameras are an obvious choice for remote monitoring and are therefore applied widely not only throughout the mining industry. Regarding underground mining or opencast mines at night, one could argue that visual light technologies are cooperative, as no light is usually available underground, making these technologies somewhat dependent on the infrastructure. However, as lighting is usually not solely installed as "infrastructure" for the cameras, but mostly for the miners, we list it as standalone technology here.

Color video cameras have their sensing elements or pixels aligned in a matrix where every pixel typically separately senses the intensities of three spectral bins, e.g. red, green and blue light. While this approach delivers information that can be easily processed by humans, recognition tasks on 2D video data are still difficult for machines, especially regarding video material from the conditions found in underground mines. Moreover, as visibility is affected by dust etc., visible light technologies seem only to be applicable in mine sections with clean air and/or where short cleaning intervals are acceptable or reliability is not of prime importance. For simple remote supervision tasks where the video is interpreted by humans, video cameras are a good choice.

2.9. LIBS

Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) is a contactless method to quickly conduct an analysis of elements. It has been deployed increasingly in the last couple of years in various industrial areas of applications, such as environmental monitoring, quality assurance and process control, especially in the production, processing and recycling of metals. The LIBS-method is able to analyze solid, fluid and gaseous samples without prior preparation. The analysis of several elements is conducted simultaneously. Furthermore, all known elements can be detected within milliseconds and without sample preparation which highlights the advantages of LIBS compared to other examination techniques, such as X-ray fluorescence. Most importantly even light elements can be identified using LIBS whereas other methods don't offer this possibility.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

During LIBS-analysis, a focused laser beam is used to evaporate a small quantity of material from the sample's surface, heating the vapor to temperatures of 10,000 – 25,000 K which then creates a plasma. This process cracks the molecules of the sample into its very atoms. The plasma cools down within few microseconds and the atoms return to their original state, emitting light at wavelengths characteristic to their respective elements. Optical lenses collect the emitted light and conduct it into a spectrometer. At this stage the light is broken into its spectral colors and led to a CCD-sensor. Using the spectrometer's data and provided algorithms the concentration of elements is calculated [30, 31]. The spectrometer, the laser and all optical components form the optical unit. Figure 3 shows the creation of plasma via LIBS. The results of the analysis are available as spectrums of intensity. Each spectrum consists of peaks at material specific wavelengths with different intensities. The peak's wavelengths depend on the examined element meaning that a qualitative analysis can be done. The quantitative analysis is conducted – after prior calibration – by means of the intensity of each respective peak [32].

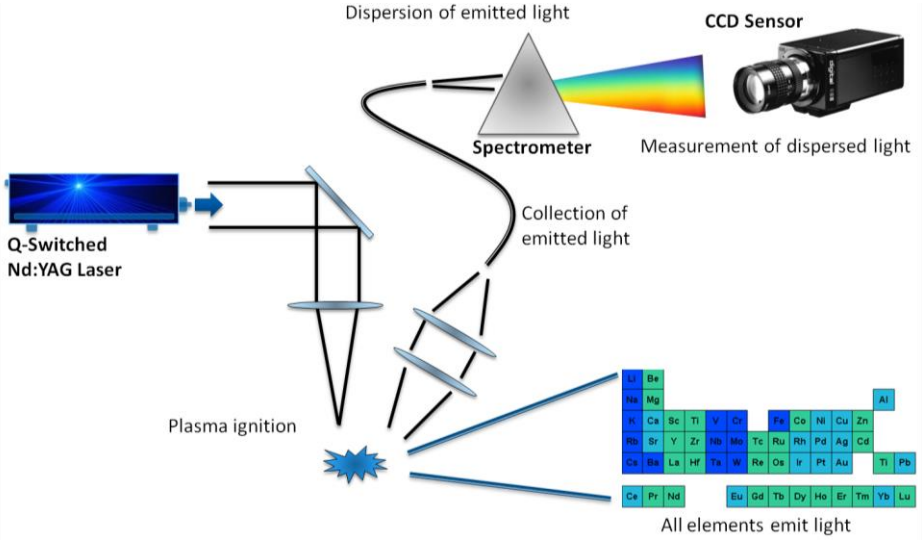


Fig.3. Functionality of LIBS-Analysis [32]

The IMR has developed a method for an online-analysis during drilling processes [32]. This allows for efficient utilization of deposits, maximum recovery of desired minerals and frequent and cost-efficient updates of deposit models. The LIBS analyzer was implemented into a compact demonstrator in order to analyze drill dust and loosened material within mining environments and directly on drill rigs. The system provides possibilities for exploration and visualization of deposit models in real-time and thus creates an opportunity for innovative applications, such as contactless, continuous quality control of minerals throughout the extraction process. A major challenge in the execution of

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

this project was the necessity to develop a laser system that could withstand rough mining environments dominated by dust, shocks, vibration and therefore would be suited to operate under such conditions.

2.10. Ultraviolet

Laser-Induced Fluorescence analysis' (LIF analysis) uses the fluorescence properties of "fingerprint" minerals by irradiating the material with UV-light. The laser beam of pulsed laser irradiates the ore/rock at a wavelength between 266 nm and 355 nm and excites the material to fluorescence. It is possible to determine the mineralogical content of the sample by qualitatively analyzing the response signal and comparing it to known "fingerprints": the characteristic fluorescence signature measured is compared to known specifications.

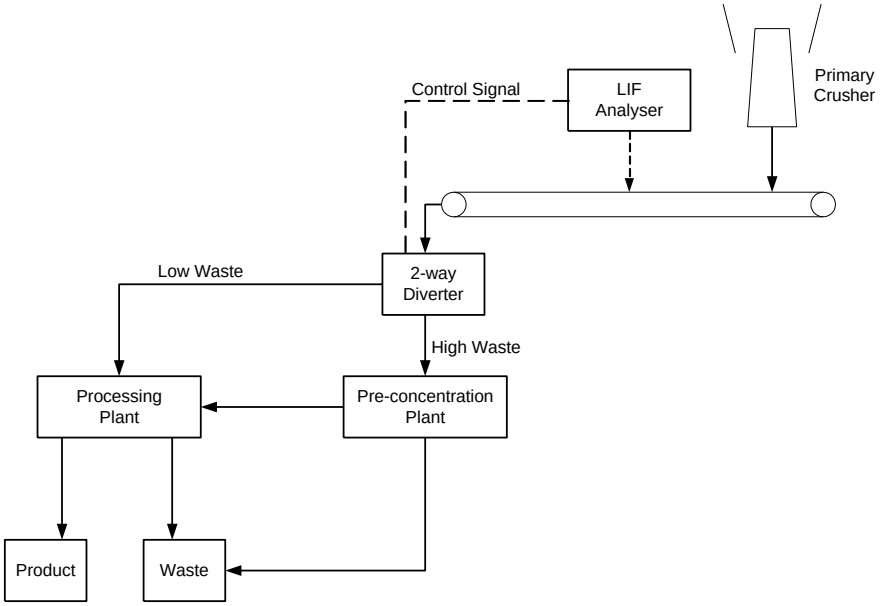


Fig.4. Scheme of LIF analyzer as a „bulk sorter"

A typical configuration of a LIF analyzer consists of a transmitting unit, a receiving unit and auxiliary components. In state-of-the-art analyzers, two lasers emit pulsed high energy UV-light beams. These lasers excite the material at frequencies of up to 40 pulses per second. On the receiving side of an LIF analyzer, photomultiplier tubes (PMT's) detect the fluorescence signals from the material surface. Band pass filters select the distinct area of interest in the emission spectra of the measurements. An industrial computer within the unit gathers the data from the PMT and acts as a PLC for the unit. LIF is used as an innovative method to detect and to distinguish different rock types. In the mining and metallurgy industry this on-line technique can be utilized for the measurement of rock compositions. Figure 4 illustrates a typical flow sheet for

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

a LIF analyzer functioning as a "bulk sorter". Figure 5 illustrates a scheme of an LIF analyzer at an autogenous mill circuit [33].

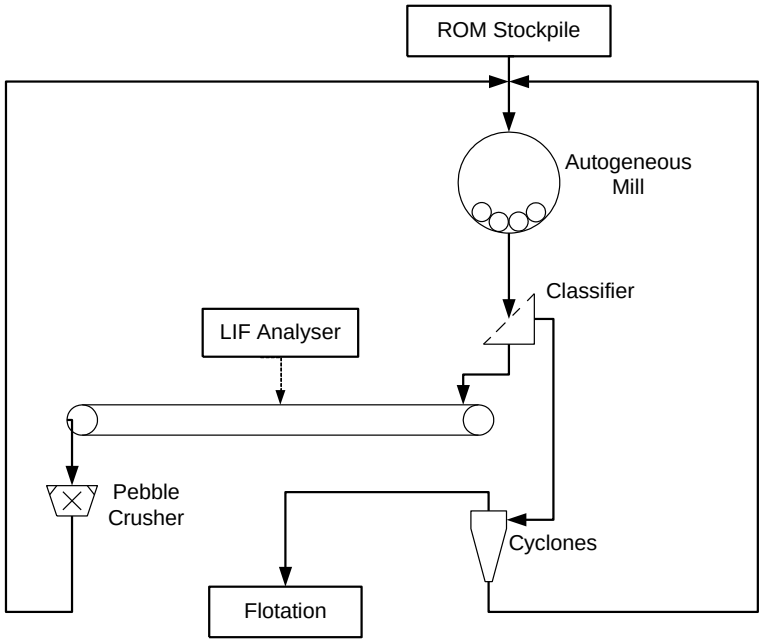


Fig.5. Scheme of LIF analyzer at autogenous mill circuit

However, rock identification in a mining operation takes place in well-defined geological and mineralogical environments with a limited number of different ores and bedrock types, respectively. Under these conditions, the standardized matching of in-field measurements with fluorescence characteristics of known reference rock types – the "fingerprints"– has been proven an effective qualitative analytical method. With this database available a LIF analyzer can be set up to scrutinize belt feeds, hauler or shovel loads and muck piles. If integrated into a mining and processing system the on-line analyzer is also capable of controlling bulk flows with regard to the quality properties of the material [34].

2.11. Vibration analysis

Vibrations are non-electromagnetic low frequency mechanical waves (15 Hz – 20 kHz), which are created by forces influencing a solid body. These forces can either be of natural causes such as earthquakes or they can be initiated artificially, e.g. by tools. These waves travel through the object and can be detected by vibration sensors. If the waves leave the object's body and merge into the air, they can also be heard [35]. Low cost sensor systems are broadly available and fields of application for this non-destructive measurement method include diagnosis features, wear detection and detection of material differences.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

2.12. Acoustic emission (AE)

Acoustic emission signals are mechanical waves similar to vibrations but at higher frequencies which are not audible by the human ear. The frequencies of acoustic emission waves range is from <1 kHz to over 100 MHz, while most of the emitted waves are located between 100 kHz and 1 MHz Depending on the given task, sensor systems are available for different frequency ranges. Possible applications of acoustic emission sensors are, similar to structure borne sound, health monitoring and material characteristic detection [36]. Additionally, triangulation can be used for origin localization of material fractions using multiple AE detectors.

2.13. Ultrasound

As a non-electromagnetic technology, ultrasound is broadly used in range finding applications [37, 38], as well as imaging applications [39, 40]. Ultrasound technology uses acoustical signals with frequencies beginning at 20 KHz. It is well-known in automotive as well as in automation applications, whereas the usage in underground mining applications is sparsely evaluated. Studies have shown that ultrasound is suited for the underground mining environment [41, 42, 43], rendering it useful for mining applications in general; useful distances for ultrasound measurements go up to 10 m - 15 m. While ultrasound sensors tend to be very cheap compared to e.g. laser scanners, the precision lacks that of other technologies. The range accuracy increases with increasing frequency but the range coverage decreases accordingly. Angular resolution is dependent on beam focusing of the transducer, the frequency used and gain. Another problem is the dependence of the speed of sound on temperature and material which makes it difficult to generate exact results without knowing the exact environmental conditions. Ultrasound sensors are widely available; one of these is the Polaroid 6500, SICK and MaxBotix also have a wide portfolio of ultrasound sensors. Major applications for ultrasonic sensors are range finding, e.g. for monitoring a safety area, and tilt switches to detect, for instance, conveyer imbalance. Among others, Siemens offers such sensors [44].

2.13.1. Cooperative Sensor Technologies

As defined in the introduction, Cooperative technologies use infrastructure or one to multiple communication partners to achieve their objectives. While the additional effort of supplying the infrastructure involves extra costs compared to the standalone approach especially in vast opencast mines, the cooperative approach is advantageous in several respects. As an example, when using tags on objects which need to be tracked, the sensor system only needs to evaluate the position of the tagged objects. Thus, the amount of data acquired by these sensors is comparably low and, as the data only contains information

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

about the tracked or identified objects, no detection or recognition procedures on raw sensor data is needed. The computational requirements for cooperative technologies are often significantly lower and, as recognition is potentially imperfect, the amount of false alarms issued by cooperative systems can be expected to be low. However, when tags or communication partners fail, the potential to miss alarms is inherently high, too. In the following subsections, a number of cooperative sensor technologies are presented.

3.1. Geoelectric technologies

Geoelectrical methods include direct current resistivity (DC), induced polarization (IP), and a number of electromagnetic methods [45]. Direct current resistivity and induced polarization survey are done by injecting currents into the ground via transmitter electrodes and measuring the resulting voltages at the receiver electrodes. The results are usually reported as resistivity in units of Ohm-Meter (Ohm*m). Such measurements may be set up to detect electrical structures vertically, or they may move across the surface to detect lateral changes in resistivity [46, 47].

Multi electrode geoelectrics is also called geoelectric tomography. It is a very modern method of high resolution geoelectrics. Multiple electrodes are placed along a profile, e.g. 50 electrodes in 5 m intervals give a 250 m profile. They are connected with the measurement equipment via a multicore cable. The standard 4-point geoelectrics like Schlumberger soundings use only four electrodes at one time. The electrodes consist of stainless steel stakes. The Measurement equipment consists of a transmitter, a receiver and a switching device, which chooses four measurement lines out of 50 input channels [48].

Geoelectric soundings and mappings belong to the oldest geophysical methods. A transmitter induces a current into the ground using two electrodes using DC or AC with low frequency. Two other electrodes measure the voltage. The current spreads out in all directions under-ground and is distorted by topography, layers, homogeneities and variations of resistivity below the Earth surface. The electrical resistivity is calculated from the current, the voltage and the geometric configuration factor. It is a measure for the type of soil, underground rocks and the water contents [48].

3.2. Low frequency electromagnetic field technologies

Low frequency technologies generate time varying electromagnetic (EM) fields at one or multiple points and measure the fields with receivers at other points (Fig.). These measurements determine amplitude and/or field direc- tion of the generated fields at the receiver’s position. Due to the (very) low frequencies (LF) between several hertz and several hundred kilohertz, the field is able to penetrate material like metal or water easily. The field-emitting coils on

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

the other hand need to be relatively large. Depending on the strength of the emitted field, the sensitivity of the receivers, the specific application and the desired accuracy, the range of these technologies spans from dozens of centimeters to tens of meters.

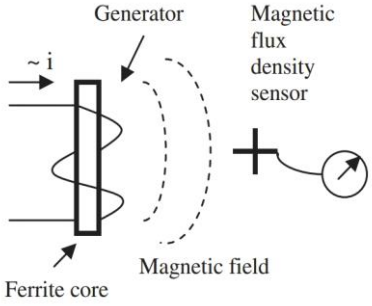


Fig.6. Schematic of the EM technology principle. Picture after [49]

Due to their characteristics, LF EM technologies are primarily apt for underground positioning applications. Their penetration characteristics are very beneficial for the frequently encountered Non-Line of Sight (NLOS) conditions. Furthermore, problems with multipath propagation of the emitted waves in the often highly EM reflective underground environment are avoided. Systems employing LF EM fields for positioning are state-of-the-art today; high efforts in research and development have resulted in products which are readily available [50, 49, 51]. The positioning accuracy of these technologies is in the sub-centimeter range, but with decreasing accuracy in higher distances. However, as the EM field is led by metal parts of mining machines, the actual achievable accuracy in mining conditions is to be expected far lower, resulting in accuracies in tens of centimeters. Where these technologies meet the accuracy and range requirements of a given problem, they are good candidates for solutions in underground mining applications. Therefore, they are already applied for some tasks such as proximity detection systems for continuous miners [49].

3.3. Low to medium frequency identification technologies

In the frequency range above several KHz, data transmission at low data rates becomes possible. Low to medium frequency identification technologies such as RuBee [52] or RFID [53] use these low data rates for identification purposes and employ frequencies between several KHz to even the ultra-high frequency spectrum of several GHz. The general principle is that objects, which are to be identified, are equipped with active or passive tags (Fig.) that can be read with corresponding receivers. Passive tags draw the necessary power from the EM field used to communicate with the tags while the active ones contain an additional battery or are connected to an external power source. Additional

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

energy of the battery is able to increase the range of the tags and allows these tags to be supplemented with temperature sensors such that remote readings of environmental conditions are possible. As these wireless standards are designed with low energy consumption in mind, the battery powered systems are often able to run for years on a single coin cell battery.

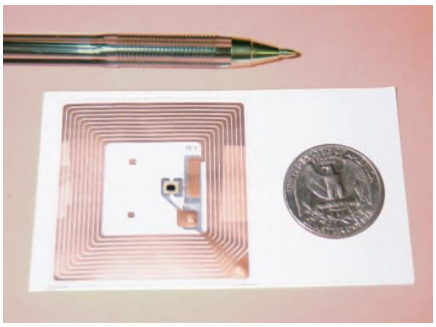


Fig.7. RFID Tag [53]

While the range of passive tags is in the order of meters, active tags are able to cover considerably higher distances. Active RuBee tags, for instance, are able to achieve ranges of about 30 meters. When low frequencies are used, these technologies are also able to penetrate steel or water and therefore are interesting candidates in NLOS conditions or in highly EM reflective environments as in underground mining where metal lining is to be expected. However, the low frequency limits the amount of tag reads per second, so that in environments where many tags are expected, their applicability is limited. Here, the higher frequency based versions are preferable. When the Received Signal Strength (RSS) or either the Time-Of-Arrival or the Time-Difference-Of-Arrival (TOA/TDOA) is evaluated in systems using these technologies, they can also be used for positioning purposes, albeit with limited accuracy. A broad range of products for remote identification is already available off the shelf and some technologies have already been tested in the mining sector or even been brought to market [54, 55, 56, 57]. Apart from obviously being prime candidates for identification tasks, these technologies are, all in all, a good choice for low accuracy tracking solutions or proximity detection sensors for and of mobile equipment or personnel, especially in opencast mines. Depending on the specific task, they can also be apt for self-sustaining sensors with low data rate, but long battery life requirements.

3.4. High to super high frequency communication technologies

Today, wireless communication technology has become almost pervasive. Especially mobile communications such as Wi-Fi and Bluetooth are widely used and available on the market at low cost, also due to their integration in many devices such as mobile phones and laptops. With frequencies of several

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

GHz, these technologies are able to offer high data rates for communication tasks. As with the previously mentioned identification technologies, RSS or TOA/TDOA approaches can be used to form cooperative positioning sensors using these technologies. While the accuracy in opencast scenarios should be expected lower than the accuracy reported in [58], it can be sufficient for some applications. The achievable accuracy in underground mining applications, however, is even lower as found in [59], therefore the applicability of these technologies for positioning tasks is very limited. If higher accuracy is required in opencast mines these technologies can be combined with GNSS solutions, such that the position information is distributed in (mesh) communication networks.

3.5. Specialized positioning systems using super high frequencies

In the super high frequency range between several GHz and tens of GHz, specialized positioning applications are available. These technologies are able to offer accuracies within a few centimeters and ranges up to tens of meters. Technologies able to deal with multipath problems are preferable, especially when underground mining solutions are targeted. As these solutions use high frequency EM waves, they are not able to deliver in NLOS conditions. Examples of these technologies are found in [60]. Those which are used for mining applications are found in [61], and ultra-wide-band (UWB) technologies are listed in [58]. For line-of-sight positioning applications, where these solutions also meet the cost limit of the envisioned application, these solutions are good candidates.

3.6. Radar technologies

While radar has already been covered in the standalone technology section, it can also be used in a cooperative way, thus combining the benefits of standalone and cooperative technologies. When to be detected objects are additionally equipped with an active or passive radar tag, their detection probability can be raised significantly, because these objects do not need to be recognized solely on geometric data. The field of tag-enhanced radar solutions, especially in the high frequency ranges, is still developing, but products augmenting radar technology with tag based detection seem to have, in many respects, desirable properties for geometrical scanning and positioning solutions in the future.

3.7. Terahertz technologies

Terahertz technologies can also be used as a cooperative system, similar to X-ray transmission systems. This technology is still in research, but possible applications are mainly focused on processing tasks, like sensor based sorting for mineral processing or the recycling industry. Terahertz technology could be

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

the solution for the long existing problem of sorting dark plastics [62]. As with standalone systems, this technology is still not fully ruggedized and most applications are limited to laboratory use at the moment. Terahertz technology should be evaluated more closely in the near future.

3.8. Technologies using infrared, visible or ultraviolet light

Technologies around the visible light spectrum can also be used cooperatively. A prominent example of this infrared positioning technology is used in Nintendo's Wii consumer product, where infrared LEDs of a base station are tracked by handheld remotes. While applications based on these technologies are thinkable, the applicability of these solutions is limited. This is due to the fact that dust and water spray, which are quite common in mining, reduce the field of application based on these technologies significantly. Exceptions are the far infrared based solutions, which are, due to their higher wavelengths, able to pervade e.g. dusty air, making these technologies applicable for near-face applications.

In mine sections with cleaner air and/or where short cleaning intervals are acceptable, these technologies can be used cooperatively by using active or passive markers e.g. for positioning applications. For example, laser based solutions are often used in surveying. Additionally, when using more than one camera, 3D information can be extracted out of the images. This has already been proven to be applicable to mining [23, 63, 54]. Moreover, as some sensors are able to analyze the wavelengths of the received light, so called hyper spectral sensors, some technologies might be used for material analysis. This has already been done in open-pit mines [64]. A great benefit of these technologies is that their cost, especially in the visible spectrum, is quite low, and that many products are available on the market.

3.9. Ionizing radiation

EM radiation in the upper frequency ranges of ultraviolet light and above is able to ionize atoms. While this enables these technologies to be used for material analysis especially in a transmissive and therefore cooperative way, the high energy radiation makes these technologies inapplicable to solutions in spaces where personnel is present. As automated mining machines have not been realized yet and shielding the radiation introduces significant costs, these technologies are currently restricted to the use in stationary solutions such as mineral sorting [65].

3.10. Seismic

Seismic measurements are most commonly used during exploration for crosshole seismic testing. In this process, the material between two drilling

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

holes is detected by emitting low frequency sound waves (<100 Hz) in the first hole and detecting them in the second. Depending on the material in between, the duration of the sound waves is different and can be used to identify different layers in the drill holes [66].

3.11. Ultrasound

Ultrasound has also been introduced as a standalone technology which is mostly used in ranging applications. However, Ultrasound can also be used in a cooperative way, such that ultrasound is emitted by an infrastructure at defined positions and received at mobile devices that can then calculate their position based on the properties of the received signals. Examples of these technologies are listed in [58]. Apart from the general properties of cooperative approaches, these systems tend to offer higher accuracy than standalone approaches, but currently, commercially available systems seem to be limited to medical solutions [58], like the Sonitor ultrasound system. Misra proposed the development of a highly integrated system [67], which is especially suited for mining applications. However, industrial-proven systems are rarely available yet.

4. Conclusions

The maintenance and monitoring of equipment and machinery are essential factors for continuous, undisturbed and profitable production processes in the mining industry. Simultaneously, the growing demand for raw materials demands innovative and intelligent automation methods which control complex and powerful excavation equipment and optimize human-machine interfaces. The mining environment with prevailing harsh environmental conditions leads to extreme wear and tear as well as strong vibrations on the mining machines. Thus, they demand a high level of sophistication and durability of the employed sensor technologies. Even more, standstills on large mining equipment result in delays or even complete operational shut downs, resulting in a high financial impact. Nevertheless, as sensor data is the input for safety and automation solutions for mining equipment, sensor technologies are one of the key components in future mining machines. Especially when considering the desirable full automation mining machinery, which is a key task for the mining industry at large.

For mining automation and safety systems, two main sensor technology objectives that both support the optimal guidance of machinery can be inferred: geometrical sensing of the environment and material analysis. Especially the latter is desirable for extractive machinery as it facilitates selective extraction. Geometrical sensing technologies are able to increase the safety conditions by enabling collision avoidance systems. Furthermore, by increasing the accuracy

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

of positioning and guidance of cutting, higher productivity and efficiency of mining machinery is possible.

Regarding geometrical sensing, it is primarily the environmental conditions and the measurement requirements which determine the aptitude of the respective technologies for a given task. In mine sections with low air contamination levels (e.g. by dust and water spray) or where short cleaning intervals and a possibly low reliability are acceptable, optical solutions like laser scanners or Time-of-Flight cameras are a good choice due to their potentially high accuracy. In more harsh conditions, technologies employing lower frequency electromagnetic waves are to be favored. Radar seems to be an especially well-suited technology because it is able to achieve good accuracy in these conditions. While ultrasound based solutions are also able to deliver here, their range limit and also the potential short cleaning intervals make this cheap technology only appealing for some cases. The usage of high frequency communication or identification technologies for positioning applications seems, due to significant multipath problems in underground mining scenarios, very limited. Specialized positioning solutions operating in the same frequency range as the aforementioned solutions are able to deal with the given task, but they are restricted to line-of-sight conditions. Also, as these are cooperative solutions, they are only able to detect objects which are equipped with corresponding devices. In short range conditions solutions using low frequency, electromagnetic fields are a possible solution. In applications above ground, GPS can be of great support regarding positioning. A feed of the current position to other sensors and the intelligent combination of that information can lead to better results than by using only one sensor device.

For the second task, material detection and analysis, the defining requirements for the sensor technologies applied are based on the material itself. Dependent on the materials to be distinguished, the aptitude of technologies varies. While coal and the surrounding rock can easily be discerned by optical or infrared cameras, this is not true for salt. So before applying sensor technologies for material analysis, the feasibility for the given materials in the task must be validated. The other limiting factors are, similar to geometrical sensors, environmental conditions like dust, water and availability of light. The discussed systems for material analysis tasks like boundary layer detection can be divided into passive or reflective systems (e.g. optical and infrared cameras) and contact based sensors (e.g. structure borne sound or acoustic emission), both having advantages and disadvantages. Contact based sensor technologies are harder to apply to mining machinery, but are usually more precise though being limited to a small area of detection. Reflective or passive systems are easier to apply, easier in maintenance and have a broader field of view; however, their detection accuracy is usually lower.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Future research in this area can be directed into combining multiple sources of sensor information to ruggedize the automation process. The mining industry can strongly benefit from the comprehensive research conducted in this field by other industries. It can be expected that within the next years the first powerful multi sensor technology assisted solutions for large mining machinery will be developed.

References

1. Butler R.: *Paleomagnetism: Magnetic domains to geologic terranes*: Blackwell Scientific Publications Boston, 1992.
2. Reid D., Hainsworth D., Ralston J., McPheeR.: "Shearer guidance: A major advance in longwall mining," in *Field and Service Robotics*, 2006, pp. 469-476.
3. Brown N., Kaloustian S., Roeckle M.: "Monitoring of Open Pit Mines using Combined GNSS Satellite Receivers and Robotic Total Stations," in *Proc. 2007 Int. Symp. on Rock Slope Stability in Open Pit Mining and Civil Engineering, Perth. Perth: ACG*, 2007, pp. 417-429.
4. Rizos C., Lilly B., Robertson C, Gambale N: "Open cut mine machinery automation: Going beyond GNSS with Locata," in *2nd International Future Mining Conference*, 2011.
5. Jarosz A., Finlayson R.: "GPS Guidance System and Reduction of Open Pit Mining Costs and Revenue Loss," in *Spatial Sciences, Inaugural Conference of Spatial Sciences Institute, Canberra, ACT, Australia*, 2003.
6. Daniels D.: "Surface-penetrating radar," *Electronics & communication engineering journal*, vol. 8, no. 4, pp. 165-182, 1996.
7. Fritzsche M.: "Anwendung von Verfahren der Mustererkennung zur Detektion von Landminen mit Georadaren," 2001.
8. Mathiak T., Kesting M., Overmeyer L., Gau V.: "Methodology for automatic boundary layer detection using ground penetrating radar," in *Advanced Ground Penetrating Radar (IWAGPR), 2011 6th International Workshop on*, 2011, pp. 1–5.
9. Ryde J., Hillier N.: "Performance of laser and radar ranging devices in adverse environmental conditions," *Journal of Field Robotics*, vol. 26, no. 9, pp. 712-727, 2009.
10. Scheding S., Brooker G., Bishop M., Hennessy R., Maclean A.: "Terrain imaging millimetre wave radar," in *Control, Automation, Robotics and Vision, 2002. ICARCV 2002. 7th International Conference on*, 2002, pp. 13-18.
11. Brooker G.M., Scheding S., Bishop M.V., Hennessy R.C.: "Development and application of millimeter wave radar sensors for underground mining:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Sensors Journal, IEEE," *Sensors Journal, IEEE*, vol. 5, no. 6, pp. 1270-1280, 2005.

12. Nienhaus N., Hahn M., Berg J., Winkel R.: "Radar Based Surface Scanning with World's First Fully Digital Beam Forming (DBF) Technology Sensor especially Developed for Mining Productivity and Safety," in *APCOM Symposium, Application of Computers and Operations Research in the Minerals Industry*, Wollongong and Australien: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2011, pp. 857-864.
13. IDS Corporation, *Company Website.* Available: http://www.idscorporation.com/en/ (2012, Sep. 28).
14. GroundProbe, *Company website.* Available: http://www.groundprobe.com/ (2012, Sep. 28).
15. Abbott D., Zhang X.: "Special issue on T-ray imaging, sensing, and retection," *Proceedings of the IEEE*, vol. 95, no. 8, pp. 1509-1513, 2007.
16. Jördens C., Wietzke S., Salhi M., Wilk R., Koch M.: "Potenziale der bildgebenden Terahertz-Spektroskopie (Potentials Terahertz Imaging)," *TM-Technisches Messen*, vol. 75, no. 1, pp. 71-76, 2008.
17. Theuer M., Molter D., Rahm M., Beigang R.: "Zwischen Mikrowellen und Infrarot. Terahertz-Wellen," *Physik in unserer Zeit*, vol. 40, no. 6, pp. 296–302, 2009.
18. Schuster N., Kolobrodov V.: *Infrarotthermographie*: Wiley Online Library, 2004.
19. Mavroudis F.: "Infrarotsensorik zur Grenzschichterkennung," 2011.
20. Nienhaus K., Mavroudis F.: "Automatisierung und Prozessüberwachung in der Rohstoffindustrie mittels Infrarotsensorik und industrieller Bildverarbeitung," in *7. Aachener Kolloquium für Instandhaltung, Diagnose und Anlagenüberwachung 2008*, 2008.
21. Baker C., Morris A., Ferguson D., Thayer S., Whittaker C., Omohundro Z., Reverte C., Whittaker W., Hahnel D., Thrun S.: "A campaign in autonomous mine mapping," pp. 2004-2009 Vol.2.
22. Roberts J., Winstanley G., Corke P.: "Three-Dimensional Imaging for a Very Large Excavator," *The International Journal of Robotics Research*, vol. 22, no. 7-8, pp. 467-477, 2003.
23. Stentz A., Ollis M., Scheding S., Herman H., Fromme C., Pedersen J., Hegadorn T., McCall R., Bares J., Moore R.: "Position measurement for automated mining machinery," in *Proc. of the International Conference on Field and Service Robotics*, 1999.
24. Riegl: *Company Website.* Available: http://www.riegl.com/ (2012, Sep. 28).
25. SICK Group, *Company Website.* Available: http://www.sick.com/group/EN/home/Pages/homepage1.aspx (2012, Sep. 28).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

26. Duff E.: “Tracking a vehicle from a rotating platform with a scanning range laser,” in *Proceedings of the Australian Conference on Robotics and Automation*, 2006.
27. Lange R., Seitz P., Biber A., Schwarte R.: “Time-of-flight range imaging with a custom solid-state image sensor,” in *Proceedings of the SPIE*, 1999, pp. 180-191.
28. Piatti D., Rinaudo F.: “SR-4000 and CamCube3.0 Time of Flight (ToF) Cameras: Tests and Comparison,” *Remote Sensing*, vol. 4, no. 4, pp. 1069-1089, http://www.mdpi.com/2072-4292/4/4/1069, 2012.
29. Chiabrando F., Chiabrando R., Piatti D., Rinaudo F.: “Sensors for 3D Imaging: Metric Evaluation and Calibration of a CCD/CMOS Time-of-Flight Camera,” *Sensors*, vol. 9, no. 12, pp. 10080-10096, http://www.mdpi.com/1424-8220/9/12/10080, 2009.
30. Miziolek A.W., Palleschi V., Schechter I.: *Laser induced breakdown spectroscopy*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
31. Sturm V., Brysch A., Noll R.: “Online Multielement Analysis of the Top Gas of a Blast Furnace by Laser-induced Breakdown Spectroscopy (LIBS),” *BHM Berg-und Hüttenmännische Monatshefte*, vol. 152, no. 1, pp. 28–32, http://dx.doi.org/10.1007/s00501-006-0268-3, 2007.
32. Gaastra M.: *Online-Elementanalyse in der Rohstoffgewinnung: Entwicklung und Konzeptionierung von Anwendungen der laserinduzierten Plasmaspektroskopie zur Echtzeitbestimmung mineralischer Rohstoffe am Beispiel unter-und übertägiger Gewinnungsgeräte*: Zillekens, 2012.
33. Nienhaus K., Bayer A., Riedel F.: “Dilution Control by Means of Laser-Induced Fluorescence - Improving run of mine ore quality by innovative rock identification methods,” *Mining Review Africa*, vol. 4, pp. 44-45, 2003.
34. Broicher H.F.: “Bulk sorting by LIF: quality control of ores for bulk sorting and blending by laser-induced fluorescence analysis,” *MIN ENG (LITTLETON COLO)*, vol. 52, no. 9, pp. 74-77, 2000.
35. Möser M., Kropp W., Heckl M,, Cremer L.: *Körperschall: Physikalische Grundlagen und technische Anwendungen*: Springer Verlag, 2009.
36. Nienhaus K., Boos F.D., Garate K., Baltes R.: “Development of Acoustic Emission (AE) based defect parameters for slow rotating roller bearings,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2012, p. 12034.
37. Tanzawa T., Kiyohiro N., Kotani S., Mori H.: “The ultrasonic range finder for outdoor mobile robots,” in *Proceedings of the 1995 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems 95. 'Human Robot Interaction and Cooperative Robots'*, 1995, pp. 368-373 vol.3.
38. Hong Hua, Yongtian Wang, Dayuan Yan: “A low-cost dynamic range-finding device based on amplitude-modulated continuous ultrasonic wave:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on," *Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on*, vol. 51, no. 2, pp. 362-367, 2002.

39. Elfes A.: "Sonar-based real-world mapping and navigation: Robotics and Automation, IEEE Journal of," *Robotics and Automation, IEEE Journal of*, vol. 3, no. 3, pp. 249-265, 1987.
40. Roberts J.M., Duff E.S., Corke P.I.: "Reactive navigation and opportunistic localization for autonomous underground mining vehicles," *Information Sciences*, vol. 145, no. 1, pp. 127-146, 2002.
41. Strickland W.H., King R.H., Estados Unidos. Bureau of Mines, *Characteristics of ultrasonic ranging sensors in an underground environment*: US Department of the Interior, Bureau of Mines, 1993.
42. Lane J.D., King R.H.: "Computer assisted guidance of an underground mine truck," in *Proceedings of the 1994 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 1994, pp. 420-425 vol.1.
43. Scheding S., Nebot E.M., Stevens M., Durrant-Whyte H., Roberts J., Corke P., Cunningham J., Cook B.: "Experiments in autonomous underground guidance," in *Proceedings of the 1997 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 1997, pp. 1898-1903 vol.3.
44. Siemens, *Tilt Switches Website.* Available: http://www.automation.siemens.com/w1/automation-technology-tilt-switch-19203.htm (2012, Sep. 28).
45. Campbell D., Fitterman D.: "Geoelectrical methods for investigating mine dumps," in *Proceedings of the Fifth International Conference on Acid Rock Drainage. SME, Littleton, CO*, 2000, pp. 1513-1524.
46. McNeill J.: "Use of electromagnetic methods for groundwater studies," *Geotechnical and environmental geophysics*, vol. 1, pp. 191-218, 1990.
47. Ward S.: "Resistivity and induced polarization methods," *Geotechnical and environmental geophysics*, vol. 1, pp. 147-189, 1990.
48. Rauen A., Soffel H.C.: "Determination of electrical resistivity, its anisotropy and heterogeneity on drill cores: a new method1," *Geophysical prospecting*, vol. 43, no. 3, pp. 283-298, 1995.
49. Li J., Carr J., Jobes C.: "A shell-based magnetic field model for magnetic proximity detection systems," *Safety Science*, 2011.
50. Blankenbach J., Norrdine A.: "Position estimation using artificial generated magnetic fields," in *Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2010 International Conference on*, 2010, pp. 1-5.
51. Prigge E.: "A positioning system with no line-of-sight restrictions for cluttered environments," 2004.
52. Wyld D.: "RuBee: applying low-frequency technology for retail and medical uses," *Management Research News*, vol. 31, no. 7, pp. 549-554, 2008.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

53. Want R.: “An introduction to RFID technology,” *Pervasive Computing, IEEE*, vol. 5, no. 1, pp. 25-33, 2006.
54. Ruff T.: “Advances in proximity detection technologies for surface mining equipment,” *34th Annual Institute on Mining Health, Safety and Research, Salt Lake City*, 2004.
55. Horberry T., Cooke T.: “Collision detection and proximity warning systems for mobile mining equipment: A human factors exploration,” in *European conference on Human Centred Design for Intelligent Transport Systems*, 2011, pp. 237-246.
56. Becker F., Becker S.: “Avoiding accidents,” *World Coal*, vol. February, pp. 39-44, 2011.
57. Mishra P.K., Bolic M., Yagoub M., Stewart R.: “RFID technology for tracking and tracing explosives and detonators in mining services applications” *Journal of Applied Geophysics*, 2011.
58. Gu Y., Lo A., Niemegeers I.: “A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks” *Communications Surveys & Tutorials, IEEE*, vol. 11, no. 1, pp. 13-32, 2009.
59. Ralston J.C., Hargrave C.O., Hainsworth D.W.: “Localisation of mobile underground mining equipment using wireless Ethernet,” in *Industry Applications Conference, 2005. Fourtieth IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2005*, 2005, pp. 225-230.
60. Hedley M., Zhang J.: “Accurate Wireless Localization in Sports,” *Computer*, vol. PP, no. 99, p. 1, 2012.
61. Ellinger F., Eickhoff R., Ziroff A., Huttner J., Gierlich R., Carls J., Bock G.: “European project RESOLUTION-local positioning systems based on novel FMCW radar,” in *Microwave and Optoelectronics Conference, 2007. IMOC 2007. SBMO/IEEE MTT-S International*, 2007, pp. 499–502.
62. Maul A., Mavroudis F., Gaastra M.: “Detection of Raw Materials with Terahertz-Technology,” in *Sensor based sorting 2012*, 2012.
63. Stentz A.: “Robotic technologies for outdoor industrial vehicles,” in *Proceedings of SPIE AeroSense, Conference on unmanned vehicles, Orlando, Florida, USA*, 2001.
64. Schneider S., Melkumyan A., Murphy R., Nettleton E.: “A geological perception system for autonomous mining,” in *Robotics and Automation (ICRA), 2012 IEEE International Conference on*, 2012, pp. 2986-2991.
65. Kleine C, Riedel F, Ketelhodt L, Murray R: “XRT Sorting of Massive Quartz Sulphide Type Gold Ore: Applications of Sensor-based Sorting in the Raw Material Industry,” pp. 54–64.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

66. Standard A.: “D4428/D4428M-07 “Standard Test Methods for Crosshole Seismic Testing”,” *ASTM Int*, 2004.
67. Misra A.: “Underground Mine Location Sensing System,” University of New South Wales, 2009.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Metoda pozycjonowania górniczych maszyn mobilnych w wyrobiskach korytarzowych

Sławomir Bartoszek - Instytut Techniki Górniczej KOMAG

1. Wprowadzenie

Automatyzacja procesów eksploatacji jest uznawana za jeden z najważniejszych kierunków prac na drodze do podwyższenia wydajności pracy, zwiększenia bezpieczeństwa i obniżenia kosztów w górnictwie podziemnym. Mimo znacznego postępu technicznego, pełna automatyzacja w kopalniach węgla kamiennego występuje bardzo rzadko. Odmienna sytuacja panuje w kopalniach rud metali, gdzie możliwe jest sterowanie czynnościami wykonywanymi przez maszynę z odległego miejsca z użyciem zespołu kamer i monitorów. W górnictwie węgla kamiennego możliwa jest najczęściej tylko częściowa automatyzacja, obejmująca jedynie wybrane operacje lub manewrowanie maszyną. Wdrażane metody polegają na zdalnym sterowaniu maszyny przez operatora, który pozostaje jednak w pobliżu maszyny.

2. Możliwości zastosowania systemów nawigacji w górnictwie

Systemy nawigacyjne funkcjonują dzięki odniesieniu do sieci punktów orientacyjnych (znaków, znaczników, nadajników, transponderów itd.) umieszczonych w dokładnie określonych lokalizacjach. Obecnie najbardziej rozpowszechnionym systemem nawigacyjnym, który obejmuje swoim zasięgiem całą kulę ziemską, jest GPS. System ten składa się z trzech segmentów: kosmicznego – obejmującego 31 satelitów orbitujących wokół Ziemi na średniej orbicie okołoziemskiej, naziemnego – stacji kontrolnych i monitorujących na ziemi oraz użytkownika – odbiorników sygnału. Zadaniem systemu jest dostarczenie użytkownikowi informacji o jego aktualnym położeniu. Technologia ta jest z powodzeniem wykorzystywana w pozycjonowaniu maszyn pracujących w górnictwie odkrywkowym, gdzie coraz częściej stosuje się zaawansowane systemy zdalnego kierowania ruchem maszyn górniczych. Maszyny wyposażone są w układy samosterujące i samoprowadzące, z minimalną, bezpośrednią interwencją człowieka [1].

Z globalnego systemu pozycjonowania nie można skorzystać w nawigacji podziemnej, gdyż warstwa skał i gleby tłumi jakiekolwiek sygnały z zewnątrz. Podziemną nawigację zdefiniować można jako bezustanne porównywanie pozycji rzeczywistej z pozycją, w której dany obiekt powinien się znaleźć. Jest to tzw. pozycjonowanie względne. Metodzie tej towarzyszy efekt kumulacji błędów, dlatego co pewien czas powinna mieć miejsce procedura absolutnego pozycjonowania [2].

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

W przypadku technik nawigacji podziemnej stosuje się głównie systemy działające w oparciu o pomiary przy użyciu lasera. Takie rozwiązania wykorzystuje się głównie podczas drążenia tuneli oraz w kopalniach rud metali, a więc w wyrobiskach niezagrożonych wybuchem metanu i pyłu węglowego. Przykładem tego typu rozwiązań jest nawigacja za pomocą obrotowych laserów i nieruchomych zwierciadeł, które montuje się na ociosie wyrobiska (chodnika). Obracający się laser, wraz z detektorem, jest zamontowany na dachu pojazdu. Na podstawie promieni odbitych od zwierciadeł oraz ich kątów padania, które zmieniają się podczas przemieszczania pojazdu, układ logiczny wyznacza kierunek jego przemieszczania oraz pozycję w wyrobisku [2].

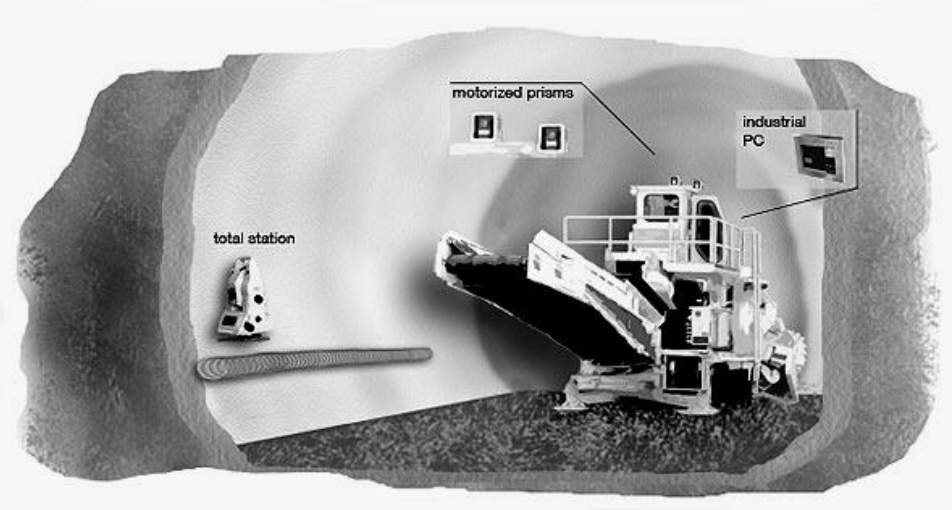
Istnieją również metody nawigacji wykorzystujące skanery laserowe (rys. 1) montowane po obu stronach pojazdu. Metoda ta nie wymaga stosowania jakichkolwiek dodatkowych znaczników, gdyż ciągłe skanowanie umożliwia odtworzenie obrazu ociosu wyrobiska, które staje się punktem odniesienia. Zaimplementowane w systemie oprogramowanie wyszukuje szczególne znaki w obrazie wyrobiska i porównuje je z utworzoną wcześniej, w ten sam sposób, mapą. Na tej podstawie określa się bieżącą pozycję pojazdu. Technika ta wymaga bardzo dużej mocy obliczeniowej procesora zastosowanego w systemie [2].



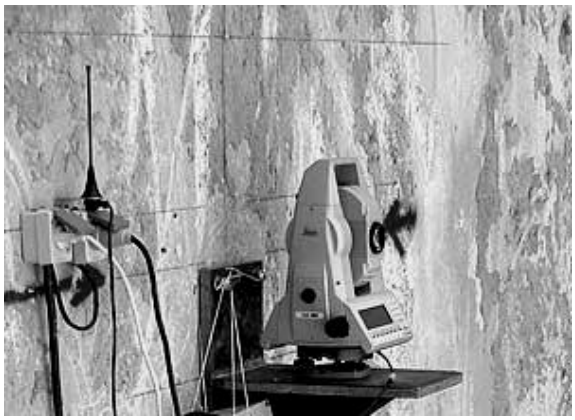
Rys.1. Skaner laserowy zamontowany na maszynie [2]

Innego rodzaju systemy nawigacyjne, takie jak PPS-RH (rys. 2) oraz SLS-Roadheader (rys. 5 i 6), dedykowane są głównie do kombajnów drążących tunele. Umożliwiają wyznaczenie pozycji kombajnu względem osi oraz profilu wyrobiska. Z systemu tego korzystają wiodący producenci kombajnów chodnikowych m.in. SANDVIK.

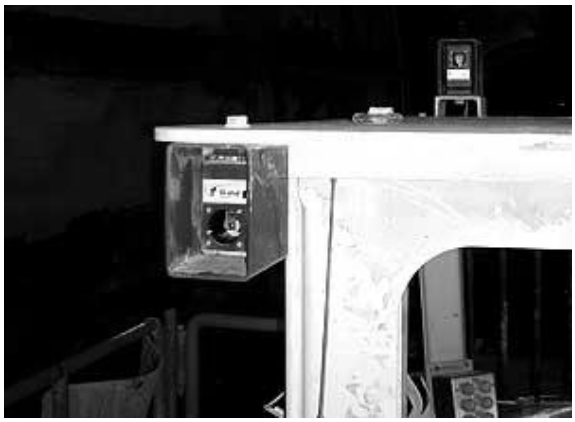
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.2. System PPS-RH firmy PPS (Poltinger Prcision System) GmbH [3]



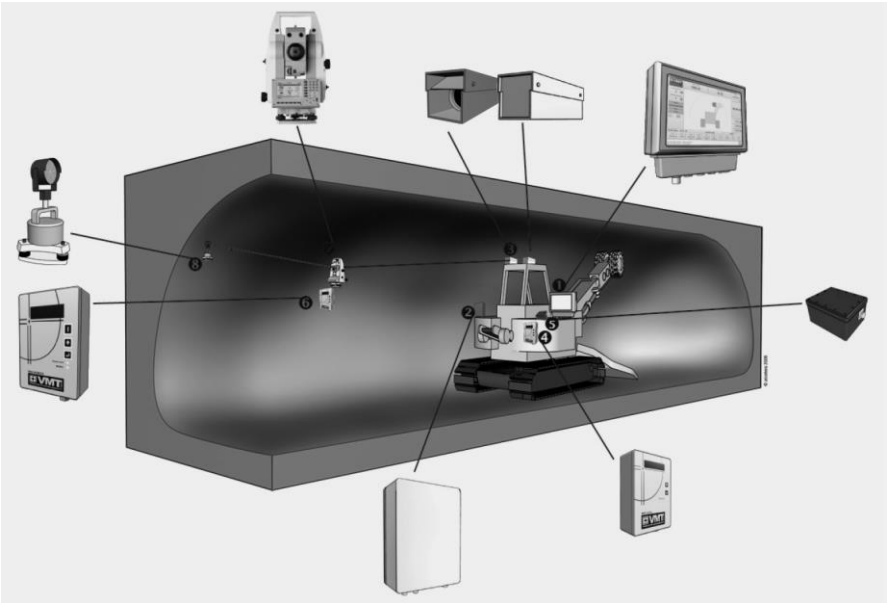
Rys.3. Teodolit laserowy wykorzystany w systemie podziemnej nawigacji [3]



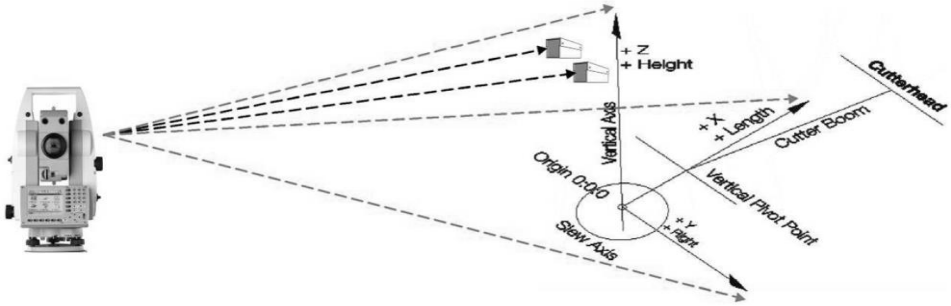
Rys.4. Pryzmaty montowane na kabinie kombajnu [3]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

W tych systemach pozycja kombajnu chodnikowego w wyrobisku jest wyznaczana za pomocą teodolitu laserowego (rys. 3), który jest umieszczony w ściśle określonym miejscu wyrobiska. Teodolit mierzy odległość do pryzmatów optycznych odbijających promień lasera (rys. 4) umieszczonych na kombajnie oraz do pryzmatu referencyjnego, umieszczonego w innej części wyrobiska. Systemy te wyposażono również w szereg dodatkowych komponentów pomiarowych, takich jak inklinometry, czujniki wysunięcia oraz obrotu wysięgnika, dzięki czemu możliwe jest określenie orientacji kombajnu oraz położenia głowicy urabiającej. Potencjalne rozbieżności położenia kombajnu względem osi wyrobiska, wyznaczone przez teodolit, są wysyłane drogą radiową do układu sterowania kombajnu, co umożliwia wprowadzenie odpowiednich korekt położenia. Bieżąca orientacja kombajnu oraz położenie głowicy urabiającej są wyświetlane na ekranie pulpitu operatora [3, 4].



Rys.5. Budowa systemu SLS-Roadheader firmy VTM [4]



Rys.6. Określanie pozycji organu urabiającego [4]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Istnieją również systemy przewidywane do pracy w kopalniach węgla kamiennego. Najważniejszym zadaniem, które spełniają jest wspomaganie pracy operatora ze względu na bardzo silne zapylenie towarzyszące procesowi urabiania calizny. Na ekranie pulpitu operatora wyświetlana jest aktualna pozycja głowicy urabiającej względem zaprojektowanego profilu wyrobiska oraz orientacja kombajnu.

Pierwszym przykładem tego typu rozwiązania jest kombajn chodnikowy KTW-200 (rys. 7) oferowany przez spółkę KOPEX Machinery SA, który wyposażony jest w system pozycjonowania w osi chodnika, wraz z systemem poziomowania.

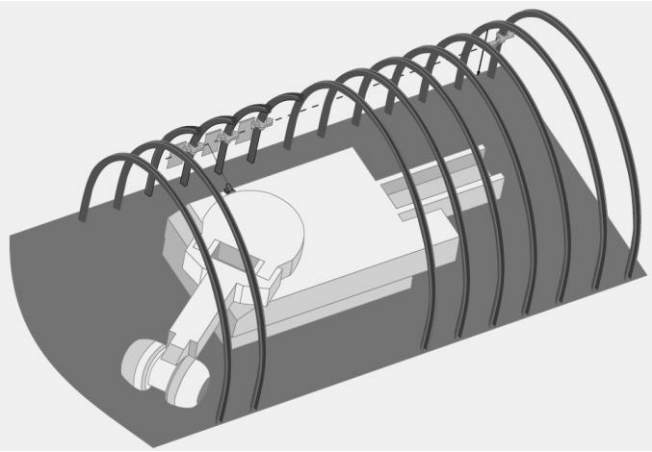


Rys.7. Kombajn chodnikowy KTW-200 firmy KOPEX Machinery SA [5]

Do określenia położenia kombajnu w wyrobisku wykorzystywane są cztery dalmierze laserowe oraz inklinometr dwuosiowy. Na ociosach wyrobiska, po obu stronach kombajnu chodnikowego, zabudowywane są specjalne ekrany. Położenie kombajnu określa się poprzez pomiar odległości od powierzchni tych ekranów.

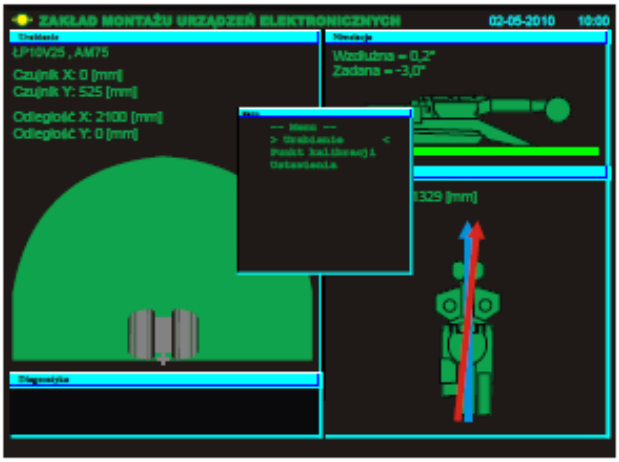
Drugim przykładem jest System Monitorowania Głowicy Urabiającej MINOS-2 opracowany przez Zakład Montażu Urządzeń Elektronicznych w Tychach. Położenie korpusu kombajnu określane jest za pomocą dalmierza laserowego, który mierzy odległość od płyt pokrytych materiałem odblaskowym montowanych na elementach obudowy chodnika (rys. 8). Dalmierz zabudowany jest na platformie obrotowej na korpusie kombajnu. Prostoliniową trajektorię drążonego wyrobiska określa wskaźnik laserowy, montowany również na obudowie chodnika. Wiązka laserowa wskazuje zadany kierunek.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.8. Model wyrobiska obrazujący rozmieszczenie elementów optycznych systemu MINOS-2 [6]

Na pulpicie operatora (rys. 9) wyświetlane jest położenie głowicy urabiającej względem kombajnu lub chodnika, wraz z zaznaczonym przekrojem poprzecznym drążonego chodnika oraz pochyleniem wzdłużnym i poprzecznym kombajnu względem poziomu. System sygnalizuje zbliżanie się organu do granicy, określonej założonym przekrojem poprzecznym chodnika. System MINOS-2 usprawnia w istotny sposób wykonanie poprawnego przekroju wyrobiska pod określoną obudowę [6].



Rys.9. Ekran informujący o aktualnym położeniu głowicy oraz orientacji kombajnu [6]

Przedstawione systemy podziemnej nawigacji znalazły zastosowanie głównie w wyrobiskach, w których nie występuje zagrożenie wybuchem pyłu węglowego i metanu, a co za tym idzie nie ma konieczności budowania systemów zgodnych z dyrektywą ATEX. Obecnie trwają prace nad implementacją podobnych rozwiązań w górnictwie węglowym, jednakże zaostrzone przepisy

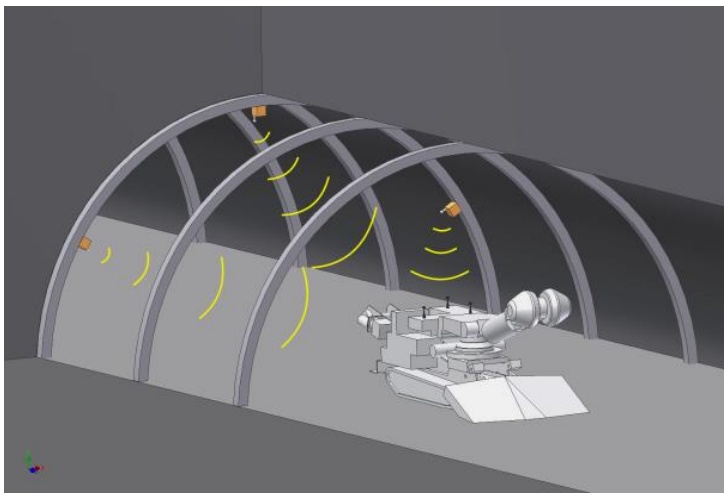
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

dotyczące konstrukcji urządzeń uniemożliwiają bezpośrednią implementację rozbudowanych urządzeń pomiarowych, takich jak teodolit czy skaner laserowy. Dodatkowo metoda laserowa nie umożliwia identyfikacji przesunięć w trzech osiach układu odniesienia, w związku z czym brak jest w pełni funkcjonalnych systemów nawigacji maszyn pracujących w podziemiach kopalń węglowych. Dodatkową wadą przedstawionych systemów jest prostoliniowa trajektoria urabiania wyrobiska. Kombajn porusza się wzdłuż promienia teodolitu laserowego, bądź też wzdłuż ekranów.

3. System pozycjonowania kombajnu chodnikowego według koncepcji ITG KOMAG

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG trwają prace związane z opracowaniem innowacyjnej, jeśli chodzi o zastosowanie w kopalni, metody określania bieżącego położenia i orientacji kombajnu chodnikowego w wyrobisku korytarzowym wykorzystującej zjawiska falowe. Główne założenia proponowanej koncepcji systemu pozycjonowania:

- możliwość skutecznej oraz niezawodnej pracy systemu w trudnych warunkach kopalni węgla kamiennego, związanych m.in. z dużym zapyleniem, które towarzyszy procesowi urabiania,
- system powinien umożliwiać ciągłą pracę, w minimalnym okresie kilkunastu godzinnym, błąd położenia, po tym czasie, powinien być jak najmniejszy i nie powinien przekraczać kilku centymetrów,
- wybrana metoda umożliwi prawidłowe wskazywania pozycji kombajnu poruszającego się według zadanej, dowolnej trajektorii, nie tylko prostoliniowej.



Rys.10. Metoda pozycjonowania kombajnu chodnikowego wykorzystująca zjawiska falowe [źródło: opracowanie własne]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Pierwowzorem proponowanej metody jest system nawigacji satelitarnej GPS, w którym położenie określa się w odniesieniu do satelitów umieszczonych na orbicie okołoziemskiej. Znając prędkość fali elektromagnetycznej, dokładny czas wysłania sygnału oraz model atmosfery można obliczyć odległość odbiornika od satelity. W przypadku systemu instalowanego na górniczych maszynach mobilnych (kombajnach chodnikowych) rolę satelitów pełnić będą aktywne układy elektroniczne montowane na elementach obudowy chodnikowej (rys. 10).

Proponowana metoda wykorzystuje efekty zjawisk związanych z propagacją fal akustycznych w przestrzeni. Ze względu na dużą szybkość propagacji fal elektromagnetycznych bardzo trudno wykorzystać je do pomiaru niewielkich odległości. Dlatego przewidziano wykorzystanie znacznie wolniejszych fal akustycznych, o częstotliwości większej od pasma słyszalnego dla ludzkiego ucha. Odległość maszyny od elektronicznych punktów odniesienia będzie proporcjonalna do czasu propagacji fal ultradźwiękowych. Fale radiowe natomiast będą pełnić rolę sygnałów synchronizujących i komunikacyjnych [7].

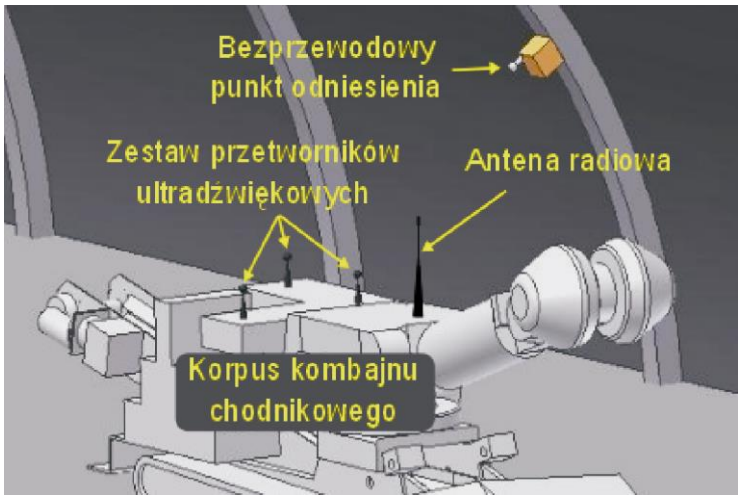
3.1. Zasada działania

Proponowana metoda pomiarowa przewiduje zabudowę na korpusie kombajnu, obok modułu sterującego, anteny radiowej oraz zestawu przetworników ultradźwiękowych, o zdefiniowanej orientacji względem kombajnu. Zastosowane elementy będą umożliwiać zarówno odbiór, jak i nadawanie fal radiowych oraz akustycznych (ultradźwiękowych). Natomiast na obudowie chodnika zainstalowane będą bezprzewodowe, aktywne układy odniesienia. Układy te to urządzenia komunikacyjne umożliwiające generowanie i odbiór zarówno fal radiowych, jak i akustycznych. Przewiduje się akumulatorowe zasilanie tych układów. Będą działać w oparciu o logikę umożliwiającą identyfikację odbieranych sygnałów, aby umożliwić natychmiastowe wysłanie fali powrotnej. Kluczowe elementy proponowanego systemu pozycjonowania przedstawiono na rysunku 11.

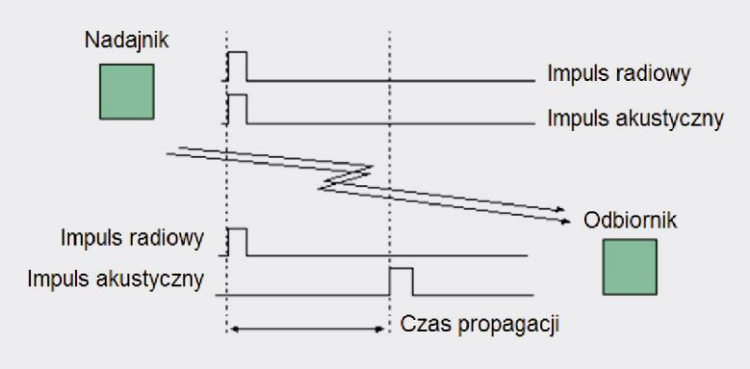
Zasada działania systemu opierać się będzie na pomiarze odległości kombajnu od punktów referencyjnych, na podstawie różnicy czasów propagacji fal akustycznych (rys. 12). Synchronizację zapewniać będzie fala radiowa, natomiast źródłem sygnału pomiarowego będzie fala ultradźwiękowa.

Każda nadawana fala będzie nieść informację zawierającą kod identyfikujący nadawcę. W związku z tym konieczne będzie stosowanie odpowiedniej modulacji wysyłanych sygnałów. Nie mniej ważna będzie kwestia zastosowania odpowiednich procedur filtracyjnych odbieranych sygnałów, w celu ich prawidłowej identyfikacji.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



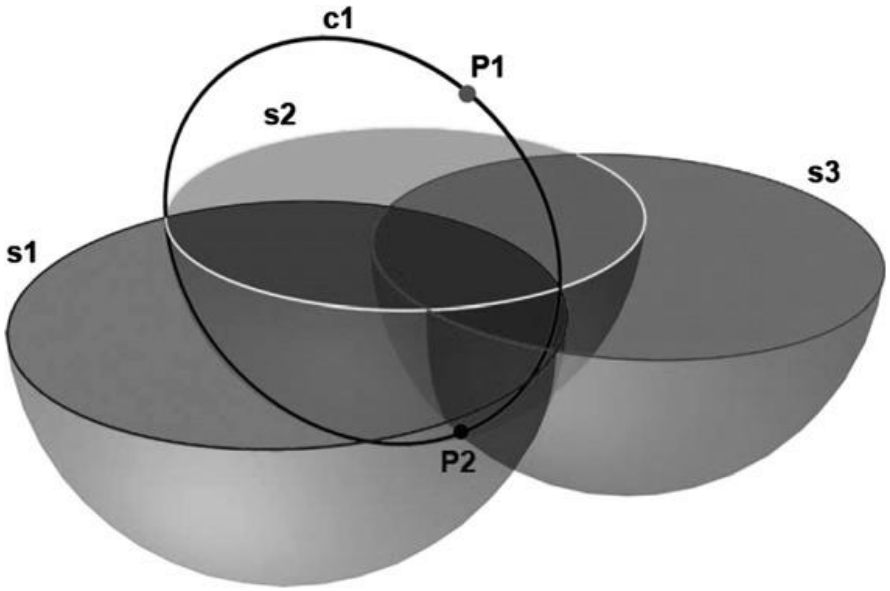
Rys.11. Elementy systemu zbudowanego zgodnie z proponowaną metodą pozycjonowania [źródło: opracowanie własne]



Rys.12. Określenie odległości na podstawie czasu propagacji fali [źródło: opracowanie własne]

Wyjściową informacją, dostarczaną przez system pozycjonowania, będą dane określające położenie oraz orientację kombajnu względem wyznaczonego profilu wyrobiska. Poprzez określenie położenia kombajnu rozumie się wyznaczenie wektora przesunięcia o współrzędnych [X, Y, Z] względem zdefiniowanego wcześniej punktu odniesienia. Istnieją dwie główne metody umożliwiające wyznaczenie położenia względnego obiektu: triangulacja oraz trilateracja. Triangulacja działa na zasadzie pomiarów kątów pomiędzy nadajnikami i odbiornikiem. Jest metodą trudniejszą ze względu na stopień skomplikowania obliczeń matematycznych oraz konieczność stosowania bardziej rozbudowanego sprzętu, w tym anten kierunkowych. Lepszym rozwiązaniem jest trilateracja, gdzie do określenia położenia wykorzystuje się tylko odległości pomiędzy punktami odniesienia i obiektem. Metoda ta wymaga minimum trzech punktów odniesienia, co pokazano na rysunku 13.

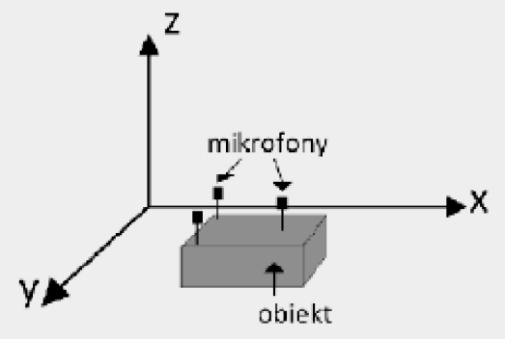
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.13. Lokalizacja położenia obiektu metodą trilateracji 3D [8]

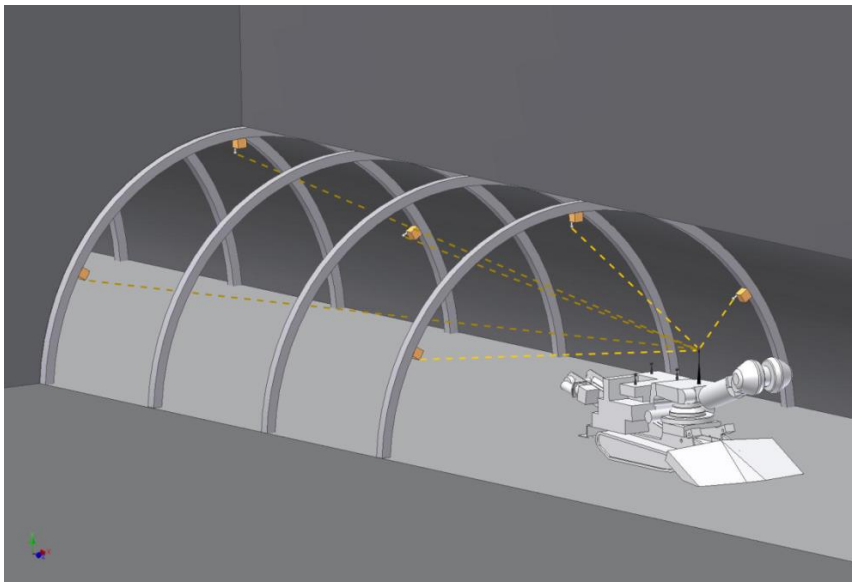
Wokół każdego punktu odniesienia definiuje się sferę, której promień równy jest dystansowi do obiektu (w omawianym przypadku przez obiekt rozumie się punkt zdefiniowany na korpusie kombajnu). Obiekt ulokowany jest na sferze. Jeżeli bierze się pod uwagę dwa punkty odniesienia, punkty przecięcia wykreślonych wokół nich sfer s1 i s2 utworzą okrąg c1, który określa możliwe położenia obiektu w przestrzeni. Jeśli uwzględni się sferę wokół trzeciego punktu odniesienia, przetnie ona uzyskany wcześniej okrąg w dwóch punktach P1 oraz P2. Uzyskane w wyniku triangulacji dwa punkty w przestrzeni reprezentują możliwe położenie obiektu. Współrzędne X i Y punktów P1 i P2 są sobie równe, natomiast współrzędne Z mają wartości przeciwne. Biorąc pod uwagę pracę w podziemnym wyrobisku, można łatwo określić, który punkt posiada poprawne współrzędne, ponieważ współrzędne drugiego punktu będą leżeć najprawdopodobniej poza obszarem wyrobiska [8].

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.14. Odpowiednia geometria przetworników ultradźwiękowych umożliwiająca wyznaczenie orientacji obiektu [źródło: opracowanie własne]

Poprzez określenie orientacji maszyny rozumie się wyznaczenie kątów odchylenia osi obiektu, względem osi układu odniesienia. Określenie orientacji kombajnu w wyrobisku podziemnym umożliwi odpowiednia geometria układów nadawczo-odbiorczych. W tym celu na kombajnie zostaną zabudowane co najmniej trzy przetworniki ułożone na płaszczyźnie (rys. 14) zdefiniowanej względem jego korpusu. Niewielkie różnice czasu odbioru fali, napływającej z określonego kierunku, przez poszczególne przetworniki, pozwolą na określenie orientacji kombajnu.



Rys.15. Automatyczna synchronizacja z nowym układem odniesienia [źródło: opracowanie własne]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Przewiduje się, że zasięg pracy z pojedynczym układem punktów odniesienia powinien wynosić kilkadziesiąt metrów. Największy wpływ na maksymalny zasięg działania proponowanego systemu będą miały zastosowane układy nadawczo-odbiorcze, zarówno fali radiowej, jak i fali ultradźwiękowej. Zastosowanie komunikacji radiowej w wyrobiskach podziemnych jest już zagadnieniem znanym, tego typu rozwiązania stosuje się m.in. w układach zdalnego sterowania maszyn za pomocą pilota. Kluczowym zagadnieniem będzie jednak uzyskanie wysokiej skuteczności działania przetworników ultradźwiękowych. W przemyśle powierzchniowym ultradźwięki znalazły zastosowanie w różnego typu aplikacjach związanych z pomiarem odległości, np. w dalmierzach oraz miernikach poziomu. Swoją popularność zyskały dzięki możliwości pracy w ciężkich warunkach środowiskowych związanych z obecnością mgły, pary wodnej, aerozolu oraz dużego zapylenia. Poprawną pracę w obecności dużego zapylenia potwierdzają liczne zastosowania tego typu rozwiązań w zbiornikach z materiałami sypkimi oraz kruszywami, w przesiewaczach, w zasobnikach kruszarek kamienia itp. Maksymalny zasięg urządzeń wykorzystujących ultradźwięki do pomiaru dystansu to kilkadziesiąt metrów. Na dokładność pomiaru w przypadku ultradźwięków pewien wpływ mają takie czynniki jak wilgotność, ciśnienie oraz temperatura.

Drążąc wyrobisko kombajn będzie się stopniowo oddalał od zainstalowanych punktów odniesienia, a więc po przebyciu pewnego dystansu wystąpi konieczność zabudowy nowego układu punktów odniesienia, w mniejszej odległości od maszyny (rys. 15). Proponowana metoda przewiduje możliwość automatycznej kalibracji, czyli automatycznego procesu wykrywania oraz przełączenia się do pracy w nowym układzie odniesienia.

4. Podsumowanie

Przedstawione rozwiązanie posłuży do opracowania systemu, który we współpracy z układem sterowania maszyn górniczych, takich jak kombajny chodnikowe, umożliwi drążenie wyrobisk według zadanej trajektorii. Pozycjonowanie maszyny górniczej umożliwi:

– podniesienie wydajności pracy, poprzez maksymalne wykorzystanie czasu pracy oraz zwiększenie efektywności procesu urabiania, dzięki optymalnej trajektorii ruchu głowicy oraz pracy pod odpowiednim obciążeniem,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- zwiększenie bezpieczeństwa poprzez ograniczenie przebywania pracowników w strefach o wysokim zagrożeniu życia i zdrowia,
- podwyższenie niezawodności maszyn poprzez ograniczenie negatywnego wpływu czynnika ludzkiego oraz awarii wynikających z braku doświadczenia operatorów,
- zoptymalizowane parametrów pracy w taki sposób, aby zapewnić wysoką wydajność, a przy tym dużą żywotność maszyn i urządzeń,
- zmniejszenie kosztów związanych z procesem wydobycia surowców.

W chwili obecnej na rynku brak jest w pełni sprawdzonych systemów automatycznej nawigacji maszyn pracujących w podziemiach kopalń. Głównym powodem utrudniającym wprowadzenie ich do stosowania w zakładach górniczych są zagrożenia i warunki środowiskowe oddziaływujące na systemy telemetryczne. Wiąże się to m.in. z koniecznością stosowania budowy przeciwwybuchowej. W rozdziale zaproponowano innowacyjną, w odniesieniu do kopalni głębinowych, metodę pomiarową, która umożliwia pracę systemu pozycjonowania w trudnych warunkach eksploatacyjnych. W chwili obecnej w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG trwają prace związane z opracowaniem systemu pozycjonowania bazującego na przedstawionej metodzie pomiarowej.

Literatura

1. Antoniak J.: W kierunku kopalni przyszłości. Surowce i Maszyny Budowlane nr 4, 2010, Wyd. BMP Sp. z o. o., s. 35–40.
2. Marianowski J.: Automatyzacja funkcjonowania maszyn roboczych w skalnym górnictwie podziemnym i odkrywkowym. Napędy i sterowanie nr 2, 2012, Wyd. „Druk-Art.” S.C., s. 120–124.
3. Strona internetowa firmy TTS GmbH: www.pps-muc.de
4. Clarke – Hackston N., Belz J., Henneker A.: Guidance for Partial Face Excavation Machines. 1st International Conference on Machine Control & Guidance, 2008.
5. Strona internetowa Grupy Kopex: www.kopex.com.pl, Kombajny chodnikowe.
6. Karta katalogowa: System Monitorowania Głowicy Urabiającej Kombajnu Chodnikowego typu MINOS-2. Zakład Montażu Urządzeń Elektronicznych, www.zmue.eu
7. Bartoszek S., Jasiulek D., Jendrysik S., Stankiewicz K.: Model autonomicznego systemu pozycjonowania maszyn w wyrobisku korytarzowym, Modelowanie Inżynierskie nr 42, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011, s. 45–51.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

8. Sanchez A., de Castro A., Elvira S., Glez-de-Rivera G., Garrido J.: Autonomous indoor ultrasonic positioning system based on a low-cost conditioning circuit. Measurement 45, 2012, s. 276–283.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ROZDZIAŁ 7

ZASTOSOWANIE INNOWACYJNYCH ROZWIĄZAŃ W PROCESACH WYDOBYWCZYCH

System wspomagania projektowania transportu kopalnianego Safe Trans Design

Jarosław Tokarczyk, Marek Dudek, Andrzej Turewicz - Instytut Techniki Górniczej KOMAG

1. Wprowadzenie

Szereg prac projektowych, których wynikiem jest Dokumentacja Układu Transportu jest prowadzona przez kopalnie, a w szczególności przez Działy Przygotowania Produkcji oraz Działy Górnicze. Udostępnienie nowego wyrobiska w którym będzie prowadzony transport, zmiana konfiguracji lub zakup nowego ciągnika podwieszonego, wymusza na użytkowniku środka transportu konieczność przeprowadzenia obliczeń trakcyjnych [3]. Obecnie spółki węglowe przeprowadzają restrukturyzację posiadanych struktur informatycznych. Restrukturyzacja ta polega m. in. na integracji rozproszonych systemów i wprowadzaniu jednolitych rozwiązań dla wszystkich kopalń.

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG rozwijane są narzędzia programowe, oparte na strukturze bazodanowej i dostępne na platformie internetowej, które wspomagają prowadzenie prac projektowych na kopalniach, związanych z transportem kolejkami podwieszonymi. Struktura narzędzi programowych pozwala na ich integrację z istniejącymi systemami IT w spółkach węglowych.

2. Ogólna charakterystyka systemu STD (Safe Trans Design)

Modułowy system kształtowania bezpieczeństwa w transporcie dołowym wspomaga projektowanie układów transportu, z zastosowaniem kolejek podwieszonych z napędem własnym. Opracowany interfejs użytkownika oraz bazodanowa struktura systemu zapewniają dostęp on-line do zasobów i umożliwiają przepływ danych pomiędzy poszczególnymi modułami tematycznymi. System pozwala na kompleksową ocenę dowolnego, konfigurowanego zestawu transportowego, składającego się z ciągnika, zestawu nośnego oraz wózków hamulcowych.

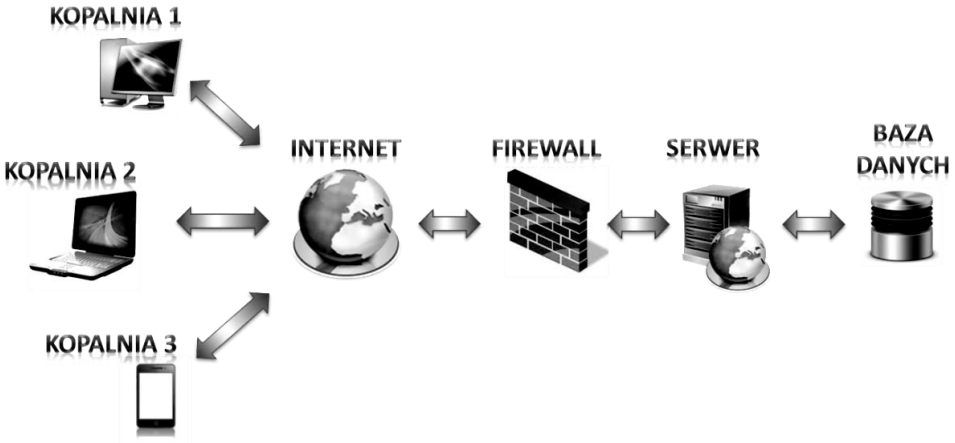
Zalety systemu to:

- dostęp dla uprawnionych użytkowników poprzez przeglądarkę internetową - brak konieczności instalacji systemu na komputerach lokalnych,
- poprawa bezpieczeństwa poprzez minimalizację możliwości popełnienia błędu podczas prowadzenia obliczeń trakcyjnych,
- możliwość oceny wielu wariantów tworzonych zestawów transportowych,
- ujednolicenie formy i automatyczne generowanie raportów z przeprowadzonych obliczeń,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- zintegrowane gromadzenie danych opisujących komponenty zestawów transportowych,
- elektroniczna archiwizacja utworzonych projektów,
- możliwość modyfikacji i rozbudowy systemu w zależności od indywidualnych wymagań użytkownika.

Koncepcję systemu przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Koncepcja systemu Safe Trans Design [źródło: opracowanie własne]

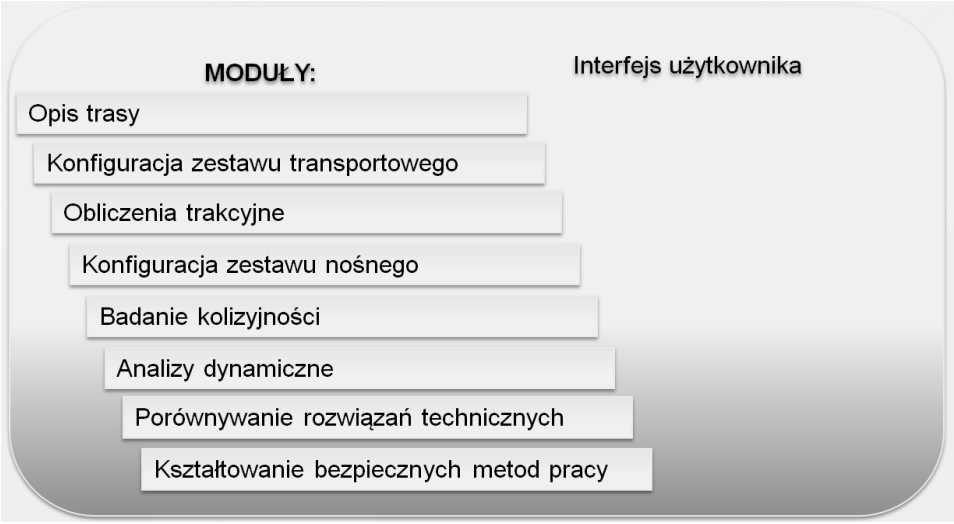
Użytkownik końcowy systemu (kopalnia) za pomocą komputera stacjonarnego, laptopa, tabletu, PDA, loguje się do systemu poprzez dowolną przeglądarkę internetową. System zainstalowany jest na serwerze (dowolna lokalizacja) i umożliwia uzyskanie połączeń szyfrowanych, jak również wprowadzenie ograniczeń dostępu do systemu. Po zalogowaniu i uwierzytelnieniu użytkownika w systemie, użytkownik uzyskuje uprawnienia do korzystania z poszczególnych modułów systemu, zasobów bazy danych środków transportu oraz utworzonych w systemie projektów.

3. Struktura systemu STD

System STD składa się z następujących modułów tematycznych, rysunek 2.

Interfejs użytkownika umożliwia zalogowanemu użytkownikowi na korzystanie z poszczególnych modułów tematycznych, do których posiada uprawnienia. W zależności od przydzielonych uprawnień użytkownika, możliwy jest dostęp do bazy danych, modyfikacja i rozbudowa jej zasobów, poprzez dodanie nowych charakterystyk środków transportu oraz tworzenie nowych projektów. W tym wypadku pojęcie projektu obejmuje jedną konfigurację zestawu transportowego, która oceniania jest względem różnych kryteriów technicznych w modułach systemu STD.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.2. Wykaz modułów tematycznych systemu kształtowania bezpieczeństwa w transporcie dołowym STD [źródło: opracowanie własne]

Moduł opisu trasy służy do wprowadzenia następujących danych opisujących wyrobisko chodnikowe, w którym znajduje się trasa kolejki podwieszonej:

- dane obudowy chodnikowej wyrobiska, w którym prowadzone są prace transportowe,
- lokalizacja jezdni kolejki podwieszonej w przekroju poprzecznym wyrobiska,
- maksymalne nachylenie trasy,
- dane szyn, z których zbudowana jest trasa kolejki.

Za pomocą modułu konfiguracji zestawu transportowego przeprowadza się kompletację podwieszonego zestawu transportowego z zasobów bazy danych, które są dostępne dla zalogowanego użytkownika. Skonfigurowany zestaw transportowy może być następnie przekazany do modułu obliczeń trakcyjnych, modułu analizy kolizyjności i modułu analiz dynamicznych.

Moduł obliczeń trakcyjnych opracowano na podstawie doświadczeń uzyskanych podczas realizacji projektu badawczego MINTOS [2]. Umożliwia on przeprowadzenie obliczeń trakcyjnych dla dowolnie skonfigurowanego podwieszonego zestawu transportowego.

Zadaniem modułu konfiguracji zestawu nośnego jest tworzenie schematów kinematycznych modułowych zestawów nośnych, na podstawie których obliczane są wartości sił w zawiesiach zestawu oraz wartości sił statycznych na rolkach nośnych [4]. Na tej podstawie możliwe jest wyznaczenie charakterystyk nośności zestawu nośnego, które obecnie są opracowywane przez producentów

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

[1]. W ten sposób utworzony zestaw nośny może być stosowany jako składnik zestawu transportowego oraz przekazany do modułu analizy kolizyjności oraz modułu analiz dynamicznych.

Moduł analizy kolizyjności umożliwia:

- na etapie tworzenia projektu systemu transportu: sprawdzenie przekrojów poprzecznych wyrobiska, lokalizacji trasy kolejki, przejazdów przez skrzyżowania, zakręty itp.,
- na etapie weryfikacji projektu systemu transportu (realizacji prac transportowych): uwzględnienie zmniejszenia się przekrojów poprzecznych wyrobisk na skutek działania ciśnienia górotworu.

Analizy kolizyjności można przeprowadzać zarówno dla modeli płaskich (tryb 2D – wyznaczenie obwiedni transportowanego ładunku), jak również dla modeli przestrzennych (tryb 3D – wyznaczenie brył kolizyjności). Wyniki analizy kolizyjności zapisywane są do pliku DWG programu AutoCAD, co daje możliwość ich dalszej edycji przez pracowników Działów Przygotowania Produkcji kopalń.

Moduł analiz dynamicznych umożliwia wykonanie analiz dynamicznych zestawu transportowego lub wybranego zestawu nośnego pod kątem wyznaczenia takich wielkości, jak:

- siły dynamiczne ściskające i rozciągające w cięgłach zestawu transportowego dla jazdy na upadzie i po wzniosie,
- opóźnienia oraz zmiana prędkości podczas awaryjnego hamowania,
- siły dynamiczne w złączach szyn i zawiesiach.

W module analiz dynamicznych zastosowano program oparty na kinematyce i dynamice układów wieloczłonowych MBS (ang. MultiBody System). Uzyskane wyniki mogą również stanowić dane wejściowe do dalszych analiz numerycznych, np. wykorzystujących metodę elementów skończonych [4].

Ze względu na złożoność przygotowania danych wejściowych zadania obliczeniowego, sugerowane jest zastosowanie partycypacyjnego trybu projektowania z udziałem ekspertów z kopalń oraz specjalistów prowadzących obliczenia [6].

Zadaniem modułu porównywania rozwiązań technicznych jest analiza wybranych parametrów technicznych tych samych grup środków transportu. Wyniki porównania zapisywane będą w postaci tabelarycznej.

Zadaniem modułu kształtowania bezpiecznych warunków pracy jest ustanowienie połączenia pomiędzy procesem projektowania, a eksploatacją środków technicznych i procesem szkoleń. Wspomaganie szkoleń dla pracowników transportu realizowane jest z zastosowaniem najnowszych technologii informacyjno-komunikacyjnych. Zaletą modułu jest prowadzenie bloków szkolenio-

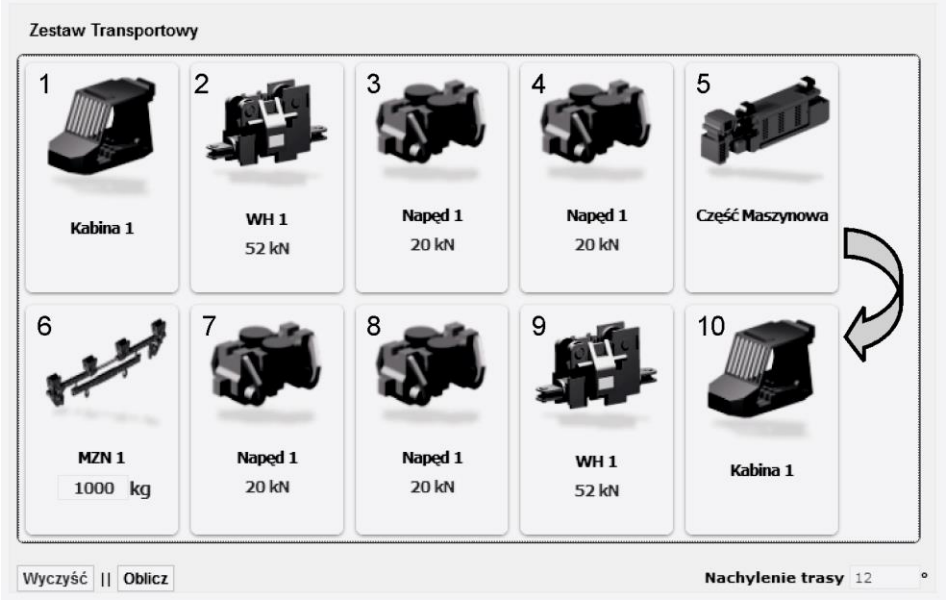
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wych w formie wykładów, ćwiczeń oraz testów, zapewniających kształtowanie wiedzy i weryfikację umiejętności uczestnika szkolenia.

Spośród wymienionych modułów tematycznych, przedstawione zostaną: moduł konfiguracji zestawu transportowego oraz moduł obliczeń trakcyjnych. Opisane moduły tematyczne mogą być również stosowane osobno, jako autonomiczne, rozwiązujące zadania cząstkowe.

4. Moduł konfiguracji zestawu transportowego

Zadaniem modułu jest konfiguracja zestawu transportowego złożonego z dostępnych komponentów, jakie znajdują się w bazie danych. Tak skonfigurowany zestaw jest następnie przekazywany do kolejnych modułów tematycznych systemu STD. Konfiguracja zestawu transportowego odbywa się na stronie internetowej poprzez „przeciąganie" następujących, aktywnych elementów graficznych: kabina, zespół napędowo-hamulcowy, część maszynowa, zestaw nośny, ława do przewozu osób, wózek hamulcowy. Aktywny element graficzny, reprezentujący dany komponent podwieszonego zestawu transportowego, zawiera dodatkowe dane potrzebne do obliczeń, takie jak: siła hamowania, siła napędowa oraz masa komponentu. Dane te pobierane są automatycznie z bazy danych. Na rysunku 3 przedstawiono przykład kompletnego zestawu podwieszonego, złożonego z aktywnych elementów graficznych.

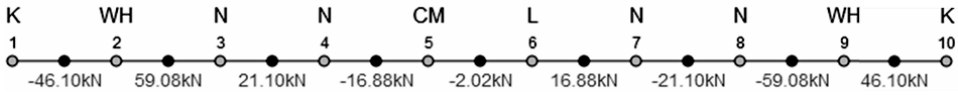


Rys.3. Przykładowy zestaw transportowy [5]

Po skonfigurowaniu zestawu, dla podanego nachylenia trasy, obliczane są reakcje wzdłużne w cięgłach. Po przeprowadzeniu obliczeń, wynik wyświetlany

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

jest w postaci graficznej i tabelarycznej. Na rysunku 4 przedstawiono wartości sił wzdłużnych ściskających (znak „-") i rozciągających (znak „+") w poszczególnych cięgłach zestawu transportowego, tj. punktach redukcji sił.



Rys.4. Przykład wyników obliczeń dla poszczególnych komponentów zestawu transportowego dla jazdy na wzniosie [5]

Wyniki obliczeń są również przedstawiane w formie tabeli, obejmującej zarówno jazdę na upadzie, jak i po wzniosie, rysunek 5.

Lp.	Numer cięgła	Symbol	Wznios [kN]	Upad [kN]
1	1-2	K - WH	-46.10	10.33
2	2-3	WH - N	59.08	-92.93
3	3-4	N - N	21.10	-51.69
4	4-5	N - CM	-16.88	-10.45
5	5-6	CM - L	-2.02	-1.25
6	6-7	L - N	16.88	10.45
7	7-8	N - N	-21.10	51.69
8	8-9	N - WH	-59.08	92.93
9	9-10	WH - K	46.10	-10.33

Rys.5. Przykład wyników obliczeń w postaci tabeli [5]

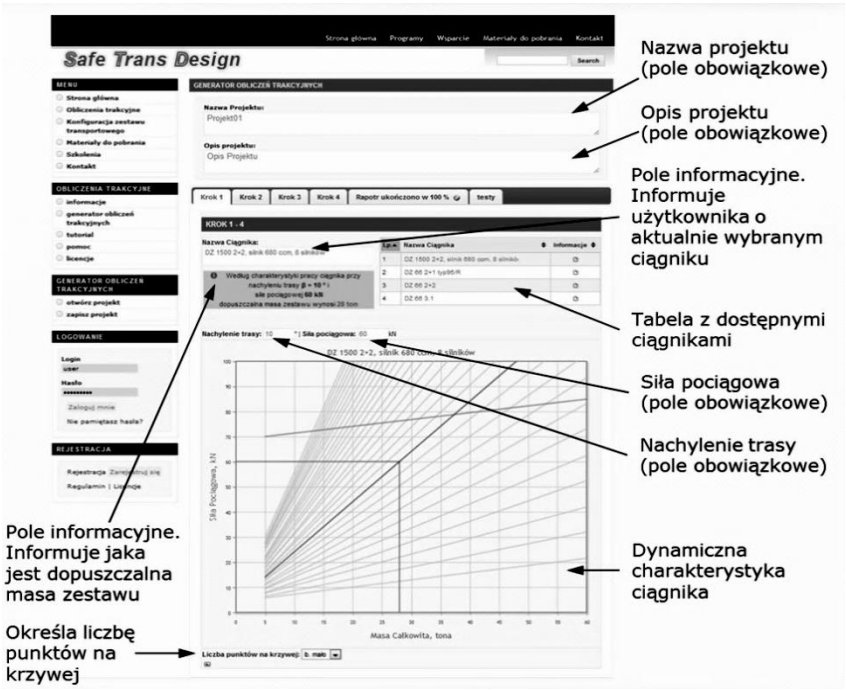
5. Moduł obliczeń trakcyjnych

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki [3] w każdej dokumentacji układu transportu muszą być zamieszczone wyniki obliczeń trakcyjnych, przeprowadzone dla wybranych konfiguracji zestawu transportowego. Obliczenia te dotyczą odcinków trasy transportu o największym nachyleniu. Moduł obliczeń trakcyjnych może stanowić część wielokryterialnej oceny zestawu transportowego lub być wywoływany jako autonomiczne narzędzie do wspomagania obliczeń trakcyjnych. W takim przypadku wszystkie niezbędne dane są wprowadzane przez użytkownika w kolejnych krokach modułu.

W kroku pierwszym, użytkownik wybiera dany ciągnik, który będzie zastosowany w projekcie. Następnie automatycznie generowany jest wykres z charakterystyką trakcyjną ciągnika, rysunek 6.

Po podaniu przez użytkownika nachylenia trasy, na charakterystyce wyświetlane są dodatkowe informacje dotyczące dopuszczalnej masy całkowitej kompletnego zestawu transportowego w funkcji prędkości prowadzenia transportu i siły pociągowej. Możliwe jest również wyświetlenie dodatkowej informacji, zawierającej dane techniczne ciągnika, rysunek 7.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.6. Formularz do wprowadzania danych ciągnika w systemie STD [5]

DANE CIĄGNIKA

Lp.	DANE CIĄGNIKA	WARTOŚĆ	JEDNOSTKA
1	MOC SILNIKA	80	kW
2	NOMINALNA SIŁA POCIĄGOWA	80	kN
3	STATYCZNA SIŁA HAMOWANIA	120	kN
4	MASA WŁASNA	6600	kg
5	MASA KABINY	490	kg
6	DŁUGOŚĆ CIĄGNIKA	12200	mm
7	SZEROKOŚĆ CIĄGNIKA	800	mm
8	WYSOKOŚĆ OD DOLNEJ KRAWĘDZI	1230	mm
9	MAKSYMALNA PRĘDKOŚĆ	1.4	m/s
10	DOPUSZCZALNE NACHYLENIE TORU	30	°
11	ILOŚĆ PAR KÓŁ NAPĘDOWYCH	4	-
12	ILOŚĆ PAR SZCZĘK HAMULCOWYCH	6	-
13	OPÓR JEZDNY	300	N/tone nacisku
14	POCZĄTKOWA PRĘDKOŚĆ ZESTAWU JEZDNEGO V_{A1} (przetwornik prędkości w wózku nośnym)	2.4	m/s
15	POCZĄTKOWA PRĘDKOŚĆ ZESTAWU JEZDNEGO PRZY WYZWOLENIU OGRANICZNIKÓW PRĘDKOŚCI CIĄGNIKA V_{A2} (wyzwalacz odśrodkowy)	2.6	m/s
16	CZAS ZAMKNIĘCIA HAMULCA PRZEZ PRZETWORNIK PRĘDKOŚCI t_{A1}	0.5	s
17	CZAS WYZWALANIA OGRANICZNIKÓW PRĘDKOŚCI WYZWALACZA ODŚRODKOWEGO t_{A2}	0.3	s

Cancel

Rys.7. Przykładowe dane techniczne ciągnika kolejki podwieszonej [5]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

W kolejnych krokach modułu wprowadzane są dane, dotyczące wózków hamulcowych, poprzez podanie nazwy i liczby wózków. Po wybraniu wózka lub układu wózków, wyświetlany jest wykres, reprezentujący charakterystykę hamowania. Dane dotyczące zestawów nośnych, wciągników, trawers poprzecznych i wzdłużnych wprowadzane są poprzez interaktywną tabelę, która jest „rozwijana" w zależności od ilości zestawów nośnych.

Skonfigurowany zestaw transportowy uzupełniany jest o informacje obejmujące ewentualną korektę masy zestawu (dodanie lub zmniejszenie) wraz z komentarzem. W ten sposób przygotowane dane wejściowe przesyłane są do serwera obliczeniowego, który przeprowadza obliczenia i tworzy raport.

Wariantowanie prowadzenia obliczeń trakcyjnych może obejmować obliczanie drogi hamowania:

- wózkiem hamulcowym z uwzględnieniem masy ciągnika,
- wózkiem hamulcowym bez uwzględnienia masy ciągnika,
- wózkiem hamulcowym i ciągnikiem jednocześnie,
- tylko ciągnikiem,
- zestawu bez ładunku na poziomym wyrobisku,
- zestawu transportowego w zależności od kierunku ruchu na upadzie (jazda w górę lub w dół).

6. Koncepcja integracji systemu STD z systemami informatycznymi JSW S.A.

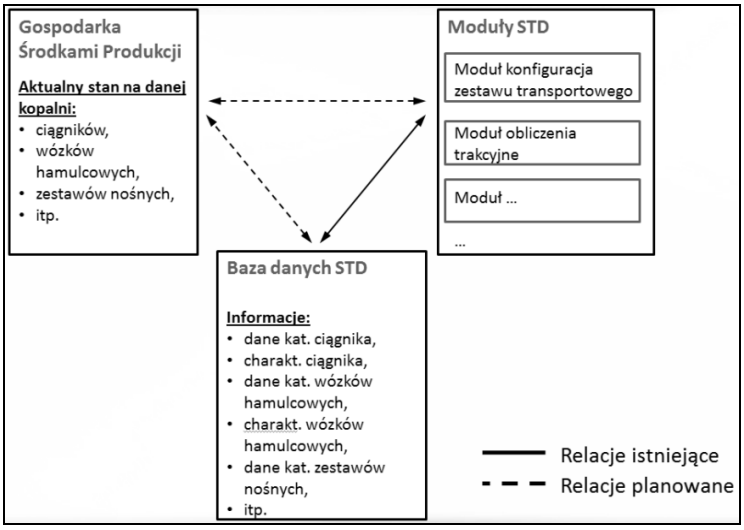
Podstawowym systemem informatycznym w Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A. jest system SZYK2, autorstwa Centralnego Ośrodka Informatyki Górnictwa S.A., składający się z modułów dziedzinowych oraz kartotek współdzielonych. Pozwala on na wydzielenie ról w każdym ze zdefiniowanych modułów oraz dzięki zbudowanym interfejsom, umożliwia integrację z systemami specjalistycznymi. Jednym z modułów systemu SZYK2, jest Gospodarka Środkami Produkcji [7].

Podstawowym celem integracji systemu STD z systemami informatycznymi JSW S.A. jest zapewnienie użytkownikowi dostępu do pełnego zakresu, ciągle aktualizowanych danych na temat miejsca pracy i urządzeń w nim się znajdujących. Koncepcję integracji systemu STD z modułem Gospodarka Środkami Produkcji przedstawiono na rysunku 8.

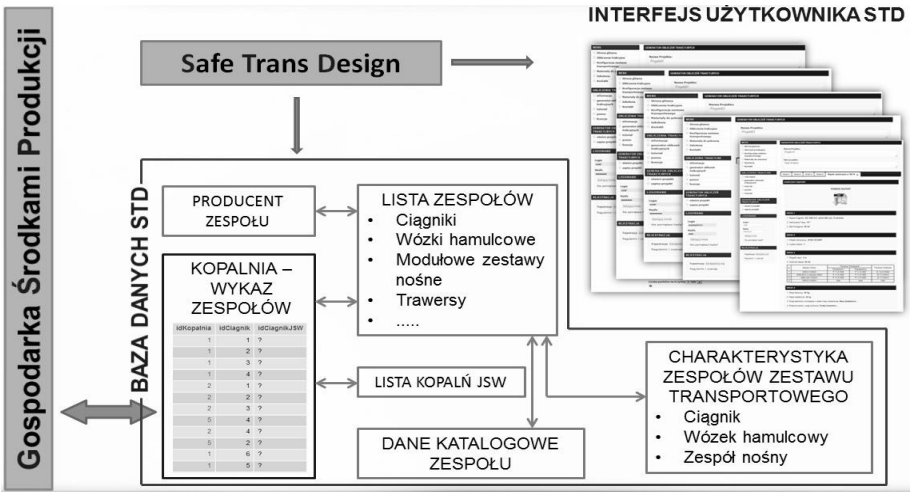
Moduł Gospodarka Środkami Produkcji zawiera informacje odnośnie środków transportu, dostępnych w JSW, oraz ich podział na poszczególne kopalnie. Po zalogowaniu się użytkownika w systemie, zostaje on przydzielony do odpowiedniej kopalni. Tym samym, mając odpowiednie uprawnienia, uzyskuje dostęp do środków transportu dostępnych w danej kopalni. Jeśli użytkownik tworzy

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

projekt systemu transportu i korzysta z modułu obliczeń trakcyjnych, przy doborze ciągnika system STD wysyła zapytanie do modułu GŚP odnośnie dostępnych ciągników. Informacja zwrotna uzyskana z systemu GŚP jest następnie wyświetlana w formie listy w module obliczeń trakcyjnych. Po wyborze ciągnika jego dalsze dane (karta katalogowa, charakterystyka trakcyjna) są pobierane z bazy danych środków transportu systemu ITG KOMAG. Elementem łączącym obie bazy danych jest identyfikator ciągnika. Przykładowy przepływ danych pomiędzy systemem GŚP i STD dla wyboru ciągnika kolejki podwieszonej przedstawiono na rysunku 9.



Rys.8. Koncepcja integracji systemu STD z modułem Gospodarka Środkami Produkcji [źródło: opracowanie własne]



Rys.9. Przepływ danych pomiędzy systemami GŚP i STD podczas wyboru składnika zestawu transportowego [źródło: opracowanie własne]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

7. Podsumowanie

Integracja systemu STD z istniejącą strukturą informatyczną spółek węglowych jest możliwa dzięki budowie bazodanowej systemu STD oraz dostępie przez platformę internetową. W ten sposób poszczególne moduły funkcjonalne systemu STD są dostępne dla użytkownika (kopalni). Połączenie z modułami informatycznymi, stosowanymi w danej spółce zapewnia, że poszczególne elementy składowe zestawów transportowych są aktualizowane i odzwierciedlają faktyczny ich stan i dostępność na danej kopalni.

Struktura bazodanowa systemu STD umożliwia ustawiczne zwiększanie jego funkcjonalności, poprzez dołączanie kolejnych podsystemów wspomagających prace inżynierskie, np. pracowników Działów Przygotowania Produkcji oraz Działów Inwestycji, co w konsekwencji przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa pracy w kopalniach.

Literatura

1. FAMA: Katalog wyrobów segmentu lądowo-górniczego. Gniew, 201.1.
2. MINTOS (fundusz RFCS) – Contract no. RFCR-CT-2007-00003 Improving Mining Transport Reliability (podniesienie niezawodności transportu kopalnianego). Okres realizacji: 07.2007-06.2010.
3. 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).
4. Tokarczyk J., Szewerda K., Turewicz A.: Identyfikacja oddziaływań dynamicznych maszyn i urządzeń w górniczym transporcie podziemnym. Prace badawcze Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. Gliwice, 2011. Nie publikowana.
5. Tokarczyk J., Turewicz A.: Opracowanie modułowego systemu wspomagania kształtowania bezpieczeństwa w podziemnym transporcie górniczym. Prace badawcze Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. Gliwice, 2012. Nie publikowana.
6. 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.
7. Winkler T., Tokarczyk J., Michalak D., Rozmus M., Turewicz A., Polak P., Myśliwiec B.: Technologie informatyczne wspomagające bezpieczeństwo pracy w kopalniach JSW S.A. Wiadomości Górnicze 7-8/2012, s. 451-460.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Nowe rozwiązania stacji przesypowych przenośników taśmowych dla górnictwa podziemnego

Horst Gondek, Anna Plchová, Tomáš Kubín – VŠB Technical University of Ostrava, **Jiří Neruda** – Severočeské doly, a.s., **Leo Boháč** – DvB – ANKER FLEXKO, s.r.o.

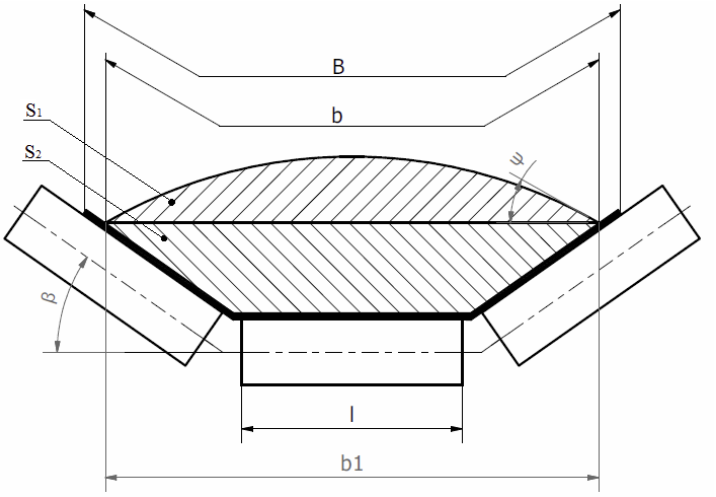
1. Úvod

V provozních podmínkách dolů se velmi často setkáváme s tím, že nám dochází k porušení dopravníkových pásů a to především z důvodu jejich průrazu. Protože cena dopravních pásů je velmi vysoká a v dnešní době se bere především ekonomika těžby, hledají se cesty jak těmto poruchám zabránit. V poslední době se v České republice ukázalo, že jedním z řešení použití tak zvaných impaktních přesýpacích stanic dochází k podstatnému snížení poruch dopravních pasů.

2. Současný stav

Doposud známá provedení by se dala rozdělit do dvou základních provedení:

– Provedení zhuštěním válečků v místě dopadu na horní větvi v pevných podpěrách válečků.



Obr.č.1. Uspořádání válečků

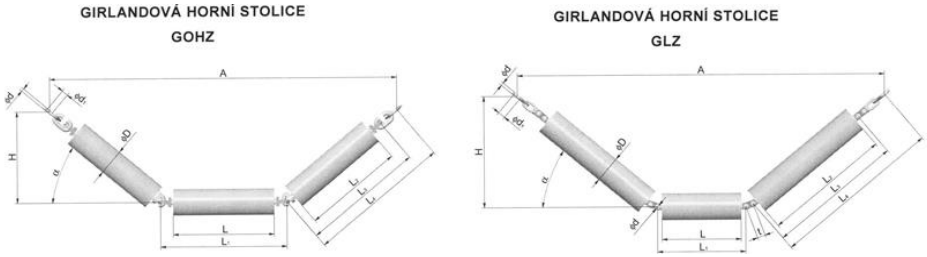
Tato konstrukce dopadových míst je doposud nejčastější používaným typem provedení,u kterého je jediným pružným elementem dopravní pás, jenž tlumí a zachycuje veškerou kinetickou energii dopravovaného materiálu a zároveň udržuje směr dopravy. Dochází zde k častým průrazům díky bodovému

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

(přímkovému) styku pás – váleček, nepružnosti konstrukce uchycení válečků, vybočování pásu ze směru jízdy vlivem nestejnoměrného dopadu dopravovaného materiálu, složité zabezpečení zpětného vracení do původního směru, zklidnění samotného přepravovaného materiálu a v neposlední řadě k destrukcí pevné konstrukce tratě pásového dopravníku.

– Provedení pomocí girland

Tato konstrukce má snahu lépe vyrovnávat směr pohybu pásu a tlumení jedné ze složek kinetické energie dopravovaného materiálu.Tyto stolice našly uplatnění zejména u těžkých pásových dopravníků s velkou korýtkovosti. Má však obdobné problémy jako válečková stolice,zejména průrazy a destrukce tratě dopravníku.



Obr.č.2. Uspořádání válečků na girlandě

Novým směrem se vydávají konstrukce dopadových míst za pomocí zavěšení pásu na konstrukci dopravníku v místě dopadu pod dopravní pás, ať z pryže nebo poslední pokusy jsou prováděny s polyuretany jako vodítky snižující tření mezi pásem a zavěšením.

Firma Anker-Flexco (DvB-AF s.r.o.) se však vydává směrem kde k tlumení dopadové energie a usměrnění dopravního pásu používá tak zvané IMPAKTNÍ TYČE.

Impaktní dopadová stolice vychází z poznatků shora uváděných provedení se snahou odstranit zápory těchto konstrukcí. t.j. zejména bodový styk dopravníkový pás a váleček (průraz), tvrdá konstrukce lože dopadové stolice, neudržení směru, neuklidnění přepravovaného materiálu a malé možnosti utěsnění celého prostoru dopadu, pokud se to požaduje.

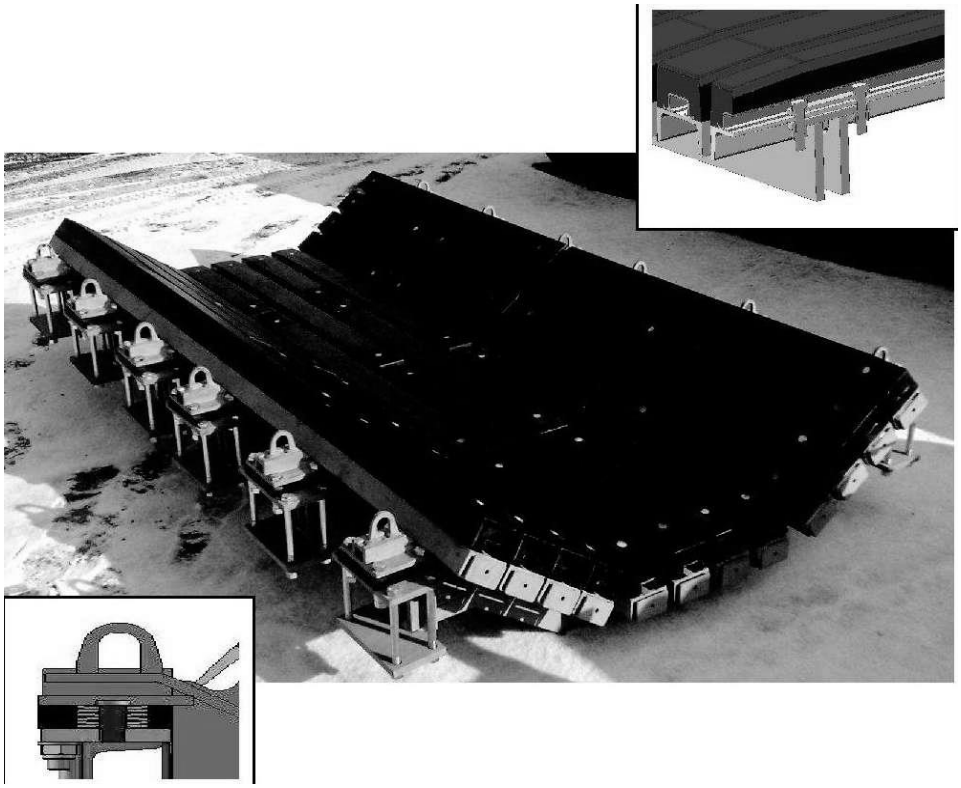
Konstrukce impaktního dopadového místa by měla zajistit dostatečnou tuhost, pružnost, schopnost navést pásový potah do směru přepravy, pohltit kinetickou energii dopadajícího materiálu, zajistit v místě dopadu plošný kontakt materiálu s dopravním pásem při snížení třecího odporu a možnost snadnějšího utěsnění okolí dopadu.

Stolice je tvořena v podstatě impaktními tyčemi, tj. ocelovým (duralovým) profilem, který je zvulkanizován spolu s vodicí deskou (makromolekulárních materiálů popř. polyuretanu) zabezpečující vysokou otěruvzdornost a nízký

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

koeficient tření, odpruženou konstrukcí od konstrukce tratě pásového dopravníku.

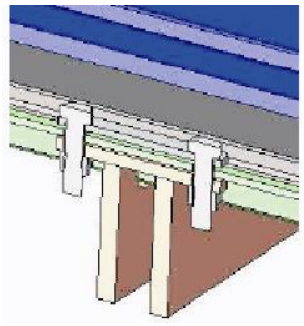
Universální konstrukce impaktních tyčí dle poznatků zkoušek umožnila vytvořit typovou řadu těchto dopadových stolic na základě výpočtu kinetické energie vytvářené kusovitostí dopravovaného materiálu a pádové výšky v místě dopadu.



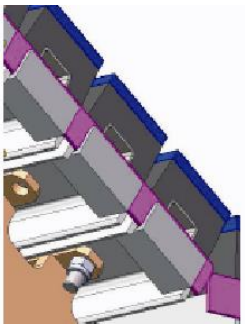
Obr.č.3. Impaktní dopadová stanice

Impaktní tyče typu DvB svým provedením umožňují jednoduchou a bezpečnou montáž a demontáž, která se provádí pomocí šroubového spojení (obr. č. 4), po umístění na jejich nosnou konstrukci (obr.č. 5). Tato konstrukce s řádně dotaženými šroubovými spoji impaktních tyčí se montuje, v místě vrchní větve tratě pásového dopravníku, v prostoru mezi dvěma vrchními kozlíky s válečky (obr.č. 4), a to zejména v místě dopadu materiálu na dopravní pás, popřípadě jiných technických zařízení, které obdobným způsobem tlumí dopad materiálu a snižují dopadovou energii materiálu, v místě jeho dopadu. Impaktní tyče svým provedením umožňují, nejen jejich prodlužování v řadě za sebou na potřebnou délku vodící plochy větve dopravního pásu (obr.č. 5), ale také jejich uspořádání podle tvaru konstrukce potřebného profilu, daného konstrukčním provedením dopadové stolice, v místě dopadu materiálu (obr. č. 6).

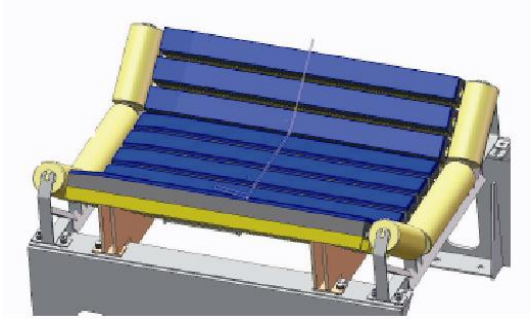
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



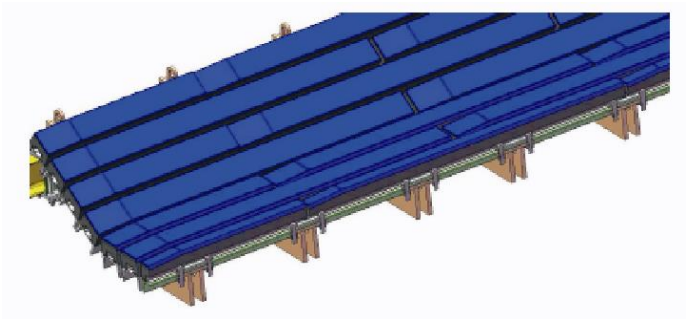
Obr.č.4. Šroubové spojení



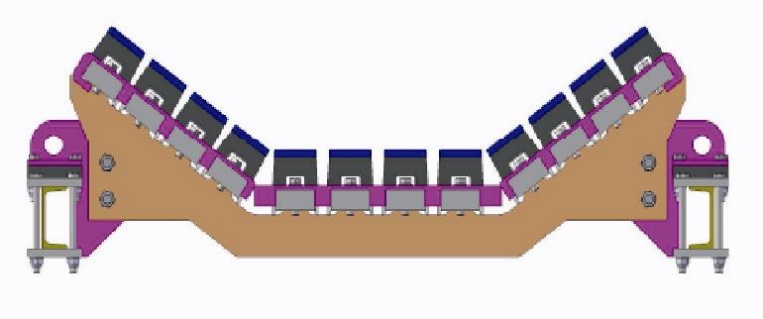
Obr.č.5. Umístění na konstrukci



Obr.č.6. poloha impakt. tyčí



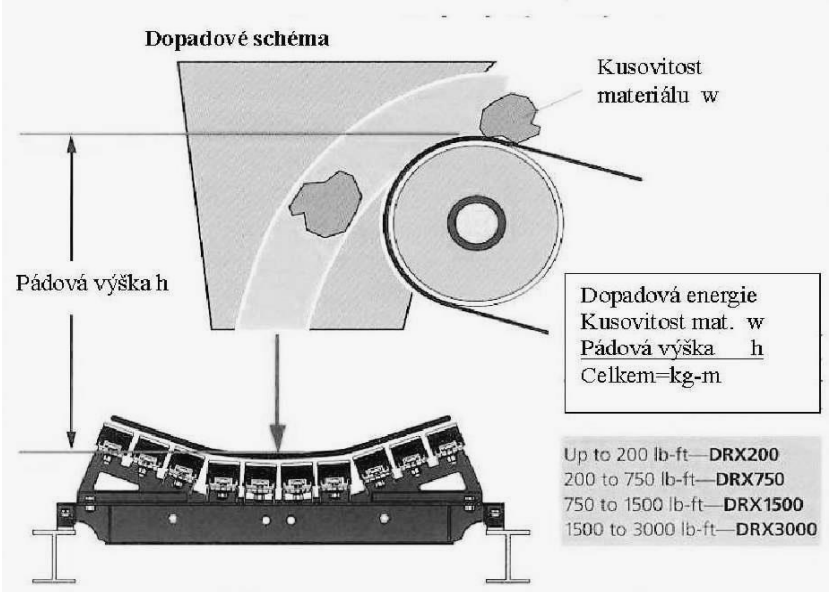
Obr.č.7. Možnost prodloužení impakt. Tyčí



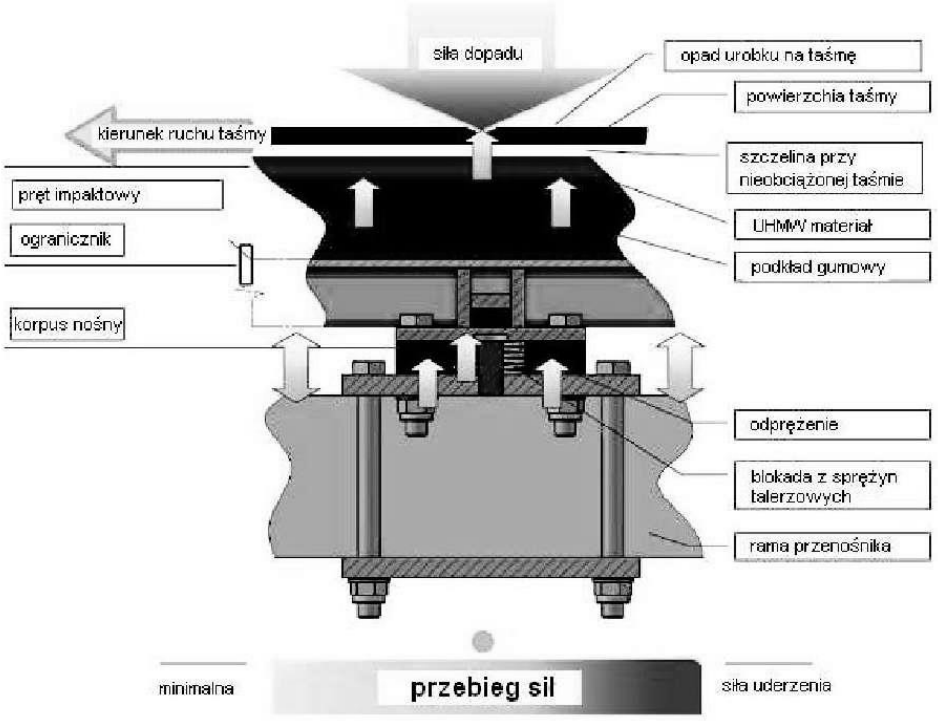
Obr.č.8. Možnosti změny profilu

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

3. Rozbor sil



Obr.č.9. Schéma dopadu materiálu



Obr.č.10. Místa působících sil při dopadu

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

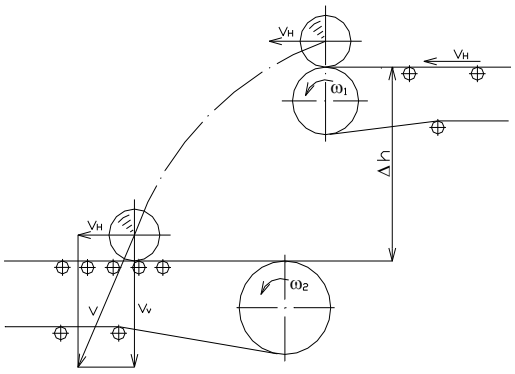
4. Analýza procesu opotřebování a poškození dopravních pásů

4.1. Dopad materiálu na dopravní pás v klidu

Při pádu tělesa z dané výšky kolmo na dopravní pás, má těleso v okamžiku dopadu na pás kinetickou energi, která se rovná potenciální energii určené výškou dopadu a hmotnosti tělesa:

$$\frac{1}{2} m.v_s^2 = m.h.g$$

Na začátku svého volného pádu se těleso pohybuje vodorovnou rýchlostí v_H rovnoběžně s rovinou dopadu (obr. č. 11*)*. Potom těleso tuto vodorovnou rychlost při zanedbaní odporu vzduchu udrží a dopadne na pás rýchlosti *v,* která působí jako výslednice vodorovné a svislé rýchlosti. Její směr je daný geometrickým sčítaním obou rýchlostních složek.



Obr.č.11. Rýchlostné zložky pri náraze dopravovaného materiálu

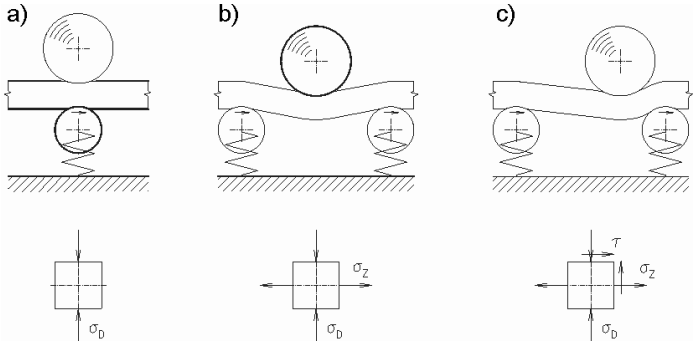
Při analýze působení nárazu tělesa na dopravní pás budeme uvažovat jen ze svislou složkou rychlosti. Podle podmínek, za kterých těleso dopadá na dopravní pás, je možné namáhání vyvolané v dopravním pase členit následovně:

1. případ: Pokud dopadne těleso na dopravní pás bezprostředně nad dopadový váleček nebo na jinou pevnou podložku (obr. č. 12 A) dochází ke stlačení pásu mezi tělesem a podložkou. Pás je namáhán bodově na tlak. Porušení vložek je v takovém případě závislé jen od odolnosti vložek. Pokud je odolnost dopravního pásu proměnlivá s tahovým zatížením v podélném směru pásu, pak životnost vložek bude ovlivňovat jen tah v pase za příslušného provozního stavu.

2. případ: Pokud těleso dopadne do středu mezi dva dopadové válečky (obr. 12 B) namáhání v dopravním pásu zcela mění. Pás je opět namáhán místní na tlak, přidávají se však ještě napětí na tah v podélném a příčném směru pásu. Kritériem pro trvanlivost vložek je tedy pevnost v tlaku a tahu.

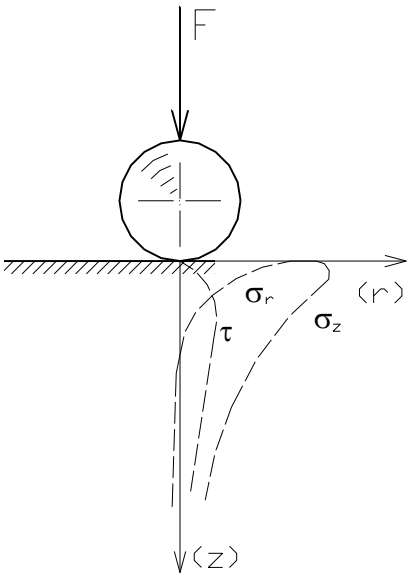
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

3. případ: Pokud těleso dopadne do těsné blízkosti dopadové válečku (obr. č. 12 C). Při malé vzdálenosti bodu dopadu od válečku se při prohnutí pásu projeví ještě přídavné smykové napětí. Tento druh nárazu vyvolá nejvšestrannější případ napjatosti.



Obr.č.12. Alternativy pro namáhaní při dopadu dopravovaného materiálu na dopravní pás bez uvažovaní provozního tahu v páse

Pokud při nárazovém namáhání nereflektujeme na časovou závislost, se kterou se šíří nárazové procesy, pak je možné podle Hertzovy teorie plošného tlaku vypočítat průběh namáhání v dopravním pásu. Výpočet se provádí na dotykové ploše, na vrchní straně dopravního pásu (na horní krycí vrstvě) podle rozdělení stlačení, podle zakřivení dopadové válečku nebo jiné podložky. Na obr. 13 je znázorněn průběh napětí v tělese jako důsledek jeho dotykového tlaku.



Obr.č.13. Rozdelenie napätí v telese pod tlakom

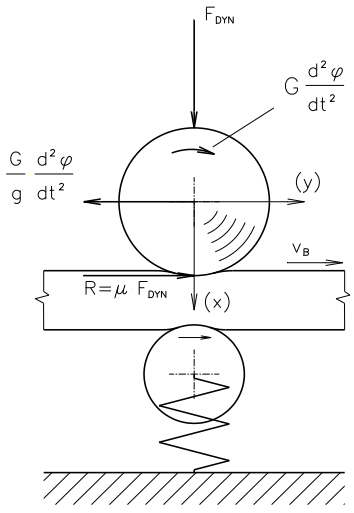
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

4.2. Dopad materiálu na dopravní pás v pohybu

U pohybujícího se dopravního pásu přistupuje k dosud uvažovaným namáháním ještě namáhání odvozené ze zrychlení dopravovaného materiálu (obr. č.14). Jelikož se dopravní pás během nárazu materiálu pohybuje pod materiálem dále, nabude dopravován materiál od okamžiku styku s pásem zrychlení ve směru pohybu pásu. Je třeba zásadně rozlišovat dva zrychlovací mechanismy, a to zrychlení třecím spojením mezi dopravovaným materiálem a pásem a zrychlení tvarovým stykem dopravovaného materiálu s pásem. Při třecím spojení bude dopravován materiál určitou dobu po pásu klouzat, až se jeho rychlost vyrovná rychlosti pásu.

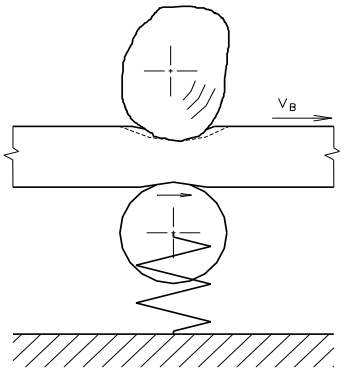
Mezi tělesem a povrchem dopravního pásu vzniká kromě zrychlení třecí silou i zrychlení tvarovým stykem. Při zrychlení tvarovým stykem následkem příliš vysokých místních stisku dojde k deformaci a padající těleso se uloží v krycí vrstvě dopravního pásu. Materiál je pak pásem bezprostředně strhován s sebou (obr. č. 14).

Čas, který je potřebný k dispozici pro zrychlení tělesa je závislý jedině na smykové deformací krycí vrstvy dopravního pásu a je tedy mimořádně malý a v důsledku toho vyskytující zrychlení se stává příliš velkým. Zrychlování dopravního materiálu tvarovým stykem vede v mnoha případech k vytrhávání namáhané horní krycí vrstvy, což je možné pozorovat na mnoha poškozených površích dopravních pásů.



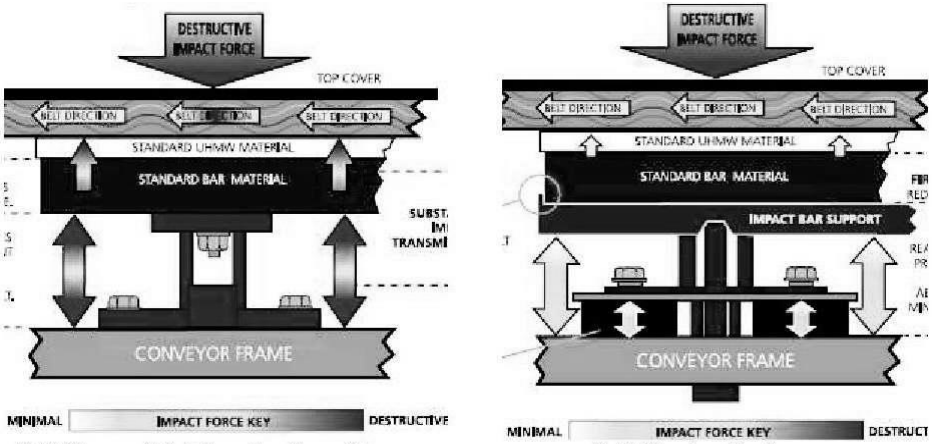
Obr.č.14. Zrýchľovacie pomery pri zrýchlení trecou silou

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Obr.č.15. Zrýchľovacie pomery pri zrýchľovaní materiálu tvarovým stykom

5. Místa působení sil při dopadu horniny a jejích tlumeni



Průběh namáhání dopadového místa Průběh odpružení

Obr.č.16. Schéma namáhání dopadového místa u impaktních tyčí a jejich tlumení

Literatura

1. Gondek H., Marasová D.A., Noga L.: Matematické modelování napěťo - deformačních stavů a experimentální výzkum životnosti dopravníkových pásů z hlediska odolnosti proti průrazům. In *Mezinárodní vědecká konference při příležitosti 50 let fakulty strojní.* Ostrava : VŠB - TU Ostrava, 2000. s. 380-390.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

2. Gondek H., Noga L.: Modelování dopravního pásu pomoci MKP.Sborník přednášek, Agence vydavatelství a konzultací „GEO“ Krakov 2005, s 131 – 139, ISBN: 83-920441-3-4.
3. Gondek H., Noga L., Ševčík A.: Modelování dopravního pásu pomocí MKP. Národní konference „Současnost a perspektiva těžby a úpravy nerudných surovin IV „VŠB-TU Ostrava. Ediční středisko VŠB – TU Ostrava 2007. p 95 – 102. ISBN 978-80-248-1396-7
4. Bohač L.: Impaktní přesypová stolice. Národní konference “Nové poznatky pro dobývání hnědého uhlí.“ Sloup 2009.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Ocena funkcjonowania wiertnicy ROC F6 pracującej w warunkach Kopalni Dubie

Jan Marianowski - Akademia Górniczo-Hutnicza, **Bogdan Perek** - Kopalnie Odkrywkowe Surowców Drogowych w Rudawie S.A.

1. Wstęp

Kruszywo mineralne jest jednym z podstawowych surowców stosowanych w wielu gałęziach gospodarki, a w szczególności w budownictwie, drogownictwie, kolejnictwie, a także w górnictwie, przemyśle szklarskim, odlewnictwie i wielu innych.

O stanie i perspektywach górnictwa surowców mineralnych, w tym również kruszyw mineralnych decydują trzy podstawowe grupy czynników:

- udokumentowana baza surowcowa,
- zdolności produkcyjno-wydobywcze,
- uwarunkowania ekonomiczne (zapotrzebowanie, cena, koszty), ekologiczne i organizacyjne oraz możliwości kadrowe.

Przekształcenia systemowe, które nastąpiły po roku 1989 oraz przejście z systemu centralnego kierowania na gospodarkę wolnorynkową, spowodowały duże zmiany w organizacji produkcji kruszyw. Polski przemysł kruszyw jest niemal całkowicie przekształcony kapitałowo. Mamy grupę producentów kruszyw o dużym udziale rynku i o znaczeniu ogólnopolskim. Są to głównie przedsiębiorstwa z kapitałem ponadnarodowym.

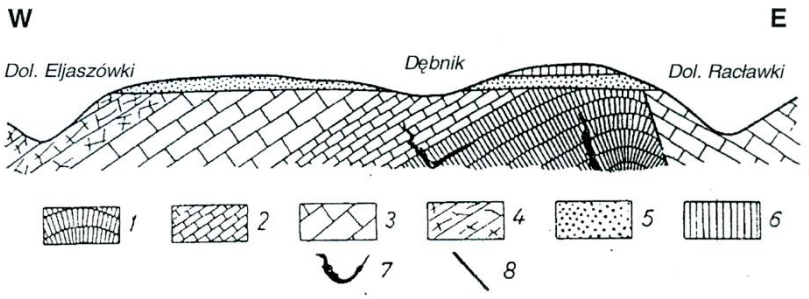
W górnictwie skalnym stosuje się wiele metod urabiania skał. Jak dotąd, podstawową metodą jest urabianie za pomocą materiałów wybuchowych, którymi wypełnione są wcześniej odwiercone otwory strzałowe. Otwory te wykonuje się maszynami wiercącymi tj. wiertnicami, wozami wiercącymi i wiertarkami.

Efektywność procesu wiercenia oraz jego ilościową i jakościową ocenę określają wskaźniki wiercenia, z których można wymienić: prędkość mechaniczną wiercenia, posuw jednostkowy przypadający na jeden obrót narzędzia i energię właściwą procesu wiercenia oraz wydajność wiercenia w danych warunkach złożowych.

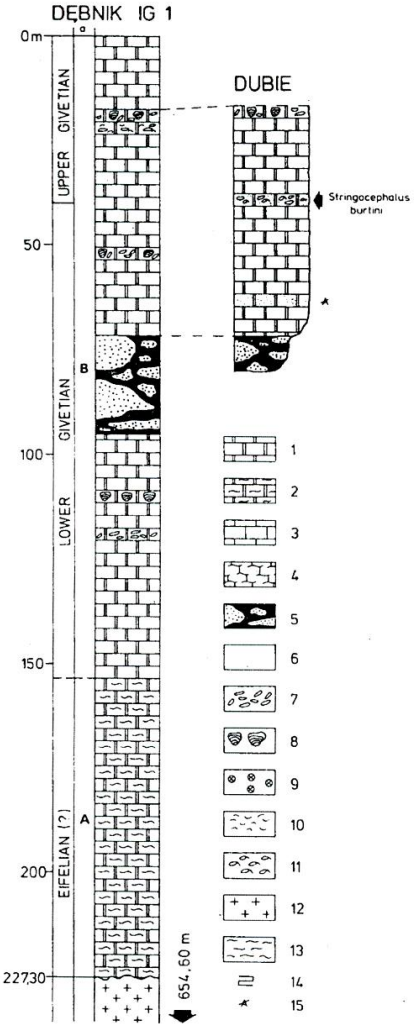
2. Położenie i budowa geologiczna złoża

Złoże dolomitu usytuowane jest we wschodniej części wzniesienia „Łysa Góra" leżącego między wsiami Dubie, Siedlec i Dębnik w obrębie Wyżyny Krakowskiej w odległości ok. 15 km na zachód od Krakowa. Znajduje się ono w obrębie Parku Krajobrazowego Dolinek Krakowskich, a zarazem w otulinie Ojcowskiego Parku Narodowego.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.1. Przekrój przez antyklinę Dębnika: *1 - dolomity ze Zbrzy; 2 - „marmury" dębnickie i młodsze od nich utworu dewonu; 3 - wapień węglowy (turnej); 4 - wapień węglowy (wizen); 5 - jura brunatna; 6 - jura biała; 7 - intruzje porfirowe; 8 – uskok* [9, 10]



Rys.2. Profil geologiczny złoża: *1 - dolomity mikrokrystaliczne; 2 - dolomity margliste z przeławiceniami margli; 3 - wapienie mikrytowe; 4 - wapienie mikrytowe z przeławiceniami margli zaburzone gruzłowo; 5 - osuwisko dolomitów wapnistych krystalicznych w marglach; 6 - materiał drobnodetrytyczny; 7 - amfipory; 8 - stromatopory; 9 - korale gałązkowe; 10 - fauna skorupowa; 11 - ramienionogi;12 - porfir; 13 - osady piaszczysto-ilaste; 14- laminacja pozioma; 15- detryt amfipor* [9, 10]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Obszar złoża położony jest w północnym skrzydle rowu krzeszowickiego, w obrębie grzbietu dębnickiego. Grzbiet ten budują wapienno-dolomitowe utwory dewonu otoczone wychodniami wapieni karbonu dolnego. Tworzą one antyklinalne, kopulaste wypiętrzenie ponad intruzją porfiru ryodacytowego, która w partii szczytowej znajduje się na głębokości około 180 m. Na obrzeżeniu wypiętrzenia utwory paleozoiczne przykryte są przez środkowo-jurajskie piaski i piaskowce oraz górno-jurajskie wapienie (rys. 1 i 2).

Utwory dewonu budujące grzbiet dębnicki obejmują okres od eiflu po famen. Złoże Dubie tworzy górna część serii „dolomitów ze Zbrzy" zaliczanej do żywetu. Poniżej nich występują czarne dolomity margliste, powyżej czarne wapienie gruboławicowe posiadające walory dekoracyjne określane jako „marmury dębnickie". Rozpoznany w złożu odcinek profilu dolomitów ze Zbrzy obejmuje 113 m, z czego około 50 m odsłoniętych jest w wyrobisku kopalni [3, 4].

Przedmiotem aktualnej eksploatacji są dolomity występujące ponad kompleksem osuwiskowym oraz kompleks osuwiskowy.

Dolomity ponad kompleksem osuwiskowym kwalifikują się do produkcji kruszyw drogowych klasy I i II, a z kompleksu osuwiskowego kruszyw drogowych klasy III oraz mieszanek kamiennych [4, 5].

3. System eksploatacji złoża i wydobycie

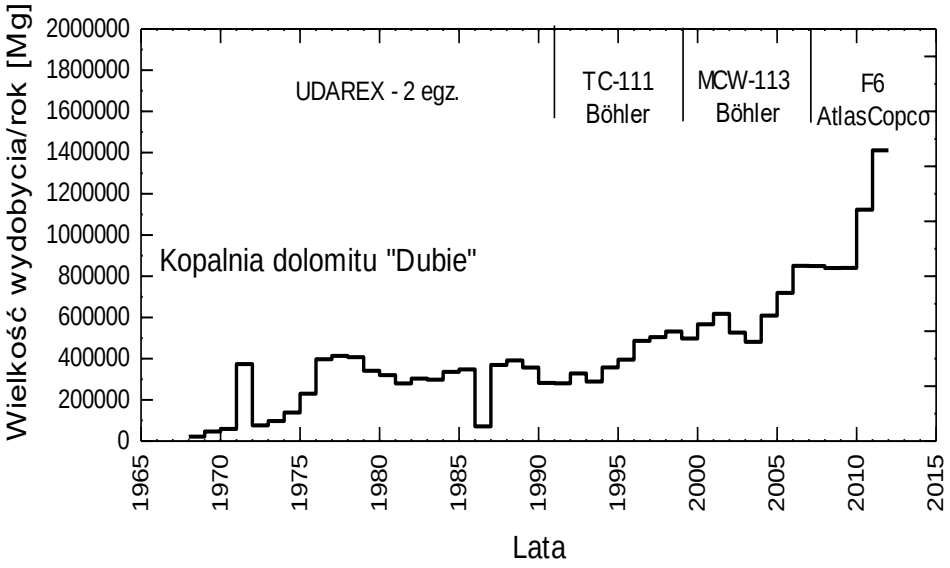
Eksploatacja złoża prowadzona jest sposobem odkrywkowym systemem ścianowym z zabierką, na pięciu zasadniczych poziomach eksploatacyjnych i dwóch pomocniczych (IIIa i Va). Rzędne poziomów eksploatacyjnych przedstawiają się następująco:

- poziom I +305 m n.p.m. ± 3 m,
- poziom II +325 m n.p.m. ± 3 m,
- poziom III +340 m n.p.m. ± 3 m,
- poziom IIIa +350 m n.p.m. ± 3 m,
- poziom IV +360 m n.p.m. ± 3 m,
- poziom V +380 m n.p.m. ± 3 m,
- poziom Va +392 m n.p.m. ± 3 m.

Ze względu na jakość złoża ściana eksploatacyjna na poziomie III +340 m n.p.m. do +360 m n.p.m. została podzielona okresowo poziomem IIIa +350 m n.p.m. o szerokości min. 15 m. Od poziomu I +305 m n.p.m. do rzędnej +360 m n.p.m. złoże posiada jakość II klasy i urobek ten nie jest przewożony do kruszarki stacjonarnej, usytuowanej na poziomie IV +360 m n.p.m. gdzie przerabia się dolomit klasy I. Urobek z poziomów od I +325 m n.p.m. do poziomu IV +360 m n.p.m. jest przerabiany w mobilnych zakładach przeróbczych. Poziom IIIa docelowo zostanie zlikwidowany [6, 7, 13].

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

W oparciu o ewidencję wielkości wydobycia złoża w kopalni dolomitu Dubie, zawartą w dokumentach archiwalnych firmy prowadzoną od 1968 roku, sporządzono rysunek 3 traktujący o wielkości wydobycia w kopalni w okresie lat 1968-2011 [8].



Rys.3.Wielkość wydobycia w kopalni Dubie na w latach 1968 – 2011 [8, 11]

Z danych z wykresu na rysunku 3 wynika, że do chwili obecnej wydobyto 19 084 223 Mg kopaliny. Początki eksploatacji złoża były trudne ze względu na brak wysoko wydajnych maszyn i urządzeń, oraz nowych technologii. Począwszy od 1968 roku w którym wydobyto 21 776 Mg wielkość wydobycia systematycznie wzrastała aż do 1 411 507 Mg w 2011 roku.

4. Roboty wiertniczo - strzałowe

Urabianie skały w kopalni dolomitu „Dubie" obywa się za pomocą robót wiertniczo-strzałowych. Podstawową metodą strzelania jest strzelanie długimi otworami pionowymi odchylonymi od pionu nie więcej niż 20°, jako metodę pomocniczą stosuje się (sporadycznie) strzelanie zwykłymi otworami pionowymi odchylonymi od pionu nie więcej niż 20°(do głębokości 6 m nie stosuje się strzelania otworami poziomymi).

Do 1991 roku wiercenia otworów strzałowych w kopalni wykonywane były wiertnicami „Udarex-2", produkowanymi w kraju w Fabryce Maszyn Wiertniczych i Górniczych „Glinik" w Gorlicach. Do zasilania mechanizmów i narzędzia wiertniczego służyło sprężone powietrze dostarczane przez agregaty sprężarkowe. Przemieszczanie zestawu wiercącego (wiertnica + sprężarka + pomieszczenie dla wiertaczy) odbywało się za pomocą spycharek lub ładowarek

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

(było praco- i czasochłonne). Obsługa całego zestawu wiercącego składała się z trzech osób – (wiertacza, pomocnika wiertacza i operatora sprężarki). Średnia wydajność wiertnicy wynosiła ok. 3,5 m/h.



Rys.4. Wiertnica firmy *Atlas Copco* ROC F6

W kwietniu 1991 roku wiertnice „Udarex-2" (szt. 2) zostały zastąpione przez samojezdną, gąsienicową wiertnicę firmy „Bőhler" typ. TC-111, produkcji austriackiej. Maszyna ta posiadała własny silnik spalinowy firmy Deutz 5-cio cylindrowy o mocy 90 KW chłodzony powietrzem, który napędzał zestaw pomp hydraulicznych i sprężarkę powietrza-śrubową. Wiertnica posiadała już urządzenie do odprowadzania zwiercin z otworu tzw. odpylacz. Maszyna obsługiwana była przez dwóch ludzi (operator wiertnicy i pomocnik operatora). Wydajność wiertnicy wynosiła średnio ok. 10 m/h.

W pełni zautomatyzowaną wiertnicę, gdzie do obsługi wystarczył jeden operator wiertniczy, kopalnia zakupiła w 1999 roku. Była to wiertnica firmy „Bőhler" typu MCW-113. Wiertnica posiadała klimatyzowaną kabinę operatora oraz system do automatycznego podawania i wyciągania żerdzi. Wydajność tej wiertnicy wynosiła ok. 14 [m/h]. Aktualnie wiertnica ta wierci nadal w kopalniach piaskowca: Tenczyn, Klikuszowa i Porąbka.

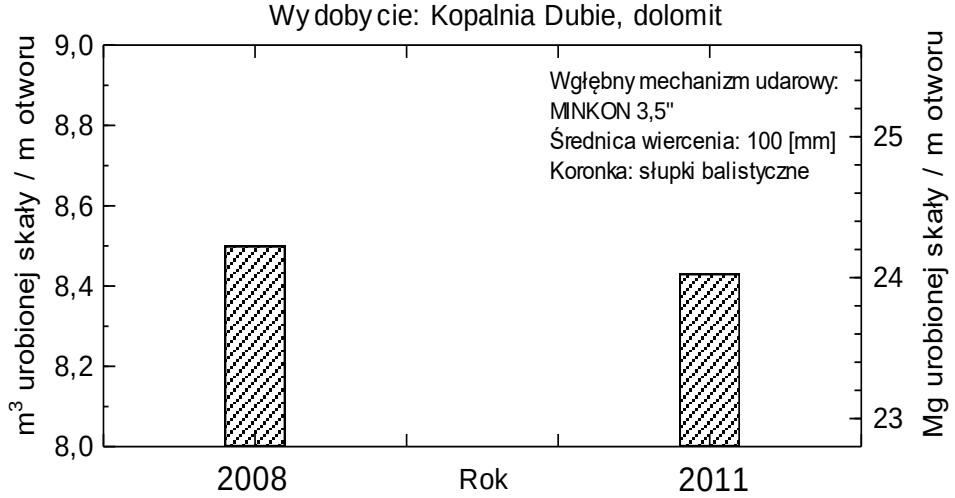
W 2007 roku zakupiono szwedzką wiertnicę firmy: „Atlas Copco" typ ROC F6, (rys. 4). Wiertnica jest w pełni automatyczna, posiada wiele przydat-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

nych, nowoczesnych rozwiązań technicznych tj. urządzenie do podgrzewania silnika i kabiny operatora (programowane: dzień, godzina i czas działania). Wykonuje diagnostykę pracy silnika oraz układu pneumatycznego i hydraulicznego; posiada monitor pokazujący kąty nachylenia wysięgnika, długość wierconego otworu, ilość żerdzi w zestawie wiercącym, a także urządzenie do piankowania słabo zwięzłych ścian otworu. Budowę i szczegółowe dane techniczne wiertnicy przedstawiono w [1, 2].

5. Skuteczność robót wiertniczo-strzałowych realizowanych w Kopalni Dubie z wykorzystaniem wiertnicy ROC F6

Wiertnica ROC F6 wyposażona jest w magistralę komunikacyjną CAN-bus (*Controller Area Network – Kontroler Obszaru Sieci*) umożliwiającą nadzór i sterowanie wysięgnikiem a nawet całą maszyną. System ten dysponuje dwoma poziomami dostępu do nastaw, zmian i rejestracji parametrów roboczych maszyny [12]. Z rozważanego w artykule punktu widzenia niezwykle istotnym i pomocnym okazał się być drugi z poziomów dostępu, umożliwiający odczyt wszystkich zarejestrowanych podczas pracy parametrów roboczych maszyny. W oparciu o uzyskane w ten sposób dane (ilość odwierconych metrów otworów podczas pracy wiertnicy na danej zmianie) określono ilość m^3 urabianej skały oraz jej masę Mg uzyskiwane z 1 m wierconego otworu. Dla danej metryki wiertniczo-strzałowej i dla danej urabianej MW skały jest to wielkość stała, co obrazuje wykres na rysunku 5.



Rys.5. Skuteczność robót wiertniczo-strzałowych prowadzonych w Kopalni Dubie z wykorzystaniem wiertnicy ROC F6

Wielkość ta jest jedną z podstawowych danych w ocenie i planowaniu kosztów związanych z funkcjonowaniem kopalni.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

6. Funkcje realizowane podczas wiercenia przez elektrohydrauliczny układ wiertnicy i operacje cząstkowe realizowane przez maszynę podczas wiercenia

Wiertnica ROC F6 realizuje podczas pracy cały szereg funkcji i czynności niezbędnych do szybkiego i sprawnego wiercenia otworów strzałowych w kopalni surowców skalnych.

Na proces wiercenia składa się szereg skomplikowanych i zsynchronizowanych ze sobą operacji, które są realizowane przez operatora za pomocą przełączników i joystików znajdujących się w kabinie operatora. Wyróżnić można wśród nich główne operacje cząstkowe, które zostały celem dalszej identyfikacji oznaczone odpowiednimi literami i cyframi. Literą A oznaczono operacje cząstkowe związane bezpośrednio z wierceniem, literą B operacje cząstkowe dotyczące wyciągania, magazynowania i skracania przewodu wiertniczego, natomiast literą C oznaczono operacje cząstkowe związane ze zmianą miejsca wiercenia otworu [14].

Wiercenie:

- zawiercanie młotka [A-1],
- wiercenie pierwszym pasem żerdzi [A-2],
- dodatkowy przedmuch (czyszczenie) otworu [A-3],
- blokada obrotu żerdzi w otworze [A-4],
- rozkręcanie mechanizmu obrotu żerdzi (głowicy obrotowej) [A-5],
- wycofanie głowicy obrotowej [A-6],
- najazd żerdzi na oś wierconego otworu [A-7],
- połączenie głowicy obrotowej z zestawem żerdzi [A-8],
- powrót mechanizmu podawacza żerdzi do położenia wyjściowego [A-9],
- zwolnienie blokady obrotu żerdzi w otworze [A-10],
- wiercenie kolejnym pasem żerdzi [A-11].

Powtarzanie wyżej wymienionych operacji (zaczynając od pozycji A-4) w zależności od głębokości wierconego otworu (ilości wykorzystywanych żerdzi).

Wyciąganie zestawu żerdzi (po odwierceniu otworu):

- podciągnięcie pasa żerdzi do pozycji rozkręcania (odstawy) [B-1],
- blokada obrotu żerdzi w otworze [B-2],
- rozkręcanie ostatniego pasa żerdzi z poprzednim [B-3],
- najazd mechanizmu podawacza żerdzi na oś wiercenia [B-4],
- podciągnięcie rozkręconej żerdzi do poziomu odstawy [B-5],
- uwolnienie (rozkręcenie) głowicy obrotowej [B-6],

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

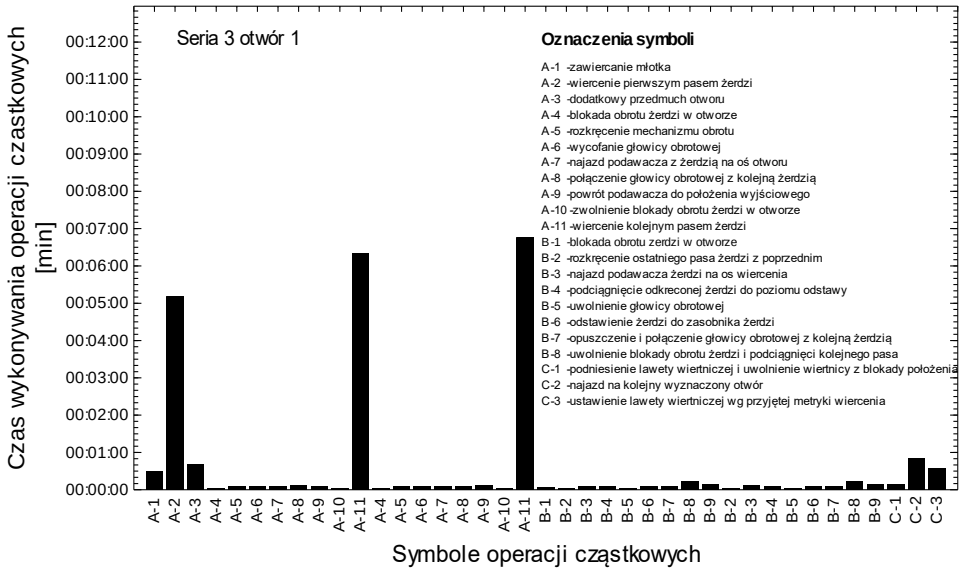
– odstawienie żerdzi do zasobnika żerdzi [B-7],
– opuszczenie i połączenie głowicy obrotowej z kolejną żerdzią [B-8],
– uwolnienie blokady obrotu żerdzi i podciągnięcie kolejnego pasa żerdzi [B-9].

Powtarzanie wyżej wymienionych operacji, aż do wyciągnięcia całego zestawu wiercącego z odwierconego otworu.

Procedura zmiany miejsca wiercenia:

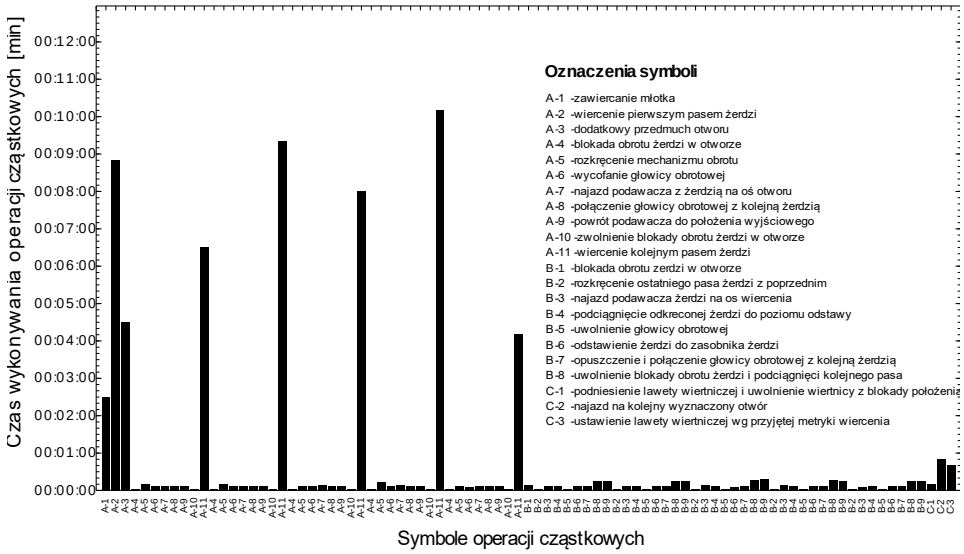
– podniesienie lawety wiertniczej i uwolnienie wiertnicy z blokady położenia [C-1],
– najazd na kolejny wyznaczony otwór [C-2],
– ustawienie lawety wiertniczej według przyjętej metryki wiercenia [C-3].

Badania pracy wiertnicy ROC F6 prowadzone były na pięciu różnych poziomach o zróżnicowanych warunkach górniczo-geologicznych, które jak się okazało miały istotny wpływ na wyniki badań. Pomiary wykonywano w trakcie wykonywania realnych otworów strzałowych, przewidywanych metryką strzałową. Wszystko to oznaczało razem, że warunki przeprowadzania pomiarów odpowiadały rzeczywistym warunkom prowadzenia robót wiertniczych w kopalni.



Rys.6. Graficzny obraz czasów operacji cząstkowych podczas wiercenia pojedynczego otworu na poziomie 360 m n.p.m. Otwór 1 [11, 14]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.7. Graficzny obraz czasów operacji cząstkowych podczas wiercenia pojedynczego otworu na poziomie 380 m n.p.m. Otwór 1 [14]

Zestawione wartości pomiarów czasów cząstkowych są trudne do jakiejkolwiek analizy i nie obrazują występujących zależności między nimi. W związku z tym otrzymane z pomiarów wartości czasów cząstkowych przedstawiono graficznie na wykresach, gdzie zmienną niezależną (X) były dane kolejno wykonywanych operacji cząstkowych, natomiast zmienną zależną (Y) był czas wykonywania tych operacji. Przykładowy wykres omawianej zależności odczytany z tabeli przedstawiają rysunki 6 i 7.

Wykresy na rysunkach 6 i 7 wskazują, że operacja mechanicznego wiercenia jest podstawową czynnością realizowaną przez wiertnicę. Czasy, nawet sumaryczne operacji cząstkowych (A) stanowią znikomą część czasu wiercenia otworu strzałowego.

Nieco większy udział w czasie całkowitego wiercenia mają operacje związane z wyciąganiem i skracaniem przewodu wiercącego (B), co wynika z problemów związanych z rozkręcaniem nieco zakleszczonych pracą młotka, połączeń gwintowych żerdzi.

Aby liczbowo ocenić udział czasu mechanicznego wiercenia w ogólnym czasie całego wiercenia otworu w pierwszej kolejności zsumowano czas czystego wiercenia T_{Aw} według relacji

$$T_{Aw} = A_1 + A_2 + A_{1_{1(2)}} + \ldots + A_{1_{1(n)}} \left[s\right] \tag{1}$$

gdzie:

A_1, A_2, $A_{11(2)}$, ..., $A_{11(n)}$ - wartości czasów mechanicznego wiercenia odpowiadających wierceniu danego otworu kolejnymi dokręcanymi odcinkami (4 m) żerdzi,

a następnie zsumowano wszystkie czasy T_{ABC} przedmuchu, przedłużania przewodu wiertniczego, wyciągania i skracania przewodu oraz przejazdu maszyny na nowe miejsce wiercenia według relacji:

$$T_{ABC} = T_A + T_B + T_C \ [s] \tag{2}$$

gdzie:

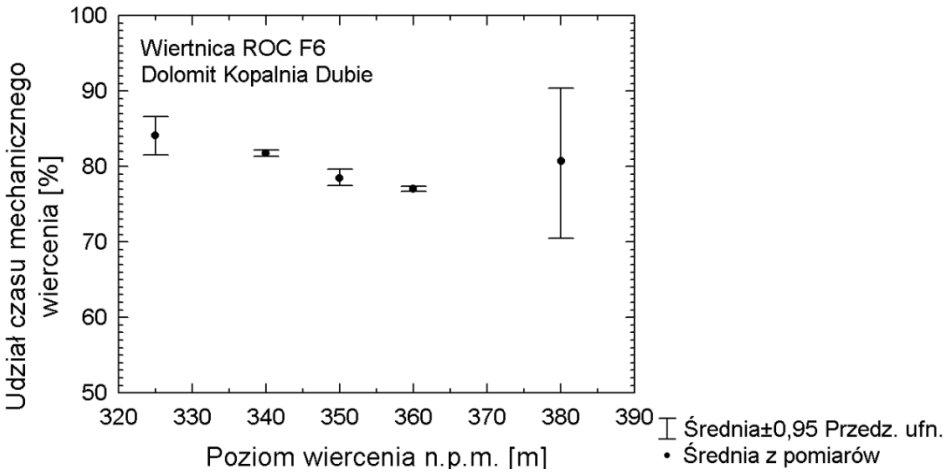
T_A — suma czasów cząstkowych związanych z operacją wiercenia,

T_B — suma czasów cząstkowych związanych z wyciąganiem przewodu,

T_C — suma czasów cząstkowych związanych ze zmianą miejsca wiercenia.

Otrzymane dla każdego otworu rezultaty (1) oraz (2) wykorzystano do oceny udziału czasu mechanicznego wiercenia w ogólnym czasie wiercenia całego otworu według relacji (3), co przedstawiono na wykresie na rysunku 8.

$$\text{Udział czasu mechanicznego wiercenia} = \frac{T_{Aw}}{T_{ABC}} 100\% \tag{3}$$



Rys.8. Udział czasu mechanicznego wiercenia w ogólnym czasie wykonania otworu w zależności od poziomu, na którym realizowano prace wiertniczo-strzałowe [11, 14]

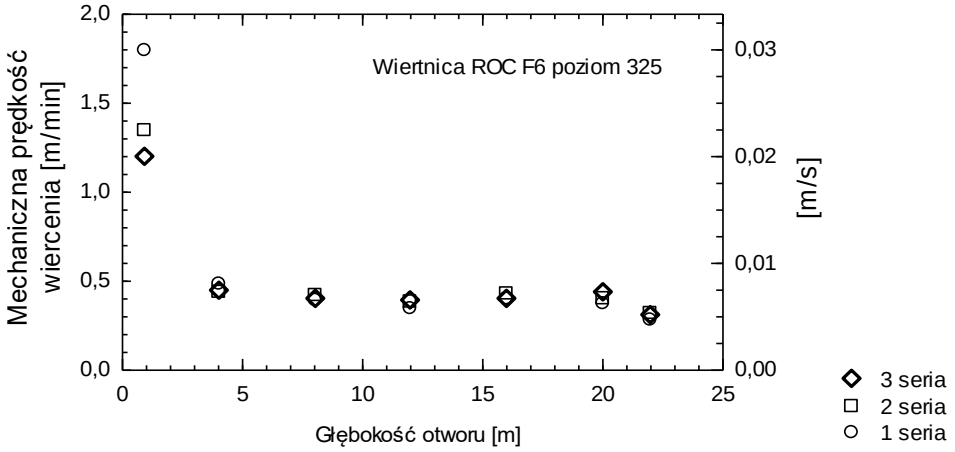
7. Mechaniczna prędkość wiercenia

Aby ocenić skuteczność wiercenia wiertnicy na danym poziomie w kopalni wykonano obliczenia mechanicznych prędkości wiercenia. Wykorzystano do tego celu rezultaty pomiarów czasu operacji czystego wiercenia mechanicznego odnosząc je do segmentów przewodu wiertniczego, czyli poszczególnych żerdzi. Na rysunkach 9 i 10 przedstawiono przykładowo wartości mechanicz-

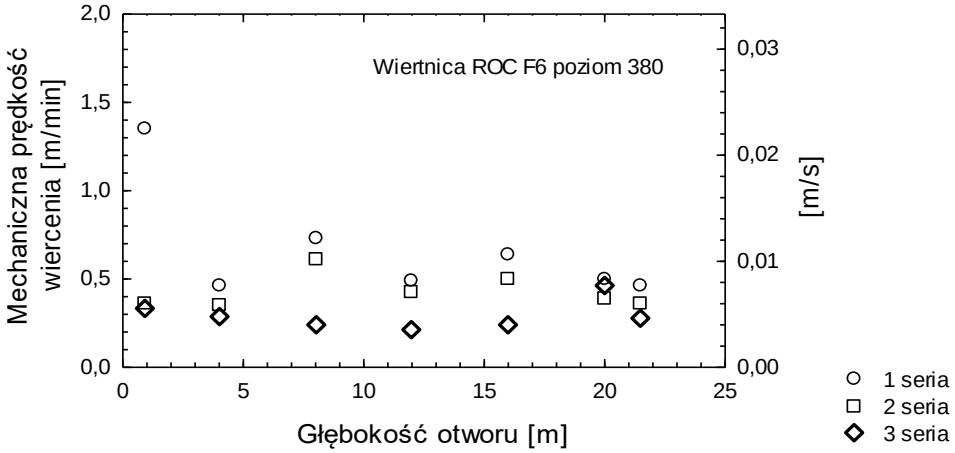
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

nych prędkości wiercenia odnoszące się do wiercenia danego otworu na danym poziomie.

Otrzymane rezultaty wskazują, że poza operacją zawiercania uzyskiwana mechaniczna prędkość wiercenia wiertnicy ROC F6 jest stała i wynosi w przybliżeniu 0,5 m/min.



Rys.9. Mechaniczna prędkość wiercenia otworów wiertnicą ROC F6 na poziomie 325 [11, 14]



Rys.10. Mechaniczna prędkość wiercenia otworów wiertnicą ROC F6 na poziomie 380 [14]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

8. Zmianowa wydajność wiertnicy

Przeprowadzone wyżej analizy dotyczyły technicznego aspektu zastosowania wiertnicy ROC F6. Z technologicznego punktu widzenia najistotniejszym jednak wydaje się zagadnienie oceny wydajności maszyny, w tym konkretnym ujęciu wydajności wiercenia czyli zapewnieniu kopalni planowanego wydobycia. Przez wydajność wiercenia rozumiana jest ilość metrów otworów możliwych do odwiercenia podczas pracy wiertnicy na jednej zmianie. Wykorzystując uzyskane dane określono wydajność wiertnicy według relacji (4):

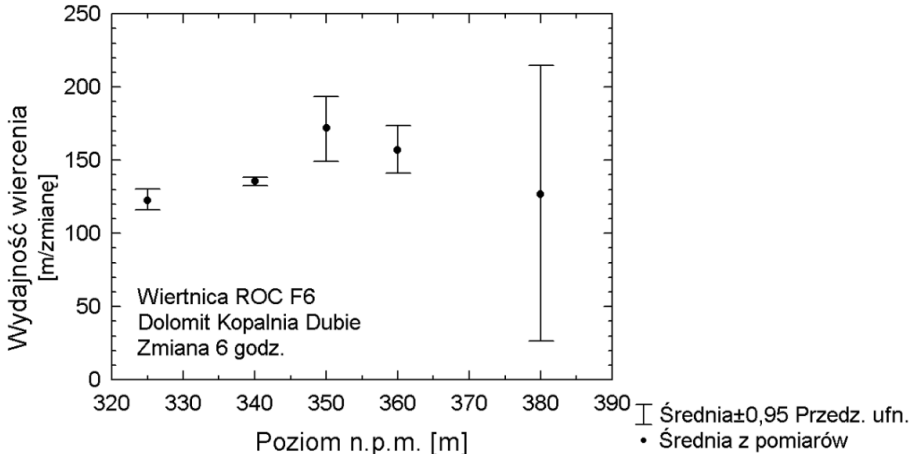
$$\text{Wydajność wiercenia} = \frac{6 \times 3600 \times L}{T_{ABC}} \text{ [m/zmianę]} \tag{4}$$

gdzie:

L — długość danego otworu wiertniczego [m],

T_{ABC} — całkowity czas wiercenia danego otworu [s],

6 — przyjęta *a priori* liczba godzin wiercenia podczas zmiany.



Rys.11. Rzeczywista zmianowa wydajność wiercenia wiertnica ROC F6 określona na podstawie pomiarów całkowitych czasów odwiertów T_{ABC} otworów [11, 14]

Rezultaty obliczeń dla każdego z otworów w danej serii wierconych w zależności od długości otworu i poziomu kopalni przedstawiono na rysunku 11. Rezultaty te wskazują, że maksymalną wydajność wiertnica osiąga przy drążeniu otworów o mniejszej długości, w tym przypadku były to otwory o długościach 11,5÷12,5 m wiercone na poziomach 350 i 360 m n.p.m. charakteryzujących się średnią zwięzłością skały. Otrzymane rezultaty zawierają się w granicach 120÷170 m/zmianę. Podobnie jak w przypadku poprzednich ocen, rozrzut wydajności ma miejsce również na poziomie 380 m n.p.m. Rozrzut ten

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

jest drastycznie duży osiągając wartości od 25÷215 m/zmianę i w przypadku planowania jest trudny, a wręcz niemożliwy do przyjęcia.

9. Podsumowanie

Analiza oraz pomiary wykonane podczas pracy wiertnicy Atlas Copco ROC F6 drążącej otwory strzałowe w kopalni Dubie pozwoliły na wyciągnięcie następujących wniosków zestawionych poniżej.

1. Pomiary czasu trwania operacji cząstkowych przeprowadzono podczas realizacji rzeczywistych prac wiertniczo-strzałowych realizowanych w kopalni. Aby rezultaty pomiarów wierceń były w miarę reprezentatywne dla całego obszaru kopalni, wiercenia wykonano w strefach najważniejszych eksploatowanych aktualnie poziomów.
2. Badane odwierty wykonywane były z użyciem młotka wgłębnego firmy „MINKON" typ 3,5", o długości 0,9 m. Do wiercenia młotkiem wykorzystywano koronkę słupkową o średnicy wiercenia φ100 mm, o balistycznym kształcie czaszy słupków. Z uwagi na bardzo małe zużycie słupków koronki podczas wiercenia kolejnych otworów przyjęto, że wpływ stopnia ich zużycia na proces wiercenia był pomijalnie mały. Żerdzie stosowane w badaniach miały długość 4 m i średnicę φ76 mm.
3. Pomiary czasu trwania pomocniczych operacji cząstkowych w toku wiercenia i towarzyszących mu operacji przedłużania, jak i skracania przewodu wiertniczego pozwalają stwierdzić, że czasy te stanowią znikomy ułamek ogólnego czasu wiercenia otworu strzałowego i nie przekraczają 0,5%. Jest to dowodem doskonale skonstruowanego i funkcjonującego w wiertnicy elektro-hydro-mechanicznego układu automatyki odpowiedzialnego za realizację pomocniczych prac cząstkowych.
4. Rezultaty obliczeń mechanicznych prędkości wiercenia odnoszono do średniej mechanicznej prędkości wiercenia pojedynczym pasem żerdzi. Otrzymane wyniki potwierdzają ideę stosowania wgłębnych mechanizmów udarowych, która przewiduje, że poza początkiem wiercenia (zawiercanie), mechaniczna prędkość wiercenia danym wgłębnym mechanizmem udarowym jest stała i niezależna od głębokości otworu wiertniczego. Zależy tylko i wyłącznie od parametrów zasilania młotka i właściwości fizykomechanicznych drążonej skały. Dla litej skały uzyskane prędkości wiercenia były zbliżone do 0,5 m/min, natomiast podczas wiercenia skał o zaburzonej

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

strukturze (poziom 380) mechaniczne prędkości wiercenia zawierały się w granicach 0,2÷0,7 m/min i były trudne do przewidzenia podczas wiercenia kolejnym pasm żerdzi.

5. Udział czystego mechanicznego czasu wiercenia w ogólnym czasie wiercenia maszyny był bardzo duży i osiągał przeciętnie wartość ok. 80% i był niezależny od poziomu na którym odbywało się wiercenia z wyjątkiem poziomu 380, przy odwiercaniu którego proces wiercenia był niestabilny, z powodu licznie występujących przerostów skał o b. zróżnicowanych cechach (łupki, margle, glina, pustki itp.) zaburzających sam proces urabiania skały wierceniem. Sytuację pogarszał fakt, że wykonywane otwory były otworami długimi 21,5 m.
6. Aby w przyszłości uniknąć takich jak ww. sytuacji wydaje się, że należałoby stosowaną w wydobyciu kruszywa technologię wiertniczo-strzałową w tej strefie, na ile jest to możliwe, ograniczyć do technologii eksploatacji cieńszymi warstwami wymagającej wiercenia krótszych otworów. W przypadku niemożności zmiany technologii eksploatacji poziomu 380 wydaje się, że ratunkiem jest stosowanie wgłębnych mechanizmów udarowych o średnicy płaszcza zbliżonej do średnicy żerdzi, co pozwoli wyeliminować zjawisko zakleszczania się młotka przy przewiercaniu nieprzyjaznych samemu wierceniu skał.
7. Wykonane pomiary czasów wierceń odniesione do długości konkretnych odpowiadających tym czasom otworów, pozwoliły oszacować wydajność wiertnicy ROC F6 wiercącej w dolomicie w warunkach kopalni Dubie. Wydajność tą określono dla jednej zmiany i czasu jej trwania równego 6 godz. Zawiera się ona w przedziale 120÷170 m/zmianę i wydaje się być powtarzalną za wyjątkiem feralnego poziomu 380, dla którego rozrzut przewidywanej wydajności wiercenie na poziomie ufności 0,95 (3 sigma) jest z praktycznego punktu widzenia niedopuszczalny, sięga bowiem aż 80% wartości średniej.

Literatura

1. Atlas Copco: Dokumentacja techniczno-ruchowa wiertnicy ATLAS COPCO ROC F6. 2006.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

2. Dworucha K.: Analiza układu hydraulicznego stosowanego w wiertnicy Atlas Copco ROC F6. Praca magisterska, AGH, Kraków 2009 (nie publikowane).
3. Gradziński R.: Przewodnik geologiczny po okolicach Krakowa. Wydawnictwo Geologiczne Warszawa 1960.
4. Grzelak Z.: Kruszywa mineralne. Poradnik, Warszawa 1995.
5. KOSD w Rudawie S.A.: Dodatek nr. 2 do projektu zagospodarowania złoża Dolomitów Dewońskich „Dubie" (nie publikowane).
6. KOSD w Rudawie S.A.: Dokumentacja strzałowa nr 1 metodą długich otworów pionowych i odchylonych od pionu nie więcej niż o 20º z zastosowaniem do odpalania ładunków MW w otworach zapalników nieelektrycznych. 2010 [nie publikowane].
7. KOSD w Rudawie S.A.: Plan Ruchu Kopalni Odkrywkowej Dolomitu „DUBIE" Część szczegółowa na okres od 01.04.2009 – 31.03.2012 (nie publikowane).
8. KOSD w Rudawie S.A.: Materiały archiwalne z lat 1968 – 2011 (nie publikowane).
9. Ladra B., Nieć M.: Kopalnia dolomitu Dubie. 2002.
10. Łaptaś A.: Sedymentacja utworów węglanowych dewonu środkowego rejonu Dębnika. Polonica 1983.
11. Marianowski J., Perek B.: Ocena funkcjonowania wiertnicy ROC F6 pracującej w warunkach Kopalni Dubie. Konferencja Naukowo-Techniczna: Maszyny i pojazdy dla budownictwa i górnictwa skalnego. SIMP Ośrodek Doskonalenia Kadr we Wrocławiu. Wrocław, 20-21 września 2012.
12. Marianowski J., Mendyka P., Panek P., Smoleń M.: Automatyzacja pracy hydraulicznych maszyn wiertniczych przeznaczonych dla górnictwa. Hydraulika i Pneumatyka, RXXXII, nr 4/2012, s.23-28.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

13. Perek B.: Analiza procesu technologicznego w Kopalni Dolomitu Dubie. Praca inżynierska. AGH, Kraków 2010 (nie publikowane).

14. Perek B.: Analiza pracy wiertnicy Atlas Copco typ ROC F6 w kopalni dolomitu Dubie. Praca magisterska, AGH Kraków, 2012 (nie publikowane).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Programowalny iskrobezpieczny transparent optyczny PTI-01

Rafał Konsek, Wojciech Kurpiel, Marcin Gąsior - Instytut Techniki Górniczej KOMAG

1. Wprowadzenie

W podziemnych kopalniach węgla kamiennego występuje wiele zagrożeń naturalnych. Są to m.in. zagrożenia tąpaniami, wodne, gazowe, jak i zagrożenia wybuchem metanu lub pyłu węglowego. Maszyny i urządzenia mogą stwarzać różne zagrożenia techniczne, związane z ich ewentualnymi awariami oraz zagrażające zdrowiu, a nawet życiu pracowników. Jednym ze sposobów ograniczania skutków zagrożeń naturalnych i technicznych jest ostrzeganie i informowanie pracowników. Do ostrzegania przed grożącymi zagrożeniami technicznymi, związanymi bezpośrednio z pracą maszyn i urządzeń lub innymi zagrożeniami związanymi z występującymi warunkami górniczo-geologicznymi, służą sygnalizatory akustyczne lub transparenty optyczne. Powszechnie stosowane w górnictwie węgla kamiennego, sygnalizatory optyczne, akustyczne i optyczno-akustyczne są zabudowywane na maszynach, urządzeniach oraz w miejscach szczególnie zagrożonych.

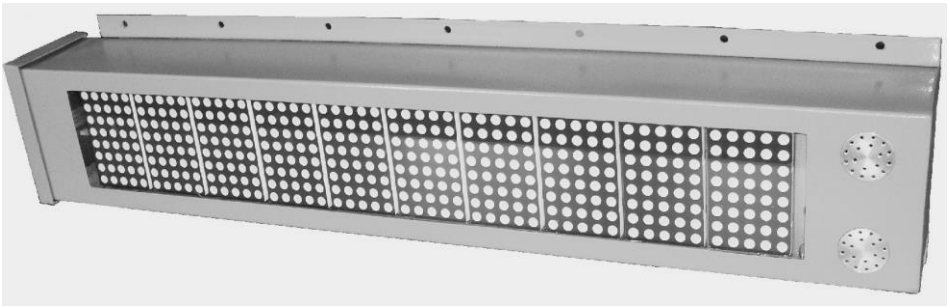
2. Rozwój transparentu PTI-01

Prace nad programowalnym iskrobezpiecznym transparentem optycznym PTI-01 rozpoczęto w 2010 r. Celem była budowa transparentu, w którym w łatwy sposób można byłoby zmienić treść wyświetlanego komunikatu. Pierwszą koncepcję, składającą się z klawiatury oraz 10 matryc diodowych zaprezentowano firmie Sygnały S.A. z Rybnika, która wyraziła zainteresowanie jego produkcją. Kolejnym etapem było przygotowanie oferty technicznej dla przyszłych odbiorców. Ofertę przedstawiono w kopalniach, w szczególności w działach BHP, które wyraziły spore zainteresowanie takim wyrobem. Dzięki zdefiniowaniu potrzeb pracowników kopalni, transparent został rozbudowany o dodatkowe funkcje, takie jak dodatkowe wejścia/wyjścia i czytnik kart SD. Rozbudowa transparentu uwzględniła zastosowanie akumulatora, dzięki czemu możliwa byłaby praca transparentu bez zewnętrznego zasilania. Istotną uwagę zgłosił Zakład Górniczy Sobieski, kopalnia niemetanowa, w sprawie wykorzystania pierwszego wejścia. Po konsultacjach z firmą Sygnały S.A. ustalono, że pierwsze i drugie wejścia mogą zostać przeprogramowane na życzenie klienta. Powstały prototyp (rys. 1) został ponownie przedstawiony w działach BHP kopalń, które wydały pozytywne opinie na jego temat. Wówczas programowalny iskrobezpieczny transparent optyczny PTI-01 został zgłoszony do Urzędu Patentowego. Obecnie trwają prace związanie z procesem certyfikacji.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

3. Opis transparentu

Programowalny iskrobezpieczny transparent optyczno-akustyczny przystosowany jest do pracy w wyrobiskach górniczych zaliczanych do stopnia "a", "b" i "c" niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz klasy A i B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Transparent opracowano przy współpracy z firmą Sygnały S.A., na podstawie zdefiniowanych potrzeb działów BHP kopalń.



Rys.1. Programowalny iskrobezpieczny transparent optyczny PTI-01 [1]

PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE TRANSPARENTU PTI-01:

Napięcie zasilania	12 VDC
Prąd zasilający	800 mA
Maksymalna długość komunikatu	30 znaków
Ilość znaków wyświetlanych jednocześnie	do 10
Ilość znaków możliwych do wyświetlania przy programowaniu z klawiatury	do 20
Ilość znaków możliwych do wyświetlania przy programowaniu z karty SD	do 30
Ilość wejść	4
Ilość wyjść	4
Kolor wyświetlanego tekstu	czerwony lub zielony
Sygnał dźwiękowy	tak
Własne źródło zasilania	tak - 0,7 Ah

3.1. Budowa

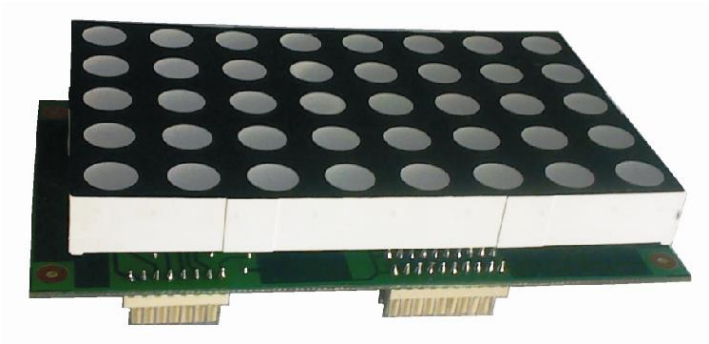
Programowalny iskrobezpieczny transparent optyczny PTI-01 zbudowany jest z modułów znajdujących się wewnątrz obudowy, w tym z:

- sterownika,
- wyświetlacza LCD,
- czytnika kart SD,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- panelu LED,
- ładowarki i zasilacza,
- klawiatury.

Każdy z modułów znajduje się na osobnej płytce drukowanej, dzięki czemu można je w łatwy i szybki sposób wymienić w przypadku uszkodzenia. Moduł sterownika, do którego podłączone są wszystkie pozostałe, jest głównym elementem całego transparentu. Moduły wyświetlacza LCD, czytnika kart SD oraz klawiatury służą do programowania transparentu. Transparent wyposażony jest w 10 modułów panelu LED, na których umieszczono matryce diodowe o rozdzielczości 5 x 8 punktów, zapewniające bardzo dobrą widoczność wyświetlanego komunikatu i charakteryzujące się niską energochłonnością.



Rys.2. Moduł panelu LED [1]

Transparent PTI-01 w wykonaniu standartowym przystosowany jest do współpracy z innymi urządzeniami, za pośrednictwem czterech wejść stykowych, które zaprogramowane są na stałe według priorytetu:

- Wejście 1 współpracuje z metanomierzem.
- Wejście 2 współpracuje z systemami transportu.
- Wejście 3 edytowane przez użytkownika.
- Wejście 4 edytowane przez użytkownika.

Wejścia 1 i 2 mogą współpracować z innymi urządzeniami, wówczas na życzenie klienta transparent zostanie przeprogramowany przez producenta.

Transparent wyposażony jest także w cztery wyjścia. Dodatkowo transparent optyczny wyposażono w dwa przetworniki akustyczne.

3.2. Programowanie

Dostęp do elementów służących do zaprogramowania tekstu komunikatu możliwy jest po otwarciu pokrywy na ścianie bocznej transparentu. Do zaprogramowania tekstu komunikatu służą elementy pokazane na rysunku 3, tj.: 1 - przełącznik ON/OFF, 2 - czytnik kart SD, 3 - klawiatura, 4 - wyświetlacz LCD.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



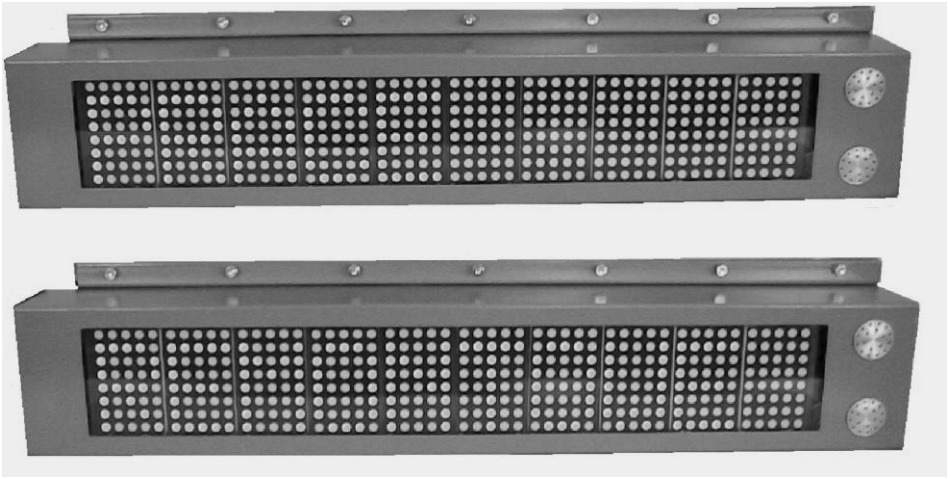
Rys.3. Widok elementów służących do programowania transparentu [1]

Programowanie transparentu odbywa się za pomocą klawiatury. Komunikaty wyświetlane na transparencie wpisuje się ręcznie za pomocą klawiatury lub z wykorzystaniem karty SD. Wszystkie informacje niezbędne do zaprogramowania transparentu wyświetlane są na wyświetlaczu LCD.

4. Zastosowanie

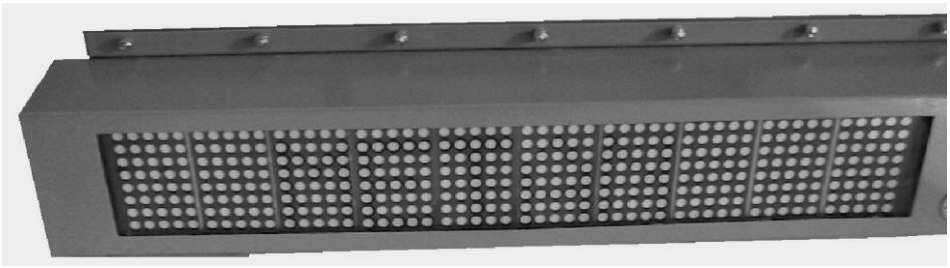
Programowalny iskrobezpieczny transparent optyczny PTI-01 ma uniwersalne zastosowanie. Może być stosowany podczas prac remontowych w wyrobisku chodnikowym w rejonie zagrożonym wybuchem metanu. Wówczas należy umiejscowić transparent nieopodal miejsca prowadzonych prac i podłączyć zasilanie, a na transparencie zaprogramować komunikat "PRACE REMONTOWE" w kolorze zielonym.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.4. Komunikat "PRACE REMONTOWE" [1]

W celu zapewnienia bezpieczeństwa pracujących przy remoncie górników należy, o ile istnieje taka możliwość wykorzystać wejścia stykowe. Wykorzystanie pierwszego wejścia w układzie z metanomierzem spowoduje, że po przekroczeniu dopuszczalnego stężenia metanu wyświetlony zostanie komunikatu "METAN" w kolorze czerwonym oraz nastąpi uruchomienie sygnału dźwiękowego. Przekroczenie dopuszczalnego stężenia metanu spowoduje wyłączenie urządzeń elektrycznych (dzięki wbudowanemu akumulatorowi transparent nadal będzie pełnił swoją funkcję). W tym przypadku można również wykorzystać wyjście stykowe, które wyłączy inne urządzenie elektryczne lub będzie wejściem dla innego transparentu.



Rys.5. Komunikat "METAN" [1]

Jeśli prowadzone prace remontowe prowadzone są na trasie przejazdowej należy wykorzystać drugie wejście stykowe i podłączyć do niego np. iskrobezpieczny czujnik zbliżeniowy, który zareaguje na zbliżającą się lokomotywę. Wówczas pracownicy zostaną powiadomieni o zagrożeniu poprzez wyświetlenie na transparencie komunikatu "TRANSPORT" w kolorze czerwonym, oraz przez rozlegający się sygnał dźwiękowy.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.6. Komunikat "TRANSPORT" [1]

Trzecie i czwarte wejścia stykowe służą do formułowania dowolnego komunikatu edytowanego przez użytkownika. Uaktywnienie któregoś z tych wejść powoduje wyświetlanie zaprogramowanego komunikatu w kolorze czerwonym oraz generowanie sygnału dźwiękowego.

Jeśli podczas prowadzonych prac użytkownik stwierdzi, że wyświetlany komunikat powinien być w kolorze czerwonym, a nie zielonym, to może go zmienić poprzez naciśnięcie odpowiedniego przycisku. W taki sam sposób można załączyć lub wyłączyć sygnał dźwiękowy.

5. Podsumowanie

Programowalny iskrobezpieczny transparent optyczny PTI-01 jest pierwszym rozwiązaniem na rynku, w którym zastosowano klawiaturę. Dzięki temu można w łatwy sposób zmienić treść komunikatu oraz jego kolor. Transparent może być stosowany w szerokim zakresie. Może być wykorzystany w układach sygnalizacji transportu materiałów i przewozu ludzi, w układach informujących o pracy maszyn i urządzeń oraz do informowania o zakazie wejścia do rejonu. Automatyczne wyświetlanie zagrożeń związanych z występowaniem metanu lub innymi urządzeniami współpracującymi ogranicza prawdopodobieństwo zaistnienia wypadku poprzez skuteczne ostrzeganie świetlne i akustyczne.

Literatura

1. Konsek R., Kurpiel W., Budzyński Z.: Programowalny iskrobezpieczny transparent optyczny. Praca statutowa ITG KOMAG (nie publikowana), Gliwice 2011.
2. Konsek R., Kurpiel W.: Programowalny iskrobezpieczny transparent optyczny PITO-01. Materiały na konferencję: EMTECH 2012 „Zasilanie, informatyka techniczna i automatyka w przemyśle wydobywczym. Innowacyjność i bezpieczeństwo", Szczyrk-Biła, 16-18 maja 2012.
3. Budzyński Z.: Przenośny sygnalizator optyczno-akustyczny z własnym źródłem zasilania. Maszyny Górnicze nr 3/2011.
4. Dylong A., Kielar J., Krzykawski D.: Nowe środki przekazu informacji o zagrożeniach w wyrobiskach podziemnych kopalń. EMTECH 2011, Ustroń, 19-21 maj 2010.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

System powietrzno-wodnego zraszania na drogach odstawy urobku

Dominik Bałaga, Michał Siegmund – Instytut Techniki Górniczej KOMAG, **Leszek Ryszka** - KWK „Brzeszcze”

1. Wstęp

Zapylenie powietrza powstające w wyrobiskach korytarzowych, szczególnie w miejscach zabudowania przesypów na przenośnikach taśmowych lub zgrzebłowych stanowi poważne źródło zagrożenia dróg oddechowych licznej grupy pracowników kopalń węgla kamiennego, zatrudnionych nie tylko w wyrobiskach z zabudowaną odstawą urobku, ale również w ścianach i przodkach. Przyczynia się również do tworzenia nagromadzeń pyłu, który osiadł w wyrobisku, co w konsekwencji może powodować powstanie niebezpiecznej atmosfery wybuchowej w przypadku ponownego wymieszania (wzbicia) pyłu w powietrzu [2, 5].

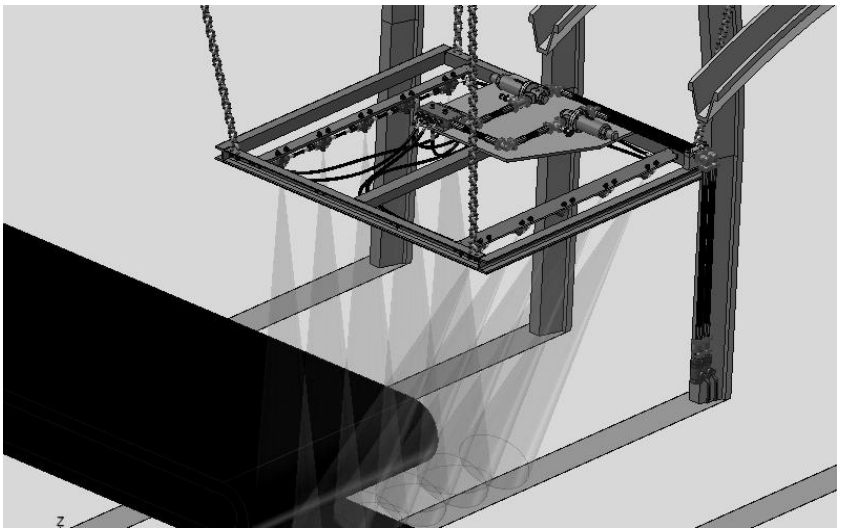
W celu redukcji zapylenia powstającego na przesypach przenośników wykorzystuje się systemy zraszania, które (najczęściej) zwilżają transportowany urobek, ograniczając lotność zawartego w nim pyłu. Systemy te zwykle nie są w stanie sprostać stawianemu przed nimi zadaniu utworzenia mgły wodnej nad przesypem, której krople mogą łączyć się z pyłem i powodować jego osiadanie na przesypie, w strudze urobku. Problem ten od wielu lat starano się rozwiązać poprzez stosowanie zraszania wodnego, które jednak posiada istotną wadę, jaką jest nadmierne zużycie wody pogarszające jakość węgla oraz obniżające komfort pracy obsługi przenośnika. Rozwiązaniem alternatywnym dla tradycyjnych, wodnych urządzeń zraszających, są urządzenia wykorzystujące wodę i sprężone powietrze, które pozwalają wielokrotnie obniżyć ilość zużywanej wody, przy jednoczesnym obniżeniu parametrów zasilania wody i powietrza. Doświadczenie specjalistów ITG KOMAG, dotyczące wykorzystania zraszania powietrzno-wodnego do ograniczania zapylenia w systemach ścianowych, pozwoliło zaprojektować system zraszania VIRGA wykorzystujący wodę i powietrze, do redukcji zapylenia na przenośnikach zgrzebłowych i taśmowych. Rozwiązanie to zastosowano na drogach odstawy urobku w KWK „Brzeszcze” a innowacyjność oraz uniwersalizm zaproponowanego rozwiązania pozwala na stosowanie go do każdego typu przesypu przenośników oraz innych źródeł zapylenia.

2. Warunki zastosowania systemu

Budowę kompleksowego systemu zraszania przesypów przenośników zapoczątkowało powstanie prototypowego urządzenia zraszającego (rys. 1), służącego do redukcji zapylenia na przesypie przenośnika taśmowego [1].

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Urządzenie to zainstalowano i poddano próbom dołowym w kopalni „Brzeszcze", a następnie oceniono poprzez badania skuteczności w redukcji zapylenia metodą grawimetryczną. Badania wykazały ok. 80% skuteczność urządzenia w redukcji zapylenia całkowitego oraz ok. 70% skuteczność w redukcji zapylenia frakcji respirabilnej [4]. Doświadczenia zdobyte przy pracach nad prototypowym urządzeniem zraszającym, pozwoliły na opracowanie kompletnego systemu zraszania na drodze odstawy urobku ze ściany wydobywczej o nazwie VIRGA.



Rys.1. Prototypowe urządzenie zraszające [1]

System zraszania VIRGA na drodze odstawy urobku, opracowano zgodnie z potrzebami KWK „Brzeszcze". Po analizie potrzeb kopalni, opracowano i wytworzono trzy warianty rozwiązań urządzeń zraszających, z których każdy wymaga dostarczenia wody w ilości 2 dm^3/min, pod ciśnieniem ok. 0,3 MPa oraz sprężonego powietrza w ilości ok. 250 ÷ 350 dm^3/min, pod ciśnieniem ok. 0,3 MPa. System VIRGA zabudowano na ciągu transportowym przenośnikowej odstawy urobku ze ściany 128 w pokładzie 401, na poziomie 740 m w KWK „Brzeszcze".

W ramach systemu zraszania odstawy opracowano trzy warianty urządzenia zraszającego:

- na przesyp przenośników taśmowych, sterowany ręcznie (wariant I),
- na przesyp przenośników taśmowych, sterowany automatycznie (wariant II),
- na przesyp przenośnika zgrzebłowego (wariant III).

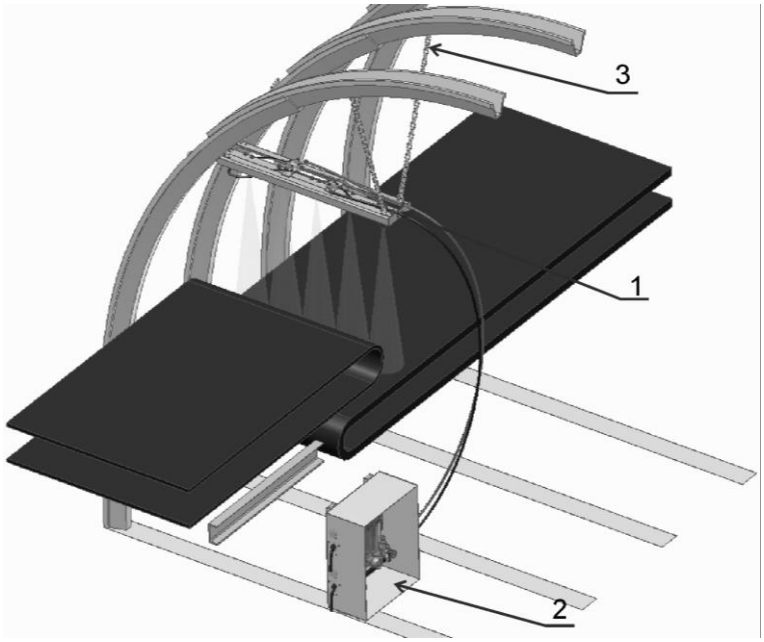
Cechą wspólną wszystkich wariantów jest pięć powietrzno-wodnych dysz zraszających STK-ZZ-2, w które wyposażone zostały baterie zraszające. W przy-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

padku zmiany szerokości taśmy przenośnika, istnieje możliwość wydłużenia lub skrócenia baterii zraszającej oraz zwiększenia liczby dysz.

3. Budowa systemu zraszania

Wariant I urządzenia zraszającego (rys. 2) zabudowano na przesypie nr 4 odstawy urobku. Bateria zraszająca została podwieszona do stropnic obudowy chodnikowej za pomocą łańcuchów. Składa się on z baterii zraszającej zasilanej z zespołu sterująco-filtrującego, w opcji sterowania ręcznego. W skład zespołu sterująco-filtrującego wchodziły: obudowa, filtr rewersyjny wody, filtr powietrza, zawory redukcyjne wody i powietrza z manometrami oraz zawory odcinające służące do uruchamiania instalacji.



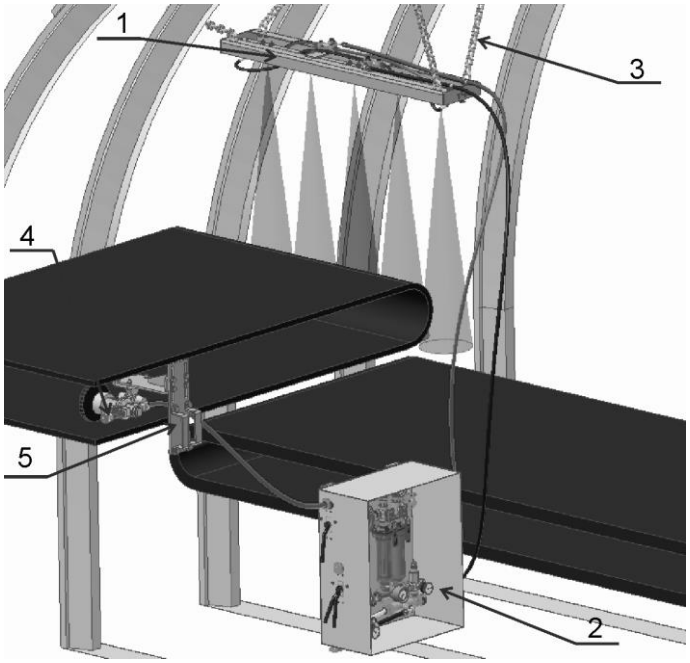
Rys.2. Urządzenie zraszające systemu VIRGA, w wariancie I sterowania ręcznego; *1 - bateria zraszająca, 2 - zespół sterująco-filtrujący, 3 - łańcuchy zawiesiowe* [źródło własne]

System zraszania VIRGA wykonany w wariancie II (rys. 3) zabudowano na kątowym przesypie nr 3 przenośników taśmowych, na skrzyżowaniu dwóch chodników. Jest to najbardziej rozbudowana opcja zraszacza przesypu, gdzie włączenie i wyłączenie zraszania następuje automatyczne i w zależności od ruchu taśmy przenośnika.

Pod stropem, za pomocą łańcuchów podwieszono baterię zraszającą. Zespół sterująco-filtrujący wyposażono w filtry, reduktory wody i powietrza. Filtr wody jest filtrem rewersyjnym, co pozwala na jego łatwe i systematyczne

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

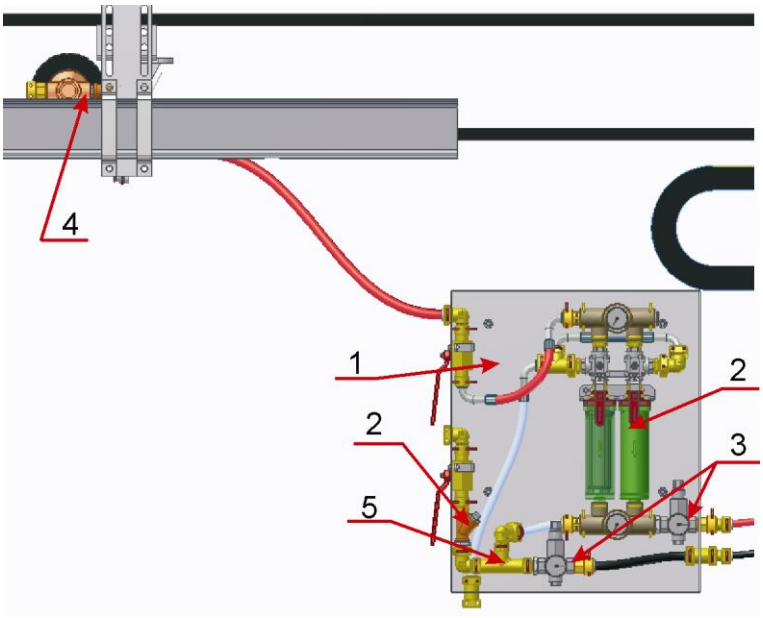
czyszczenie. Filtr zaprojektowano w ITG KOMAG, a wytwarzany jest przez firmę HELLFEIER. Aby umożliwić automatyczne sterowanie zraszaczem, zabudowano dwa urządzenia sterujące. Pierwszym z nich jest zawór otwierający przepływ wody, w zależności od ruchu taśmy przenośnika, a drugim jest zawór odcinający powietrze, sterowany ciśnieniem wody, zabudowany w skrzyni sterująco-filtrującej (rys. 4).



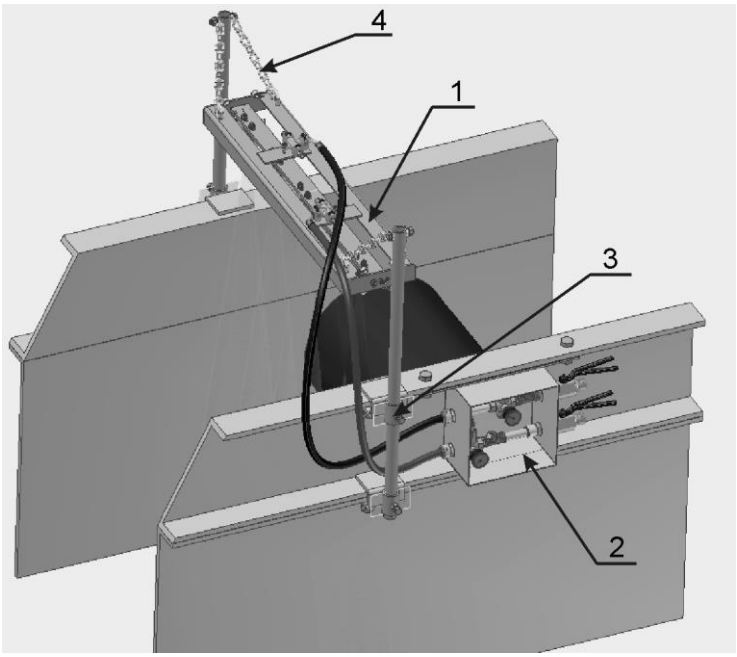
Rys.3. Urządzenie zraszające systemu VIRGA, w wariancie II sterowania automatycznego; *1 - bateria zraszająca, 2 - zespół sterująco-filtrujący, 3 - łańcuchy zawiesiowe, 4 - zawór sterujący przepływem, 5 - mocowanie zaworu* [źródło własne]

Ostatnie urządzenie zraszające wchodzące w skład kompleksowego systemu zraszania VIRGA, zainstalowano na przesypie nr 5, który jest pierwszym przesypem ciągu ostawy urobku, między podścianowym przenośnikiem zgrzebłowym, a przenośnikiem taśmowym. Urządzenie zraszające systemu VIRGA w wariancie III (rys.5), zabudowano na konstrukcji przenośnika zgrzebłowego, w opcji uruchamiania ręcznego. Wariant ten charakteryzuje się zwartą budową oraz skróconą baterią, zawieszoną na specjalnym mocowaniu za pomocą łańcuchów, do której doprowadzane są media zraszające z zespołu sterująco filtrującego, o znacznie mniejszych gabarytach od pozostałych wariantów, co pozwoliło na jego montaż do konstrukcji przesypu z podścianowego przenośnika zgrzebłowego na przenośnik taśmowy. Aby osiągnąć możliwie niewielkie gabaryty skrzyni, na przewodach wody i powietrza zastosowano zawory odcinające, filtry skośne oraz zawory redukcyjne z manometrami w układzie pokazanym na rysunku 5.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



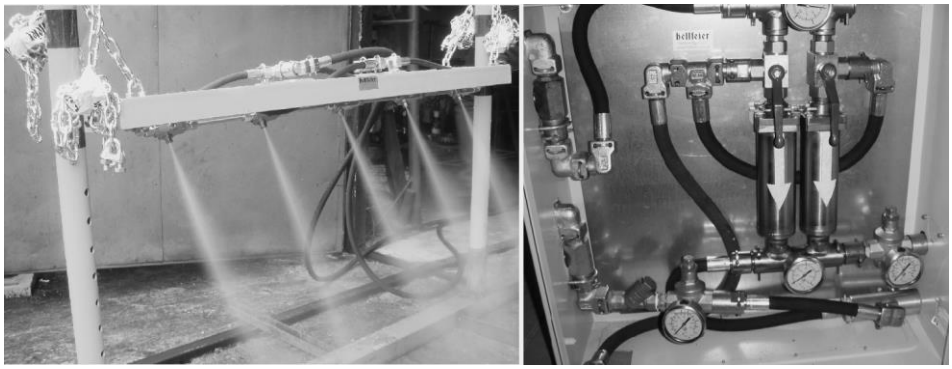
Rys.4. Układ dostarczający media do baterii urządzenia zraszającego w wariancie II*; 1 - skrzynia, 2 - filtry wody i powietrza, 3 - reduktory wody i powietrza z manometrami, 4 - zawór sterowany ruchem taśmy, 5 - zawór sterowny ciśnieniem* [źródło własne]



Rys.5. Urządzenie zraszające systemu VIRGA w wariancie III dla przesypu przenośnika zgrzebłowego i taśmowego*; 1 - bateria zraszająca, 2 - zespół sterująco-filtrujący, 3 - mocowanie baterii, 4 - łańcuchy zawiesiowe* [źródło własne]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Elementy systemu zraszania odstawy urobku VIRGA przed instalacją w KWK „Brzeszcze" zostały przetestowane u producenta urządzenia w firmie HELLFEIER. W trakcie prób potwierdzone zostały wstępnie założone parametry pracy urządzenia.



Rys.6. Zraszacz powietrzno-wodny, systemu VIRGA w trakcie prób u producenta [źródło własne]

Podstawowe parametry techniczne systemu zraszania odstawy urobku VIRGA dla każdego z wariantów zabudowy są następujące:

- natężenie przepływu wody: $\boldsymbol{Q_{nom}}$ **=~2 dm³/min,**
- natężenie przepływu powietrza: Q_{nom} = ~300 dm³/min,
- wartość ciśnienia zredukowanego powietrza p = 0,35 ÷ 0,50 MPa,
- wartość ciśnienia zredukowanego wody: p = 0,3 ÷ 0,45 MPa.

System zraszania odstawy urobku VIRGA jest systemem o bardzo szerokiej możliwości zastosowania. Bateria urządzenia zraszającego posiada konstrukcję, której kąt zraszania może być regulowany w zakresie od 0° do 40°, w obu kierunkach i montowany jest na łańcuchach ogniwowych, które w prosty sposób można mocować do elementów obudowy lub konstrukcji przenośnika. Zespół sterująco-filtrujący wykonano w trzech wariantach, w zależności od warunków zabudowy oraz opcji uruchamiania instalacji (ręczna lub automatyczna). Możliwość dowolnej konfiguracji elementów instalacji zraszającej sprawia, że cały system jest bardzo uniwersalny i może być zastosowany w dowolnym miejscu odstawy urobku.

Trzy warianty rozwiązań powstały ze względu na indywidualne cechy miejsc w których są zabudowane. Najbardziej rozbudowany wariant II, z opcją automatycznego zraszania przeznaczony jest w miejsca, gdzie zachodzi konieczność ciągłego włączania i wyłączania urządzenia, co znacznie utrudniałoby pracę górnikom obsługującym przenośniki w obrębie przesypu. Zespół sterująco-filtrujący umieszczono obok skrzyni sterowniczej przenośnika, co ułatwia obsługę obu urządzeń, w tym samym czasie. Specjalne mocowanie (do konstrukcji przesypu przenośnika) urządzenia zraszającego w wariancie III, umoż-

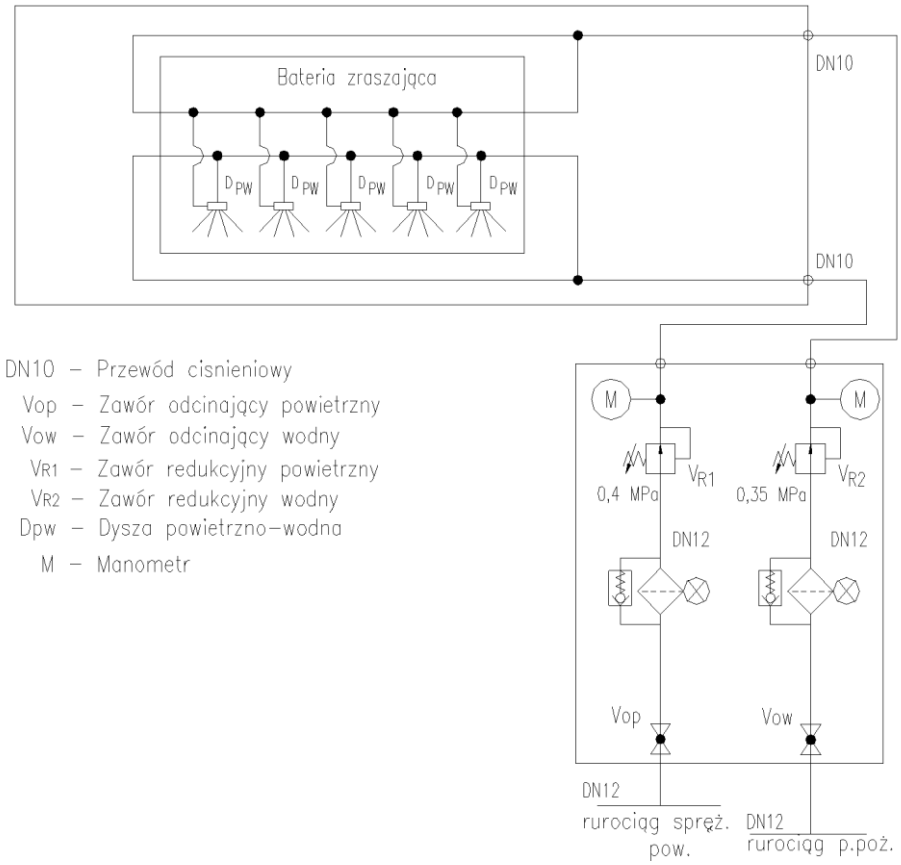
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

liwia przemieszczanie go razem z przesypem, bez konieczności demontażu i powtórnego montażu baterii. Zastosowanie łańcucha zawiesiowego do mocowania baterii zabezpiecza ją przed wpływem drgań.

4. Zasada działania instalacji powietrzno-wodnej

Układ sterowania ręcznego stosowany jest w wariancie I oraz III. Woda i sprężone powietrze doprowadzone są do skrzyni zasilająco-sterującej z rurociągu sprężonego powietrza oraz rurociągu p.poż. oddzielnymi przewodami elastycznymi. Powietrze oraz woda dostarczane do układu zraszającego są oczyszczane za pomocą filtrów o dokładności filtracji nie mniejszej niż 200 μm. Schemat hydropneumatyczny zraszacza przesypu przedstawiono na rysunku 7.

Umieszczone na zewnątrz skrzyni zasilająco-sterującej dźwignie zaworów odcinających, umożliwiają włączenie i wyłączenie systemu zraszania w dowolnym momencie, bez konieczności otwierania skrzyni.



Rys.7. Schemat hydropneumatyczny powietrzno-wodnego urządzenia zraszającego przesyp w opcji sterowania ręcznego [źródło własne]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Doprowadzona do układu zraszającego woda przepływa przez zawór odcinający V_{OW}, dostaje się do filtra rewersyjnego wody, a następnie przepływa przez zawór redukcyjny V_{RW}, który redukuje wartość ciśnienia dopływającej wody do ok. 0,3 ÷ 0,4 MPa. Po redukcji ciśnienia, woda dostaje się do pięciu, umiejscowionych na belce nośnej, zespołów zraszających, połączonych ze sobą przewodami elastycznymi.

Z kolei doprowadzone do układu zraszającego powietrze przepływa przez zawór odcinający V_{OP}, a następnie zostaje oczyszczone przez skośny filtr siatkowy. Oczyszczone powietrze dostaje się do zaworu redukcyjnego V_{RP} , który redukuje wartość ciśnienia sprężonego powietrza do ok. 0,35 ÷ 0,45 MPa. Powietrze, o ciśnieniu zredukowanym do żądanej wartości dostarczane jest do zespołów zraszających umiejscowionych na belce nośnej, połączonych ze sobą przewodami elastycznymi, a następnie do dysz powietrzno-wodnych.

Woda oraz sprężone powietrze dopływają za pomocą kanałów do dysz dwuczynnikowych, umieszczonych w korpusach, gdzie następuje mieszanie obu mediów i utworzenie aerozolu powietrzno-wodnego, wyrzucanego następnie z dysz w kierunku strugi urobku zrzucanej z przenośnika do przesypu.

Woda, w opcji zraszania automatycznego, dostarczana jest z rurociągu p.poż przewodem elastycznym do zaworu odcinającego, sterowanego ruchem taśmy przenośnika. Sprężone powietrze doprowadzone jest do skrzyni zasilająco-sterującej z rurociągu sprężonego powietrza oddzielnymi przewodami elastycznymi. Powietrze oraz woda dostarczane do układu zraszającego systemu zraszania oczyszczone są za pomocą filtrów o dokładności filtracji minimum 200 μm.

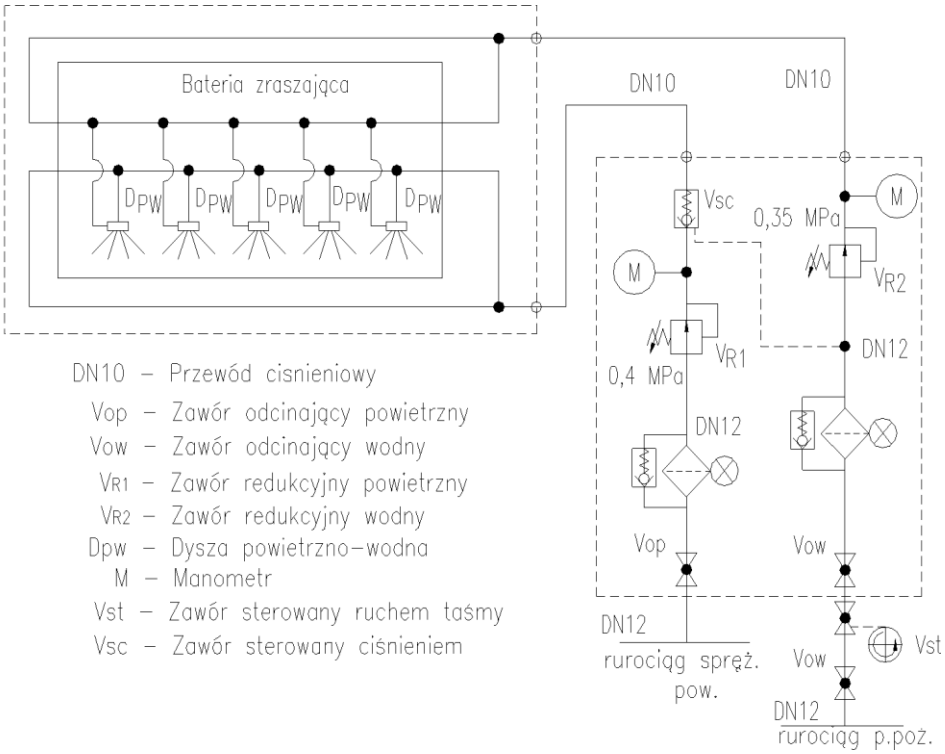
Usytuowany przy taśmie przenośnika sterowany zawór odcinający, włącza i wyłącza instalację systemu zraszania powietrzno-wodnego, w zależności o zarejestrowanego ruchu taśmy przenośnika. Jednocześnie istnieje możliwość ręcznego, awaryjnego wyłączenia instalacji za pomocą zaworów odcinających, zlokalizowanych przy skrzyni aparatury zasilająco-sterującej.

Schemat hydropneumatyczny w opcji zraszania automatycznego przedstawiono na rysunku 8.

Doprowadzona woda do zaworu odcinającego, sterowanego ruchem taśmy przenośnika, zostaje przepuszczona do skrzyni zasilająco-sterującej w chwili

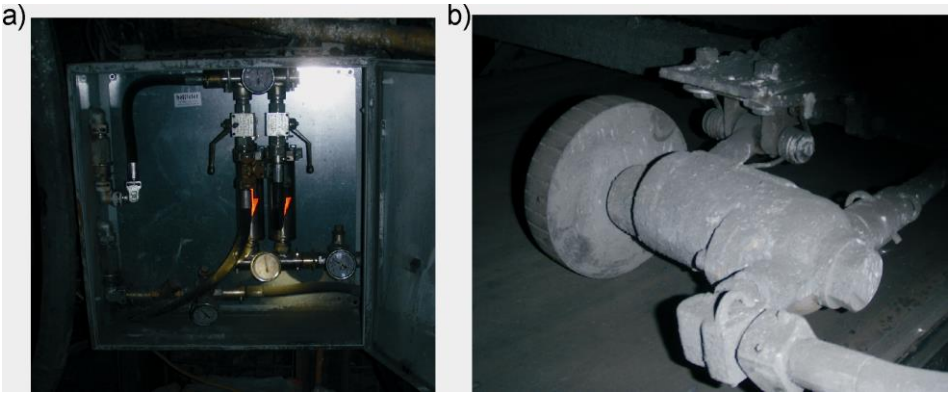
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

uruchomienia taśmy przenośnika. Woda przepływa przez zawór odcinający V_{OW} i zespół filtra rewersyjnego (ciśnienie maksymalne 4,0 MPa) oraz dostaje się do zaworu zwrotnego sterowanego zlokalizowanego na przewodach powietrznych, powodując jego otwarcie. Po oczyszczeniu woda dopływa do zaworu redukcyjnego V_{RW}, który redukuje wartość ciśnienia dopływającej wody do ok. 0,3 ÷ 0,4 MPa. Po redukcji ciśnienia, woda dostaje się do zespołów zraszających umiejscowionych na belce nośnej, połączonych ze sobą przewodami.



Rys.8. Schemat hydropneumatyczny powietrzno-wodnego urządzenia zraszającego przesyp w opcji sterowania automatycznego [źródło własne]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.9. Elementy systemu zraszania odstawy urobku VIRGA zamontowane w warunkach dołowych: *a) zespół zasilająco-sterujący, b) zawór odcinający sterowany ruchem taśmy* [źródło własne]

Powietrze doprowadzone do układu zraszającego przepływa przez zawór odcinający V_{OP}, a następnie zostaje oczyszczone przez filtr siatkowy i dostaje się do zaworu redukcyjnego V_{RP}, który redukuje wartość ciśnienia sprężonego powietrza do ok. 0,35 ÷ 0,45 MPa. Oczyszczone powietrze dostaje się do zaworu zwrotnego, którego otwarcie sterowane jest ciśnieniem wody. Po otwarciu zaworu zwrotnego, powietrze o ciśnieniu zredukowanym do żądanej wartości dostaje się do zespołów zraszających, umiejscowionych na belce nośnej, a następnie do dysz powietrzno-wodnych.

Woda oraz sprężone powietrze, tak jak w opcji sterowania ręcznego dostarczane są do zespołów zraszających, gdzie dopływają za pomocą kanałów do dysz dwuczynnikowych umiejscowionych w korpusach. W dyszach ma miejsce mieszanie wody i powietrza, w wyniku czego powstaje aerozol powietrzno-wodny wyrzucany następnie z dysz w kierunku przenośnika.

5. Podsumowanie

Zaprojektowany w ITG KOMAG innowacyjny system zraszania odstawy urobku VIRGA i wdrożony w KWK "Brzeszcze" charakteryzuje się prostą i niezawodną konstrukcją. Rozwiązanie to posiada budowę modułową, co sprawia iż jest uniwersalnym systemem, którego elementy mogą być dobierane w zależności od charakterystyki pracy przesypów oraz warunków zabudowy. Zaletą zaprojektowanej instalacji zraszającej jest wykorzystanie sprężonego powietrza, do wytwarzania aerozolu powietrzno-wodnego, zmniejszającego zużycie wody oraz zwiększającego energię wyrzutu kropel z dyszy. Poprzez zwiększenie ener-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

gii wyrzutu, dochodzi do wytworzenia większej liczby kropel, z tej samej objętości wody, co zwiększa prawdopodobieństwo łączenia się kropel z cząsteczkami pyłu [3] i pozwala na redukcję pyłu z powietrza już przy niewielkich wydatkach wody. Budowa baterii zraszających systemu VIRGA pozwala na uzyskiwanie strumieni zraszających o wysokim rozdrobnieniu kropel przy wydatku wody wynoszącym ok. 2 dm^3/min. Z kolei zastosowanie automatycznego zraszacza przesypu, wykazało słuszność podjętych działań, zmierzających do ograniczania ingerencji obsługi przesypów we włączanie i wyłączanie zraszacza. O ile przenośniki stanowiące końcowe odcinki ciągu odstawy (najbliższe zbiorników przyszybowych) są załączane i wyłączane zaledwie kilkakrotnie w ciągu zmiany roboczej, to przenośniki pracujące najbliżej przodków lub ścian nawet kilkadziesiąt razy. Automatyczne włączanie i wyłączanie zraszacza wraz z ruchem taśmy przenośnika, nie wymaga od obsługi przesypu ciągłej kontroli urządzenia zraszającego VIRGA. Rozwiązanie to posiada zawory odcinające media zraszające, które mogą być zamknięte przez załogę w przypadku wystąpienia stanów awaryjnych lub w przypadku ruchu taśmy przenośnika bez obecności urobku. Opracowane i wdrożone w KWK „Brzeszcze" rozwiązania urządzeń zraszających systemu VIRGA, w okresie trzymiesięcznej eksploatacji, wykazały się bezawaryjną pracą oraz łatwością obsługi.

Literatura

1. Bałaga D. i inni: Projekt i dokumentacja techniczna zraszacza przesypów zasilanego wodą i powietrzem do szerokości przenośnika 1200 mm. KOMAG. Praca nie publikowana, grudzień 2011, Gliwice.
2. Colinet F. i in.: Best Practices for Dust Control in Coal Mining, Pittsburgh, 2010.
3. Pieczora E., Prostański D., Bałaga D., Rojek P.: Air-water sprinkling – cheaper, comfortably and safely. Prace naukowe GIG. Górnictwo i środowisko. Kwartalnik nr 3/1/2009, s.179÷189. Katowice 2009.
4. Prostański D.: Ocena skuteczności stosowania powietrzno-wodnych urządzeń zraszających na przesypach przenośników do poprawy czystości powietrza w wyrobiskach korytarzowych. Przegląd Górniczy, złożony do druku w maju 2012.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

5. Wolfie A.L.; Colinet J.F.: Health effects of overexposure to respirable coal and silica dust. Best. Department of Health and Human Services. DHHS (NIOSH) Publication No. 2010–110. January 2010.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Badania skuteczności redukcji zapylenia powietrzno-wodnym systemem VIRGA na drogach odstawy urobku

Dariusz Prostański – Instytut Techniki Górniczej KOMAG, **Leszek Ryszka** - KWK Brzeszcze

1. Wstęp

System zraszania VIRGA to urządzenie przeznaczone do redukcji zapylenia na przesypach przenośników taśmowych i zgrzebłowych [1]. System stanowi bateria zraszająca zawieszona nad przesypem przenośnika, której strumienie skierowane są na przesypujący się urobek. Wysoka skuteczność redukcji pyłu oraz niskie zużycie wody zraszającej spowodowały zastosowanie rozwiązania przez KWK „Brzeszcze" na trzech kolejnych przesypach systemu odstawy.

W rozdziale przedstawiono wyniki badań systemu zraszania VIRGA zabudowanego na ciągu transportowym przenośnikowej odstawy urobku ze ściany 128 w pokładzie 401, na poziomie 740 m w KWK „Brzeszcze" [2].

Urządzenia zraszające systemu zraszania VIRGA zainstalowano na:

- prostym przesypie nr 4 przenośników taśmowych, zlokalizowanych w pochylni taśmowej nr 545 ściany 128,
- kątowym przesypie przenośników taśmowych, na skrzyżowaniu pochylni nr 545 z chodnikiem badawczym 544,
- prostym przesypie nr 5 z przenośnika zgrzebłowego podścianowego na przenośnik taśmowy, zlokalizowanym w pochylni taśmowej 545.

Pochylnia taśmowa nr 545 oraz chodnik badawczy nr 544 zostały wykonane w obudowie łukowej o przekroju 14,8 m^2. Przez chodniki 545 i 544 przepływa średnio ok. 1000 m^3/min powietrza z prędkością ok. 1 m/s. Kierunek przepływu powietrza jest przeciwny do kierunku odstawy urobku.

Średnie dobowe wydobycie ze ściany 128 wynosi ok. 2,5 tys. ton, a prędkość taśmy przenośnika wynosi ok. 3 m/s.

Badania prowadzono podczas dwóch zmian wydobywczych. Transport urobku realizowano za pomocą przenośników. Podczas badań wykonywano pomiary zapylenia, bez stosowania zraszania oraz z zastosowaniem powietrzno-wodnego systemu zraszania VIRGA.

Przeprowadzone badania pozwoliły na określenie skuteczności ograniczania stężenia pyłu całkowitego i frakcji respirabilnej pyłu.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

2. Charakterystyka systemu zraszania VIRGA

Powietrzno-wodny system VIRGA jest instalacją przeznaczoną do redukcji pyłu generowanego w czasie transportu urobku przenośnikami taśmowymi lub zgrzebłowymi, w szczególności na przesypach. Konstrukcja systemu umożliwia łatwe dostosowanie go do warunków pracy.

Powietrzno-wodny system zraszania VIRGA wymaga dostarczenia wody w ilości 2 dm^3/min, pod ciśnieniem ok. 0,3 MPa oraz sprężonego powietrza w ilości ok. 250 ÷ 350 dm^3/min, pod ciśnieniem ok. 0,3 MPa.

Każde z zabudowanych urządzeń zraszających systemu zraszania VIRGA wyposażono w 5 powietrzno-wodnych dysz zraszających.

Na przesypie nr 3 zabudowano, podwieszone do obudowy chodnikowej pod stropem, urządzenie zraszające z opcją automatycznego włączania, wyposażone w zawór wodny uruchamiany ruchem taśmy przenośnika, poprzez rolkę zaworu. Przesyp nr 3 to przesyp kątowy przenośników taśmowych na skrzyżowaniu chodników 545 i 544.

Na przesypie nr 4 zabudowano podobnie podwieszony system VIRGA, uruchamiany ręcznie. Na przesypie nr 5 zabudowano do konstrukcji przenośnika zgrzebłowego podścianowego urządzenie zraszające systemu VIRGA uruchamiane-ręcznie.

3. Przebieg badań

Ustalono charakterystyczne punkty, w których usytuowano pyłomierze osobiste CIP-10R i CIP-10I. Pomiary zapylenia na określonym przesypie wykonywano dla pyłu całkowitego, jak i jego frakcji respirabilnej.

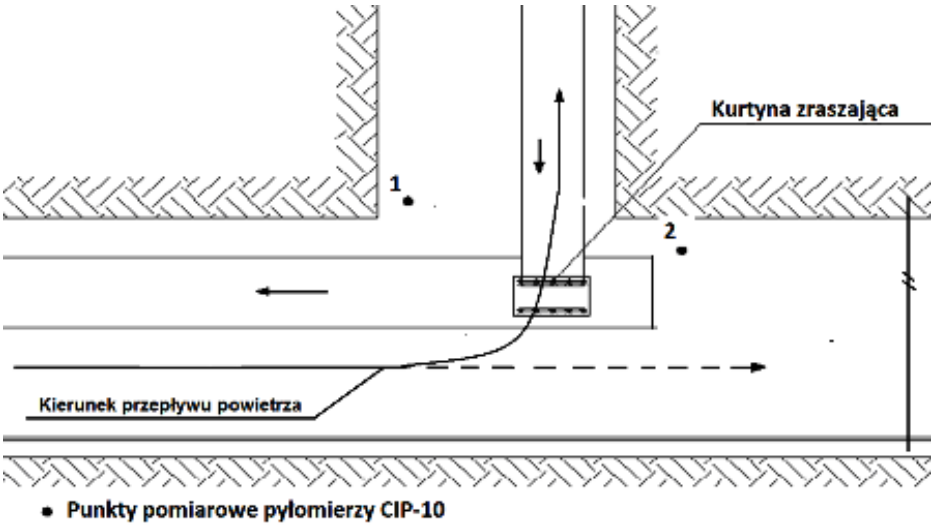
Dla przesypu nr 3 ustalono 2 punkty pomiarowe (rys. 1):

- punkt 1, na stanowisku operatora,
- punkt 2, na końcu przenośnika odbiorczego.

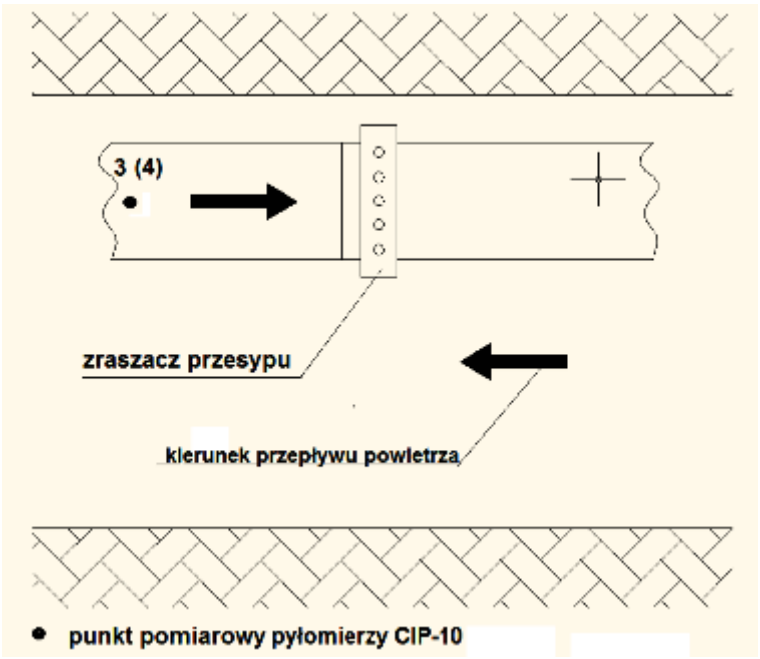
Punkt pomiarowy nr 1, w miejscu obsługi przesypu, ustalono z uwagi na najczęstsze przebywanie załogi w pobliżu tego miejsca i potencjalnie największe narażenie pracowników na wdychanie pyłu. Punkt pomiarowy nr 2 został wyznaczony z uwagi na występujące, największe zapylenie w pobliżu przesypu, które wywołane było przez wynoszenie pyłu przez prąd powietrza.

Na przesypie nr 4 i nr 5 zainstalowano pyłomierze w odległości ok. 7÷10 m za przesypem i ok. 1 m nad przenośnikiem wysypującym (rys. 2). Punkty pomiarowe: nr 3 (dla przesypu 4) oraz nr 4 (dla przesypu 5) wyznaczono z uwagi na obserwowane największe zapylenie w okolicy wyznaczonych punktów. Zlokalizowano je w miejscu, gdzie nie przebywa załoga, jednakże pomiar stężenia zapylenia pozwolił oszacować wpływ stosowania zraszania na wielkość zapylenia na przesypach.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.1. Lokalizacja punktów pomiarów zapleniana na przesypie nr 3, w odniesieniu do kierunku odstawy urobku oraz przewietrzania chodnika [3]



Rys.2. Umiejscowienie punktów pomiarów zapylenia przesypach nr 4 oraz 5, wraz z przedstawieniem kierunku odstawy urobku oraz przewietrzania chodnika [3]

Podczas badań mierzono stężenia pyłu całkowitego i respirabilnego. Na ich podstawie oceniono stężenie poszczególnych frakcji pyłu, skuteczność redukcji zapylenia oraz wielkość redukcji zapylenia dla poszczególnych frakcji pyłu.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Po wykonaniu pomiarów zapylenia, miseczki pomiarowe przetransportowano do laboratorium badawczego, w którym zostały:

- osuszone w temperaturze 50 - 60^{o}C w ciągu dwóch godzin,
- sezonowane eksykatorze w czasie 3 godzin,
- zważone.

W następnej kolejności wyniki pomiarów poddano analizie, pozwalającej na ocenę skuteczności systemu zraszania powietrzno-wodnego VIRGA w redukcji cząstek pyłu z powietrza kopalnianego.

4. Wyniki pomiarów

Wyniki z pomiarów pyłomierzami CIP-10R i CIP-10I, pozwoliły na obliczenie średniego stężenia zapylenia w danym punkcie pomiarowym. Do obliczeń wykorzystano wzór (1) na stężenie zapylenia powietrza.

$$\overline{S} = \frac{m}{\dot{V} \cdot \tau} \tag{1}$$

gdzie:

$\overline{S_1}$ — zmierzone stężenie pyłu, mg/m^3,

$\dot{V}$ — przepływ powietrza w CIP – 10, dm^3/min,

τ — czas pomiaru, min,

m — masa pyłu w miseczce pomiarowej, mg.

Wyniki średnich stężeń pyłu całkowitego i respirabilnego na przesypach przenośników pozwoliły na obliczenie skuteczności zraszania powietrzno-wodnego. Skuteczność obliczono według wzoru (2) jako różnicę między stężeniem zapylenia zmierzonym bez instalacji zraszającej, a stężeniem zapylenia zmierzonym przy włączonej powietrzno-wodnej instalacji zraszającej, którą podzielono przez stężenie zapylenia bez instalacji zraszającej.

$$\eta_{red\ zap} = \frac{\overline{S_1} - \overline{S_2}}{\overline{S_1}} x100\% \tag{2}$$

gdzie:

$\overline{S_1}$ — stężenie pyłu bez stosowania instalacji zraszającej,

$\overline{S_2}$ — stężenie pyłu przy stosowaniu systemu powietrzno-wodnego zraszania przesypu.

Wyniki obliczeń skuteczności redukcji zapylenia powietrza, na przesypach, z wykorzystaniem systemu powietrzno-wodnego zraszania przedstawiono odpowiednio w tabelach 1 i 2.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Wyniki obliczeń średniego stężenia zapylenia, dla poszczególnych punktów pomiarowych, przy załączonym powietrzno-wodnym urządzeniu zraszającym systemu VIRGA oraz bez stosowania zraszania przedstawiono w tabeli 1 (w zakresie zapylenia całkowitego) oraz w tabeli 2 (w zakresie frakcji respirabilnej).

Przy stosowaniu systemu zraszania powietrzno-wodnego VIRGA, we wszystkich wytypowanych punktach pomiarowych, wyniki średniego stężenia zapylenia całkowitego oraz respirabilnego okazały się znacząco niższe od zmierzonych średnich stężeń zapylenia bez stosowania zraszania.

Najwyższe wartości średniego stężenia zapylenia całkowitego zmierzono na przesypie przenośnika zgrzebłowego, bez stosowania instalacji zraszającej i wyniosło w punkcie pomiarowym 4 (**ok. 136 mg/m^3)**, natomiast najniższe zapylenie całkowite wynosiło 12,1 mg/m^3. Przy stosowaniu systemu VIRGA najwyższe średnie stężenie pyłu całkowitego zmierzono również w punkcie pomiarowym 4 (ok. 31 mg/m^3), natomiast najniższe odnotowano w punkcie pomiarowym 1 (**3,2 mg/m^3)**, a więc poniżej wartości NDS (tabela 1).

Wyniki średniego stężenia pyłu całkowitego zmierzonego w wytypowanych punktach pomiarowych [3]

Tabela 1

Miejsce pomiaru	Stężenie pyłu bez zraszania [mg/m^3]	Stężenie pyłu ze zraszaniem [mg/m^3]	Skuteczność redukcji pyłu [%]	Wielkość zredukowanego stężenia pyłu [mg/m^3]
napęd 3 pkt 1	12,1	3,2	73,8	8,9
napęd 3 pkt 2	25,4	4,5	82,1	20,9
napęd 4 pkt 3	56,3	12,2	78,3	44,1
napęd 5 pkt 4	136,1	30,7	77,4	105,4

Wyniki średniego stężenia frakcji respirabilnej zmierzone w wytypowanych punktach pomiarowych [3]

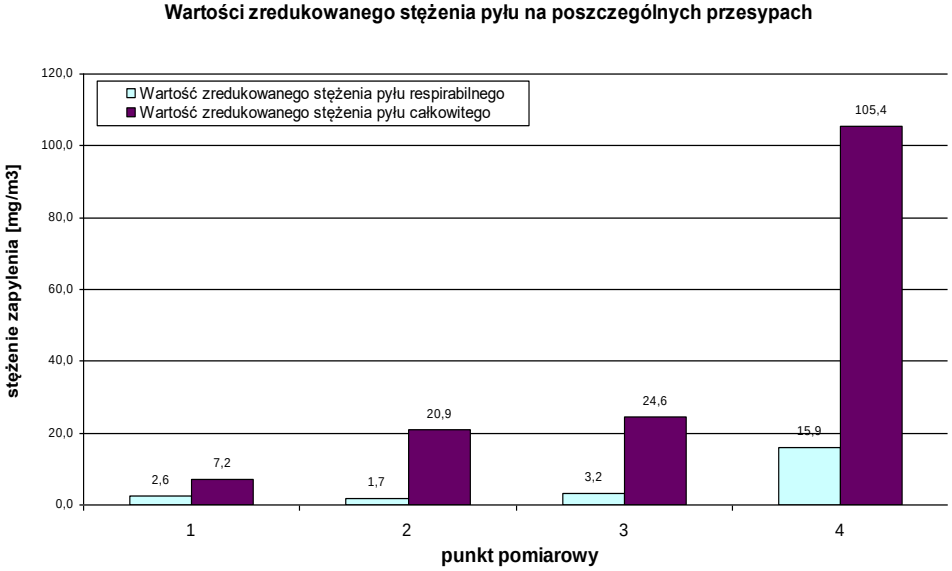
Tabela 2

Miejsce pomiaru	Stężenie pyłu bez zraszania [mg/m^3]	Stężenie pyłu ze zraszaniem [mg/m^3]	Skuteczność redukcji pyłu [%]	Wielkość zredukowanego stężenia pyłu [mg/m^3]
napęd 3 pkt 1	5,9	1,2	80,2	4,7
napęd 3 pkt 2	7,7	1,5	80,5	6,2
napęd 4 pkt 3	16,7	2,9	82,3	13,7
napęd 5 pkt 4	26,7	4,3	83,9	22,4

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Najwyższe średnie stężenie frakcji respirabilnej pyłu, bez stosowania zraszania, zmierzono w punkcie 4 (**26,7 mg/m^3)** a najniższe 5,9 mg/m^3 w punkcie pomiarowym 1 (tabela 2). Przy zastosowaniu systemu zraszania powietrzno-wodnego VIRGA najwyższe średnie stężenie frakcji respirabilnej pyłu zmierzono również w punkcie pomiarowym 4 (4,3 mg/m^3), natomiast najniższe zapylenie respirabilne, które zmierzono w punkcie 1 (**1,2 mg/m^3**).

Pomiary wykazały, że wraz ze zbliżaniem się do frontu eksploatacyjnego następuje wzrost zapylenia. W punkcie pomiarowym 4 (przesyp przenośnika zgrzebłowego), średnie stężenie pyłu całkowitego było ponad 11 razy większe od średniego stężenia w punkcie pomiarowym 1, i pięć razy większe niż w punkcie pomiarowym 2. Stężenie frakcji respirabilnej pyłu w punkcie pomiarowym 4 było ponad 4 razy wyższe niż w punkcie pomiarowym 1 i ponad 3 razy wyższe niż w punkcie pomiarowym 2 (rys. 3).

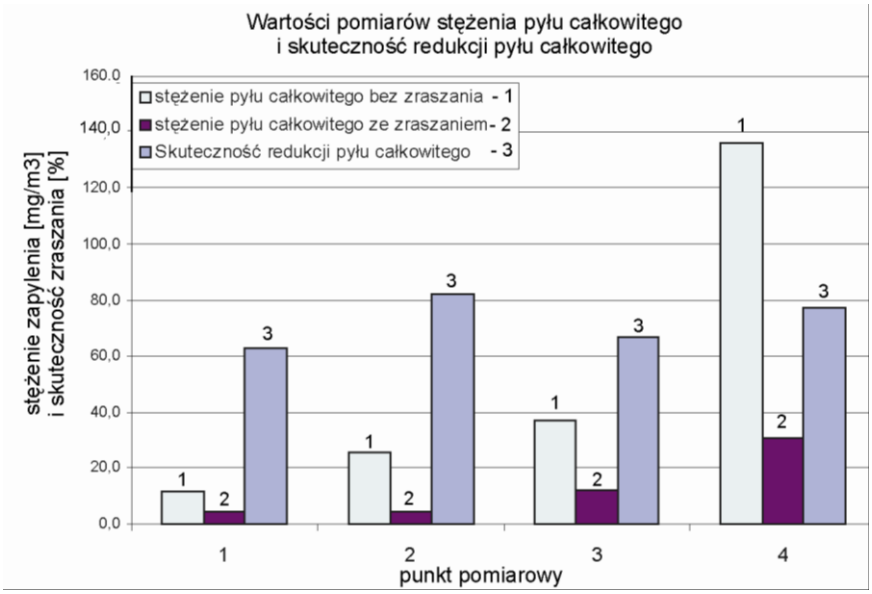


Rys.3. Wartości zredukowanego stężenia pyłu całkowitego i frakcji respirabilnej, z wykorzystaniem systemu VIRGA [3]

Otrzymane wyniki wykazały, że zabudowane na przesypach powietrzno-wodne urządzenia zraszające systemu VIRGA wykazały się wysoką skutecznością redukcji zapylenia. System powietrzno-wodnego zraszania VIRGA, pozwolił osiągnąć skuteczność w redukcji pyłu całkowitego od 74% do 82%, (rys. 4) oraz skuteczność w redukcji frakcji respirabilnej pyłu w zakresie od 80% do 84% (rys. 5).

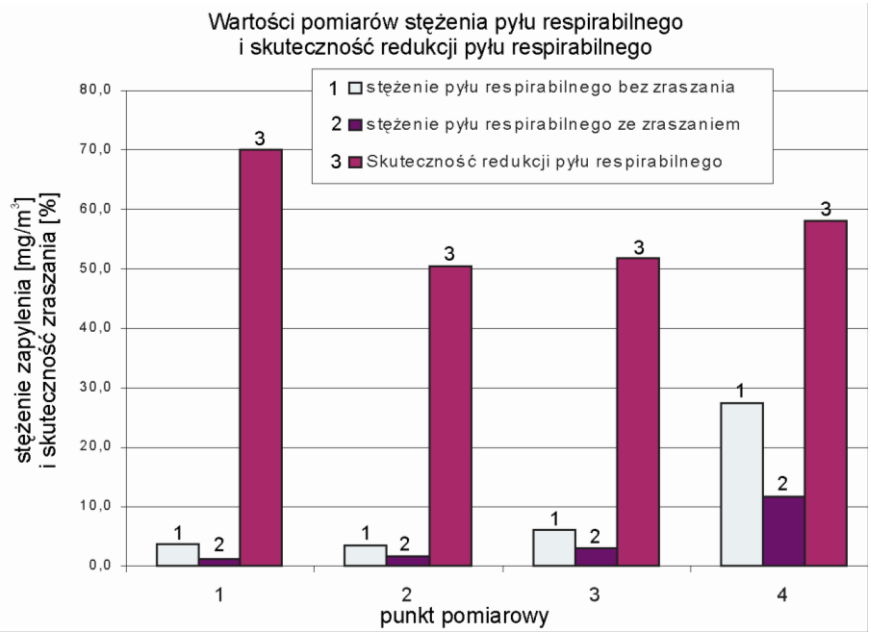
Niezależnie od wielkości stężenia pyłu całkowitego, poziom redukcji zapylenia jest bardzo podobny i przekracza zawsze 70% a w punkcie pomiarowym 2 (przesyp 3) przekroczył 82% (rys. 4).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.4. Wartości pomiarów stężenia pyłu całkowitego i wyniki obliczeń skuteczności redukcji pyłu całkowitego [3]

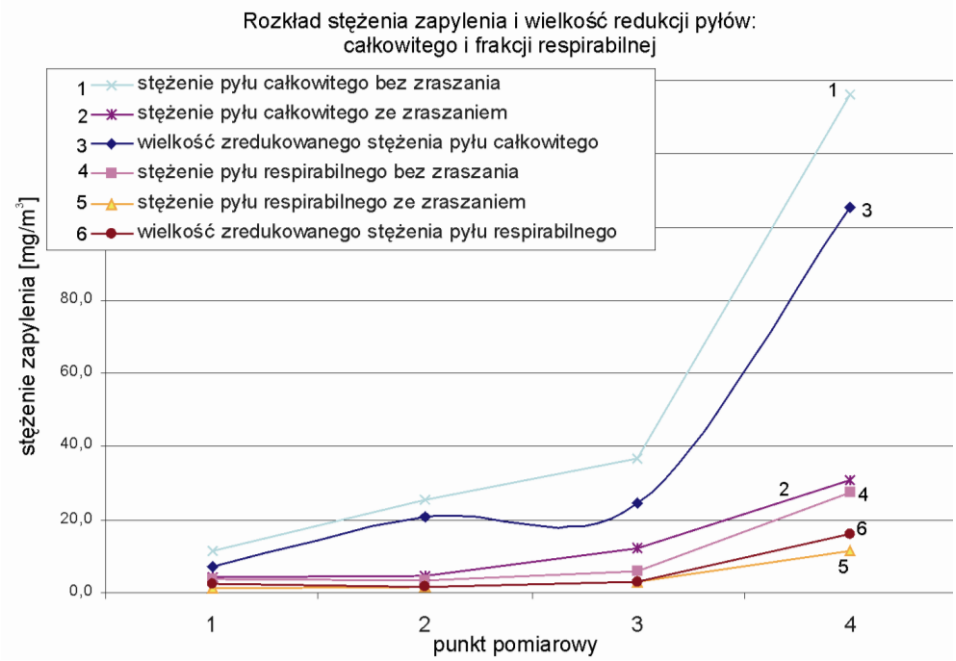
W przypadku frakcji respirabilnej pyłu skuteczność redukcji zapylenia wynosiła ponad 80% a na przesypie nr 5 ok. 84% (rys. 5).



Rys.5. Wartości pomiarów pyłu i wyniki obliczeń skuteczności redukcji pyłu w zakresie frakcji respirabilnej [3]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Analizując wielkości zapylenia powstałego w pochylni taśmowej 545 ściany 128, można stwierdzić proporcjonalny wzrost zapylenia w kierunku ściany 128, zarówno dla pyłu całkowitego jak i jego frakcji respirabilnej. Stosując zraszanie powietrzno-wodne uzyskano bardzo podobną skuteczność redukcji zapylenia na wszystkich przesypach, niezależnie od wielkości zapylenia (rys. 6). Średnia skuteczność redukcji pyłu całkowitego wyniosła 78% a dla frakcji respirabilnej pyłu 82%.



Rys.6. Rozkład stężenia zapylenia i wielkość redukcji pyłów: całkowitego i frakcji respirabilnej [3]

5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania powietrzno-wodnego systemu zraszania VIRGA, zabudowanego na ciągu transportowym przenośnikowej odstawy urobku ze ściany 128, w pokładzie 401, na poziomie 740 m, w KWK „Brzeszcze" wykazały jego wysoką skuteczność w redukcji zapylenia, wynoszącą średnio dla pyłu całkowitego 78% a dla frakcji respirabilnej pyłu 8%.

Urządzenia zraszające systemu zraszania VIRGA zabudowano na:

- prostym przesypie nr 5 podścianowego przenośnika zgrzebłowego i taśmowego zlokalizowanego w pochylni taśmowej 545 ściany 128,
- prostym przesypie nr 4 przenośników taśmowych zlokalizowanego w pochylni taśmowej 545 ściany 128,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

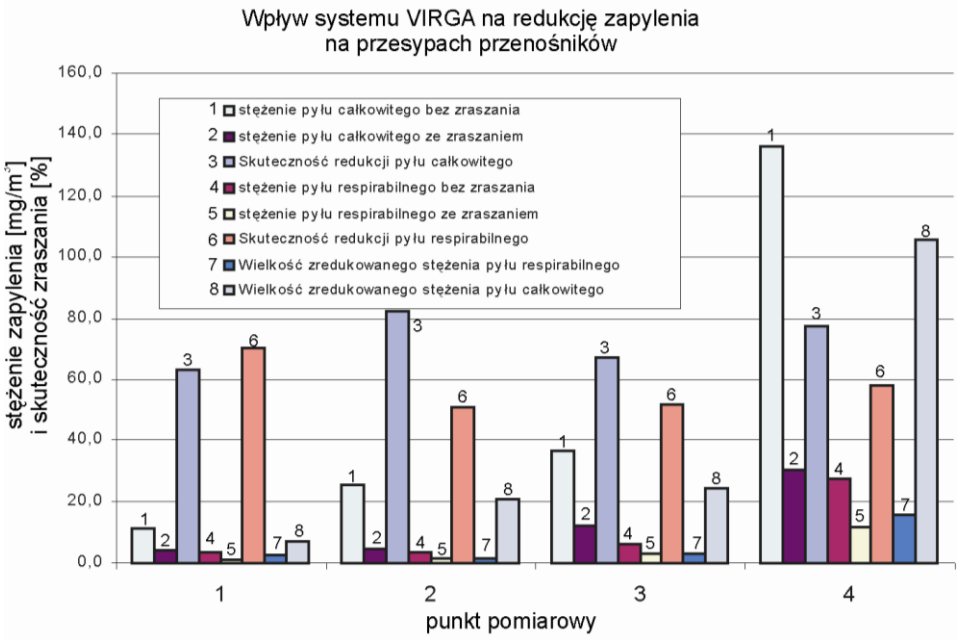
– kątowym przesypie przenośników taśmowych na skrzyżowaniu pochylni 545 z chodnikiem badawczym 544. Badania prowadzono na zmianach wydobywczych podczas transportu węgla ciągiem przenośników odstawczych.

Przed zabudową powietrzno-wodnego systemu zraszania VIRGA zmierzono zapylenie całkowite na przesypie nr 3, które wyniosło 12,1 mg/m^3 i wzrastało, w kierunku ściany, do 136 mg/m^3 na przesypie nr 5. Stężenie frakcji respirabilnej pyłu na przesypie nr 3 wynosiło 5,9 mg/m^3 i wzrastało do wielkości 26,7 mg/m^3.

Po zastosowaniu systemu zraszania powietrzno-wodnego, zapylenie całkowite zredukowano średnio o 78%, do wartości 3,2 mg/m^3 na przesypie nr 3 i do wielkości 30,7 mg/m^3 na przesypie nr 5.

W zakresie frakcji respirabilnej pyłu, przed zabudową systemu zraszania, zarejestrowano na przesypie nr 3 zapylenie wynoszące 5,9 wzrastające w kierunku ściany 128 do wartości 26,7 mg/m^3 na przesypie nr 5. Po zabudowie systemu zraszania VIRGA, frakcję respirabilną pyłu zredukowano średnio o 82% a zarejestrowane na przesypie nr 3 stężenie pyłu wynosio 1,2 mg/m^3 i wzrastało do wartości 4,3 mg/m^3 na przesypie nr 5.

Pomiary zapylenia były krótkotrwałe. Średni czas pomiaru wynosił 45 min. Pomiary realizowano podczas transportu węgla przenośnikami.



Rys.7. Zestawienie zmierzonych i obliczonych wartości zapylenia na ciągu transportu węgla ze ściany 128 [3]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Zastosowanie systemu zraszania VIRGA znacząco obniżyło poziom stężenia pyłu, jednakże w dalszym ciągu obserwowany jest wzrost zapylenia w kierunku ściany (rys. 7).

W wyniku zastosowania systemu zraszania VIRGA nastąpił nawet 11-krotny spadek stężenia pyłu w powietrzu kopalnianym.

System powietrzno-wodnego zraszania odstawy urobku VIRGA wymaga jedynie 2 dm^3/min wody na jeden przesyp, co nie stanowi zauważalnego pogorszenia komfortu pracy i wzrostu zawilgocenia węgla, natomiast system VIRGA zasadniczo poprawia warunki pracy w pochylni taśmowej 545 obniżając widocznie stężenie pyłu w powietrzu.

Zastosowanie systemu zraszania powietrzno-wodnego VIRGA stanowi skuteczny sposób obniżenia zapylenia powietrza kopalnianego.

Literatura

1. Dokumentacja techniczna systemu zraszania VIRGA W90.346. ITG KOMAG 06. 2011.
2. Instrukcja obsługi systemu zraszania VIRGA W90346IOR. ITG KOMAG. 06. 2011.
3. Prostański D. i In.: Ocena skuteczności redukcji zapylenia za pomocą systemu powietrzno-wodnego zraszania na przesypach przenośników, na przykładzie kopalni „Brzeszcze". Praca nie publikowana ITG KOMAG. 07. 2012. Gliwice.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Nowoczesne elementy konstrukcyjne maszyn i urządzeń z zastosowaniem poliuretanu lub kompozytów na osnowie poliuretanu typu PUGA®

Stanisław Kajzer, Jan Matyga - Przedsiębiorstwo GASKET Sp. z o.o.

1. Wstęp

Podstawą innowacyjności jest informacja, a właściwie prawidłowy jej obieg oraz związana z nią wiedza techniczna i ekonomiczna. Najwięcej informacji oraz spostrzeżeń mają bezpośredni użytkownicy, zwani marketingowo KLIENTAMI. Doświadczenie pokazuje, iż formalnie funkcjonujące struktury zarządzania w większości przedsiębiorstw, przetwarzając bezpośrednie informacje od użytkowników narażone są na efekt „głuchego telefonu" (niegdyś popularna zabawa dzieci w przedszkolu). Na to nakłada się system ewidencji i rozliczania kosztów. Jeżeli zapytania ofertowe wychodzą z działu logistyki, to wtedy najczęściej decyzja podejmowana jest w oparciu o kryterium najniższej ceny. Z drugiej strony jest oczywiste, iż lepsze musi być droższe. Taką pozorną sprzeczność widać, gdy patrzymy na efektywność ekonomiczną w rachunku ciągnionym uwzględniającym nie tylko koszty zakupu, ale również czas eksploatacji, koszty remontów, koszty przestoju itp.

Oczywistością więc, popartą rachunkiem kosztów, jest teza, iż rosnące wymagania w zakresie niezawodności, trwałości, energooszczędności oraz bezpieczeństwa pracy, a także bezpieczeństwa ekologicznego (w tym niskiego poziomu drgań i hałasu), które odnoszą się także do maszyn i urządzeń szeroko stosowanych w górnictwie [1 - 7], pociągają za sobą większe koszty jednostkowe zakupu lepszego detalu, które to jako inwestycja zwracają się w dłuższym horyzoncie czasowym, obniżając inne składniki kosztów funkcjonowania przedsiębiorstwa.

To rozumowanie dotyczy wszystkich procesów inwestycyjnych, w tym w szczególności inwestycji w nowe materiały i technologie (inżynierię materiałową) poliuretanów i kompozytów na osnowie poliuretanu typu PUGA®(nazwa handlowa materiałów firmy Gasket Sp. z o.o.).

2. Dlaczego poliuretan typu PUGA®?

Poliuretan stosowany jest od roku 1937[1] wszędzie tam gdzie podczas pracy występują wysokie obciążenia dynamiczne wywołujące złożone naprężenia mechaniczne: zginanie, ściskanie, skręcanie oraz występują takie zjawiska, jak: tarcie, drgania i szybkie zużycie spowodowane ścieraniem [8, 9].

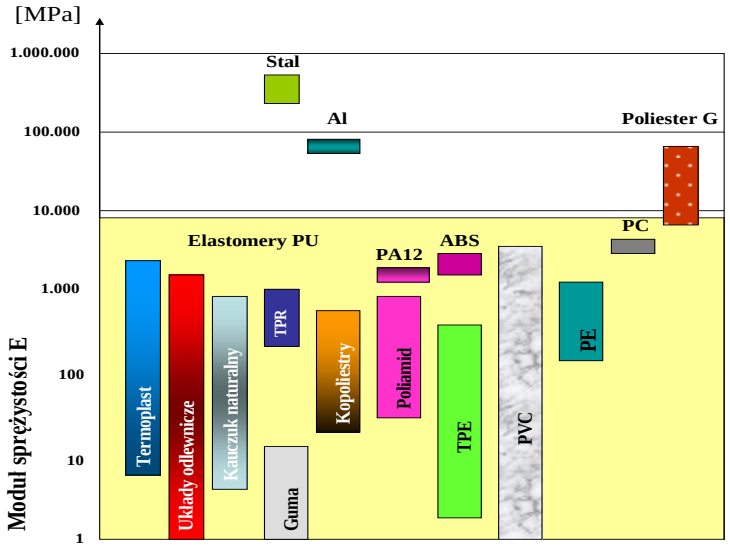
[1] Materiał wynalazł Otto Bayer i produkowany jest przez:- BAYER AG

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Poliuretany (PUR/PU), a szczególnie kompozyty na osnowie poliuretanu ze względu na swoje właściwości wypierają gumę, ceramikę czy metale w przemyśle maszynowym. Poza dobrymi właściwościami mechanicznymi, charakteryzują się dużą elastycznością w ich kształtowaniu dla konkretnego, dedykowanego zastosowania technicznego.

Przeciętna żywotność części maszyn z poliuretanów w porównywalnych warunkach eksploatacji jest od 6 do 10 razy większa niż wyrobów z gumy, przy czym wyroby z poliuretanu są 6 razy lżejsze od stali. Ponadto odznaczają się bardzo dobrą odpornością na oleje mineralne, tłuszcze, benzynę, rozpuszczalniki i słabe roztwory kwasów i zasad. Nie ulegają starzeniu w obecności tlenu i ozonu, a także są odporne na promieniowania świetlne (w tym UV), co znacznie wydłuża żywotność użytkowania wyrobów z poliuretanu. Mogą być stosowane w ciągłej pracy zachowując elastyczność gumy w zakresie temperatur -30 (-50) do +90 (+120)ºC w środowisku o pH = 4 – 12.

Zakres twardości poliuretanów zawiera się w granicach od 40 do 98 °Sh A. a zakres możliwego do otrzymania modułu sprężystości podłużnej E przedstawiono poglądowo na rysunku 1.



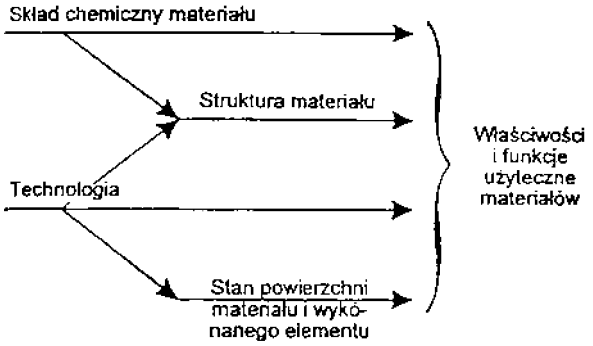
Rys.1. Moduł sprężystości podłużnej E (Younga) elastomerów poliuretanowych (żółte pole) w porównaniu do innych polimerów jak: guma, poliamid, poliwęglan, polietylen, polichlorek winylu

3. Projektowanie poliuretanu i kompozytu na osnowie poliuretanu dla dedykowanych – wymaganych warunków pracy

Projektowanie materiału [10 - 13] (kształtowanie struktury i własności), z którego wytwarza się produkty interesujące klientów (do konkretnego zasto-

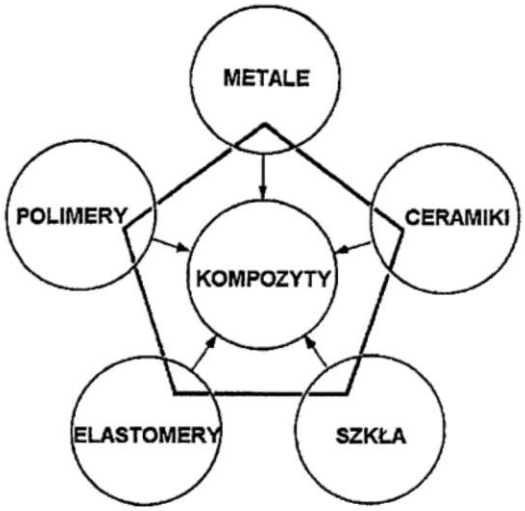
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

sowania), to w najogólniejszym ujęciu operowanie składem chemicznym i technologią, w wyniku czego otrzymujemy strukturę materiału, kształt produktu i stan powierzchni zgodnie z rysunkiem 2.



Rys.2. Czynniki wpływające na własności i funkcje użyteczne materiałów i produktów [6]

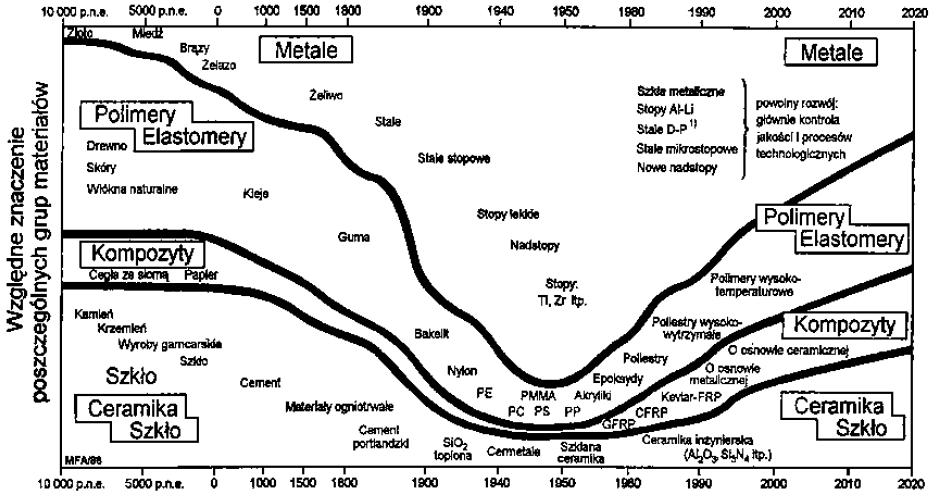
Natomiast w ujęciu dydaktycznym wszystkie materiały można podzielić na sześć podstawowych grup: metale, polimery, elastomery, ceramikę, szkła i kompozyty. Uproszczoną klasyfikację materiałów (inżynierskich) przedstawiono na rys. 3.



Rys.3. Klasyfikacja materiałów. Źródło: [2]

Tendencje rozwojowe materiałów w ujęciu historycznym przedstawiono na rysunku 4. Wynika z nich, iż zapotrzebowanie na metale i stopy metaliczne maleje. Rośnie zapotrzebowanie na materiały polimerowe, nowoczesną ceramikę specjalną, a szczególnie kompozyty.

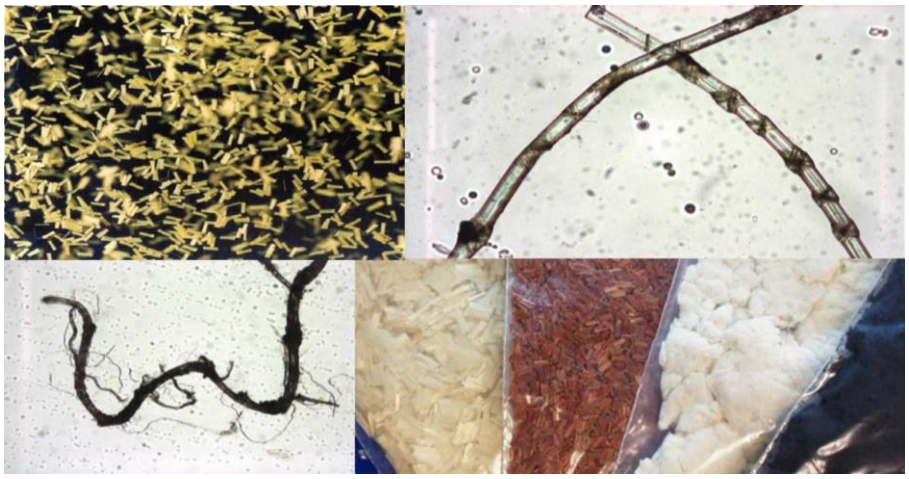
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.4. Rozwój materiałów inżynierskich [2]

Wytwarzanie kompozytów na osnowie poliuretanu

W materiałach inżynierskich zasadniczego znaczenia nabierają kompozyty [14]. Projektowanie produktów z materiałów kompozytowych stawia projektanta w zupełnie nowej roli – projektanta materiału w funkcji parametrów użytkowych produktu. On już nie dobiera materiału z puli ogólnodostępnych, znanych i zbadanych, on poprzez odpowiedni dobór składników, określenie ich udziału w kompozycie oraz kształtu i rozmieszczenia, w istotny sposób wpływa na jego sztywność i wytrzymałość, które są nieosiągalne w klasycznych materiałach. Przykładowe różne struktury kompozytów na osnowie poliuretanu w zależności od modyfikacji przedstawiono na rysunku 5.



Rys.5. Różne struktury kompozytów na osnowie poliuretanu w zależności od modyfikacji

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Tym samym uzyskano narzędzie do sterowanego kształtowania pożądanych własności kompozytów na bazie poliuretanu, pozwalającego między innymi na wzrost wytrzymałości, sztywności, odporności na temperaturę, ciągliwości, wiązkości (szybkość rozszerzania się pęknięć zmęczeniowych), zmniejszenie gęstości itp., a w efekcie obniżenie kosztu łącznego wprowadzenia i utylizacji nowego produktu.

Składnikami strukturalnymi kompozytów na osnowie poliuretanów są napełniacze proszkowe oraz włókna wzmacniające (ciągłe w postaci rowingu lub cięte), a także tkaniny lub maty.

Wytwarzanie kompozytów na osnowie poliuretanów modyfikowanych proszkami, włóknami lub whiskerami staje się konkurencyjne w stosunku do jednolitych materiałów metalicznych i polimerów.

Uważa się, iż obecnie znanych i stosowanych na świecie jest przeszło 100 tys. materiałów inżynierskich, z czego przeciętnie doświadczony inżynier zapozna się i praktycznie stosuje około pięćdziesięciu.

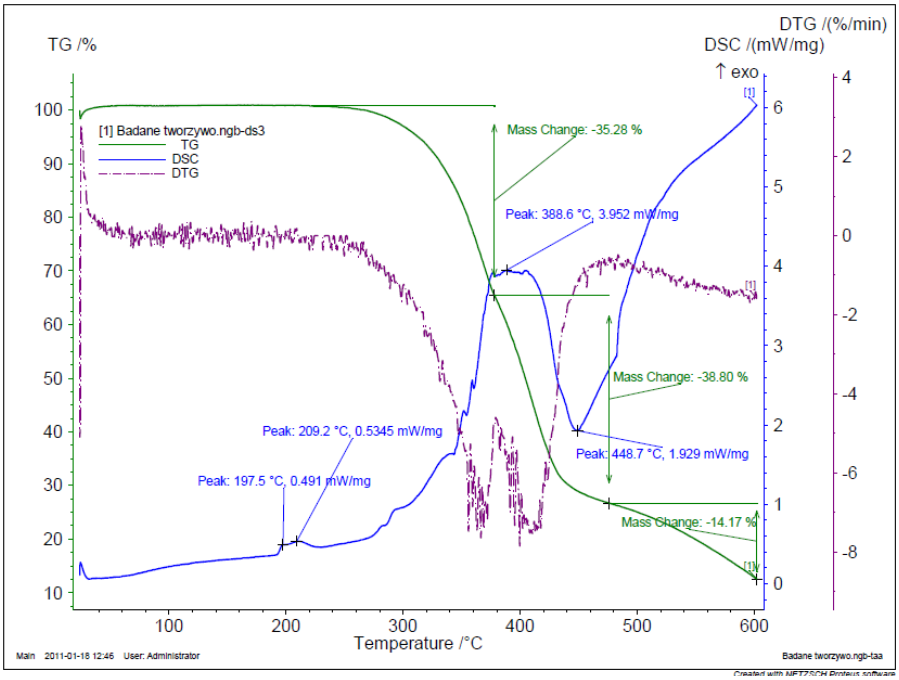
Stąd jedynym wyjściem jest twórcze, indywidualne podejście do każdego problemu projektowo-konstrukcyjnego, włącznie z projektowaniem materiału dla konkretnego produktu.

Takie podejście wymaga badania wpływu składu chemicznego materiału, jego budowy chemicznej (łańcuchów molekuł połączonych grupami uretanowymi), struktury wewnętrznej, technologii przetwarzania/formowania (stosunki odpowiednich składników chemicznych, odgazowania, temperatury, mieszania, zalewania, wygrzewania, stabilizacji), na jego własności użytkowe, które są weryfikowane poprzez odpowiednie testy np. zużycia i trwałości różnych rodzajów elastomerów poliuretanowych podczas eksploatacji wyrobu. Przy doborze/projektowaniu materiału należy brać pod uwagę wszystkie funkcje użytkowe jakie wyrób będzie spełniał podczas pracy maszyny czy urządzenia.

Podstawową charakterystykę chemiczną materiałów inżynierskich, których osnową jest poliuretan, uzyskujemy poprzez analizę termiczną. Przykładowe krzywe analizy termicznej: krzywe DSC, TG oraz DTA dla kompozytu PUGA z mikrosferami popiołu lotnego przedstawiono na rysunku 6.[2]

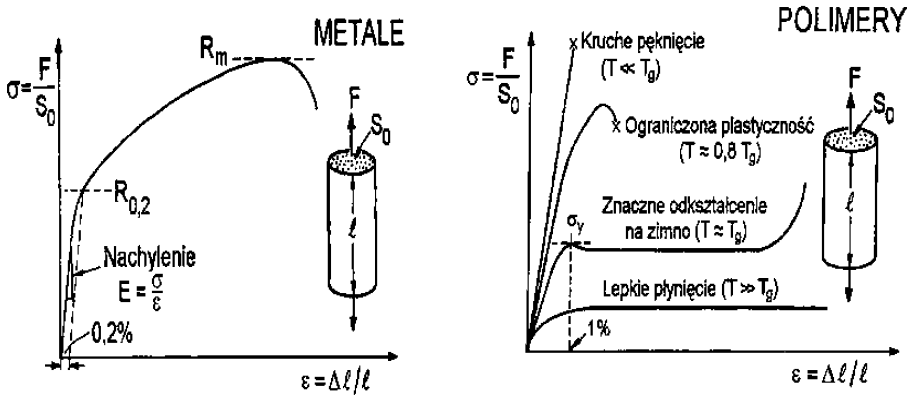
[2] Sprawozdanie z wykonanych prac B+R w ramach projektu GASKET Sp. z o.o. „Prace badawczo-rozwojowe źródłem innowacji międzynarodowej w spółce Gasket", objętego dofinansowaniem Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, oś priorytetowa 1. Badania i rozwój nowoczesnych technologii, działanie 1.4. Wsparcie projektów celowych. Zadanie nr 1. Tytuł zadania: Badania nad nowymi typami elastomerów poliuretanowych/kompozytów poliuretanowych. Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH, marzec 2012. s.10

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.6. Krzywe DSC, TG oraz DTA kompozytu PU z mikrosferami popiołu lotnego

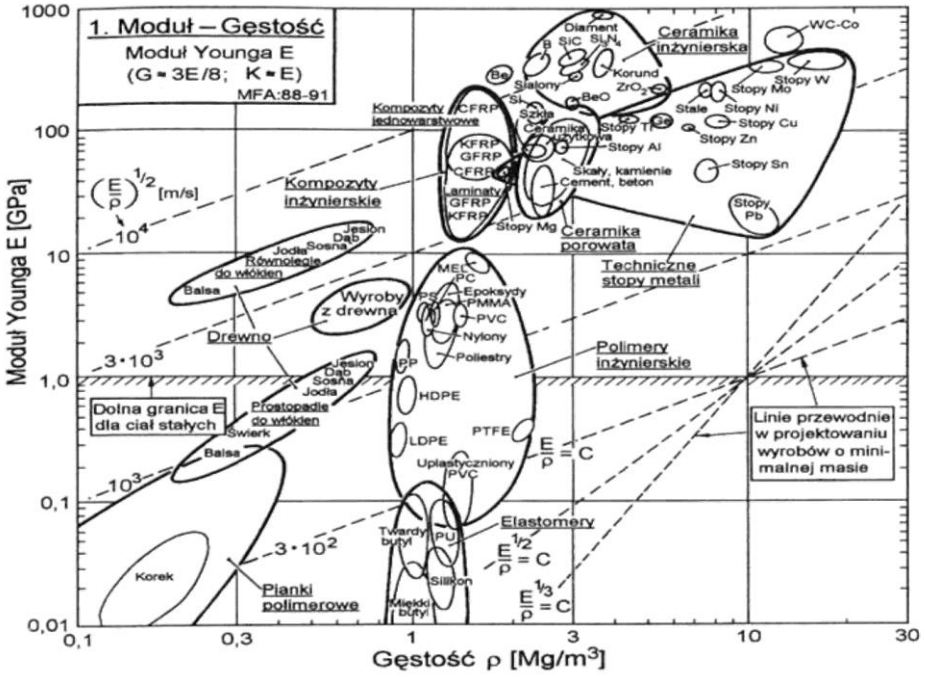
Podstawową charakterystyką wytrzymałościową materiałów inżynierskich jest krzywa w układzie naprężenie-odkształcenie. Przykładowy przebieg takiej krzywej dla metalu, (rys. a), oraz dla polimeru wyznaczone dla temperatury niższej i wyższej od temperatury zeszklenia *Tg* przedstawiono na rysunku 7.



Rys.7. Krzywe naprężenie – odkształcenie dla: a - metalu - na wykresie zilustrowano sposób wyznaczana modułu Younga *E*, umownej granicy plastyczności $R_{0,2}$ oraz wytrzymałości na rozciąganie R_m. b – dla polimeru - wyznaczone dla temperatury niższej i wyższej od temperatury zeszklenia T_g

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Przydatne dla praktyki projektowania i doboru materiałów są tzw. mapy Ashbiego. Porządkują one wszystkie materiały inżynierskie według przyjętych parametrów, pozwalając na dobór optymalnego materiału dla danego zastosowania. Przykładową mapę Ashbiego w układzie „Moduł Younga E[GPa] – Gęstość ρ [Mg/m^3] przedstawiono na rysunku 8.



Rys.8. Wykres zależności Moduł Younga E w zestawieniu z gęstością ρ. Obszary obwiedzione grubymi liniami zawierają dane dla poszczególnych rodzajów materiałów. Linie ukośne łączą materiały, w których prędkość rozchodzenia się fali podłużnej jest jednakowa. Linie przewodnie odpowiadające stałej wartości wskaźników E/ρ, E1/2/ρ, E1/3/ρ umożliwiają dobór materiałów na konstrukcje o minimalnej masie i ograniczonym odkształceniu [2]

Zgodnie z przedstawionymi wyżej zasadami Firma GASKET Sp. z o.o. prowadzi badania oraz wdraża nowe systemy i kompozyty na osnowie poliuretanu typu PUGA® w ścisłej współpracy między innymi z Wydziałem Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH, Wydziałem Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH, Wydziałem Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, Katedrą Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów Politechniki Śląskiej. Obecnie realizuje prace B+R w ramach projektu „Prace badawczo-rozwojowe źródłem innowacji międzynarodowej w spółce Gasket", objęte dofinansowaniem Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, oś priorytetowa 1. Badania i rozwój nowoczesnych technologii, działanie 1.4. Wsparcie projektów celowych.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

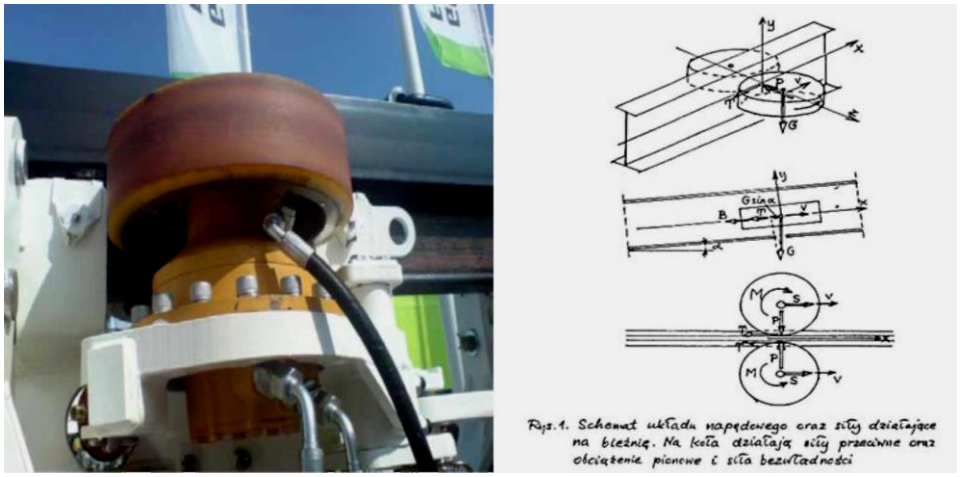
Projekt współfinansowany jest z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach projektu POIG.01.04.00-24-034/11. Celem projektu jest osiągnięcie Innowacji produktowej na koło pędne oraz krążnik nowej generacji.

4. Projektowanie własności ciernych poliuretanów przeznaczonych na elementy maszyn i urządzeń górniczych

Dobrym przykładem, skupiającym w sobie wszystkie problemy skrótowo przedstawione powyżej, jest zaprojektowanie – optymalizacja materiału pracującego w skrajnych warunkach obciążenia o maksymalnym współczynniku tarcia – koło pędne kolejki podwieszanej.



Rys.9. Koła pędne dla kolejek podwieszanych pracujące w ekstremalnych warunkach



Rys.10. Para cierna „koło pędne – szyna” wraz z odpowiadającym mu rozkładem sił w ortogonalnym układzie współrzędnych x, y, z

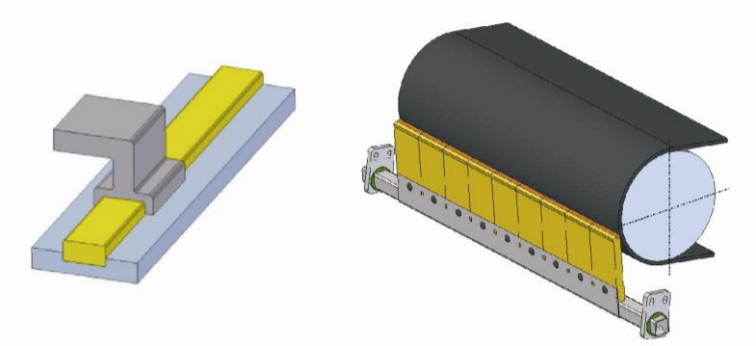
Tarcie w technice zawiera w sobie fundamentalną sprzeczność. Z jednej strony, dążymy do jego ograniczenia, gdyż tarcie obniża sprawność każdego procesu. Z drugiej strony, żaden proces nie jest możliwy do przeprowadzenia

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

bez występowania tarcia. Tarcie jest odpowiedzialne za wzrost temperatury oraz zużycie trących się elementów. Obniżenie energochłonności procesów, tak usilnie realizowane, to obniżenie współczynnika tarcia. Natomiast wzrost współczynnika to możliwość obniżenia siły nacisku koła na szynę, a więc poprawę warunków obciążenia sprzężenia ciernego koła pędnego z szyną stalową w kolejkach podwieszanych. Parę cierną „koło pędne – szyna" wraz z odpowiadającym mu rozkładem sił w układzie współrzędnych x, y, z przedstawiono na rysunku 10. Natomiast z odwrotną sytuacją mamy do czynienia w przypadku prowadnic i współpracy bębna napędowego z taśmą w przenośnikach taśmowych rysunek 11.

Przy takich założeniach siła pociągowa pary kół pędnych wynosi:

$$F = 2\ (T +/- G \sin\alpha +/- B)$$



Rys.11. Przykładowa prowadnica i bęben napędowy z taśmą i zgarniaczem stosowany w przenośnikach taśmowych

5. Plany eksperymentu, stanowiska badawcze i przykładowe wyniki badań

Praktyczne wykorzystanie walorów tych tworzyw, w tym modyfikowanie ich własności ciernych, wymaga stosowania procedur projektowania materiału połączonych sekwencyjnie z badaniami laboratoryjnymi realizowanymi w oparciu o optymalny plan eksperymentu [15 - 17].

Badania przeprowadzane są na specjalnych stanowiskach, umożliwiających kontrolowany pomiar i rejestrację parametrów zmiennych zależnych i niezależnych.

Sygnały pomiarowe po odpowiednim wzmocnieniu rejestrowane są przez komputer pomiarowy. Uzyskiwane wyniki badań poddawane są obróbce statystycznej, w tym przeprowadzana jest analiza istotności poszczególnych członów równań regresji metodą Drapera-Smith'a [18].

Gasket posiada między innymi stanowiska do badań modelowych oraz przemysłowych trwałości i żywotności powłok elastomerowych i kompozyto-

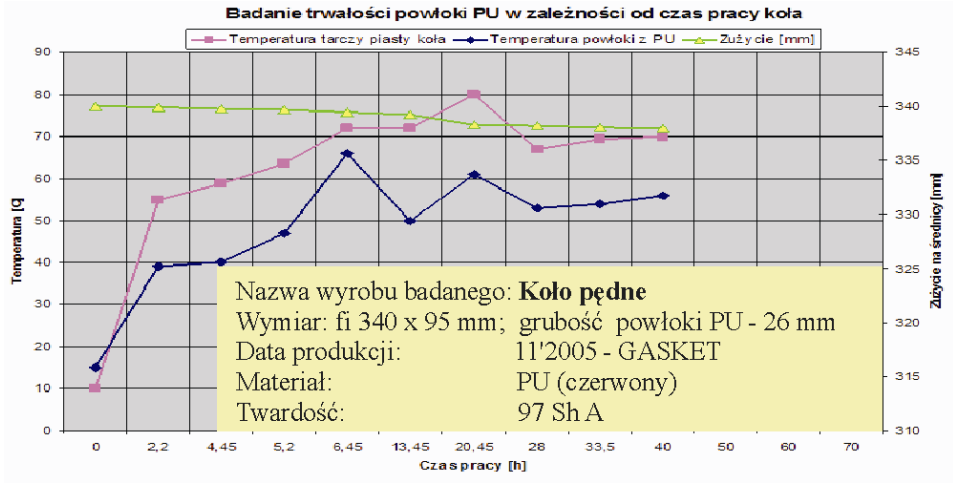
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wych na osnowie poliuretanu na wałach, kołach, krążkach i pierścieniach (rys. 12), jak również zakładowe laboratorium chemiczne do badania jakości chemii wsadowej oraz produktów typu PUGA®.



Rys.12. Stanowisko do badań trwałości i żywotności powłok elastomerowych na kołach

Stanowisko to jest przeznaczone do badania trwałości powłoki PU typu PUGA® na kołach pędnych w wyniku zmęczenia mechanicznego materiału, jego ścierania oraz działania ciepła pochodzącego od naprężeń ściskających (w kierunku promieniowym) podczas pracy. Przykładowe wyniki badań przedstawiono na rysunku 13.

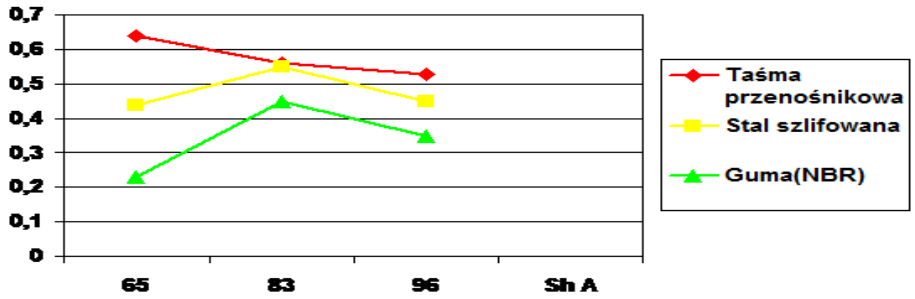


Rys.13. Przykładowe wyniki badań koła pędnego dla obciążeń: F_d = 30,2 kN, v = 2,5 m/s, gdzie F_d – siła docisku koła pędnego do szyny, v – prędkość toczenia koła po torze [źródło: opracowanie własne]

Konstruktor powinien wiedzieć jaka jest wartość współczynnika tarcia materiału producenta o inne materiały. Dlatego w firmie GASKET wyznaczono

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

współczynniki tarcia pomiędzy próbkami elastomerów: poliuretanowego PUGA® 3 o trzech różnych twardościach a taśmą przenośnikową, stalą i gumą (NBR). Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunku 14.



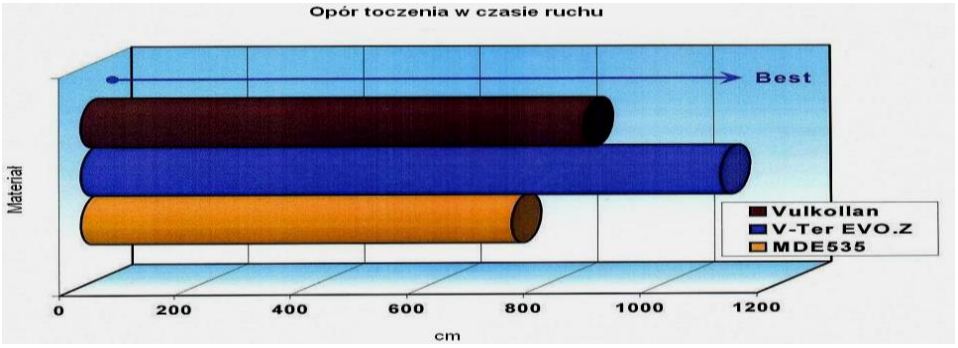
Rys.14. Wartości współczynników tarcia dla różnych materiałów typu PUGA® a taśmą przenośnikową, stalą szlifowaną i gumą (NBR)

Współczynnik tarcia można zmieniać poprzez dodanie odpowiednich modyfikatorów.

W GASKET opracowano także typ poliuretanu PUGA® V-Ter Z na powłoki kół, walców i rolek, a więc części do urządzeń transportujących, gdzie zjawisko tarcia jest czynnikiem niekorzystnym.

Materiał ten poddano badaniom w których określano opór toczenia w czasie ruchu. Badania/testy zostały wykonane przy użyciu wózka paletowego z 4 kółkami o wymiarach fi 85 x 70 mm. Koła te zostały wykonane z trzech materiałów. W ramach badania/testu I wyznaczano metodą porównawczą opór toczenia po równi, a w ramach badania/testu II opór toczenia na początku ruch.

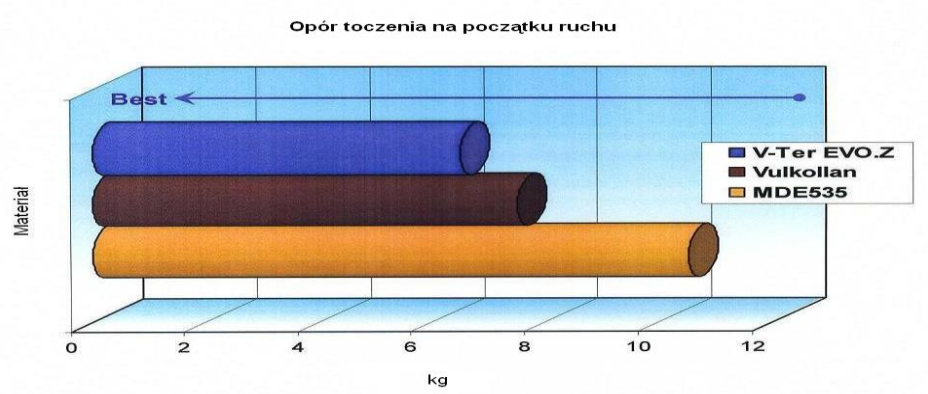
Test I - Opór toczenia na równi. Wózek został obciążony ładunkiem o ciężarze 1 MN i ustawiony na równi pochyłej, aby zjeżdżał w ustalonym kierunku. Zmierzony został dystans jaki pokonał wózek w tych samych warunkach na każdym z 3 zestawów kół. Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunku 15.



Rys.15. Odległości toczenia uzyskane dla różnych zestawów kół tocznych wózka według testu I

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

II test - Opór toczenia na początku ruchu. Ten sam wózek (przy tym samym obciążeniu) był ciągnięty przez operatora, a wartość siły ciągnienia była rejestrowana. Wykonano po pięć pomiarów dla każdego zestawu kół. Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunku 16.



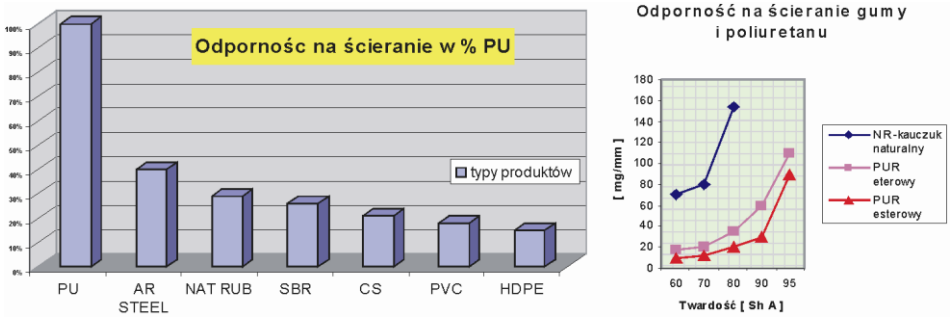
Rys.16. Odległości toczenia uzyskane dla różnych zestawów kół tocznych wózka według testu II

Badania prowadzono w temperaturze $T = 15 \pm 2^{o}C$, przy stałym obciążeniu wózka wynoszącym $N = 1050 \pm 5$ KG. Otrzymane wartości porównawcze opracowano statystycznie i przedstawiono w tabeli 1.

Wyniki badań parametrów toczenia

Tabela 1

Lp.	Materiał	Twardość Sh A	Długość toczenia [cm]	Masa (bezwł toczenia) [kg]
1	2	3	4 - test I	5 - test II
1	MDE 535	93	742	10,5
2	Vulkollan	93	866	7,5
3	PUGA® V-TerZ	94	1100	6,5



Rys.17. Odporność na ścieranie poliuretanu z innymi materiałami i gumy (aramid, stal, kauczuk SBR, PVC, polietylen i kauczuk naturalny)

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

W trakcie testów stwierdzono, że PUGA® V-Ter Z posiada bardzo niski opór toczenia, około 30% mniejszy niż standardowy poliuretan i powinien być stosowany tam gdzie tarcie powinno być najmniejsze/minimalizowane. Natomiast energia przekazywana do kół wykonanych z V-Ter EVO.Z jest prawie całkowicie zamieniana w ruch, z minimalnymi stratami spowodowanymi zamianą na ciepło.

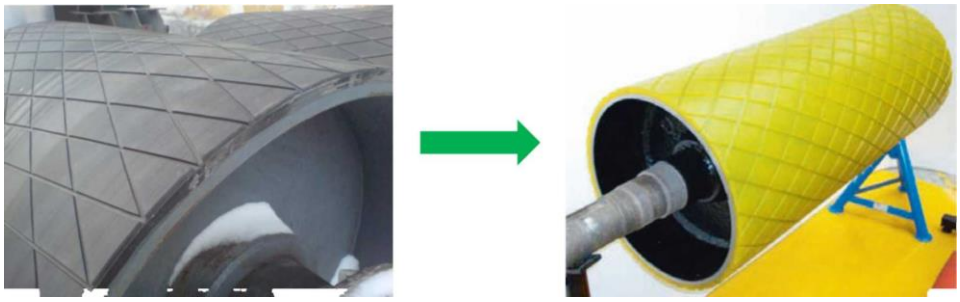
Poliuretan posiada również dużą odporność na ścieranie, skutecznie zastępując/wypierając takie materiały jak: guma, ceramika, tworzywa sztuczne i metale. Pokazują to wyniki badań przedstawione na rysunku 17.

6. Przykłady zastosowania poliuretanu lub kompozytów na osnowie poliuretanu typu PUGA®

Poza wcześniej wspomnianymi kołami pędnymi, w których sprzężenie cierne układu „koło – szyna" limituje możliwości transportowe, zwłaszcza na torach o zwiększonych nachyleniach [19 - 21], rośnie zainteresowanie prowadnikami krążkowymi oraz różnego rodzaju krążnikami z tworzyw poliuretanowych.



Rys.18. Kompozytowy krążek podatny, rodzina kół pędnych, krążniki z powłokami poliuretanowymi typu PUGA®



Rys.19. Regeneracja powłoki bębna. Guma zostaje zastąpiona poliuretanem typu PUGA®

Na rysunku 18 przedstawiono, między innymi, kompozytowy krążnik podatny tzw. „masyw". Składa się on z wewnętrznego pierścienia sprężystego (pełniącego rolę „dętki"), wykonanego z poliuretanu komórkowego (kolor czar-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ny) oraz powłoki zewnętrznej wykonanej z polimeru typu PUGA®, pełniącej rolę „opony", odpornej na wysokie obciążenia, ścieranie i tłumiącej drgania. Bieżnik montowany jest poprzez specjalny zacisk mechaniczny na metalowej piaście.

Firma GASKET wytwarza i regeneruje bębny z powłokami poliuretanowymi o odpowiednich cechach i własnościach (rys. 19).

Krążniki podpierające taśmę przenośnika w gałęzi górnej i dolnej umożliwiają również jej centrowanie (tj. środkowe prowadzenie po trasie) oraz czyszczenie. Należą do najliczniejszych elementów przenośnika i mają istotny wpływ na opory ruchu, energochłonność i trwałość przenośnika.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że krążniki w warunkach agresywnego oddziaływania środowiska (kopalnie podziemne o dużej wilgotności, kopalnie odkrywkowe w porach dużych wahań temperatury i opadów) są narażone na korozję obniżającą ich trwałość. Pokrycie płaszcza krążnika okładziną z twardego tworzywa poliuretanowego o niskim współczynniku tarcia (rys. 20) może ograniczyć wpływ korozji, zmniejszyć hałas (generowany przez łożyska oraz uderzenia stalowych połączeń mechanicznych taśmy) oraz obniżyć opory tarcia w kontakcie z taśmą.



Rys.20. Krążniki gładkie i pierścieniowe do przenośników taśmowych wykonane z poliuretanu typu PUGA®

Materiał ten doskonale nadaje się również na zgarniacze, skrobaki montowane w przenośnikach taśmowych (rys. 21), rury w przenośnikach zgrzebłowych oraz na dysze i hydrocyklony do transportu węgla (rys. 22).



Rys.21. Przykładowe zgarniacze np. do przenośników taśmowych i jego elementy składowe wykonane z poliuretanu typu PUGA®

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Główne korzyści eksploatacyjne, wynikające ze stosowania w instalacjach transportu węgla przewodów rurowych wykonanych z rur poliuretanowych, łączników, dysz i hydrocyklonów pokrytych wewnątrz (i na zewnątrz) warstwą poliuretanu lub kompozytu na osnowie poliuretanu, przykładowo przedstawione na rysunkach 21 i 22, to między innymi:

- zwiększona, w stosunku do innych materiałów, odporność na uszkodzenia mechaniczne,
- doskonałe zabezpieczenie przed wilgocią i korozją,
- duża odporność na ścieranie.

Wyżej wymienione walory pozwalają wydłużyć okresy pracy instalacji i urządzeń, w których są zastosowane, a więc obniżyć łączne koszty ich eksploatacji.



Rys.22. Rolki transportowe wykorzystywane przy budowie rurociągu na Morzu Czarnym, wykonane z poliuretanu typu PUGA® 122, odporne na hydrolizę, środowisko wodne, o twardości: 60 – 95 ShA



Rys.23. Inne przykładowe elementy - części maszyn oraz modele kości do ćwiczeń operacji ortopedycznych wykonane z poliuretanu typu PUGA®112 – ogólnego przeznaczenia (standard) – o twardości 60 – 95 ShA

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Na rysunku 22 przedstawiono elementy odporne na pracę w warunkach środowiska morskiego, a na rysunku 23 inne przykładowe elementy wykonane z poliuretanu typu PUGA®112.

7. Post Scriptum - Współpraca GASKETU z Górnictwem

Dla małej, innowacyjnej firmy, jaką jest GASKET, możliwość współpracy z górnictwem węgla kamiennego jest bardzo dużym wyzwaniem. Poprzez konsekwentne wkraczanie w tematy najtrudniejsze i przedstawianie nowych propozycji znajdujemy się już od wielu lat na liście dostawców branży górniczej. Na podkreślenie zasługuje fakt, że dostarczamy już następujące detale (rys. 24):

1. **Koła napędowe** dla kolejek podwieszanych wszystkich producentów *Scharf, Bevex, IMM, Ferrit, Pioma, Fite i Becker Warkop,* w których zastosowano bieżnik z materiału typu PUGA®, pracują w polskich kopalniach nieprzerwanie od 8 lat,




2. **Rolki** jezdne, nośne i kierujące z bieżnią z materiału typu PUGA® dla zestawów transportujących,




3. **Koła zębate** do wózków hamulcowych,

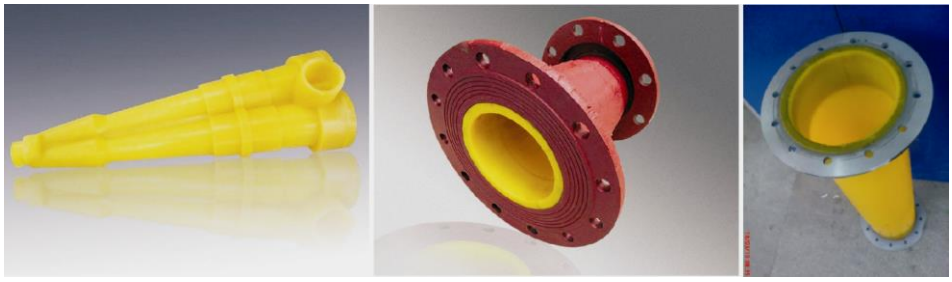



Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

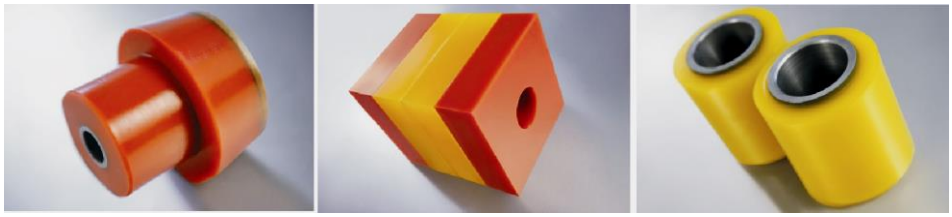
4. **Bieżniki** w prowadnicach tocznych naczyń wyciągowych,



5. **Hydrocyklony**, w których zastosowano poliuretan trudnościeralny,



6. **Amortyzatory/poduszki,**



7. **Wkładki elastyczne** do sprzęgieł,



Rys.24. Przykładowe detale wykonywane dla branży górniczej przez GASKET

Obecnie firma GASKET prowadzi rozmowy w sprawie kolejnych wdrożeń w KGHM Polska Miedź S.A. na urządzeniach, w których wycieranie się powierzchni roboczych jest poważnym problemem. Za wcześnie, aby omawiać szczegóły, ale działania są mocno zaawansowane. Liczymy, że rok 2013 będzie dla współpracy Górnictwo – GASKET rokiem przełomowym.

Potencjalnymi detalami, dedykowanymi dla kopalń węgla kamiennego są:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

1. Elementy do przenośników taśmowych, jak:
   - bębny z powłoką poliuretanową, jako alternatywą gumy,
   - krążniki gładkie z płaszczem poliuretanowym lub pierścienie z poliuretanu do krążników grzebieniowych,
   - płyty z poliuretanu, zgarniacze proste, skrobaki.
2. Rurociągi stalowe pokryte od wewnątrz lub zewnątrz powłoką z poliuretanu.

Naszej pracy towarzyszy przekonanie, że wyniki eksploatacyjne, w tym duża odporność przekładająca się na zdecydowane wydłużenie okresów międzyremontowych, czyli większa efektywność ekonomiczna eksploatacji poszczególnych urządzeń, przełoży się na zwiększenie zamówień najnowocześniejszych, przetestowanych wyrobów zawierających kompozytowe materiały typu PUGA® .

8. Podsumowanie

Konkurencyjny rynek stawia obecnie producentom maszyn i urządzeń coraz wyższe wymagania w zakresie bezpieczeństwa oraz eksploatacji. W większości przypadków sprostanie rosnącym wymaganiom jest możliwe tylko wtedy, gdy do procesu projektowo-konstrukcyjnego włączy się segment Projektowania Materiału. Przedstawiona w pracy metodologia oraz przykłady uzyskiwanych wyników badań własności ciernych wybranych tworzyw poliuretanowych, wskazują na słuszność stosowanej metodologii.

Przykładowa uproszczona analiza warunków eksploatacyjnych, uwzględniająca tylko siły nacisku oraz prędkości toczenia/ślizgania i ich wpływ na współczynnik tarcia, pokazuje jak istotny i złożony jest to problem badawczy i jaki potencjał możliwości w sobie kryje, gdy zastosuje się go do każdego wyrobu – części maszyn pracujących w skrajnie trudnych warunkach.

Literatura

1. Antoniak J.: Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach. Wydawnictwo „Śląsk”. Katowice 1990.
2. Ashby F. M.: Dobór materiałów w projektowaniu inżynierskim. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 1998.
3. Hebda M.: Procesy tarcia, smarowania i zużywania maszyn. PWN, Warszawa 2007.
4. Gryboś R.: Dynamika ciernego napędu ciągnika oraz rozkłady naprężeń stykowych, GASKET, Bielsko-Biała. Praca nie publikowana, 2004.
5. Klich A., Rosikowski J., Zadęcki G.: Nowicki M.: Modernizacja układów transportowych w kopalni Piast, Wiadomości Górnicze 2000 nr 1.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

6. Maciejny A.: Materiały nowej generacji – kierunki rozwoju i zastosowanie. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 1994.
7. Matyga J.: Dobór wysokojakościowego elastomeru poliuretanowego do produkcji i regeneracji ekstremalnie obciążonych okładzin kół pędnych dla górniczych kolejek podwieszanych. Transport przemysłowy, 2009.
8. Pytko S., Furmanik K.: Primenenie metoda analiza razmernosti k issledovaniu iznašivania i adgezii w kontakte koleso-rels (Application of dimensional analysis to study of wear and adhesion in rail-wheel pair). Trenije i iznos. Tom 29, Nr 4, s. 415-420, 2008.
9. Piszczek M., Wosik M.: Badania zużycia i własności ciernych wybranych tworzyw poliuretanowych. Praca nie publikowana, 2010.
10. Wirpsza Z.: Poliuretany. Chemia, technologia, zastosowanie. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa 1991.
11. Praca pod redakcją Jurkowski B., Rydarowski H.: Materiały polimerowe o obniżonej palności. Wydanie przez GIG Katowice, Politechnikę Poznańską, OBR Stomil w ramach projektu nr.poig.01.03.01-00-044/08, Poznań 2012.
12. Dobrzański L.A.: Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo. Materiały inżynierskie z podstawami projektowania materiałowego. Wydawnictwa naukowo-Techniczne. Gliwice-Warszawa 2002. S.68-93.
13. Kajzer S., Kozik R., Wusatowski R.: Wybrane zagadnienia z procesów obróbki plastycznej metali. Projektowanie Technologii. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 1997. S.26-43. (Techniczne uwarunkowania sterowania wartością wyrobu).
14. Praca zbiorowa pod redakcją Synoradzkiego L. i Wisialskiego J.: Projektowanie procesów technologicznych. Od laboratorium do instalacji przemysłowej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2006.
15. Jańczewski D., Różycki C., Synoradzki L.: Projektowanie procesów technologicznych. Matematyczne metody planowania eksperymentów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2010.
16. Boczkowska A., Kapuściński J., Lindemann Z., Witemberg-Perzyk D., Wojciechowski S.: Kompozyty. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
17. Mańczak K.: Technika Planowania Eksperymentu. PWN –Warszawa 1976.
18. Zieliński R.: Wybrane zagadnienia optymalizacji statystycznej. Analiza powierzchni odpowiedzi. Planowanie doświadczeń ekstremalnych. Państwowe Wydawnictwo Naukowa, Warszawa 1982.
19. Korzyński M.: Metodyka eksperymentu. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006.
20. Draper N.R., Smith H.: Analiza regresji stosowana. Państwowe Wydawnictwa naukowe Warszawa 1973.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

21. Furmanik K., Siedlar A.: Sprzężenia cierne i zębate w napędach kolei szynowych. Część I Koleje przyczepne. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2002.
22. Furmanik K., Siedlar A.: Sprzężenia cierne i zębate w napędach kolei szynowych. część II. AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne. Kraków 2004.
23. Furmanik K., Pytko P., Matyga J.: Badania własności ciernych wybranych tworzyw poliuretanowych stosowanych w napędach kolejek szynowych. Tribologia teoria i praktyka nr 3/2011 s. 43-53.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ROZDZIAŁ 8

BADANIA I DIAGNOZOWANIE STANU TECHNICZNEGO MASZYN I URZĄDZEŃ

Pomiary przemysłowe wpływu typu rdzenia taśmy przenośnikowej na stan obciążenia krążników

Piotr Kulinowski, Piotr Kasza, Piotr Rubacha - AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, **Adam Kozubek** - KW S.A. KWK „Marcel”

1. Wstęp

W związku z prowadzoną od wielu lat w środowisku użytkowników i projektantów przenośników taśmowych dyskusją, dotyczącą wpływu regulacji prędkości taśmy w funkcji wypełnienia niecki na obniżenie kosztów eksploatacji przenośników taśmowych, przeprowadzono w KWK „Marcel” serię pomiarów przemysłowych, których celem była weryfikacja metod obliczania obciążenia krążników [2].

Jednym ze skutków regulacji prędkości taśmy w funkcji ilości urobku jest zwiększenie obciążenia zestawów krążnikowych, mogące przyczynić się do skrócenia czasu pracy krążników. Obliczenia spodziewanej trwałości krążników wymagają precyzyjnego określenia stanu obciążenia łożysk, uwzględniających nie tylko masę urobku i taśmy, ale także kąt tarcia wewnętrznego nosiwa i sztywność poprzeczną taśmy. Wyniki pomiarów przemysłowych obciążenia zestawu krążnikowego, przeprowadzonych na przenośniku taśmowym pracującym w upadowej odstawczo-transportowej KWK „Marcel”, istotnie odbiegały od wyznaczonych wartości teoretycznych. W znacznej mierze było to spowodowane tym, że taśma ST4500 zastosowana na badanym przenośniku była o znacznej sztywności poprzecznej, z uwagi na wysoki stosunek wytrzymałości taśmy (4500 kN/m) do jej szerokości (1400 mm) oraz na zastosowane przekładki ochronne [2]. Ponieważ urobek z przenośnika pracującego w upadowej jest podawany na przenośnik o podobnej konstrukcji trasy, lecz z taśmą tkaninową podjęto się przeprowadzenia pomiarów umożliwiających określenie wpływu typu rdzenia taśmy przenośnikowej na stan obciążenia krążników.

W niniejszym rozdziale, stanowiącym uzupełnienie publikacji [2], przedstawiono opis stanowiska badawczego, nowatorską metodę oceny stopnia wypełnienia niecki przenośnika, wyniki pomiarów przemysłowych, ich porównanie dla przypadku zastosowania taśmy z rdzeniem z linek stalowych (ST) i tkaninowej (TK) oraz wstępne wyniki weryfikacji metod obliczania obciążenia krążników zastosowanych w programie QNK-TT [3].

2. Budowa stanowiska pomiarowego

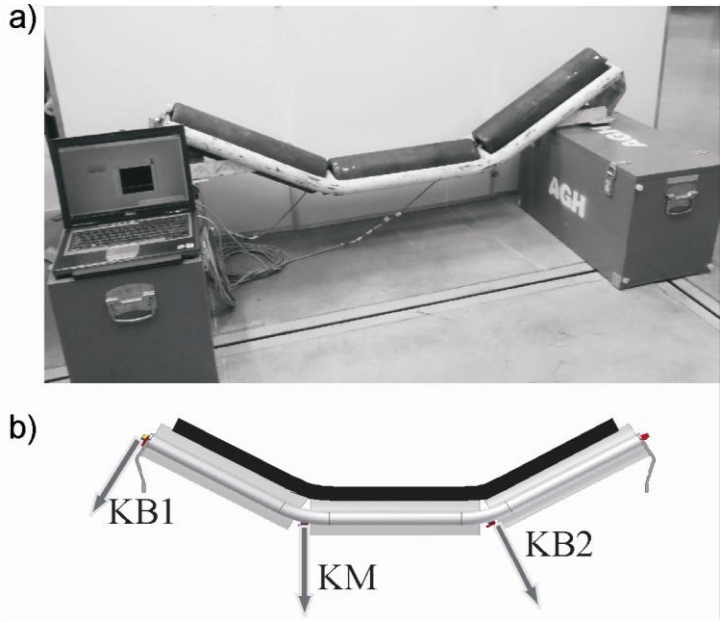
W celu przeprowadzenia badań stanu obciążenia krążników w warunkach przemysłowych wykorzystano stanowisko pomiarowe, zaprojektowane i przetestowane podczas realizacji pracy [3]. Podstawowymi cechami tego stanowiska są:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- konstrukcja zestawu pomiarowego bazuje na rozwiązaniu układu podparcia taśmy górnej stosowanym na przenośniku PIOMA 1400,
- pomiar przeprowadzany jest w strefie niskich sił w taśmie, co ogranicza wpływ dodatkowej siły promieniowej działającej na krążniki, będącej wypadkową siły wzdłużnej w taśmie,
- szybki montaż i demontaż stanowiska pomiarowego,
- wymagany jest centryczny załadunek urobku na taśmę, skutkujący symetrią obciążenia krążników bocznych,
- brak ingerencji w konstrukcję trasy przenośnika.

Na rysunku 1 przedstawiono widok kompletnego stanowiska pomiarowego oraz schemat rozmieszczenia czujników siły w podporach końców osi krążników. Siła promieniowa obciążająca krążnik środkowy jest obliczana jako podwojona wartość wskazań czujnika KM, natomiast siła oddziaływania taśmy i urobku na krążniki boczne jest sumą wskazań czujników KB1 i KB2.

Stanowisko wyposażone jest w kartę pomiarową oraz komputer rejestrujący sygnały pomiarowe z częstotliwością 1024 Hz. Istotnym atutem tego stanowiska jest własne, niezależne źródło zasilania.

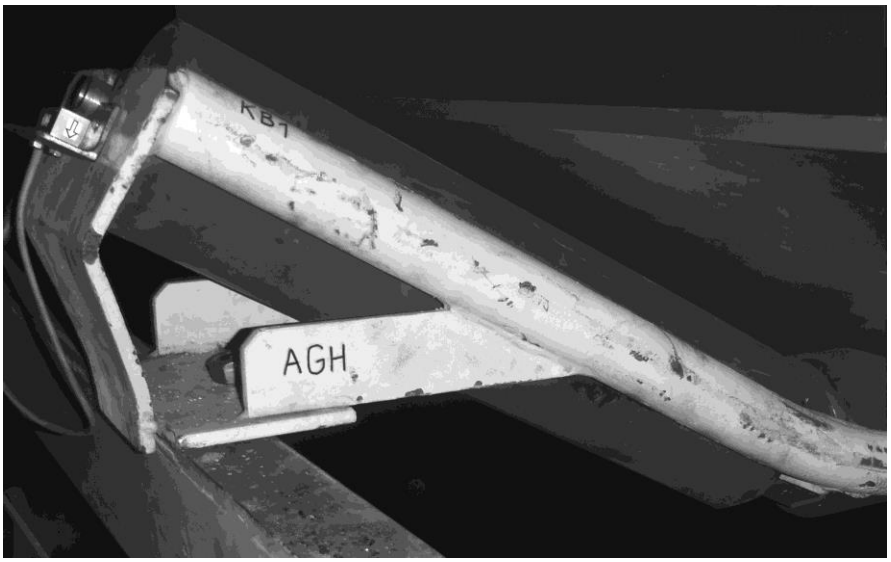


Rys.1. Widok zestawu pomiarowego wraz z komputerem (a) oraz schemat rozmieszczenia czujników siły (b)

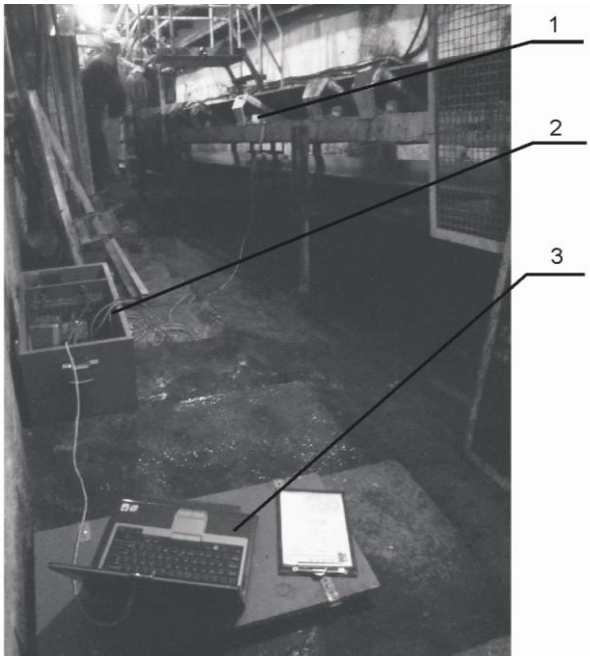
Do pomiaru stopnia wypełnienia niecki przenośnika został wykorzystany układ składający się z lasera liniowego oraz kamery cyfrowej. Stopień wypełnienia niecki przenośnika wyznaczany był poprzez komputerową analizę obrazu z kamery.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

3. Badania przemysłowe



Rys.2. Widok fragmentu zestawu pomiarowego na przenośniku taśmowym



Rys.3. Widok ogólny stanowiska pomiarowego. *1- krążnikowy zestaw pomiarowy, 2- skrzynia z kartą pomiarową i źródłem zasilania, 3- komputer pomiarowy*

Badania przemysłowe zostały przeprowadzone na przenośniku PIOMA 1400 zabudowanym między upadową odstawczo-transportową a zakładem

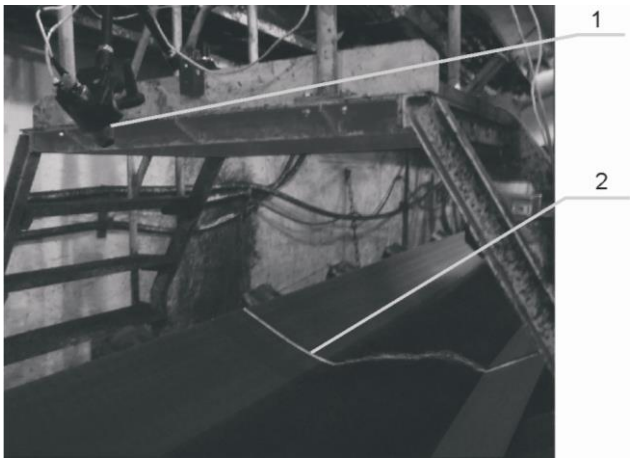
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

przeróbczym KWK „Marcel”. Zestaw krążnikowy zamontowany został w rejonie stacji zwrotnej przenośnika, a następnie został wyrównany tak, aby zniwelować przewyższenie względem zestawów sąsiednich. Na rysunku 2 zamieszczono widok fragmentu zestawu pomiarowego z czujnikiem tensometrycznym KB1 na przenośniku.

Stanowisko pomiarowe w trakcie wykonywania badań przedstawiono na rysunku 3.

Rysunek 4 przedstawia stanowisko CONVMONIT do wizyjnego pomiaru wypełnienia niecki przenośnika. W skład tego zestawu wchodzi laser liniowy, kamera cyfrowa i komputer. Do zamontowania głowicy lasera i kamery wykorzystano pomost nad trasą przenośnika. Przed rozpoczęciem rejestracji skalibrowano układ, czyli wyznaczono wzajemne położenie w przestrzeni lasera, kamery i taśmy. Zasada pomiaru polegała na rejestracji kamerą śladu lasera liniowego na taśmie (rys. 4). Obraz z kamery rejestrowany był w komputerze, a następnie został poddany obróbce za pomocą specjalistycznego oprogramowania. Jako wynik otrzymano pole przekroju strugi urobku na taśmie przenośnika. Na tej podstawie możliwe było określenie procentowego wypełnienia niecki w danej chwili czasowej.

Zarejestrowany, chwilowy przekrój strugi urobku przedstawiono na rysunku 5.



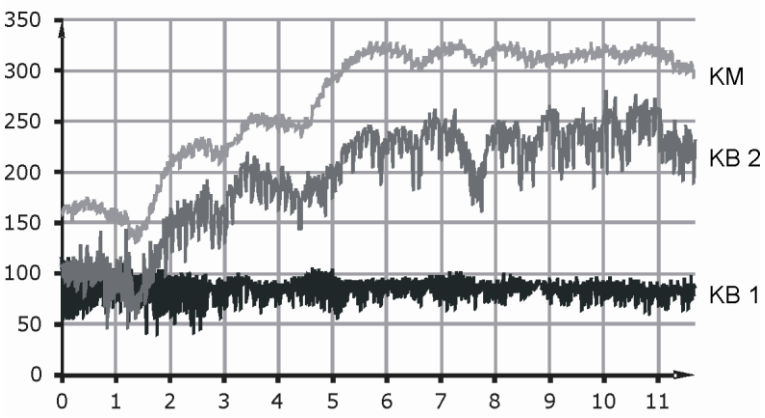
Rys.4. Stanowisko CONVMONIT do wizyjnego pomiaru przekroju strugi urobku: *1 - kamera, 2 - ślad lasera liniowego*



Rys.5. Zarejestrowany chwilowy przekrój strugi urobku na przenośniku taśmowym

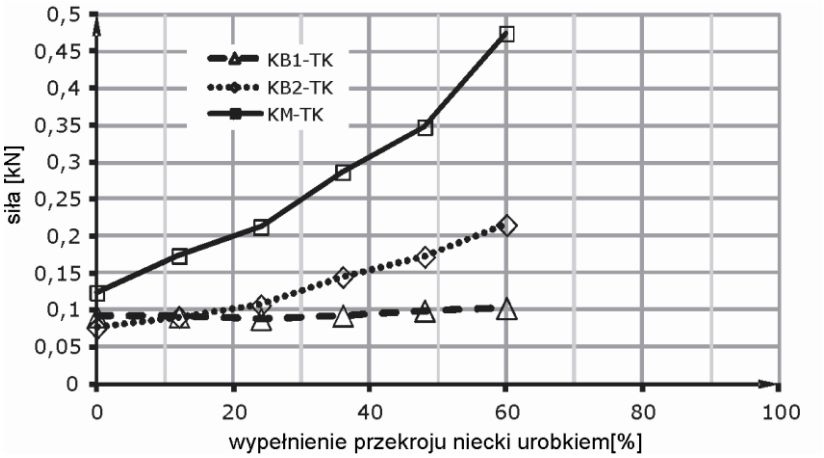
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Pomiary zostały przeprowadzone dla różnych stanów wypełnienia taśmy przenośnika urobkiem, od 0% do 60%. Podczas pomiarów rejestrowane były wartości sił KB1, KB2 i KM (rys. 1) działających na końce osi krążników. Na rysunku 6 przedstawiono przykładowy wykres zarejestrowanych sił pochodzących z czujników KB1, KB2 i KM.



Rys.6. Zapis przebiegu sił KB1, KB2 i KM podczas pomiaru

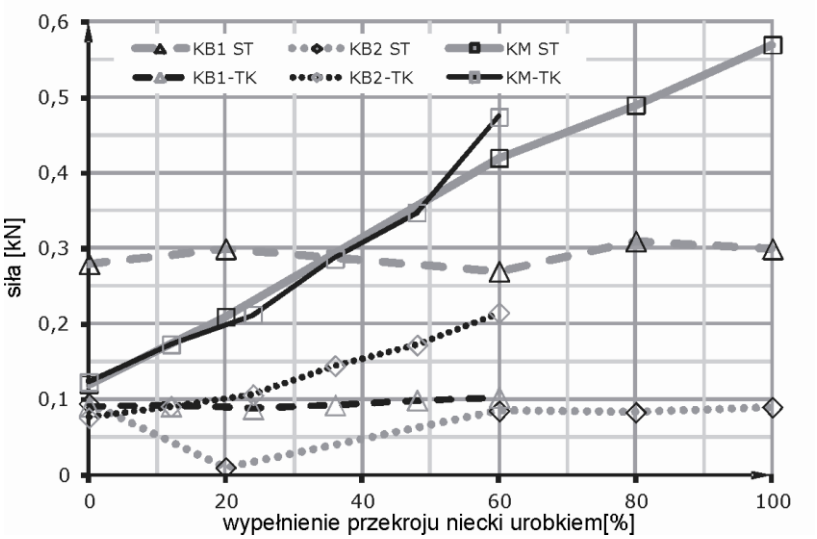
Na rysunku 7 przedstawiono zbiorczy wykres wartości sił obciążających końce osi krążników w funkcji procentowego stopnia wypełnienia niecki przenośnika urobkiem, z taśmą z rdzeniem tekstylnym. Wartości sił KB1, KB2 i KM na rysunku 7 są średnimi wartościami obliczonymi dla poszczególnych stopni wypełnienia niecki przenośnika.



Rys.7. Przebieg zmiany obciążenia czujników siły KB1, KB2 i KM w funkcji wypełnienia przekroju niecki

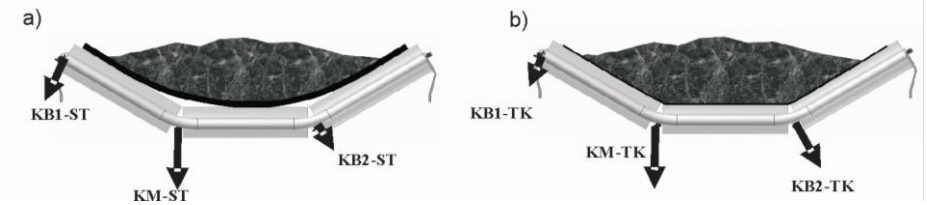
Na rysunku 8 przedstawiono wyniki badań przemysłowych przeprowadzonych na przenośnikach o podobnej konstrukcji, lecz wyposażonych w taśmy o zupełnie odmiennych typach rdzenia.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.8. Porównanie przebiegu zmian obciążenia końców osi krążników w funkcji wypełnienia przekroju niecki dla taśmy z rdzeniem stalowym i tkaninowym

W przypadku taśmy o dużej sztywności, z linkami i wzmocnieniem stalowym (ST) zaobserwowano znaczne, stałe i niezależne od ilości urobku obciążenie górnej części krążnika bocznego (KB1), głównie wynikające ze sztywności taśmy, a nie oddziaływania nosiwa [2]. Obciążenia dolnej końcówki osi krążnika bocznego również jest stałe, ale w tym przypadku o nieznacznej wartości (KB2). Wynika to ze znacznej sztywności taśmy i braku jej kontaktu w tym rejonie z powierzchnią płaszcza krążnika, co zilustrowano na rysunku 9a.



Rys.9. Przekrój niecki dla taśmy o znacznej sztywności poprzecznej (ST) – a oraz tkaninowej (TK) – b

Taśma z rdzeniem tekstylnym TK zachowuje się odmiennie w stosunku do badanej taśmy ST, ale zgodnie z przewidywaniami, uzyskanymi na podstawie wstępnych obliczeń. Wzrost wypełnienia niecki taśmy powoduje istotne zwiększenie obciążenia krążnika bocznego KB2 (rys. 9b)

4. Porównanie wyników badań i obliczeń teoretycznych

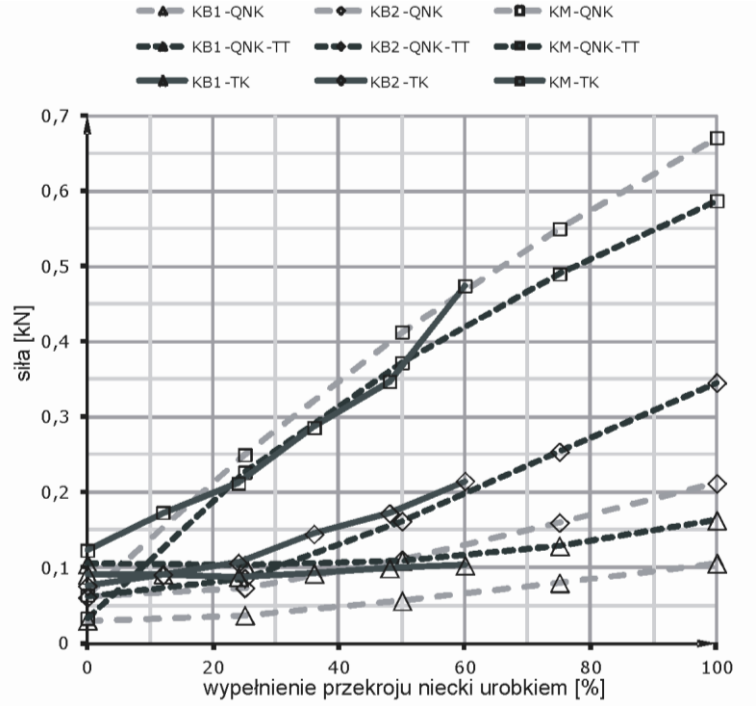
Zestawy krążnikowe nośne, a tym samym krążniki poddawane są obciążeniom wywołanym oddziaływaniem materiału transportowego i taśmy. Materiał

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

transportowany obciąża krążniki zestawu zarówno siłami statycznymi wynikającymi z jego masy, jak i siłami dynamicznymi pojawiającymi się w wyniku zjawisk zachodzących w ośrodku sypkim podczas jego przemieszczania po zestawie krążnikowym. Taśma oddziałuje na zestaw krążnikowy poprzez swoją masę, sztywność a także wypadkową sił wzdłużnych występującą na krzywiznach trasy przenośnika [2].

Istnieje wiele metod obliczeniowych służących do wyznaczenia obciążeń działających na krążniki i każda z nich posiada swoje zalety i wady [1, 4, 5]. W programie komputerowym QNK-TT, służącym do wspomagania projektowania przenośników taśmowych zaimplementowano dwie metody: pierwsza korzysta ze standardowych algorytmów obliczeniowych, uwzględniających rozkład mas przemieszczających się po zestawie, a druga metoda została opracowana w Instytucie Górnictwa Politechniki Wrocławskiej [1] i uwzględnia poza masami, sztywność taśmy i współczynnik tarcia wewnętrznego materiału transportowanego.

Po przeprowadzeniu w warunkach przemysłowych pomiaru stanu obciążenia krążników podjęto próbę weryfikacji metod obliczeniowych wykorzystywanych przez program QNK-TT [3].



Rys.10. Porównanie zmiany siły obciążającej końce osi krążników w funkcji wypełnienia przekroju niecki uzyskanego na podstawie pomiarów (-TK) oraz w wyniku przeprowadzonych obliczeń (-QNK)

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

W przypadku taśmy tkaninowej, otrzymane wyniki obliczeń w miarę poprawnie odwzorowują stan obciążenia krążników, czego niestety nie uzyskano dla taśmy o dużej sztywności poprzecznej (z linkami stalowymi) [2]. Weryfikacja obliczeń przeprowadzona dla taśmy z rdzeniem tkaninowym przyniosła zadawalające rezultaty, w szczególności po zastosowaniu metody uwzględniającej sztywność taśmy i kąt tarcia wewnętrznego urobku (rys. 10).

W podsumowaniu przedstawionych wyników badań i obliczeń należy nadmienić, że zaproponowana metoda pomiaru przemysłowego obciążenia krążników pozwala na uzyskanie wiarygodnych wyników pod warunkiem symetrycznego, względem osi przenośnika, załadunku urobku na taśmę. Podczas prowadzonych badań, z uwagi na kątowy punkt przesypu między przenośnikami, nie było to w pełni możliwe. Z tego powodu oraz z braku technologicznej możliwości pełnego załadunku przenośnika (<60%), uzyskane rezultaty pomiarów należy traktować, jako wynik wstępnych badań testowych przed kolejną serią badań.

Literatura

1. Gładysiewicz L:. Przenośniki taśmowe. Teoria i obliczenia. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2003.
2. Kulinowski P., Kasza P., Kozubek A.: Badania przemysłowe obciążenia zestawu krążnikowego w aspekcie weryfikacji metod obliczeniowych. Przegląd Górniczy, 11:92–97, 2011.
3. Kulinowski P., Kawalec W.: Instrukcja obsługi i poradnik użytkownika programu QNK-TT, 2011.
4. Kulinowski P., Wędrychowicz D., Zarzycki J.: Laboratoryjne badania wpływu geometrii zestawu krążnikowego na statyczne obciążenie krążników. Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze, 2(8):12–15, 2010.
5. Żur T.: Przenośniki taśmowe w górnictwie. Katowice, 1979.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Błędy pomiarowe występujące w trakcie badań urządzeń energomechanicznych pracujących w zakładach górniczych

Jerzy Jakubowski - Ośrodek Pomiarów i Automatyki Przemysłu Węglowego SA, **Agnieszka Jakubowska** - Politechnika Śląska, **Bronisław Biel** - ELPRO-7 Sp. z o.o.

1. Podstawowe zależności i definicje związane z pomiarami wykonywanymi podczas badań urządzeń w zakładach górniczych

W 1995 roku uzgodniono międzynarodowe normy dotyczące terminologii i sposobu określenia niepewności w pomiarach. Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO) opublikowała „*Guide to the Expression of Uncertainty i Measurement"* ISO Switzerland 1995, będący przewodnikiem, a w rzeczywistości stanowiący normę w skrócie oznaczoną GUM.

Polski przekład normy opublikował Główny Urząd Miar, Warszawa 1999 r.: „Wyrażenie niepewności pomiaru; Przewodnik", Główny Urząd Miar, Warszawa 1999 r.

Stosowanie przez GUM (norm ISO) w zakresie obliczania i podawania niepewności pomiarów jest obowiązkiem, podobnym do obowiązku stosowania układu SI. Zgodnie z GUM przyjmuje się, że wynik pomiaru jest zawsze obarczony błędem, przez co jest niepewny. Niepewność wyniku możemy zmniejszać, wykonując coraz dokładniejsze pomiary, ale nie możemy jej całkowicie usunąć.

Przewodnik przyjmuje definicję:

Niepewność pomiaru – parametr związany z wynikiem pomiaru, charakteryzujący rozrzut wartości, który można w uzasadniony sposób przypisać wielkości mierzonej. GUM zaleca podawanie niepewności z dokładnością do dwóch cyfr znaczących i przewiduje następującą formę zapisu niepewności:

Opóźnienie maszyny wyciągowej w trakcie hamowania awaryjnego:

$$z = 3{,}781 \text{ [m/s}^2\text{]},$$

$$u_c(z) = 0{,}076 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

alternatywnie:

$$z = 3{,}781\ (76) \text{ [m/s}^2\text{]}$$

GUM wymaga, aby analiza niepewności była kompletna, to znaczy, żeby obejmowała wszystkie przyczynki oceniania. GUM wymaga również udokumentowania analizy niepewności.

Dokładność pomiaru jest pojęciem jakościowym i oznacza zgodność wyniku pomiaru z wielkością mierzoną.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Precyzja – zgodność wyników niezależnych pomiarów wykonywanych w określonych warunkach. Precyzja jest pojęciem jakościowym. Najczęściej rozumie się przez nią powtarzalność.

2. Błędy popełniane podczas rejestracji parametrów pracy urządzeń elektromechanicznych

Jednym z istotnych elementów badania urządzeń wyciągowych jest ocena przebiegów parametrów technologicznych mających wpływ na procesy hamowania awaryjnego urządzenia wyciągowego, zachowanie się urządzenia podczas standardowego procesu sterowania.

Aby równocześnie śledzić wszystkie istotne parametry niezbędne jest stosowanie szerokopasmowego urządzenia rejestrującego.

Zasada działania urządzenia rejestrującego oparta jest na procesie próbkowania. Proces próbkowania polega na chwilowym pomiarze wartości analogowej parametru charakteryzującego stan elementu urządzenia wyciągowego. Próbkowanie odbywa się w ściśle określonych odstępach czasu. Odstępy czasu są dobrane przez osoby obsługujące rejestratory i jednocześnie oceniające rezultaty pomiarów. Częstotliwość z jaką próbkujemy dany sygnał analogowy nazywamy częstotliwością próbkowania i określamy symbolem f_s [Hz]. Okres próbkowania $T_s = \frac{1}{f_s}$ [s].

Próbkowanie (dyskretyzacja) sygnału ciągłego powoduje zwielokrotnienie jego oryginalnego widma w dziedzinie częstotliwości w ten sposób, że obok widma sygnału oryginalnego pojawiają się jego kopie przesunięte o wszystkie całkowite (dodatnie i ujemne) wielokrotności częstotliwości próbkowania.

Aby możliwe było wierne odtworzenie sygnału ciągłego, spełnione powinny być dwa warunki:

1. Widmo sygnału oryginalnego oraz kopie tego widma przesunięte o wszystkie całkowite wielokrotności częstotliwości próbkowania nie nachodzą na siebie. Oznacza to, że widmo sygnału ciągłego musi być ograniczone do pewnego przedziału częstotliwości, a poza nim mieć wartość zerową. Warunek ten można zapisać następująco:

$$|X(f)| \neq 0 \text{ dla } |f| < f_B$$

$$|X(f)| = 0 \text{ dla } |f| \geq f_B$$

Przy czym:

$|X(f)|$ — sygnał wyjściowy (po próbkowaniu) – widmo,

f_B — częstotliwość graniczna widma.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Częstotliwość próbkowania powinna spełniać warunek $f_s \geq 2f_B$.

2. Jest możliwe idealne odfiltrowanie *x(t)* z sygnału spróbkowanego *x*[*n*], tzn. usunięcia zwielokrotnionych kopii *x(t)* bez zmiany amplitudy i fazy.

Aby tego dokonać potrzebny jest filtr o transmitancji :

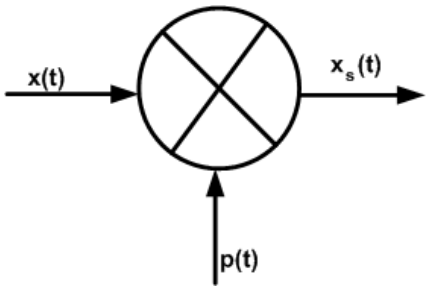
$$H(f) = \begin{cases} 1 \text{ dla } 0 < f < \dfrac{1}{2T_s} \\ 0 \text{ dla } f \geq \dfrac{1}{2T_s} \end{cases}$$

Filtry przedstawione powyżej są zabudowane w urządzeniach rejestrujących.

Odpowiedni dobór częstotliwości próbkowania decyduje o prawidłowym najbardziej zbliżonym do rzeczywistości odtworzeniu na ekranie monitora przebiegu kontrolowanego i poddanego obróbce. Zły dobór częstotliwości próbkowania zniekształca nam przebieg rzeczywisty, powodując trwałą utratę rzeczywistego kontrolowanego przebiegu. Całością prawidłowego doboru częstotliwości próbkowania rządzi twierdzenie o próbkowaniu w brzmieniu:

„Jeżeli *x(t)* – sygnał czasu ciągłego poddanego operacji próbkowania, jest sygnałem o ograniczonym paśmie, to zbiór próbek $X(nT_s)$ tego sygnału odległych od siebie o stały przedział $T_s < \dfrac{p}{\omega_{\max}}$ (równoważne $f_k > 2f_{max}$) jednoznacznie określa sygnał *x(t)*".

Operację próbkowania przedstawiono na schemacie blokowym poniżej:



Rys.1. Schemat blokowy próbkowania

x(t) – sygnał czasu ciągłego poddany operacji próbkowania,

p(t) – ciąg próbkujący,

$x_s(t)$ – sygnał próbkujący,

f_{max} – maksymalna częstotliwość w widmie sygnału *x(t)*,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

$X_s(j\omega)$ – widmo sygnału próbkowanego.

Sygnał próbkowany określony jest wzorem:

$$x_s(t) = x(t)\ p(t) \tag{1}$$

Przebiegiem próbkującym jest dystrybucja:

$$p(t) = \delta_{Ts}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s) \tag{2}$$

Sygnał próbkowany wyraża się wzorem:

$$x_s(t) = \frac{1}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT_s)\delta(t - nT_s) \tag{3}$$

a jego widmo wzorem:

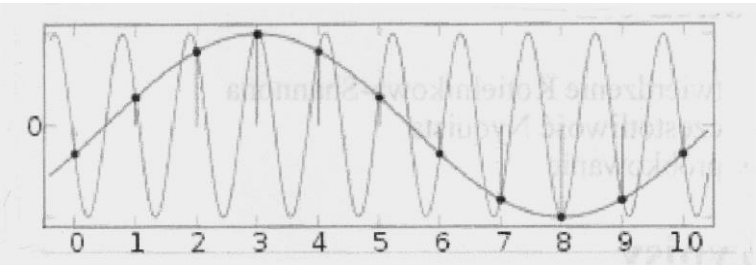
$$X_s(j\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} X(j(\omega - n\omega_s)) \tag{4}$$

Widmo to można przedstawić również w postaci zespolonej szeregu Fouriera:

$$X_s(j\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT_s)e^{-j\omega nTs} \tag{5}$$

Przy błędnym doborze częstotliwości pomiaru urządzenia rejestrującego może wystąpić zjawisko krzyżowania się widm *(aliasingu częstotliwościowego)* czy efektu stroboskopowego.

Aliasing to nieodwracalne zniekształcenie sygnału w procesie próbkowania wynikające z niespełnienia założeń twierdzenia Kotielnikowa-Shannona. Zniekształcenie to objawia się obecnością w sygnale składowych o błędnych częstotliwościach (aliasów). Aliasing wynika z niejednoznacznej reprezentacji sygnału okresowego przez ciąg jego wartości chwilowych (próbek) pobranych w równych odstępach (rysunek 2).



Rys.2. Przykład dwóch różnych sinusoid pasujących do tego samego wzoru próbek

Dokonując w czasie pomiaru próbkowania sygnału z częstotliwością f_s, nie można odróżnić sygnału harmonicznego o dowolnej częstotliwości f od przebiegu harmonicznego o częstotliwościach $k*f_s \pm f$. Próbki sygnału o wysokiej

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

częstotliwości mogą być mylnie zinterpretowane jako próbki sygnału o niższej częstotliwości (patrz rysunek 2). Częstotliwość po spróbkowaniu można obliczyć z zależności: $f = |n*f_s - f|$, gdzie $n*f_s$ jest wielokrotnością częstotliwości próbkowania leżącą najbliżej częstotliwości f. Ta niejednoznaczność prowadzi do błędnego odtworzenia składowych widmowych przy rekonstrukcji sygnału ciągłego poprzez interpolację.

Twierdzenie Kotelnikowa-Shannona, znane jako twierdzenie Whittakera-Nyquista-Kotielnikowa Shannona lub twierdzenie o próbkowaniu, mówi o tym, kiedy z sygnału dyskretnego $X[n]$ złożonego z próbek sygnału ciągłego $x(t)$ można wiernie odtworzyć sygnał $x(t)$. Twierdzenie to stanowi podwaliny procesu próbkowania sygnałów oraz ich rekonstrukcji.

W dziedzinie częstotliwości widmo sygnału zostaje w procesie próbkowania zwielokrotnione w ten sposób, że kopia widma pierwotnego zostaje umieszczona w każdej całkowitej wielokrotności F_s po obu stronach osi częstotliwości. Jeśli maksymalna częstotliwość sygnału próbkowanego (szerokość jego widma) przekracza połowę częstotliwości próbkowania f_s, to kolejne powtarzające się widma zaczynają się na siebie nakładać, i z tak zniekształconych próbek nie da się odtworzyć oryginalnego sygnału. Aby uniknąć aliasingu należy zapewnić, aby sygnał próbkowany był ograniczony pasmowo do częstotliwości Nyquista, czyli połowy częstotliwości próbkowania.

W praktyce, ze względu na to, że żaden sygnał o skończonym czasie trwania nie ma ograniczonego pasma (co wynika z właściwości transformacji Fouriera), a żaden filtr nie tłumi idealnie w swoim paśmie zaporowym, aliasing występuje zawsze. W prawidłowo dobranym rejestratorze wykorzystującym próbkowanie sygnału dąży się do minimalizacji tego zjawiska, aby amplituda składowych aliasowych była pomijalnie mała.

Odtwarzanie sygnału $x(t)$ z próbek, gdy próbkowanie spełnia warunek Nyquista, odbywa się w układzie z idealnym filtrem dolnoprzepustowym o transmitancji:

$$H(j\omega) = T_s \Pi\left(\frac{\omega}{2\omega_g}\right) \tag{6}$$

Widmo sygnału na wyjściu filtra ma postać:

$$y(t) = T_s \frac{\omega_g}{\pi} \sum_{n=-\infty}^{\infty} X(nT_s)\, Sa\left[\omega_g (t - nT_s)\right] \tag{7}$$

Funkcja $Sa[\omega_g(t - nT_s)]$ jest nazwana funkcją interpolacji, gdyż umożliwia interpolację między wartościami próbek $x(nT_s)$ i wyznaczeniem sygnału dla wszystkich chwil t.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Przebiegiem próbkującym jest parzysty ciąg impulsów prostokątnych unipolarnych o jednostkowej amplitudzie i czasie trwania τ ($\tau << T_s$):

$$p(t) = \Pi_{Ts}\left(\frac{t}{\tau}\right) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \Pi\left(\frac{t - nT_s}{\tau}\right) \tag{8}$$

Sygnał spróbkowany ma postać:

$$S_s(t) = s(t)\ \Pi_s\left(\frac{t}{\tau}\right) \tag{9}$$

Składa się on z impulsów o ukształtowanych wierzchołkach śledzących przebieg sygnału w czasie τ.

3. Dobór parametrów rejestratorów stosowanych podczas badania urządzeń wyciągowych

Zgodnie z obowiązującymi przepisami urządzenia wyciągowe (szczególnie elementy układu hamulcowego) muszą raz w roku być poddane badaniom przez wyspecjalizowane upoważnione instytucje. Natomiast raz na trzy lata urządzenia wyciągowe (całościowo) poddawane są rozszerzonym badaniom wszystkich elementów układu napędowego, sterowania, hamulcowego. Podczas tych badań niezbędne jest stosowanie urządzeń rejestrujących.

Zasada działania stosowanych rejestratorów oparta jest o układy próbkujące. W zależności od charakteru wielkości mierzonej (częstotliwości pracy) danego kontrolowanego parametru należy dobrać w rejestratorze częstotliwość próbkowania.

Dobór zbyt niskiej częstotliwości próbkowania może spowodować powstanie zjawiska aliasingu, i w konsekwencji zniekształcenie przebiegu rzeczywistego sygnału. Natomiast zbyt wysoka częstotliwość spowoduje zablokowanie możliwości magazynowania danych w rejestratorach ze względu na ograniczoną pojemność pamięci urządzeń rejestrujących.

Zgodnie z przepisami i wytycznymi w metodyce badań niezbędne podczas rewizji rocznych i trzyletnich jest rejestracja przebiegów prędkości maszyny wyciągowej, prądu obwodu głównego silnika wyciągowego, prądu wzbudzenia oraz ciśnień mediów zasilających układy hamulcowe (hydrauliczne i pneumatyczne).

Dla oceny poprawnej pracy urządzenia wyciągowego niezbędne jest po wykonaniu rejestracji parametrów wskazanych wcześniej możliwość wiarygodnego odtworzenia i obróbki zarejestrowanych przebiegów.

Odpowiedni dobór częstotliwości próbkowania wymaga umiejętności obliczenia i oszacowania częstotliwości pracy rzeczywistych przebiegów (analogowych) parametrów.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Dla algorytmu oceny częstotliwości próbkowania zostały wytypowane dwa przebiegi: ciśnienia oleju w hydraulicznym układzie hamulcowym maszyny wyciągowej oraz prądu obwodu głównego maszyny wyciągowej zasilanej z sześciopulsowego układu tyrystorowego.

Standardowa praca urządzenia wyciągowego została przerwana w trybie awaryjnym. Zgodnie z obowiązującymi przepisami narost siły hamowania do 2/3 wartości powinien nastąpić w okresie nie dłuższym niż 0,1 s, a co za tym idzie spadek ciśnienia w hydraulicznym układzie hamulcowym w naszym przypadku wynosi 8,0 MPa. Informacja o poprawnym spadku ciśnienia jest rejestrowana w urządzeniu rejestrującym.

W opisanej sytuacji należy odpowiedzieć na pytanie, jaką częstotliwość próbkowania zastosujemy aby nie doszło do zniekształcenia rzeczywistego przebiegu ciśnienia w instalacji hydraulicznej układu hamulcowego podczas hamowania awaryjnego urządzenia wyciągowego?

Aby odpowiedzieć na to pytanie założono, że przebieg spadku ciśnienia odbywa się liniowo według funkcji :

$$y(t) = -80t + 8 \tag{10}$$

Funkcja ta wynika z parametrów podanych w powyższym opisie.

Funkcje określoną wzorem (10) spełnia warunek Dirichleta, więc jest rozwijalna w szereg Fouriera:

$$f(t) = \frac{a_o}{2} + \sum_{n=1}^{\infty}\left(a_n \cos\frac{\pi n t}{T} + b_n \sin\frac{\pi n t}{T}\right) \tag{11}$$

gdzie:

$$a_o = \frac{2}{T}\int_0^T y(t)\,dt \tag{12}$$

$$a_n = \frac{2}{T}\int_0^T y(t)\cos\frac{\pi n t}{T}\,dt \tag{13}$$

$$b_n = \frac{2}{T}\int_0^T y(t)\sin\frac{\pi n t}{T}\,dt \tag{14}$$

po podstawieniu do wzoru (12) zależności (10) otrzymujemy:

$$a_o = \frac{2}{T}\int_0^T (-80t + 8)dt = (-80T + 16) \tag{15}$$

po podstawieniu do wzoru (13) zależności (10) otrzymujemy:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

$$a_n = \frac{2}{T}\int_0^T (-80+8)\cos\frac{\pi n t}{T}dt \tag{16}$$

$$a_n = 160\frac{T}{n^2\pi^2}(1-\cos n\pi) \tag{17}$$

po podstawieniu do wzoru (14) zależności (10) otrzymujemy:

$$b_n = \frac{2}{T}\int_0^T (-80+8)\sin\frac{\pi n t}{T}dt \tag{18}$$

$$b_n = -2\frac{T+1}{n\pi}\cos n\pi \tag{19}$$

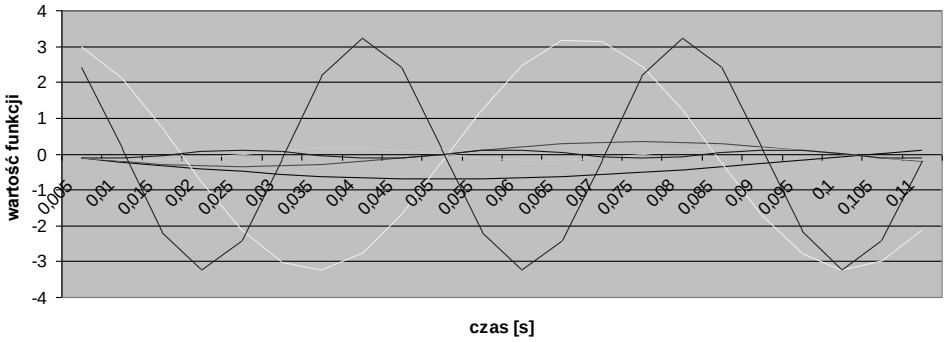
ostateczna wartość funkcji:

$$f(t) = -80t + 16 + \\ + \sum_{n=1}^{\infty}\left[160\frac{T}{n^2\pi^2}(1-\cos n\pi)\cos\frac{\pi n t}{T} - 2\frac{T+1}{n\pi}\cos n\pi\sin\frac{\pi n t}{T}\right] \tag{20}$$

wstawiając wartość T = 0,1 s (z założeń) otrzymujemy:

$$f(t) = 8 + \sum_{n=1}^{\infty}\left[\frac{16}{n^2\pi^2}\left(1-(-1)^{2n+1}\right)\cos\frac{\pi n t}{0{,}1} - \frac{2{,}2}{n\pi}(-1)^{2n+1}\sin\frac{\pi n t}{0{,}1}\right] \tag{21}$$

Sporządzając graficzne rozwiązanie otrzymujemy wykresy:



Rys.3. Wykres wyższych harmonicznych wynikających z równania (21)

Na podstawie rysunku 3 wnioskujemy, że po rozwinięciu funkcji (10) w szereg Fouriera częstotliwość znacząca w przebiegu wynosi f = 25 Hz.

Minimalna częstotliwość próbkowania zgodnie z twierdzeniem Nyquista wynosi 50 Hz.

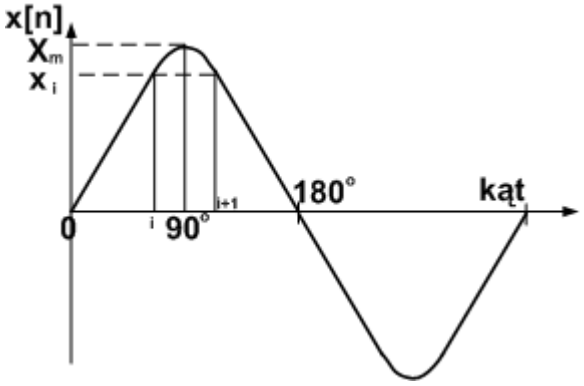
Drugim zaostrzonym kryterium częstotliwości próbkowania jest nieprzekraczalność błędu względnego $|\delta_x|$ = 1%, dla częstotliwości sygnału sinusoidalnego równego f = 25 Hz.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Podczas odtwarzania wartości maksymalnej sygnału sinusoidalnego $x(\varphi) = X_m \sin\varphi$ z próbek, przy wykorzystaniu interpolacji liniowej, najbardziej niekorzystną sytuację zaobserwuje się, gdy wartość X_m zostanie odtworzona na podstawie dwóch rozmieszczonych symetrycznie próbek:

$$x[i] = X_m \sin\varphi_i \text{ oraz } x[i+1] = X_m \sin\varphi_{i+1} \tag{22}$$

o równych wartościach (rysunek 4).



Rys.4. Realizacja sygnałów *x[n]*

Błąd maksymalny ujemny charakteryzujący względną różnicę między sygnałem odtworzonym i oryginalnym (dla $\varphi = \pi/2$) jest określony wzorem:

$$\delta_x = \frac{x[i] - X_m}{X_m} = \frac{X_m \sin\varphi_i - X_m}{X_m} = \sin\varphi_i - 1 \tag{23}$$

Po przekształceniu:

$$\sin\varphi_i = 1 + \delta_i \tag{24}$$

Ponieważ:

$$\varphi_i = \frac{\pi}{2} - \frac{\varphi_p}{2} \tag{25}$$

gdzie:

$\varphi_p = \varphi_{i+1} - \varphi_i$ jest odległością kątową między kolejnymi próbkami sygnału, wobec tego:

$$\sin\varphi_i = \sin\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\varphi_p}{2}\right) = \cos\frac{\varphi_p}{2} \tag{26}$$

Wyrażenie $\cos\frac{\varphi_p}{2}$ można rozwinąć w szereg:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

$$\cos\frac{\varphi_p}{2} = 1 - \frac{\left(\frac{\varphi_p}{2}\right)^2}{2!} + \frac{\left(\frac{\varphi_p}{2}\right)^4}{4!} - \ldots\ldots \tag{27}$$

Po uwzględnieniu tylko dwóch pierwszych wyrazów mamy:

$$1 - \frac{\left(\frac{\varphi_p}{2}\right)^2}{2} \approx 1 + \delta_x \; i \; \varphi_p = 2\sqrt{-2\delta_x} \tag{28}$$

Przy próbkowaniu sygnału sinusoidalnego o częstotliwości $f = \frac{1}{T}$ próbkami występującymi z częstotliwością $f_p = \frac{1}{T_p}$ zachodzi zależność:

$$\frac{\varphi_p}{2\pi} = \frac{T_p}{T} = \frac{f}{f_p} \; i \; \varphi_p = 2\pi\sqrt{-2\delta_x} \tag{29}$$

Ostatecznie częstotliwość próbkowania przy zadanej częstotliwości f i błędzie względnym δ_x będzie równa:

$$f_p = f\frac{\pi}{\sqrt{2\delta_x}} = f\frac{2{,}2}{\sqrt{\delta_x}} \tag{30}$$

W naszym przypadku minimalna częstotliwość próbkowania f_p = 60 Hz.

Drugim istotnym parametrem kontrolowanym podczas badań urządzeń wyciągowych jest prąd obwodu głównego silnika wyciągowego. Silnik (lub silniki) jest zasilany z układu przekształtnika półprzewodnikowego sześciu- lub dwunastopulsowego, oraz w nowoczesnych napędach z falownika wysokonapięciowego.

W celu oszacowania minimalnej częstotliwości próbkowania przyjęto układ zasilania sześciopulsowy. W metodyce oszacowania założono przepływ prądu przez jedną gałąź przekształtnika w czasie $\frac{T}{6}$ okresu, tj. 3,3 ms.

Końcowym rezultatem obliczeń będzie funkcja prądu rozłożona w szereg Fouriera. Poszczególne wielkości współczynników przy czasowych elementach szeregu Fouriera dadzą nam obraz o potrzebie stosowania minimalnej częstotliwości próbkowania.

Dla tej wielkości do obliczeń wykorzystano symboliczną postać szeregu Fouriera (łatwiejsza w matematycznej obróbce).

Postać symboliczna szeregu Fouriera:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

$$I(t) = A_0 + \mathrm{Re}\sum_{n=1}^{\infty} I_{mn} e^{jn\omega t} \tag{31}$$

Prąd wyprostowany sześciopulsowy $i(t) = |I_m| \sin \omega t$, $\omega = \frac{2\pi}{T}$, przy czym okresem powtarzania rozpatrywanego przebiegu $T' = \frac{T}{6}$, częstotliwość podstawowej harmonicznej $\omega' = \frac{2\pi}{T'} = 6\,\frac{2\pi}{T} = 6\omega$,

I_m – wartość maksymalna prądu w przebiegu sinusoidalnym.

$$I_0 = \frac{2}{T}\int_0^{\frac{T}{6}} |I_m| \sin\omega t dt = \frac{|I_m|}{2\pi} \tag{32}$$

Wykorzystując zależność matematyczną wzór Eulera:

$$\sin x = \frac{e^{jx} - e^{-jx}}{2j} \tag{33}$$

$$\begin{aligned} I_{mn} &= \frac{2}{T}\int_0^{\frac{T}{6}} |I_m| \sin\omega t e^{-jn\omega' t} dt = \\ &= \frac{2}{T}|I_m|\int_0^{\frac{T}{6}} \left(\frac{e^{-j\omega(2n-1)t} - e^{-j\omega(2n+1)t}}{2j} \right) dt \end{aligned} \tag{34}$$

$$I_{mn} = \frac{2|I_m|}{\omega T}\left[\frac{e^{-j(2n-1)\frac{\omega T}{6}} - 1}{2n-1} - \frac{e^{-j(2n+1)\frac{\omega T}{6}} - 1}{2n+1} \right]$$

$$I_{mn} = \frac{|I_m|}{2\pi}\left[\frac{e^{-j(2n-1)\frac{\pi}{3}} - 1}{2n-1} - \frac{e^{-j(2n+1)\frac{\pi}{3}} - 1}{2n+1} \right]$$

$$\begin{aligned} I_{mn} = \frac{|I_m|}{2\pi}\Bigg[&\frac{\cos\left[-(2n-1)\frac{\pi}{3}\right] + j\sin\left[-(2n-1)\frac{\pi}{3}\right] - 1}{2n-1} - \\ &- \frac{\cos\left[-(2n+1)\frac{\pi}{3}\right] + j\sin\left[-(2n+1)\frac{\pi}{3}\right] - 1}{2n+1} \Bigg] \end{aligned} \tag{35}$$

Rozwiązując powyższe równanie (35) i wstawiając rozwiązanie do wzoru (31) otrzymano:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

$$I_{mn} = \frac{\cos\frac{2}{3}\pi n + 2\sqrt{3}\sin\frac{2}{3}\pi n}{4n^2 - 1} \tag{36}$$

$$I(t) = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} I_{mn} e^{jn\omega' t} = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} I_{mn} e^{j6n\omega t} \tag{37}$$

$$I(t) = \frac{|I_m|}{2\pi} + \frac{|I_m|}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\cos\frac{2}{3}\pi n + 2\sqrt{3}\sin\frac{2}{3}\pi n}{4n^2 - 1} e^{j6n\omega t} \tag{38}$$

Rozpisując pierwsze wyrazy funkcji symbolicznej przebiegu (40) otrzymano:

$$I(t) = \frac{|I_m|}{2\pi} + \frac{|I_m|}{\pi} \left[0{,}71e^{j6\omega t} - 0{,}23e^{j12\omega t} - 0{,}03e^{j18\omega t} + 0{,}01e^{j24\omega t}\right] \tag{39}$$

$$i(t) = \mathrm{Re}\{I(t)\} = \frac{|I_m|}{2\pi} + \frac{|I_m|}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\cos\frac{2}{3}\pi n + 2\sqrt{3}\sin\frac{2}{3}\pi n}{4n^2 - 1}\cos 6n\omega t \tag{40}$$

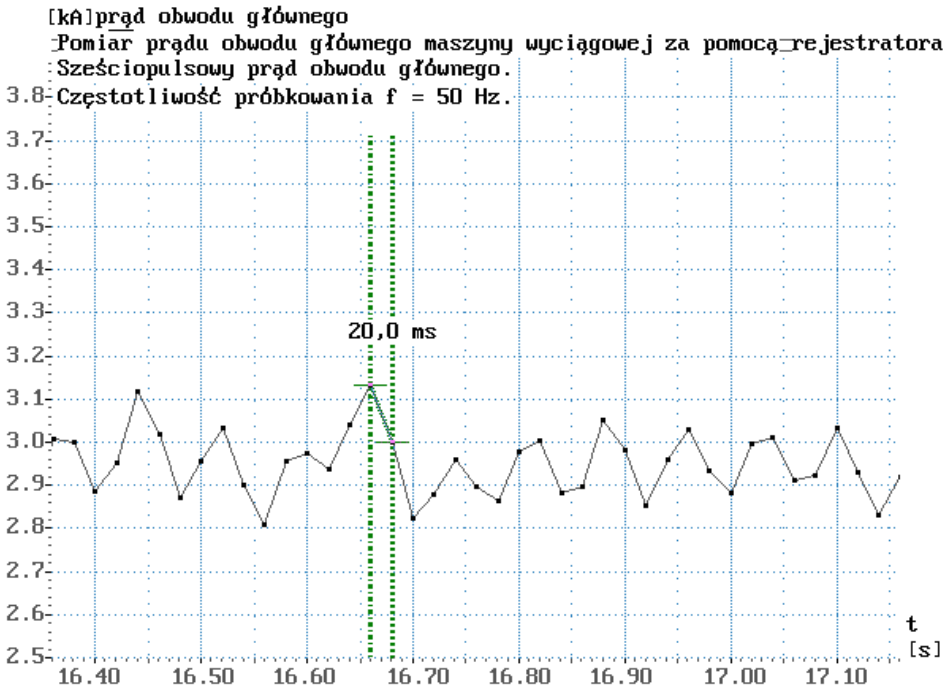
$$i(t) = \frac{|I_m|}{2\pi} + \frac{|I_m|}{\pi} \left[0{,}71\cos 6\omega t - 0{,}23\cos 12\omega t - 0{,}03\cos 18\omega t + 0{,}01\cos 24\omega t\right] \tag{41}$$

Na podstawie wzorów (38) i (41) stwierdzono, że udział w przebiegu prądu składowej o częstotliwości 600 Hz jest duży. Stosowanie częstotliwości próbkowania poniżej 600 Hz naraża nas na uchyb spowodowany aliasingiem, w znaczny sposób odkształcając rzeczywisty przebieg prądu obwodu głównego.

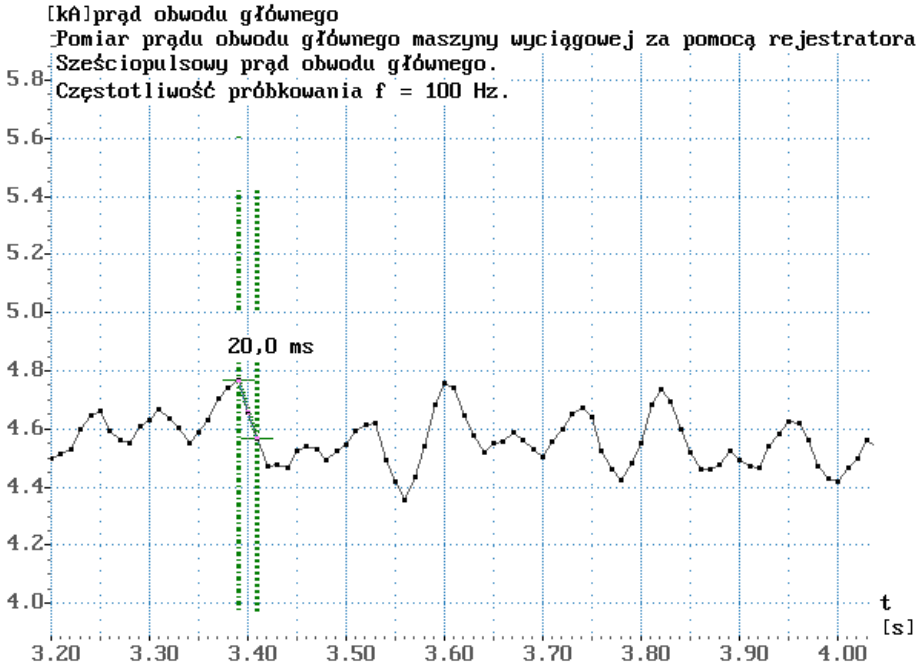
Stosując drugie kryterium dokładności pomiarów tzn. aby błąd pomiarów nie przekraczał $|\delta_x|$ = 1% (odpowiednie wzory od (22) do (30)), częstotliwość próbkowania nie powinna być mniejsza od 720 Hz. Czas próbkowania T = 1 ms. Jest to czas próbkowania dostępny w większości rejestratorów którymi posługują się firmy posiadające statut rzeczoznawcy nadany przez Wyższy Urząd Górniczy.

Wykorzystując pomiary wykonane w trakcie badania rocznego i trzyletniego, poddając urządzenie wyciągowej głębszej analizie pokazano na rysunkach poniżej (rysunek 5, 6, 7, 8, 9, 10) sposób rejestracji dla poszczególnych częstotliwości próbkowania 50 Hz, 100 Hz, 533 Hz, 1066 Hz, 3200 Hz.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

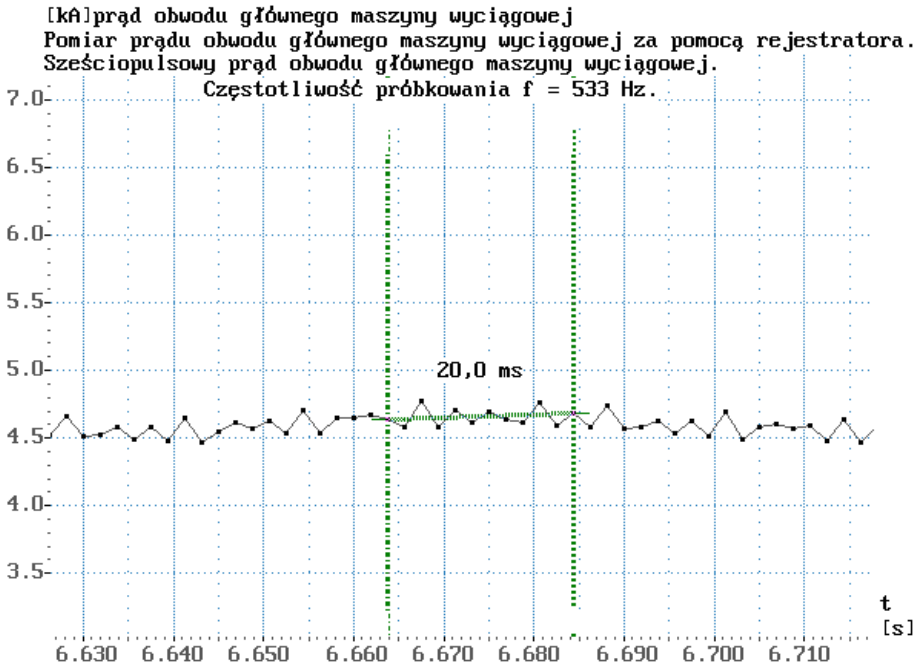


Rys.5. Rejestracja przy częstotliwości próbkowania *f* = 50 Hz

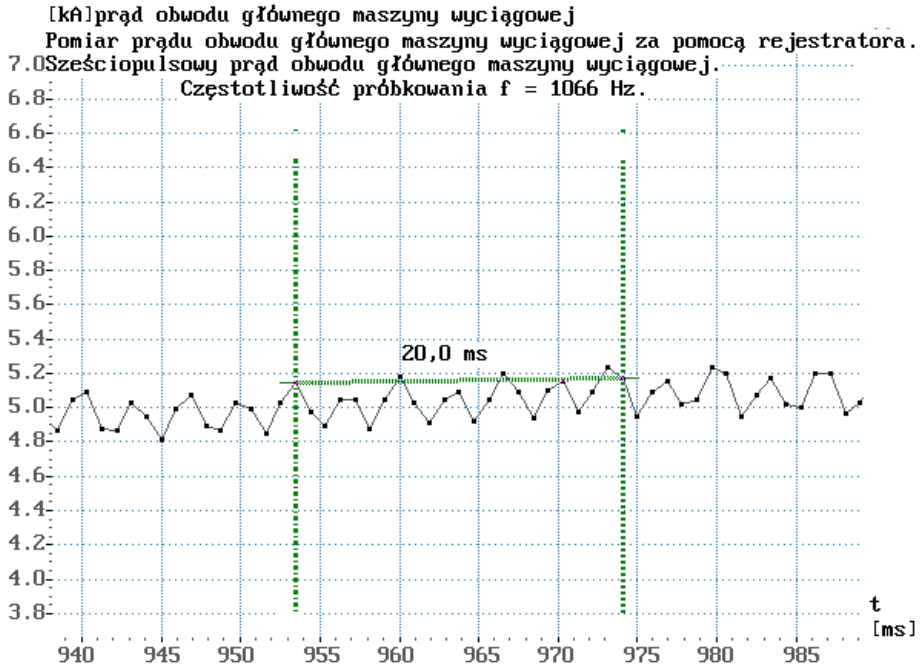


Rys.6. Rejestracja przy częstotliwości próbkowania *f* = 100 Hz

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

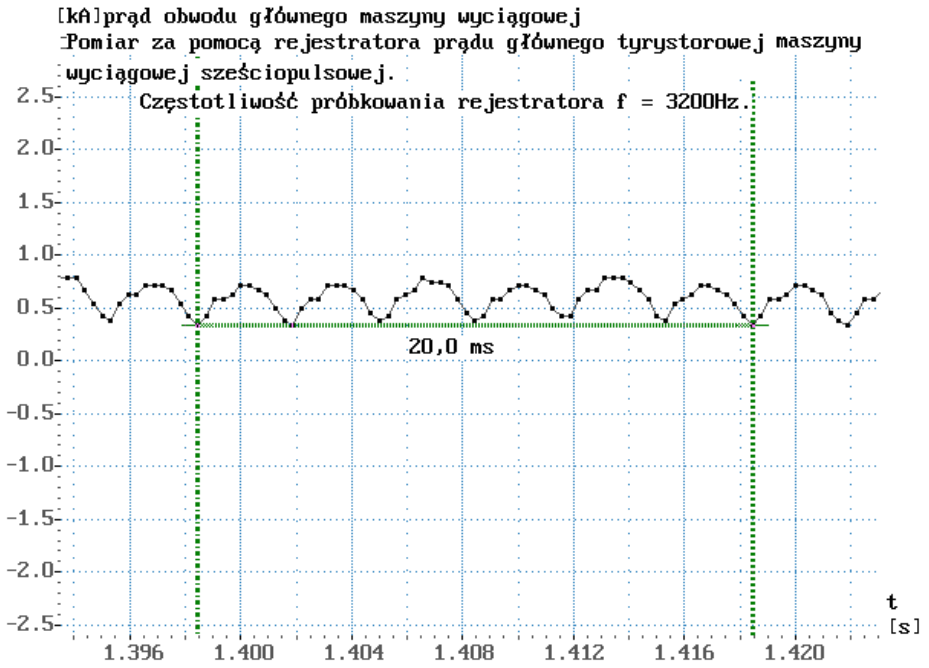


Rys.7. Rejestracja przy częstotliwości próbkowania *f* = 533 Hz

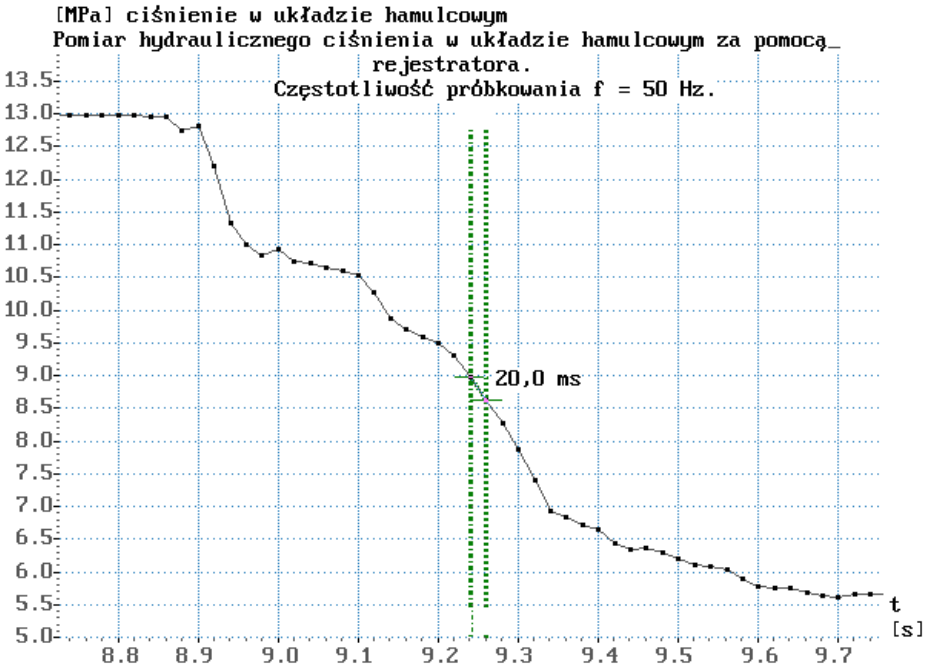


Rys.8. Rejestracja przy częstotliwości próbkowania *f* = 1066 Hz

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.9. Rejestracja przy częstotliwości próbkowania *f* = 3200 Hz



Rys.10. Rejestracja przy częstotliwości próbkowania *f* = 50 Hz

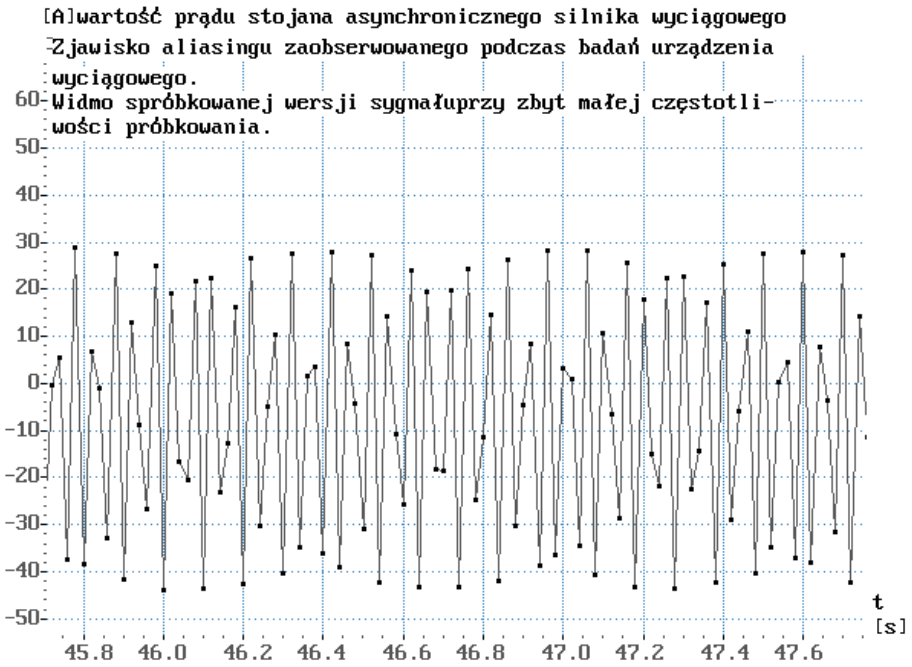
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Pole wykropkowane na powyższych rysunkach wyznacza identyczny przedział czasowy, w którym wykonano pomiary prądu obwodu głównego i ciśnienia w hydraulicznym układzie hamulcowym urządzenia wyciągowego.

Jak widać z rysunków przy pomiarze i ocenie prądu obwodu głównego urządzenia wyciągowego pomiar przy częstotliwości próbkowania poniżej wyliczonej wartości granicznej (600 Hz) całkowicie zniekształca przebieg prądu. Próba oceny symetrii obciążeń poszczególnych faz, poprawnej pracy tyrystorowego przekształtnika dla częstotliwości próbkowania poniżej granicznej jest bezsensowna.

Powyższe wady ulegają minimalizacji dla częstotliwości próbkowania $f > 1000$ Hz. Natomiast dla częstotliwości próbkowania $f = 3200$ Hz (rysunek 9) jesteśmy w stanie ocenić pracę przekształtników tyrystorowych wiarygodnie.

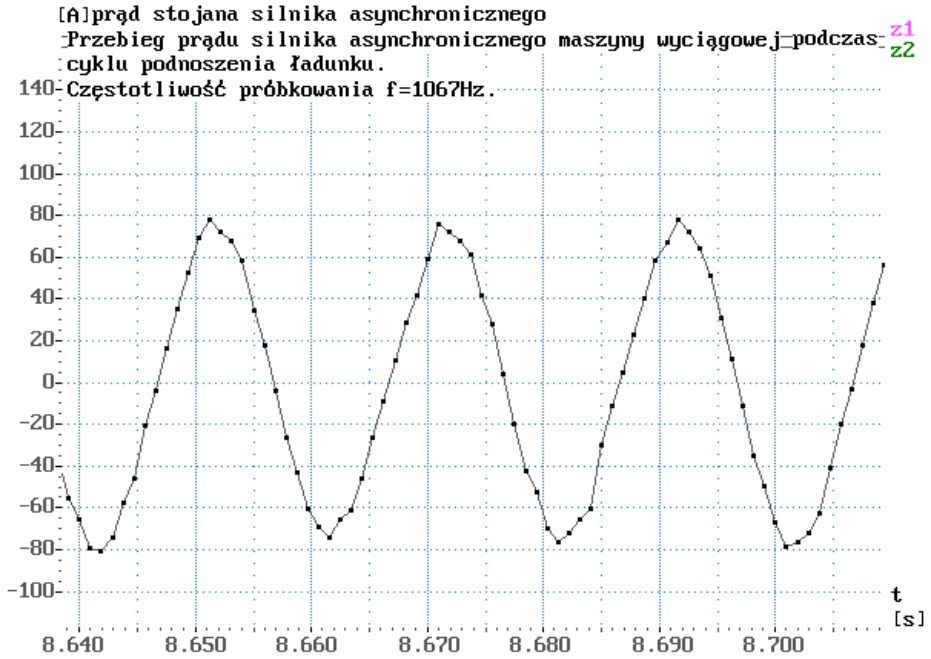
W przypadku układu hamulcowego (typu przepływowego) pomiar przebiegu ciśnienia przy hamowaniu awaryjnym, częstotliwość próbkowania $f = 50$ Hz pokazuje nam graniczną postać oceny ciśnienia. Zmniejszenie częstotliwości próbkowania skutkowałyby poważnym odkształceniem rzeczywistego obrazu przebiegu ciśnienia w układzie hamulcowym.



Rys.11. Zjawisko aliasingu częstotliwościowego, częstotliwość próbkowania $f = 50$ Hz

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Rysunek powyższy przedstawia występujące w czasie pomiarów (badania maszyny wyciągowej) zjawisko aliasingu częstotliwościowego (czyli nakładania się widm). Składowe widma sygnału o wysokich częstotliwościach zachodzą na składowe niskoczęstotliwościowe. Wypadkowe widmo stanowi obwiednia prądu o wartościach pomiędzy (+20 a +30A) oraz (-38 a -44A).



Rys.12. Pomiar prądu silnika asynchronicznego maszyny wyciągowej, częstotliwość próbkowania f = 1067 Hz.

Porównując wyniki pomiarów przedstawione na rysunku 11 (częstotliwość próbkowania f = 50 Hz), z wynikami pomiarów tego samego urządzenia wyciągowego rysunek 12 (częstotliwość próbkowania f = 1067 Hz), łatwo zauważyć eliminację niekorzystnego zjawiska aliasingu. Różnica w wielkości prądu wynika z różnych położeń naczynia wyciągowego w szybie.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

4. Wnioski i uwagi

Zagadnienia przedstawione w rozdziale mają przybliżyć użytkownikom aparatury kontrolno-pomiarowej problemy związane z metodyką pomiarów za pomocą aparatury rejestrującej.

Autorzy wskazali na możliwość występowania potencjalnych błędów podczas wykonywania pomiarów, poprzez zastosowanie niewłaściwej częstotliwości próbkowania rzeczywistych przebiegów. Literatura fachowa zajmująca się tym zagadnieniem jak dotychczas jest skromna i rozproszona po pokrewnych dziedzinach techniki.

Rejestratory znajdują zastosowanie w coraz szerszym zakresie. Przede wszystkim ich zadanie polega na rejestracji i odtwarzaniu przebiegu sygnałów charakteryzujących istotne parametry pracy urządzeń.

Prawidłowe ustawienie parametrów pracy rejestratora pozwala zminimalizować niekorzystne zjawisko aliasingu oraz dopasować żądaną klasę dokładności do badanego przebiegu rzeczywistego. Jednak nie zawsze projektanci zadbali o analizę błędów popełnianych w trakcie rejestracji.

W miarę rozwoju techniki cyfrowej pojawiły się rejestratory w różnych dziedzinach techniki, między innymi w metanometrii, elektroenergetyce, transporcie itp.

Duża częstotliwość próbkowania powoduje szybkie zapełnienie pamięci dostępnej do magazynowania danych. Zbyt mała częstotliwość próbkowania deformuje nam rzeczywisty sygnał.

Wydłużenie czasookresu przechowywania w pamięci rejestratorów danych, wpływa na obniżenie częstotliwości próbkowania, ze względu na ograniczenie pojemności pamięci komputera.

Trudnym wyzwaniem dla metrologów jest sytuacja przedstawiona w powyższym przykładzie, w którym rzeczywiste przebiegi mają skrajnie różne widma Fouriera, natomiast muszą być rejestrowane w tym samym czasie (prąd obwodu głównego urządzenia wyciągowego i ciśnienie w układzie hamulcowym).

W przedstawionym przykładzie dla przebiegu ciśnienia hamowania w układzie hydraulicznym wystarczającym poziomem częstotliwości próbkowania jest 60 Hz, natomiast rejestracja prądu obwodu głównego silnika elek-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

trycznego wymagałaby minimalnej częstotliwości próbkowania na poziomie 720 Hz.

Istotne jest aby zastosowanie w jakimkolwiek miejscu rejestratora poprzedzone było dokładną analizą przeprowadzoną przez użytkownika bądź projektanta.

Dokonanie rzetelnego auditu metrologicznego przed zabudowaniem rejestratora może w przyszłości uchronić nas przed sytuacją w której zdarzenie awaryjne zaistniałe w urządzeniu w którym zabudowany jest rejestrator będzie kluczowym dowodem winy lub niewinności osoby odpowiedzialnej za użytkowanie urządzenia.

Jeżeli będzie niewłaściwie dobrana częstotliwość próbkowania (w sprzeczności z prawem i zasadami metrologii), każdy biegły metrolog podważy wynik rejestracji, a sam rejestrator spełniał będzie jedynie rolę wskaźnika.

Posługiwanie się przebiegami parametrów w rejestratorze zabudowanym w urządzeniu bez znajomości częstotliwości próbkowania, oraz wydawanie opinii co do stanu sprawdzanego urządzenia może prowadzić do skrajnie mylnych wniosków w kwestii sprawności i bezpieczeństwa urządzenia.

Literatura

1. Haykin S.: „Systemy telekomunikacyjne”, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2004 tom I i II.
2. Szadkowski B.: „Zbiór zadań z metrologii elektrycznej”, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
3. Cichowska Z., Pasko M.: „Przykłady i zadania z elektrotechniki teoretycznej”, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
4. Kowalczyk A.: „Przetwarzanie sygnałów”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2009.
5. Snopek K.M., Wojciechowski J.M.: „Sygnały i systemy zbiór zadań”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

6. Walczak J., Pasko M.: „Elementy dynamiki liniowych obwodów elektrycznych”, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.

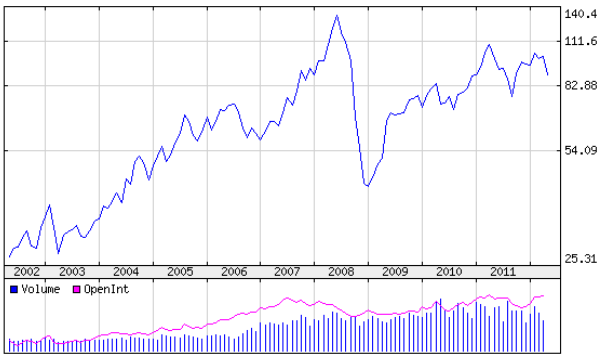
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Badania układu rekuperacji energii cieplnej

Mariusz Woszczyński, Krzysztof Stankiewicz, Sebastian Jendrysik - Instytut Techniki Górniczej KOMAG

1. Wprowadzenie

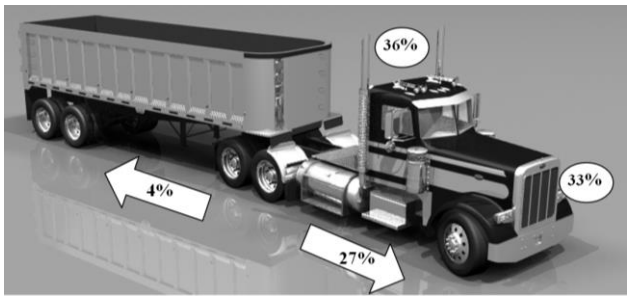
Koszty paliwa mają coraz większe znaczenie dla użytkowników urządzeń i maszyn napędzanych silnikami spalinowymi. Nawet przy niewielkim jednostkowym wzroście ceny baryłki ropy naftowej znacznie wzrastają koszty działania przedsiębiorstw.



Rys.1. Wykres cen ($) ropy naftowej w latach 2002-2012 [5]

W ciągu 10 ostatnich lat cena ropy stale rośnie (rys. 1). Scenariusze poziomu cen paliw na kolejne lata zakładają ich dalszy wzrost. Sytuacja ta zmusza do poszukiwania rozwiązań technicznych pozwalających na zwiększenie energooszczędności, szczególnie w sektorze transportu oraz w tych dziedzinach przemysłu, gdzie masowo użytkowane są maszyny z silnikami spalinowymi.

Obecne silniki spalinowe to urządzenia niskosprawne. Tylko około 31% energii pochodzącej ze spalania paliwa przekazywana jest do układu napędowego, z czego około 4% zużywane jest na pokonanie sił tarcia (rys. 2). Pozostała energia w postaci ciepła tracona jest w układzie chłodzenia (około 33%) i emitowana bezpośrednio do atmosfery, wraz ze spalinami (około 36%).



Rys.2. Rozdział energii pochodzącej ze spalania paliwa [4]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Łączna moc cieplna pochodząca ze spalania paliwa w silniku o mocy znamionowej 80 kW wynosi około 255 kW. Kolejne 85 kW pochłania układ chłodzenia, a pozostałe 90 kW tracone jest w gorących gazach spalinowych. Zjawisko to jest jednym z ważniejszych bodźców zmuszających projektantów do opracowywania, a następnie implementowania innowacyjnych rozwiązań technicznych umożliwiających odzysk części traconej energii i przetwarzanie jej na np. energię elektryczną, która może być wykorzystywana do zasilania wybranych modułów w pojazdach, bądź do doładowania akumulatorów. Pobranie i przetworzenie (rekuperacja) odpadowej energii cieplnej na energię elektryczną prowadzi do poprawy warunków pracy silnika, odciąża układ chłodzenia oraz zmniejsza zapotrzebowanie na paliwo.

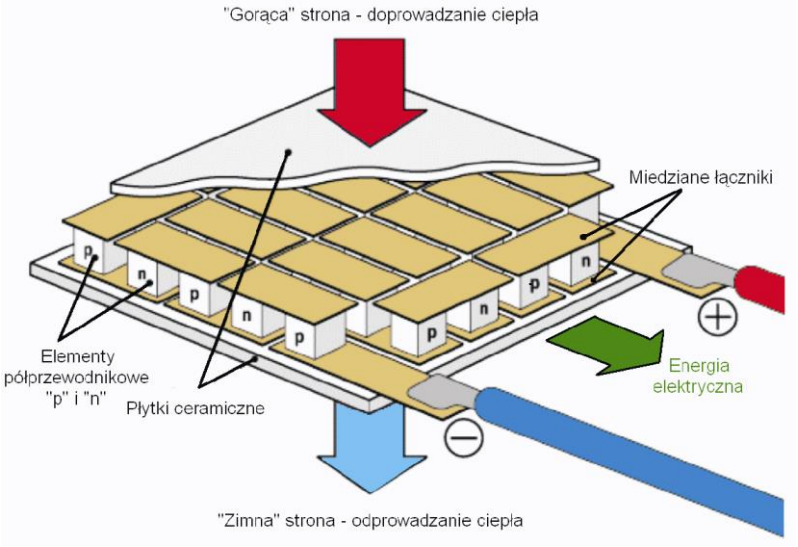
Zastosowanie systemu rekuperacji w górnictwie rud miedzi, gdzie eksploatuje się około 1600 maszyn z silnikami spalinowymi [3] może przynieść znaczące korzyści w postaci oszczędności zużywanego paliwa. Możliwe jest to dzięki odciążeniu lub wręcz zastąpieniu alternatora przez rekuperator. W związku z powyższym w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG rozpoczęto prace zmierzające do opracowania rekuperatora energii cieplnej, umożliwiającego odzyskanie i przetworzenie energii cieplnej na energię elektryczną.

Wyniki prac przedstawione w rozdziale są pierwszymi etapami realizowanego projektu. W toku kolejnych prac zostanie opracowany system sterowania energią elektryczną w pojazdach z silnikami spalinowymi, z uwzględnieniem 3 źródeł energii: alternatora, akumulatora oraz rekuperatora. System będzie dążył do maksymalizacji wykorzystania rekuperatora, przy minimalizacji obciążenia alternatora i utrzymywaniu określonego stanu naładowania akumulatora.

2. Model rekuperatora i analiza CFD

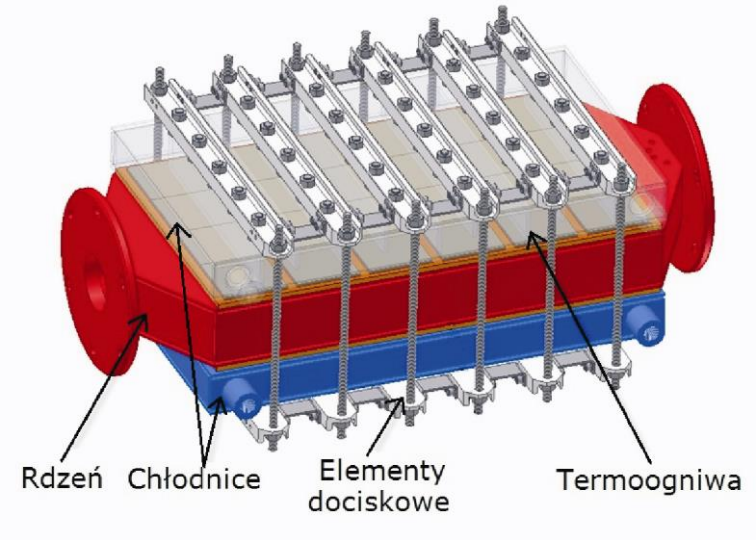
W pierwszym etapie realizacji opracowano koncepcję rekuperatora na bazie ogniw Peltiera. Współczesne ogniwo Peltiera, to dwie cienkie płytki z termoprzewodzącego materiału izolacyjnego (ceramika tlenków glinu), pomiędzy którymi zabudowano szeregowy stos elementarnych półprzewodników, naprzemiennie typu "p" i "n" (rys. 3). Urządzenia te działają z reguły jako pompa ciepła, która po podaniu napięcia skutecznie odprowadza ciepło ze strony „zimnej” na stronę „gorącą”. Efekt Peltiera jest odwrotnością zjawiska Seebecka, dlatego ogniwo Peltiera można wykorzystać także jako źródło energii elektrycznej. Wystarczy spełnić warunek, aby dwie strony ogniwa Peltiera miały różne temperatury. Następuje wtedy bezpośrednia zamiana energii cieplnej na elektryczną. Im większa różnica temperatur, tym lepsze są uzyskiwane efekty. Jednak zarówno napięcie, jak i moc uzyskana z pojedynczego termoogniwa są niewielkie. Aby uzyskać znaczące ilości energii należy połączyć wiele termoogniw w baterię (równolegle – zwiększając ich wydajność prądową oraz szeregowo – zwiększając napięcie).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.3. Budowa i zasada działania ogniwa Peltiera [4]

Koncepcja rekuperatora zakłada wykorzystanie płaskiego rdzenia w postaci komory, przez którą przepływają spaliny z silnika (rys. 4).



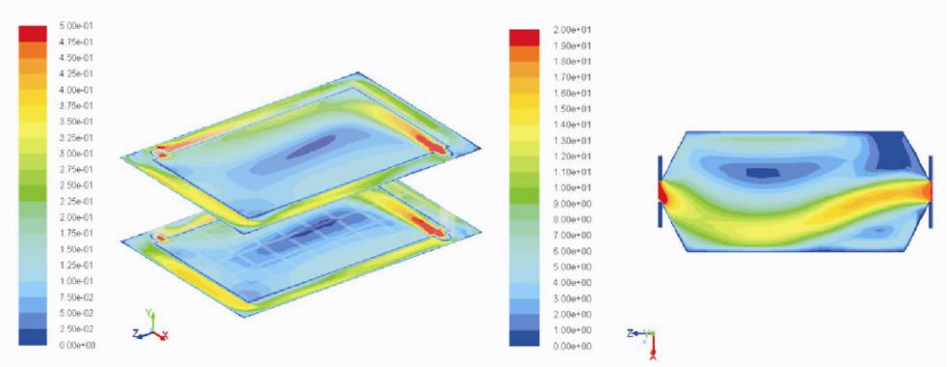
Rys.4. Model 3D rekuperatora [źródło: opracowanie własne]

Na powierzchniach rdzenia zabudowano termoogniwa, które schładzane są za pomocą chłodnic. Całość skręcona jest za pomocą docisków połączonych gwintowanymi prętami. Docisk realizowany jest przez wykorzystanie podkładek talerzowych, umieszczonych na metalowych stemplach w listwach dociskowych. Koncepcja z wykorzystaniem płaskiego rdzenia rekuperatora pozwala na:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- uproszczenie konstrukcji mechanicznej,
- zmniejszenie liczby elementów, a tym samym możliwych miejsc wystąpienia awarii,
- łatwy montaż,
- równomierne rozprowadzanie ciepła przez odpowiednie kierowanie spalin,
- równomierne chłodzenie poprzez zastosowanie meandrów w chłodnicach,
- zastosowanie izolatorów w postaci płyt (możliwość łatwej zamiany grubości termoizolatora, dostępność wielu rodzajów izolatorów),
- całkowite odizolowanie kontaktu mechanicznego rdzenia z chłodnicami (kontakt możliwy jedynie przez termoogniwa).

W celu zweryfikowania poprawności przyjętych rozwiązań, przeprowadzono analizę rozkładu temperatur i przepływu ciepła w modelu rekuperatora. Utworzenie wirtualnego modelu rekuperatora oraz jego analiza metodą komputerowej dynamiki płynów (CFD), miały na celu obniżenie kosztów testowania i modyfikowania urządzenia prototypowego poprzez ograniczenie wystąpienia potencjalnych błędów projektowych i zakresu niezbędnych korekt. Etap wirtualnego prototypowania był ważny także w aspekcie możliwości pozyskania wiedzy podstawowej i ograniczenia kosztów implementacji prototypu, ponieważ zabudowa rekuperatora na obiekcie rzeczywistym wymaga zmian w układzie wylotowym silnika.



Rys. 5. Przykładowe wyniki analiz CFD [2]

Analizy przeprowadzone metodą CFD pozwoliły na zidentyfikowanie kilku cech mogących powodować ograniczenie wydajności rekuperatora [2]. Sposób cyrkulacji wody chłodzącej wskazywał na występowanie w centralnej części chłodnic obszarów o prędkości bliskiej 0, co powodowało różnicowanie temperatury po stronie „zimnej" termoelementów. Korzystniejszy rozkład temperatury można uzyskać poprzez wprowadzenie dodatkowych żeber w chłodnicy, tworzących meander.

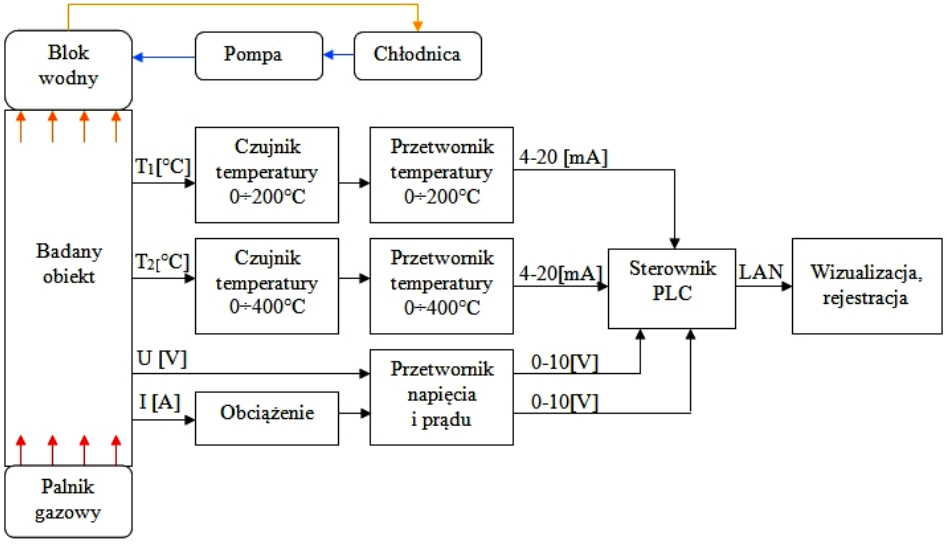
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Podobna sytuacja wystąpiła w przypadku analizy rdzenia rekuperatora, gdzie na skutek gwałtownego rozszerzenia przekroju, na krótkim odcinku występują duże gradienty zmian prędkości, a co za tym idzie temperatura ścianek rdzenia stykających się z przekładką izolacyjną jest nierównomierna (rys. 5).

Uwzględniając wyniki analizy CFD opracowano postać konstrukcyjną rekuperatora. Przyjęte założenia, w odniesieniu do maksymalnych wymiarów rekuperatora, umożliwiły ograniczenie liczby wariantów przewidzianych do zastosowania termoogniw.

3. Badania laboratoryjne

Kolejnym etapem prac były badania laboratoryjne termoogniw, mające na celu identyfikację parametrów elektrycznych (generowane napięcie i natężenie prądu) wytypowanych termoogniw. Parametry te umożliwiają określenie maksymalnej mocy generowanej przez termoogniwa oraz wyznaczenie ich rezystancji wewnętrznej. Konieczne było również wyznaczenie maksymalnej, dopuszczalnej różnicy temperatur na zewnętrznych powierzchniach termoogniw. Celem badań było także określenie wpływu rodzaju połączenia elektrycznego (szeregowe, równoległe) na wydajność termoogniw.



Rys.6. Schemat blokowy stanowiska badawczego [1]

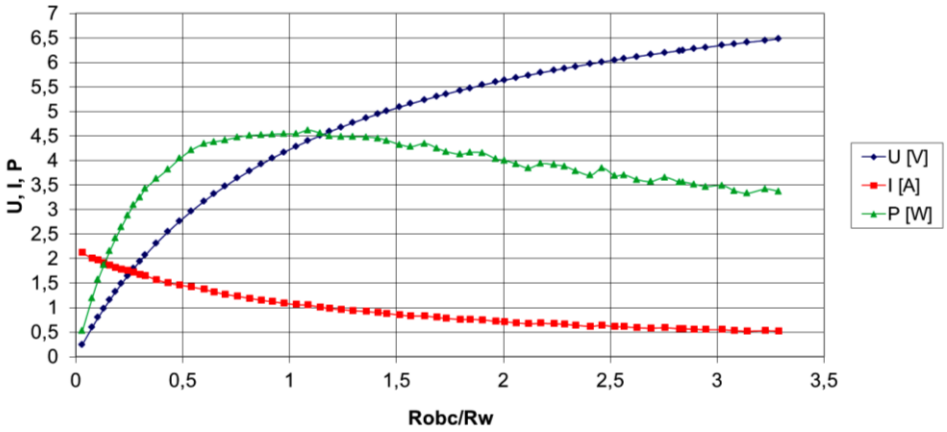
Badania laboratoryjne prowadzone były z wykorzystaniem zaprojektowanego i wykonanego w KOMAG-u stanowiska badawczego, którego strukturę zaprezentowano na rysunku 6. Badane termoogniwo umieszczono na miedzianej płytce, w specjalnym zacisku i ogrzewano bezpośrednio przez palnik gazowy. Temperaturę drugiej strony termoogniwa obniżano przez układ chłodzenia, na który składały się: blok wodny, pompa oraz chłodnica. Termoogniwo podłą-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

czono do układu pomiarowego, wyposażonego w sterownik PLC z modułami wejść analogowych o zakresie 0 – 10 V oraz 4 – 20 mA do rejestracji danych pomiarowych. Do pomiaru wartości temperatur zastosowano 2 czujniki temperatury (200°C i 400°C) oraz przetworniki temperatury z wyjściem analogowym o zakresie 4 – 20 mA.

W celu konwersji mierzonych wartości napięcia i prądu oraz przesłania ich do sterownika PLC opracowano odpowiedni przetwornik pomiarowy. Przetwornik składa się z dwóch torów sygnałowych. Pierwszy tor odpowiada za przetworzenie mierzonego prądu w zakresie do 15 A na sygnał o zakresie 0 – 10 V, stosowany w kartach analogowych PLC. Drugi tor przetwornika służy to odpowiedniego wzmocnienia uzyskanego z termoogniwa napięcia (0 - 2,4 V), w celu uzyskania napięcia wyjściowego 0 – 10 V.

Badaniom poddano pięć typów termoogniw, w różnych konfiguracjach połączenia elektrycznego [1]. Po wykonaniu badań wszystkich posiadanych typów termoogniw uzyskano zapis punktów charakterystycznych w formie plików tekstowych. Dane pomiarowe przesyłano do programu Excel, a następnie, po przeprowadzeniu obliczeń wygenerowano wykresy zależności $I = f(R_{obc}/R_w)$, $U = f(R_{obc}/R_w)$ oraz $P = f(R_{obc}/R_w)$, które zaprezentowano na rysunku 7. Najwyższa uzyskiwana moc występuje w punkcie dopasowania energetycznego, czyli $R_{obc}/R_w = 1$.



Rys.7. Przykładowe wyniki badania wybranego termoogniwa [1]

Na podstawie wyników pomiarów obliczono maksymalną moc generowaną przez termoogniwa, z określeniem ich efektywności.

Z uwagi na wymiary stanowiska badawczego nie było możliwości zbadania jednocześnie dwóch termoogniw typu HZ na jednej powierzchni ogrzewanej. Badania przeprowadzono, zabudowując termoogniwa jedno na drugim, w celu sprawdzenia wpływu tego typu zabudowy na uzyskiwane parametry. Niższa wartość generowanej mocy przy badaniu termoogniw typu HZ

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

połączonych szeregowo i równolegle wynikała z faktu, że termoogniwo znajdujące się bliżej powierzchni ogrzewanej nie miało zapewnionego skutecznego odprowadzania ciepła, natomiast termoogniwo od strony chłodnicy, nie było odpowiednio dogrzane. Zabudowa termoogniw jedno na drugim wpłynęła niekorzystnie na ich wydajność, która spadała o około 45%. Badania kilku termoogniw jednocześnie miały na celu wskazanie różnic w efektywności, w zależności od konfiguracji połączenia szeregowego i równoległego. Wyniki wskazują, że rodzaj połączenia kilku termoogniw nie ma istotnego wpływu na efektywności ich działania.

Zestawienie wyników pomiarowych [1]

Tabela 1

Termoogniwo	ΔT [°C]	Rw [Ω]	Ujał [V]	U [V]	I [A]	P [W]	[W/cm^2]
HZ-1	183÷186	0,28	2,06	1,07	3,55	**3,8**	**0,096**
HZ-2	175÷178	0,35	2,2	1,05	3,4	**3,6**	**0,065**
HZ-1 + HZ2 szeregowo	193÷196	0,62	2,31	1,15	1,86	**2,14**	-
HZ-1 + HZ2 Równolegle	198÷200	0,17	1,18	0,63	3,3	**2,1**	-
TEC1-1	202÷205	3,92	8,45	4,3	1,07	**4,6**	**0,287**
TEC1-2	194÷199	2,71	6,4	3,15	1,2	**3,8**	**0,237**
4x TEC1-1 Szeregowo	166÷168	10,7	17	8,42	0,81	**6,8 (1,7)**	-
4x TEC1-1 Równolegle	165÷172	0,75	4,5	2,22	3,01	**6,7**	-
TEC1-3	185÷187	0,92	4,92	2,52	2,61	**6,58**	**0,171**

Wyniki laboratoryjnych badań termoogniw o symbolach zastępczych TEC1-1, TEC1-2 oraz TEC1-3 wykazały, że w przypadku badań indywidualnych generują odpowiednio 3,8 W, 4,6 W oraz 6,6 W. Podana w tabeli różnica temperatur ΔT jest najistotniejszym parametrem związanym z wydajnością termoogniw. Ze względu na ograniczoną wydajność zastosowanego układu chłodzenia, nie osiągnięto niższej temperatury strony „zimnej", przy badaniu 4 termoogniw umieszczonych obok siebie na jednej płaszczyźnie. Większa powierzchnia badanych termoogniw, czyli większy transport ciepła ze strony „gorącej" na stronę „zimną", powodowała nagrzanie chłodnicy i tym samym uzyskiwano mniejszą różnicę temperatur ΔT.

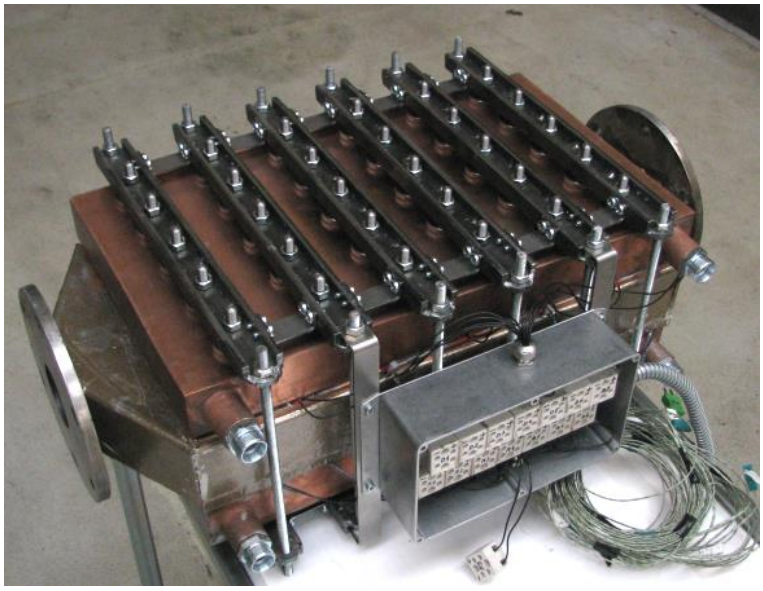
4. Badania stanowiskowe prototypu rekuperatora

Na podstawie wyników badań symulacyjnych i laboratoryjnych opracowano dokumentację, a następnie wykonano prototyp rekuperatora (rys. 8). Do budowy prototypu wykorzystano dwa typy termoogniw o różnej budowie, w ce-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

lu przetestowania żywotności i wydajności poszczególnych rozwiązań. Z jednej strony zainstalowano 54 termoogniwa o wymiarach 40 x 40 mm (TEC1-1), natomiast z drugiej 24 termoogniwa o wymiarach 60 x 60 mm (TEC1-3). Termoogniwa połączono szeregowo w baterie, a w skrzynce przyłączeniowej poszczególne baterie połączono równolegle, wykorzystując diody zabezpieczające przed zmianą kierunku przepływu prądu. Dodatkowo zainstalowano również wskaźniki świetlne, umożliwiające diagnostykę poszczególnych baterii termoogniw.

Rdzeń rekuperatora wykonano ze stali, natomiast płyty bazowe do montażu termoogniw oraz chłodnice wykonano z miedzi (w celu zwiększenia skuteczności rozprowadzania i odprowadzania ciepła).



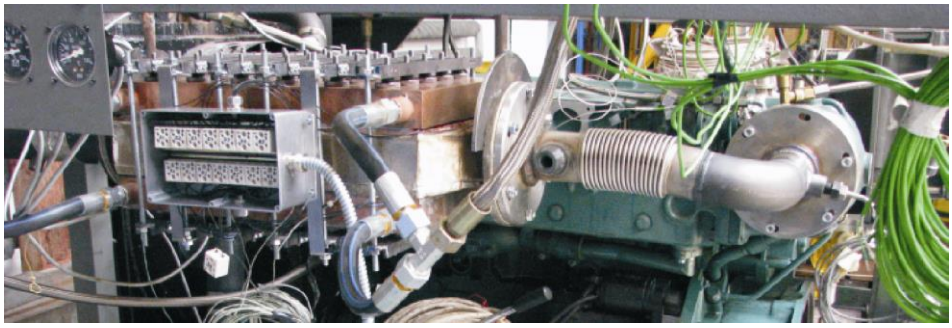
Rys.8. Prototyp rekuperatora [źródło: opracowanie własne]

Badania rekuperatora miały na celu określenie jego maksymalnej wydajności w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Podobnie, jak w przypadku badań laboratoryjnych pojedynczych termoogniw, w celu wyznaczenia maksymalnej generowanej mocy konieczne było zarejestrowanie parametrów elektrycznych rekuperatora, a następnie przedstawienie ich w postaci zależności $U = f(t)$, $I = f(t)$, $P = f(t)$, $P = f(\Delta T)$ (gdzie: U – napięcie, I – natężenie prądu, t – czas, P – moc, ΔT – różnica temperatur po obu stronach termoogniw) oraz wyznaczenie czasu nagrzewania rekuperatora do osiągnięcia pełnej wydajności, przy maksymalnym obciążeniu silnika spalinowego.

Archiwizacja danych pomiarowych możliwa była dzięki zastosowaniu rejestratora, wyposażonego w odpowiednie przetworniki napięcia i natężenia prądu. Prototyp rekuperatora zainstalowano na stanowisku do badania parametrów

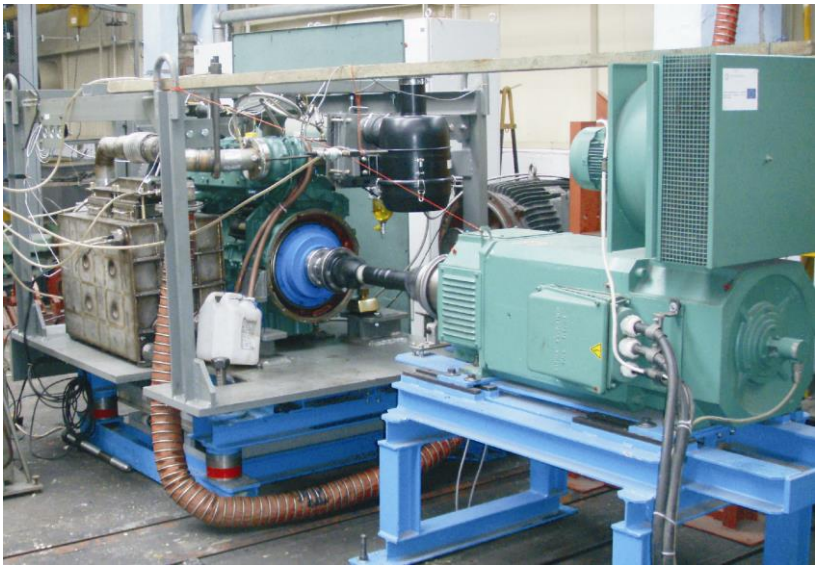
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

silnika spalinowego, będącego na wyposażeniu KOMAG-u. Urządzenie zabudowano w układzie wydechowym silnika, za turbosprężarką, w miejscu kolektora wylotowego, z wykorzystaniem kątowego łącznika z kompensatorem (rys. 9). Spaliny wydostające się z silnika ogrzewały powierzchnie rdzenia rekuperatora, na których umieszczone były termoogniwa. Chłodnice rekuperatora podłączono do istniejącego układu chłodzenia w obiegu z chłodnicą oleju. Rozwiązanie to nie wymagało zastosowania dodatkowej pompy tłoczącej ciecz chłodzącą, co byłoby konieczne w przypadku bezpośredniego połączenia z chłodnicą silnika.



Rys.9. Widok rekuperatora zainstalowanego na stanowisku badawczym [źródło: opracowanie własne]

Zespół silnika spalinowego wraz z hamownią, rekuperatorem, sterowaniem oraz z niezbędnym oprzyrządowaniem pomiarowym zaprezentowano na rysunku 10.



Rys.10. Widok stanowiska badawczego [źródło: opracowanie własne]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Po zamontowaniu rekuperatora w układzie wylotowym silnika spalinowego podłączono do układu pomiarowego ogniwa termoelektryczne oraz czujniki temperatury. Rozpoczęcie badań poprzedzało załączenie rejestratorów, a następnie uruchomienie silnika spalinowego. Stopniowo zwiększano obciążenie i obroty silnika, w celu uzyskania wysokiej temperatury spalin nagrzewających rdzeń rekuperatora. Celem była stabilizacja temperatury powierzchni „gorącej" rekuperatora, w maksymalnym, możliwym do uzyskania (w danych warunkach) zakresie. Jednocześnie powierzchnia „zimna" termoogniw chłodzona była z wykorzystaniem dodatkowego obiegu chłodzenia silnika spalinowego.

4.1. Badania I wersji rekuperatora

Podczas badań tej wersji rekuperatora uzyskano różnicę temperatur około 90°C. Istotny wpływ na ten wynik miała temperatura układu chłodzenia (w którego skład wchodziła chłodnica oleju, znacznie podwyższająca temperaturę płynu chłodniczego), przekraczająca 100°C, a także zbyt niska uzyskana temperatura powierzchni pracy termoogniw – około 200°C. Ustabilizowanie różnicy temperatur, w maksymalnym, możliwym do uzyskania w danych warunkach zakresie, umożliwiło podłączenie do układu elektrycznego rekuperatora obciążenia, w postaci żarników halogenowych (rys. 12) o napięciu 12 V i mocy 35 W każdy. Po włączeniu żarników do układu elektrycznego możliwa była rejestracja parametrów umożliwiających wyznaczenie generowanej mocy elektrycznej.

Na rysunkach 11 oraz 13 zaprezentowano wartości parametrów mierzonych, uzyskiwane podczas badań rekuperatora. W pierwszej kolejności rozgrzewano silnik, bez podłączonego do rekuperatora obciążenia elektrycznego. Napięcie uzyskiwane z baterii połączonych ze sobą termoogniw rosło proporcjonalnie do różnicy temperatur uzyskiwanych po obu stronach termoogniw. Po ustabilizowaniu temperatur stopniowo podłączano kolejne żarniki halogenowe, co skutkowało wzrostem wartości natężenia prądu płynącego przez termoogniwa i jednoczesnym spadkiem napięcia. Moc uzyskiwana z termoogniw zmieniała się, w zależności od liczby podłączonych żarników halogenowych. Maksymalna generowana moc uzyskiwana była przy spadku napięcia jałowego o około 50%. Czas rozgrzewania rekuperatora do uzyskania maksymalnej wydajności podczas badań wyniósł około 8 minut.

Konwersja energii cieplnej na elektryczną skutkowała zmniejszeniem różnicy temperatur po obu stronach termoogniw.

Prowadzono również próby z podłączonym obciążeniem (dwa żarniki halogenowe o mocy 35 W każdy, połączone szeregowo, w celu podłączenia do napięcia 24 V). Wyniki pomiarów (strona termoogniw TEC1-1) zaprezentowano na rysunku 13. Parametry elektryczne rekuperatora ustabilizowały się po około 8 minutach, co umożliwiło osiągnięcie mocy na poziomie około 34 W,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

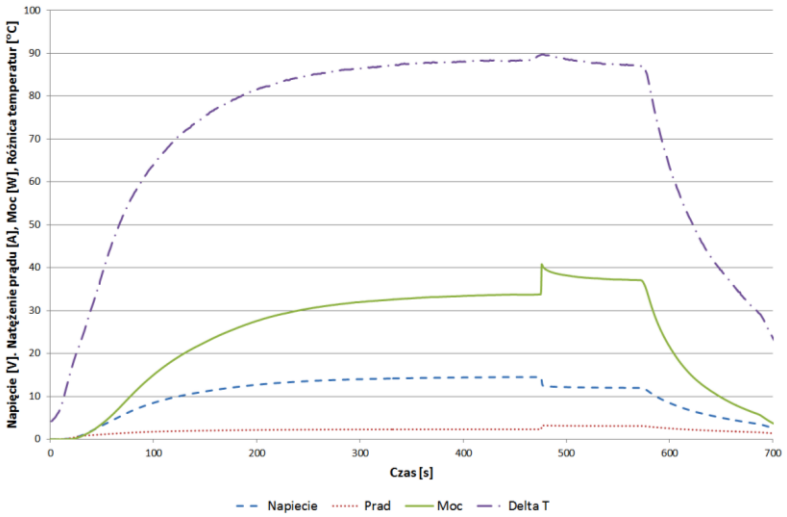
natomiast po zwiększeniu obciążenia o dodatkowe dwa halogeny, uzyskano stabilną moc na poziomie 38 W.



Rys.11. Wyniki badania I wersji rekuperatora (termoogniwa TEC1-1) [źródło: opracowanie własne]



Rys.12. Widok żarników halogenowych podłączonych do działającego rekuperatora [źródło: opracowanie własne]



Rys.13. Wyniki badania I wersji rekuperatora (termoogniwa TEC1-1) [źródło: opracowanie własne]

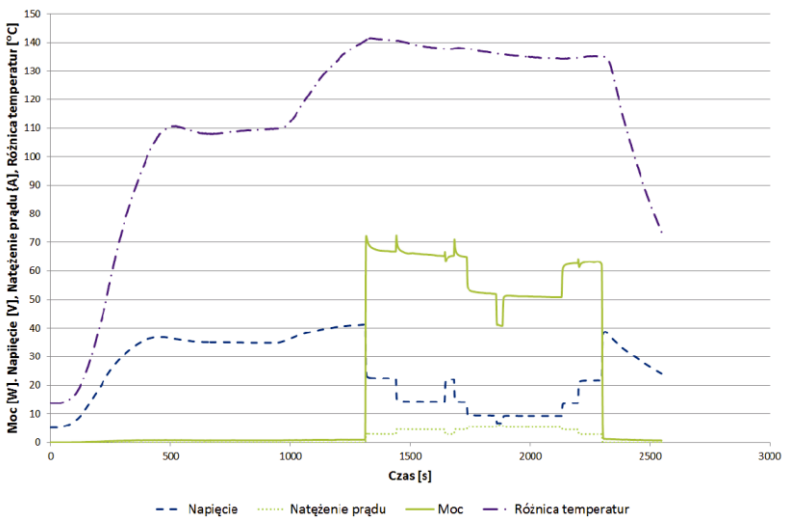
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Przeprowadzone badania rekuperatora umożliwiły określenie jego maksymalnej generowanej mocy. Z uwagi na niewielką wydajność termoogniw TEC1-3, ich wyniki nie zostaną uwzględnione w dalszych pracach. Moc uzyskana z termoogniw typu TEC1-1, znajdujących się tylko na jednej powierzchni rekuperatora, w warunkach badawczych, wynosiła około 38 W. Przy założeniu zabudowania drugiej strony rdzenia taką samą liczbą ogniw TEC1-1 oszacowano, że uzyskana sumaryczna moc wyniosłaby około 60 ÷ 70 W.

W rezultacie badań opisywanej wersji rekuperatora nie osiągnięto maksymalnej możliwej temperatury pracy termoogniw, która wynosi 250°C. Ponadto utrudnieniem był nierównomierny rozkład temperatury na powierzchniach rdzenia w funkcji odległości od wlotu spalin do komory rekuperatora.

4.2. Badania II wersji rekuperatora

W celu przeprowadzenia dalszych badań przebudowano rekuperator, wykorzystując po obu stronach termoogniwa typu TEC1-1. Jednocześnie, uwzględniając wnioski z poprzednich badań, ułożono termoogniwa tak, aby zapewnić większe odstępy pomiędzy nimi (około 20 mm, z każdej strony). W sumie wykorzystano 56 termoogniw. W celu ułatwienia montażu rekuperatora, po stronie „zimnej" zastosowano elastyczne podkładki termoprzewodzące o przewodności cieplnej 1,2 W/mK. Dodatkową zaletą takich podkładek, była niwelacja niewielkich nierówności powierzchni, co poprawiło przyleganie termoogniw do chłodnic.



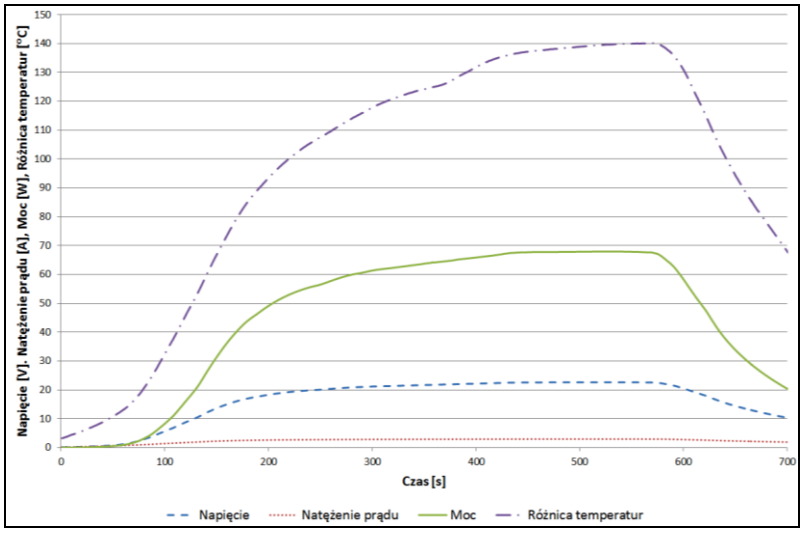
Rys.14. Wyniki badania II wersji rekuperatora [źródło: opracowanie własne]

Zabudowanie termoogniw z zastosowaniem większych odstępów umożliwiło uzyskanie maksymalnej temperatury strony gorącej na poziomie około 240 ÷ 250°C. Układ chłodzenia, podobnie jak w przypadku badania poprzedniej

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

wersji rekuperatora, umożliwił uzyskanie temperatury powierzchni „zimnej" około 100°C. Pozwoliło to na uzyskanie znacznie większej różnicy temperatur, przekraczającej 140°C. Po podłączeniu obciążenia w postaci dwóch szeregowo połączonych żarników halogenowych, o mocy 35 W każdy, rekuperator wygenerował 67 W mocy (rys. 14). Podłączanie kolejnych par żarników halogenowych skutkowało spadkiem napięcia o więcej niż 50%, co przekładało się na mniejszą wydajność urządzenia. Podobnie jak w przypadku badania I wersji rekuperatora, w chwili podłączenia żarników halogenowych, zmniejszyła się różnica temperatury, co świadczyło o przekształcaniu energii cieplnej na elektryczną.

Druga próba, którą przeprowadzono w tej serii badań, polegała na rozgrzewaniu silnika z obciążeniem podłączonym do rekuperatora, od momentu rozpoczęcia pracy napędu (rys. 15). W tym przypadku rozgrzewanie rekuperatora, do osiągnięcia pełnej wydajności, trwało około 8 minut.



Rys.15. Wyniki badania II wersji rekuperatora [źródło: opracowanie własne]

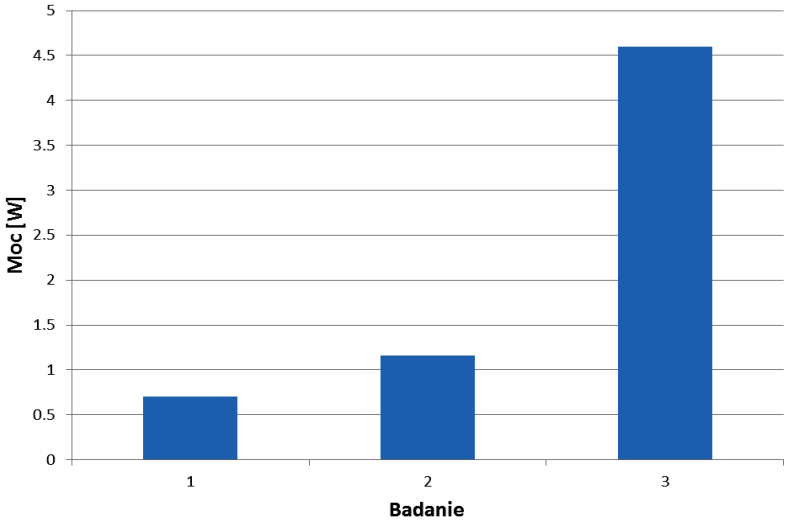
Po ustabilizowaniu temperatury rekuperator wygenerował około 68 W mocy elektrycznej.

Z porównania wartości wygenerowanych mocy w przypadku badania I oraz II wersji rekuperatora wynika, że korzystniejsze jest „luźne" rozmieszczenie termoogniw. W obu przypadkach uzyskano zbliżoną moc, jednak w pierwszej wersji zastosowano 108[1] termoogniw (54 na stronę), natomiast w II wersji 56 termoogniw (28 na stronę). W I wersji rekuperatora każde termoogniwo generowało jednostkową moc na poziomie 0,7 W, a w II wersji wartość ta wynosiła 1,16 W.

[1] Wartość szacunkowa – podczas badań zastosowano 54 termoogniwa po jednej stronie rdzenia rekuperatora.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Z uzyskanych danych wynika, że pomocne byłoby wyznaczenie charakterystyki danego typu termoogniwa, która umożliwiłaby określenie stopnia wykorzystania go w zastosowaniu docelowym. Takie rozwiązanie umożliwiłoby zmniejszenie kosztów budowy rekuperatorów, poprzez optymalny dobór liczby termoogniw, do konkretnych warunków implementacji.



Rys.16. Zestawienie mocy jednostkowych termoogniwa TEC1-1
[źródło: opracowanie własne]

Biorąc pod uwagę wyniki badań laboratoryjnych pojedynczych termoogniw, przedstawiono zestawienie mocy jednostkowych termoogniwa TEC1-1 (rys. 16).

Pierwsza wartość przedstawia moc uzyskaną podczas badania I wersji rekuperatora, w którym po jednej stronie zastosowano 54 ciasno ułożone termoogniwa, natomiast z drugiej strony, w celach testowych, zabudowano termoogniwa TEC1-3. Z uwagi na niedogrzanie rekuperatora różnica temperatur wynosiła około 90°C. W tym przypadku uzyskano 0,7 W mocy jednostkowej.

Wartość nr 2 przedstawia moc jednostkową uzyskaną podczas badania II wersji rekuperatora, z zastosowaniem 56 termoogniw, umieszczonych po obu stronach rdzenia. Zachowanie odległości 20 mm pomiędzy termoogniwami umożliwiło uzyskanie maksymalnej dopuszczalnej temperatury pracy, wynoszącej około 250°C. Różnica temperatur w przypadku tego badania wynosiła około 140°C, natomiast wygenerowana moc jednostkowa termoogniwa osiągnęła 1,16 W.

Ostatnia wartość zamieszczona na wykresie przedstawia moc jednostkową wygenerowaną podczas badania termoogniwa TEC1-1 w warunkach laboratoryjnych. Badaniu poddano jedno termoogniwo, do którego podłączono obcią-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

żenie w postaci drabinki rezystorowej o rezystancji równej rezystancji wewnętrznej termoogniwa. Jednoczesne zapewnienie niskiej temperatury po stronie „zimnej", wynoszącej około 45°C, umożliwiło uzyskanie różnicy temperatur na poziomie 205°C. Podczas badań, w opisanych warunkach, uzyskano moc jednostkową na poziomie 4,6 W, co należy przyjąć jako wartość maksymalną.

Powyższe serie badań różnią się od siebie warunkami ich przeprowadzenia, dlatego bezpośrednie ich porównanie ma jedynie charakter orientacyjny. W celu wyznaczenia pełnej charakterystyki pojedynczego termoogniwa, zostanie przeprowadzona dodatkowa seria badań, z ustabilizowaniem różnicy temperatur w kilkunastu punktach pomiarowych, zapewniając jak najniższą temperaturę strony „zimnej" termoogniwa.

5. Podsumowanie

Zamierzonym efektem końcowym prowadzonego projektu będzie prototyp układu rekuperacji cieplnej, którego implementacja będzie możliwa do dowolnego silnika spalinowego, po uprzednim jego dostosowaniu mechanicznym. Realizacja zadania przyczyni się do wdrożenia nowoczesnej technologii odzyskiwania energii w maszynach górniczych, pozwalającej na ograniczenie kosztów wydobycia, a także zmniejszenie luki technologicznej między rozwiązaniami stosowanymi w nowoczesnych pojazdach i górniczych maszynach transportowych. Wyniki projektu przyczynią się także do polepszenia warunków pracy w kopalniach dzięki zmniejszeniu emisji substancji szkodliwych do otoczenia.

Szacunkowe wyliczenia spodziewanej mocy rekuperatora, przeprowadzone na podstawie wyników badań laboratoryjnych pojedynczych termoogniw wykazują, że przy założonych wymiarach geometrycznych możliwe jest osiągnięcie większej wydajności, jednak wymagałoby to zastosowania dodatkowego układu chłodzenia, podłączonego wyłącznie do chłodnic rekuperatora. Umożliwiłoby to osiągnięcie niższej temperatury po stronie „zimnej" termoogniw, ale spowodowało zużycie dodatkowej energii do napędu pompy płynu chłodzącego.

W wyniku badań obu wersji rekuperatora stwierdzono obecność niekorzystnego ograniczenia wydajności baterii termoogniw wynikającego z faktu nierównomiernego rozkładu temperatury na powierzchni rdzenia. Pomimo wprowadzonych usprawnień, wynikających z analiz CFD, okazały się one niewystarczające. O ile zrównoważenie temperatur na wlocie i wylocie rekuperatora jest niemożliwe, ze względu na ochładzanie się spalin, to można podjąć próby wprowadzenia zmian umożliwiających bardziej równomierny rozkład temperatur na powierzchniach rdzenia w przekroju poprzecznym.

Prace badawcze są kontynuowane.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Literatura

1. Badania stanowiskowe systemu odzyskiwania i przetwarzania energii cieplnej na elektryczną. Sprawozdanie z realizacji pracy statutowej ITG KOMAG 2010, praca nie publikowana.
2. Opracowanie analizy rozkładu temperatur na powierzchniach rekuperatora energii cieplnej. Sprawozdanie z realizacji pracy statutowej ITG KOMAG 2011, praca nie publikowana.
3. Stankiewicz K., Woszczyński M.: Metody odzyskiwania i przetwarzania energii cieplnej. Maszyny Górnicze 2010 nr 1, s. 39-46.
4. Stankiewicz K., Woszczyński M.: Perspektywy rozwoju systemów rekuperacji i konwersji energii cieplnej w maszynach górniczych napędzanych silnikami spalinowymi. KOMTECH 2009, Szczyrk, 16-18 listopada 2009, str. 325-338.
5. www.stooq.com

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ROZDZIAŁ 9

NOWOCZESNE SYSTEMY ORGANIZACJI I ZARZĄDZANIA W SYSTEMACH PRODUKCJI I EKSPLOATACJI MASZYN

I²MINE „Innowacyjne Technologie i Koncepcje dla Inteligentnej Kopalni Głębinowej Przyszłości" – Prezentacja projektu realizowanego w 7. Ramowym Programie Unii Europejskiej

Horst Hejny – Mineral Industry Research Organisation, **Michał Myszkowski** – Caterpillar Global Mining Europe GmbH

1. Wprowadzenie

Surowce mineralne mają zasadnicze znaczenie dla zrównoważonego działania nowoczesnych społeczeństw. Dostęp do surowców mineralnych ma zasadnicze znaczenie dla solidnego funkcjonowania gospodarki UE. Prawie wszystkie branże, w tym budownictwo, przemysł chemiczny, motoryzacyjny, lotniczy i kosmiczny, maszynowy i urządzeń, które dostarczają łącznie 1324 mld EUR wartości dodanej i dają zatrudnienie ok. 30 mln ludzi, uzależnione są od dostępu do surowców.

Europejska Platforma Technologiczna Zrównoważonych Surowców Mineralnych (ETP SMR) utworzona w 2005 i oficjalnie uznana we wrześniu 2008 r. łączy wielu interesariuszy z branży górniczej i społeczności badawczej, z organów regulacyjnych, a także konsumentów i członków społeczeństwa obywatelskiego wokół ważnych wyzwań technologicznych, jakie stoją przed tym sektorem, tak aby podmioty te mogły wspólnie działać w kierunku realizacji jednej wizji.

Przyczyni się także ona do osiągnięcia celów Odnowionej Strategii Lizbońskiej oraz zamierzeń Strategii Zrównoważonego Rozwoju z Göteborga. Stwierdzona potrzeba realizacji wspólnych badań naukowych w całej Europie ma na celu zapewnienie zrównoważonych dostaw surowców mineralnych do europejskich branż wykorzystujących te zasoby, zwracając również uwagę na usunięcie związku pomiędzy wzrostem gospodarczym a negatywnym oddziaływaniem na środowisko.

W roku 2008 Komisja Europejska uruchomiła Inicjatywę na rzecz surowców (RMI), której celem jest zapewnienie dostępu do surowców z rynków międzynarodowych na tych samych warunkach, jakie mają inni konkurenci z branży, stworzenie właściwych warunków ramowych w UE w celu wspierania zrównoważonych dostaw surowców ze źródeł europejskich, a także zwiększenie ogólnej wydajności zasobów i promowanie recyklingu, tak aby ograniczyć zużycie surowców pierwotnych w UE oraz zmniejszyć związane z tym uzależnienie od importu.

ETP SMR dostosowała zamierzenia badawcze do zmienionych warunków na poziomie europejskim po uruchomieniu inicjatywy RMI. ETP SMR zamierza współpracować z odpowiednimi instytucjami europejskimi i wspierać pro-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

gram RMI oraz jego główne działania. W tym zakresie forsuje się priorytet badawczy dotyczący wydobycia surowców mineralnych spod ziemi w kontekście poprawy wydajności zasobów.

Przemysł wydobywczy na świecie stoi przed wyzwaniami, do których trzeba zastosować podejście socjotechniczne, obejmujące cały łańcuch podwyższania wartości górnictwa i surowców mineralnych, łącznie z zagadnieniami środowiskowymi. Przemysł wydobywczy musi stworzyć nowe wyobrażenie o sobie w oparciu o nową technologię i nowoczesną organizację pracy, wspierającą wysoką produktywność, a zarazem dobre warunki pracy. Występuje potrzeba stworzenia nowej całościowej wizji kopalni przyszłości.

2. Wyzwania stojące przed przemysłem górniczym

Przemysł górniczy na świecie musi stawić czoła licznym wyzwaniom. Najbardziej oczywistym z nich jest recesja, w jakiej pogrążony jest świat. Na świecie, a w szczególności w Chinach, nie ma już tak dużego popytu na rudy, metale i inne surowce mineralne. W wyniku tego można spodziewać się istotnej racjonalizacji struktur: silne przedsiębiorstwa mogą pozwolić sobie na inwestowanie na przyszłość, podczas gdy ze słabszych odpływa kapitał. Ogólny skutek tego jest taki, że wszystkie przedsiębiorstwa górnicze są pod coraz większą presją, aby dokonywać dalszej racjonalizacji, co wymaga zarówno nowych technologii, jak i nowych rozwiązań organizacyjnych.

W dłuższej perspektywie zagadnienia środowiskowe i wpływ Protokołu z Kioto znacznie oddziałają na opisywany sektor. Żadna działalność górnicza nie może już obecnie zagrażać zdrowiu ani dobrobytowi lokalnych społeczności. W przyszłości spodziewane jest dalsze pogłębienie się tych mechanizmów. Po zamknięciu kopalni, w jej otoczeniu powinno pozostać po niej jak najmniej śladów. Jedynym pożądanym śladem jest stabilna infrastruktura społeczna oraz społeczeństwo w rozkwicie, która trwać będzie po zakończeniu działalności górniczej. Bardziej konkretne wyzwanie zostało zapisane w Protokole z Kioto w odniesieniu do regulowania emisji gazów cieplarnianych, w szczególności dwutlenku węgla. Będzie to wymagało znacznych inwestycji w zakup pozwoleń na emisję. Inny czynnik, jaki trzeba uwzględnić, to dostępność wody, szczególnie czystej, która jest warunkiem wstępnym, za to nie we wszystkich regionach stanowi oczywiste dobro.

Ważnym elementem dobrych warunków pracy jest bezpieczne środowisko. W górnictwie podziemnym podstawowe rozwiązanie musi polegać na oddaleniu górników od frontu robót górniczych i umieszczeniu ich w bezpieczniejszym środowisku. Zdalne sterowanie, automatyzacja i nowe techniki górnicze dostarczają dużych możliwości, jednak ważne są też odpowiednie kształcenie, zasady i dobre praktyki.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Innym wyzwaniem jest problem rekrutowania wykwalifikowanych robotników do pracy w kopalniach. Zakłady te często zlokalizowane są w oddaleniu od większych społeczności. Nowoczesna kopalnia jest tak zaawansowana technicznie, że liczba niewykwalifikowanych pracowników zmniejszy się w znaczący sposób. Robotników będzie mniej, za to koszty płacy każdego z nich będą wyższe. Większość przedsiębiorstw górniczych chce uniknąć np. sytuacji, w której pracownicy są transportowani do pracy w kopalni samolotem, ponieważ mogłaby ona doprowadzić do niestabilności społecznej i powodować kłopoty w miejscu pracy. Wymaga to takiej organizacji pracy, która wspiera zarówno wysoką produktywność, jak i dobre warunki społeczne i pracy.

Powstają też kolejne wyzwania związane z globalnym charakterem przemysłu górniczego i tym, że największe przedsiębiorstwa górnicze działają w wielu różnych krajach. Przy wydobywaniu zasobów w danym kraju, gdy trzeba radzić sobie ze zróżnicowanymi lokalnymi kulturami, dla firm górniczych ważne jest posiadanie dobrych praktyk i nieskazitelnego wizerunku. Kolejne wyzwanie stanowić będzie przezwyciężenie nierówności płci w sferze zatrudnienia, występującej w większości kopalń.

Inicjatywa pod nazwą „Innowacyjne Technologie i Koncepcje dla Inteligentnej Kopalni Głębinowej Przyszłości", ma sprostać wszystkim wyżej wymienionym wyzwaniom. Uwaga skupiać się będzie jednak głównie na zagadnieniach technologicznych. Coraz większa część wydobycia prowadzona będzie w kopalniach podziemnych. Złoża surowców mineralnych będą odkrywane coraz głębiej, a to powodować będzie określone problemy. Należy do nich m.in. wzrost ciśnienia górotworu, z czym wiąże się potencjalna niestabilność skał otaczających wyrobiska, a także zagrożenie katastrofami górniczmi. W górnictwie głębinowym potrzeba nowych i bezpiecznych technologii. Potrzeba ta dotyczy prawie wszystkich części nowoczesnej kopalni, infrastruktury, w tym sieci komunikacyjnej, logistyki i transportu, a także przygotowania kopalni i samego urabiania oraz utrzymania wyrobisk. Aby zastosować podejście pozwalające uzyskać „niewidzialność" kopalni, zostanie ponadto rozważona koncepcja wykonywania prac przeróbki mechanicznej jak najbliżej przodka.

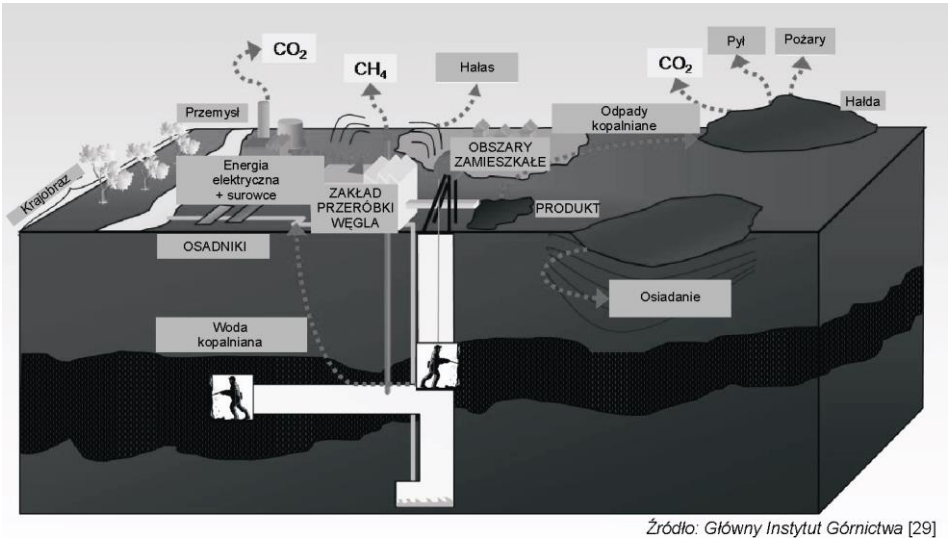
3. Wizja inicjatywy oraz projektu

Projekt inteligentnej kopalni głębinowej (I²MINE) wyznacza początek serii działań rozwojowych, mających na celu zrealizowanie koncepcji „niewidzialnej" kopalni o „zerowym" oddziaływaniu na środowisko naturalne. Sektor wydobywczy, nadal postrzegany jako nienowoczesny i zanieczyszczający w dużym stopniu środowisko naturalne, musi połączyć siły, aby zmienić ten wizerunek i pokazać, że wydobycie i przetwarzanie surowców mineralnych można prowadzić w sposób wysoce innowacyjny, z niewielkim oddziaływaniem pod ziemią i zerowym oddziaływaniem na powierzchni.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Ważny krok w celu realizacji tych celów zostanie wykonany w ramach I²MINE. Opracowane zostaną innowacyjne metody, technologie, maszyny i urządzenia dla celów opłacalnej, ekologicznej i bezpiecznej eksploatacji surowców mineralnych w UE. W ten sposób I²MINE przyczyni się do zabezpieczenia dostaw surowców dla Europy i ograniczy uzależnienie od importu. Projekt poprawi konkurencyjność sektora wydobywczego w Europie, a także konkurencyjność europejskich dostawców urządzeń. Doprowadzi to do istotnego powiększenia stanu wiedzy w dążeniu do przemysłu opartego na wiedzy, a także zapewni więcej lepszych miejsc pracy.

Jeden projekt nie może oczywiście doprowadzić do opracowania wszystkiego, co jest niezbędne, aby zrealizować wizję „niewidzialnej" i inteligentnej kopalni głębinowej. W najbliższych latach – a może nawet dziesięcioleciach – potrzeba będzie dużo więcej wysiłków, aby ten cel osiągnąć. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono, jak może wyglądać wizja inicjatywy. Rysunek 1 prezentuje obraz obecnej sytuacji w kopalni podziemnej (na przykładzie kopalni węgla).



Źródło: Główny Instytut Górnictwa [29]

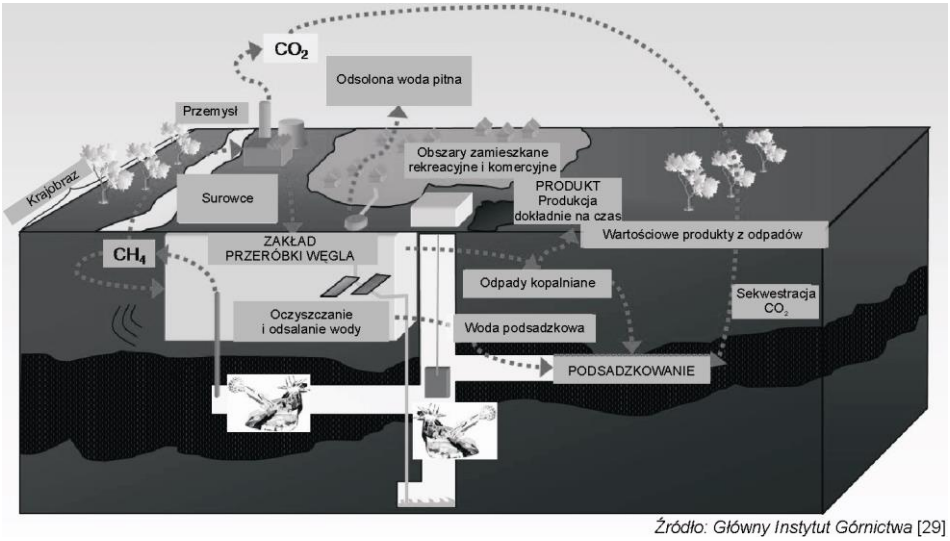
Rys.1. Dzisiejsza kopalnia (węgla)

Sytuację w dzisiejszym górnictwie cechują emisje o różnorodnym charakterze i pochodzeniu, klasyczny układ kopalni i duża liczba instalacji na powierzchni. Wizja inicjatywy polega na dojściu do takiej sytuacji, jaką przedstawiono na rysunku 2.

Koncepcja wydobycia w przyszłości jest odmienna od dzisiejszej. Pod ziemią zostaną zastosowane nowe ekologiczne technologie, tak aby uczynić cały proces wydobycia bardziej wydajnym i przyjaznym dla środowiska. Kopalnia jutra będzie oparta na koncepcji zintegrowanej, co oznacza, że wszystkie działania konieczne dla ekologicznego dostarczania surowców mineralnych bę-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

dą przeprowadzane pod ziemią, a na powierzchnię będzie transportowany wyłącznie produkt końcowy, w celu wysyłki do odbiorcy końcowego. Wtedy na powierzchni kopalni potrzebna będzie tylko ograniczona ilość instalacji.



Rys.2. Podziemna kopalnia jutra

Emisje gazów i strumienie substancji odpadowych, jeżeli nie uda się ich uniknąć, będą zagospodarowane w taki sposób, aby nie oddziaływały negatywnie na środowisko naturalne. Odpady poprodukcyjne będą oczyszczane i przechowywane pod ziemią, tam też odbędzie się zarządzanie emisjami gazowymi. W przypadku górnictwa węglowego, do sekwestracji CO_2 można wykorzystać wręcz sam pokład węgla.

Aby osiągnąć tak ambitny cel, konieczne są ogromne wysiłki. Pomysł polega na stworzeniu inicjatywy w formie partnerstwa publiczno-prywatnego, aby poradzić sobie z tym zagadnieniem w ciągu najbliższych lat. Nawiązano już pierwsze kontakty i nastąpiły już pierwsze omówienia. Inicjatywa ta obejmuje również wyniki szwedzkiego badania koncepcyjnego „Kopalnia przyszłości". Projekt I²MINE, będący w pewnym sensie początkiem większej inicjatywy, będzie miał potencjał, aby torować drogę w obranym kierunku działania.

4. Obrany kierunek działania

4.1. Cele

W ramach projektu I²MINE opracowane zostaną innowacyjne metody, technologie, maszyny i urządzenia dla celów opłacalnej, ekologicznej i bezpiecznej eksploatacji surowców mineralnych w UE, szczególnie dla większych głębokości eksploatacyjnych. Poza oddziaływaniem, jakie projekt będzie miał

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

na poziomie społecznym, poprawi on również konkurencyjność sektora wydobywczego w Europie, a także konkurencyjność europejskich dostawców urządzeń.

Kopalnia przyszłości, która będzie musiała wydobywać surowce z większych głębokości niż dziś, wymaga prawdopodobnie całkowicie odmiennego układu w porównaniu do dzisiejszych kopalń głębinowych. Obejmuje to w szczególności maszyny przeznaczone do eksploatacji, transportu i przeróbki, nadające się do pracy w warunkach oczekiwanych na głębokościach 2 km i większych.

Sednem projektu jest badanie samodzielnych i wysoce selektywnych procesów wydobycia surowców oraz maszyn wykorzystujących nowe technologie czujnikowe, a także innowacyjnych koncepcji zarządzania przepływami masowymi i transportu. Z takimi badaniami muszą być ściśle związane inne działania, dotyczące mechaniki skał i kontroli gruntu.

Koncepcja „niewidzialnej" kopalni o zerowym oddziaływaniu na otaczające ją środowisko zakłada ponadto skupienie jak największej liczby działań służących wytwarzaniu produktu końcowego kopalni pod ziemią. Trzeba zatem opracować nowe metody przeróbki w pobliżu przodka, co obejmuje między innymi zagadnienie materiału podsadzkowego.

4.2. Planowanie pracy

Jeden z elementów prac w ramach projektu I²MINE dotyczy infrastruktury kopalnianej, przede wszystkim rozwoju szybkiej sieci informacyjnej i komunikacyjnej w całej kopalni, a także innowacyjnych i samodzielnych systemów transportowych i logistycznych, w tym zarządzania przepływami masowymi.

Przedmiotem drugiego elementu prac są nowatorskie metody wydobycia i przeróbki pod ziemią. Obecne metody wydobycia zostaną poddane ocenie; zostaną też opracowane nowoczesne metody eksploatacji, jak również bardziej zoptymalizowane i samodzielne cykle i procesy wydobycia. Zbadane zostaną ponadto nowe metody przeróbki surowców mineralnych. Wynikiem powinny być innowacyjne i ekonomicznie solidne metody wydobycia, które są bezpieczne i zapewniają minimum strat operacyjnych, a także mogą być stosowane na dużych głębokościach dla różnych rodzajów złóż. Metody te będą nadawać się do połączenia z innowacyjną przeróbką w pobliżu przodka, technologiami przygotowania i sortowania, które będą z kolei obejmować również zagadnienia gospodarki odpadami (stosowanymi jako materiał podsadzkowy).

W ramach projektu I²MINE rozpatrywany jest rozwój innowacyjnych maszyn do wydobycia surowców mineralnych na dużych głębokościach, które to maszyny powinny działać w możliwie samodzielny sposób. Maszyny nowego typu muszą nadawać się do pracy w trudnych warunkach wydobycia na

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

większych głębokościach niż obecnie. Uwaga skupiona jest głównie na selektywnej eksploatacji z użyciem nowych systemów opartych na wyspecjalizowanych czujnikach. Potrzebne są nowe technologie czujnikowe, np. do rozpoznawania minerałów i materiałów, wykrywania warstw brzegowych i operacji sortowania. Wszystko to doprowadzi do opracowania zdalnie sterowanych samodzielnych urządzeń do eksploatacji. Ponadto zostaną opracowane innowacyjne maszyny do lepszego urabiania twardych skał w zakładach, gdzie prowadzone są roboty w wyrobiskach chodnikowych.

Pomimo tego, że ogólny cel badań to opracowanie jak najbardziej samodzielnych maszyn, nie będzie możliwe uzyskanie w 100% zdalnego sterowania urządzeń. Oznacza to, że trzeba rozwiązać kwestie związane z BHP oraz środowiskiem pracy. Prace projektowe obejmą te zagadnienia, w tym związane z nimi realizacje dotyczące czujników.

Bezpieczeństwo to kolejna kwestia. W ramach I²MINe badane są podstawy mechaniki skał i kontroli powierzchni w celu ulepszenia rozwiązań, dla zapewnienia bezpiecznych warunków urabiania na większych głębokościach. Przedmiotowe prace obejmują również opracowanie odpowiedniej technologii czujników.

Ostatnim obszarem działań w zakresie projektu I²MINE będzie rozpowszechnianie i promocja wyników projektu. Społeczności lokalne oraz zainteresowane grupy z przemysłu będą miały możliwość zapoznania się z wypracowanymi innowacyjnymi koncepcjami. Planuje się zatem przeprowadzenie akcji informacyjnych poprzez częste i otwarte komunikowanie istotnych tematów na zewnątrz konsorcjum.

Wszystkie działania w zakresie opracowywania wyników będą uzupełnione kompleksowymi czynnościami podejmowanymi w celach demonstracyjnych. Dzięki nim wszystkie strony zainteresowane pracami rozwojowymi w ramach projektu będą mogły dowiedzieć się o zastosowaniach wprowadzanych innowacji. Testy demonstracyjne będą przeprowadzane w różnych rodzajach kopalń – węgla, złota, rudy żelaza, soli czy miedzi. Przedsiębiorstwa górnicze związane z tymi gałęziami przemysłu wydobywczego są partnerami w konsorcjum projektowym.

4.3. Oddziaływanie zewnętrzne

Projekt będzie miał istotny wpływ na poziomie akceptacji społecznej, ponieważ jego zadaniem jest wykazanie zdolności branży wydobywczej do dostarczania surowców mineralnych potrzebnych UE i na jej terenie w zrównoważony sposób, z niewielkim oddziaływaniem pod ziemią i zerowym oddziaływaniem na powierzchni. Przewidywane akcje uświadamiające będą służyć poprawie wizerunku branży wydobywczej w Europie.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Prace, a szczególnie wyniki projektu powinny zdecydowanie poprawić konkurencyjność sektora wydobywczego w Europie, a także konkurencyjność europejskich dostawców urządzeń. Europejscy producenci urządzeń są liderami rynków na całym świecie, jeżeli chodzi o dostarczanie technologii górniczej. Praca w ramach projektu I²MINE będzie przyczyniać się do kształtowania ich coraz lepszej reputacji jako dostawców wysoce zaawansowanych technologii.

Wyniki, jakie mają zostać osiągnięte w ramach I²MINE i poza tym projektem, w znacznym stopniu przyczynią się do uzyskania zrównoważonego rozwoju i realizacji celów strategii lizbońskiej. Zostaną stworzone nowe, a w szczególności lepsze miejsca pracy, a oddziaływanie górnictwa zostanie zdecydowanie zmniejszone.

4.4. Konsorcjum i finansowanie

Konsorcjum projektowe obejmuje obecnie 27 firm i organizacji z 10 krajów europejskich. Projekt I²MINE prowadzony jest w ramach 7. Programu Ramowego UE w zakresie NMP (materiały i nowe technologie produkcyjne). Budżet projektu wynosi ok. 16 mln Euro.

5. Wnioski

Wyzwania stojące przed przemysłem wydobycia surowców mineralnych są tak duże i liczne, że sukces wymaga kompleksowej międzynarodowej współpracy, zarówno wewnątrz branży, jak i poza nią. Odnosi się to nie tylko do technicznych wyzwań, jakim trzeba sprostać, ale również do zagadnień społeczno-ekonomicznych. Praca niezorganizowana prowadzi do powolnego rozwoju, który jest niepożądany zarówno dla przedsiębiorstw górniczych, jak i dla społeczeństwa. Potrzeba nowej i nowoczesnej wizji dla całej branży, opartej na podejściu socjotechnicznym, obejmującym cały łańcuch dodawania wartości górnictwa i surowców mineralnych, łącznie z zagadnieniami środowiskowymi.

Inicjatywa projektu I²MINE oznacza początek takiej współpracy. Rozpoczyna ona prace mające przyczynić się do realizacji wizji „niewidzialnej", inteligentnej kopalni przyszłości o zerowym oddziaływaniu. Można mieć nadzieję, że I²MINE uruchomi jeszcze większą inicjatywę po stronie branży górniczej, aby zainwestować w tę wizję i zrealizować ją w przyszłości. Przyniesie to korzyści wszystkim interesariuszom, nowoczesnej gospodarce oraz środowisku.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Literatura

1. Abrahamsson, L. and Johansson, J.: (2006) 'From grounded skills to sky qualifications', Journal of Industrial Relations, Vol. 48, No. 5, pp.657–676.
2. Abrahamsson, L. and Johansson, J.: (2007) 'Work conditions in transition – a study of work culture and gender issues in a changing technical context', Paper presented at The Sixteenth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES 2007), December, Bangkok, Thailand.
3. Abrahamsson, L. and Johansson, J.: (2008a) 'Future mining – workers' skills, identity and gender when meeting changing technology', Paper presented at The First International Future Mining Conference, November, Sydney, Australia.
4. Abrahamsson L. and Johansson J.: (2008b) 'Work culture and gender issues in a changing technical context – examples from LKAB Iron ore mine in Kiruna', Proceedings of the 5th International Conference on Mass Mining (Mass Min 2008), 9–11 June, Luleå, Sweden.
5. Ail K.K. and Baffi E.Y.: (2007) 'Environmental impact of artisanal and small scale gold mining in developing countries', Paper presented at The Sixteenth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES 2007), December, Bangkok, Thailand.
6. Bamber A.S., Klein B. and Scoble M.J.: (2007) 'Reducing energy usage through the strategic application of pre-concentration to underground hard rock mines', Paper presented at The Sixteenth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES 2007), December, Bangkok, Thailand.
7. Bassan J., Srinivasan V., Knights P. and Farrelly C.T.: (2008) 'A day in the life of a mine worker in 2025', Paper presented at The First International Future Mining Conference, November, Sydney, Australia.
8. Boughen N., Parr J., Littleboy A., Johns, S., Ashworth, P. and Yeats, C.: (2008) 'Future mining of the Australian seafloor – Do we have the social license?', Paper presented at The First International Future Mining Conference, November, Sydney, Australia.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

9. Burger D. and Cook B.: (2008) ‘Equipment automation for massive mining methods’, Proceedings of the 5th International Conference on Mass Mining (Mass Min 2008), 9–11 June, Luleå, Sweden.

10. Damigos D.: (2007) ‘Assessing the external costs of fossil fueled power plants for policy purposes: transferred vs. site-specific values’, Paper presented at The Sixteenth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES 2007), December, Bangkok, Thailand.

11. Drebenstedt C. and Jauer J.: (2007) ‘Fundamentals and results of use of biodiesel in large mobile mining fleets’, Paper presented at The Sixteenth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES 2007), December, Bangkok, Thailand.

12. Gürtunca G.: (2008) ‘Possible impact of new safety technology developments on the future of the United States mining industry’, Paper presented at The First International Future Mining Conference, November, Sydney, Australia.

13. Hancock S. and Sinclair D.: (2008) ‘Meeting resource constraint demands in future mining to 2050’, Paper presented at The First International Future Mining Conference, November, Sydney, Australia.

14. Iramina W.S., Eston S.M., Tachibana I.K. and Beltrame A.L.: (2007) ‘Industrial hygiene in underground mines: using a software to teach sampling strategy’, Paper presented at The Sixteenth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES 2007), December, Bangkok, Thailand.

15. Jarvis, A.P., Amezaga, J.M. and Younger, P.L.: (2007) ‘Local, regional and global initiatives addressing environmental management issues in the mining sector’, Paper presented at The Sixteenth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES 2007), December, Bangkok, Thailand.

16. Johansson J. and Abrahamsson L.: (2009) ‘The good work – a Swedish trade union vision in the shadow of lean production’, Applied Ergonomics, Vol. 40, No. 4, July, pp.775–780.

17. Kizil M.S. and Hancock W.R.: (2008) ‘Internet-based remote machinery control’, Paper presented at The First International Future Mining Conference, November, Sydney, Australia.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

18. Lane G., Fountain C. and La Brooy S.: (2008) ‘Developments in processing to match future mining opportunities’, Paper presented at The First International Future Mining Conference, November, Sydney, Australia.
19. Madin C.: (2008) ‘The future of water in mining – treatment of mine water for sustainable benefit’, Paper presented at The First International Future Mining Conference, November, Sydney, Australia.
20. Noort, D. and McCarthy, P.: (2008) ‘The critical path to automated underground mining’, Paper presented at The First International Future Mining Conference, November, Sydney, Australia.
21. Nordgren S., Dahl J., Larsson M., Lindblom B., Savonen S. and Tano K.: (2007) ‘Development of a process integration tool for an iron ore upgrading process system’, Paper presented at The Sixteenth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES 2007), December, Bangkok, Thailand.
22. Przhedetsky D. and Roshal A.: (2008) ‘Environmental impact modeling for in situ leaching of uranium’, Paper presented at The First International Future Mining Conference, November, Sydney, Australia.
23. Revuelta J., Reyes F. and Pozo R.: (2008) ‘El Teniente new mine level project’, Paper presented at The First International Future Mining Conference, November, Sydney, Australia.
24. Schmitt H.H., Farrelly C.T. and Franklin D.C.: (2008) ‘Mining and the future of space exploration’, Paper presented at The First International Future Mining Conference, November, Sydney, Australia.
25. Skirde J. and Schmid M.: (2008) ‘Underground information technology infrastructure – a sound basis for efficient future mining operations’, Paper presented at The First International Future Mining Conference, November, Sydney, Australia.
26. Weiner S.: (2008) ‘Mechanised tunnelling technologies for mining applications’, Paper presented at The First International Future Mining Conference, November, Sydney, Australia.
27. Wibowo A.P. and Rosyid F.A.: (2008) ‘Development concept in the mining industry – an accelerator to achieve regional sustainable development’, Paper presented at The First International Future Mining Conference, November, Sydney, Australia.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

28. Widzyk-Capehart E. and Duff E.: (2007) ‘Automation: a blessing or a curse?’, Paper presented at The Sixteenth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES 2007), December, Bangkok, Thailand.
29. Wniosek projektowy I^{2}MINE złożony w Komisji Europejskiej.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Gospodarka majątkiem przedsiębiorstwa z wykorzystaniem systemu iRIS

Joanna Rogala-Rojek, Mariusz Latos, Aleksander Piecha - Instytut Techniki Górniczej KOMAG, **Sławomir Mikuła, Michał Warzecha** – ELSTA Elektronika Sp. z o.o. S.K.A.

1. Wstęp

Systemy elektronicznej identyfikacji, wykorzystujące technologię RFID, zyskują coraz większą popularność w wielu gałęziach przemysłu. Wykorzystywane na całym świecie sprawdziły się w znaczącej liczbie przedsięwzięć logistycznych, m.in. takich jak śledzenie i identyfikacja produktów, przesyłek, zwierząt oraz w produkcji. Znaczną część zastosowań tej technologii można zaobserwować w przemyśle farmakologicznym, w różnego rodzaju zabezpieczeniach i kontrolach dostępu, a także w wojsku. Ten nowoczesny sposób znakowania został także wykorzystany w „Elektronicznym systemie identyfikacji elementów sekcji obudowy zmechanizowanej" opracowanym przez zespół specjalistów ITG KOMAG, Politechniki Śląskiej oraz firmy ELSTA Sp. z o. o..

Prace nad zastosowaniem technologii RFID w zakładach górniczych rozpoczęto w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w roku 2004. W wyniku realizacji projektu celowego ROW-394-2004 opracowano „System elektronicznej identyfikacji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej". Opracowany przez ITG Komag, Politechnikę Śląską i firmę Elsta Sp. z o. o. system, wykorzystujący technologię RFID jest sukcesywnie wdrażany w zakładach górniczych od roku 2008.

Korzyści wynikające z dotychczasowego użytkowania systemu przyczyniły się do zainteresowania użytkowników wykorzystaniem technologii RFID do znakowania elementów szerszej grupy maszyn oraz środków trwałych.

2. System elektronicznej ewidencji maszyn i urządzeń górnictwa podziemnego – stan obecny

W polskim górnictwie dominującym systemem podziemnej eksploatacji pokładów węgla kamiennego jest system ścianowy, w którym podstawowym elementem zapewniającym bezpieczeństwo załóg górniczych są sekcje ścianowej obudowy zmechanizowanej. Według informacji Wyższego Urzędu Górniczego na koniec 2011 r. eksploatowanych było 114 wyrobisk ścianowych, w których stosowano ok. 17 000 sekcji obudowy zmechanizowanej [3].

Mając na uwadze poprawę warunków pracy, poprzez eliminację sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej, których stan techniczny może powodować zagrożenie, Minister Gospodarki wydał Rozporządzenie z dnia 9 czerwca

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

2006 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych zobowiązując (Załącznik nr 4 do wyżej wymienionego Rozporządzenia) użytkowników sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej do dokumentowania przebiegu eksploatacji każdej sekcji poprzez rejestrację co najmniej roku jej produkcji, roku przeprowadzonej naprawy (remontu lub modernizacji i jej zakresu), łącznej wartości wybiegu ścian oraz warunków środowiskowych, w których sekcja obudowy była eksploatowana [2].

Nowelizacja wyżej wymienionego Rozporządzenia z dnia 25 czerwca 2010 r., w celu dalszej poprawy bezpieczeństwa pracujących załóg górniczych, zaostrzyła wymagania, nakazując trwałe i jednoznaczne oznakowywanie każdego elementu podstawowego sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej tj. stropnicy, spągnicy, osłony odzawałowej, łączników układu lemniskatowego, stojaków, podpory stropnicy oraz sworzni łączących elementy podstawowe. Obecnie użytkownik jest zobowiązany do prowadzenia ewidencji wyżej wymienionych elementów podstawowych zawierającej, co najmniej, następujące informacje [2]:

- nazwa producenta,
- rok produkcji,
- rok, w którym wykonano remont,
- podmiot, który wykonał remont,
- rok, w którym wykonano modernizację,
- podmiot, który wykonał modernizację,
- długość wybiegu ścian oraz warunki eksploatacji, w których był stosowany element podstawowy sekcji obudowy zmechanizowanej.

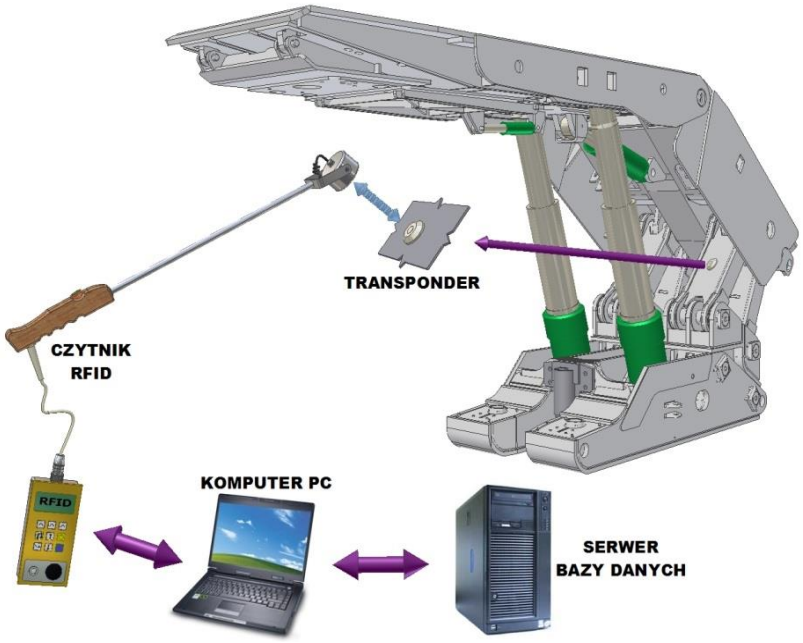
Po zakończeniu eksploatacji poszczególnych ścian sporządzane są raporty zawierające analizę informacji o przebiegu użytkowania sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej i ich elementów oraz wyniki codziennych i miesięcznych kontroli. Raporty te stanowią podstawę dokonania oceny stanu technicznego sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej. Obowiązujące wyżej wymienione procedury w znaczący sposób wpływają na poprawę bezpieczeństwa pracy załóg górniczych w ścianach wydobywczych.

W procesie alokacji sekcje często podlegają demontażowi i powtórnemu montażowi, w wyniku tego często następuje zamiana elementów w poszczególnych sekcjach. Taki stan rzeczy stwarza potrzebę identyfikacji wszystkich elementów podstawowych sekcji obudowy, aby wyodrębnić te, w których pracują elementy najstarsze, najbardziej zużyte bądź te, które pracowały w szczególnie trudnych warunkach górniczo-geologicznych i środowiskowych [1].

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Prawidłowa gospodarka i ewidencjonowanie sekcji obudowy zmechanizowanej, zwłaszcza w aspekcie oceny ich stanu technicznego, jest skomplikowanym przedsięwzięciem logistycznym. Wymaga gromadzenia i przetwarzania dużej ilości informacji. Przybliżona liczba elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej pracujących w kopalniach węgla kamiennego w Polsce to 17 000 sekcji x 23 elementy na sekcję, czyli 391 000 elementów. Do zarządzania taką ilością informacji konieczne stało się zatem wykorzystanie komputerowych baz danych.

W znacznej liczbie przedsięwzięć logistycznych sprawdziła się technologia RFID (*Radio Frequency IDentification*). Ten nowoczesny sposób znakowania elementów wykorzystano w elektronicznym systemie identyfikacji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej, który został opracowany przez grupę specjalistów z KOMAG-u, firmę ELSTA oraz Politechniki Śląskiej. Wprowadzenie logicznych relacji pomiędzy numerem identyfikacyjnym transpondera, a szeregiem atrybutów elementu sekcji, pozwala na usprawnienie procesów logistycznych związanych np. z prowadzeniem remontu lub wymianą istotnych elementów.



Rys.1. Elementy elektronicznego systemu identyfikacji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej [1]

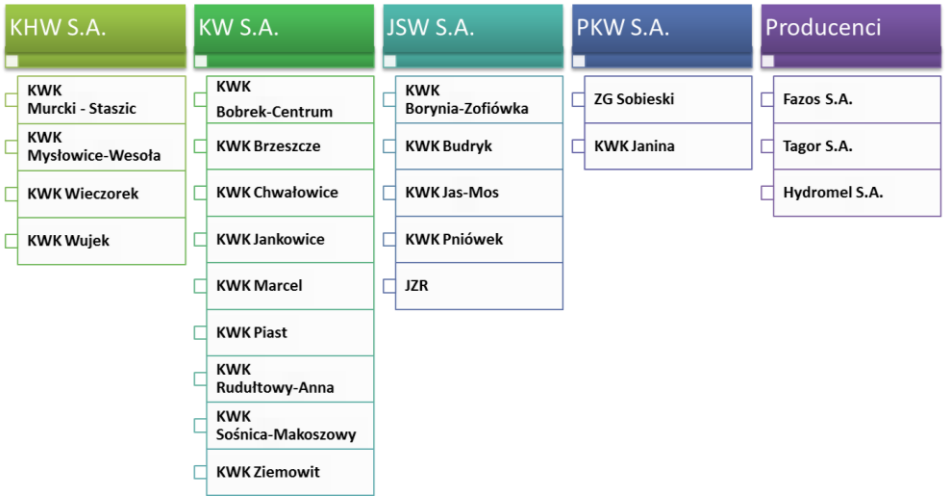
Elektroniczny system identyfikacji elementów sekcji tworzą (rys. 1):

– pasywne, elektroniczne transpondery TRID-01 trwale zamocowane do podstawowych elementów sekcji obudowy zmechanizowanej,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

– czytnik RFID (mikrokomputer TRMC-01, lanca odczytująca TRH-01/G lub TRH-01/U oraz stacja dokująca SDR-01),
– bazodanowe autorskie oprogramowanie komputerowe pozwalające na zarządzanie bazą danych informacji o sekcjach i ich elementach.

System został wdrożony komercyjnie lub testowo, zarówno w kopalniach węgla kamiennego, jak i w zakładach remontujących i produkujących maszyny górnicze (rys. 2).



Rys.2. Dotychczasowe wdrożenia „Systemu elektronicznej identyfikacji" [Opracowanie własne]

Zastosowanie elektronicznego systemu identyfikacji elementów pozwala na uzyskanie rzetelnych i wiarygodnych informacji dotyczących podstawowych elementów nośnych sekcji obudowy. Kompleksowe gromadzenie i przetwarzanie danych o stanie technicznym i przebiegu pracy elementów sekcji w systemie informatycznym przyczynia się do racjonalnej gospodarki tymi elementami, a także wpływa pozytywnie, na jakość procesu oceny ich stanu technicznego, co przekłada się na eliminację zagrożeń na stanowiskach pracy w ścianach wydobywczych. System pozwala znacząco zmniejszyć pracochłonność czynności związanych z gromadzeniem i przetwarzaniem informacji o sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej, a zastosowanie technologii RFID pozwala zautomatyzować procesy logistyczne i uwolnić się od błędów generowanych przez dotychczas stosowane metody identyfikacji.

3. iRIS – System identyfikacji maszyn, urządzeń, środków trwałych oraz transportu

Korzyści wynikające z użytkowania systemu przyczyniły się do zainteresowania użytkowników wykorzystaniem technologii RFID do znakowania

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

pozostałych środków trwałych. Wychodząc naprzeciw potrzebom użytkowników przedstawiciele firmy ELSTA Sp. z o.o., wspólnie ze specjalistami KOMAG-u, podjęli prace mające na celu opracowanie i wprowadzenie na rynek kompleksowego rozwiązania sprzętowo-programowego przeznaczonego do identyfikacji maszyn, urządzeń, transportu oraz pozostałych środków trwałych.

W zakresie rozwoju rozwiązań sprzętowych prace nad nowymi wersjami urządzeń odczytujących prowadzi firma ELSTA Sp. z o.o., natomiast w Instytucie KOMAG prowadzone są prace zmierzające do opracowania systemu informatycznego, kompatybilnego z urządzeniami sprzętowymi firmy Elsta sp. z o.o.

W 2011 roku przedstawiono ideę systemu iRIS, który stanowiłby kompleksowe narzędzie do prowadzenia elektronicznej ewidencji środków trwałych. Przyjęto, że system będzie się składał z pięciu platform służących do znakowania, identyfikacji i nadzoru następujących środków trwałych (rys. 3):

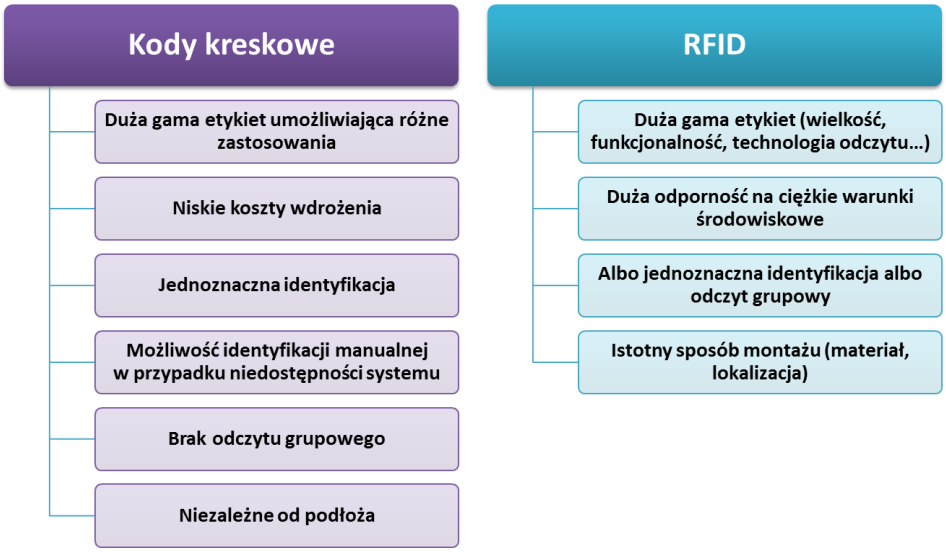
- PECM - przeznaczonej do maszyn, urządzeń i części stosowanych w wyrobiskach podziemnych,
- PEUBP - przeznaczonej do maszyn i urządzeń budowy przeciwwybuchowej,
- PEŚT - przeznaczonej do środków transportu,
- PEMP - przeznaczonej do maszyn, urządzeń i podzespołów stosowanych na powierzchni,
- PEŚTB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



Rys.3. Platformy wchodzące w skład systemu iRIS [Opracowanie własne]

Ideą wprowadzenia systemu jest szybkie identyfikowane podstawowych podzespołów maszyn górniczych w warunkach dołowych oraz powierzchniowych, środków trwałych i wyposażenia biur oraz środków transportu poprzez oznakowanie ich transponderami RFID lub kodami kreskowymi (rys. 4).

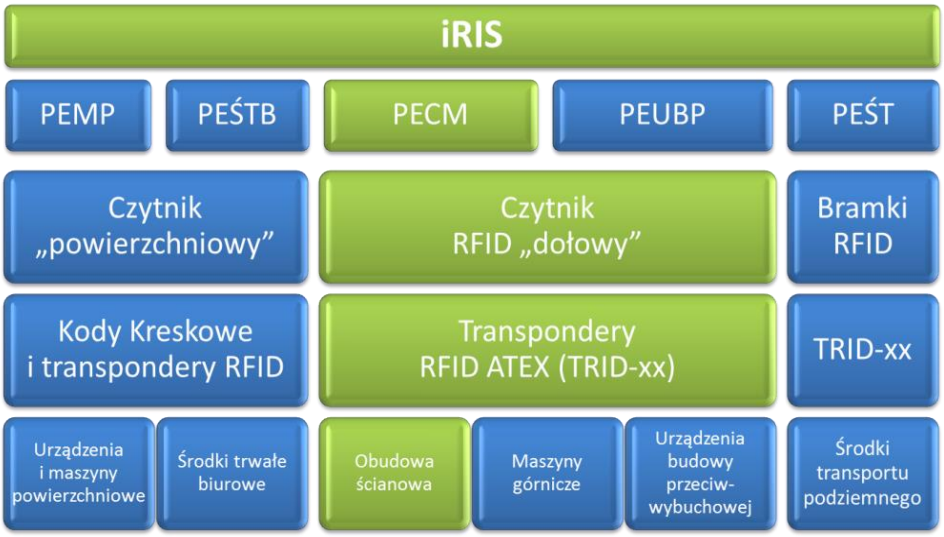
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.4. Dostępne technologie znakowania – porównanie możliwości [Opracowanie własne]

Nowy model systemu zapewnia pełną elastyczność funkcjonalną i obejmuje swoim potencjałem większość dających się przewidzieć wymagań deklarowanych ze strony użytkowników.

W wyniku prowadzonych prac rozwojowych, „System elektronicznej identyfikacji elementów ścianowej obudowy zmechanizowanej" stał się częścią zintegrowanego rozwiązania sprzętowo-programowego o nazwie iRIS.



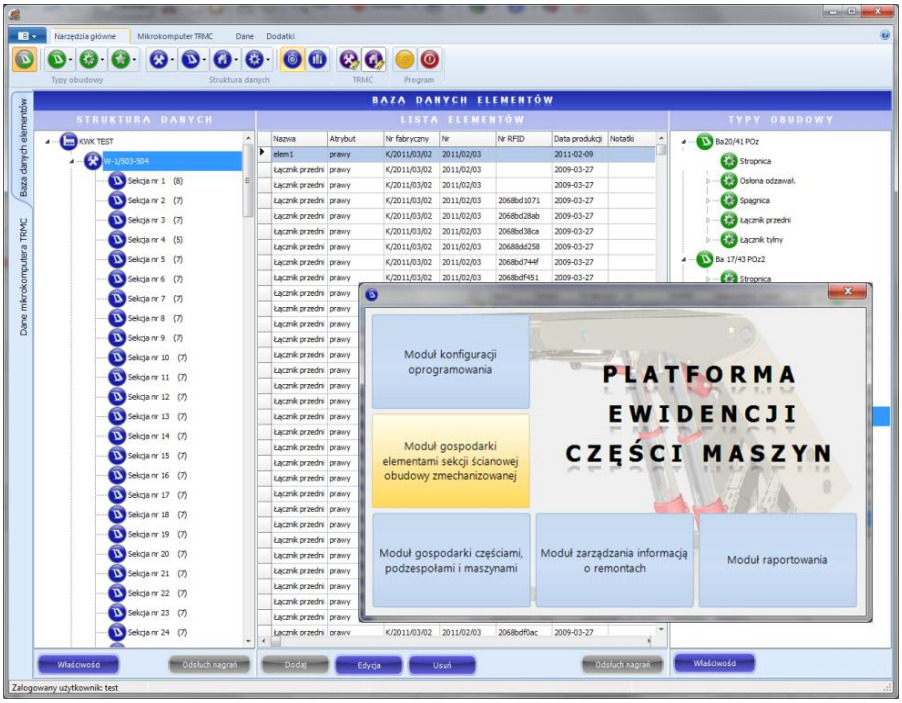
Rys.5. Struktura systemu iRIS [Opracowanie własne]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

W nowym modelu przyjęto strukturę warstwową (rys. 5). W wyniku ustaleń platformy programowe iRIS opracowane w ITG KOMAG zakwalifikowano do nadrzędnej warstwy.

3.1. PECM – platforma ewidencji części maszyn stosowanych w wyrobiskach podziemnych

„Platforma ewidencji części maszyn" (PECM) powstawała, jako integralna część „Systemu elektronicznej ewidencji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej". Obecnie stanowi ona niezależne oprogramowanie bazodanowe, które może być wykorzystywane do prowadzenia gospodarki maszynami pracującymi w podziemiach zakładów górniczych (rys. 6). Oprogramowanie PECM w łatwy i przejrzysty sposób pozwala na ewidencjonowanie elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej oraz na przetwarzanie niezbędnych danych, w celu oceny stopnia ich zużycia, co jest niezwykle istotne w aspekcie bezpieczeństwa pracy załóg górniczych.



Rys.6. Okno programu „Platforma ewidencji części maszyn" [4]

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,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

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

3.2. PEUBP – platforma ewidencji urządzeń budowy przeciwwybuchowej

Możliwość wystąpienia w wyrobiskach górniczych mieszaniny powietrza, metanu oraz pyłu węglowego, określanej jako atmosfera wybuchowa, powoduje, że przestrzenie te zaliczane są do stref zagrożonych wybuchem.

W celu eliminacji źródła zapłonu w wyrobiskach zagrożonych wybuchem instaluje się urządzenia budowy przeciwwybuchowej, spełniające zasadnicze wymagania określone w przepisach dotyczących wyrobów podlegających ocenie zgodności.

Zasady użytkowania urządzeń technicznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem oparte są na europejskich regulacjach prawnych, wprowadzonych do polskiego systemu prawnego.

Każdy produkt, przeznaczony do stosowania w strefach zagrożonych wybuchem, musi spełniać wymagania zasadnicze zdefiniowane w dyrektywie Uni Europejskiej ATEX.

Eksploatacja urządzeń w przestrzeniach zagrożonych wybuchem powinna być także prowadzona na podstawie „Instrukcji eksploatacji" zatwierdzonej przez kierownika zakładu pracy, instrukcji obsługi wydanej przez wytwórcę, wymagań norm, a także innych przepisów i instrukcji związanych z eksploatacją, bezpieczeństwem pracy i bezpieczeństwem przeciwpożarowym urządzeń w przestrzeniach zagrożonych wybuchem.

Szczegółowe zasady stosowania i eksploatacji urządzeń budowy przeciwwybuchowej w podziemiach kopalń określono w załączniku nr 5 do Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 roku, w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemiach zakładów górniczych (Dz. U. Nr 139, poz. 1169 wraz z późn. zm.).

System informatyczny wspomagający prowadzenie ewidencji urządzeń budowy przeciwwybuchowej uwzględnia przepisy obowiązującego prawa, dotyczące eksploatacji urządzeń w przestrzeniach zagrożonych wybuchem i umożliwia:

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- rejestrację osób uprawnionych do korzystania z systemu (zgodnie z posiadanymi kwalifikacjami),
- logowanie osób uprawnionych do korzystania z systemu (kontrola dostępu),
- harmonogramowanie i weryfikację ważności szkoleń pracowników odpowiedzialnych za nadzór urządzeń,
- tworzenie struktury przestrzennej budynku i przedsiębiorstwa,
- tworzenie struktury typów urządzeń podlegających znakowaniu,
- tworzenie słowników danych, m.in.: producentów, firm remontowych, jednostek certyfikujących,
- rejestrację w systemie danych nowych urządzeń budowy przeciwwybuchowej oraz urządzeń dzierżawionych z przedsiębiorstw wynajmu maszyn (m.in. typu, numeru fabrycznego, rodzaju budowy przeciwwybuchowej, producenta, numeru certyfikatu badania typu WE i numeru identyfikacyjnego jednostki notyfikowanej, która go wystawiła),
- grupowanie urządzeń, zgodnie z określonym kryterium,
- archiwizowanie i przypisanie do określonego elementu dokumentacji w postaci elektronicznej (np. instrukcje obsługi, kopie zaświadczeń fabrycznych i deklaracji zgodności, akty prawne),
- wyszukiwanie miejsca lokalizacji urządzenia,
- tworzenie historii eksploatacji urządzenia,
- harmonogramowanie kontroli, przeglądów technicznych i remontów urządzeń,
- rejestrację wyników przeprowadzonych czynności kontrolnych,
- współpracę z urządzeniem odczytującym dane znaczników RFIF (przygotowanie danych dla terminala, pobranie danych z terminala, rejestracja zmian),
- generowanie raportów i zestawień, zgodnie z określonym przez użytkownika formatem (m.in. kart ewidencyjnych).

3.3. PEMP – platforma ewidencji maszyn, urządzeń i podzespołów stosowanych na powierzchni

„Platforma ewidencji maszyn powierzchniowych" została wyróżniona ze względu na współpracę z innego rodzaju czytnikiem RFID. W zakresie funkcjonalności platforma PEMP dysponuje następującymi możliwościami:

- rejestracja i identyfikacja firm oraz osób bezpośrednio związanych z użytkowaniem programu, jak również urządzeń identyfikujących elementy powierzchniowych maszyn górniczych,
- identyfikacja maszyn i urządzeń pracujących na powierzchni zakładów górniczych,
- przegląd i wprowadzanie danych o miejscach eksploatacji maszyn,

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

- prowadzenie gospodarki materiałowo-eksploatacyjnej maszynami górniczymi i ich elementami,
- przegląd parametrów technicznych powierzchniowych maszyn górniczych,
- przegląd historii elementów,
- sporządzanie wykazu elementów danego typu maszyny, zmagazynowanych na powierzchni kopalni.

3.4. PEŚT – platforma ewidencji środków transportu

„Platforma ewidencji środków transportu" zapewnia możliwość sprawnej ewidencji oraz monitorowania przemieszczania jednostek transportowych, zarówno na powierzchni, jak i w podziemnych wyrobiskach górniczych. Podstawowymi elementami systemu są:

- pasywne transpondery RFID zainstalowane na każdym wagonie,
- bramki odczytujące transpondery,
- infrastruktura sprzętowa i programowa.

Lokalizacje bramek proponuje się na wjeździe i wyjeździe do:

- szybu,
- stacji materiałowej,
- miejsca postoju jednostek transportowych.

Dodatkowo przewidziano zainstalowanie bramek w istotnych węzłach komunikacyjnych. W zależności od złożoności infrastruktury torowiska oraz sposobu prowadzenia transportu, urządzenia tworzące bramkę montuje się po jednej lub po obu stronach torowiska. Zadaniem bramki jest zasilenie, poprzez oddziaływanie elektromagnetyczne, transpondera na przejeżdżającej jednostce transportowej i odczyt zapisanej w nim informacji. Informacje te transmitowane są do centralnej aplikacji, która monitoruje aktualny stan całego systemu.

3.5. PEŚTB – platforma ewidencji środków trwałych wyposażenia biurowego

Podstawą prowadzenia działalności przez wszystkie jednostki, niezależnie od formy organizacyjno-prawnej czy własności, jest majątek. Jego posiadanie stanowi niezbędny wymóg prowadzenia działalności gospodarczej, wykonywania zadań i osiągania założonych celów.

Ewidencje środków trwałych oraz wartości niematerialnych i prawnych mają obowiązek prowadzić zarówno podatnicy działający z wykorzystaniem podatkowej księgi przychodów i rozchodów, jak i podatnicy prowadzący księgi handlowe, a także podatnicy zryczałtowanego podatku dochodowego.

Do ewidencji należy wprowadzić te składniki majątku przedsiębiorcy, które zgodnie z ustawą o podatku dochodowym od osób fizycznych stanowią

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

środki trwałe, a więc: kompletne, zdatne do użytku w momencie przekazania ich do używania składniki majątku o przewidywanym czasie użytkowania dłuższym niż jeden rok.

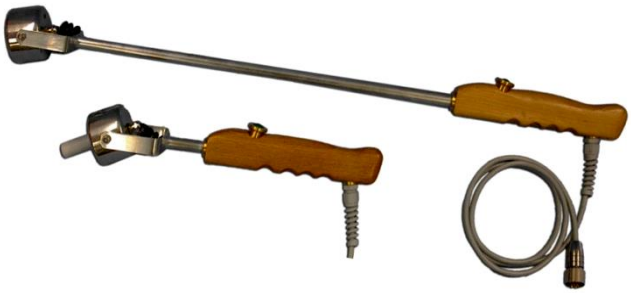
W odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie rynku podjęte zostały prace mające na celu opracowanie koncepcji narzędzia do prowadzenia elektronicznej ewidencji środków trwałych wyposażenia biur.

W zakresie funkcjonalnym „Platforma ewidencji środków trwałych wyposażenia biur" 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,
- współpracę z urządzeniem odczytującym dane znaczników (przygotowanie danych dla terminala, pobranie danych z terminala).



Rys.7. Mikrokomputer typu TRMC-01 [4]



Rys.8. Lance odczytujące typu TRH-01 [4]

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

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 wchodzą dwa urządzenia: mikrokomputer typu TRMC-01 (rys. 7) i lanca odczytująca typu TRH-01 (rys. 8).

Mikrokomputer TRMC-01 to urządzenie przenośne, zasilane bateryjnie. Posiada podświetlany wyświetlacz ciekłokrystaliczny, dziewięć 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 elementów, grupowanie elementów oraz zmiany w grupowaniu, sprawdzanie poprawności opisu elementów, przypisywanie elementom komentarzy głosowych itp.

Istnieją dwie wersje lancy odczytującej, przeznaczone do różnego typu zabudowy transponderów.

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).

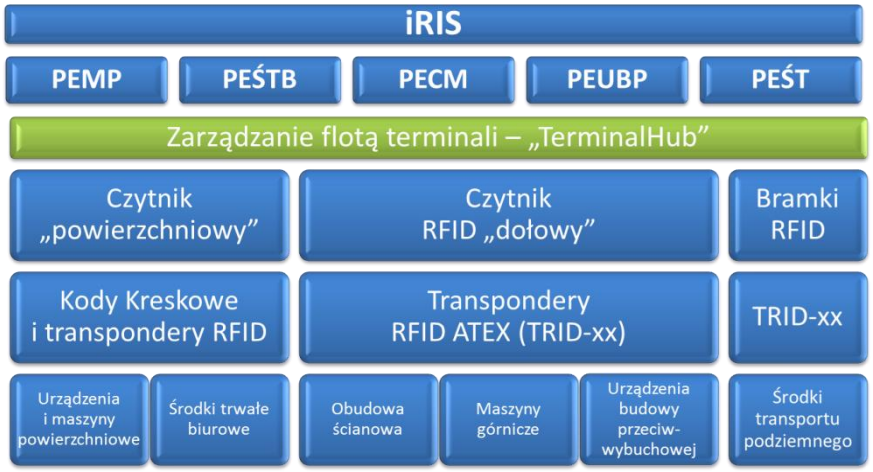
Obecnie firma ELSTA Sp. z o.o prowadzi prace nad prototypem iskrobezpiecznego komputera wielozadaniowego z 32 bitowym graficznym systemem operacyjnym oraz aplikacją realizującą funkcjonalność TRMC-01. Komputer wielozadaniowy, z przejrzystym graficznym interfejsem, pracujący w zestawie z bezprzewodową lancą odczytującą TRH-02 (rys. 9), jeszcze bardziej ułatwi pracę operatora poprzez eliminację przewodu łączącego te dwa elementy. Jednocześnie będzie on stanowił dopełnienie oferty urządzeń, pozwalających na prowadzenie ewidencji majątku zakładów górniczych we wszystkich obszarach działalności, z wykorzystaniem wybranej lub wybranych technologii znakowania.



Rys.9. Prototyp bezprzewodowej lancy odczytującej [4]

Wprowadzenie nowych rozwiązań sprzętowo-programowych wiązało się z koniecznością opracowania nowych modułów komunikacyjnych, umożliwiających współpracę poszczególnych elementów systemu. W wyniku podjętych działań firma Elsta Sp. z o.o. opracowała oprogramowanie do zarządzania terminalami „TerminalHub" stanowiący istotny element struktury systemu (rys. 10).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.10. Struktura systemu iRIS z warstwą zarządzającą terminalami [Opracowanie własne]

4. Podsumowanie

Opracowany przez ITG KOMAG, Politechnikę Śląską i firmę ELSTA Sp. z o. o. system identyfikacji elementów maszyn górniczych, wykorzystujący technologię RFID, jest sukcesywnie wdrażany w zakładach górniczych od 2008 roku. Warto zaznaczyć, że piętnaście wdrożeń miało miejsce w 2011 roku.

Doświadczenia z wdrażania „Platformy ewidencji części maszyn” pozwalają na podejmowanie prac zmierzających zarówno do doskonalenia systemu, jak i dostosowania rozwiązania do bieżących potrzeb użytkowników.

W rozdziale zaprezentowano system iRIS, zawierający platformy umożliwiające prowadzenie kompleksowej 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. GŚP 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.

Nowy model systemu zapewnia pełną elastyczność funkcjonalną i obejmuje swoim potencjałem większość dających się przewidzieć wymagań dekla-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

rowanych ze strony użytkowników, co powinno umocnić dominującą pozycję rynkową systemu identyfikacji elektronicznej.

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

Literatura

1. Jaszczuk M., Jenczmyk D., Pieczora E., Rogala J.: Use of RFID technology to increase operational safety of powered roof supports, AACHEN 2009.
2. Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 roku w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemiach zakładów górniczych (Dz. U. Nr 139, poz. 1169 wraz z późn. zm.)
3. Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2011 roku. Wyższy Urząd Górniczy. Katowice, kwiecień 2012.
4. Warzecha M., Jasiulek D., Rogala-Rojek J., Piecha A., Jura J.: iRIS – System identyfikacji maszyn, urządzeń, środków trwałych oraz transportu. KOMTECH 2011, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Zarządzanie flotą wielozadaniowych terminali mobilnych jako niezbędny element efektywnej strategii zarządzania majątkiem trwałym w zakładzie górniczym

Sławomir Mikuła, Michał Warzecha – ELSTA Elektronika Sp. z o.o. S.K.A., **Joanna Rogala-Rojek, Mariusz Latos** – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

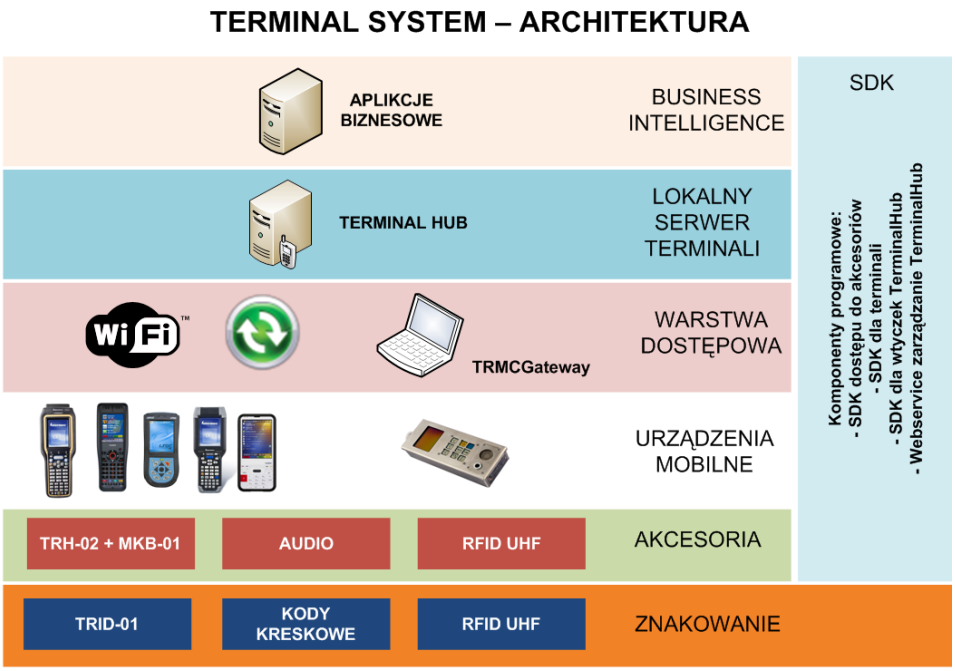
1. Wprowadzenie

W miarę rozwoju technicznego zakładów górniczych i wprowadzania coraz to nowszych technologii eksploatacyjnych w nieunikniony sposób rośnie również zapotrzebowanie kadry zarządzającej na wiedzę, będącą wynikiem prowadzonej działalności. Jednym z takich obszarów jest wiedza na temat zgromadzonego majątku trwałego pozwalająca na stosowanie nowoczesnych i efektywnych metod zarządzania. Połączenie zakładów górniczych w grupy z jednej strony zwiększa potencjał działań związanych z zarządzaniem, ale z drugiej strony poważnie zwiększa ilość informacji, które muszą być zbierane, przesyłane i przetwarzane dla realizacji procesu zarządzania. Aby działać skutecznie na tym polu zakład górniczy wymaga inwestycji w nowoczesne narzędzia wspomagające pracę działów logistyki materiałowej i zarządzania środkami trwałymi. Umiejętne wdrożenie i odpowiednio dobrane narzędzia i technologie pozwolą na osiągnięcie celu minimalnym kosztem [2 - 6]. Podstawową zaletą wdrożenia takiego systemu staje się rosnąca baza wiedzy, która pozwala w spójny sposób zmniejszać koszty operacyjne każdego zakładu górniczego poprzez optymalne wykorzystanie własnych środków finansowych (majątkowych).

2. Wyzwania logistyczne w nowoczesnym zakładzie górniczym

Aby zrozumieć wyzwania, jakie stoją przed kadrą zarządzającą majątkiem zakładu górniczego, należy zauważyć, iż zakład górniczy jest ciągle żywym organizmem. W cyklach realizowane są procesy eksploatacji górotworu, utrzymania maszyn, serwisu maszyn i narzędzi, transportu urobku i transportu materiałów pomocniczych. Ze względu na specyficzne warunki środowiskowe w zakładzie górniczym ogromne znaczenie zaczyna mieć odpowiedni dobór narzędzi, które pozwolą na efektywne zarządzanie majątkiem trwałym. Jednocześnie widoczny od kilku lat trend łączenia się zakładów górniczych w spółki, generuje wiele dodatkowych zależności, zarówno ekonomicznych, jak i wpływających na sposób zarządzania firmą. Połączenie zakładów w naturalny sposób uwidacznia coraz większą potrzebę spójnego zarządzania majątkiem trwałym. ELSTA Sp. z o.o. oraz ITG KOMAG są liderami w zakresie narzędzi wspomagających zarządzanie majątkiem trwałym na obszarze zakładu górniczego. W ramach oferty dostarczane są zarówno urządzenia wspomagające nadzór nad

majątkiem trwałym i procesami logistycznymi, jak również zaawansowane wielowarstwowe oprogramowanie, które wspomaga nadzór nad procesem i mechanizmami analizy biznesowej. Efektem jest dostarczenie dla kadry zarządzającej przetworzonych, przydatnych w bezpośredniej ekonomii wyników analizy środków trwałych i procesów logistycznych. Schematycznie system zarządzania majątkiem trwałym oferowanym przez ITG KOMAG oraz ELSTA Sp. z o.o. został przedstawiony na rysunku 1.



Rys.1. Architektura sprzętowa systemu – schemat blokowy
[Źródło: opracowanie własne]

Aby w jednoznaczny sposób określić możliwości systemu należy przedstawić pokrótce poszczególne jego warstwy – urządzenia mobilne i akcesoria, warstwę dostępową, serwer zarządzający obiegiem informacji dla terminali oraz aplikacje biznesowe służące do analizy i integracji danych z zewnętrznymi systemami informatycznymi.

3. Wielozadaniowe terminale mobilne

Najważniejszym elementem sprzętowym systemu zarządzania majątkiem trwałym są terminale mobilne. Ze względu na różne wymagania w całym procesie obiegu informacji dane dotyczące majątku, jak i logistyki mogą pochodzić z różnych źródeł. Źródłami mogą być:

– obszar eksploatacji kompleksu ścianowego w przestrzeni zagrożonej wybuchem,

- obszary wyrobiska górniczego służące do transportu, magazynowania i zarządzania procesem wydobywczym – przestrzenie zagrożone wybuchem,
- obszary na powierzchni zakładu górniczego, w których następuje obieg informacji magazynowej, serwisowej i utrzymaniowej procesu wydobywczego,
- obszary pracy pozostałych działów kopalni – budynki administracji, hale, magazyny itp.

Dla każdego z tych obszarów ELSTA Sp. z o.o./ITG KOMAG posiadają dedykowane rozwiązanie sprzętowe:

- terminale (wielozadaniowe) mobilne dla powierzchni – terminale z zaawansowanym systemem operacyjnym, dużym kolorowym wyświetlaczem dotykowym, możliwością komunikacji zarówno w standardzie 802.11x jak i Bluetooth. Terminale mogą być wyposażone w skanery kodów kreskowych (laserowe lub 2D), czytniki identyfikatorów elektronicznych (bezprzewodowych) (RFID) w kilku technologiach różniących się zasięgiem odczytu jak i pojemnością przechowywanych danych,
- terminale specjalnego zastosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – terminale o wzmocnionej budowie służące do realizacji określonych czynności związanych z logistyką środków trwałych w szczególnie narażonych obszarach, takich jak np. obszar wydobywczy ściany. Terminale są wyposażone w elementy odczytujące identyfikatory RFID w trudno dostępnych miejscach zabudowy, jak np. elementy sekcji obudowy zmechanizowanej,
- terminale wielozadaniowe dla przestrzeni zagrożonych wybuchem – terminale w dużej mierze tożsame z terminalami wielozadaniowymi, przeznaczonymi na powierzchnię zakładu górniczego, natomiast dostosowane do przestrzeni zagrożonych wybuchem. Terminale te charakteryzują się większymi możliwościami niż terminale specjalnego zastosowania, jednak przy określonej mniejszej odporności na uszkodzenia mechaniczne.

Terminale i ich zakres stosowalności przedstawiono na rysunku 2.

Urządzenia przenośne mogą być wyposażone w akcesoria dodatkowe, które umożliwiają realizację dodatkowych funkcjonalności oraz ułatwiają użytkowanie systemu w szczególnie trudnych warunkach górniczych. Akcesoriami są:

- czytniki identyfikatorów bezprzewodowych TRID-01 – lanca przewodowa TRH-01/* lub lanca bezprzewodowa TRH-02/* wraz z modułem komunikacji bezprzewodowej MKB-01 – urządzenia umożliwiają bezstykowy odczyt identyfikatorów RFID w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Lanca przewodowa dedykowana jest dla urządzeń TRMC-01, natomiast lanca bezprzewodowa ze względu na komunikację łączem bezprzewodowym Bluetooth oraz dostępne SDK ma możliwość pracy z dowolnym terminalem wielozadaniowym. Może być wykorzystana zarówno do obszarów zagrożo-

nych wybuchem, jak i w procesie logistycznym na powierzchni zakładu górniczego. Urządzenia zostały przedstawione na rysunku 3.



Rys.2. Podział i dostępność terminali o szerokim spektrum zastosowań
[Źródło: opracowanie własne]



Rys.3. Lanca przewodowa TRH-01/G oraz TRH-02/G + MKB-01
[Źródło: opracowanie własne]

– zestaw akcesoriów umożliwiających sygnalizację akustyczną podczas używania urządzeń w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Elementami tymi mogą być zarówno zestaw nagłowny, bezprzewodowy, umożliwiający odsłuch i nagrywanie dźwięku przy pomocy dołączonego mikrofonu, jak i przewodowa słuchawka z mikrofonem kostnym, umożliwiająca nagrywanie notatek głosowych w obszarach o bardzo dużym natężeniu dźwięku.

W celu zapewnienia jak najlepszej jakości usług systemu zarządzania terminalami należy koniecznie wspomnieć o możliwościach komunikacyjnych terminali. Urządzenia wielozadaniowe w standardzie wyposażone są w możliwość komunikacji bezprzewodowej w standardzie 802.11x. W przypadku, gdy zarządca infrastruktury IT w zakładzie górniczym udostępni kanał dostępowy dla terminali wielozadaniowych, mocno powiększą się możliwości realizacji

usług zarządzania majątkiem trwałym. W takim przypadku automatycznie udostępniana jest w terminalu możliwość bezpośredniej komunikacji terminala z systemem biznesowym w czasie rzeczywistym. Umożliwi to dużo szybsze realizowanie procesu transmisji informacji i pozwoli na niemal natychmiastowe uruchamianie odpowiednich procedur związanych np. z procesem zamówień serwisowych itp. W przypadku urządzeń o specjalnej konstrukcji, do komunikacji zostaje wykorzystana stacja dokująca SDR-01 umożliwiająca transmisję danych do głównego systemu z dowolnego komputera wyposażonego w tą stację.

4. System zarządzania terminalami TerminalHub

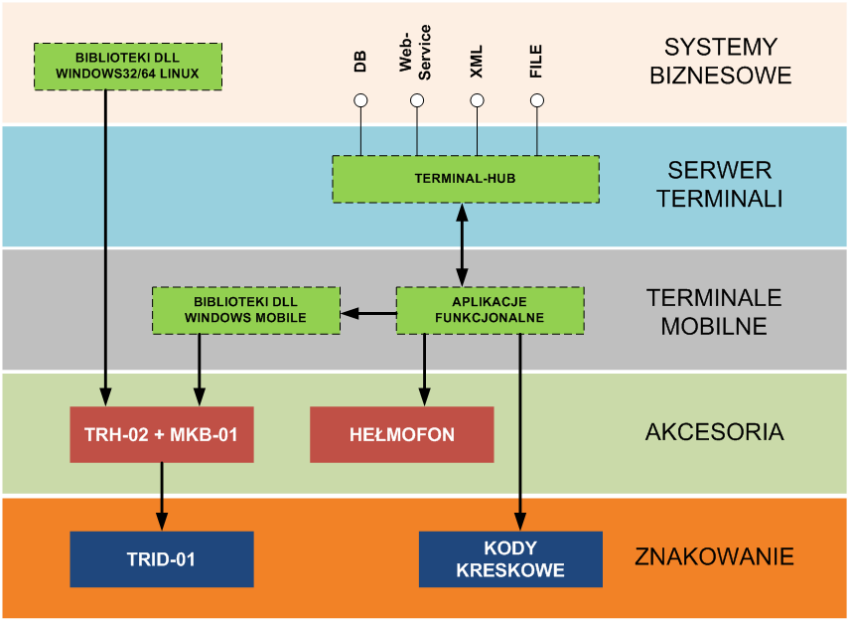
Aby w pełni wykorzystać możliwości oferowane przez przedstawione w poprzedniej sekcji urządzenia wielozadaniowe powstała potrzeba opracowania oprogramowania, którego zadaniem jest:

- kompleksowe zarządzanie grupą terminali wielozadaniowych i specjalnego przeznaczenia,
- określanie praw dostępu i listy zainstalowanych aplikacji na każdym terminalu,
- nadzorowanie i monitorowanie transmisji zadań z nadrzędnych systemów biznesowych do wykonania przez poszczególnych użytkowników urządzeń,
- raportowanie użycia i wykorzystania terminali,
- udostępnienie systemom biznesowym spójnego interfejsu komunikacyjnego z terminalami wielozadaniowymi bez względu na znajdujący się w terminalu system operacyjny, biblioteki systemowe itp.,
- zdalna aktualizacja oprogramowania w terminalach wielozadaniowych, minimalizująca czas przestojów serwisowych,
- możliwość łączenia systemów z kilku zakładów górniczych w jeden spójny system zarządzania urządzeniami wielozadaniowymi,
- rozdzielenie interfejsu aplikacji funkcjonalnych od interfejsu zarządzania terminalem (zwykły użytkownik nie jest obciążany trudnymi dla niego tematami).

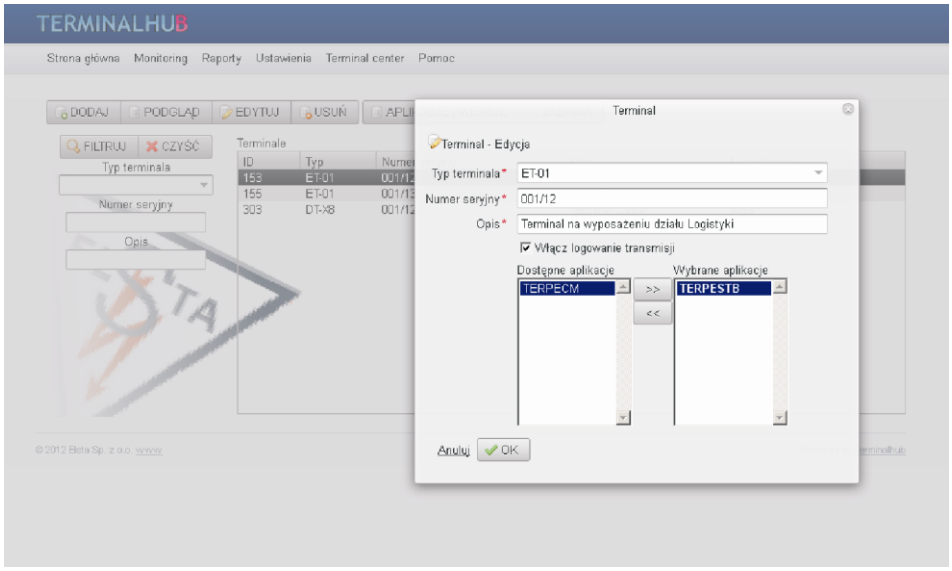
W wyniku wyżej wymienionych wymagań został zaprojektowany system nadzorujący pracę floty terminali mobilnych TerminalHub. Architektura programistyczna systemu zarządzania terminalami została zaprezentowana na rysunku 4.

Aplikacja TerminalHub po zainstalowaniu na serwerze udostępnia szereg możliwości dla użytkowników, administratorów oraz aplikacji biznesowych, chcących wykorzystać platformę terminali do wprowadzania nowej funkcjonalności w procesach logistycznych zakładu górniczego. Aplikacja udostępnia poprzez interfejs WWW możliwości pełnej konfiguracji i zarządzania. Zaawan-

sowana aplikacja internetowa pozwala w czasie rzeczywistym monitorować przeprowadzane transakcje. Wygląd interfejsu aplikacji przedstawia rysunek 5.



Rys.4. Architektura programowa systemu – schemat blokowy
[Źródło: opracowanie własne]

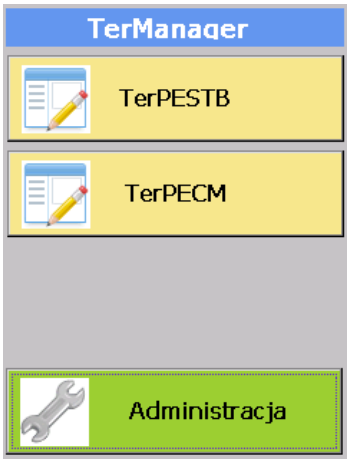


Rys.5. Aplikacja TerminalHub – interfejs WWW [Źródło: opracowanie własne]

Dodatkowymi elementami niewidocznymi w standardowy sposób dla administratora systemu są funkcjonalności, które stanowią rdzeń komunikacyjny

aplikacji. TerminalHub posiada zdefiniowany interfejs programistyczny dla architektury wtyczek, umożliwiający tworzenie dodatkowych mechanizmów synchronizacji danych z aplikacjami na terminalach wielozadaniowych. Ze względu na mnogość zastosowań terminali takie rozwiązanie pozwala w stabilny sposób i całkowicie automatycznie rozszerzać funkcjonalność aplikacji TerminalHub. TerminalHub posiada również dedykowany interfejs WebService udostępniający wszystkie możliwości konfiguracyjne i zarządzania dla aplikacji biznesowych. Na poziomie tego interfejsu istnieje możliwość sterowania komunikacją z terminalami w sposób zdalny, jednocześnie zachowując scentralizowany mechanizm monitorowania aktywności poszczególnych użytkowników terminali.

Elementami dodatkowymi są narzędzia dostępne dla terminali specjalizowanych TRMC-01, umożliwiające podpięcie tego terminala do dowolnego komputera będącego w sieci IT zakładu górniczego. Takie rozwiązanie pozwala oddzielić stanowisko zarządzania terminalami, stanowisko pracy aplikacji biznesowej np. iRIS od miejsca bezpośredniej pracy pracownika z terminalem TRMC-01. Jako uzupełnienie spójnego systemu zarządzania terminalami powstała aplikacja nadzorująca pracę terminala wielozadaniowego TerManager. Aplikacja umożliwia określanie praw dostępu do aplikacji dla użytkowników danego terminala, jak i ma za zadanie zajmować się procedurą zdalnej aktualizacji i instalacji oprogramowania na terminalach mobilnych. Ekran główny aplikacji został przedstawiony na rysunku 6.



Rys.6. Aplikacja TerManager [Źródło: opracowanie własne]

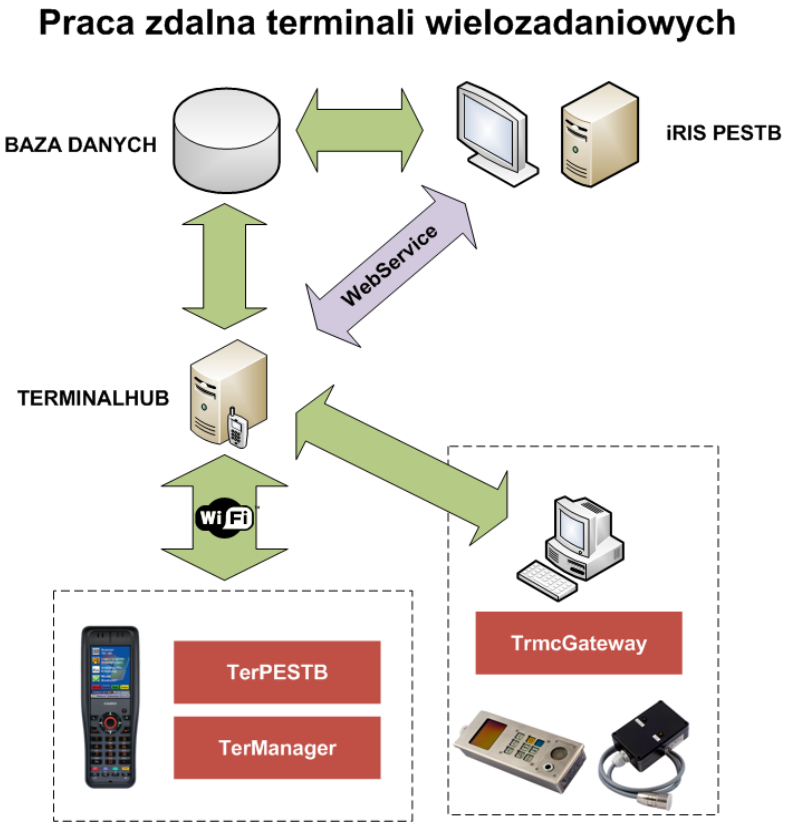
5. Porównawcze zastosowania systemu zarządzania terminalami wielozadaniowymi

Zarządzanie procesami logistycznymi, jak i majątkiem trwałym za pomocą zaprezentowanej architektury systemu nadzorczego terminali wielozadanio-

wych powoduje znaczny wzrost automatyzacji procesów i umożliwia szeroką integrację systemów informatycznych w jeden spójny mechanizm realizujący określone zadanie. Aby wykazać stosowalność takiego rozwiązania w porównaniu z obecnie stosowanymi procedurami, należy skupić się na kilku charakterystycznych operacjach, wykonywanych zarówno przez użytkowników końcowych, jak i przez zespół administracyjny, odpowiedzialny za sprawne działanie procedur logistycznych.

5.1. Procedura inwentaryzacji majątku trwałego z wykorzystaniem systemu TerminalHub

Jedną z głównych operacji wykonywanych przez użytkowników systemu jest weryfikacja aktualnego stanu materiałowego z danymi zlokalizowanymi w systemie informatycznym. Element ten jest częścią składową wielu procedur nie tylko stricte inwentaryzacyjnych, ale też takich jak np. przyjęcie urządzeń/części maszyn na magazyn powierzchniowy, zlecenie realizacji remontu maszyn do zewnętrznego zakładu remontowego itp. Do takich zadań konfiguracja systemu przedstawia się zgodnie z rysunkiem 7.



Rys.7. Schemat wdrożeniowy systemu [Źródło: opracowanie własne]

System charakteryzuje się następującymi właściwościami:

- został wyposażony w dodatkową aplikację dla terminali wielozadaniowych: TerPESTB (przykładowe ekrany przedstawione na rysunku 8) oraz moduł systemu: iRIS PESTB służący do ewidencji środków trwałych biurowych;

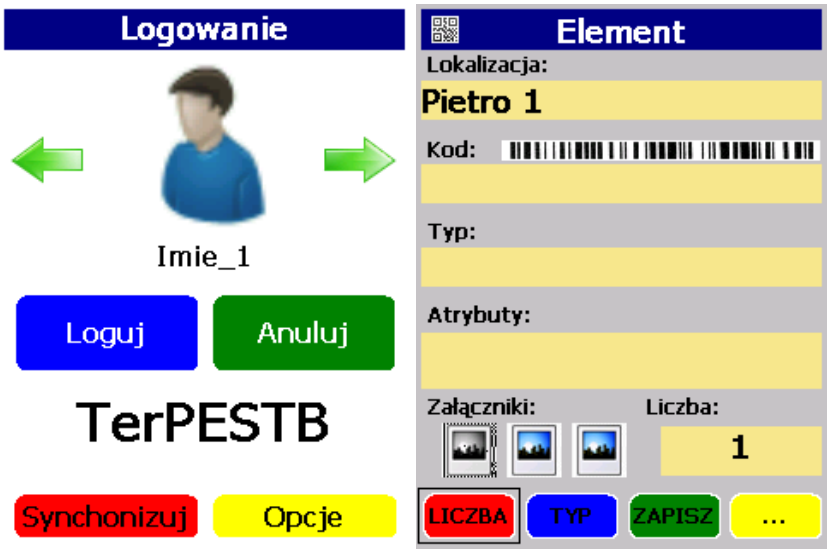
– aplikacja dla terminali wielozadaniowych została automatycznie wysłana i zainstalowana w urządzeniach, dla których w aplikacji TerminalHub administrator określił prawa wykonywania,
– została skonfigurowana ścieżka komunikacji pomiędzy modułem biznesowym (iRIS PESTB) a aplikacją TerminalHub, służąca do przesyłania informacji sterujących w czasie rzeczywistym,
– w module iRIS PESTB określono zestaw danych, na których należy pracować; wygenerowano zadanie w systemie TerminalHub kojarzące dane do obróbki; dane oczekują na rozpoczęcie pracy przez użytkownika terminala,
– w momencie uruchomienia aplikacji TerPESTB następuje wyzwolenie synchronizacji danych z głównym systemem informatycznym; komunikacja realizowana jest w dowolnym miejscu, w którym znajduje się dostęp do bezprzewodowej sieci Wi-Fi,
– użytkownik określa zadanie nad którym zamierza pracować – z listy dostępnych zadań oczekujących na wykonanie; system przesyła dane i terminal zgłasza gotowość do pracy,
– użytkownik wykonuje zlecone prace związane z określonym zadaniem – mogą to być zarówno procedury inwentaryzacji, kompletacji elementów, weryfikacji itp.,
– w momencie zakończenia zadania dane są przesyłane w sposób bezprzewodowy poprzez system TerminalHub do nadrzędnego systemu informatycznego (iRIS PESTB), w którym następuje dalsza obróbka danych.

Można wyznaczyć następujące zalety nowego podejścia w stosunku do obecnie stosowanych rozwiązań:

– dane przesyłane są w sposób bezprzewodowy – nie potrzeba przenosić urządzeń wielozadaniowych do centrum komunikacyjnego lub do komputera na którym następuje obróbka informacji,
– określono zadaniowy tryb pracy – system nadrzędny (iRIS PESTB) określa zadania do wykonania dla danego typu aplikacji (TerPESTB); od użytkownika zależy jakiego zadania się podejmie; użytkownik może w każdym momencie zakończyć zadanie i przejść do następnego zadania (wykorzystując bezprzewodową synchronizację) bez konieczności wizyty przy komputerze,
– określono jasny podział zadań – osoby zajmujące się administracją terminalami mają za zadanie udostępnić nową aplikację do wykonania określ-

lonych zadań i mogą monitorować proces komunikacji; osoby odpowiedzialne za analizę biznesową wyników i przydzielanie zadań mogą tworzyć zadania w trybie rozłączenia terminali – zadania mogą być kolejkowane i wykonywane zgodnie z ustaleniami proceduralnymi; osoby odpowiedzialne za wykonanie operacji np. inwentaryzacji również skupiają się na swoim zadaniu, które jest jasno określone; użytkownicy końcowi sami decydują o sposobie wykonania zadania i mogą podjąć się nowego zadania, natychmiast po zakończeniu poprzedniego,

– rozszerzenie funkcjonalności na kolejne zakłady górnicze w ramach spółki polega na zainstalowaniu dodatkowych instalacji serwera terminali TerminalHub, który pracując na wspólnej bazie danych, pozwala na spójne zarządzanie terminalami w obrębie całej grupy kapitałowej; takie rozwiązanie umożliwia bezproblemowe przekazywanie terminali pomiędzy zakładami, a centralny system zawsze będzie w stanie zlokalizować dany terminal i przydzielić mu określone zadania.



Rys.8. Aplikacja TerPestb [Źródło: opracowanie własne]

5.2. Zadanie synchronizacji danych w terminalach specjalizowanych TRMC-01

Dodatkowym zagadnieniem, które należy omówić jest dołączanie do systemu już istniejącego wyposażenia zakładów górniczych, w szczególności specjalizowane terminale TRMC-01. Urządzenia te, ze względu na wzmocnioną budowę, charakteryzują się przewodowym mechanizmem komunikacji z systemem nadrzędnym. W aktualnie stosowanym rozwiązaniu stacja dokująca SDR-01 jest montowana przy komputerze, na którym jest zainstalowany oprogramowanie iRIS. Dane transferowane są w sposób przewodowy tylko w danej lokalizacji. Wprowadzone rozwiązania w aktualnej wersji systemu zarządzania

flotą urządzeń wielozadaniowych pozwalają na zmianę struktury połączeń zgodnie z rysunkiem 7. Charakteryzują się one oddzieleniem funkcji centrum analizy biznesowej (iRIS) oraz punktów synchronizacji danych. Stacje dokujące SDR-01, w proponowanym rozwiązaniu, mogą być zlokalizowane w dowolnym miejscu zakładu górniczego. Jedynym wymogiem jest podłączenie do komputera klasy PC, wyposażonego w interfejs USB i posiadającego połączenie z siecią informatyczną zakładu górniczego. Elementem pośredniczącym w komunikacji pomiędzy aplikacją TerminalHub a terminalem TRMC-01 jest aplikacja TrmcGateway pozwalająca w prosty sposób wykorzystać zalety systemu zarządczego.

Zalety zastosowania nowego podejścia:

- rozdzielenie funkcji stanowiska analizy danych od stanowisk synchronizacji danych,
- użytkownik może w dowolnym miejscu synchronizować dane z wykonanych prac i odbierać nowe zadania do wykonania mimo przewodowego interfejsu urządzenia,
- architektura zarządzania zadaniami jest ujednolicona dla całej floty urządzeń wielozadaniowych,
- skrócony został czas potrzebny do przygotowania terminala TRCM-01 do nowych zadań, zadania wykonane zostają udostępnione stanowiskom analizy danych w sposób natychmiastowy.

5.3. Procedury nadzoru i utrzymania floty terminali wielozadaniowych

Opisane powyżej zadania skupiają się na głównym celu wykorzystania floty terminali wielozadaniowych, czyli procesach logistycznych, procesach zarządzania majątkiem trwałym i przyśpieszeniem obiegu informacji. Niemniej ważne w kompleksowym podejściu do zarządzania flotą terminali wielozadaniowych są procedury utrzymania, wsparcia i zapewnienia jak największej bezawaryjności systemów informatycznych. Architektura systemu TerminalHub została zaprojektowana właśnie w tym celu. W trakcie użytkowania systemu niezmiennie pojawiają się wyzwania związane z utrzymaniem systemu, z których w szczególności wymienić należy:

- monitoring użycia terminali i analiza ich wykorzystania – narzędzia powinny pozwolić na zdobycie wiedzy tak, aby optymalnie zarządzać wykorzystaniem terminali. Ze względu na znaczące koszty zakupu urządzeń, im większy czas rzeczywistego wykorzystania terminali, a mniejszy czas przestoju, tym mniejsza potrzeba zwiększania liczby terminali wielozadaniowych,
- wprowadzanie nowej funkcjonalności dla całego systemu zarówno aplikacji biznesowych, jak i terminali wielozadaniowych. W cyklu życia systemu pojawiają się zarówno wymagania wprowadzania nowych funkcji, jak i popra-

wy istniejących. Procedury aktualizacji oprogramowania w obecnych systemach są traktowane jako niezmiernie trudne i kosztowne, głównie ze względów logistycznych (aktualizacja w jednym punkcie, tylko przez przedstawicieli serwisu) itp. Zaprojektowana architektura umożliwia zdalną aktualizację oprogramowania podczas przerw w wykorzystaniu terminali. Pozwala to zminimalizować przestoje urządzeń oraz w sposób centralny wprowadzać nowe funkcjonalności do systemu, będącego cały czas w trybie maksymalnego wykorzystania,

– architektura sieciowa rozwiązania – w przypadku problemów czy to z warstwą sprzętową czy programową, aplikacja TerminalHub pozwala na zdalny monitoring pracy urządzeń i monitorowanie procesów synchronizacji danych z aplikacjami biznesowymi. Dostęp przez przeglądarkę WWW do interfejsu administracyjnego ułatwia szybką diagnostykę problemów i umożliwia, poprzez zdalne aktualizacje oprogramowania, szybką poprawę potencjalnego problemu bez konieczności wzywania terminali do centrum informatycznego.

Biorąc pod uwagę doświadczenie autorów z użytkowania aktualnie wykorzystywanych systemów zarządzania majątkiem trwałym można określić przykładowe zyski z wykorzystania proponowanego systemu w zakładzie górniczym:

– zmniejszenie przestoju w użytkowaniu terminali wielozadaniowych – co najmniej o 50%, przy założeniu, że zmniejszenie to wynika jedynie z braku konieczności transportowania terminali,
– praca wielozadaniowa i wieloużytkownikowa terminali – co najmniej o 50%, przy założeniu, że oszczędności wynikają tylko z braku konieczności sekwencyjnego przygotowywania sesji danych dla terminali z oczekiwaniem na fizyczne zakończenie poprzedniej sesji. Osoba obsługująca aplikację iRIS jednorazowo przygotowuje wiele sesji danych, a za sekwencję wykonania będą odpowiadać operatorzy terminali przenośnych wspomagani aplikacją TerminalHub,
– ograniczenie kosztów związanych z procedurami aktualizacji i wprowadzania nowej funkcjonalności (mogą być wielokrotnie niższe) – doświadczenia zdobyte w pierwszej wersji systemu pozwalają stwierdzić, że rozwiązanie większości problemów mogłoby nastąpić natychmiastowo, jeśli tylko inżynierowie mieliby prawdziwy obraz sytuacji. Możliwość zdalnego sięgnięcia do danych i komunikatów systemu, bez angażowania w ten proces użytkowników systemu pozwoli wielokrotnie szybciej rozwiązać większość problemów, a część z nich w ogóle nie będzie zauważona przez użytkownika.

Pozostałymi zaletami wprowadzonego systemu są:

– scentralizowane zarządzanie i monitoring floty terminali,

- spójny interfejs informatyczny dla dalszych rozwiązań bazujących na terminalach wielozadaniowych,
- możliwość rozszerzania funkcjonalności terminali w sposób bezprzewodowy,
- otwarty system WebServices komunikacji i monitoringu dla zewnętrznych systemów informatycznych.

6. Podsumowanie

Procesy logistyczne, związane z zarządzaniem majątkiem trwałym w zakładzie górniczym stają się coraz bardziej wymagające. Oczekiwania użytkowników końcowych terminali wielozadaniowych rosną i skupiają się na jak największej integracji usług w ciągły proces wymiany informacji pomiędzy wszystkimi kooperantami zakładów górniczych. Minimalizacja obiegu dokumentów papierowych jest jednym z takich oczekiwań. Dodatkowo zwiększanie się liczby dostępnych informacji w procesie logistycznym w naturalny sposób powoduje zwiększenie oczekiwań na umiejętne opracowanie danych biznesowych w celu osiągnięcia jak najlepszego wyniku ekonomicznego zakładu górniczego w całości. Zaprojektowany system, łączący terminale wielozadaniowe, serwer TerminalHub i system iRIS, rozszerza obecnie dostępne rozwiązania zarówno dla użytkowników końcowych, jak i dla administratorów usług i narzędzi pomocniczych. W rozdziale zaprezentowano szerokie spektrum zastosowań systemu i wskazano zalety proponowanego rozwiązania w stosunku do aktualnie użytkowanych. Jednocześnie wykazano, iż efektywne zarządzanie flotą przenośnych urządzeń wielozadaniowych powoduje jednoznaczne zwiększenie efektywności operacyjnej zespołu odpowiedzialnego za zarządzanie majątkiem trwałym w zakładzie górniczym.

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. Monografia KOMAG, Gliwice 2010.
2. Jaszczuk 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. Materiały na konferencję EMTECH, Ossa k. Rawy Mazowieckiej, Maj 2009.
3. Jaszczuk M., Jenczmyk D., Pieczora E., Rogala J.: Use of RFID technology to increase operational safety of powered roof supports, AACHEN 2009.

4. Szczurowski M., Rogala-Rojek J., Piecha A., Łoboda Z., Midura S.: Doświadczenia eksploatacyjne z wdrożenia systemu elektronicznej identyfikacji elementów sekcji zmechanizowanych obudów ścianowych w KWK Zofiówka. Monografia KOMAG, Gliwice 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. Materiały na konferencję Szkoła Eksploatacji Podziemnej. Materiały na konferencję Szkoła Eksploatacji Podziemnej. Kraków 2010 s.1194-1199.

Przepływ materiałów i zmiany technologii w uniwersalnej komorze montażowej

Karol Velíšek, Peter Košťál – Slovak University of Technology

1. Introduction

Before 70th years of last centuries the mass production respond to basic requirements of market, but after this get started consumer affect the market. The producer must adapt to consumers requests and get started production of some variants of its products. This changeover has significant impact to mass production. Producers who can produce the wild range variants of its product have domination at market.

Today market is characterized by strategy of consumer's individualization. This strategy is oriented to consumer's requests. Consumers want new products and time has a fundamental task to its satisfaction. The production was broadening, innovation cycle is shortening, and the products have new shape, material and functions.

The production strategy focused to time need change from traditional functional production structure to production by flexible manufacturing cells and lines. Production by flexible cells (FMS) are most important manufacturing philosophy in last years.

This manufacturing concept requires identification of part families and machine groups in order to exploit similarities and achieve economies in the entire manufacturing cycle.

It is traditional concept playing role in manufacturing concepts such as JIT,TQM,FMS,OPT and CIM.

This philosophy is based on similarity:

– similarity of manufactured parts,
– similarity of process plans.

Recognize the similarity of manufactured parts allows grouping them to groups by machines required to its manufacturing. By manufacturing of this group of parts we achieve economical effect near to mass production.

2. The Group technology

In design time of manufacturing cell by group technology solve identification of machined parts set. These sets of parts need identical technological devices (usually machine tools). The group technology divides the whole manufacturing process to independent detached manufacturing units – cells. All of them produce the own set of similar parts.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Machine tools from one of cell (dedicated for one set of parts) are not applicable for other set of parts. This machine layout has advantage in minimal material handling and manipulation.

Setup times for machine tools are very short because the technological process for a given set of part is very similar.

Process planning for a small batch of manufactured parts in manufacturing cell is simple.

This manufacturing philosophy is very effective and process managing is easy. By set of similar parts to group we can achieve unified material flow in manufacturing cell for all manufactured parts included to given group. By proper managing of manufacturing processes is possible to achieve the continuous flow production.

Advances of group technology:

- a reduction in setups,
- a reduction in inventory level,
- a reduction in transportation time of goods,
- an effective control of production,
- reliable delivery time,
- higher management efficiency,
- cost savings in setup time, manpower, tooling, machine tool maintenance and work-in-process,
- integrating various functional areas by providing sufficient information.

At Figure 1a we can see the unsorted set of all parts. The task is sorting these parts to several groups by its production similarity.

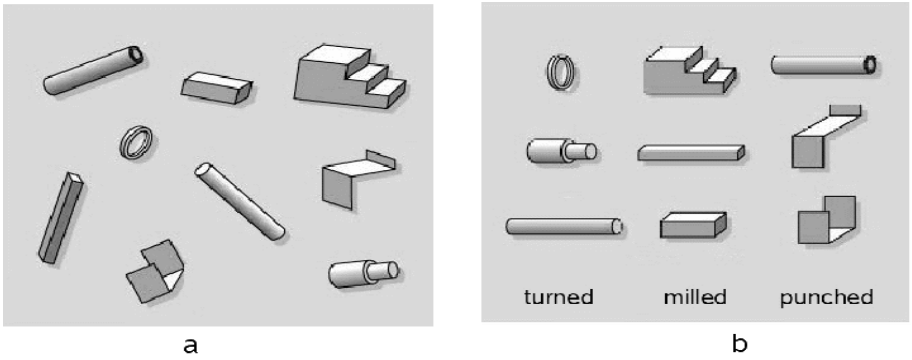


Fig.1. Set of parts *a – usorted set of parts, b – parts sorted by manufacturing technology*

At Figure 1b we can see the previous parts sorted by manufacturing technology to 3 groups. The first group contains rotational parts manufactured by

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

turning. The second group contains unrotary parts manufactured by milling and the third group contains sheet metal parts manufactured by punching.

Material flow for parts on classic manufacturing philosophy (without a group technology) is shown at Figure 2.

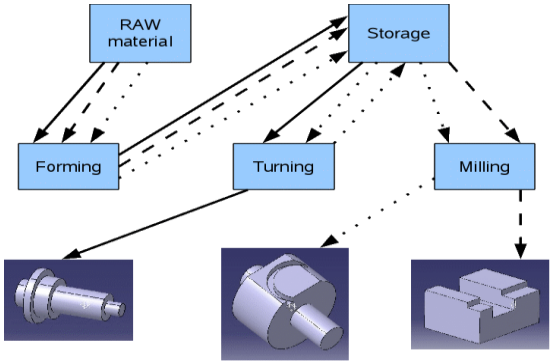


Fig.2. Material flow in traditional manufacturing

The material flow is very complex. Material handling and manipulation are realized across a whole workshop. Cost for material moving is high and require a lot of time.

After application of group technology and manufacturing cell philosophy the material flow is simple, Figure 3.

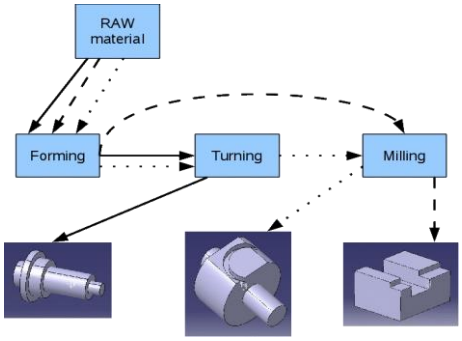


Fig.3. Material flow in cell manufacturing

Materials are manipulated only inside of manufacturing cells. Material moving time is short and manipulating is effective.

3. Robotized assembly and manufacturing system

The diffusion of assembly automation towards applications characterized by increasing complexity levels and reduced product lifetimes requires solutions which, besides high performances, guarantee high flexibility and reconfigurability levels.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

There are many industrial situations in which this approach shows interesting application perspectives, for example assembly processes which involve many component insertion directions. In this case, employing a robot as a general fixture allows for the elimination of complex orienting and fixing devices, dedicated to a specified product, and using skilled robots which present a preferential direction of insertion (i.e. Scara) for the assembly of components. Such assembly cells are very beneficial for the small batch production of many products types what are assembled using a limited number of components.

Industrial robot are defined as a programmable, multifunction manipulator designed to move materials, parts, tools, or specialized devices through variable programmed motions for the performance of a variety of tasks. A Considerable feature of assembly process realization is flexibility of assembly system. There is an assembly system ability to adapt changed requirements of assembly (maybe modified article or new type of article). System flexibility illustrates measure of versatility of these systems. Flexible assembly systems are available to perform other assembly operations.

Versatility of industrial robot can achieve provide for ability reprogramming and automated exchange of gripper, or technological head, which can use for technological operations.

The industrial robot, which are able to perform complicated operation sequence, sense environment by sensors and make a decision according to actual state we call as industrial robot with adaptive behavior. Adaptive industrial robot is defined as an industrial robot with higher level of control, which are able to change their behavior during their running in order to condition quality of operating all production system satisfied. Behavior exchange is realizing in consideration exchange state parameters of environment. Monitoring of these exchanges in state parameters are realized by sensors, which are part of adaptive robots.

General structures of robotized assembly systems can be divided into three main groups:

- assembly systems, in which robots perform only manipulation,
- assembly systems represent assembly center, in which on one place are performed manipulate, assembly and assistant operations,
- assembly systems, in which assembly robot of higher generation performs manipulate and assembly operations.

Up trend in robotics in application technical vision systems. Optical sensors provide wide scale of information. Industrial robots equipped technical vision system can be know part shape and define their orientation, which make possible manipulation with non-orientable parts as well as optical revision of parts.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

In assembly processes, accurate trajectory control is only required in component insertion and extraction. Objects from which a component has to be extracted (i.e. feeder) or in which it has to be inserted (i.e. other components) are immobile during action.

Only in unusual cases solves robot tasks belong to the tightly coupled class. Here it is sufficient to have recourse to point-wise co-ordination strategies and distributed control and communication architectures. In order to aid the vertical integration of the cell with the production system, it is essential that local control units are linked to a supervision computer which receives and manages production orders and monitors production progress.

As far as the choice of robots is concerned, the necessity for very sharp trajectories in some actions leads to systems characterized by continuous path control or by kinematics structures able to guarantee, at least in some directions, linear displacements. Cheaper robots with continuous path control are available thanks to the technological evolution of control units. When this type of robot is used, in the case of loosely coupled tasks in which actions share the work area, point-wise co-ordination is able to solve collision problems.

The operating features (repeatability, payload, speed, etc.) of robots in a flexible assembly cell obviously depend on the family of products to assemble. In the case of co-operating robots, however, some general criteria may be formulated.

First, the use of morphologically different robots would be better in many situations. For example, if a robot is used as a general fixture of the main component and a second one is used for assembling other components on it, the most promising solution is to use two robots: one articulated and one scara. The first, in the common five-axis configuration, may guarantee the orientation of basic components in a large range of directions. The second, besides high speed and repeatability, assures a perfect linear trajectory for component insertion. A further advantage of this solution in the possibility of positioning the robots so as to maximize the volume shared by end effectors, and to minimize the one shared by other links.

A second observation is about the choice of robot class according to repeatability and accuracy. The maximum error which may occur in the reciprocal positioning of two components is represented by the sum of cooperating robot profitability. Such a condition particularly damages assembly operations characterized by small tolerances. The employment of simple jigs for the positioning of one of the two components allows the use of robots with low repeatability.

The study of specific applications of co-operating robots in the field of industrial assembly processes is very similar to the study of the work methods in manual assembly processes.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

4. Flexible assembly cell designed at our institute

The manufacturing cell is based on the industrial robot by Cartesian coordinate system. Frames of robot are made from extruded aluminum profiles. Electric stepping motors realize drives of axes. Repeatability of positioning is better than 0,0125 mm and loading may be up to 100N. Workspace is c 1000 x 1000 x 350 mm.

Photo of current stay of building is at Figure 4.



Fig.4. Robotized assembly cell at our department

The control system of this robot is realized by PLC. In this time we can control 6 axes. Number of controlled axis are sufficient for an industrial robot, but we want to use this control system to control of all devices (shelf storage, storage manipulator, feeding device, fixture, …). That means we must change this control system.

The new control system will be at base of industrial PC equipped by industrial I/O cards with a lot of input and output channels.

Today are shelf storage and storage manipulator assembled. We working on control system which will be able to control the whole manufacturing system. In future we want integrate the control system of shelf storage and control system of assembly cell to one control system based on industrial PC.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

5. Conclusion

The assembly has a specific state in a manufacturing process, because assembly imply major portion of high toilsome and manual work in the term of their portion in production total time. For their technical difficulties and heterogeneousness, actual assembly is made manual too, because assembly has large reserves of automation aided. One of the causes of automation assembly lag is higher manipulating ability requirement for assembly devices by joining parts. Often some assembly operations, which are trouble free realized by manual, using automation are requested very complicated and very expensive device.

Acknowledgment

This paper was created thanks to the national grants: VEGA 1/0206/09 – Intelligent assembly cell.

References

1. Hrušková E., Holubek R.: Increasing of effectiveness of manufacturing and directing technical level. In: Proceedings in Manufacturing Systems. - ISSN 2067-9238. - Vol. 5, No 4 (2010), s. 203-208.
2. Hrušková E., Velíšek K.: Intelligent assembly cell as combination of intelligence and assembly. In: Academic Journal of Manufacturing Engineering. - ISSN 1583-7904. - Vol. 8, Issue 3 (2010), s. 43-48.
3. Košťál P., Mudriková A.: Material flow in flexible manufacturing and assembly. Computing and Solutions in Manufacturing Engineering, September 25-27,2008, Brasov, Romania. In: Academic Journal of Manufacturing Engineering. - ISSN 1583-7904. - Supplement, Issue 1 (2008), s. 185-191.
4. Košťál P., Mudriková A.: Material flow planing at flexible manufacturing in general. In: Scientific Bulletin. - ISSN 1224-3264. - Vol. XXIII (2009), s. 85-92.
5. Košťál P.: Modular Production System Modeling. - 1st ed. - Köthen : Hochschule Anhalt, 2010. - 71 s. - ISBN 978-3-86011-037-9.
6. Ružarovský R., Velíšek K., Košťál P.: Design and planning of manufacturing and assembly systems. In: Scientific Bulletin. - ISSN 1224-3264. - Vol. XXII (2008), s. 413-418.
7. Velíšek K., Javorová A., Košťál P.: Flexible assembly and manufacturing

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

cell. In: Proceedings of the Manufacturing Science. - ISSN 1843-2522. - MSE 2007 : Proceedings of the 3rd International Conference on Manufacturing Science and Education. European Traditions and Influences in Engineering Creation. Sibiu, Romania 12th-14th July 2007. - Sibiu: Editura Universitatii "Lucian Blaga", 2007, s. 103-104.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Przepływ materiałów w elastycznej produkcji nie wymagającej dokumentacji

Peter Košťál, Karol Velíšek - Slovak University of Technology

1. Introduction

Today market is characterized by strategy of consumer's individualization. This strategy is oriented to consumer's requests. Consumers want new products and time has a fundamental task to its satisfaction. The production was broadening, innovation cycle is shortened, and the products have new shape, material and functions. At this strategy is the most important parameter the time and improving is its shortening. The production strategy focused to time need change from traditional functional production structure to production by flexible manufacturing cells and lines. Production by flexible cells (FMS) is a most important manufacturing philosophy in last years. This philosophy is based on similarity:

- similarity of manufactured parts,
- similarity of process plans [1].

Recognize the similarity of manufactured parts allow grouping them to groups by machines required to its manufacturing. By manufacturing of this group of parts we achieve economical effect near to mass production.

By some study is existing manufacturing capability of machines used only 30 to 40%. The other resources say that technological processes spend only 5% of time needed to manufacturing. The rest of time is spending by manipulation, transport and storage. The flexible manufacturing system contains some CNC machine tools supported by the industrial robot for material handling. This system is designed to manufacturing a group of similar workpieces. The system is characterized by its internal material and information flow. The manufacturing process represents a complex dynamical process included technological, manipulation and control operations [2].

In the frame of our national grant we build a new robotized laboratory of production systems. This laboratory will be connected directly to our CAD laboratory by internet. One of main target of this project is build the paperless production environment.

The production process will be planed and simulated at CAD laboratory and after a successful simulation will be sending the production data to production system, by internet connection.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

2. Material flow and its planing

Generally for the result full running of manufacturing process is important to provide for continuous flow the material, raw material, semi finished products, etc. By term material flow we mean organized material moving from production input through all periods of storage, transport and manufacturing processes to output of final products. Analysis of material flow is one of the main points of the final analysis of the manipulation with materials. Next, main proposition of complete material flow analysis is for the process of material moving too. Kind, number, capacity, weight, shape and dimensions influence the kind of manipulation and defined the requirements for manipulation, transport and storage of manipulated material and product.

Principles of rational manipulation with material:

- to create straight, as short as possible transport ways,
- to design manufacturing process and solution of disposition with reference to optimal material flow,
- if it is possible, to use gravitation for material moving,
- to make optimal quantity, sizes and weights of transported units,
- to design all manipulation, transport and storage operations as effectively as possible,
- to resolve manipulation completely it means from the view of final factory and in relation without plant material flows,
- to use possibility of type manipulation device,
- to speculate about optimal using of transport and manipulation devices (minimum 60%),
- to respect ergonomic and safety requirements.

For the description of material and information flow in the production of this flexible manufacturing cell must be defined it means to choose type range of the workpiece [5].

The material flow is one of the most expensive systems into production because it employs the most workers. For high efficiency of production, it is necessary to consider the high usage of transport ways on base of transported material and the exploitation of single production system devices in the time of the project proposal.

Transport and handling subsystem is generally one of the most important subsystems of the manufacturing system. It is intended for the transport and manipulation with main and supply material, manufacturing tools (tools and tool holders, fixture, equipment, scales, carriers and others) and with the waste. Used features of inter-operational transport and handling are dependent on geometrical shape and weight of transported material, parts and tools. Auto-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

mation of handling in manufacturing system is enabled by technological pallets (holders or another element with this function, e.g. fixtures). The part is clamped outside a machine workspace onto a technological pallet and transported together. The part is positioned and clamped into position for machining. Technological pallet serves at the same time as a transport pallet.

The other objects for transport and handling are production devices representing the needed technological equipment of workstation and they are required for realization of specific operations using a correspondent machine. These objects are transported to workstation in sets or in parts in case when some of them create nondetachable part of standard workstation equipment [2].

In the process of material flow planning, it is necessary to consider the fact that the aim of the plan is not the transport and storage of material because these activities are expensive and do not improve the material value. Current systems for handling, transport and storage provide a great number of possibilities for the application of expensive and complex systems. The optimal design should contain minimum storages, transport and handling. Hence, the suitable way before the elaboration of detailed system solution is to reduce mentioned activities to a minimum.

It is necessary to take into account a great importance of the dependence of material flow and following elements of manufacturing system:

- workstation and its capacity, incorrectly designed capacities induce unbalance materials flow, resources cumulating, and necessity of buffer stocks, containers and addition handling operations,
- informational flow and the system controls, proper regulation of manufacturing tasks entering the system, synchronization of purchase, manufacturing and expedition, coordination of manufacturing system control by transport system, while all of them have a significant effect to material flow plan.

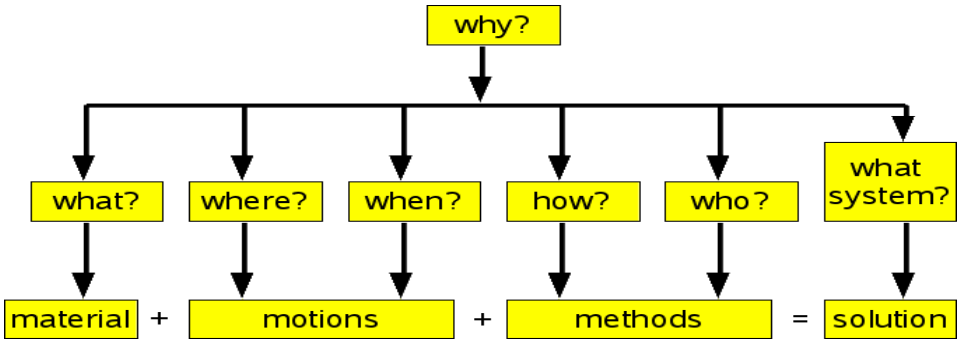


Fig.1. Material flow equation

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

The general sequence of material flow planing is a following:

- material flow analyze, volume of transport operations determination,
- layout,
- analyze of existing devices,
- design of transport systems variants,
- computer simulations and dynamical dimensioning of material transport and handling devices.

In this time we solve the equations of material flow (Fig. 1)

3. The material flow in flexible manufacturing system

We want to produce (simulate production) various components of shaft, flange, bracket and box shape in this system. Each component made will represent piece production that means only one piece of this component will be made. Variability (dimensions and shape versions for each component) will be relatively wide. Planning and management of the production process in FMS must be adapted to that fact. Method of ground plan designing is described e.g. in [6].

The whole process starting with design up to storage of final component must run automatically without human intervention. That means, material in the FMS storage system will be automatically taken out of store, transported to individual machines according to program, put in operating area by a handling device (industrial robot). Machine will execute individual technological operations to reach final properties (shape and dimension) of the component. Simple components can be worked by one machine only but in case of more complicated parts, the component will have to be handled in the machine (e.g. turned to another position) or relocated to another machine so that other necessary technological operations can be realized (sometimes this relocation between individual machines needs to be repeated several times) [7].

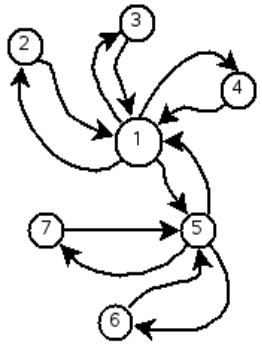


Fig.2. Material flow graph of flexible manufacturing system
1 – conveyor, 2 – storage, 3 – pallet handling and quality station, 4 – robot vision and assembly station, 5 – robot feeder of machine tools, 6 – CNC lathe, 7 – CNC milling machine

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

After completion of all necessary technological operations the component made will be relocated to checking station for quality control and if quality control is successful, the finished and checked component will be automatically transferred to FMS storage system. If the quality control is not successful, the component is also transferred to the storage system, however to the part where faulty products are stored.

Function graph of the whole flexible manufacturing system is showed in Figure 2. Material flow in flexible manufacturing systems is described in [8] and in [9].

4. Conclusion

The target of the project is to build up a flexible manufacturing system with robotized operation enabling a drawing-free production. That means, the product will be simulated by PC in a suitable 3D CAD program, thereafter a control program necessary for production of the component will be generated and this program will be then started up in a flexible manufacturing system that will physically produce that component. In this way it would possible to produce all necessary components for a specific product that will be assembled in the final phase.

In the last years, the cell manufacturing becomes one of the most important manufacturing types. This conception is based on the relation between manufacturing cell and workpiece. Flexible manufacturing cells allow to manufacture of the small number of parts from the huge range of types and to achieve good economical effects near to large batch or mass production. The manufacturing cells structure enables to connect machines and to save the production time, space and production costs as well. Functions of machines are coordinated and the material flow can be fast.

Acknowledgment

This paper was created thanks to the national grants:**VEGA 1/0285/12 – Research on the possibilities of „intelligence“ implementation into the assembly process**

References

1. Košťál P., Mudriková A., Charbulová M.: “Flexible assembly cell and material flow planning,” Scientific Bulletin, vol. XXIII, pp. 189-194, 21.22 2009.
2. Košťál P., Velíšek K., Hrušková E.: Paperless manufacturing laboratory (Laboratorium produkcyjne zarzadzane elektronicznie),” in Innowacyjne tech-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

niki i technologie dla górnictwa: Bezpieczeństwo - efektywność – niezawodność. Monografia. - Gliwice, Rytro, Poland, 2010, pp. 445-452.

3. Košťál P., Velíšek K.: Flexible manufacturing system. World Academy of Science, Engineering and Technology, vol. 77, pp. 825-829, 2011.
4. Mudriková A., Cagáňová D.: Educational process improvement in virtual laboratory via e-learning. in XXIV. International Scientific Conference, Miskolc, 2010, pp. 19-25.
5. Mudrikova A., Hruskova E., Velisek K.: Logistics of material flow in flexible manufacturing and assembly cell. in ANNALS OF DAAAM FOR 2008 & PROCEEDINGS OF THE 19TH INTERNATIONAL DAAAM SYMPOSIUM, VIENNA UNIV TECHNOLOGY, KARLSPLATZ 13, WIEN, A-1040, AUSTRIA, 2008, pp. 919-920.
6. Matúšová M., Hrušková E.: Basic design of the proposed manufacturing system," Machine Design, pp. 217-220, 2010.
7. Hrušková E., Velíšek K., Charbulová, M.: Assembly cell design supported by computer. in VI Conferencia Cientifica Internacional de Ingeniería Mecánica., Villa Clara, Cuba, 2010.
8. Košťál P., Krajčová K., Ružarovský R.: Material flow description in flexible manufacturing. Advanced logistic systems, vol. 4, pp. 104-108, 2010.
9. Košťál P., Mudriková A., Delgado Sobrino D.R.: Material Flow in Flexible Production Systems. Proceedings in Manufacturing Systems, vol. 5, no. 4 (2010), pp. 213-216, 2010.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ARTYKUŁ PROMOCYJNY

Sandvik – innowacyjność od 1862 r.

Paweł Nowak – Sandvik Mining Polska

1. Wprowadzenie

W roku 1858 po raz pierwszy w świecie, w pobliżu niewielkiej miejscowości Hofors w Szwecji szwedzki przemysłowiec Göran Fredrik Göransson przeprowadził skuteczny wytop stali metodą Bessemera. Göransson kupił od Bessemera prawa do części jego patentu, co pozwoliło mu wprowadzić metodę do przemysłu. W 1862 roku jako joint venture z kilkoma starymi stalowniami powstał nowy producent stali wysokiej jakości Högbo Stål - & Jernawerks AB z siedziba w Sandviken. W bardzo zbliżonym czasie nastąpił dynamiczny rozwój mechanizacji górnictwa.

2. Mechanizacja w górnictwie. Powstanie marki „Sandvik”

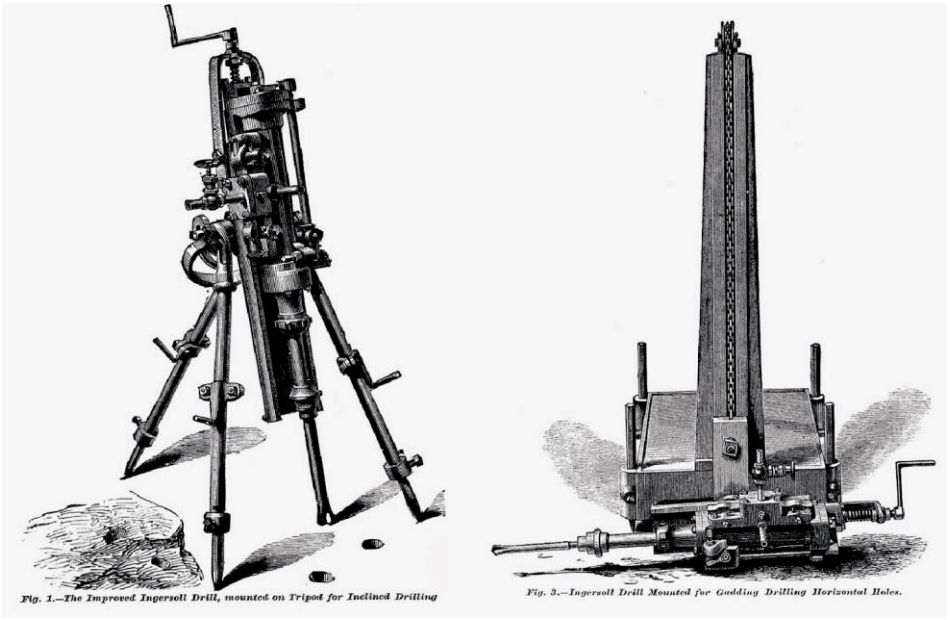
Rozwój gospodarki światowej na przełomie wieków XIX i XX wywołał gwałtowny rozwój przemysłu i związany z tym wzrost zapotrzebowania na surowce. Stosowane metody górnicze o bardzo niewielkim stopniu mechanizacji umożliwiały stosowanie metody selektywnego wybierania. Przy olbrzymim w stosunku do możliwości wydobywczych zapotrzebowaniu na surowce, zaszła konieczność zmiany podejścia do metod wybierania dostępnych złóż.

Przejście z metody selektywnego wybierania do metody nie selektywnego wybierania wymagało wysokiego stopnia zmechanizowania zarówno samego procesu pozyskiwania rudy lub minerału, ale też i wszystkich procesów powiązanych.

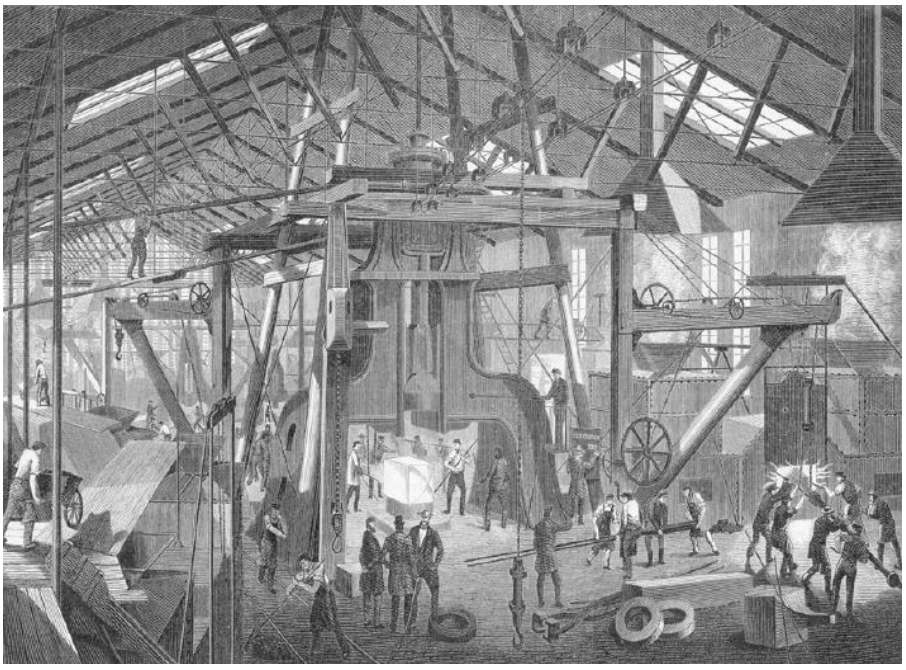
W tamtym czasie podstawową metodą górniczą było wiercenie i strzelanie z użyciem materiałów wybuchowych. Wiercenie z użyciem narzędzi ręcznych było bardzo czasochłonne. Proces wiercenia pierwszy też został zmechanizowany. W 1875 roku pojawiły się pierwsze wiertarki parowe i na sprężone powietrze (rys. 1). Nieco później bo w 1899 roku zastosowano pierwsze górnicze wiertarki elektryczne.

W międzyczasie nowo powstała firma stalownicza rozwijała się biorąc coraz pełniejszy udział w życiu gospodarczym Europy i Ameryki. W stalowniach Sandviken wytwarzano rury, koła do wagonów kolejowych, wały napędowe, druty jakościowe, wiertła, ostrza do pił. Taki właśnie asortyment zaprezentowała firma na wystawie przemysłowej w roku 1877 w Filadelfii, USA. Wtedy po raz pierwszy użyto nazwy „Sandvik” (rys. 2, 3).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



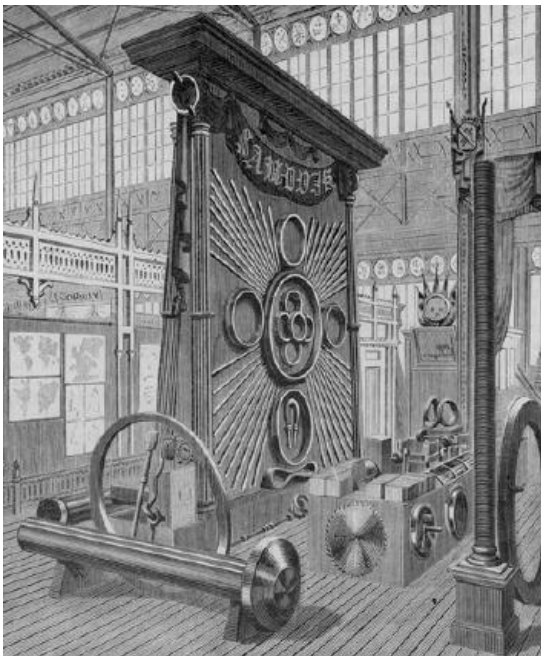
Rys.1. Pierwsze wiertarki pneumatyczne firmy Ingersoll, 1874 r.



Rys.2. Wnętrze hali produkcyjnej w Sandviken ok. 1877 r.

Około roku 1900 wprowadzono metodę Martina, budując cztery ,,piece martenowskie''. Produkowane od 1886 r. ręczne piły stały się dla wielu ludzi pierwszym kontaktem z produktami z Sandviken (rys. 4.).

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.3. Pawilon wystawowy ,,Sandvik'' wystawa przemysłowa w Filadelfii; 1877 r.

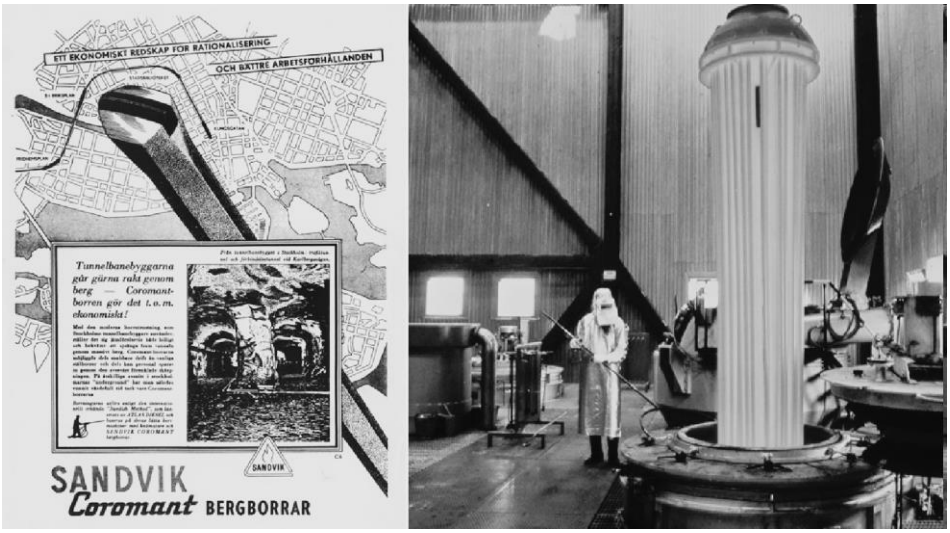


Rys.4. Synonim produktu Sandvika. W prawym dolnym rogu notowanie kursu akcji; 1927 r.

Pierwsze żerdzie wiertnicze Sandvik dostarczył do Szwajcarii już w 1870 roku stając się do roku 1920 największym dostawcą drążonych żerdzi wiertniczych z poziomem produkcji 5000 ton rocznie. Kooperując od 1930 roku z inną szwedzką firmą Luma Sandwik po raz pierwszy wprowadził do obrotu w ro-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ku 1942 rewolucyjny materiał: węglik spiekany. Do końca lat 60 produkt ten podbił cały świat. Zapotrzebowanie na nowy produkt było tak duże, że w latach pięćdziesiątych Sandvik otworzył własny zakład produkcji węglików. W tym okresie powstała nowa marka Sandvika: „Coromant''.



Rys.5. Od lewej: 1961 r. - Informacja prasowa nt. budowy tunelu pod Mont Blanc; 1971 r. - Proces nawęglania żerdzi wiertniczych

3. Rozwój technologii mechanicznego urabiania

Przełom wieków XIX i XX zaowocował dalszą mechanizacją procesów wydobywczych:

- 1877 r. pierwsze lokomotywy elektryczne,
- 1900 r. pierwsze prymitywne wrębiarki z nieruchomym organem,
- 1919 r. pierwsze indywidualne stojaki stalowe,
- 1924 r. pierwsze lokomotywy akumulatorowe,
- 1924 r. pierwsze przenośniki zgrzebłowe i taśmowe,
- 1920-1930 r. upowszechnienie załadunku mechanicznego (ładowarki łyżkowe i nagarniakowe).

Odbudowujący się po koszmarze II wojny świat potrzebował olbrzymich ilości surowców, co spowodowało, że lata pięćdziesiąte zaowocowały ponownym nasileniem prac nad poprawą wydajności procesów wydobywczych:

- 1949 r. pierwsze opracowanie węgierskiego inżyniera dr Ajty na temat „wysięgnikowej maszyny urabiającej'' (kombajn chodnikowy),
- 1950 r. pierwsze ścianowe maszyny urabiające z organem obrotowym i strugi,
- 1954 r. pierwsze zmechanizowane obudowy ścianowe.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Znajdujący się w austriackich Alpach, w miejscowości Zeltweg zakład związany z produkcją stali i konstrukcji mechanicznych, od lat 60. coraz mocniej angażował się w dostawy wyposażenia dla górnictwa. Firma istniała już od 1851 roku i cały czas związana była z przemysłem stalowym. Od roku 1945 funkcjonowała jako Vereinigte Österreichische Eisen – und Stahl Werke (VÖST). Rosnąca koniunktura spowodowała jeszcze mocniejsze zainteresowanie sektorem górniczym, co doprowadziło do zakupu licencji opracowanego na podstawie patentu dr. Ajty kombajnu chodnikowego F6H (rys. 6.).



Rys.6. Licencyjny kombajn chodnikowy F6A; 1964 r.

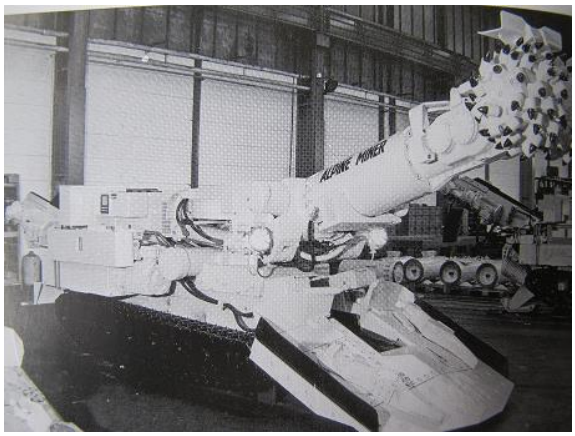
Uruchomienie produkcji seryjnej nastąpiło w 1964 roku (rys. 7.).



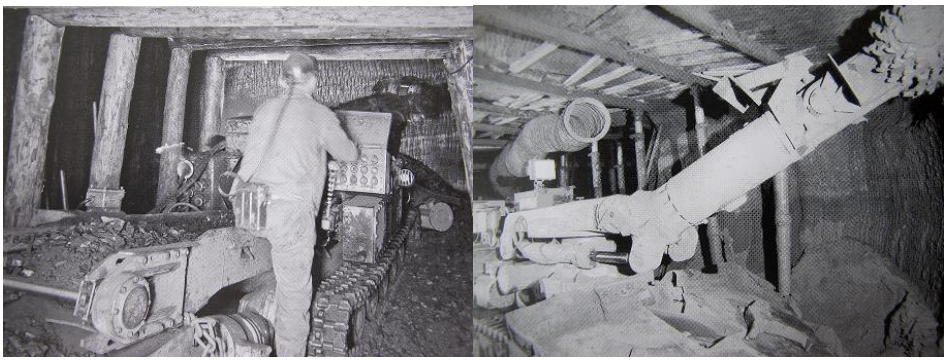
Rys.7. Seryjna produkcja kombajnu F6A; 1964 r.

Prace rozwojowe prowadzone w oparciu o zespół dr. Sigotta doprowadziły do prezentacji w 1971 roku nowej konstrukcji: kombajnu chodnikowego AM50 (rys. 8, 9).

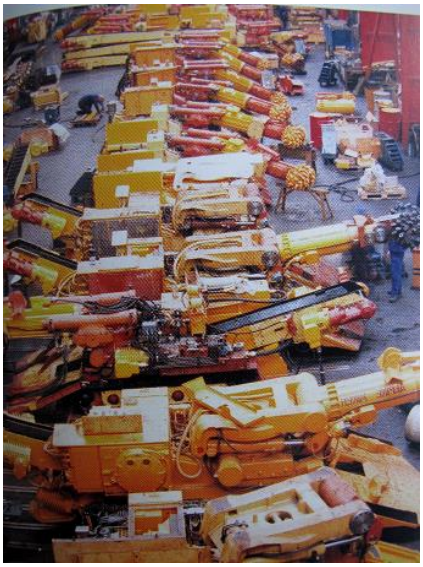
Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.8. Prototyp AM50; 1971 r.



Rys.9. Próby w kopalni Erzberg; 1971 r.



Rys.10. Seryjna produkcja AM50; 1971 r.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Luty 1973 roku przyniósł zmianę nazwy firmy na „Vereinigte Österreichische Eisen – und Stahal Werke – Alpine Montan – Aktiengesellschaft'' w skrócie VÖST – ALPINE. Walory użytkowe nowego produktu spowodowały jego powszechne użycie prawie w każdym zakątku świata (rys. 10), również i w Polsce (rys. 11).



Rys.11. Kombajn chodnikowy AM50 nr fabryczny 100
na potrzeby polskiego górnictwa; 1979 r.

Próby wprowadzanie urabiania mechanicznego do górnictwa minerałów i budownictwa tunelowego spowodowały powstanie największej maszyny produkowanej przez firmę z Zeltweg: kombajnu chodnikowego AM100 (rys. 12). W maszynie tej po raz pierwszy w świecie zastosowano bezpośrednie zraszanie zanożowe.



Rys.12. Kombajn chodnikowy AM100 pierwsza
w świecie maszyna ze zraszaniem zanożowym; 1976 r.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

W celu wypełnienia luki w ofercie na różnej klasy kombajny chodnikowe oraz dzięki zapotrzebowaniu rynku w roku 1981 na targach w Düsseldorfie zaprezentowano prototyp kombajnu chodnikowego AM75/ obecnie MR340 (rys. 13).



Rys.13. Kombajn chodnikowy AM75/obecnie MR340 na targach w Düsseldorfie; 1981 r.

Maszyna ta z liczbą wyprodukowanych egzemplarzy grubo przekraczającą 200 sztuk odniosła sukces podobny do tego, który odniósł kombajn AM50 (ponad 800 wyprodukowanych egzemplarzy).

Lata następne przyniosły doskonalenie istniejących produktów i rozwój nowych:

1991 r. – dostawa pierwszej maszyny typu ABM/ obecnie MB do Afryki Południowej (rys. 14),

1998 r. – zakończenie programu ICUTROCK/ maszyny klasy MR, MH600 (rys. 15).



Rys.14. Kombajn ABM20 dla Afryki południowej; 1991 r.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.15. Kombajn klasy MH 600 w technologii ICUTROCK; 1998 r.

Akwizycja w roku 1998 przodujących dostawców technologii górniczej firm Tamrock i Voest Alpine jeszcze mocniej zaangażowała Sandvik w rozwój technologii górniczej dzięki przejęciu ich spuścizny i doświadczenia. W Zeltweg w Austrii utworzono centrum kompetencyjne odpowiedzialne, za rozwój technologii urabiania mechanicznego. W efekcie jego pracy powstały takie projekty jak:

2001 r. – maszyna do urabiania cienkich pokładów ARM110/MN220 (rys. 16),

2004 r. – prototyp maszyny typu continuous miner ACM/ obecnie MC (rys. 17),

2009 r. – pierwsze egzemplarze maszyny MF typu „borer miner'' (rys. 18).



Rys.16. Kombajn do urabiania złóż cienkich ARM110/MN220; 2001 r.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)



Rys.17. Kombajn typu ,,continuous miner'' 2004 r.



Rys.18. Kombajn MF, typu ,,borer miner''; 2009 r.

4. Podsumowanie

Powstała przed 150-ciu laty firma wytwarzająca stal wysokiej jakości od wczesnych lat swego istnienia w sposób naturalny wiązała się z górnictwem, gdzie materiały najwyższej klasy są niezbędne by realizować pomysły konstruktorów, teoretyków i praktyków górnictwa. 150-letnie doświadczenie dowiodło, że tylko dobrej jakości materiał wyjściowy jest podstawą stworzenia dobrej jakości produktu końcowego.

Literatura

1. Pul H. Rakes: Coal Mine Mechanization, 2012.
2. Harold Barger, Sam H. Schurr: The Mining Industries, 1899-1939, 1944.
3. Otto Schetina, Franz Stengg: Von Eisenwerk zur Bergtechnik, 2011.
4. Materiały własne Sandvik.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

INDEKS AUTORÓW

Adamek J. 173
Bałaga D. 443
Bartoszek S. 289, 387
Berg J.363
Berger S. 211
Biel B. 493
Boháč L. 411
Budzyński Z. 201
Bukowiecki B.155
Chlebek D. 275
Doległo L. 221
Duda F. 211
Dudek M. 401
Dziura J. 187
Figiel A. 27
Fitowski K. 257
Fiutka L.107
Gajda Ł. 221
Gamrat T. 317
Gancarczyk M. 243
Gąsior M. 437
Gil J. 233
Gondek H. 411
Hahn M. 363
Hejny H. 529
Holeksa A. 173
Hylla M. 155
Jagoda J. 289
Jakubowska A. 493
Jakubowski J. 493
Janik M. 257
Jasiulek D. 289
Jaszczyk Ł. 95
Jendrysik S. 513
Jędruś T. 61
Jura J. 289
Kajzer S. 465
Kalukiewicz A. 281
Kapcia J. 173
Kasza P. 485
Kiercz M. 125
Kipczak P. 281
Konsek R. 437
Korczyński M. 351
Kostrz J.A. 107
Košťál P. 577, 569
Kozieł A. 9
Kozubek A. 485
Koźmiński M. 351
Krawczyk A. 339
Kubín T. 411
Kulinowski P. 485
Kurpiel W. 437
Kuska J. 257
Latos M. 541, 555
Lubryka J. 211
Lubryka M. 211
Łowkis Z. 145
Macierzyński D. 61
Małecki J. 27
Marcińczyk M. 201
Marianowski J. 281, 421
Markowicz J. 243
Matyga J. 465
Mazurkiewicz A. 201
Maźnio S. 317
Michalak D. 81
Mikuła S. 257, 541, 555
Mueller Ch. 351
Myszkowski M. 529

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Neruda J. 411
Neumann K. 363
Nienhaus K. 363
Nowak P. 583
Opielka K. 211
Perek B. 421
Piecha A. 541
Pieczora E. 9
Piętowski T. 303
Plchová A. 411
Płaczek G. 173
Prostański D. 201, 455
Rogala-Rojek J. 541, 555
Rubacha P. 485
Rusinek J. 339
Ryszka L. 443, 455
Sanocki T. 107
Siegmund M. 443
Skrabaka M. 257
Sobieraj M. 155
Stankiewicz K. 201, 289, 329, 513
Stasiak I. 61
Szczygieł M. 125
Szczygłowska M. 201
Ściegienka P. 317
Świeczak P. 257
Tokarczyk J. 201, 401
Trenczek S. 37
Turewicz A. 401
Velíšek K. 569, 577
Warcholik M. 363
Warzecha M. 541, 555
Winkler T. 51, 201
Wojtas M. 257
Wolny S. 145
Woszczyński M. 513
Zasadni W. 339
Zingsheim M. 363
Zygmunt A. 125

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

STRESZCZENIA

Działania Instytutu Techniki Górniczej KOMAG wspierające Wyższy Urząd Górniczy w zakresie zwiększenia bezpieczeństwa pracy załóg górniczych

Antoni Kozieł, Edward Pieczora

Przedstawiono działania ITG KOMAG wspierające Wyższy Urząd Górniczy w zakresie bezpieczeństwa pracy w górnictwie. Omówiono uprawnienia Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej ITG KOMAG, a następnie proces oceny stanu technicznej sekcji obudowy zmechanizowanej w oparciu o Załącznik 4 Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 25 marca 2010 r. Zaprezentowano działalność rzeczoznawczą ITG KOMAG w zakresie stosowania różnych typów sekcji obudowy zmechanizowanej oraz doboru obudowy szybowej, wlotów szybowych, obudowy wyrobisk o przekroju powyżej 30 m^2 oraz obudowy kotwowej. Podano przykłady rozwiązań maszyn i urządzeń górniczych opracowanych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG poprawiających bezpieczeństwo pracy.

Współpraca ITG KOMAG z Wyższym Urzędem Górniczym na przykładzie badań i oceny wyrobów w procesie ich dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych

Andrzej Figiel, Jan Małecki

Zadania realizowane przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG w wielu obszarach wpisują się w misję Wyższego Urzędu Górniczego polegającą na dążeniu do poprawy bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia górników, optymalnego zagospodarowania złóż kopalin oraz ograniczenia uciążliwości oddziaływania górnictwa na ludzi i środowisko. W rozdziale zaprezentowano współpracę obu instytucji w zakresie badań i oceny wyrobów w procesie ich dopusz-

SUMMARY

Activities of the KOMAG Institute of Mining Technology supporting the State Mining Authority in increase of work safety of mine teams

Antoni Kozieł, Edward Pieczora

Activities of the KOMAG Institute of Mining Technology supporting the State Mining Authority in shaping the work safety in the mining industry are presented. Authorizations gained by the KOMAG Division of Attestation Tests, Certifying Body and then assessment process of technical condition of powered roof support basing on Annex 4 of the Decree of the Minister of Economy of 25 March 2010, are discussed. KOMAG's expertise activity as regards use of different types of powered roof supports and selection of shaft support, support of shaft inlets, support of workings of cross-section area over 30 m^2 and bolting supports are presented. Examples of the mining machines and equipment developed at the KOMAG Institute of Mining Technology, which improve work safety, are given.

Collaboration of the KOMAG Institute of Mining Technology with the State Mining Authority on the example of tests and assessment of products during the process of their approval for use in the mining plants

Andrzej Figiel, Jan Małecki

Tasks realized by the KOMAG Institute of Mining Technology in many fields are part of mission of the State Mining Authority aiming at improvement of work safety and protection of miners' health, optimal management of deposits of minerals and reduction of unfavourable impact of mining industry on people and environment. Collaboration of both institutions as regards tests and assessment of products during the process of their approval for use in mining

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

czania do stosowania w zakładach górniczych oraz w ramach systemu oceny zgodności, której rezultaty przyczyniającą się do kształtowania bezpieczeństwa pracy w górnictwie.

Systemowa ocena potencjalnego niebezpieczeństwa w rejonie ściany na podstawie poziomu występujących zagrożeń naturalnych

Stanisław Trenczek

Przedstawiono statystykę wypadków zaistniałych w polskich kopalniach węgla kamiennego, mających bezpośredni związek z zagrożeniami naturalnymi. Omówiono istotę informatycznego systemu wspomagania decydentów w podejmowaniu działań prewencyjnych, bazującego na danych charakteryzujących pokład węgla i rejon ściany pod kątem poziomu zagrożeń określonego zaliczeniami i klasyfikacją oraz określanego na bieżąco w trakcie prowadzonego ruchu ściany. Szczegółowo przedstawiono sposób oceny potencjalnego niebezpieczeństwa w rejonie ściany wynikającego z występujących tam wszystkich zagrożeń. Przedstawiono przykład takiej oceny dla rejonów ścian kopalń Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A., Katowickiego Holdingu Węglowego S.A. i Kompanii Węglowej S.A. dokonanej w ramach projektu strukturalnego.

Metody i technologie wspomagające kształtowanie bezpieczeństwa w środowisku pracy w górnictwie

Teodor Winkler

Kształtowanie bezpieczeństwa pracy, w tym także w górnictwie, opiera się na stosowaniu racjonalnych metod i przydatnych narzędzi. ITG KOMAG, wspierając misję WUG, bierze czynny udział w ich rozwoju. Obejmują one swoim zakresem cały cykl życia systemów mechanicznych i wyrobisk górniczych. Prace te adresowane są do wszystkich uczestników procesów zachodzących w górnictwie. Stąd bierze się duża różnorodność opracowa-

plants as well as within the system for assessment of conformity, results of which contribute to creation of work safety in the mining industry, is presented.

Comprehensive assessment of potential hazard in the longwall area considering the level of natural hazards

Stanisław Trenczek

Statistics of accidents in the Polish hard coal mines, which are directly associated with natural hazards, is presented. The information system aiding decision makers in undertaking preventive measures, which is based on data characterizing coal seam and longwall area as regards exposure to hazards, is discussed. Method for assessment of potential hazard in the longwall area is presented in details. Example of such assessment for longwall areas in Jastrzebska Coal Company, JSC, Katowicki Coal Holding, JSC and Coal Company, JSC made within the structural project, is given.

Methods and technologies aiding creation of safety in work environment in the mining industry

Teodor Winkler

Creation of work safety, including work safety in the mining industry, bases on rational methods and useful tools. KOMAG Institute of Mining Technology, supports the mission of the State Mining Authority by taking an active part in a development of such methods and tools. They refer to the entire lifecycle of mechanical systems and mine workings. The project is addressed to all participants of the processes in the mining industry. Hence, there is a lar-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

nych metod i narzędzi. Są one dzielone w społeczności zróżnicowanej pod względem kwalifikacji i kompetencji oraz rozproszonej w skali globalnej. Odpowiadają one na wyzwania, przed którymi ta społeczność stoi:
- ograniczenia w dostępie do zasobów wiedzy,
- problemy komunikacji i bariery kulturowe i językowe na drodze upowszechniania bezpiecznych metod pracy.

W rozdziale dokonano przeglądu wybranych metod i narzędzi oraz omówiono rozwiązania poprawiające komunikację i dzielenie zasobów wiedzy.

ge variety of already developed methods and tools. They are shared in a community, which is differentiated as regards qualifications and competences as well as dispersed in a global scale. They are the answer to the following challenges that the community face:
- limitations in access to knowledge resources,
- communication problems as well as cultural and language barriers in dissemination of safe work methods.

Selected methods and tools are reviewed and solutions improving communication and share of knowledge resources are discussed.

Rola urządzeń zasilających w organizacji bezpieczeństwa eksploatacji maszyn i urządzeń górniczych

Ireneusz Stasiak, Tadeusz Jędruś, Dariusz Macierzyński

Omówiono wymagania związane z bezpieczeństwem eksploatacji, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowania w obwodach głównych urządzeń zasilających uziemników szybkich oraz zastosowania elektronicznej techniki cyfrowej w zabezpieczeniach.

Role of supply equipment in organization of safety of mining machines and equipment exploitation

Ireneusz Stasiak, Tadeusz Jędruś, Dariusz Macierzyński

The requirements as regards operational safety, with special attention paid to use of supply equipment of earthing switches in main circuits and use of electronic digital technology in protection equipment, are discussed.

Komputerowo wspomagane kształtowanie bezpiecznych warunków pracy w górnictwie - Centrum Kształtowania Kompetencji

Dariusz Michalak

Przedstawiono analizę aktualnie stosowanych metod i form szkoleniowych. Na podstawie zidentyfikowanych potrzeb w zakresie wspomagania procesów szkoleniowych autor prezentuje koncepcję Centrum Kształtowania Kompetencji – CKK, która stanowi platformę integrującą opracowywane w ITG KOMAG materiały szkoleniowe. Opisano przykład implementacji CKK.

Computer aided shaping the safe work conditions in the mining industry – Centre for Shaping the Competences

Dariusz Michalak

Analysis of training methods and forms, which are used at present, is given. The author presents a concept of the Centre for Shaping the Competences (CKK) on the basis of identified needs as regards aiding the training processes. CKK is a platform, which integrates training materials developed at the KOMAG Institute of Mining Technology. Example of CKK implementation is presented.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Szkolenia pracowników transportu górniczego z zastosowaniem technologii informacyjno-komunikacyjnych

Łukasz Jaszczyk

Przedstawiono metodę prowadzenia szkoleń pracowników zakładów górniczych, z wykorzystaniem technologii informacyjno-komunikacyjnych. Opisywana metoda bazuje na koncepcji ruchomego stanowiska szkoleniowego. Pozwala na prowadzenie szkoleń z zastosowaniem technologii wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości w ośrodku szkolenia, u producenta, jak również u użytkownika maszyny. Dzięki zastosowaniu technologii informacyjno-komunikacyjnych możliwe jest zwiększenie zaangażowania uczestników szkolenia w proces nauczania, zwiększając tym samym możliwości zapamiętywania treści kształcenia przekazywanych w trakcie szkolenia.

Trainings of mine transportation staff with use of information-communication technologies

Łukasz Jaszczyk

A method for conducting the training of workers of mining facilities, with use of ICT is presented in the article. The presented method is based on a concept of mobile training stand. It allows conducting training with use of Augmented Reality technology and Virtual Reality technology in a training center, at manufacturer's facility and at user's facility. Increasing of engagement of trainees which causes increased possibility of knowledge acquisition is possible to gain due to the use of ICT.

Głębienie szybu w zawodnionym górotworze o niskich parametrach wytrzymałościowych skał na przykładzie szybu 1 – Bzie JSW S.A. KWK „Borynia – Zofiówka"

Ludwik Fiutka, Jan A. Kostrz, Tomasz Sanocki

Przedstawiono problemy związane z głębieniem szybu w warunkach zawodnionego górotworu o niskich parametrach wytrzymałościowych.

Shaft sinking in watered rock mass of low strength parameters on the example of shaft 1 – BZIE Jastrzębska Coal Company, JSC "Borynia-Zofiowka" Colliery

Ludwik Fiutka, Jan A. Kostrz, Tomasz Sanocki

Problems associated with shaft sinking in conditions of watered rock mass of low strength parameters are presented.

Współczesne urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej górniczych wyciągów szybowych – bezpieczeństwo, nowoczesność, ergonomia

Adam Zygmunt, Mariusz Kiercz, Marek Szczygieł

Modernizacje górniczych wyciągów szybowych, dokonane przez ich użytkowników w ostatnich latach, w znacznym stopniu obejmowały urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej. Pozytywnie zweryfikowano proponowane kierunki rozwoju urządzeń sygnalizacji szybowej, podkreślając ich

State-of-the-art devices for signalization and shaft communication in mine shaft hoists – safety, innovation, ergonomics

Adam Zygmunt, Mariusz Kiercz, Marek Szczygieł

Modernizations of mine shaft hoists, which were made by their users within last years, included devices for shaft signalization and communication. Suggested trends of development of shaft signalization devices are positively verified and their innovative character, use of avai-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

nowoczesność, wykorzystanie zastosowanych w ich budowie współcześnie dostępnych środków technicznych, znaczące zwiększenie bezpieczeństwa ruchu górniczych wyciągów szybowych po wprowadzeniu zmian, uwzględnienie ergonomii budowy stanowisk sygnalizacyjnych. Przedstawiono również problemy techniczne i zagadnienia, istotnie związane z eksploatacją wyciągów szybowych i urządzeń transportu specjalnego, wciąż oczekujące na rozwiązanie i wprowadzenie do stosowania w podziemnych zakładach górniczych.

lable technical means for their building, significant increase of operational safety of shaft hoists after the changes and including the ergonomics of building the signalization stands are emphasized. Technical problems and issues, which are closely connected with use of shaft hoists and special transportation devices that are still waiting for the solution and implementation in underground mining plants, are also presented.

Propozycje nowych metod wyznaczania obciążeń i naprężeń w elementach nośnych naczynia i zbrojenia w aspekcie poprawy bezpieczeństwa eksploatacji górniczych wyciągów szybowych

Stanisław Wolny, Zbigniew Łowkis

Przedstawiono nową metodę wyznaczania obciążeń elementów nośnych konstrukcji górniczego urządzenia wyciągowego, w aspekcie wyciągowego wykorzystania do ich projektowania metody stanów granicznych. Wykorzystując określone według zaproponowanej metody, obliczeniowe wartości obciążeń wybranych elementów nośnych urządzenia wyciągowego metodą elementów skończonych (MES) wyznaczono (w formie graficznej) panujący w nich stan naprężenia. Efektem końcowym, tak ukierunkowanych analiz, będzie wyznaczenie trwałości zmęczeniowej (dopuszczalnego czasu eksploatacji) konkretnych elementów konstrukcyjnych urządzenia wyciągowego.

Suggestions as regards new methods for determination of loads and stresses in carrying components of the conveyance and steelworks in the aspect of improvement of safety of mine shaft hoists operation

Stanisław Wolny, Zbigniew Łowkis

New method for determination of loads to the carrying components of mine hoisting equipment is presented in the aspect of use of boundary conditions method for designing these components. Stresses in the components were determined (in a graphical form), using the loads of selected carrying components of hoisting equipment calculated with use of the Finite Elements Method (FEM). Determination of fatigue life (permissible time of operation) of design components of hoisting equipment will be the final effect of analyses.

Zautomatyzowany kompleks ścianowy w KWK „Pniówek" – wyposażenie, automatyzacja, wizualizacja – wybrane zagadnienia

Bartosz Bukowiecki, Marek Sobieraj, Ryszard Hylla

Przedstawiono wybrane zagadnienia związane z procesem automatyzacji i wizua-

Automated longwall system in "Pniowek" Colliery – equipment, automation, visualization – selected problems

Bartosz Bukowiecki, Marek Sobieraj, Ryszard Hylla

Selected problems associated with automation and visualization of operation

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

lizacji pracy maszyn i urządzeń kompleksu ścianowego. Zaprezentowano wyposażenie kompleksu oraz przedstawiono możliwości i ogólne zasady pracy systemu, przystosowywującego maszyny i urządzenia do zautomatyzowanego trybu pracy. Opis działania i wyposażenia systemu odniesiono, przede wszystkim do zakresu tematycznego związanego z sekcjami obudowy zmechanizowanej. Podano również najistotniejsze informacje odnośnie pozostałych maszyn i urządzeń zainstalowanych w wyrobisku ścianowym.

of longwall system machines and equipment are presented. Components of the system is shown and possibilities and general rules of operation of the system, which adapts machines and equipment to automated mode of operation, are given. Description of operation and equipment of the system mainly refer to powered roof support. Moreover, most significant information as regards the rest of machines and equipment installed in a longwall panel is also given.

Zbrojenie i eksploatacja ściany G-4 pokład 412 wyposażonej w najwyższy kompleks ścianowy w Polsce w warunkach KWK „Borynia-Zofiówka" Ruch Zofiówka

Augustyn Holeksa, Grzegorz Płaczek, Jarosław Adamek, Jacek Kapcia

Przedstawiono działania jakie podjęto w KWK „Borynia-Zofiówka" Ruch Zofiówka dla rozpoczęcia eksploatacji grubych pokładów na pełną ich miąższość oraz okoliczności i podstawy podjęcia przełomowej dla kopalni decyzji o zakupie najwyższego jak dotąd kompleksu ścianowego w Polsce. Opisano również etap zbrojenia ściany oraz prowadzoną eksploatację wraz jej uwarunkowaniami wentylacyjnymi i geologiczno-górniczymi.

Equipping and mining the G-4 longwall panel, seam 412 with the highest longwall system in Poland in "Borynia-Zofiowka" Ruch "Zofiowka" Colliery

Augustyn Holeksa, Grzegorz Płaczek, Jarosław Adamek, Jacek Kapcia

Activities undertaken in "Borynia-Zofiowka" Ruch Zofiowka Colliery to start mining of thick seams for full range of thickness are given. The paper presents circumstances and bases of making crucial decision about the purchase of so far the highest in Poland longwall system. It also describes the stage of longwall equipping and mining with its ventilation and geological-and-mining conditions.

Kompleks Mikrus – nowa technologia wybierania pokładów niskich

Jan Dziura

Omówiono nowe rozwiązania konstrukcyjne innowacyjnego wydajnego systemu ścianowego do wybierania niskich pokładów węgla z wykorzystaniem głowicy urabiająco-ładującej i integralnie z nią związanego przenośnika ścianowego. Przedstawiono również podstawowe parametry techniczne poszczególnych urządzeń kompleksu. Omówiono technologię eksploatacji zapewniającą wysokie wydobycie przy zachowaniu bezpieczeństwa załóg górniczych,

Mikrus system – new technology for mining the low seams

Jan Dziura

New designs of innovative efficient longwall system for mining the low coal seams with use of cutter-loading head connected with AFC, are discussed. Main technical parameters of each device of the system are also presented. Mining technology, which ensures high output, at maintaining the safety of mine teams despite their limited ability to operate the system due to small dimensions analysis of working, is discussed. Plans associated

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

mimo ograniczonej gabarytami wyrobiska, zdolności tych załóg do sprawnej obsługi systemu. Przedstawiono plany związane z wdrożeniem kompleksu do eksploatacji.

Tworzenie innowacyjnego rozwiązania kombajnu ścianowego do urabiania pokładów niskich. Projekt realizowany w ramach inicjatywy IniTech

Teodor Winkler, Michał Marcińczyk, Zdzisław Budzyński, Andrzej Mazurkiewicz, Dariusz Prostański, Krzysztof Stankiewicz, Magda Szczygłowska, Jarosław Tokarczyk

Przedstawiono założenia i cele projektu pt.: „Innowacyjne rozwiązania maszyn wydobywczych podnoszące bezpieczeństwo energetyczne kraju" (akronim INERG), realizowanego w ramach Przedsięwzięcia „IniTech" przez konsorcjum naukowo-przemysłowe, w skład którego wchodzą: Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Zabrzańskie Zakłady Mechaniczne S.A. oraz KOPEX Technology Sp. z o.o. Koordynatorem projektu jest ITG KOMAG. Projekt jest dofinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Wdrożenie i wykorzystanie nowej generacji systemów sterowania kompleksów wydobywczych EH-Wall Control produkcji KOPEX Electric Systems SA w KWK „Jas-Mos"

Mieczysław Lubryka, Fryderyk Duda, Sebastian Berger, Jan Lubryka, Karol Opielka

Nowoczesne systemy sterowania zapewniają realizację prostych, jak i skomplikowanych funkcji sterowniczych procesów przemysłowych oraz dostarczają mechanizmy umożliwiające monitoring procesu oraz jego szybką diagnostykę. Wykorzystanie zaawansowanych technologii informatycznych na potrzeby kompleksów wydobywczych umożliwia lepsze dostosowanie systemów eksploatacji do panujących pod ziemią warunków oraz pozwala na spełnienie coraz bardziej rozległych wymagań technicznych

with implementation of the system are also presented.

Creation of innovative solution of longwall shearer for mining the low seams. Project realized within IniTech Initiative

Teodor Winkler, Michał Marcińczyk, Zdzisław Budzyński, Andrzej Mazurkiewicz, Dariusz Prostański, Krzysztof Stankiewicz, Magda Szczygłowska, Jarosław Tokarczyk

Assumptions to the project "Innovative solutions of mining machines increasing the national power safety" (acronym: INERG), which is realized by scientific-and-industrial consortium consisting of the following organizations: KOMAG Institute of Mining Technology, KOPEX Machinery S.A. and KOPEX Technology Ltd., are presented. KOMAG is coordinator of the project. The project is realized within "IniTech" initiative financed by the National Centre for Research and Development.

Implementation and use of EH-Wall Control control systems of new generation for mining systems manufactured by KOPEX Electric Systems S.A. in "Jas-Mos" Colliery

Mieczysław Lubryka, Fryderyk Duda, Sebastian Berger, Jan Lubryka, Karol Opielka

State-of-the-art control systems enable realization of simple as well as complicated control functions of industrial processes and provide mechanisms enabling monitoring of the process and its quick diagnostics. Use of advanced information technologies in mining systems enables better adaptation of operational systems to the underground conditions and it enables to meet higher technical requirements set to such installations. Optimisation of processes algorithms and

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

stawianym takim instalacjom. Optymalizacja algorytmów procesów oraz sposobu ich realizacji na potrzeby automatyzacji kompleksów wydobywczych daje widoczne korzyści każdego dnia z czego w pełni korzysta załoga KWK „JasMos" poprzez wykorzystanie systemów EH-WallControl.

Transport poziomy w kopalniach Kompanii Węglowej S.A.

Leszek Doległo, Łucjan Gajda

Omówiono środki transportu stosowane w wyrobiskach o nachyleniu do 45º, pod kątem dalszej modernizacji systemów transportu. Szczególną uwagę poświęcono możliwości przewozu osób, kolejkami podwieszonymi i spągowymi, jednostkami przewozu kołowego, a także przenośnikami taśmowymi. Przedstawiono zamierzone kierunki rozwoju systemów transportu w kopalniach, a także plany unowocześnienia transportu w kopalniach Kompanii Węglowej S.A.

Porównanie wskaźnika nośności stropu "g" oraz współczynnika dociążenia "n_{tz}" dla modernizowanych i zakupionych obudów zmechanizowanych (na przykładzie Kompanii Węglowej S.A.)

Jan Gil

Przedstawiono kształtowanie się podporności zmechanizowanej obudów ścianowych eksploatowanych i przewidzianych do zakupu w zależności od oczekiwanego wskaźnika nośności stropu "g" oraz współczynnika dociążenia "n_{tz}". Analizę odniesiono do doświadczeń własnych KW ZRP-Bieruń na podstawie stanu zagadnienia Kompanii Węglowej S.A.

method for their realization for automation of mining systems gives visible effects, and the team of "Jas-Mos" Colliery takes advantage of them by using the EH-WallControl systems.

Horizontal transportation in mines of Coal Company, JSC

Leszek Doległo, Łucjan Gajda

Transportation means used in workings of inclination up to 45° are discussed as regards further modernization of the transportation systems. Special attention is paid to the possibilities of transportation of people by suspended monorail and floor-mounted railway, wheeled transportation machines as well as belt conveyors. Planned directions of development of transportation systems in mines and plans for modernization of transportation in mines of Coal Company, JSC are presented.

Comparison of load capacity of roof "g" and load factor "n_{tz}" for modernized and purchased mechanized roof support.(based on Kompania Węglowa S.A.)

Jan Gil

The paper presents forming of load capacity of roof in mechanized roof support which is exploited and planned to be purchased, depending on the expected load capacity of roof "g" and load factor "n_{tz}". The analysis is referred to experiments conducted by self at the coal mining ZRP-Bieruń and based on state issues of Kompania Węglowa S.A.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Analiza wytężenia elementów połączenia przegubowego sekcji obudowy zmechanizowanej z uwzględnieniem lokalnych odkształceń trwałych

Józef Markowicz, Marcin Gancarczyk

Przedstawiono modele obciążenia elementów połączenia przegubowego i przeanalizowano wpływ przyjmowanych uproszczeń na wynik obliczeń wytrzymałościowych. Uwzględniając specyfikę połączeń przegubowych sekcji obudowy zmechanizowanej przedstawiono wybrane wyniki obliczeń MES elementów połączenia przegubowego łącznika przedniego ze spągnicą. Uwzględniono nieliniowe charakterystyki materiałowe. Przeanalizowano wpływ luzu pomiędzy uchem i sworzniem na stan wytężenia elementów połączenia przegubowego.

Analysis of effort of articulated joints in powered roof support and permanent local deformations

Józef Markowicz, Marcin Gancarczyk

Models of loads to articulated joint components are presented and impact of assumed simplifications on the result of strength calculations is analyzed. Selected results of FEM calculations for the components of articulated joint between front link and base are presented, including specificity of articulated joints of powered roof support. Non-linear material characteristics are used. Impact of clearance between ear and bolt on effort of components of articulated joint is analyzed.

Sterowanie elektrohydrauliczne DOH-Matic w kontekście przeprowadzonych wdrożeń i automatyzacji pracy obudowy zmechanizowanej

Sławomir Mikuła, Marek Wojtas, Michał Skrabaka, Mirosław Janik, Piotr Świeczak, Jerzy Kuska, Krzysztof Fitowski

Przedstawiono system elektrohydraulicznego sterowania sekcjami obudowy zmechanizowanej DOH-Matic stanowiący podstawę do budowy zautomatyzowanego kompleksu ścianowego. Zaprezentowano sprzętowe i programowe rozwiązanie konstrukcyjne systemu, umożliwiające wprowadzanie obudowy zmechanizowanej w różne rodzaje automatycznego trybu pracy. Przedstawiono również doświadczenia oraz wnioski z przeprowadzonych wdrożeń systemu w podziemnych wyrobiskach górniczych oraz osiągnięte efekty, umożliwiające zwiększenie wydajności wydobycia z zachowaniem wymaganego bezpieczeństwa pracy.

DOH-Matic electrohydraulic control system in the context of implementation and automation of operation of powered roof support

Sławomir Mikuła, Marek Wojtas, Michał Skrabaka, Mirosław Janik, Piotr Świeczak, Jerzy Kuska, Krzysztof Fitowski

DOH-Matic system for electrohydraulic control of powered roof supports, which is the basis for building the automated longwall system, is presented. Hardware and software design solution of the system, which enables operation of powered roof support in different automatic operational modes, is given. Experiences and conclusions from implementations of the system in underground mine workings and obtained results, which enable increase of output maintaining the required work safety, are also presented.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Wybrane problemy konfiguracji układu zasilania hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej

Daniel Chlebek

Na przykładzie konfiguracji układu sterowania hydraulicznego opracowanej w ITG KOMAG i wdrożonej ostatnio w jednej z kopalń, przedstawiono zagadnienie montowania zaworu przelewowego na magistrali spływowej oraz problem regulacji natężenia przepływu w gałęziach zasilających siłowniki hydrauliczne (problematykę modyfikacji układu hydraulicznego podsumowano doświadczeniami ruchowymi).

Selected problems of configuration of hydraulic supply system in powered roof support

Daniel Chlebek

The problem of installation of overflow valve on a main and the problem of control of flow intensity in pipelines supplying hydraulic cylinders are presented on the example of configuration of hydraulic control system developed at the KOMAG Institute of Mining Technology and recently implemented in the mine (operational data summarize the problem of modification of the hydraulic system).

Metodyka modelowania i wyniki badań symulacyjnych zaworu bezpieczeństwa dla siłowników obudów zmechanizowanych dużej podporności

Antoni Kalukiewicz, Jan Marianowski, Piotr Kipczak

Przedstawiono metodykę badań numerycznych zaworu bezpieczeństwa dla obudów zmechanizowanych dużych podporności, dla warunków zagrożenia wstrząsem górotworu. Przedstawioną konstrukcję poddano analizie w programie Ansys Fluent. Zaprezentowano przykładowe wyniki badań.

Methodology for modelling and results of simulation tests of safety valve for the cylinders of powered roof supports of high load bearing capacity

Antoni Kalukiewicz, Jan Marianowski, Piotr Kipczak

Methodology for numerical tests of safety valve for powered roof supports of high load bearing capacity, for conditions of rock mass burst hazard, is presented. Presented design of safety valve is analyzed in Ansys Fluent programme. Exemplary tests results are presented.

System sterowania rozproszonego maszyn górniczych

Jerzy Jura, Sławomir Bartoszek, Jerzy Jagoda, Dariusz Jasiulek, Krzysztof Stankiewicz

ITG KOMAG prowadzi prace rozwojowe dotyczące układu sterowania rozproszonego przeznaczonego do zabudowy w maszynach górniczych. Projektowane układy bazują na magistrali CAN, wykonanej jako obwód iskrobezpieczny. Zastosowanie struktury rozproszonej oraz iskrobezpiecznej magistrali CAN posiada szereg zalet opisanych w niniejszym rozdziale. Przedstawiono moduły opracowywane w ramach

Dispersed control system in mining machines

Jerzy Jura, Sławomir Bartoszek, Jerzy Jagoda, Dariusz Jasiulek, Krzysztof Stankiewicz

KOMAG Institute of Mining Technology carries out research projects on a dispersed control system designed for installation in mining machines. Designed systems are based on Controller Area Network (CAN), which is made as an intrinsically safe circuit. The use of dispersed structure and intrinsically safe CAN has many advantages, which are described. Modules developed within the projects

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

prowadzonych prac oraz przykładowe połączenia z iskrobezpiecznymi czujnikami i przetwornikami. Ponadto omówiono konfiguracje układów sterowania z redundancją magistrali CAN, w odniesieniu do maszyn górniczych o podwyższonej niezawodności.

Wykorzystanie magistrali CAN w układach sterowania maszyn górniczych na przykładzie ciągnika podwieszonego GAD-1.

Tomasz Piętowski

Opracowanie przedstawia specyfikację magistrali CAN oraz możliwości jej zastosowania w nowoczesnych układach sterowania oraz monitorowania maszyn górniczych. Przedstawiono elementy umożliwiające zastosowanie układów sterownia opartych o interfejs CAN w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Jako przykład nowoczesnego systemu sterowania maszyną górniczą, łączącego elementy nieiskrobezpieczne oraz elementy stosowane w atmosferze wybuchowej, zaprezentowany został układ sterowania ciągnika akumulatorowego kolei podwieszanej typu GAD-1.

Zintegrowany system monitorowania i wizualizacji procesów technologicznych

Sylwester Maźnio, Tomasz Gamrat, Piotr Ściegienka

Eksploatacja współczesnych systemów monitorowania i wizualizacji procesów technologicznych wymaga zastosowania nowoczesnych, szybkich i bezpiecznych systemów transmisji danych oraz oprogramowania służącego do wspomagania decyzji organizacyjnych pracy działu energomaszynowego. Rozdział przedstawia sposób budowania inteligentnego, skalowalnego oraz łatwego w rozbudowie zintegrowanego systemu monitorowania i wizualizacji procesów technologicznych z wykorzystaniem platformy DEMKop.

and exemplary connections with intrinsically safe sensors and converters are presented. Moreover, configuration of control systems with redundancy of CAN is discussed, referring to the mining machines of increased reliability.

Use of Controller Area Network (CAN) in control systems of mining machines on the example of GAD-1 suspended drivetrain

Tomasz Piętowski

Specification of Controller Area Network (CAN) and possibilities of its use in state-of-the-art systems for control and monitoring of mining machines are given. Components enabling use of control systems based on CAN interface in the areas threatened by explosion hazard are presented. Control system of battery drivetrain of GAD-1 suspended monorail is presented as the example of state-of-the-art control system of mining machine, which combines non-intrinsically safe components and components used in explosive atmosphere.

Integrated system for monitoring and visualization of technological processes

Sylwester Maźnio, Tomasz Gamrat, Piotr Ściegienka

Use of current systems for monitoring and visualization of technological processes requires application of state-of-the-art, quick and safe data transmission systems and software programme aiding organizational decisions as regards work in energomachinery department. Method for building the intelligent, scalable and easy to be extended integrated system for monitoring and visualization of technological processes with use of DEMKop platform is presented.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Koncepcja metody samoorganizacji złożonego systemu komunikacyjnego do zastosowań w górnictwie

Krzysztof Stankiewicz

Zaprezentowano koncepcję metody umożliwiającej samoorganizowanie się złożonych struktur monitoringu i transmisji danych w jednolite ciągi komunikacyjne tworzące wirtualne, niezawodne medium transmisyjne. Systemy bazujące na podobnych technikach odznaczają się dużą odpornością na awarie oraz dynamiczną, samoistną zmianą struktury sprzętowej lub programowej, adaptującej się do zmiennych warunków pracy. Ze złożonymi strukturami komunikacyjnymi w górnictwie można spotkać się zarówno w przypadku transmisji głosowej, jak i transmisji danych pochodzących z układów monitoringu lub sterowania maszyn. Opisywana metoda samoorganizacji struktury wieloagentowej przygotowywana jest przede wszystkim z myślą o implementacji innowacyjnego systemu monitoringu krążników przenośników taśmowych.

Concept of the method for self-organization of complex communication system o be used in the mining industry

Krzysztof Stankiewicz

A concept of the method enabling self-organization of complex structures for monitoring and data transmission in uniform communication lines, which create virtual and reliable transmission medium, is presented. Systems, which base on similar technologies, are highly resistant to the failures and they can change by themselves the hardware and software structure in a dynamic way, adapting it to changeable operational conditions. Complex communication structures can be met in the mining industry both in the case of voice transmission and transmission of data from the systems of monitoring and control of machines. Described method for self-organization of multi-agent structure is prepared mainly for implementation of innovative monitoring system of belt conveyors rollers.

Zastosowanie cyfrowego systemu łączności BeckerCom oraz systemu do lokalizacji i monitoringu MineTracer w górnictwie węglowym

Andrzej Krawczyk, Józef Rusinek, Wojciech Zasadni

System cyfrowy BeckerCom wprowadza nową jakość w bezprzewodowej łączności głosowej, komunikacji bez szumów i zakłóceń zewnętrznych. System lokalizacji i identyfikacji MineTracer określa w czasie rzeczywistym miejsce przebywania załogi, oraz maszyn i urządzeń w wyrobiskach. Powyższe rozwiązania zostały zastosowane w górnictwie w dwu kopalniach węgla kamiennego. Wprowadzenie wymienionych systemów w znacznym stopniu poprawia bezpieczeństwo pracującej załogi w kopalni.

Use of BeckerCom digital communication system and MineTracer system for localization and monitoring in the coal mining industry

Andrzej Krawczyk, Józef Rusinek, Wojciech Zasadni

BeckerCom digital system introduces new quality in wireless voice communication, communication without external noise and interferences. MineTracer system for localization and identification determines in real time the position of team, machines and equipment in the working. The above solutions were used in the mining industry in two hard coal mines. Implementation of the mentioned systems significantly improves the safety of team working in the mine. Use of telecommunication solutions in monitoring of materials and personnel and in realization of mining tasks.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Wykorzystanie rozwiązań telekomunikacyjnych w monitoringu materiałów i personelu oraz w realizacji zadań górniczych

Christoph Mueller, Michał Koźmiński, Mateusz Korczyński

Przedstawiono nowoczesne urządzenia służące telekomunikacji w warunkach kopalni podziemnej. Opisano zasady tworzenia infrastruktury sieciowej, wykorzystywane w niej materiały oraz techniki, określając wcześniej założenia oraz problemy, którym musi sprostać. Podano przykłady urządzeń sieciowych dostosowanych do pracy w ciężkich warunkach, takich jak dołowa stacja bazowa, telefon, pager oraz mobilna brama sieciowa. Wskazano technologię RFID jako mającą praktyczne uzasadnienie metodę monitoringu przepływu materiałów. Ostatnią część poświęcono oprogramowaniu do wizualizacji oraz standardowi IREDES uzupełniającym sprzętowe elementy sieci. W rozdziale posłużono się przykładowymi produktami firmy Minetronics GmbH.

Use of telecommunication solutions in monitoring of materials and personnel and in realization of mining tasks

Christoph Mueller, Michał Koźmiński, Mateusz Korczyński

The document presents the modern devices for underground mining telecommunication. The rules of developing network infrastructure, material and techniques were described. The real product examples prepared for harsh environment, such as mining infrastructure computer, phone, pager and mobile machine gateway, are illustrated. It is claimed that RFID technology is the most useful technology for material tracking. The last part of the document characterizes visualization software and the IREDES standard, which complete the network hardware. In the article, the Minetronics' GmbH products are used as examples.

Przegląd technologii sensorowych stosowanych w górnictwie

Karl Nienhaus, Kai Neumann, Jan Berg, Martin Hahn, Manuel Warcholik, Moritz Zingsheim

Technologie czujników stały się niezwykle ważne w przemyśle jako elementy automatyzacji procesów technologicznych stosowane w różnych układach sensorycznych. W związku ze specjalnymi wymogami tj. szkodliwym oddziaływaniem na środowisko w zastosowaniach w górnictwie, nie wszystkie ogólnodostępne technologie są dopuszczalne. Jakkolwiek to właśnie w przemyśle górniczym, ze względu na trudne warunki, automatyzacja oraz odpowiednie technologie oczujnikowania prowadzą do wzrostu wydobycia oraz bezpieczeństwa pracy. Opisano dostępne technologie w tym

Survey of Sensor Technologies for Mining Applications

Karl Nienhaus, Kai Neumann, Jan Berg, Martin Hahn, Manuel Warcholik, Moritz Zingsheim

Sensor technologies have gained high importance in industrial applications as automation and safety features can be implemented with a variety of sensing devices. Due to the special requirements, e. g. the adverse environmental conditions in mining applications, not all generally used technologies are applicable. However, especially in these harsh environments automation and safety systems using the appropriate sensor technology leads to high productivity, effectiveness and safety. This paper gives a broad overview of available and emerging sensor technologies currently available. The

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

zakresie oraz te, które są projektowane. Skoncentrowano się na czujnikach wieloparametrowych, które eliminują pojedyncze czujniki np. czujniki ciśnienia, temperatury, momentu obrotowego itp. Zakres omawianej technologii obejmuje sprawdzone już systemy, a także nowe rozwiązania, które pojawiły się w ciągu ostatnich pięciu lat i które nie są związane z poprzednimi rozwiązaniami. Po określeniu podstawowych reguł fizycznych przedstawiono kluczowe wymagane cechy oraz czynniki ograniczające, takie jak np. zasięg, penetracja materiału, dokładność itp. Każda technologia została oceniona pod kątem zastosowania w górnictwie i zdolności do realizowania określonych zadań np. pozycjonowanie, wykrywanie materiału, odwzorowanie otoczenia. Oceniono w skrócie dostępność każdej z technologii. Dokonano także klasyfikacji pod kątem możliwości ich zastosowania w górnictwie, co powinno pomóc badaczom i klientom w wyborze odpowiedniej technologii potrzebnej do realizacji ich zadań.

focus is set on “multi-dimensional”-sensors, which exclude simple sensors e.g. torque-, pressure- or temperature-sensors. The covered technology-range comprises long-term proven systems as well as novel technologies which emerged in the past few years and are presented uncoupled from particular applications. After an assessment of the basic physical principles, key-features as well as possible limiting factors (e.g. range, material penetration, accuracy) of each technology are exposed. Each technology is evaluated according to its applicability to mining in general and its aptitude for specific tasks, e.g. positioning, material detection and environmental imaging. Additionally, the availability of each technology is briefly assessed. A classification concerning their possible usage in mining applications is provided and should aid researchers and customers in choosing the appropriate technology for the realization of their automation projects.

Metoda pozycjonowania górniczych maszyn mobilnych w wyrobiskach korytarzowych

Sławomir Bartoszek

Przedstawiono metodę określania bieżącego położenia i orientacji maszyn mobilnych w górniczym wyrobisku korytarzowym na przykładzie kombajnu chodnikowego. Proponowana metoda stanowi podstawę do opracowania autonomicznego systemu pozycjonowania kombajnu chodnikowego, jako podstawowego elementu adaptacyjnego systemu sterowania maszyną górniczą, bazującego na zjawiskach falowych. Rozwiązanie systemu pozycjonowania umożliwi wprowadzenie maszyn pracujących bezobsługowo. Problematyka publikacji jest częścią szerszego programu działań podjętych w ITG KOMAG, które mają na celu opracowanie nowoczesnych, bezpie-

Method for positioning of mobile mining machines in roadways

Sławomir Bartoszek

Method for determination of current position and orientation of mobile machines in a mine roadway is presented on the example of roadheader. Suggested method is the basis for development of autonomous system for positioning of roadheader as the main component of adaptive control system of mining machine, which is based on wave phenomena. The design of positioning system will enable to implement the machines operating automatically. The publication is a part of wider programme of projects undertaken at KOMAG, which aim at development of state-of-the-art, safe and intelligent machines and equipment limi-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

cznych i inteligentnych maszyn i urządzeń, ograniczających do niezbędnego minimum liczbę osób pracujących w warunkach występujących zagrożeń.

System wspomagania projektowania transportu kopalnianego Safe Trans Design

Jarosław Tokarczyk, Marek Dudek, Andrzej Turewicz

Omówiono system wspomagania projektowania transportu kopalnianego STD (Safe Trans Design), opracowany w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG. System dedykowany jest dla pracowników działów Przygotowania Produkcji i Działów Górniczych kopalń. Przedstawiono ogólną charakterystykę systemu oraz przedstawiono jego poszczególne moduły tematyczne. Szczegółowo omówiono moduł obliczeń trakcyjnych oraz moduł konfiguracji zestawu transportowego. W końcowej części przedstawiono koncepcję integracji systemu STD z systemami informatycznymi, które obecnie są rozbudowywane w spółkach węglowych.

Nowe rozwiązania stacji przesypowych przenośnikow taśmowych dla górnictwa podziemnego

Horst Gondek, Anna Plchová, Tomáš Kubín, Jiří Neruda, Leo Boháč

W ubiegłym roku po raz pierwszy w kopalniach OKD a.s. wprowadzono nowy typ stacji przeładunkowej przenośnika taśmowego. Opiera się ona na zasadzie, że transportowany materiał zamiast uderzać w taśmę i rolki spada na listwy tłumiące, które zapewniają tłumienie uderzenia i tłumienie odbicia. Opisano budowę stacji przeładunkowej i korzyści jej zastosowania na podstawie zdobytego doświadczenia ruchowego oraz oceniono korzyści związane z bezpieczeństwem pracy.

ting to the minimum the number of people working in hazardous conditions.

Safe Trans Design system aiding designing of mine transportation

Jarosław Tokarczyk, Marek Dudek, Andrzej Turewicz

Safe Trans Design (STD) system aiding designing of mine transportation, which was developed at the KOMAG Institute of Mining Technology, is discussed. The system is designed for the personnel of Production Preparation Departments and Mining Departments in mines. General characteristics of the system and its thematic modules are presented. Module of traction calculations and module of configuration of transportation system are discussed in details. A concept of integration of STD system with the information systems, which are currently installed in coal companies, is presented in the final part of the paper.

The new solution transfer stations conveyors in underground mines

Horst Gondek, **Anna Plchová**, **Tomáš Kubin, Jiři Neruda, Leo Boháč**

Last year, for the first time in the mines OKD, a.s. appeared at a new type of belt conveyors transfer point stations that are based on the fact that the transported materialimpact on us instead of a conveyor belt and rollers, falls on impact bars, we ensure thatthe impact energy damping and rebound damping as well as the rock from the conveyor belt. The article made transfer point station, including a description of benefits and operating experience gained with this device and evaluate its safety and health at work.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

Ocena funkcjonowania wiertnicy ROC F6 pracującej w warunkach Kopalni „Dubie"

Jan Marianowski, Bogdan Perek

Przedstawiono ocenę stopnia wykorzystania wiertnicy ROC F6 pracującej w kopalni surowców skalnych. Podano krótką charakterystykę robót wiertniczo-strzałowych realizowanych w kopalni dolomitu „Dubie". Sprecyzowano operacje cząstkowe wykonywane przez maszynę podczas wiercenia. Wykonano chronometraże pracy wiertnicy. W oparciu o rezultaty pomiarów określono rzeczywistą wydajność pracy maszyny wiertniczej.

Programowalny iskrobezpieczny transparent optyczny PTI-01

Rafał Konsek, Wojciech Kurpiel, Marcin Gąsior

Przedstawiono innowacyjny programowalny iskrobezpieczny transparent optyczno-akustyczny opracowany w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG we współpracy z firmą SYGNAŁY S.A. Omówiono budowę oraz sposób programowania umożliwiający indywidualne formowanie komunikatu transparentu dla konkretnego zastosowania. Zaprezentowano możliwość zastosowania transparentu, z przedstawieniem jego charakterystycznych funkcji, w szczególności dotyczących pracy w podziemnych wyrobiskach kopalń zagrożonych wybuchem metanu i pyłu węglowego.

System powietrzno-wodnego zraszania na drogach odstawy urobku

Dominik Bałaga, Michał Siegmund, Leszek Ryszka

Przedstawiono środki techniczne do zwalczania zapylenia na drogach odstawy urobku, będące następstwem prac badawczych. Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. Opisano rozwiązanie systemu zraszania VIRGA, dla trzech różnych wa-

Assessment of functionality of ROC F6 drilling jumbo operating in the conditions of "Dubie" Colliery

Jan Marianowski, Bogdan Perek

Assessment of availability of ROC F6 drilling jumbo operating in the raw materials mine is the project objective. A short characteristic of drilling-and-blasting operations in Dubie dolomite mine is given. Individual tasks of machines during drilling operations are specified. Timing of drilling jumbo tasks was made. Real efficiency of drilling jumbo was determined on the basis of measurement results.

Programmable intrinsically safe optical electronic display screen PTI-01

Rafał Konsek, Wojciech Kurpiel, Marcin Gąsior

Innovative programmable intrinsically safe optical electronic display screen PTI-01 developed at the KOMAG Institute of Mining Technology in collaboration with Sygnały, JSC is presented in the paper. Design and programming method enabling individual creation of the message on a display screen for a given application are discussed. Possibilities of use of electronic display screen and its characteristic functions, which especially concern the operation in underground workings in mines threatened by methane and coal dust explosion, are presented.

Air-and-water spraying system on run-of-mine transportation routes

Dominik Bałaga, Michał Siegmund, Leszek Ryszka

The problem of airborne dust on run-of-mine transportation routes and state-of-the-art solutions for dust control developed at the KOMAG Institute of Mining Technology are presented in the paper. A solution of VIRGA spraying system for

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

riantów zabudowy. Zaprezentowano budowę oraz zasadę działania systemu. Określono cechy urządzeń zraszających wykorzystujących mieszaninę powietrzno-wodną do redukcji zapylenia. Omówiono wyniki prób stanowiskowych oraz doświadczenia z wdrażania urządzeń zraszających typu VIRGA w KWK „Brzeszcze".

Badania skuteczności redukcji zapylenia powietrzno-wodnym systemem VIRGA na drogach odstawy urobku

Dariusz Prostański, Leszek Ryszka

Przedstawiono efekty zwalczania zapylenia z użyciem systemu zraszania VIRGA zastosowanego na przesypach przenośników taśmowych i przenośnika zgrzebłowego, zgodnie z wymaganiami położenia frontu eksploatacyjnego. Dokonano oceny skuteczności działania zastosowanego systemu w warunkach eksploatacyjnych. Analiza wyników pomiarów zapylenia wykazała, że system zraszania VIRGA osiągnął skuteczność redukcji frakcji pyłu respirabilnego ok. 80% oraz całkowitego ok. 70%.

Nowoczesne elementy konstrukcyjne maszyn i urządzeń z zastosowaniem poliuretanu lub kompozytów na osnowie poliuretanu typu PUGA®

Stanisław Kajzer, Jan Matyga

Rosnące wymagania eksploatacyjne (bardziej wytrzymały, bardziej odporny, lepszy) oraz konkurencja rynkowa (tańszy) wymuszają na producentach stosowanie najnowocześniejszych, wysokojakościowych materiałów (inżynieria materiałowa). Stanowią one podstawę konstrukcyjną każdego powstającego detalu oraz elementu części maszyn, zastępując klasyczne – powszechnie znane metale, ceramikę, gumę itp. Konkurencyjne produkty mogą powstać tylko wtedy, jeżeli do wymagań jakie stawiane są nowoczesnym konstrukcjom wprzęgnięta zostaje najnowsza metodologia projektowania i optymalizacji konstrukcji,

three different variants of its installation is described. Design and principle of operation of the system are presented. Features of the spraying equipment, which uses compressed air (mixed with water) for dust control, are determined. Results of stand tests and experience from implementation of VIRGA spraying equipment in "Brzeszcze" Colliery are discussed.

Assessment of effectiveness of dust control with use of air-and-water system VIRGA on run-of-mine transportation routes

Dariusz Prostański, Leszek Ryszka

Results of dust control with use of VIRGA spraying system are presented in the paper. VIRGA sprinklers were used at transfer points of belt conveyor and flight bar conveyor, according to the requirements and position of mining front. Effectiveness of dust control was assessed. Analysis of measurements of dust concentration showed that the VIRGA spraying system reduced the respirable dust by about 80% and total dust by about 70%.

State-of-the-art components of machines and equipment made of PUGA® polyurethane or polyurethane composites

Stanisław Kajzer, Jan Matyga

Increasing operational requirements (more durable, more resistant, better) and market competition (cheaper) forcing most manufacturers to use high quality materials (materials science). They are the foundation of every emerging detail design, component parts of machines, replacing the classic – a well-known metals, ceramics, rubber, etc. Competitive products can be created only if the requirements we set harnessed modern design is the newest design methodology and design optimization, materials and technologies of their receipt, including the results of field tests under real conditions.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

materiałów i technologii oraz ich otrzymania, łącznie z wynikami badań eksploatacyjnych w warunkach rzeczywistych. Warunkiem podstawowym jest skuteczna współpraca zespołów naukowo-badawczych, produkcyjnych i klientów – bezpośrednich użytkowników produktów. W pracy przedstawiono przykłady i wyniki takiej współpracy w obszarze zastosowań poliuretanu lub kompozytów na osnowie poliuretanu typu PUGA®.

The basic condition is effective teamwork scientific – research, production and customers – direct users of the products. This paper presents examples and the results of such cooperation in the area of application of polyurethane or polyurethane composites such PUGA®.

Pomiary przemysłowe wpływu typu rdzenia taśmy przenośnikowej na stan obciążenia krążników

Piotr Kulinowski, Piotr Kasza, Piotr Rubacha, Adam Kozubek

Przedstawiono stanowisko badawcze oraz wyniki pomiarów przemysłowych obciążenia krążników, przeprowadzonych na przenośniku PIOMA 1400 zabudowanym między upadową odstawczo-transportową a zakładem przeróbczym KWK „Marcel". Uzyskane rezultaty porównano z wynikami pomiarów przeprowadzonych uprzednio na podobnej konstrukcji przenośnika, ale wyposażonego w taśmę o zupełnie odmiennej konstrukcji rdzenia. Uzyskane przebiegi zmiany sił obciążających krążniki, w funkcji wypełnienia przekroju niecki taśmy urobkiem, wykorzystano do wstępnej weryfikacji metod obliczania stanu obciążenia zestawów krążnikowych zaimplementowanych w programie komputerowym QNK-TT.

Industrial measurements of impact of conveyor belt core type on load of rollers

Piotr Kulinowski, Piotr Kasza, Piotr Rubacha, Adam Kozubek

Test stand and the results of industrial measurements of load of rollers carried out on PIOMA 1400 conveyor installed between haulage-and-transportation incline and processing plant of Marcel Colliery are presented. Obtained results were compared with the results of measurements taken previously on a similar conveyor but equipped with a belt of totally different core design. Moreover, obtained time curves of forces loading the rollers in a function of filling the cross-section of belt trough with run-of-mine were used for initial verification of the methods in the QNK-TT programme for calculation of load condition of rollers systems.

Błędy pomiarowe występujące w trakcie badań urządzeń energomechanicznych pracujących w zakładach górniczych

Jerzy Jakubowski, Agnieszka Jakubowska, Bronisław Biel

W zakładach górniczych jednym z podstawowych elementów ciągu technologicznego wydobycia kopalin są urządzenia wyciągowe. Zgodnie z obowiązującymi przepisami corocznie oraz raz na trzy lata urządzenia te podlegają badaniom wykonanym przez rzeczoznaw-

Measuring errors during the tests of energomechanical devices operating in mining plants

Jerzy Jakubowski, Agnieszka Jakubowska, Bronisław Biel

Hoisting machines are one of the basic components of minerals extraction technological line in mining plants. According to the regulations, which are in force, some of the machines are tested by the experts every year, and some of them once per three years. Remarks and

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

ców. W rozdziale przedstawiono uwagi i spostrzeżenia wynikające z fragmentu badań urządzeń wyciągowych wykonywanych przez pracowników Ośrodka Pomiarów i Automatyki Przemysłu Węglowego SA oraz ELPRO-7 Sp. z o.o. w Zabrzu. Analizę zagadnienia wykonano przy współpracy i koordynacji z pracownikami Politechniki Śląskiej – Wydziału Elektrycznego.

comments resulting from the part of tests of hoisting machines carried out by the personnel of the Centre of Measurements and Automatics of Coal Industry, JSC and ELPRO-7, Ltd. in Zabrze are presented. The problem was analyzed in collaboration and coordination with the employees of the Faculty of Electrical Engineering of the Silesian University of Technology.

Badania układu rekuperacji energii cieplnej

Mariusz Woszczyński, Krzysztof Stankiewicz, Sebastian Jendrysik

Zaprezentowano budowę prototypu układu rekuperacji energii cieplnej. Rekuperator po zabudowaniu w układzie wydechowym silnika spalinowego umożliwia, z zastosowaniem termoogniw półprzewodnikowych, odzyskanie i konwersję energii cieplnej na elektryczną. Przedstawiono budowę stanowiska badawczego, metodę oraz wyniki badań doświadczalnych prototypu rekuperatora, przeprowadzonych w celu weryfikacji parametrów termoogniw oraz określenia wydajności rekuperatora. Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki.

Tests of thermal energy recuperation system

Mariusz Woszczyński, Krzysztof Stankiewicz, Sebastian Jendrysik

Design of a prototype system for thermal energy recuperation is presented. Recuperator, after its installation in a diesel engine exhaust system, enables recovery and conversion of thermal energy into electrical energy. Design of test stand, method and results of experimental tests of recuperator prototype, which were carried out to verify the parameters of thermocouples and to determine recuperator efficiency, are presented. The project was financed by the National Science Centre.

I²MINE „Innowacyjne Technologie i Koncepcje dla Inteligentnej Kopalni Głębinowej Przyszłości" – prezentacja projektu realizowanego w 7. Ramowym Programie Unii Europejskiej

Horst Hejny, Michał Myszkowski

Projekt pod nazwą „Innowacyjne Technologie i Koncepcje dla Inteligentnej Kopalni Głębinowej Przyszłości", ma sprostać wyzwaniom, jakie stawia obecnie branża górnicza. Uwaga skupia się głównie na zagadnieniach technologicznych. Coraz większa część wydobycia będzie prowadzona w kopalniach podziemnych. Złoża surowców mineralnych będą odkrywane coraz głębiej, a to powodować będzie określone problemy. Należy do nich m.in. wzrost ciśnienia górotworu, z czym wiąże się potencjalna

I²MINE "Innovative Technologies and Concepts for the Intelligent Deep Mine of the Future" - the project of the European Union 7th Framework Programme entitled

Horst Hejny, Michael Myszkowski

The project "Innovative Technologies and Concepts for the Intelligent deep Mine of the Future"(I²MINE) will cope with the challenges the mining industry is currently facing. The main focus is on technological issues. An increasing share of the total mining production will be at underground mining. The mineral deposits will be found in gradually greater depths, including all problems associated with it. It involves an increase in strata pressure with subsequent rock stability

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

niestabilność otaczających skał, a także zagrożenia katastrofami górniczymi. Górnictwo głębinowe potrzebuje nowych i bezpiecznych technologii. Dotyczy to prawie wszystkich obszarów i nowoczesnej kopalni, infrastruktury, w tym sieci komunikacyjnej, logistyki i transportu, a także przygotowania kopalni i samego urabiania oraz utrzymania wyrobisk. Aby zastosować podejście pozwalające uzyskać „niewidzialność" kopalni, w ramach projektu I²MINE zostaną rozważone koncepcje wykonywania prac związanych z przeróbką mechaniczną jak najbliżej przodka. Projekt inteligentnej kopalni głębinowej (I²MINE) wyznacza początek serii działań rozwojowych mających na celu zrealizowanie koncepcji „niewidzialnej" kopalni o zerowym oddziaływaniu na otaczające ją środowisko. Sektor wydobywczy, nadal postrzegany jako nienowoczesny i zanieczyszczający w dużym stopniu środowisko naturalne, połączy siły, aby zmienić ten wizerunek i pokazać, że wydobycie i przetwarzanie surowców mineralnych można prowadzić w sposób wysoce innowacyjny, z niewielkim oddziaływaniem pod ziemią i zerowym oddziaływaniem na powierzchni.

problems and risks of structural collapse. There is a need for new and safe technologies for deep underground mining. This need targets at nearly all parts of a modern mine, the infrastructure including the communication network, logistics and transport and will reach up to mine preparation work and the winning operation itself including maintenance. Additionally, the concept of near-to-face preparation will be considered in order to step into an "Invisible Mine" approach. The I²MINE project marks the start of a series of development activities aiming to realise the concept of an invisible, zero-impact mine. The extractive sector, still seen as being old-fashioned and highly environment polluting, will join forces to revise this image showing that minerals extraction and processing can be done in a highly innovative manner with low impact underground and zero impact above ground.

Gospodarka majątkiem przedsiębiorstwa z wykorzystaniem systemu iRIS

Joanna Rogala-Rojek, Mariusz Latos, Aleksander Piecha, Sławomir Mikuła, Michał Warzecha

ITG KOMAG, przy współpracy z firmą ELSTA Sp. z o.o., prowadzi od szeregu lat prace nad systemami informatycznymi, które wspomagają zarządzanie majątkiem w zakładach górniczych. Doświadczenia z wdrażania opracowanych rozwiązań skłaniają do doskonalenia autorskich systemów ewidencji elementów maszyn górniczych, jak również dostosowania rozwiązań do bieżących potrzeb użytkowników. Rozdział poświęcono prezentacji modułów systemu iRIS, którego ideę zaproponowano w roku 2011. System umoż-

Management of enterprise assets with use of iRIS System

Joanna Rogala-Rojek, Mariusz Latos, Aleksander Piecha, Sławomir Mikuła, Michał Warzecha

KOMAG Institute of Mining Technology in collaboration with ELSTA, Ltd. has worked on information systems supporting the management of assets in mining plants for many years. Experience from implementation of developed solutions induces an improvement of the author systems for evidence of components of mining machines as well as adaptation of solutions to the current needs of users. We focused on presentation of modules of iRIS system, idea of which was suggested in 2011. The system enables quick iden-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

liwia szybkie identyfikowanie podstawowych podzespołów maszyn górniczych w warunkach dołowych oraz powierzchniowych, środków trwałych i wyposażenia biur oraz transportu poprzez oznakowanie ich transponderami RFID lub kodami kreskowymi. Opisano przeznaczenie, funkcjonalność oraz sposób integracji poszczególnych modułów w kompleksowy system. Przedstawiono podstawowe założenia zmodyfikowanego systemu i możliwości jego współpracy z nowoczesnymi rozwiązaniami sprzętowymi.

tification of main sub-systems of mining machines in underground and surface conditions, capital assets and equipment of offices as well as transportation by marking them with RFID transponders or barcodes. Destination, functionality and method of integration of modules in a complex system are described. Main assumptions of modified system and possibilities of its cooperation with state-of-the-art hardware solutions are presented.

Zarządzanie flotą wielozadaniowych terminali mobilnych jako niezbędny element efektywnej strategii zarządzania majątkiem trwałym w zakładzie górniczym

Sławomir Mikuła, Michał Warzecha, Joanna Rogala-Rojek, Mariusz Latos

Przedstawiono uniwersalne urządzenia i elementy oprogramowania, stanowiące system spójnego zarządzania majątkiem zakładów górniczych, zlokalizowanym zarówno na powierzchni jak i w wyrobiskach podziemnych. W pierwszej części rozdziału przedstawiono rozwiązanie techniczne urządzeń przenośnych realizujących funkcje logistyczno-inwentaryzacyjne oraz możliwości ich zdalnej rozbudowy, z wykorzystaniem narzędzi do centralnego zarządzania konfiguracją. Druga część przedstawia praktyczne zastosowania zaprojektowanego systemu, możliwości konfiguracji oraz zarządzania na przykładzie pojedynczego zakładu górniczego, jak i grupy wielu zakładów. Przedstawiono szacowane oszczędności oraz wskazano pola, na których można zaobserwować zwiększenie efektywności prowadzonych prac logistyczno-transportowych.

Management of the fleet of multi-task mobile terminals as an indispensable element of effective strategy of capital assets management in a mining plant

Sławomir Mikuła, Michał Warzecha, Joanna Rogala-Rojek, Mariusz Latos

Versatile devices and components of software programme, which make the system for coherent management of capital assets in mining plants localized both on the surface and in underground workings, are presented. Technical solutions of portable devices, which realize logistical-and-inventory functions, and possibilities of their remote extension with use of instruments for central management of configuration are given in the first part of the paper. Practical applications of designed system, possibilities of configuration and management on the example of single mining plant as well as group of many plants are presented in the second part of the paper. Estimated savings are given and fields on which increase of effectiveness of logistical-and-transportation operations can be observed are shown.

Przepływ materiału oraz zmiany technologii w uniwersalnej komorze montażowej

Karol Velíšek, Peter Košťál

Zaprezentowano problemy techniczne związane z różnorodnością sposobu mon-

Material flow and group technology at the flexible cell assembling

Karol Velíšek, Peter Košťál,

Technical difficulties of assembly are given by its heterogeneity. Today assem-

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)

tażu. Obecnie montaż posiada duże możliwości w zakresie automatyzacji. Wiele problemów związanych z automatyzacją montażu może być rozwiązanych za pomocą specjalnie zaprojektowanych urządzeń do montażu. Uniwersalne systemy montażowe służą do realizacji kilku czynności montażowych. Uniwersalne stacje montażowe obsługiwane są zazwyczaj przez roboty przemysłowe.

bly has large reserves in a field of automation. Lot of problems in assembly automation can be solved by specially designed parts for assembly. Flexible assembly systems are available to perform several assembly operations. Flexible assembly workstations are usually operated by industrial robots.

Przepływ materiałów w elastycznej produkcji nie wymagającej dokumentacji

Peter Košťál, Karol Velíšek

Bezawaryjny, efektywny przepływ materiałów zapewniony jest przez odpowiedni przepływ informacji. Przepływ informacji zapewnia możliwość racjonalizacji obiegu materiałów. Jest to najważniejsze zagadnienie w logistyce. Każdy element potrzebnej informacji ułatwia podjęcie właściwej decyzji. Większość problemów logistycznych polega na optymalizacji zarówno przepływu materiałów, jak i przepływu informacji, które można zaadaptować do automatyzacji i mechanizacji operacji transportowych. W projektowaniu przepływów materiałów należy wziąć pod uwagę możliwe ograniczenie operacji transportu i przechowywania materiałów z uwagi na wysokie koszty tych operacji, które i tak nie mają wpływu na szybkość obiegu materiałów.

Material flow in the flexible drawingless manufacturing

Peter Košťál, Karol Velíšek

Failure – free, effectively operations of material flow are provided for information flow. Information flow is depended on rationalization of material flow. It is in central position in logistics. Before all kinds of material movement could be and follows information. Every this steps are necessary to information flow attend and brings that information on that is possible to adopt a decisions. Majority of problem resolution is in the optimization of material and information flow and their application into highest level of automation and mechanization into manipulation and transport processes. In the material flow projecting, here is necessary to know that aim of the project is not transporting and storing material because the price of these operations is high and the material rate is not higher by them.

Sandvik – innowacyjność od 1862 r.

Paweł Nowak

Z okazji 150 lecia istnienia firmy autor przedstawia jej wkład w rozwój przemysłu górniczego. W rozdziale przedstawiono poszczególne dokonania na tle ogólnego rozwoju techniki górniczej.

Sandvik – innovativeness since 1862

Paweł Nowak

On the commemoration of 150th anniversary of the Company the author presents its contribution to the development of the mining industry. Achievements of the Company at the background of general development of mining technology are presented in the paper.

Open Access (CC BY-NC 3.0 PL)