

MASZYNY GÓRNICZE

1/2015

KWARTALNIK NAUKOWO-TECHNICZNY



MASZYNY GÓRNICZE

1(141)2015

Kwartalnik naukowo-techniczny
ROK XXXIII, marzec 2015

Zespół Redakcyjny:

Redaktor Naczelny:

dr inż. Antoni Koziel

Z-ca Redaktora Naczelnego:

dr inż. Edward Pieczora

Sekretarz Redakcji:

mgr inż. Romana Zajac

Redaktor statystyczny:

dr inż. Jarosław Tokarczyk

Redaktor językowy:

mgr Anna Okulińska

Redaktorzy tematyczni:

prof. dr hab. inż. Marek Jaszczyk

prof. dr hab. inż. Adam Klich

prof. dr hab. inż. Zdzisław Kłeczek

prof. dr hab. inż. Aleksander Lutyński

prof. dr inż. Włodzimierz Sikora

dr hab. inż. Stanisław Szweda,

prof. nadzw. w Pol. Śl.

prof. dr hab. inż. Teodor Winkler

Wydawca:

Instytut Techniki Górniczej KOMAG

ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

tel. 32 2374 528

fax 32 2374 304

<http://www.komag.eu>

Redakcja nie zwraca nadsyłanych
artykułów i nie odpowiada za treść
ogłoszeń i reklam.

Wersję papierową wydawanego
kwartalnika należy traktować jako
wersję pierwotną.

Skład i druk:

KOMDRUK-KOMAG Sp. z o.o.

ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

tel.: 32 2374 563

Nakład 180 egz.

PL ISSN 0209-3693

Szanowni Państwo

Postępujący proces automatyzacji procesów przemysłowych związany jest z rozwojem innowacyjnych technologii. Dynamiczny wzrost mocy komputerów, rozwój sztucznej inteligencji, technologie Internetu Rzeczy (ToT), czy technologia maszyna-maszyna (M2M), to tylko część innowacji stwarzających nowe możliwości pracy maszyn oraz ich systemów w sieciach. Coraz szybsze jest gromadzenie i analiza danych telemetrycznych z maszyn oraz urządzeń i gromadzenie ich „w chmurze”.

Również rozwiązania udostępniające „as a service” stają się coraz powszechniejsze. Autonomiczne maszyny będzie cechować umiejętność rozwiązywania specjalistycznych problemów oraz komunikowania się ze sobą, bez udziału człowieka. Nastąpi sprowadzenie wirtualnej rzeczywistości do poziomu fizycznego. Wszystko po to, by zwiększyć szybkość realizowanych funkcji maszyn i sprawnie zarządzać ich cyklem życia (PLM). Usprawni to również proces optymalizacji decyzji zarządczych. Przyszłość, o której mowa, zbliża się szybko.

Czy będzie możliwa w sektorze maszyn i urządzeń dla górnictwa?

W wielu ośrodkach naukowych na świecie trwają intensywne prace nad spełnieniem wizji przyszłości. Ograniczone możliwości finansowania prac naukowych, rozwojowych i wdrożeniowych w Polsce stwarzają barierę w realizacji szybkiego postępu i rozwoju w tym zakresie. Oszczędności nie sprzyjają rozwojowi.

Pozytywnie należy zatem oceniać kreatywność i zapał tych, którzy swoją pracą tworzą innowacyjne rozwiązania maszyn i urządzeń dla górnictwa.

W niniejszym numerze prezentujemy wyniki kolejnych prac naukowych i rozwojowych autorstwa pracowników Instytutu Techniki Górniczej KOMAG zmierzających do opracowania inteligentnych maszyn i urządzeń dla górnictwa.

Mamy nadzieję, że spotkają się one z zainteresowaniem ich producentów oraz użytkowników.

Życząc Państwu przyjemnej lektury zapraszamy jak zwykle do współpracy z redakcją naszego kwartalnika.

Redaktor Naczelny
dr inż. Antoni Koziel

Spis treści	Contents
PROJEKTOWANIE I BADANIA	DESIGNING AND TESTING
Cebula D., Kalita M., Prostański D.: Próby dołowe technologii drążenia tuneli ratowniczych metodą niszczenia spójności skał..... 3	Cebula D., Kalita M., Prostański D.: Underground tests of rescue tunnel driving technology by the method of rock destruction 3
PRZERÓBKA MECHANICZNA	MECHANICAL MINERAL PROCESSING
Bałaga D., Siegmund M.: Systemy do redukcji zapylenia w zakładach przeróbczych..... 8	Bałaga D., Siegmund M.: Systems for control of dust in the processing plants..... 8
NAPĘDY I STEROWANIE	DRIVERS AND CONTROL SYSTEMS
Konsek R., Mężyk A.: Zarządzanie rozpiętością energii w napędzie hybrydowym lokomotywy górniczej – część 1. Algorytm sterowania 16	Konsek R., Mężyk A.: Management of energy distribution in hybrid of mine locomotive – part 1. Control algorithm..... 16
Kaczmarczyk K.: Koncepcja systemu redukcji tlenków azotu z ognioszczelnego napędu spalinowego..... 23	Kaczmarczyk K.: Concept of reduction of nitrogen oxides emission from flameproof diesel engine..... 23
KOMPUTEROWE SYSTEMY STEROWANIA, MONITORINGU I DIAGNOSTYKI	COMPUTER SYSTEMS FOR CONTROL, MONITORING AND DIAGNOSTICS
Jendrysik S., Jasiulek D., Stankiewicz K.: System sterowania ścianowym przenośnikiem zgrzeblowym 29	Jendrysik S., Jasiulek D., Stankiewicz K.: System for control of Armoured Face Conveyor..... 29
Rogał-Rojek J., Piecha A.: Innowacyjne podejście do zarządzania maszynami i urządzeniami górnictwami z wykorzystaniem systemu iRIS 33	Rogał-Rojek J., Piecha A.: Innovative approach to the management of mining machines and equipment with use of iRIS system 33
JAKOŚĆ, CERTYFIKACJA, NORMALIZACJA, ZARZĄDZANIE	QUALITY, CERTIFICATION, STANDARDIZATION, MANAGEMENT
Zajac R., Figiel A.: Badanie i ocena wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych w ramach poszerzonej akredytacji Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej ITG KOMAG 39	Zajac R., Figiel A.: Testing and assessment of products approved to be used in mining plants within extended accreditation of the Division of Attestation Tests, Certifying Body at KOMAG 39
WARTO PRZECZYTAĆ	WORTH TO READ
Opis monografii 45	Monograph description 45
Tematyczny wykaz artykułów opublikowanych w „Maszynach Górniczych” w 2014 r. 47	List of papers published in “Mining Machines” in 2014..... 47
Informacje dla autorów 51	Information for authors 51

Próby dołowe technologii drążenia tuneli ratowniczych metodą niszczenia spójności skał

Streszczenie

W artykule opisano, opracowaną w ITG KOMAG, technologię drążenia tuneli ratowniczych poprzez niszczenie spójności górotworu. Zaprezentowano w niej nowe podejście do zagadnienia drążenia tuneli, szczególnie w warunkach prowadzenia akcji ratowniczych. Do niszczenia spójności skał zaproponowano metodę wykorzystania małych energii. Przedstawiono również wyniki badań dołowych mających na celu sprawdzenie technologii oraz wstępne określenie jej efektywności.

Słowa kluczowe: ratownictwo górnicze, metody drążenia tuneli, niekonwencjonalne urabianie skał

Keywords: mine rescue work, methods of tunnels driving, unconventional rock mining

Summary

Technology of driving the rescue tunnels by destruction of rock mass, developed in KOMAG, is described. New approach to the problem of driving the tunnels, especially during rescue actions is presented. The low-energy method for rock destruction is suggested. The results of underground field tests, aiming at verification of the technology and initial assessment of its effectiveness were also presented.

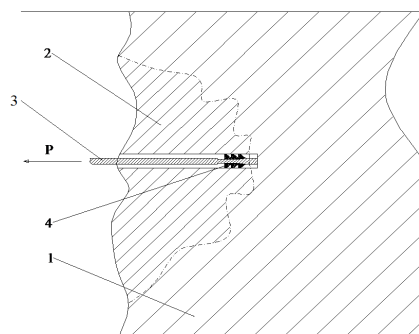
1. Wstęp

Ekstremalnie trudne warunki górniczo-geologiczne oraz ograniczenia przestrzenne i czasowe prowadzenia akcji ratowniczych, praktycznie eliminują możliwość zastosowania konwencjonalnych metod drążenia wyrobisk. Konieczność wydrążenia krótkiego chodnika o niewielkich gabarytach uniemożliwia wprowadzenie mechanizacji, jak również stosowanie materiałów wybuchowych [1]. Urządzenia przeznaczone do takich robót muszą charakteryzować się niewielkimi gabarytami, aby istniała możliwość sprawnego dostarczenia do miejsca prowadzenia akcji ratowniczej. Nie powinny one również stwarzać zagrożenia dla ludzi oraz gwarantować bezpieczeństwa realizowanego procesu. W takich przypadkach często stosuje się jedynie ręczne urabianie za pomocą lekkich młotków pneumatycznych. Jest to jednak nieefektywne i czasochłonne [2] zwłaszcza, gdy czas dotarcia do uszkodzonych, a także wykonanie chodnika ratunkowego o solidnej i stabilnej konstrukcji są niezwykle istotne. Alternatywą jest technologia drążenia tuneli poprzez niszczenie spójności skał z zastosowaniem lekkich i łatwych w transporcie narzędzi ręcznych. Metoda ta jest bezpieczna, gdyż nie zagraża odrzutem urabianych skał i można ją stosować niezależnie od poziomu zagrożenia metanowego. Technologia ta nie powoduje destrukcji górotworu poza ściśle wyznaczoną strefą, co jest jej niezaprzeczalną zaletą. Prace nad technologią drążenia tuneli ratowniczych metodą niszczenia spójności skał prowadzone są w ITG KOMAG w ramach projektu europejskiego INREQ.

2. Metoda niszczenia spójności skał

Technologia drążenia tuneli ratowniczych metodą niszczenia spójności skał, w różnych odmianach, jest znana, jako sposób urabiania skał zwięzłych alternatywny do metod drążenia wyrobisk z zastosowaniem materiałów wybuchowych [3, 5].

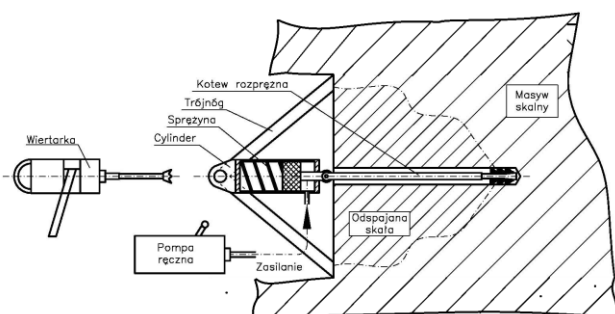
Proponowana przez autorów metoda polega na tym, że w czole urabianego wyrobiska wiercone są otwory, do których wprowadza się urządzenia z elementami rozpięrającymi (rys. 1). Po zaklinowaniu elementu rozpięrającego w dnie otworu, następuje jego wyciąganie, powodujące wyrywanie fragmentu masywu skalnego. Taki sposób drążenia może być mniej energochłonny, gdyż pokonuje wytrzymałość skał na rozciąganie, około dziesięciokrotnie mniejszą od wartości wytrzymałości na ściskanie [3].



Rys. 1. Metoda urabiania poprzez niszczenie spójności skał; 1-masyw skalny, 2-odspojona skała, 3-element wyrywający, 4-element rozpięrający, P – siła wyrywająca [1]

Metoda pozwala wykonywać (drażyć) chodnik o dowolnym przekroju, przy użyciu prostych narzędzi, jakimi są: wiertarka udarowa, kotew, pompa ręczna oraz cylinder hydrauliczny. Można ją stosować zarówno w przypadku skał zwięzłych, jak i łatwo urabialnych, a kierunek drażenia może być dowolny (pionowy, poziomy, skośny). Nie gwarantuje ona dużego postępu robót, jednak umożliwia drażenie wyrobiska ratowniczego praktycznie w każdych warunkach geologicznych.

W metodzie przewiduje się wykorzystanie następujących narzędzi: wiertarka do wykonania otworu wiertniczego, kotew, cylinder hydrauliczny, pompa ręczna oraz podpora nośna (trójnóg) [1].



Rys. 2. Metoda urabiania poprzez niszczenie spójności skał kotwą [1]

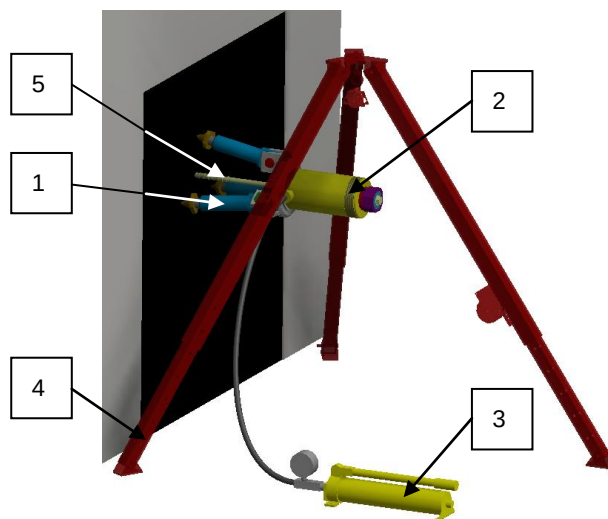
Opis technologii drażenia tuneli ratowniczych z zastosowaniem ww. metody zaprezentowano na rysunku 2. Do wykonanego otworu wprowadzana jest kotwa, której wystający koniec łączy się z końcem drąga tłokowego cylindra. Cylinder mocowany jest poprzez ucho, do podpory nośnej, która rozparta jest o caliznę, poza przewidywaną strefą odszpalenia. Wprowadzenie oleju do nadłokowej części cylindra wywołuje napięcie układu, a następnie wyrwanie skał. Powtarzanie omawianego procesu prowadzi do wydrażenia wyrobiska ratowniczego. Przekrój poprzeczny wyrobiska może być formowany poprzez odpowiednie rozmieszczenie wierconych otworów, a powstające nierówności obrysu wyrobiska mogą zostać usunięte za pomocą młotków udarowych lub ręcznie.

3. Urządzenie do drażenia wyrobisk ratowniczych

W ramach projektu INREQ wykonano urządzenie doświadczalne przeznaczone do badań technologii drażenia metodą niszczenia spójności skał. Urządzenie (UDWR-1) składa się z następujących elementów (rys. 3):

- podpora nośna (1),
- cylinder hydrauliczny (2),
- pompa ręczna (3),
- statyw (4),
- kotew (5).

Niezbędnym wyposażeniem dodatkowym do drażenia wyrobiska jest wiertarka oraz żerdź z koronką.



Rys. 3. Model 3D urządzenia do drażenia wyrobisk ratowniczych UDWR-1 [źródło: opracowanie własne]

Drażenie za pomocą omawianego urządzenia polega na wywierceniu otworu oraz zakotwieniu w nim kotwy. Następnie za pomocą statywu, na którym zawieszona jest podpora nośna z cylindrem hydraulicznym, następuje mocowanie kotwy do cylindra hydraulicznego.

Po wstępnym rozparciu podpory nośnej za pomocą cylindra, można zluźnić linę statywu i za pomocą pompy ręcznej zwiększać ciśnienie w cylindrze, aż do wyrwania kotwy, wraz z odszpaloną skałą. Na rysunku 4 pokazano urządzenie podczas drażenia wyrobiska.



Rys. 4. Urządzenie drażące wyrobisko ratunkowe [4]

4. Badania dołowe

Próby wrywania calizny skalnej, za pomocą urządzenia UDWR-1, przeprowadzono w warunkach dołowych w kopalni Guido, w Zabrze, w wyrobisku kamiennym (piaskowiec). Celem prowadzonych badań było sprawdzenie technologii drażenia wyrobiska metodą niszczenia spójności skał oraz wstępne określenie jej efektywności. Przed przystąpieniem do prób dokonano pomiaru twardości skały za pomocą sklerometru Schmidta. Zmierzone wartości twardości skały wynosiły 32-37 MPa.

W ramach prób sprawdzano możliwości wykorzystania dwóch typów kotew produkcji Hilti: wkręcanych typu HMS-MX oraz samopodcinających dno otworu typu HDA-P (rys. 5).

a)

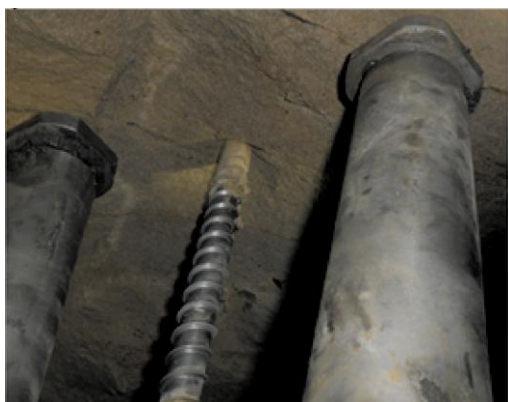


b)



Rys. 5. Kotwy produkcji Hilti;
a) wkręcane HMS-MX, b) samopodcinające HDA-P [4]

a)



b)



Rys. 6. Wrywanie (wyciąganie) kotew HMS-MX
a) kotew w trakcie wrywania,
b) kotew HMS-MX po wyciągnięciu z otworu [4]

W ramach prowadzonych badań wykonano próby wrywania calizny skalnej kotwami wkręcanych typu HMS-MX. Próby dały wyniki negatywne. W każdej z prób, gwint nacięty w skałę ulegał zniszczeniu i kotew wysuwała się z otworu (rys. 6).

Próby wrywania skał z zastosowaniem kotew rozprężnych HDA-P wykazały, że jest możliwe wrywanie calizny skalnej w formie regularnych stożków. Wrywanie calizny skalnej przy użyciu kotwy samopodcinającej HDA-P pokazano na rysunku 7.



Rys. 7. Wrywanie calizny skalnej przy użyciu kotwy samopodcinającej HDA-P [4]

Przykładowy, wyrwany stożek skalny pokazano na rys. 8, a na rys. 9 ocios z wyrwanym fragmentem skał.



Rys. 8. Wyrwany stożek skalny [4]



Rys. 9. Ocios z wyrwanym fragmentem skał [4]

W trakcie badań osadzano kotwy na różnej głębokości i rejestrowano dane niezbędne do określenia parametrów urabiania. Sporządzano również dokumentację fotograficzną oraz filmową obrazującą poszczególne czynności wykonywane w wyrobisku. Rejestrowano parametry ciśnienia oraz wymiary geometryczne wyłomu skalnego powstałego w wyniku wyrwania kotwi.

Badania pozwoliły na określenie czasu poszczególnych czynności w trakcie drążenia urządzeniem UDWR-1:

- wiercenie otworu – ok. 1 min,
- osadzanie kotwy typu HDA-P – ok. 2 min,
- mocowanie UDWR-1 – ok. 8 min,
- wyrwanie – średnio około 5 min.

Czas wyrwania skały był bardzo zróżnicowany (średni czas „od zabioru do zabioru” wyniósł 15 min 30 s). Na podstawie zmierzonych wymiarów podstawy i głębokości wyrwania, które można określić jako stożek eliptyczny, obliczono średnią objętość wyrwanej skały (dla wszystkich prób średnia wyniosła 0,012 m³).

Analiza wyników badań pozwoliła na podział głębokości kotwienia na grupy:

grupa I – średnia głębokość kotwienia ok. 0,17 m (tabela 1),

grupa II – średnia głębokość kotwienia ok. 0,19 m (tabela 2),

grupa III – średnia głębokość kotwienia ok. 0,23 m (tabela 3).

Wyniki wyrwania calizny skalnej - grupa I [4]

Tabela 1

Głębokość kotwienia [m]	Ciśnienie maks. [MPa]	Głębokość wyrwania [m]	Wymiary podstawy wyrwania [m]		Pole powierzchni podstawy wyrwania [m ²]	Czas operacji [min]	Objętość wyrwania [m ³]
			pionowo	poziomo			
0,14	12	0,12	0,92	0,62	0,448		0,018
0,16	15	0,03	0,13	0,32	0,327		0,003
0,16	15	0,12	0,6	0,4	0,188		0,075
0,17	12	0,09	0,35	0,35	0,962	15	0,003
0,18	14	0,14	0,54	0,71	0,301	14	0,014
0,18	12	0,13	0,43	0,42	0,142	14	0,006
0,18	21	0,14	0,55	0,70	0,302	17	0,014
0,185	10	0,125	0,24	0,40	0,754	15	0,003
Średnia	13,87	0,111	0,47	0,49	0,198	15	0,008

Wyniki wyrwania calizny skalnej - grupa II [4]

Tabela 2

Głębokość kotwienia [m]	Ciśnienie maks. [MPa]	Głębokość wyrwania [m]	Wymiary podstawy wyrwania [m]		Pole powierzchni podstawy wyrwania [m ²]	Czas operacji [min]	Objętość wyrwania [m ³]
			pionowo	poziomo			
0,19	11	0,16	0,5	0,7	0,275	13	0,015
0,19	14	0,11	0,5	0,57	0,224	14	0,008
0,19	22	0,15	0,86	0,53	0,358		0,019
0,19	10	0,19	0,65	1,5	0,766	12	0,048
0,19	8	0,19	0,65	0,3	0,153	12	0,009
0,19	24	0,11	0,5	0,8	0,314	19	0,012
0,19	12	0,13	0,5	0,6	0,236	14	0,01
0,19	21	0,15	0,65	0,55	0,28	18	0,014
0,19	8	0,16	0,6	0,5	0,236	12	0,012
Średnia	14,44	150	601,11	672,22	0,316	14,5	0,016

Wyniki wyrywania calizny skalnej - grupa III [4]

Tabela 3

Głębokość kotwienia [m]	Ciśnienie maks. [MPa]	Głębokość wyrwania [m]	Wymiary podstawy wyrwania [m]		Pole powierzchni podstawy wyrwania [m ²]	Czas operacji [min]	Objętość wyrwania [m ³]
			pionowo	poziomo			
0,195	28	0,145	0,2	0,45	0,707	15	0,003
0,2	18	0,15	0,45	0,36	0,127	15	0,006
0,2	24	0,15	0,6	0,78	0,367	17	0,018
0,2	22	0,15	0,57	0,51	0,228	16	0,014
0,2	21	0,18	0,45	0,6	0,212	14	0,013
0,21	27	0,15	0,53	0,43	0,179	24	0,009
0,21	8	0,19	0,7	0,56	0,308	20	0,019
0,25	10	0,18	0,5	0,6	0,236	5	0,014
0,25	20	0,15	0,6	0,6	0,283	16	0,014
0,26	19	0,08	0,4	0,5	0,157	23	0,004
0,26	23	0,17	0,55	0,65	0,281	15	0,016
0,265	25	0,125	0,4	0,36	0,113	16	0,005
0,265	8	0,210	0,5	0,6	0,236	17	0,016
Srednia	19,46	0,156	0,496	0,538	0,215	16,5	0,012

Dokonane obliczenia wskazują, że głębokość kotwienia ma znaczący wpływ na efektywność technologii. W warunkach, w których prowadzono próby, największą średnią objętość wyrwania uzyskano przy głębokości kotwienia ok. 0,19 m (0,016 m³), w tej grupie uzyskano też najniższy średni czas operacji (14,5 min). W przypadku zmiany geometrii podpory nośnej należy ponownie przeprowadzić próby mające na celu wyznaczenie optymalnej głębokości kotwienia.

5. Podsumowanie

Technologia drążenia wyrobisk korytarzowych metodą niszczenia spójności skał jest alternatywą dla obecnie stosowanych technologii drążenia wyrobisk ratowniczych. Ze względu na bezpieczeństwo urabiania, technologia może być stosowana w trakcie prowadzenia górniczych akcji ratowniczych. Nie powoduje ona odrzutu skał i może być stosowana niezależnie od stopnia zagrożenia metanowego.

Podstawowe zalety opracowanej technologii to:

- bezpieczne stosowanie w warunkach zagrożenia wyrzutami skał, zagrożenia metanowego oraz przy niestabilnym górotworze,
- urabianie bez destrukcji górotworu wokół wyrobiska,
- możliwość stosowania w przypadku występowania skał zwiezłych,
- niski poziom mechanizacji.

Technologia drążenia tuneli ratowniczych metodą niszczenia spójności skał jest rozwiązaniem nowatorskim, lecz wymaga jeszcze dalszych badań oraz doskonalenia zastosowanych rozwiązań technicznych,

jak również jej organizacji. Przeprowadzone badania potwierdziły, że jest możliwe drążenie opracowaną metodą oraz wskazały kierunki rozwoju technologii poprzez modyfikację urządzeń mechanicznych. W ramach projektu INREQ planowane są kolejne badania, z wykorzystaniem kotew dedykowanych do tej technologii, oraz ze zmodernizowaną podporą nośną. Kolejne badania będą prowadzone w innym, niż dotychczas, przodku kamiennym. Pozwolą zatem na sprawdzenie technologii w odmiennych do dotychczasowych warunkach górniczo-geologicznych.

Literatura

1. Kalita K.; Prostański D.: Technologia drążenia tuneli ratowniczych metodą niszczenia spójności skał. Przegląd Górniczy 2012 nr 12 s. 86-91.
2. Klich A. i inni: Niekonwencjonalne techniki urabiania skał, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1998.
3. Krauze K. i inni: Wybrane problemy eksploatacji węgla i skał zwiezłych. Katedra Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych AGH, Kraków 2009.
4. Drwięga A. i inni: Sprawozdanie za rok 2014 z realizacji projektu INREQ ITG KOMAG. Gliwice 2014 (materiały nie publikowane).
5. Prostański D. i inni: Niekonwencjonalny sposób urabiania skał poprzez niszczenie spójności górotworu. Koncepcja nowego sposobu urabiania skał poprzez niszczenie spójności górotworu ITG KOMAG. Gliwice 2009 (materiały nie publikowane).

Artykuł wpłynął do redakcji w lutym 2015 r.

Systemy do redukcji zapylenia w zakładach przeróbczych

Streszczenie

W artykule przedstawiono rozwiązanie systemu „PASAT” opracowane przez ITG KOMAG i wykonane przez Firmę FIW ELEKTRON S.C. Rozwiązanie przeznaczone jest do redukcji zapylenia wytwarzanego na przesypach przenośników. System omówiony został na przykładzie dwóch wdrożonych odmian PASAT oraz PASAT-W. Dla każdej odmiany szczegółowo przedstawiono miejsce instalacji, budowę i zasadę działania oraz parametry techniczne systemu.

Summary

PASAT solution developed in KOMAG and manufactured by FIW ELEKTRON S.C. is presented. This solution is intended to reduce concentration of airborne dust generated on the conveyor's transferring points. The system is discussed on the example of two implemented versions: PASAT and PASAT-W. Technical parameters of the systems, principle of operation and place for its installation are given for each version.

Słowa kluczowe: zraszanie, redukcja zapylenia, pył, zakłady przeróbcze

Keywords: water spraying, dust control, dust, processing plants

1. Wprowadzenie

Problematyka zwalczania zapylenia w zakładach przeróbczych kopalń węgla, jest istotna ze względu na ilość generowanego pyłu, mogącego powodować choroby płuc u pracowników. Doświadczenia zdobyte podczas wdrażania systemów redukcji zapylenia typu BRYZA [3] oraz ORKAN [2], pozwoliły na opracowanie systemu redukcji zapylenia w zakładach przeróbczych o nazwie PASAT. Idea rozwiązania opiera się na izolowaniu miejsc generowania pyłu, od otaczającej je przestrzeni. Dostosowywanie systemu do warunków zabudowy, pozwala na powszechne stosowanie go także w innych gałęziach przemysłu. W artykule omówiono budowę, zasadę działania oraz efekty wdrożenia systemu.

2. Miejsce zabudowy

System zraszania PASAT zabudowano w zakładach przeróbczych kopalń KWK Bolesław Śmiały oraz KWK Mysłowice-Wesoła. Wymagało to indywidualnego podejścia do problemu powstawania zapylenia oraz przystosowania systemu do miejsc zabudowy, jak i wymagań użytkowników w zakresie funkcjonalności instalacji.

Pierwsze urządzenie zraszające typu PASAT wdrożono w zakładzie przeróbczym KWK Bolesław Śmiały, na wysypie z kruszarki WUB-100 (rys. 1). Opadający urobek z kruszarki zlokalizowanej na wyższym poziomie, kierowany był na przenośnik zgrzebłowy, a następnie do trzech otworów zsykowych w ciągu przenośnika zgrzebłowego.



Rys. 1. Obudowa przesypu z kruszarki WUB-100 [7]

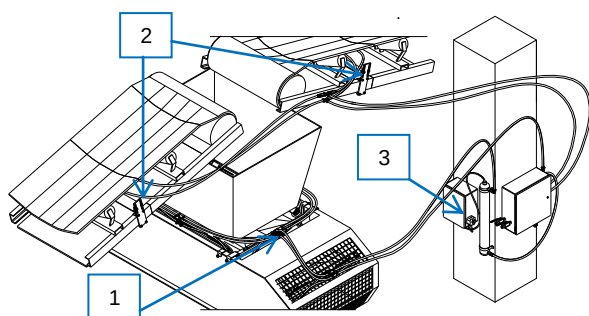


Rys. 2. Obudowany przesyp przenośnika stalowo-członowego nr U-101C [7]

Drugi z systemów zraszających, typu PASAT-W, wdrożono w zakładzie przeróbczym KWK Mysłowice-Wesoła. Miejscem zabudowy były przesypy z przenośników stalowo-członowych o numerach U-101B oraz U-101C (rys. 2), na przenośniki taśmowe. Budowa systemu umożliwia jego łatwą przebudowę, również na przesypy przenośników o numerach U-101A oraz U-101D.

3. Opis i zasada działania systemu PASAT

System zraszania PASAT [5], przeznaczony jest do zabudowy wokół przesypów z kruszarek na linię transportową (rys. 3). Rozwiązanie to wyposażone jest w zespół zraszający 1, składający się z pięciu baterii zraszających, tworzących strumień mgły wodnej. Krople wyrzucanych dynamicznie strumieni, łączą się z pyłem znajdującym się w powietrzu i osadzają go na przenośniku. System wykorzystuje sprężone powietrze, które ogranicza zużycie wody, potrzebnej do redukcji występującego zapylenia. Powietrzno-wodny układ pracuje przy niskich wartościach ciśnienia ($0,20 \div 0,40$ MPa) wody oraz sprężonego powietrza ($0,20 \div 0,40$ MPa), co pozwala na jego zasilanie w wodę i sprężone powietrze bezpośrednio z kopalnianej magistrali, bez konieczności stosowania dodatkowych pomp lub sprężarek [4]. Zespół zraszający 1 zasilany jest z zespołu zasilająco-sterującego 3, w skład którego wchodzi: układ zasilania elektrycznego, układ zasilania w media robocze, a także sterylizator typu UV25. System sterowany jest za pomocą zespołu czujników nadawy 2, samoczynnie wykrywających ruch jednego z dwóch przenośników dostarczających urobek do kruszarki.

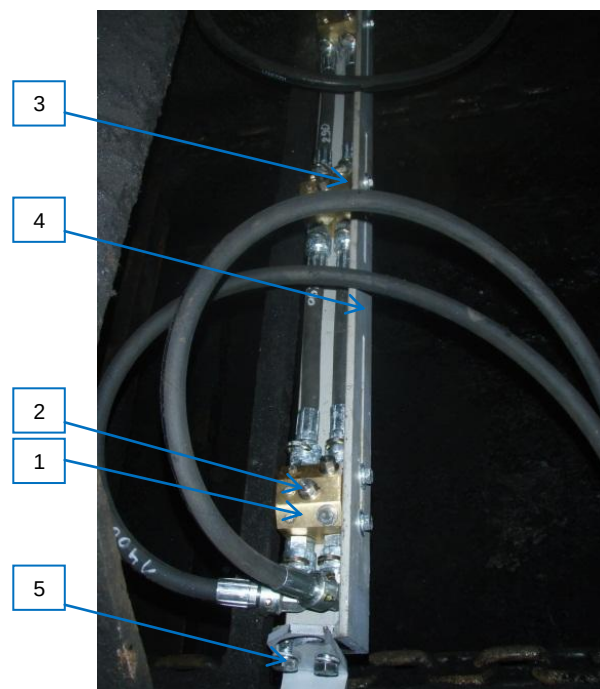


Rys. 3. System zraszania dla zakładów przeróbczych w odmianie PASAT [5]

Zespół zraszający składa się z pięciu baterii (rys. 4), z których cztery usytuowane są wokół obudowy przesypu. Piąta bateria zabudowana jest w pobliżu kraty rewizyjnej obudowy przesypu i skierowana jest przeciwnie do kierunku przepływającego powietrza.

Bateria zraszająca, w zależności od miejsca zabudowy, wyposażana jest w różnej liczbie w: korpusy zasilające 1, dysze powietrzno-wodne 2, korki zaślepiające 3, zespół kątownika 4 oraz układ regulacji kierunku zraszania 5.

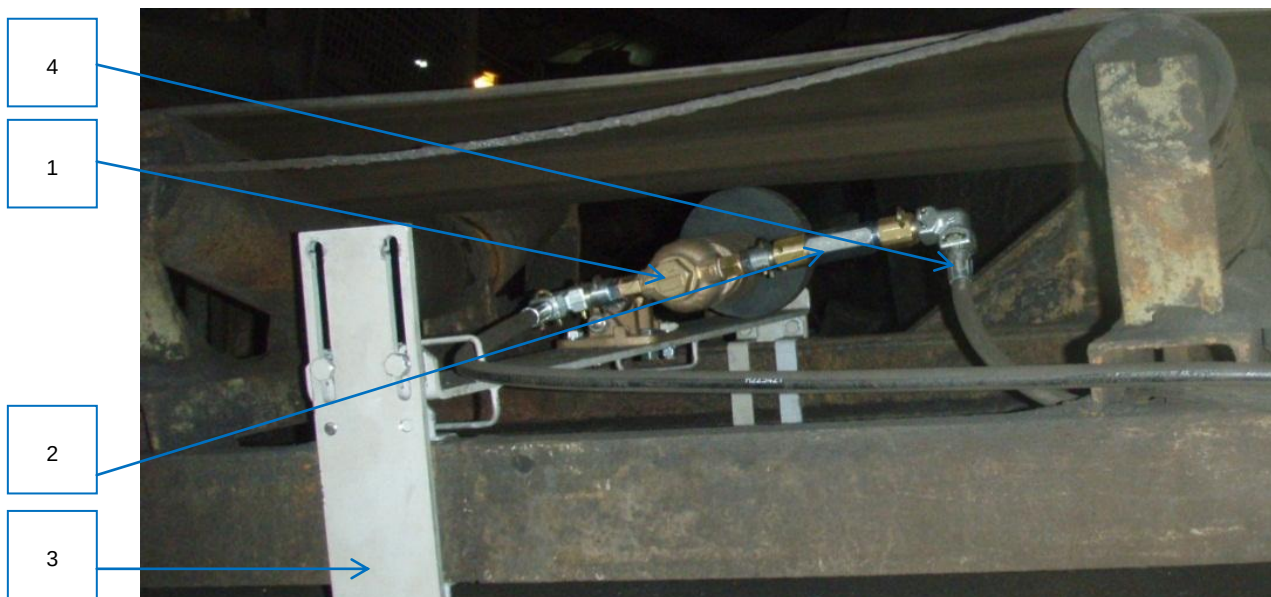
Zespół czujnika nadawy (rys. 5) zabudowany jest na obu przenośnikach taśmowych dostarczających urobek do kruszarki. W skład zespołu wchodzi: zawory odcinające, sterowane ruchem taśmy 1, zawory zwrotne 2, dostosowane do przenośników, regulowane mocowania 3 oraz elementy złączne 4.



Rys. 4. Bateria zraszająca systemu PASAT [7]

Zespół zasilająco-sterujący dostarcza wodę i sprężone powietrze o ustalonych parametrach do zespołu zraszającego (rys. 6). W skład zespołu wchodzi: skrzynia 1, zawór odcinający wody 2, zawór odcinający powietrza 3, regulator przepływu wody 4, zawór redukcyjny wody 5, zawór zwrotny sterowany ciśnieniem 6, filtr wody 7, filtr powietrza 8, oraz elementy złączne typu „STECKO” 9. Dodatkowo poza skrzynią aparatury zabudowany został sterylizator UV typ UV25 10, wraz z skrzynią zasilającą 11.

Elementy hydrauliki i pneumatyki do sterowania i regulacji parametrów zasilania zraszaczy zamontowano w stalowej skrzyni. Uchwyty zaworów odcinających wodę oraz powietrze zlokalizowano na zewnątrz skrzyni, pozwalając na włączanie i wyłączanie zraszaczy przesypu, bez konieczności otwierania skrzyni oraz niezależne wyłączenie, bez względu na ruch taśmy przenośnika. Ze skrzyni wyprowadzono przyłącza wejściowe i wyjściowe wody oraz powietrza. Zastosowany w układzie sterylizator ma na celu biologiczne oczyszczenie wody kierowanej do zraszania, poprzez użycie lampy UV. Schemat hydrauliczno-pneumatyczny systemu zraszania PASAT przedstawiono na rysunku 7.



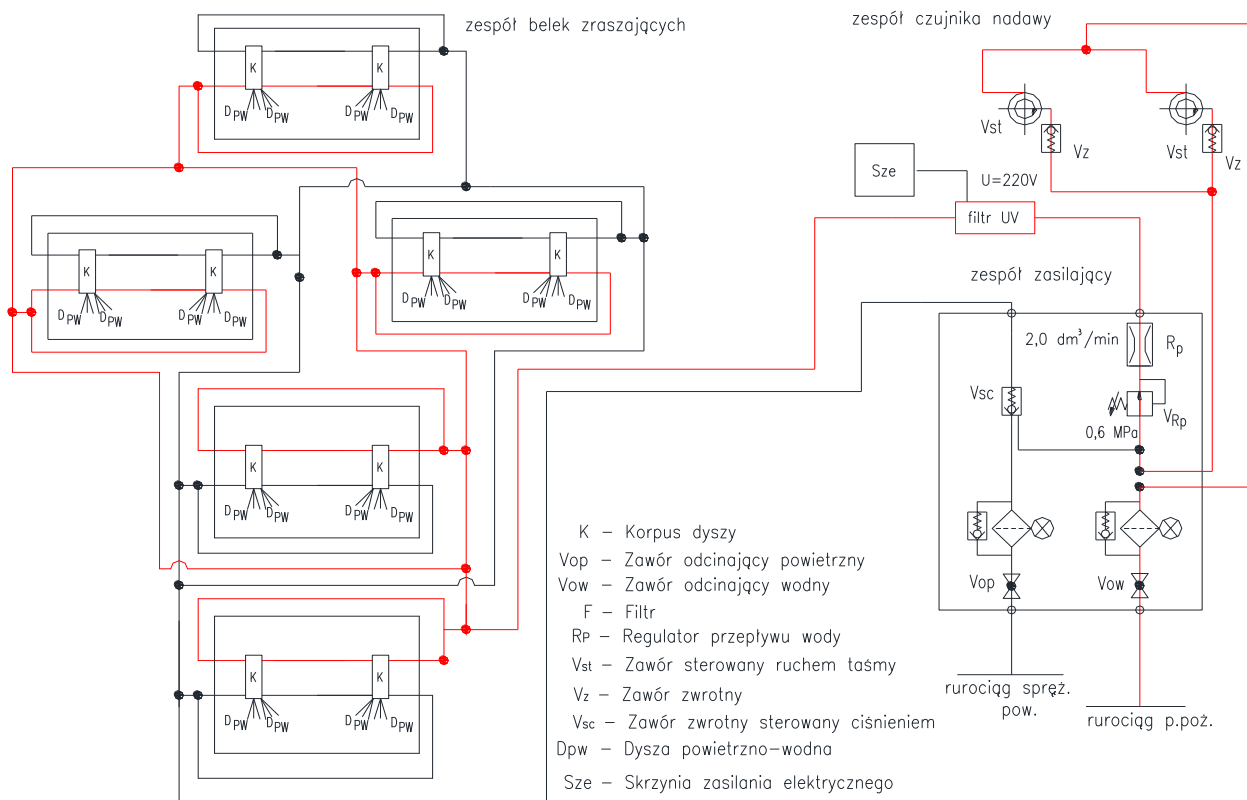
Rys. 5. Zespół czujnika nadawy [7]



Rys. 6. Zespół zasilająco-sterujący [7]

Woda oraz sprężone powietrze kierowane są przewodami elastycznymi do skrzyni z kopalnianej magistrali dostarczania mediów. W skrzyni oba media, są oczyszczane poprzez układ filtrów, o dokładności filtracji minimum 200 μm , co zabezpiecza układ zraszania przed nieczystościami występującymi w kopalnianej magistrali dostarczania mediów. Zastosowany w układzie zraszania zawór odcinający sterowany ruchem taśmy, włącza i wyłącza instalację powietrzno-wodną systemu, w zależności od wykrytego urobku i ruchu przenośnika. Transportowany przez taśmę urobek wywołując jej ugięcie, wymusza ruch obrotowy rolki zaworu odcinającego, który z kolei

wywołuje wzrost ciśnienia w zaworze, co wymusza jego otwarcie i swobodny przepływ wody. Spadek prędkości ruchu taśmy oraz brak kontaktu taśmy z rolką zaworu (mniejsza ilość urobku zmniejsza wartość ugięcia taśmy) powoduje zamknięcie zaworu i brak przepływu wody. Istnieje jednocześnie możliwość ręcznego, awaryjnego wyłączenia instalacji za pomocą zaworów odcinających. Dostarczona z układu czujnika nadawy woda rozdzielana jest na dwa przewody. Pierwszy podłączony jest do kanału pilotującego zawór zwrotny sterowany, zainstalowany w przewodzie powietrza, powodując otwarcie i jego przepływ do układu zraszania. Drugi poprzez zawór redukcyjny oraz



Rys. 7. Schemat hydrauliczno-pneumatyczny systemu zraszania PASAT [5]

regulator przepływu doprowadza wodę do układu zraszania. Dostarczone: woda oraz sprężone powietrze, przepływają za pomocą odpowiednich kanałów do dysz dwuczynnikowych, gdzie ma miejsce ich mieszanie i tworzony jest aerozol powietrzno-wodny, wyrzucany dynamicznie z dysz w założonym kierunku. Prawidłowa praca systemu charakteryzuje się widocznymi strumieniami mieszanki powietrzno-wodnej, wyrzucanymi z każdej dyszy zraszającej.

Po zabudowaniu systemu, poddano go testom w warunkach pracy zakładu przerobczego. Prawidłowa praca zespołów czujnika nadawy oraz przygotowania mediów roboczych, umożliwiła wytworzenie kurtyny powietrzno-wodnej w obrębie obudowy przesypu kruszarki. Wszystkie zastosowane dysze pracowały w sposób ciągły, generując strumienie o założonym zasięgu i rozkładzie frakcyjnym kropel (rys. 8).



Rys. 8. System wytwarzający strumienie powietrzno-wodne, podczas prób [7]

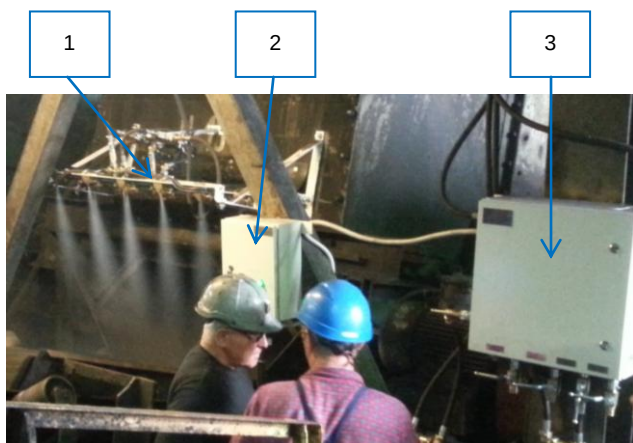


Rys. 9. Efekt osadzania się zwilżonego pyłu na kracie rewizyjnej [7]

System zraszania zainstalowany w obrębie przesypu kruszarki zwilżał pył, co w efekcie prowadziło do natychmiastowego jego osadzania (rys. 9). Pozwoliło to na znaczne zredukowanie zapylenia w atmosferze zakładu przerobczego [1]. System pracował podczas wykrycia ruchu przynajmniej jednego z przenośników taśmowych dostarczających urobek do kruszarki. W momencie zatrzymania obu przenośników, zespół czujników wykrywał brak nadawy, powodując wyłączenie działania systemu. Układ sterowania pozwalał zatem na zasilanie systemu tylko w czasie generowania zapylenia (nadawa przynajmniej na jednym przenośniku), co pozwalało na efektywne wykorzystanie sprężonego powietrza i wody.

4. Opis i zasada działania systemu PASAT-W

System zraszania PASAT-W, przeznaczono do zabudowy na obudowanych przesypach przenośników stalowo-członowych z przenośnikami taśmowymi. System wyposażono w zespół zraszający, składający się z trzech baterii wytwarzających mgłę powietrzno-wodną, skierowaną do wnętrza obudowanego przesypu. Strumienie skierowane w wyznaczonym kierunku mają za zadanie strącić cząstki pyłu, jeszcze w miejscu jego powstawania i zapobiec wydostawaniu się ich poza obudowę przesypu. Zespół zraszający połączony jest przewodami elastycznymi ze skrzynią zespołu zasilającego, gdzie przygotowana jest woda i sprężone powietrze. Sterowanie systemem realizowane jest poprzez układ, składający się z: przekładników pobudzanych ruchem przenośnika stalowo-członowego, elektrozaworu, czujników ciśnienia wody oraz sprężonego powietrza. Elektryczny zespół sterujący włącza zraszanie tylko wtedy, gdy uruchomione są oba przenośniki oraz przy obecności minimalnych wartości ciśnienia potwierdzonych przez czujniki ciśnienia wody i sprężonego powietrza. System mgłowy PASAT-W (rys. 10) składa się z: zespołu zraszającego 1, elektrycznego zespołu sterującego 2 oraz zespołu zasilającego 3 [6].



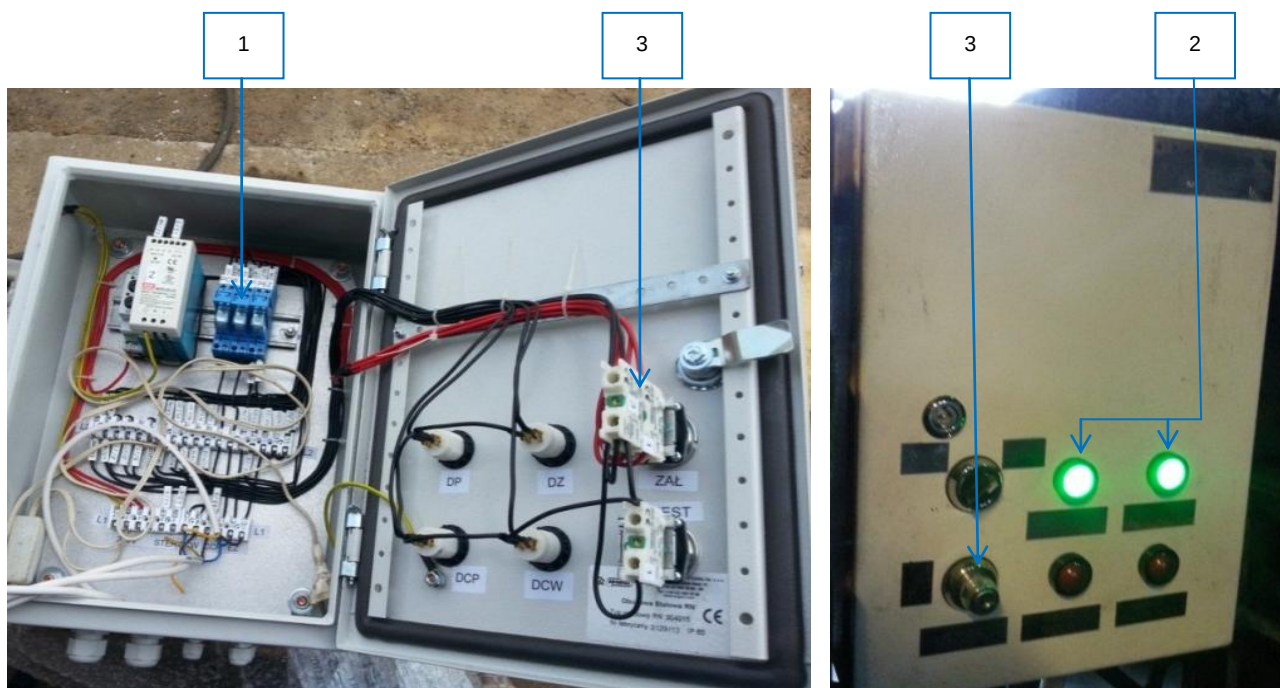
Rys. 10. System mgłowy PASAT-W – główne zespoły [7]

Zespół zraszający (rys. 11) składa się z trzech baterii zraszających 1, montowanych za pomocą uchwytów montażowych 2 do obudowy przesypu w taki sposób, aby pierwsza bateria, poprzez specjalnie wycięty otwór kierowała strumień zraszający do wnętrza obudowy przesypu. Pozostałe dwie baterie są umiejscowione tak, aby możliwe było stworzenie kurtyny powietrzno-wodnej w niecce przenośnika taśmowego. Zasilanie zespołu baterii zraszających realizowane jest poprzez oddzielne zawory odcinające 5, umożliwiające indywidualne sterowanie pracą każdej baterii. Baterie zraszające wyposażono w pięć korpusów, wraz dyszami powietrzno-wodnymi 3. Korpusy te podłączono szeregowo w taki sposób, aby zasilanie w media robocze docierało z obu stron (zamknięty obwód 6). Dodatkowo w przewodzie dostarczającym wodę zainstalowano regulatory przepływu 4, ustalające wydatek wody dla każdej z trzech baterii zraszających. Zaprojektowany elektryczny zespół sterujący (rys. 12), zabudowano w uziemionej skrzyni stalowej, zasilanej napięciem 230 V, o odpowiednim stopniu ochrony. Zaprojektowany układ elektryczny realizuje funkcję sterowania i kontroli parametrów pracy instalacji. W zespole zabudowano przekładniki, sterowane sygnałem z przenośników oraz czujników ciśnienia 1, diody sygnalizacyjne 2 oraz wyłączniki ręcznego przesterowania 3. Dodatkowymi elementami wchodzącymi w skład elektrycznego zespołu sterującego są: cewka elektrozaworu oraz czujniki ciśnienia mediów roboczych, zabudowane w zespole zasilającym (rys. 13).

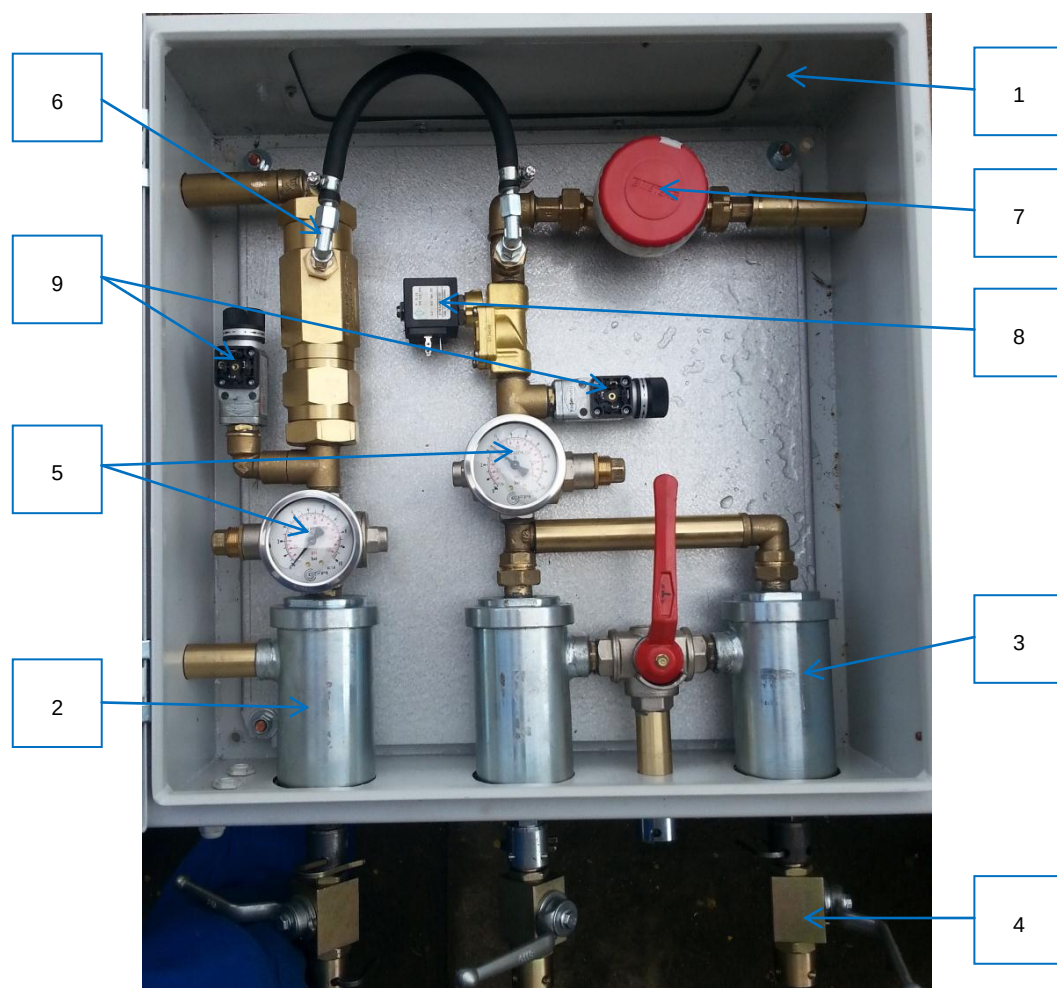
Zastosowany w systemie zespół zasilający (rys. 13), ma za zadanie przygotować i dostarczyć media robocze do instalacji zraszającej. W stalowej skrzyni 1 zabudowano: filtr sprężonego powietrza 2, rewersyjny filtr wody 3, zawory odcinające 4, zawory redukcyjne wraz z manometrami 5, zawór zwrotny sterowany ZZS 6, licznik wody 7 oraz elementy łączące. Dodatkowo w skrzyni umieszczono elementy elektrycznego zespołu sterującego, takie jak: elektrozawór 8 oraz czujniki ciśnienia 9 mediów zraszających. Elementy te, poprzez przyłącza w skrzyni, połączono przewodami elektrycznymi z zespołem sterowania.



Rys. 11. Zespół zraszający podczas prób ruchowych u producenta [7]



Rys. 12. Elektryczny zespół sterujący [7]

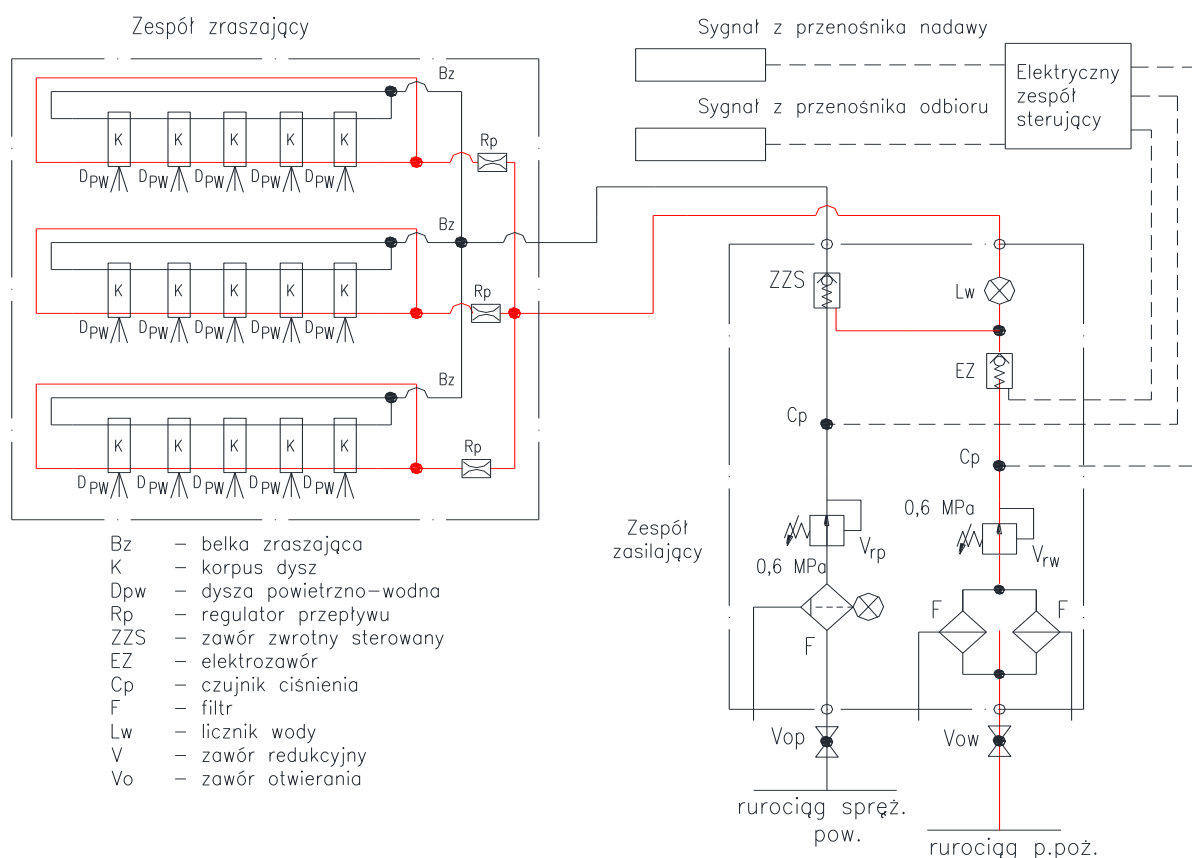


Rys. 13. Zespół zasilający [7]

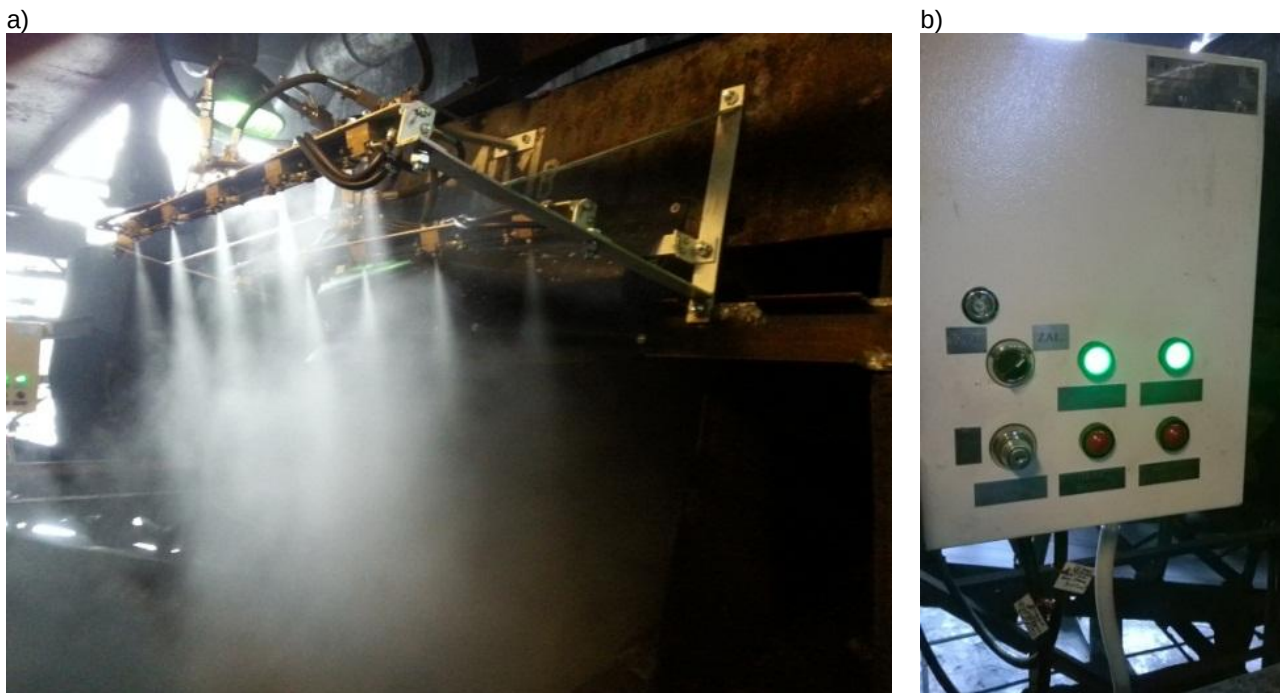
Praca systemu polega na zraszaniu strumieniami powietrzno-wodnymi, pyłu wzniesanego podczas przesypu urobku z przenośnika stalowo-członowego na przenośnik taśmowy. Po otwarciu zaworów odcinających wodę i powietrze oraz przełącznika w pozycję ZAŁ, ma miejsce przepływ mediów przez zawory regulujące wartość ich ciśnienia. Po odebraniu przez zespół sterujący sygnału sygnalizującego transport nadawy i odbioru urobku, następuje otwarcie elektrozaworu wody, a następnie sprężonego powietrza (poprzez zawór zwrotny sterowany). Tak przygotowane media zasilające dostają się poprzez regulator przepływu do baterii zraszających za pomocą przewodów elastycznych. Dostarczona woda i powietrze, jest wymieszane w dyszach dwuczynnnikowych i jako mieszanina wodno-powietrzna, są wyrzucane w postaci mgłowych strumieni zraszających w kierunku źródła zapylenia. Prawidłowa praca baterii zraszających charakteryzuje się widocznymi strumieniami aerozolu powietrzno-wodnego, obserwowanymi przy każdej dyszy zraszającej. Brak obecności urobku na taśmie powoduje wyłączenie systemu. Obniżenie ciśnienia wody lub powietrza poniżej wartości 0,2 MPa, powoduje awaryjne wyłączenie systemu, a stan ten jest sygnalizowany odpowiednią diodą, zlokalizowaną na obudowie zespołu sterującego. Schemat hydrauliczno-pneumatyczny systemu przedstawiono na rysunku 14.

System PASAT-W można wyłączyć przekręcając przełącznik pakietowy „ZAŁ”, zlokalizowany na elektrycznym zespole sterującym, w pozycję „0”. System umożliwia pracę w opcji testowej (praca systemu niezależna od pracy przenośników jak i ciśnień mediów roboczych), poprzez przekręcenie przełącznika TEST w pozycję „1”. Następuje wtedy otwarcie elektrozaworu i włączenie systemu mgłowego. Możliwe jest dodatkowe awaryjne przesterowanie zaworów odcinających w pozycję „Wył”, co skutkuje odcięciem mediów zraszających i wyłączeniem instalacji (nawet w przypadku obecności nadawy oraz prawidłowych wartości ciśnienia wody i sprężonego powietrza) [6].

System zraszania poddano testom w zakładzie przerobczym. Sprawdzone poprawność działania baterii zraszających, których praca sterowana była ręcznie za pomocą przełącznika „TEST”. Instalacja zraszająca działała poprawnie, tworząc strumienie o zakładanych parametrach zasięgu i stopniu rozdrobnienia strugi (rys. 15a). Następnie sprawdzono poprawność działania elementów sterowania systemem, w opcji uzależnionej od poprawnych parametrów czynników roboczych oraz działania obu przenośników (rys. 15b).



Rys. 14. Schemat hydrauliczno-pneumatyczny systemu mgłowego PASAT-W [6]



Rys. 15. System PASAT-W wytwarzający strumień zraszający [7]

Zespół sterowania pracą baterii zraszających pracował zgodnie z algorytmem założonym podczas jej projektowania. Algorytm umożliwia pracę systemu tylko w przypadku prawidłowych wartości parametrów mediów zraszających oraz w momencie działania obu przenośników. Baterie zraszające zainstalowane na wylocie oraz we wnętrzu obudowy przesypu, pozwalając na zwilżanie powstającego pyłu, co w efekcie prowadziło do natychmiastowego jego zbijania w kierunku taśmy przenośnika. Tak zaprojektowany system pozwolił obniżyć ilość pyłu dostającego się do atmosfery w zakładzie przeróbczym.

5. Podsumowanie

Zakłady przeróbcze kopalń, ze względu na obecność wielu potencjalnych źródeł generujących zapylenie, są obiektami, gdzie instalowane są systemy jego ograniczenia. Problem generowania znacznej ilości pyłu w zakładach przeróbczych ma wpływ zarówno na bezpieczeństwo, zdrowie, jak i na komfort pracy załóg górniczych. Jego neutralizacja u źródeł powstawania, w taki sposób, aby uniemożliwić przedostawanie się pyłu do ciągów wentylacyjnych oraz miejsc pracy, jest zatem bardzo istotna. Działaniami mającymi na celu redukcję zapylenia w miejscu jego powstania są opisane instalacje typu PASAT. System ten jest indywidualnie dostosowany do miejsca zabudowy, a jego praca uzależniona od działania przenośników dostarczających urobek. Przeprowadzone testy oraz próby ruchowe wykazują niezawodność pracy instalacji oraz potwierdzają jej wysoką skuteczność w redukcji generowanego zapylenia [1].

Literatura

1. Bałaga D., i inni: Ocena skuteczności redukcji zapylenia na stanowisku obudowy kruszarki WUB-100, wyposażonej w powietrzno-wodną instalację zraszającą PASAT, ITG KOMAG 2012 (materiały nie publikowane).
2. Bałaga D., Siegmund M.: Urządzenia zraszające od redukcji zapylenia w wyrobiskach chodnikowych z zastosowaniem mgły wodnej. Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych. Monografia, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków 2013 s. 97-106; 0,60 ark. wyd., ISBN 978-83-930353-1-1.
3. Bałaga D., Siegmund M., Urbanek A.: Nowe rozwiązania urządzeń zraszających ograniczające zagrożenia pyłowe w górnictwie. Maszyny Górnicze 2012 nr 2 s. 50-55.
4. Prostański D.: Stosowanie zraszania powietrzno-wodnego dla ograniczenia zapylenia w kopalniach. J. Sust. Min. 2013 nr 2 s. 28-33, ISSN 2300-1364.
5. Instrukcja instalacji zraszającej dla zakładów przeróbczych PASAT – Dokumentacja techniczna ITG KOMAG (materiały nie publikowane), Gliwice 2012.
6. Instrukcja instalacji zraszającej dla zakładów przeróbczych PASAT-W – Dokumentacja techniczna ITG KOMAG (materiały nie publikowane), Gliwice 2014.
7. Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG

Artykuł wpłynął do redakcji w lutym 2015 r.

Zarządzanie rozpiętkiem energii w napędzie hybrydowym lokomotywy górniczej – część 1. Algorytm sterowania

Streszczenie

W górnictwie podziemnym do transportu materiałów oraz przewozu ludzi stosuje się maszyny z napędami spalinowymi. Oprócz korzyści, jakie wynikają z ich zastosowania, np. brak ograniczenia długości trasy, stwarzają one zagrożenie związane z zanieczyszczeniem powietrza. Ustanowienie limitów zanieczyszczeń dla wprowadzanych do użytku silników spalinowych, wymusza konieczność poszukiwania nisko i zero emisyjnych rozwiązań napędów stosowanych w podziemnych wyrobiskach. Jednym z nich jest napęd hybrydowy. W niniejszym artykule przedstawiono możliwość optymalizacji napędu hybrydowego górnictwa podziemnego w aspekcie minimalizacji emisji substancji toksycznych do środowiska. Zaprezentowano algorytm sterowania zarządzający rozpiętkiem energii w napędzie hybrydowym lokomotywy górniczej.

Summary

Machines with diesel drives are used for transportation of materials and people in underground mining industry. Beside the benefits that result from their use, e.g. lack of limitation as regards the length of the track, they also cause hazards associated with air pollution. Setting the limits for diesel engines as regards their impact on the environment forces the necessity of searching for low- or zero-emission drives used in underground workings. Hybrid drive is one of such solutions. A possibility of optimization of hybrid drive of mine floor-mounted railway in the aspect of reduction of emission of toxic substances to the environment is described. Control algorithm for management of energy distribution in hybrid drive of mine locomotive is given.

Słowa kluczowe: spągowa lokomotywa górnicza, napęd hybrydowy, algorytm sterowania, emisja toksycznych substancji

Keywords: mine floor-mounted railway, hybrid drive, control algorithm, emission of toxic substances

1. Wprowadzenie

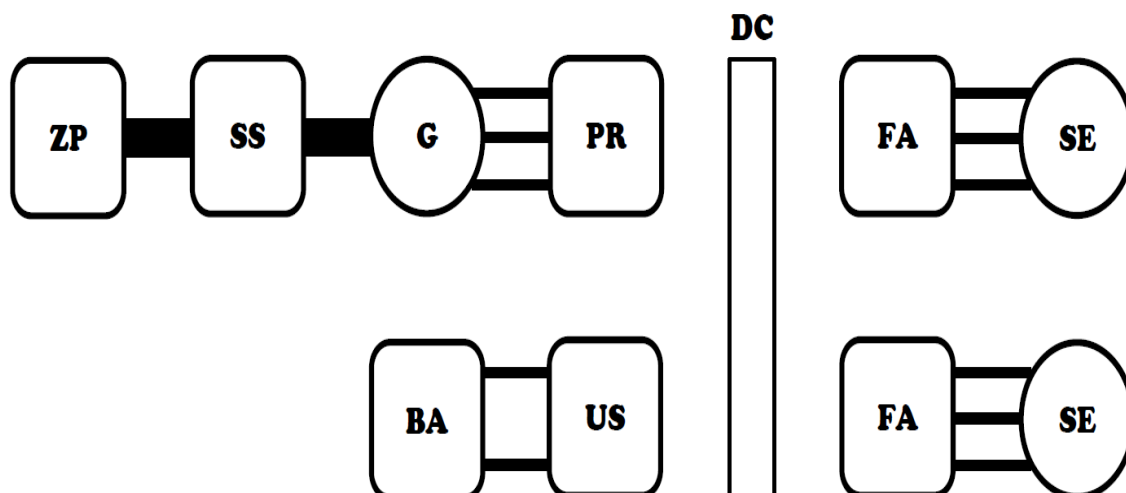
Zarządzanie rozpiętkiem energii w pojazdach z napędem hybrydowym ma na celu obniżenie zużycia paliwa i ograniczenie emisji spalin. Zarejestrowane w rzeczywistych warunkach pracy parametry jazdy lokomotyw spagowych wykazały, że wykonują one częste manewry przyspieszania i hamowania, ze względu na warunki panujące na trasach – np. przestawianie zwrotnicy, otwieranie i zamykanie tam. Dotyczy to w szczególności lokomotyw dowożących materiały budowlane i elementy maszyn do różnych miejsc kopalni. Napęd hybrydowy, powinien zatem sterować przepływem energii tak, aby zapewnić wybór najkorzystniejszych warunków pracy. Ponieważ lokomotywy górnicze poruszają się po trasach poziomych (maks. nachylenie trasy wynosi 4°), najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie napędu hybrydowego o strukturze szeregowej (rys. 1).

W analizowanym układzie napędowym zastosowano optymalizację algorytmową (*rule-based optimization*), zmierzającą do poszukiwania wyboru optymalnych

parametrów pracy, w zależności od warunków chwilowych [1]. Podstawą optymalizacji układu napędowego o strukturze szeregowej jest ustalenie punktu pracy silnika spalinowego o najlepszej efektywności.

2. Optymalizacja napędu hybrydowego górnictwa podziemnego

Praca silnika spalinowego w zadanym punkcie jego charakterystyki umożliwia ograniczenie emisji toksycznych składników spalin do atmosfery oraz obniżenie zużycia paliwa. Należy jednak pamiętać, aby elementy układu napędowego mogły przejąć moc wytwarzaną przez silnik spalinowy. Napęd hybrydowy ma tę zaletę, że umożliwia odzysk energii podczas hamowania. Wadą szeregowego napędu hybrydowego jest strata energii, która jest efektem wynikowej sprawności poszczególnych elementów układu napędowego. Uwzględniając średnią wartość strat mocy w poszczególnych podzespołach układu napędowego, można stwierdzić, że całkowite straty mocy mogą wynosić około 30%.



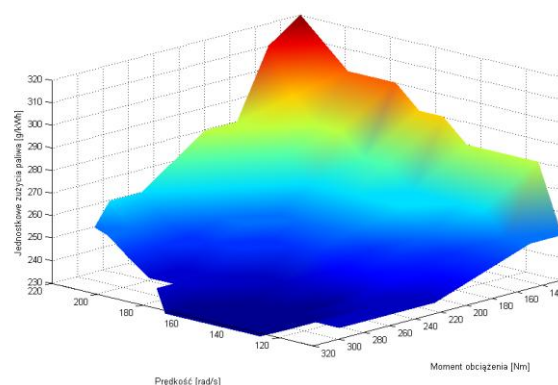
Rys. 1. Schemat napędu hybrydowego o strukturze szeregowej [6]
 SS – silnik spalinowy, SE – silnik elektryczny, G – generator,
 BA – bateria akumulatorów, ZP – zbiornik paliwa,
 US – układ sterowania, FA – falownik, PR – prostownik, DC – szyna prądu stałego

Uwzględniając aspekty ekonomiczne oraz środowiskowe należy dążyć do pracy silnika spalinowego w takim zakresie, który charakteryzuje się niskim zużyciem paliwa oraz zmniejszoną emisją wydzielanych tlenków azotu do atmosfery kopalnianej. W tym celu przeprowadzono badania silnika spalinowego VOLVO PENTA D5A-AT stosowanego w maszynach górniczych [6], mające na celu wyznaczenie rozkładu jednostkowego zużycia paliwa oraz emisji substancji toksycznych, w zależności od prędkości i momentu obciążenia silnika (rys. 2 - 6).

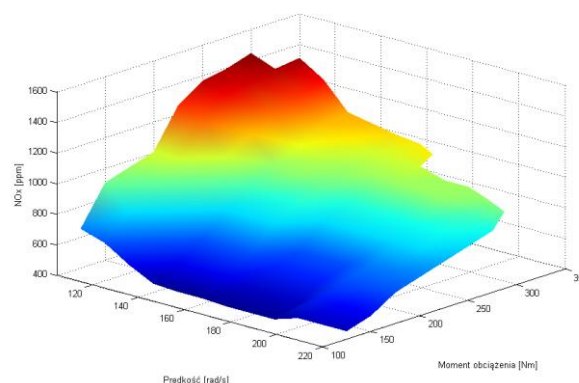
Można zauważyć, że rozkład węglowodorów (rys. 6) i dwutlenku węgla (rys. 5) zależy przede wszystkim od momentu obciążenia, a nie od prędkości obrotowej silnika. Tlenki węgla (rys. 4) wykazują najwyższe stężenie podczas pracy silnika na niskich prędkościach i dużym momencie obciążenia. Analiza wyników wykazała, iż silnik VOLVO PENTA D5A-AT posiada optymalne parametry (ze względu na zużycie paliwa i emisję tlenków azotu NO_x) przy prędkości wynoszącej około 1500 obr./min. ($\sim 155 \text{ rad/s}$) i momencie obciążenia w zakresie od 150 do 250 Nm.

Parametry optymalizacji algorytmowej można dobrać na podstawie pomiarów eksploatacyjnych oraz map pracy silnika spalinowego. Sygnałami wejściowymi w poszczególnych trybach pracy napędu hybrydowego górniczej lokomotywy spągowej są:

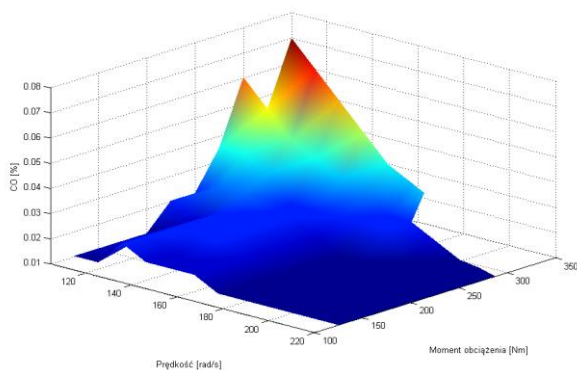
- moc zadana poprzez wysunięcie zadajnika przyspieszenia przez maszynistę,
- zapotrzebowania na moc,
- chwilowa prędkość pojazdu,
- przyspieszenie,
- stan naładowania baterii akumulatorów,
- możliwość trybu pracy zero emisyjnego zadawanego przez maszynistę.



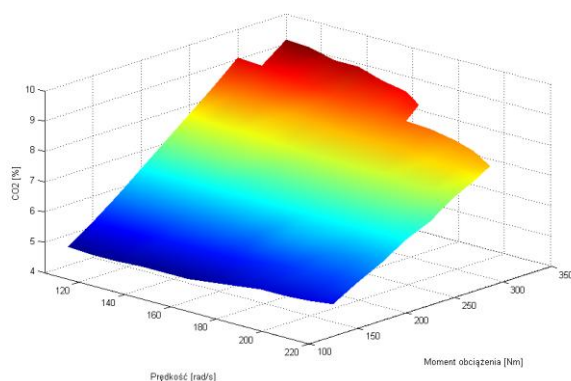
Rys. 2. Wykres jednostkowego zużycia paliwa silnika VOLVO PENTA D5A-AT [6]



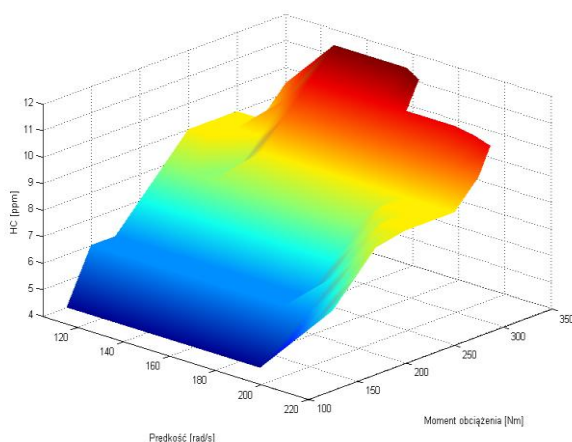
Rys. 3. Wykres stężenia tlenków azotu (NO_x) silnika VOLVO PENTA D5A-AT [6]



Rys. 4. Wykres stężenia tlenku węgla (CO) silnika VOLVO PENTA D5A-AT [6]



Rys. 5. Wykres stężenia dwutlenku węgla (CO₂) silnika VOLVO PENTA D5A-AT [6]



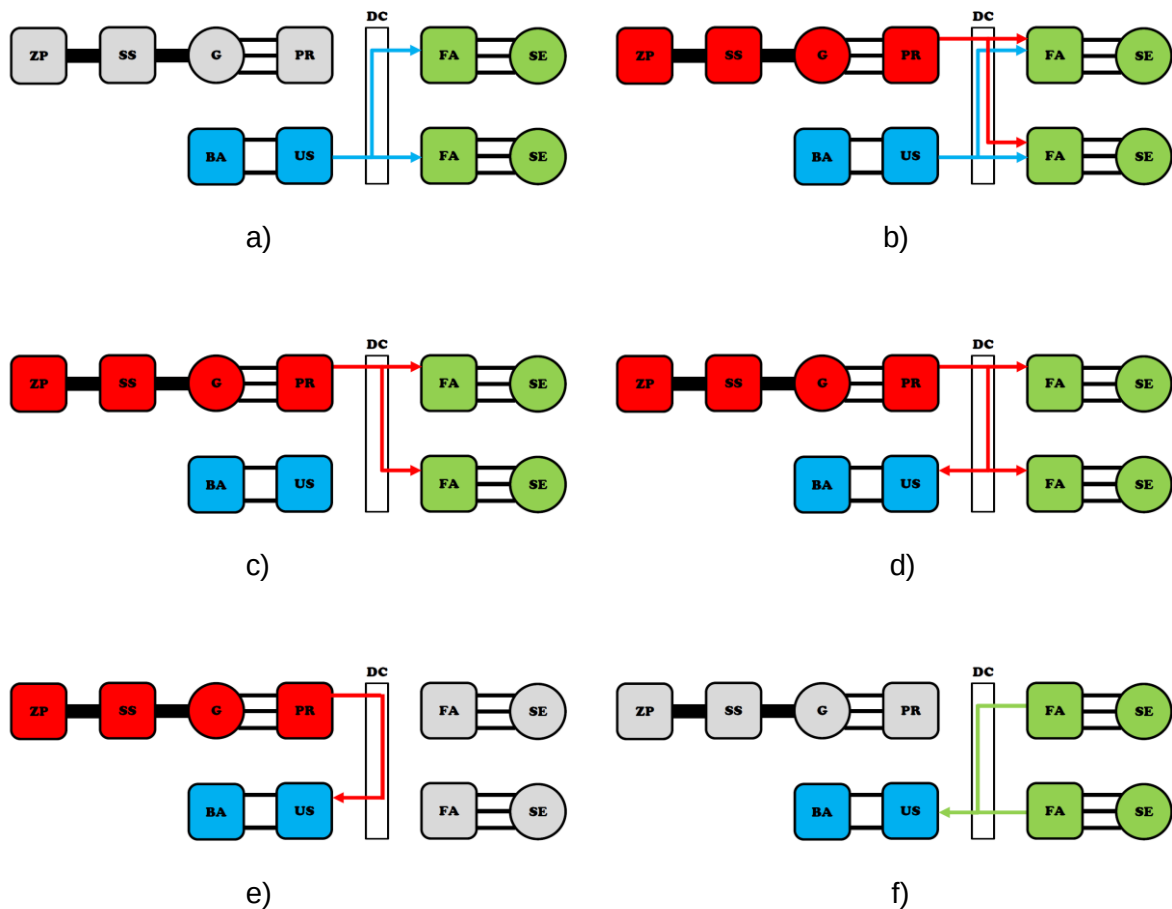
Rys. 6. Wykres stężenia węglowodoru (HC) silnika VOLVO PENTA D5A-AT [6]

3. Algorytm rozdziału energii

W szeregowym napędzie hybrydowym można wyróżnić kilka trybów pracy (rys. 7). W celu obniżenia zużycia paliwa i ograniczenia emisji spalin, system zarządzania rozpięciem energii powinien decydować, który tryb w danych warunkach pracy może zostać zastosowany.

Możemy wyróżnić sześć trybów pracy:

- Tryb EV (*Electric Vehicle*) – jest to tryb pracy zeroemisyjny. W tym układzie silnik spalinowy nie jest włączony, a lokomotywa zasilana jest tylko energią pochodzącą z baterii akumulatorów. Tryb EV może być aktywowany tylko przez maszynistę lokomotywy i stosowany, gdy wymagana jest duża ilość rozruchów lokomotywy na krótkim odcinku trasy, jak również w rejonach, w których znajdują się ludzie (występujący hałas).
- Tryb HEV (*Hybrid Electric Vehicle*) – moc generatora i moc pochodząca z baterii akumulatorów służą do napędzania lokomotywy. Ten tryb pracy jest wykorzystywany podczas dużego zapotrzebowania na moc, np. podczas jazdy lokomotywy z załadowanymi urobkiem wozami kopalnianymi.
- Tryb spalinowo-elektryczny bez doładowywania baterii – moc generatora wystarcza na pokrycie zapotrzebowania na moc układu napędowego, a bateria akumulatorów nie może gromadzić energii elektrycznej. Ten tryb jest wykorzystywany podczas niskiego zapotrzebowania na moc, np. podczas jazdy lokomotywy z pustymi wozami kopalnianymi.
- Tryb spalinowo-elektryczny z doładowywaniem baterii – moc generatora wystarcza na pokrycie zapotrzebowania na moc układu napędowego, a nadwyżka wytwarzanej energii gromadzona jest w baterii akumulatorów. Ten tryb jest wykorzystywany podczas niskiego zapotrzebowania na moc, np. podczas jazdy lokomotywy z pustymi wozami kopalnianymi.
- Tryb ładowania baterii – w tym trybie silnik spalinowy pracuje w optymalnym punkcie pracy - całkowita energia wytwarzana przez generator służy do ładowania baterii akumulatorów. Stosowany jest podczas postojów lokomotywy.
- Tryb hamowania odzyskowego – podczas hamowania lokomotywy, silniki napędowe pracują w trybie generatorowym, wytwarzając energię, która może służyć do doładowania baterii akumulatorów.



Rys. 7. Rozdział mocy w napędzie hybrydowym o strukturze szeregowej w poszczególnych trybach pracy [6]

a) tryb EV, b) tryb HEV, c) tryb spalinowo-elektryczny bez doładowywania baterii,
d) tryb spalinowo-elektryczny z doładowywaniem baterii, e) tryb ładowania baterii
f) tryb hamowania odzyskowego

Niezależnie od wybranego trybu pracy lokomotywy, algorytm sterowania powinien posiadać informację o bieżącym stanie naładowania baterii akumulatorów. Utrzymanie odpowiedniego poziomu naładowania baterii akumulatorów wymagane jest ze względu na utrzymanie płynności jazdy oraz ich zabezpieczenie przed uszkodzeniem, spowodowanym przeładowaniem lub nadmiernym rozładowaniem. Dopuszczalny stopień naładowania baterii akumulatorów powinien wynosić od 20% do 80% (rys. 9).

Jeżeli stopień naładowania baterii akumulatorów S obniży się poniżej ustalonej wartości S_{min1} , wówczas układ sterujący przełącza napęd w tryb spalinowo-elektryczny. Moc silnika spalinowego wzrasta maksymalnie do 40 kW, a energia wytwarzana przez generator służy do napędzania lokomotywy oraz ładowania baterii akumulatorów.

Spadek stanu naładowania poniżej wartości S_{min2} jest zabroniony, ponieważ może doprowadzić do całkowitej utraty pojemności akumulatorów.

Jeśli układ sterowania stwierdzi taki stan, lokomotywa powinna zostać zatrzymana. Wówczas cała energia wytwarzana przez generator posłuży do ładowania baterii akumulatorów. Jeżeli stan naładowania S będzie większy niż S_{max1} , doładowywanie baterii akumulatorów będzie możliwe z odzyskanej energii podczas hamowania - układ sterowania nie zezwoli na ładowanie baterii za pomocą energii wytworzonej przez generator. Jeśli jednak stan naładowania baterii akumulatorów S będzie większy niż S_{max2} , układ sterowania powinien wyłączyć silnik spalinowy, a lokomotywa przejdzie w tryb pracy zeroemisyjnej.

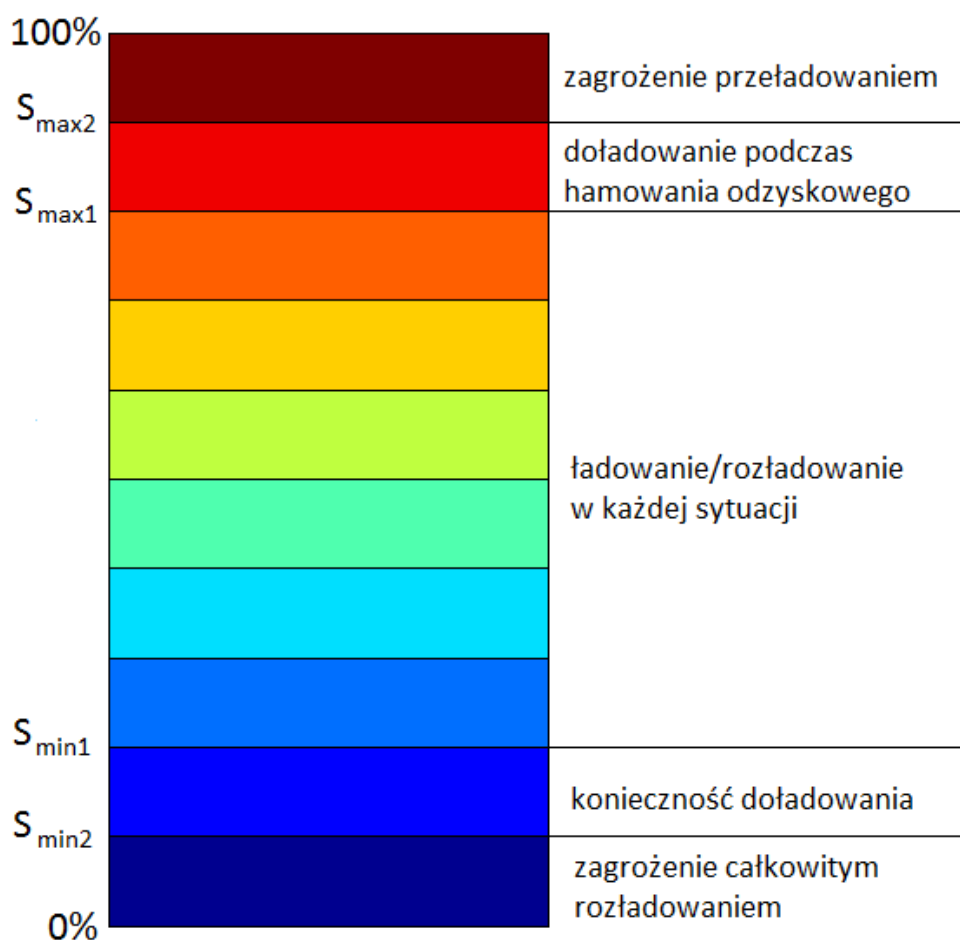
Na podstawie przeprowadzonej analizy zarejestrowanych parametrów pracy lokomotyw spagowych w rzeczywistych warunkach, wyznaczono algorytm sterowania hybrydowym układem napędowym górniczej lokomotywy spagowej (rys. 10).

- P_g – energia wytwarzana przez generator,
- P_b – energia pobierana z baterii akumulatorów,
- P_z – zapotrzebowanie na energię,
- P_z – energia wytwarzana przez silniki elektryczne podczas hamowania.

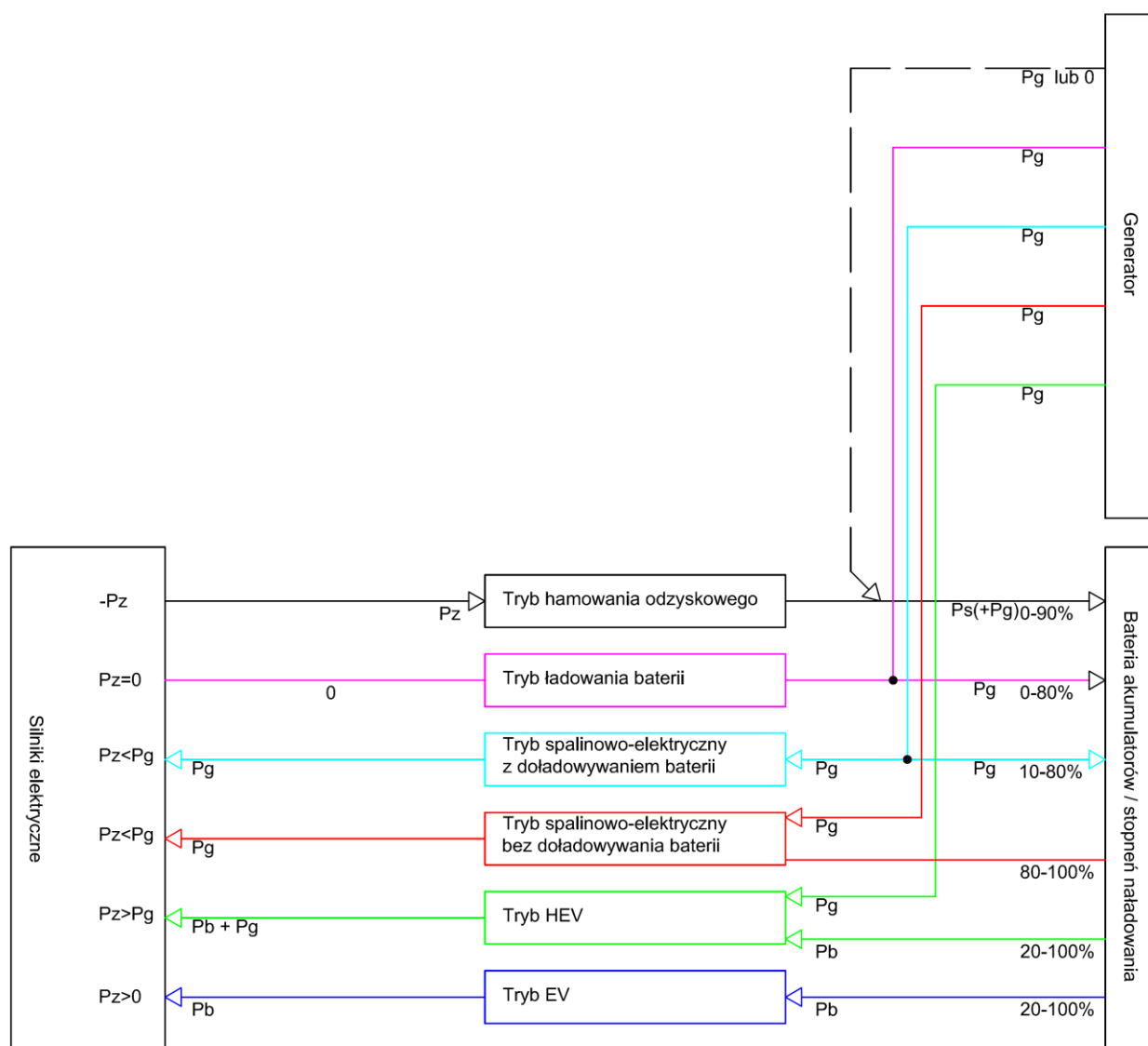
Istotnym zagadnieniem jest prawidłowy dobór baterii akumulatorów. Do seryjnej produkcji górniczych lokomotyw akumulatorowych stosowane są obecnie

akumulatory kwasowo-ołowiowe, które cechują się niską gęstością energii i dużą masą (nie nadają się do zastosowania w lokomotywach o napędzie hybrydowym).

Z dostępnych na rynku akumulatorów można wykorzystać nowoczesne akumulatory litowe, które znalazły zastosowanie m.in. w podwieszonych ciągnikach akumulatorowych PCA-1 [4] oraz GAD-1 [5]. Akumulatory te cechują się wysoką gęstością energii, w stosunku do gabarytów, wobec czego łatwiej usytuować je w kadłubie maszyny. Ponieważ niektóre typy akumulatorów litowych nie wydzielają gazów podczas procesu ładowania, można je zamknąć w obudowie ognioszczelnej i doładowywać podczas jazdy lokomotywy.



Rys. 8. Stany naładowania baterii akumulatorów [6]



Rys. 9. Algorytm sterowania układu napędowego w zależności od zapotrzebowania na moc oraz stopnia stanu naładowania baterii akumulatorów [6]

4. Podsumowanie

Sterowanie hybrydowym układem napędowym górniczej lokomotywy spągowej, ma decydujący wpływ na zużycie paliwa, emisję toksycznych substancji do środowiska uzyskany moment obrotowy. Efektywny sposób zarządzania energią w hybrydowym układzie napędowym wymaga optymalizacji, ze względu na postawiony cel – w analizowanym przypadku przyjęto ograniczenie emisji toksycznych substancji do środowiska, w szczególności NO_x . Taki cel optymalizacji uzasadniony jest miejscem, w którym przewiduje się zastosowanie lokomotywy o napędzie hybrydowym. Opracowany przez autorów algorytm sterowania wpływa na funkcje poszczególnych podzespołów hybrydowego układu napędu, tj. efektywność wykorzystania energii zmagazynowanej w baterii akumulatorów, zakres pracy silnika spalinowego wynikający z jego prędkości obrotowej oraz momentu obrotowego.

Literatura

1. Fice M.: Strategia zarządzania rozpięciem mocy w napędzie hybrydowym o strukturze równoległej. Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne, INiME Komel 2011 nr 90.
2. Grzesiak L., Ufnalski B., Kaszewski A., Gąbka G., Roszczyk P.: Power management in series hybrid drive. Przegląd Elektrotechniczny nr 4b/2012.
3. Kaczmarczyk K.: Badania górniczego napędu spalinowego w aspekcie emisji substancji toksycznych. Maszyny Górnicze, ITG Komag 1/2012.
4. Konsek R.: Nowoczesny napęd akumulatorowy ciągnika PCA-1 jako alternatywa dla obecnie stosowanych napędów w ciągnikach transportowych. Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne, INiME Komel 2012 nr 95.
5. Kras B., Polnik B., Konsek R.: Suspended battery drivetrain as an example of advanced control and safety system of li-ion battery pack technology in

-
- mining industry. EVS 27 International Conference, Barcelona, 17-20 November 2013.
6. Konsek R.: Optymalizacja hybrydowego układu napędowego lokomotywy spągowej w aspekcie minimalizacji emisji substancji toksycznych. Praca statutowa ITG KOMAG (nie publikowana).
 7. Konsek R., Mężyk A.: Badania modelowe hybrydowego układu napędowego lokomotywy spągowej. Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne, INiME Komel 2014 nr 1.
 8. Konsek R.: Rozwój pojazdów użytkowych i maszyn roboczych o napędzie hybrydowym. Maszyny Górnicze, ITG Komag 3/2013.
 9. Szlązak N., Borowski M., Sporysz G.: Analiza emisji składników spalin z maszyn z silnikami spalinowymi w kopalniach podziemnych. Górnictwo i Geologia 2013 Tom 8 Zeszyt 4.
 10. Praca zbiorowa - Robert Bosch GmbH. Napędy hybrydowe, ogniwa paliwowe i paliwa alternatywne. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010.

Artykuł wpłynął do redakcji w lutym 2015 r.

Koncepcja systemu redukcji tlenków azotu z ognioszczelnego napędu spalinowego

Streszczenie

W artykule omówiono koncepcję systemu redukcji tlenków azotu powstałych w wyniku pracy silnika spalinowego z zapłonem samoczynnym, stanowiących szczególne zagrożenie w podziemnych wyrobiskach kopalnianych. Przedstawiono metody konwersji tlenków azotu stosowane z powodzeniem w aplikacjach powierzchniowych. Sformułowano wymagania stawiane napędom pracującym w wyrobiskach zagrożonych wybuchem metanu i pyłu węglowego, uwzględniając potencjalne problemy związane z zastosowaniem metody selektywnej redukcji katalitycznej.

Słowa kluczowe: napęd spalinowy, emisja zanieczyszczeń, redukcja tlenków azotu, selektywna redukcja katalityczna

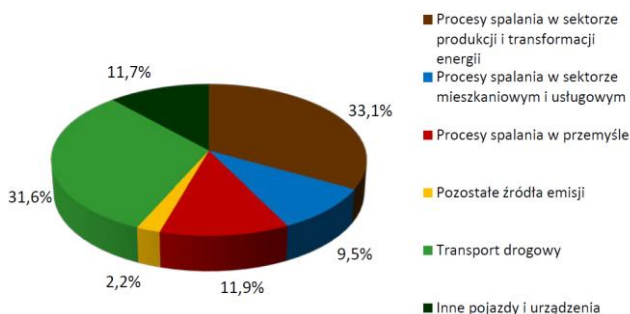
Keywords: diesel drive, emission of pollutants, reduction of nitrogen oxides, selective catalytic reduction

Summary

The concept of reduction of nitrogen oxides emitted from diesel engine, which are especially hazardous in underground mine workings, are discussed. Methods of conversion of nitrogen oxides, successfully used in the surface application, are presented. The requirements put to the driving systems operating in mine workings threatened by methane and/or coal dust explosion hazard are formulated considering the method of selective catalytic reduction.

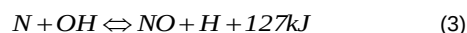
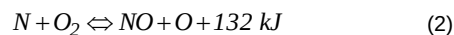
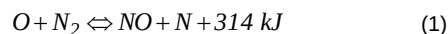
1. Wprowadzenie

Emisja zanieczyszczeń gazowych do atmosfery stanowi istotne zagrożenie środowiska naturalnego. W przypadku silników spalinowych do podstawowych substancji emitowanych przez nie do atmosfery zaliczamy tlenek węgla (CO), węglowodory (CH), tlenki azotu (NO_x), aldehydy (RCHO), dwutlenek siarki (SO₂) oraz cząstki stałe (PM). Stosowane w zakładach górniczych silniki spalinowe z zapłonem samoczynnym, ze względu na pracę z dużym obciążeniem, charakteryzuje duża wartość emisji tlenków azotu. Na rys. 1 przedstawiono strukturę emisji tlenków azotu w 2009 r. [5]. Silniki spalinowe stosowane w pojazdach drogowych i pozadrogowych stanowią 43,1% źródeł emisji tlenków azotu.



Rys. 1. Struktura emisji tlenków azotu w Polsce w 2009 r. [5]

Warunkiem sprzyjającym tworzeniu tlenków azotu w komorze spalania silnika jest wysoka temperatura przebiegu procesu spalania oraz dostateczna dostępność tlenu. Jest to zgodne z tzw. rozszerzonym modelem Zeldowicza, według którego tworzenie tlenku azotu jest zależne od lokalnej wartości temperatury płomienia [4].



Należy zaznaczyć, że ten model jest poprawny wyłącznie dla mieszanki ubogiej lub bardzo ubogiej, co odpowiada warunkom występującym w komorze spalania silnika o zapłonie samoczynnym. Dla mieszanki wzbogaconej, która w silniku tego typu może wystąpić lokalnie w strefie strumienia wtryskiwanego paliwa, przy tworzeniu tlenku azotu należy uwzględnić reakcje, w których pośrednio występują cząstki HCN i CN, które łącząc się z tlenem tworzą tlenek azotu NO. Wysoka wartość ciśnienia i temperatury w komorze spalania wpływa silnie na zwiększenie sprawności silnika spalinowego, lecz wiąże się ze zwiększonym stężeniem tlenków azotu w gazach spalinowych. W systemach spalania silników z zapłonem samoczynnym nie bez znaczenia jest również sposób dostarczania paliwa oraz przebieg procesu spalania z dużym nadmiarem powietrza. Czynniki te powodują występowanie w komorze spalania zróżnicowanego składu mieszanki oraz pojawienie się obszarów,

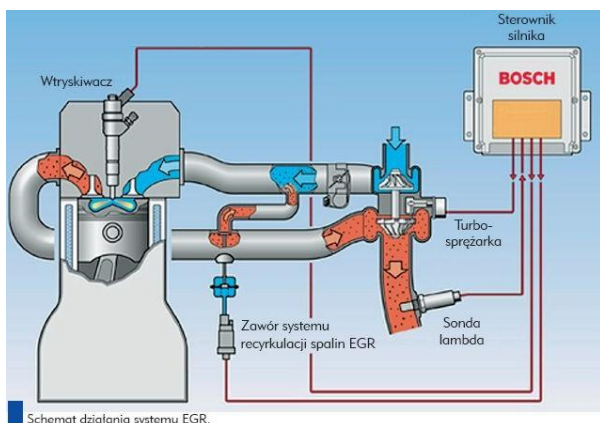
w których lokalnie lub globalnie występuje bardzo wysoka temperatura spalania i duża dostępność tlenu. Takie warunki są typowe dla pracy silnika z zapłonem samoczynnym, eksploatowanego z dużym obciążeniem.

2. Ograniczenie zagrożenia związanego z emisją tlenków azotu przez silniki spalinowe

Metody zmierzające do zminimalizowania stężenia tlenków azotu w spalinach podzielić możemy dwie grupy:

- metody oddziałujące na proces spalania,
- metody obróbki spalin na drodze układu wylotowego.

Obniżenie maksymalnej temperatury spalania wpływa na ograniczenie emisji tlenków azotu. Taki efekt można uzyskać, zwiększając pojemność cieplną zasysanego ładunku, przez doprowadzenie wraz ze świeżym ładunkiem pewnej ilości substancji o większej pojemności cieplnej, niż mieszanka paliwowo-powietrzna. W praktyce stosuje się w tym celu układ recyrkulacji spalin EGR (exhaust gas recirculation, rys. 2). W tym układzie wykorzystuje się większą pojemność cieplną spalin, w celu obniżenia maksymalnej temperatury i utrudnienia zachodzenia reakcji syntezy azotu z tlenem. Wykorzystywane jest tu zjawisko zwolnienia przebiegu reakcji spalania, ponieważ wprowadzone do ładunku cząstki spalin nie biorą bezpośrednio udziału w procesie spalania, natomiast przejmują część energii rodników, od których liczby zależy prędkość rozchodzenia się płomienia i temperatura procesu.



Rys. 2. Schemat działania zewnętrznej recyrkulacji spalin [7]

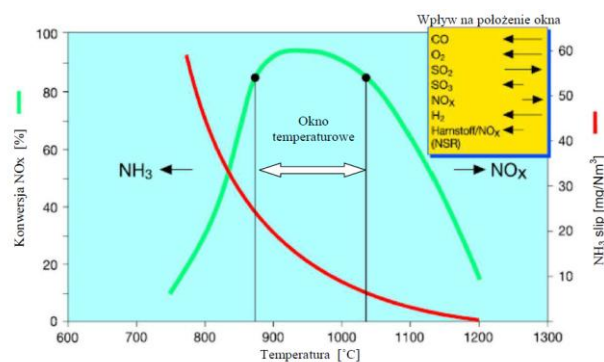
Parametrem charakteryzującym pracę układu EGR jest stopień recyrkulacji określony wzorem:

$$SRS = \frac{m_s}{m_p + m_s} \quad (4)$$

gdzie:

SRS – stopień recyrkulacji spalin,
 m_s – masa spalin doprowadzonych do komory spalania
 m_p – masa powietrza doprowadzona do komory spalania

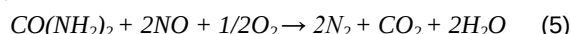
Inną, niezbyt często stosowaną metodą zmniejszenia stężenia tlenków azotu jest selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR). Polega ona na redukcji tlenków azotu z wykorzystaniem amoniaku lub mocznika, w której proces redukcji następuje bez użycia katalizatora. Największa skuteczność osiągana jest w zakresie wartości temperatury 900 – 1100°C (tzw. okno temperaturowe) [9]. Na rysunku 3 przedstawiono wpływ temperatury na stopień redukcji NO_x w procesie niekatalitycznej redukcji selektywnej. Toksyczne właściwości stosowanego reagenta powodują, że istotne jest zachowanie takich warunków dla reakcji redukcji oraz ilości dozowanego czynnika, aby wszystkie cząstki reagenta brały udział w reakcjach. W przeciwnym razie może dochodzić do tzw. ucieczki cząstek amoniaku z układu wylotowego (tzw. ammonia slip).



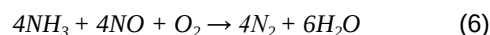
Rys. 3. Wpływ temperatury na proces redukcji NO_x [9]

Reakcje zachodzące podczas redukcji tlenków azotu można opisać następująco:

- przy zastosowaniu mocznika



- przy zastosowaniu amoniaku

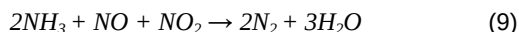
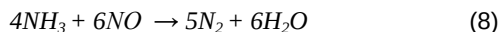
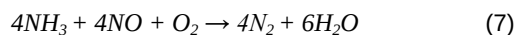


Ze względu na wymagania temperaturowe metody, jest ona wykorzystywana tylko w stacjonarnych silnikach spalinowych, natomiast z powodzeniem stosowana jest w przemyśle energetycznym - w kotłach energetycznych.

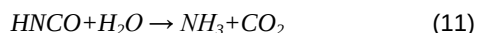
Najbardziej skuteczną metodą ograniczenia stężenia tlenków azotu w spalinach jest selektywna redukcja katalityczna (SCR). Podobnie jak w metodzie SNCR, wymaga ona także wtrysku substancji redukującej. Rozróżnia się dwa warianty tej metody, ze względu na zastosowany czynnik redukujący:

- CH-SCR, redukcja NO_x z wykorzystaniem węglowodorów jako substancji redukującej - sprawność redukcji NO_x do 80%,
- NH₃-SCR, redukcja NO_x z wykorzystaniem amoniaku jako substancji redukującej - sprawność redukcji NO_x do 95%.

Z uwagi na skuteczność oraz koszty, w przemyśle motoryzacyjnym masowe zastosowanie znalazła selektywna redukcja tlenków azotu amoniakiem. Ponieważ amoniak jest gazem toksycznym, dlatego wykorzystuje się 32,5%, wodny roztwór mocznika, o handlowej nazwie - AdBlue. Redukcja NO oraz NO₂ na powierzchni reaktora katalitycznego zachodzi według następujących reakcji:



Najczęściej stosowane są reaktory tlenkowe wanadowo-wolframowe na nośniku tlenku tytanu (V₂O₅/WO₃/TiO₂). Obecnie coraz szersze zastosowanie znajdują również reaktory z katalityczną powierzchnią zeolitową, z jonami miedzi Cu-ZSM-5 lub żelazem Fe-ZSM-5. Wtrysk czynnika redukującego następuje przed reaktorem katalitycznym, najczęściej zaraz za wylotem turbosprężarki, to jest w najgorętszym miejscu układu wylotowego. Po wtrysku wodnego roztworu mocznika w pierwszej kolejności następuje odparowanie wody. Następnie w trakcie jego przepływu przez układ wylotowy następują reakcje termolizy oraz hydrolizy:



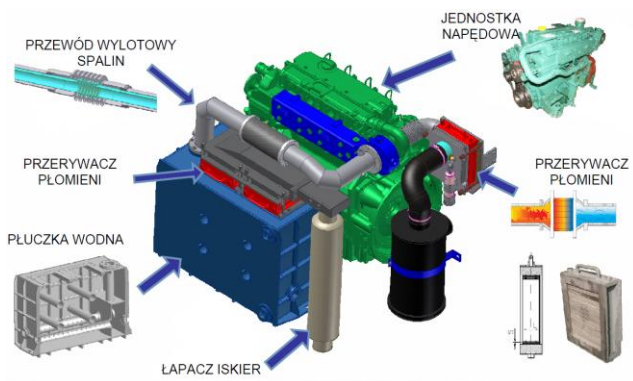
Niekorzystną cechą, związaną z wykorzystaniem amoniaku jako reagenta, jest możliwość emisji z układu wylotowego części amoniaku nie biorącego udziału w reakcjach (ang. ammonia slip). Przepisy w tym zakresie, określają dopuszczalne stężenie amoniaku wynoszące 25 ppm [11].

Działania zmierzające do zwiększenia sprawności silników spalinowych oraz zmniejszenia zużycia paliwa, wymusiły rozwój silników pracujących na mieszankach ubogich, w których wtrysk paliwa realizowany jest bezpośrednio do komory spalania. Przy takich warunkach pracy reaktory TWC (ang. Three Way Catalyst), stosowane powszechnie w samochodach o zapłonie iskrowym, wykazują bardzo słabą skuteczność w zakresie redukcji NO_x. Usuwanie NO_x ze spalin w obecności tlenu w tych przypadkach umożliwiają reaktory magazynujące LNT (ang. Lean NO_x Traps). Reaktory te działają na zasadzie cyklicznego magazynowania i redukowania tlenków azotu. Zastosowanie LNT jest ściśle związane ze sterowaniem mieszanką paliwową. Wymagane jest także monitorowanie stanu zapełnienia reaktora.

Uwzględniając warunki pracy oraz budowę układu napędowego pracującego w wyrobiskach podziemnych zagrożonych atmosferą wybuchową, racjonalne wydaje się zastosowanie metody selektywnej redukcji katalitycznej SCR.

3. Możliwości budowy górniczego napędu spalinowego w aspekcie konwersji tlenków azotu

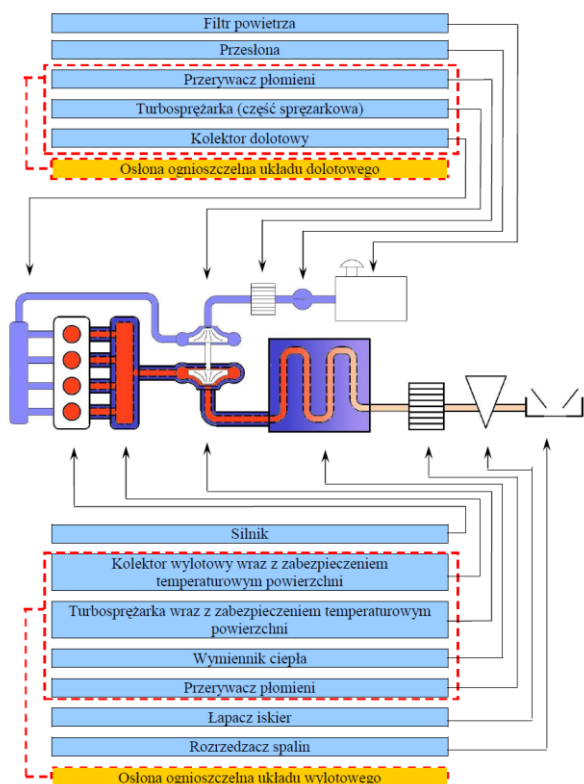
Przykładowy układ napędowy maszyn i urządzeń transportowych stosowanych w górnictwie węgla kamiennego, w którym wykorzystuje się silnik spalinowy pokazano na rysunku 4.



Rys. 4. Górniczy spalinowy układ napędowy [7]

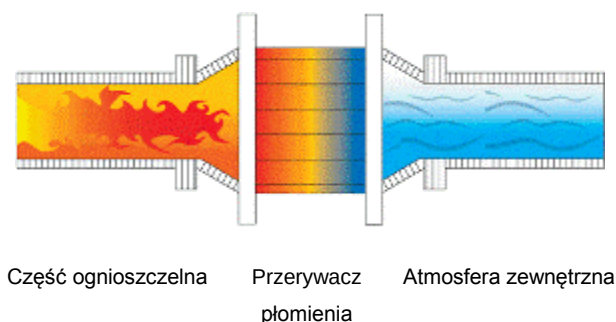
Oprócz silnika spalinowego, w skład układu wchodzi rozbudowane układy dolotowy i wylotowy, odpowiadające wymaganiom górnictwa. Najważniejszym z wymagań, stanowiącym istotne ograniczenie w stosowaniu silników spalinowych do napędu maszyn górnictwa, jest warunek zachowania maksymalnej temperatury powierzchni zewnętrznych układu napędowego, która nie może przekroczyć 150°C. Dotyczy to przypadku występowania palnego pyłu, natomiast w przypadku eksploatacji urządzenia w wyrobiskach podziemnych, w których nie występuje pył palny, maksymalna temperatura powierzchni i spalin, o których mowa wyżej, nie powinna przekraczać 450°C.

Warunek ten dotyczy wszystkich elementów silnika, do których ma dostęp otaczająca atmosfera w najbardziej niekorzystnych warunkach pracy. Jest on szczególnie istotny w odniesieniu do reaktorów katalitycznych wchodzących w skład systemów redukcji tlenków azotu, które w trakcie pracy osiągają temperaturę przekraczającą dopuszczalne wartości graniczne. Ich zastosowanie wymaga opracowania zabezpieczenia temperaturowego powierzchni zewnętrznych, nie wpływającego jednocześnie na procesy zachodzące na powierzchni rdzenia reaktora. Na rysunku 5 przedstawiono schematycznie wszystkie elementy wchodzące w skład układu spalinowego do pracy w atmosferach zagrożonych.



Rys. 5. Schemat układu dolotowo-wylotowego [7]

Z punktu widzenia systemu konwersji tlenków azotu, istotne są zespoły układu wylotowego. W skład układu wylotowego górniczego napędu spalinowego wchodzi elementy odprowadzające spaliny do otoczenia. Otoczenie to w tym przypadku jest zakwalifikowane jako przestrzeń zagrożona atmosferą wybuchową. Układ taki powinien być wyposażony w przerywacz płomieni oraz łapacz iskier. Zadaniem przerywacza jest zabezpieczenie przed przedostaniem się płomieni z części ognioszczelnej układu wylotowego do otaczającej strefy zagrożenia (rys. 6).



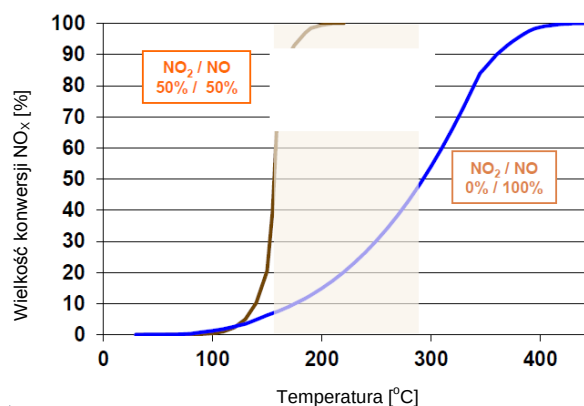
Rys. 6. Zasada działania przerywacza płomieni [7]

Wymóg związany z maksymalną wartością temperatury dotyczy również spalin znajdujących się bezpośrednio za przerywaczem płomieni. Część układu wylotowego pomiędzy przerywaczem płomieni a silnikiem powinna spełniać dodatkowo wymagania dotyczące osłony ognioszczelnej i być zaprojektowana zgodnie z wymaganiami dotyczącymi gazu grupy I.

Według tych wymagań osłona ognioszczelna powinna gwarantować [10]:

- odporność na działanie ciśnienia wybuchu wewnętrznego w czasie próby, której celem jest wywołanie i pomiar najgroźniejszego wybuchu, jakiego można się spodziewać w osłonie ognioszczelnej,
- odporność na działanie ciśnienia w czasie próby, której celem jest zastosowanie regulowanej wartości ciśnienia, przekraczającej największe ciśnienie stwierdzone w czasie badań, przy najostrzejszych warunkach wybuchu i wykazanie, że w takich warunkach osłona ognioszczelna zachowuje swoje własności,
- zapobieganie przenoszeniu się wybuchu wewnętrznego w czasie próby, której celem jest przeprowadzenie najgroźniejszego wybuchu, jaki może się zdarzyć wewnątrz osłony ognioszczelnej i stwierdzenie, że w tych warunkach wybuch zostaje powstrzymany w osłonie ognioszczelnej i nie przenosi się do otaczającej atmosfery.

Najwyższą skuteczność konwersji NO_x reaktora uzyskuje się w temperaturze powyżej 300°C [6, 8]. Wynika z tego, że reaktor katalityczny nie może być zabudowany poza przestrzenią ognioszczelną, gdyż niska temperatura spalin może nie zapewnić odpowiednich warunków dla reakcji redukcji NO_x . Dodatkowo, należy uwzględnić fakt, że moduły reaktorów katalitycznych składają się w pierwszej części z reaktora utleniającego, zapewniającego odpowiedni stosunek NO do NO_2 , który pozwala na obniżenie skutecznej temperatury konwersji NO_x (rys. 7) [2].



Rys. 7. Stopień redukcji NO_x w zależności od temperatury i stosunku NO_2/NO [2]

Egzotermiczne reakcje utleniania stwarzają niebezpieczeństwo wzrostu temperatury spalin powyżej dopuszczalnej wartości granicznej wynoszącej 150°C . W związku z powyższym zespół reaktora katalitycznego musi spełniać te same wymagania, co część ognioszczelna układu wylotowego.

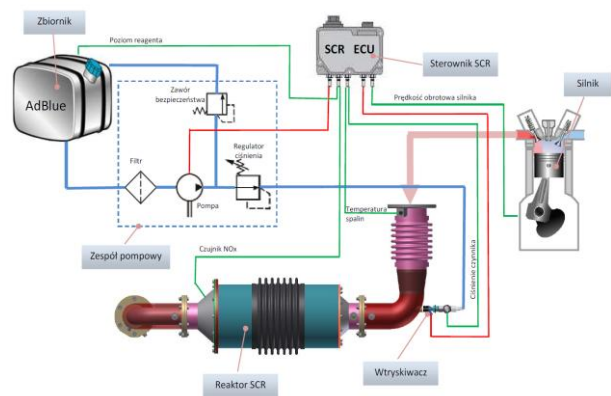
W systemie SCR, przed reaktorem katalitycznym wymagany jest wtrysk wodnego roztworu mocznika do układu wylotowego. W przeprowadzonych badaniach w ramach pracy [7] zidentyfikowano wpływ układu wylotowego na proces reakcji hydrolizy oraz termolizy, w wyniku których powstają cząstki NH_3 redukujące NO_x na powierzchni katalitycznej reaktora. W wyniku dozowania reagenta bezpośrednio do układu wylotowego występuje duża skłonność do osiadania reagenta w postaci depozytu na powierzchni wewnętrznej przewodu wylotowego. Może to być wynikiem konstrukcji, w której to przewód wylotowy jest chłodzony oraz zabezpieczony termicznie płaszczem wodnym.

Jednym z istotnych problemów przemysłu motoryzacyjnego związanym z zastosowaniem roztworu mocznika do redukcji tlenków azotu jest jego zamarzanie w ujemnej temperaturze. W takich przypadkach wymagana jest obecność dodatkowej instalacji grzewczej. W przypadku eksploatacji układu SCR w wyrobiskach podziemnych problem taki nie występuje, co upraszcza konstrukcję systemu.

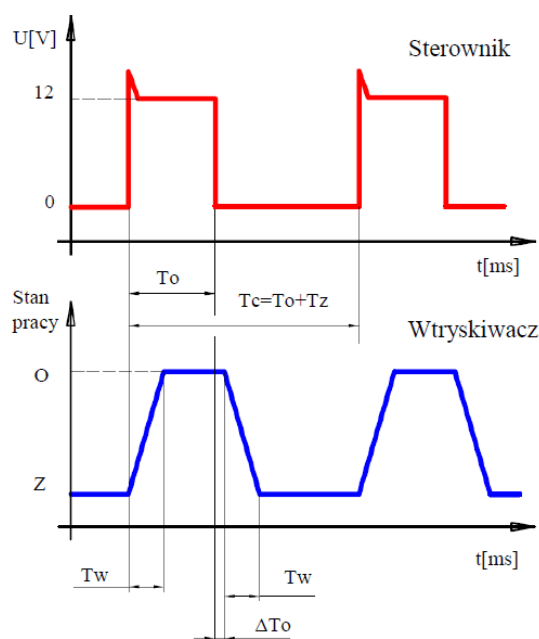
4. Koncepcja systemu redukcji tlenków azotu do napędów spalinowych podziemnych maszyn górniczych

Na rysunku 8 przedstawiono schemat systemu redukcji tlenków azotu napędu spalinowego podziemnych maszyn górniczych. Reagent (AdBlue) przechowywany jest w szczelnym zbiorniku. Pomimo, że wodny roztwór mocznika nie jest zakwalifikowany jako środek niebezpieczny, rozciąca nieprzyjemną woń [12]. Przygotowanie reagenta następuje w zespole pompowym, który składa się z filtra, pompy, regulatora ciśnienia oraz zaworu przelewowego. Nadmiar czynnika w magistrali zasilającej kierowany jest z powrotem do zbiornika. Pompa może być zasilana silnikiem elektrycznym lub hydraulicznym. Za wtrysk reagenta do układu wylotowego odpowiada wtryskiwacz. Na rysunku 9 przedstawiono sygnał sterujący wtryskiwaczem oraz odpowiadające sygnałowi położenie iglicy wtryskiwacza. Parametry pracy wtryskiwacza określające natężenie przepływu, tj. czas otwarcia oraz czas zamknięcia ustala sterownik układu SCR. Odbywa się to na podstawie analizy parametrów pracy silnika spalinowego oraz parametrów spalin. Sterownik, wraz z układami sterowania może być wykonany w wykonaniu ognioszczelnym lub iskrobezpiecznym.

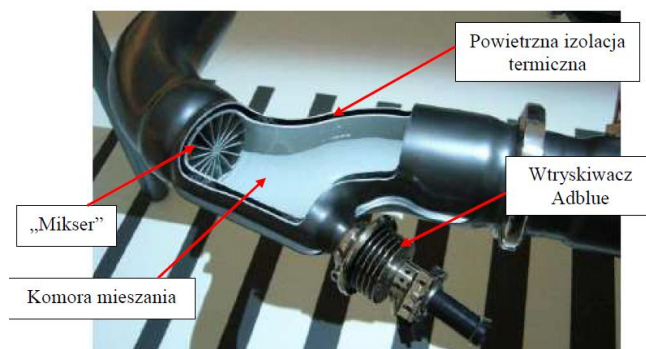
W celu stworzenia odpowiednich warunków do powstawania jednolitej mieszanki spalin i cząstek reagenta, w przewodzie wylotowym, na odcinku wtryskiwacz - reaktor katalityczny zabudowane zostaną elementy w postaci tzw. miksera oraz specjalnej komory, w której zachodzą reakcje termolizy i hydrolizy.



Rys. 8. Schemat układu redukcji tlenków azotu górnego napędu spalinowego



Rys. 9. Sygnał sterowania i odpowiedź wtryskiwacza [7]

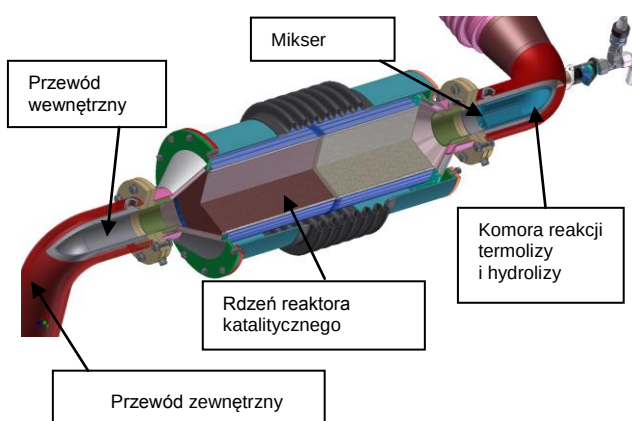


Rys. 10. Układ dozowania AdBlue [3]

Na rysunku 10 przedstawiono przykładową konstrukcję przewodu wylotowego stosowaną w pojazdach drogowych. Kształt przewodu został odpowiednio dopasowany, poprzez ukształtowanie odcinka układu wylotowego, co umożliwia dozowanie czynnika w całym przekroju poprzecznym przewodu.

Na rysunku 11 przedstawiono odcinek ognioszczelnego przewodu wylotowego spalin górniczego napędu spalinowego wraz z elementami systemu SCR. Wtryskiwacz zabudowany został na kolanie przewodu wylotowego, zapewniając rozpylenie czynnika w osi przewodu do specjalnej komory. Komora ta oddzielona jest od wewnętrznej ściany przewodu wylotowego. Konstrukcja taka eliminuje sytuację, w której struga czynnika pada na chłodzoną płaszczyznę wodnym powierzchnię wewnętrzną przewodu wylotowego, efektem czego może być osadzanie depozytu na jego powierzchni [7]. Komora zakończona jest „miksers” zapewniającym jednolite zmieszanie reagenta z spalinami, które w dalszej części kierowane są do zespołu reaktora katalitycznego. Zespół reaktora, podobnie jak pozostałe zespoły układu wylotowego, zabezpieczone są temperaturowo płaszczyzną wodnym. Przeprowadzone symulacje wykazały, że obecność płaszczyzny wodnej nie będzie miała wpływu na sprawność reaktora [7].

Po opuszczeniu zespołu reaktora spaliny kierowane są do układu chłodzenia spalin (płuczka wodna lub suchy wymiennik ciepła), przerywaczy spalin, zgodnie ze schematem pokazanym na rysunku 5.



Rys. 11. Przewód wylotowy spalin napędu ognioszczelnego wraz z zespołami SCR [7]

5. Podsumowanie

Tlenki azotu są największym zagrożeniem związanym z emisją spalin silników z zapłonem samoczynnym. W sektorze emisji tlenków azotu maszyny napędzane silnikami spalinowymi, w skład których wchodzi również silniki o zapłonie samoczynnym, stanowią ponad 40%. O ile na rynku maszyn powierzchniowych zauważalne są intensywne działania zmierzające do zminimalizowania tego problemu, o tyle brak odpowiednich konstrukcji i metod konwersji tlenków azotu dedykowanych do maszyn pracujących w wyrobiskach podziemnych zagrożonych atmosferą wybuchową. Sytuacja taka może wynikać z problemów konstrukcyjnych związanych z opracowaniem takich rozwiązań, spełniających wymagania

bezpiecznej eksploatacji w wyrobiskach zagrożonych atmosferą wybuchową oraz dużych kosztów. Opisana w artykule koncepcja systemu konwersji tlenków azotu bazuje na metodzie selektywnej redukcji katalitycznej (SCR), w której wykorzystuje się wodny roztwór mocznika do selektywnej redukcji NOx. Badania stanowiskowe metody selektywnej redukcji katalitycznej przeprowadzone na stanowisku badań górniczych napędów spalinowych w ITG KOMAG wykazały dużą skuteczność w zakresie pracy z dużym obciążeniem silnika [7]. W przedmiotowej koncepcji uwzględniono również rozwiązania ograniczające osadzanie się depozytu na powierzchni wewnętrznej przewodu wylotowego poprzez zastosowanie specjalnej komory.

Literatura

1. Bieniek A., Graba M., Lechowicz A.: Sterowanie adaptacyjne systemem recyrkulacji spalin w aspekcie obniżenia emisji substancji szkodliwych dla klasycznego silnika ZS. *Inżynieria Rolnicza* 5(130) 2011.
2. Brück R.: Highly efficient SCR for SCR only applications for NRMM. Emitec GmbH.
3. Brzeżański M., Sala R.: Problemy eksploatacji systemów selektywnej redukcji katalitycznej tlenków azotu. *Silniki Spalinowe* 3/2013.
4. Chłopek Z.: Ochrona środowiska naturalnego. WKŁ, Warszawa 2002 r.
5. Degórska A. i in.: Zanieczyszczenie powietrza w Polsce w 2009 roku na tle wielolecia. IOŚ Warszawa 2011 r.
6. Fridell E., Steen E.: Ammonia slip measurements on ships with NOx converters. IVL Report B1766.
7. Kaczmarczyk K.: Metoda dostosowania silnika do wymagań stawianych górniczym napędem spalinowym, Praca Doktorska, Politechnika Krakowska, Gliwice 2014 r.
8. Kojtych A.: Zastosowanie selektywnej redukcji NOx amoniakiem (NH3-SCR) do pojazdów napędzanych silnikiem z zapłonem samoczynnym. *MOTROL* 6/2004.
9. Materiały informacyjne firmy MEHLDAU & STEINFATH Umwelttechnik GmbH.
10. PN-EN 1834-2:2002 Silniki spalinowe tłokowe – Wymagania bezpieczeństwa dotyczące projektowania i budowy silników przeznaczonych do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – Część 2: Silniki grupy I przeznaczone do stosowania w pracach podziemnych zagrożonych występowaniem metanu i/lub palnego pyłu.
11. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 19 sierpnia 2005 r. w sprawie szczegółowych wymagań dla silników spalinowych w zakresie ograniczenia emisji zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych przez te silniki (Dz.U. Nr 202, poz. 2203).
12. www.grupaazoty.com (20 styczeń 2015 r.).

Artykuł wpłynął do redakcji w lutym 2015 r.

Systemy sterowania ścianowym przenośnikiem zgrzeblowym

Streszczenie

Ważnym czynnikiem decydującym o poprawnej i bezawaryjnej pracy przenośnika ścianowego jest właściwa siła naciągu łańcucha. Podczas pracy jest ona zmienna wzdłuż całego konturu łańcuchowego, co jest wynikiem przekazywania na łańcuch siły pociągowej przez dwa oddalone od siebie napędy, własności sprężystych łańcucha oraz nierównomiernie rozłożonego i ciągle zmieniającego się obciążenia. Rodzi to problemy związane z efektywnym wykorzystaniem mocy, zwłaszcza we względnie długich przenośnikach osiagających ponad 300 m. W artykule przedstawiono propozycję innowacyjnego systemu sterowania ścianowym przenośnikiem zgrzeblowym z funkcją automatycznego sterowania naciągiem łańcucha oraz wyrównywania obciążeń napędów.

Słowa kluczowe: przenośnik zgrzeblowy, model, algorytm, system sterowania

Keywords: armoured face conveyor, model, algorithm, control system

Summary

Proper chain tension is an important factor deciding about failure-free operation of AFC. During operation, chain tension differs along the chain in the result of transmission of pulling force from two distant drives, changing elasticity and uneven distribution and changing load. That gives a problem related to the effective use of power, especially in the case of long conveyors up to 300 meters. Suggestion of innovative control system for AFC with automatic control of chain tension and drive load balance.

1. Wprowadzenie

Przenośniki zgrzeblowe pracujące w kompleksach ścianowych wyposażane są w dwa lub trzy silniki elektryczne. Niewłaściwy naciąg łańcucha i nierównomierny rozkład obciążenia na przenośniku powoduje zróżnicowanie obciążenia silników w wyniku czego może dochodzić do okresowego przeciążania napędów, co z czasem prowadzi do awarii napędu i przestoju całego kompleksu ścianowego.

W ramach projektu ICON pt.: „Ścianowy przenośnik zgrzeblowy z innowacyjnym systemem regulacji parametrów pracy napędów”, realizowanego w ramach programu „INNOTECH” w ścieżce programowej IN-TECH, dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, konsorcjum w składzie:

- Instytut Techniki Górniczej KOMAG,
- Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii,
- KOPEX Machinery S.A.,
- Elgór + Hansen S.A

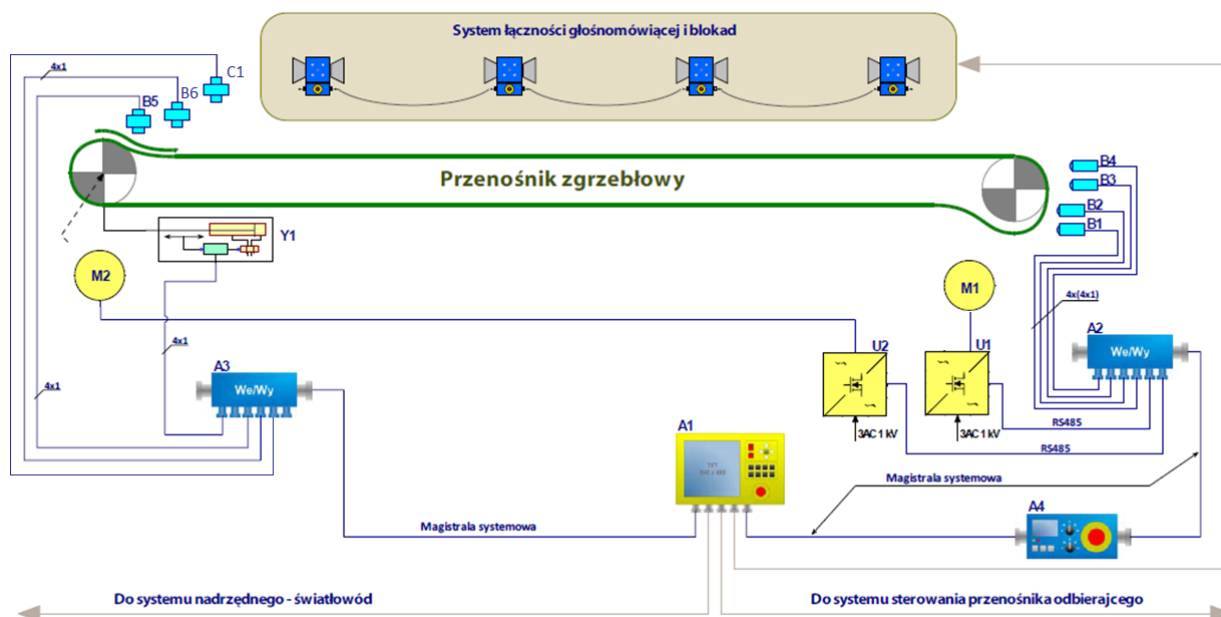
opracowało innowacyjny system sterowania ścianowego przenośnika zgrzeblowego z automatycznym systemem sterowania wyrównywaniem obciążeń napędów i naciągiem łańcucha.

2. System sterowania ścianowym przenośnikiem zgrzeblowym

Obiektem sterowania był ścianowy przenośnik zgrzeblowy odstawiający urobek ze ściany wydobywczej. Przenośnik wyposażony był w dwa napędy: wsypowy i zwrotny. Posiadał również sterowany hydraulicznie napęd teleskopowy, służący do napinania łańcucha przenośnika. Opracowany algorytm sterujący ma za zadanie wyeliminowanie zjawiska zmienności wykorzystania mocy napędów oraz utrzymanie odpowiedniego stanu naciągu łańcucha. Zjawiska te są wynikiem nierównomiernego obciążenia przenośnika urobkiem, własności sprężystych łańcucha, niedokładności związanych z wykonaniem łańcucha, jak również różnych charakterystyk silników elektrycznych.

Założenia do automatycznego sterowania pracą przenośnika zgrzeblowego zostały zdefiniowane następująco [3]:

- wprowadzenie możliwości akwizycji danych o stanie obiektu,
- przetwarzanie danych w celu podejmowania decyzji dotyczących sterowania procesem,
- zadawanie korekt regulacyjnych,
- odpowiednie sterowanie obiektem w momencie pojawienia się stanów krytycznych i alarmowych.



Rys.1. Struktura układu sterowania ścianowym przenośnikiem zgrzeblowym [2]

Przenośnik, stanowiący obiekt sterowania, wyposażono w czujniki, przekazujące informacje do sterownika głównego. Strukturę układu sterowania przenośnika pokazano na rysunku 1.

Zgodnie z założeniami przenośnik wyposażono w:

- przemienniki częstotliwości U1 i U2 do sterowania prędkościami napędów, pozwalających jednocześnie na rejestrację prądów generowanych w obwodach zasilania napędów: wysypowego i zwrotnego,
- czujnik siły nacisku C1, mierzonej w miejscu zbiegania łańcucha z bębna na napędzie zwrotnym,
- dwa czujniki dwustanowe B5 i B6 sygnalizujące stan nadmiernego luzowania łańcucha w miejscu zbiegania łańcucha z bębna napędu zwrotnego,
- cztery czujniki dwustanowe B1÷B4, wykrywające stan nadmiernego napięcia lub zluźnienia łańcucha na napędzie wysypowym.

Część sprzętową układu sterowania, łącznie ze sterownikiem głównym, do którego przekazywane są informacje z czujników, opracowała i wykonała firma Elgór+Hansen S.A. Zaproponowany układ posiada jeden sterownik główny A1 i dwa sterowniki lokalne A2, A3 dokonujące akwizycji danych z czujników i urządzeń współpracujących oraz z lokalnego pulpitu sterowania A4. Połączenia pomiędzy ww. urządzeniami wykonano z użyciem magistrali Fieldbus (magistrala systemowa) [2].

Algorytmy zarządzające pracą przenośnika opracowano w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG oraz na Wydziale Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej. Opracowane dwie wersje algorytmu poddano testom na modelach wirtualnych, a następnie na modelu rzeczywistym.

W wersji 1 algorytmu, opracowanej w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, wyznaczono skończoną liczbę stanów pracy przenośnika. Poprzez kwalifikowanie aktualnego stanu pracy przenośnika do jednego z ww. stanów określano korektę regulacyjną przyporządkowaną temu stanowi. Korekta regulacyjna obejmowała zmianę nastaw częstotliwości zasilania napędu zwrotnego (napęd wysypowy był napędem wiodącym i jego prędkość w trakcie pracy ustalonej nie była regulowana) lub/i położenia teleskopowego napędu zwrotnego. Tylko trzy stany uznano za poprawne, czyli takie które nie wymagały korekty.

W wersji 2 algorytmu, opracowanej na Wydziale Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej, nie analizowano pracy przenośnika pod kątem przynależności do z góry określonych stanów pracy. Sterowanie pracą przenośnika odbywało się poprzez niezależną regulację naciągu łańcucha, w odniesieniu do wyrównywania obciążenia napędów.

Regulacja naciągu łańcucha odbywała się z wykorzystaniem analizy dwustanowych sygnałów położenia łańcucha, siły i obciążenia silników napędów przenośnika. Wyrównywanie mocy napędów przenośnika realizowane było niezależnie od stanu naciągu łańcucha. Regulacja prędkości realizowana była tylko w odniesieniu do napędu zwrotnego (nadażenie za napędem wysypowym). Korekta regulacyjna była zadawana, gdy przekroczono maksymalną dopuszczalną różnicę pomiędzy uśrednionymi wartościami mocy obu napędów.

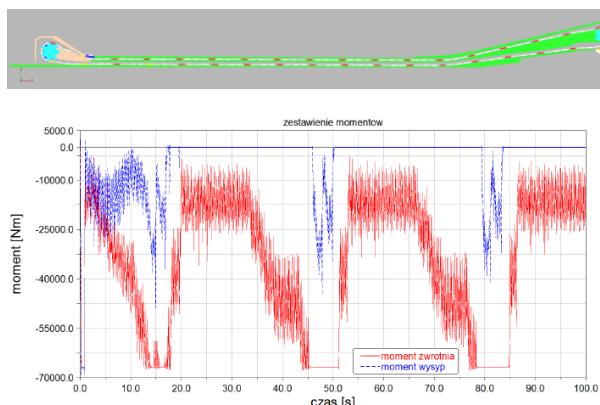
W ramach realizacji zadań opracowano szczegółowe procedury regulacyjne, jak również procedury obsługi urządzeń wykonawczych, w tym [3]:

- obsługi silników elektrycznych,
- obsługi napędu teleskopowego,
- kontroli mierników analogowych,
- wyrównywania mocy napędów i napinania/luzowania łańcucha.

Ze względu na sposób przeprowadzania pomiarów, charakteryzujący się impulsowym przebiegiem wskazań czujników, określono sposób ich kondycjonowania i interpretacji (zarówno w odniesieniu do czujników dwustanowych, jak również czujnika siły).

3. Badania układu sterowania

Opracowany w ramach projektu końcowy algorytm sterowania poddano weryfikacji zarówno na modelu wirtualnym, jak i na rzeczywistym modelu przenośnika. Wirtualny model obliczeniowy opracowano w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG. Został on zbudowany w środowisku MSC ADAMS. Model składa się ze 155 brył i 144 elementów sprężysto-tłumiących. Można w nim wyróżnić 903 modele kontaktów i szereg więzów obrotowych, przesuwnych i utwierdzających. Model posiada 436 stopni swobody. Algorytm układu sterowania zaimplementowano w oprogramowaniu MATLAB/SIMULINK. Widok modelu obliczeniowego w środowisku MSC ADAMS przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Model obliczeniowy przenośnika wykonany w środowisku MSC ADAMS i przykładowy wykres zarejestrowany podczas badań symulacyjnych [1]



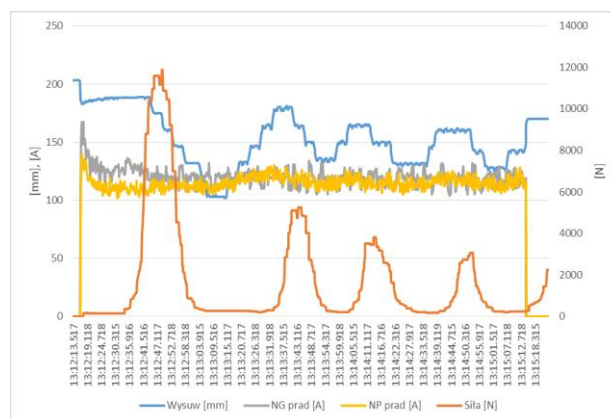
Rys. 3. Przenośnik zgrzeblowy zainstalowany na terenie Fabryki Maszyn i Urządzeń TAGOR S.A [4]

Na podstawie przeprowadzonych analiz wyników numerycznych wprowadzono zmiany w algorytmie sterowania, których słuszność potwierdzona została podczas prób stanowiskowych [4].

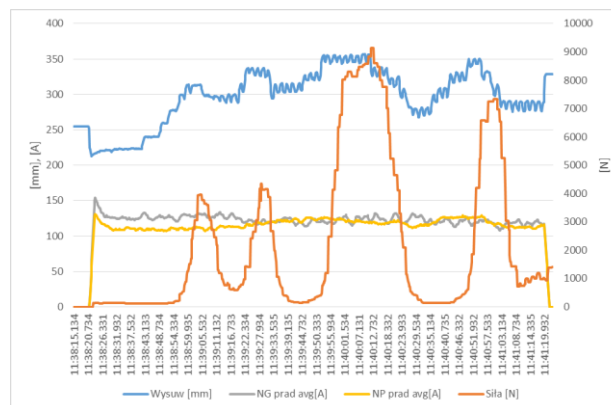
Badania stanowiskowe przeprowadzono na przenośniku zainstalowanym na terenie Fabryki Maszyn i Urządzeń TAGOR S.A. w Tarnowskich Górach (rys. 3).

Do napędu przenośnika zastosowano dwa silniki elektryczne o mocy 315 kW zasilane z przemienników częstotliwości. Na trasie zabudowano sanie kombajnowe z dwoma ciągnikami hydraulicznymi oraz hydrauliczną, teleskopową rynnę w celu luzowania/napinania łańcucha. Napęd zwrotny był napędem teleskopowym o skoku 600 mm. Pozwoliło to na napinanie lub luzowanie łańcucha podczas pracy przenośnika. W trakcie badań rejestrowano wskazania czujników dwustanowych, wskazania czujnika siły, wysuw siłownika napędu teleskopowego oraz natężenia prądów i częstotliwości napięcia zasilania napędów. Przykładowe przebiegi tych parametrów zarejestrowane podczas badań przedstawiono na rysunku 4.

a)



b)



Rys. 4. Przebiegi czasowe wybranych parametrów pracy przenośnika podczas regulacji z wykorzystaniem a) wariantu 1, b) wariantu 2 [4]

Na rysunku 4a zaprezentowano przebiegi czasowe wybranych parametrów pracy przenośnika podczas regulacji z wykorzystaniem wariantu 1. W badanym przypadku zadano napięcie wstępne łańcuchów, które wywołało stan nieluzowania łańcucha na napędzie pomocniczym. Zróznicowano również początkową wartość częstotliwości napięcia zasilania napędów. Algorytm sterujący załączono po 20 s od chwili załączenia przenośnika. Pierwszy zarejestrowany stan przenośnika wskazywał na dużą siłę na napędzie zwrotnym i zróznicowanie poboru mocy przez silniki. Zadziałanie algorytmu zainicjowało proces powolnego zwiększania obrotów gwiazdy napędu pomocniczego, celem wyrównania obciążenia napędów. Po otrzymaniu pełnych uśrednionych wartości siły i stanów czujników magnetycznych (zgodnie z przyjętymi czasami uśredniania), algorytm zareagował zsuwaniem kadłuba napędu pomocniczego przenośnika. Zwiększanie obrotów gwiazdy napędu pomocniczego i zmniejszenie konturu przenośnika, spowodowało obniżenie siły w łańcuchu rejestrowanej przez czujnik na zejściu łańcucha z bębna napędu pomocniczego. Pełne wyrównanie prądów w obwodach zasilania napędów, nastąpiło w 50 s działania algorytmu i spowodowało pojawienie się luzu na napędzie pomocniczym. Algorytm zaczął realizować wysuw kadłuba napędu pomocniczego, dążąc do uzyskania pożądanego naciągu łańcucha. Przebiegi czasowe zarejestrowane podczas regulacji z wykorzystaniem algorytmu w wersji 2 przedstawiono na rysunku 4b. Podobnie, jak w poprzednim przypadku zróznicowano wartość początkową częstotliwości napięcia zasilania napędów. Algorytm sterujący załączono po czasie rozruchu, który wynosił 25 s. Pierwszy zarejestrowany stan przenośnika wskazywał na stan luzowania na napędzie pomocniczym. Zadziałanie algorytmu spowodowało wysuw kadłuba napędu pomocniczego, czego efektem był przyrost siły w łańcuchu. W dalszej części badania algorytm próbuje utrzymywać stałe obciążenie napędów i odpowiedni naciąg łańcucha, reagując na zmiany obciążenia przenośnika zadawane saniami kombajnowymi.

W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano potwierdzenie, że algorytmy sterowania pracą przenośnika funkcjonują zgodnie z założeniami i osiągane jest korzystne wyrównanie obciążeń napędów. Ich zaletą jest możliwość ingerencji w zakresie doboru okna czasowego, częstotliwości wywołań algorytmu i liczby uśrednianych próbek danych pomiarowych, co umożliwia uzyskanie optymalnych efektów sterowania przenośnikiem. Możliwe jest również wprowadzenie takich ustawień parametrów algorytmu, aby jego ingerencja w wyrównywaniu obciążeń następowała tylko po przekroczeniu przez jeden z napędów mocy nominalnej [4].

4. Podsumowanie

Problemy automatyzacji sterowania pracą ścianowych przenośników zgrzeblowych, wynikają z warunków pracy przenośnika ścianowego, które utrudniają skuteczne monitorowanie stanu naciągu łańcucha. W publikacji przedstawiono algorytm sterowania zwiększający funkcjonalność przenośnika zgrzeblowego, który jednocześnie bazuje na ograniczonym zbiorze danych możliwych do pozyskania z maszyny. Celem nadrzędnym omawianego systemu sterowania jest uzyskanie właściwego naciągu wstępnego łańcucha zapewnianiącego poprawną pracę przenośnika oraz aktywną regulację mocy pobieranej przez napędy, co umożliwia wyrównywanie ich obciążeń.

Układ sterowania opracowany w ramach projektu ICON zweryfikowano podczas badań na modelu wirtualnym i podczas badań stanowiskowych. Wyniki badań wykazały poprawne działanie układu sterowania. Obecnie system testowany jest w warunkach *In situ*. Po etapie testów opracowane zostaną i wprowadzone do systemu poprawki wynikające z rzeczywistej eksploatacji.

Literatura

1. Drwięga A., Tokarczyk J., Szewerda K. i inni: „Opracowanie wirtualnego dyskretnego modelu przenośnika wraz z modelem jego sterowania, przeprowadzenie testowych symulacji numerycznych modelu” sprawozdanie z zadania nr 5 projektu ICON, ITG KOMAG, Gliwice 2012 r. (materiały nie publikowane).
2. Drwięga A., Mazurkiewicz A., Ofiarkiewicz D. i inni: „Opracowanie doboru platformy sprzętowej umożliwiającej aplikację algorytmów” sprawozdanie z zadania nr 6 projektu ICON, ITG KOMAG, Gliwice 2012 r. (materiały nie publikowane).
3. Drwięga A., Stankiewicz K., Jendrysik S. i inni: „Opracowanie zintegrowanego algorytmu sterowania pracą napędów przenośnika, testowanie algorytmu na modelu wirtualnym, opracowanie i wprowadzenie korekt algorytmu, opracowanie oprogramowania sterownika języku wyższego poziomu na podstawie algorytmu” sprawozdanie z zadania nr 8 projektu ICON, ITG KOMAG, Gliwice 2013 r. (materiały nie publikowane).
4. Drwięga A., Stankiewicz K., Jendrysik S. i inni: „Opracowanie wyników badań, odniesienie do badań prototypu i opracowanie sprawozdania” sprawozdanie z zadania nr 17 projektu ICON, ITG KOMAG, Gliwice 2013 r. (materiały nie publikowane).

Artykuł wpłynął do redakcji w lutym 2015 r.

Innowacyjne podejście do zarządzania maszynami i urządzeniami górnictwem z wykorzystaniem systemu iRIS

Streszczenie

W artykule przedstawiono rozwój systemu elektronicznej identyfikacji począwszy od relatywnie prostego oprogramowania Gather współpracującego z mikrokomputerem TRMC w wersji 1.0, aż po kompleksowy system elektronicznej ewidencji środków trwałych przystosowany do współpracy z wielozadaniowymi terminalami mobilnymi nowej generacji, noszący nazwę iRIS. W skład systemu wchodzi platformy: PECM (Platforma ewidencji części maszyn), PEMP (Platforma ewidencji maszyn i urządzeń powierzchniowych), PEUBP (Platforma ewidencji urządzeń budowy przeciwwybuchowej), PEŚTB (Platforma ewidencji środków trwałych wyposażenia biur), PEŚT (Platforma ewidencji środków transportu podziemnego).

Summary

Development of the system for electronic identification, beginning from relatively simple Gather software programme cooperating with version 1.0 of TRMC microcomputer to the iRIS comprehensive system for electronic inventory of fixed assets adapted for cooperation with multi-task mobile terminals of new generation, is presented. The following platforms are included in the system: PECM (platform for inventory of machines' components), PEMP (platform for inventory of surface machines and equipment), PEUBP (platform for inventory of machines of explosion-proof manufacture), PEŚTB (platform for inventory of office fixed assets), PEŚT (platform for evidence of underground transportation means).

Słowa kluczowe: technologia RFID, system identyfikacji i ewidencji środków trwałych, iRIS

Keywords: RFID technology, system for identification and inventory of fixed assets, iRIS

1. Wprowadzenie

Prace nad zastosowaniem technologii RFID w zakładach górniczych rozpoczęto w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w roku 2004. W wyniku realizacji projektu celowego pod tytułem: „System elektronicznej identyfikacji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej”, wdrożono go komercyjnie lub testowo w blisko trzydziestu kopalniach węgla kamiennego w Polsce i w firmach produkujących sekcje obudowy zmechanizowanej. W toku prowadzonych prac badawczo-rozwojowych uzyskano szereg cennych uwag oraz propozycji zmian funkcjonalności systemu ze strony użytkowników. Korzyści wynikające z użytkowania systemu skłoniły do zastosowania go w innych maszynach. Uwzględniając zdefiniowane potrzeby użytkowników podjęto prace mające na celu opracowanie i wprowadzenie na rynek kompleksowego rozwiązania sprzętowo-programowego przeznaczonego do identyfikacji szerokiego zakresu maszyn, urządzeń i środków trwałych.

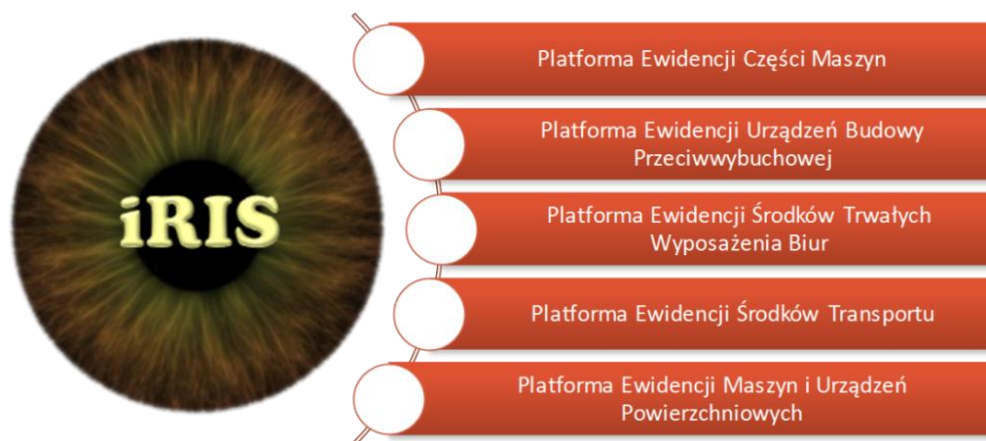
W zakresie rozwoju rozwiązań sprzętowych, firma ELSTA Sp. z o.o., a następnie Elsta Elektronika Sp. z o.o. S.K.A. opracowała prototyp iskrobezpiecznego, nowego terminala mobilnego w postaci palmtopa, z graficznym systemem operacyjnym oraz aplikacją realizującą funkcjonalność mikrokomputera TRMC-01. Natomiast w Instytucie KOMAG podjęto prace

zmierzające do opracowania systemu informatycznego iRIS (Intelligent Rapid Identification System), kompatybilnego z istniejącymi rozwiązaniami sprzętowymi i służącego do kompleksowej identyfikacji i nadzoru środków trwałych. W wyniku prowadzonych prac rozwojowych „System elektronicznej identyfikacji elementów ścianowej obudowy zmechanizowanej” stał się częścią zintegrowanego rozwiązania sprzętowo-programowego iRIS.

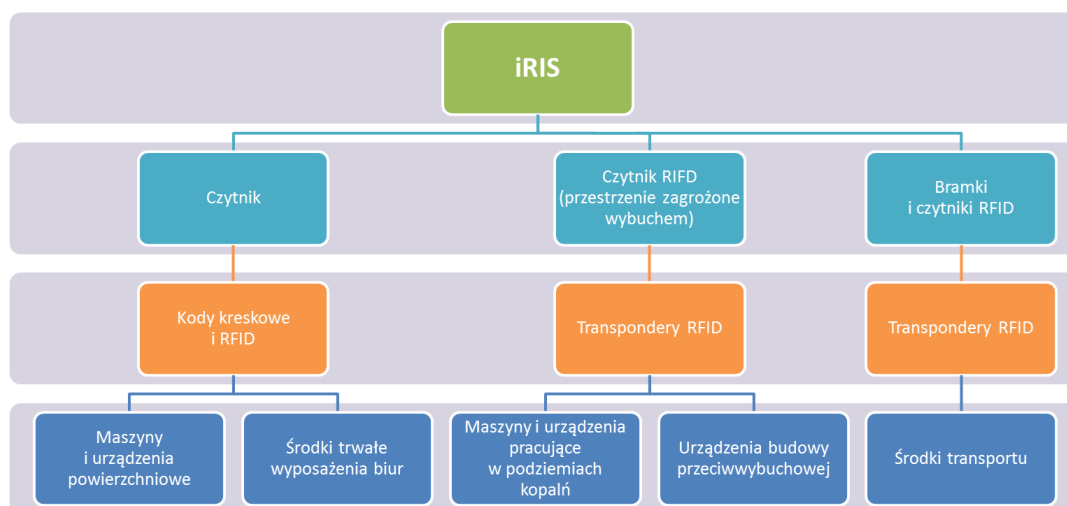
2. iRIS - System identyfikacji maszyn, urządzeń, środków trwałych oraz transportu

Zainteresowanie nowoczesnymi, odpornymi na warunki środowiskowe, systemami zarządzania maszyn, urządzeń, środków trwałych oraz środków transportu, stosowanymi w kopalniach węgla kamiennego, stanowił podstawę podjęcia prac, nad kompleksowym, modułowym systemem identyfikacji, bazującym głównie na technologii RFID.

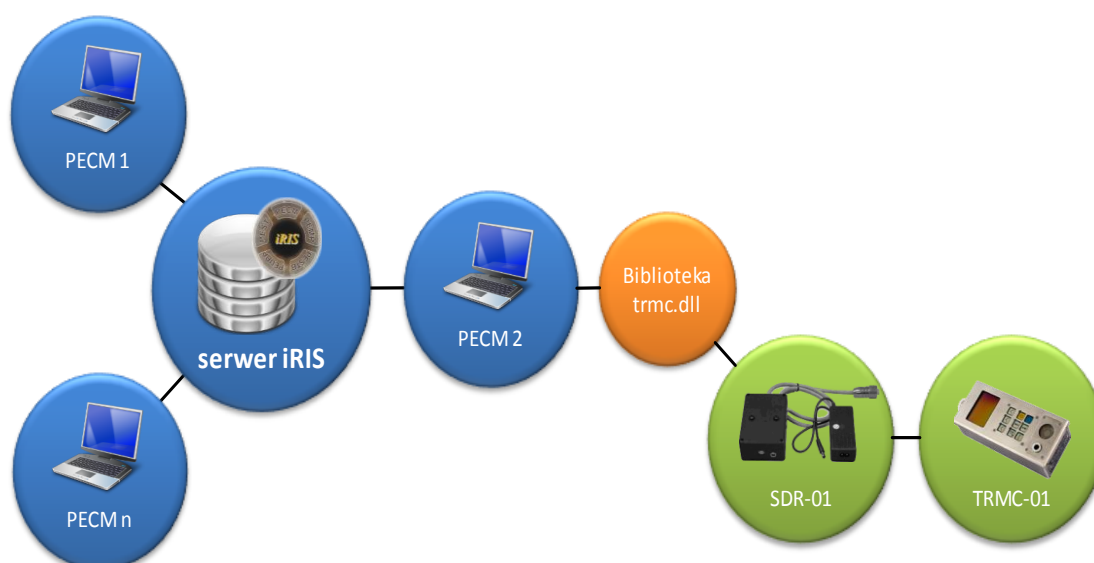
W 2011 roku podjęto prace mające na celu opracowanie systemu iRIS (2.0) (rys. 1), jako kompleksowego narzędzia do prowadzenia elektronicznej ewidencji środków trwałych, kompatybilnego z wdrożonym systemem do ewidencji maszyn i składającego się z pięciu platform :



Rys.1. Platformy systemu iRIS [3]



Rys. 2. Struktura systemu iRIS [2, 8]



Rys. 3. Struktura sprzętowo-programowa systemu iRIS-PECM 2.0.

- 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.

Platforma ewidencji części maszyn (PECM) powstawała, jako integralna część „Systemu elektronicznej identyfikacji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej”, a obecnie stanowi niezależne oprogramowanie bazodanowe [1, 2, 9].

W modelu systemu przyjęto strukturę warstwową (rys. 2, rys. 3). Platformy programowe iRIS opracowane w ITG KOMAG zakwalifikowano do nadrzędnej warstwy zarządzania i przyjęto nazywać je aplikacjami warstwy zarządzającej. Nowy model systemu zapewnia pełną elastyczność funkcjonalną i obejmuje swoim zakresem większość dających się przewidzieć wymagań deklarowanych ze strony użytkowników [2, 3, 7, 8].

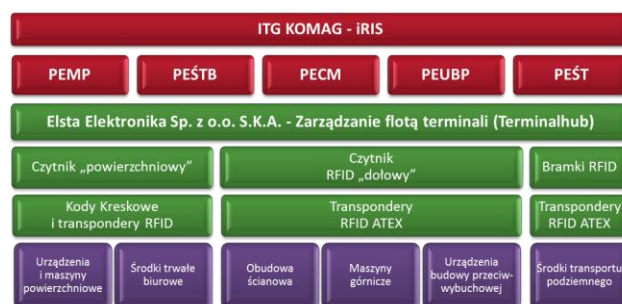
W systemie iRIS zastosowano urządzenia nowej generacji produkowane przez firmę ELSTA Sp. z o.o. i Elsta Elektronika Sp. z o.o. S.K.A (rys. 4, rys. 5) [9, 10]. Wiązało się to z koniecznością opracowania nowych modułów komunikacyjnych, umożliwiających współpracę poszczególnych elementów systemu. Z uwagi na liczbę wdrożonych i użytkowanych do tej pory urządzeń RFID, w opracowanych systemach informatycznych zapewniono możliwość obsługi aktualnych aplikacji funkcjonalnych TRMC-01 oraz obsługi nowych typów aplikacji przygotowywanych na terminalach mobilnych.



Rys. 4. Terminal mobilny firmy Elsta Elektronika Sp. z o.o. S.K.A. [10, 11]



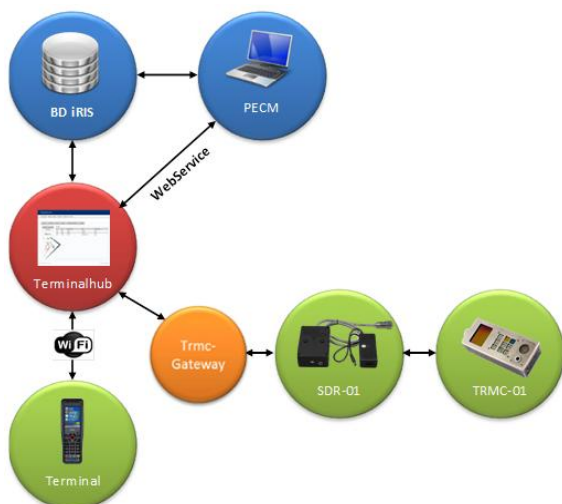
Rys. 5. Bezprzewodowa lanca odczytująca firmy Elsta Elektronika Sp. z o.o. S.K.A. [10, 11]



Rys. 6. Struktura systemu z warstwą zarządzającą terminalami [6, 7]

W trakcie opracowywania nowej wersji systemu iRIS (3.0) (rys. 6, rys. 7), przyjęto następujące założenia, dotyczące funkcjonalności modułu komunikacyjnego systemu [2, 3, 6]:

- kompatybilność wsteczna z aktualnymi terminalami TRMC-01,
- możliwość obsługi terminali mobilnych z dostępem poprzez sieć TCP/IP (przewodową, bezprzewodową),
- możliwość komunikacji wielu terminali (starej i nowej generacji) równocześnie,
- możliwość obsługi aktualnych aplikacji funkcjonalnych TRMC-01 oraz nowych typów aplikacji funkcjonalnych na terminale mobilne,
- możliwość zapisywania wszystkich parametrów i akcji wykonywanych przez terminale mobilne w trakcie synchronizacji,
- możliwość zapisu przesyłanych przez terminale danych binarnych (pliki) i magazynowania ich w wewnętrznej strukturze (dane udostępniane aplikacjom klienckim na żądanie z dowolnego miejsca w sieci),
- możliwość pracy w kontekście określonego terminala oraz określonej sesji,
- obsługa tabel wymiany w kierunku up/down - odseparowanie kierunków transmisji i ruchu obiektów,
- zastosowanie usług internetowych (ang. web service) do udostępnienia plików gromadzonych na serwerze.

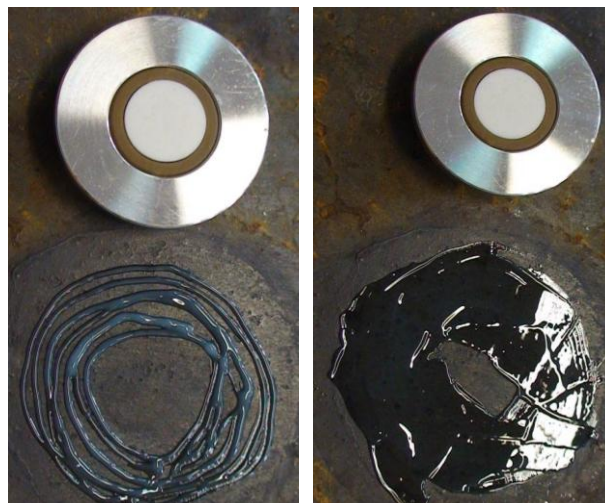


Rys. 7. Schemat przepływu danych w systemie iRIS-PECM 3.0. [2, 3, 4]

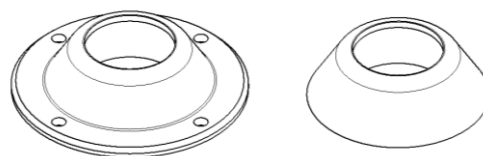
Aplikację „Terminalhub”, udostępniającą interfejs zarządzający terminalami, opracował zespół firmy Elsta Elektronika Sp. z o. o. S.K.A., natomiast specjaliści ITG KOMAG zaimplementowali w aplikacjach systemu iRIS moduły komunikacyjne odpowiedzialne za jego obsługę [3, 6].

W celu umożliwienia komunikacji wcześniej opracowanego oprogramowania z terminalami starszej generacji, opracowano aplikację „TrmcGateway”, służącą jako brama (gateway) dla terminali TRMC-01. Aplikacja pomocnicza „TrmcGateway” jest udostępniana, jako aplikacja użytkownika, który posiada podłączony do komputera dok SDR-01. Aplikacja działając w zasobniku systemowym oczekuje na podłączenie terminala do złącza stacji dokującej SDR-01. Po wykryciu terminala aplikacja zgłasza ten fakt użytkownikowi i pozwala na przeprowadzenie operacji synchronizacji danych, podobnie jak aplikacja na terminalu mobilnym [2, 3, 10].

Aplikacje systemu iRIS (3.0) posiadają możliwość pracy z określonym terminalem oraz w określonej sesji - zestawu zadań do wykonania. Aplikacje systemu iRIS umożliwiają identyfikację konkretnego egzemplarza terminala oraz rodzaju pracy, względem zakresu danych, na których terminal operuje. Użytkownik terminala mobilnego posiada możliwość wybrania, z jaką sesją chce pracować (tj. pobrać dane w trakcie synchronizacji) [3, 4, 5, 6]. W związku z koniecznością oznakowania urządzeń budowy przeciwybuchowej, podjęto ponadto prace nad nowymi wersjami obudowy transpondera RFID, dostosowanymi do nitowania i klejenia (rys. 8, rys. 9).

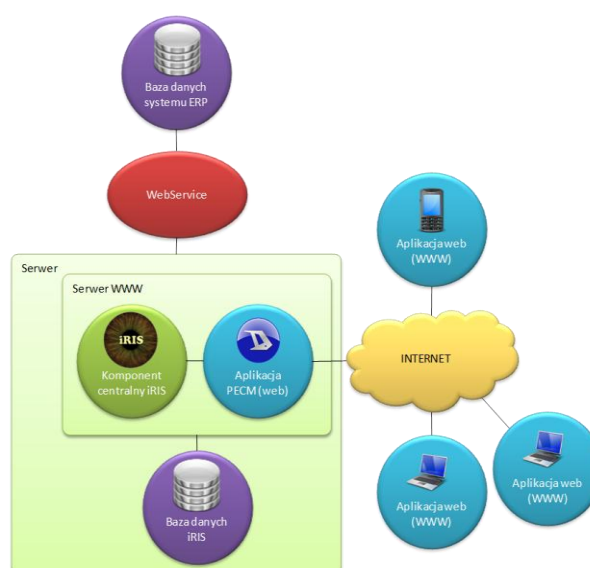


Rys. 8. Montaż transponderów TRID-01 na urządzeniach budowy przeciwybuchowej [7]

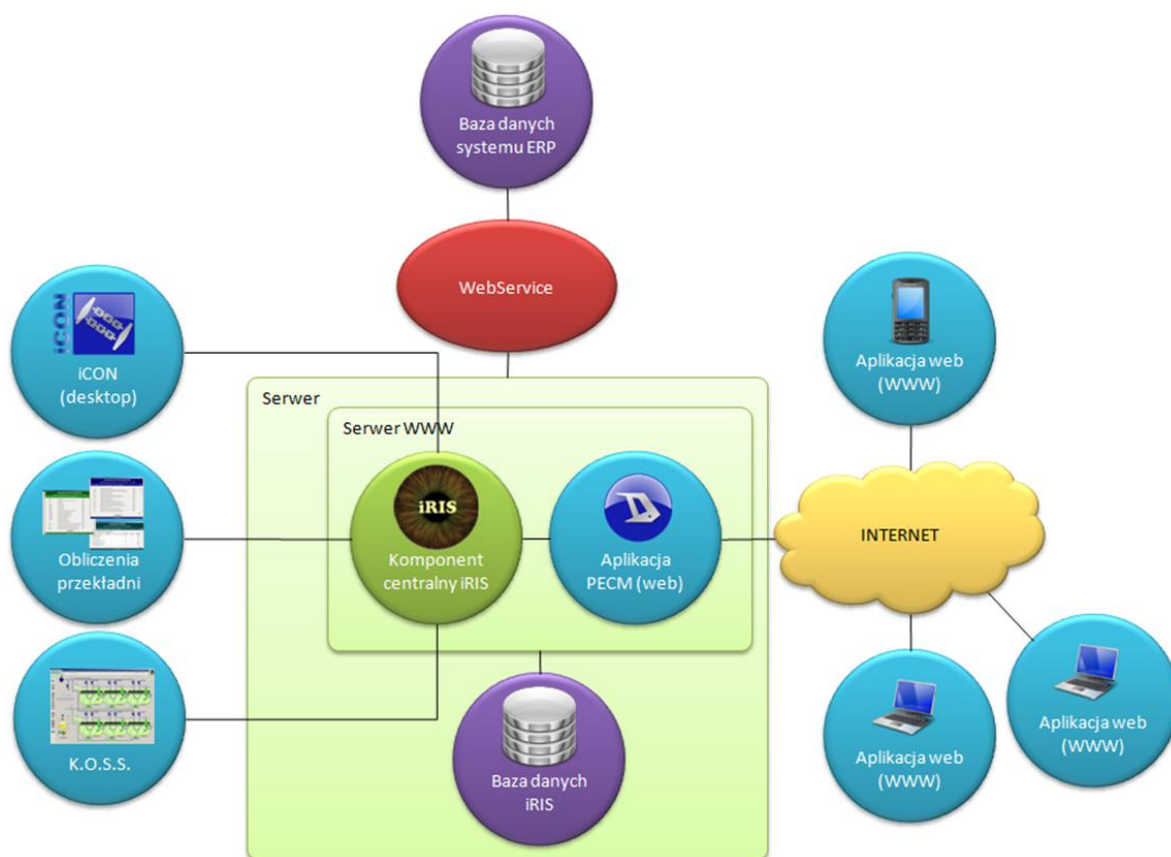


Rys. 9. Nowe wersje obudowy transpondera TRID-01 przeznaczone do montażu na urządzeniach budowy przeciwybuchowej [8]

Postępujący proces informatyzacji przedsiębiorstw oraz związane z tym wdrożenia systemów ERP skłoniły do podjęcia prac zmierzających do rozwoju istniejącego oprogramowania.



Rys. 10. Struktura systemu iRIS 4.0.[5, 6]



Rys. 11. Struktura zintegrowanego systemu ITG KOMAG [5, 6]

Mając na uwadze oczekiwania klientów, podjęto prace zmierzające do opracowania nowej wersji systemu iRIS (4.0) zintegrowanego z systemem ERP. Prowadzone są prace zmierzające do opracowania mechanizmów pozwalających na migrację danych do nowej wersji systemu iRIS i integrację z zewnętrznym systemem klasy ERP (rys. 10, rys. 11). Uwzględniając aspekt bezpieczeństwa wymiany danych w systemach informatycznych oraz w celach ochrony własności intelektualnych, proces integracji jest realizowany z wykorzystaniem usługi web service.

3. Podsumowanie

System identyfikacji elementów maszyn górniczych oraz powstały w wyniku jego rozwoju system iRIS są sukcesywnie wdrażane w zakładach górniczych od roku 2008. Jest on ciągle rozwijany i wzbogacany o nowe moduły rozszerzające jego funkcjonalność. Również rozwój technologii informacyjnej sprawia, że powyższe aplikacje są coraz lepiej dopasowane do potrzeb klientów. Uwzględniając potrzeby użytkowników podejmowane są prace zmierzające do opracowania nowych wersji systemu, w tym w pełni zintegrowanego z oprogramowaniem klasy ERP.

Literatura

1. Jenczmyk D., Rogala-Rojek J., Piecha A.: Komputerowe wspomaganie oceny stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej w aspekcie obowiązujących przepisów. *Maszyny Górnicze* 2011, nr 4, s. 14-18.
2. Mikula S., Warzecha M., Rogala-Rojek J., Latos M.: Zarządzanie flotą wielozadaniowych terminali mobilnych jako niezbędny element efektywnej strategii zarządzania majątkiem trwałym w zakładzie górniczym. W: *Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność. KOMTECH 2012*. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2012 s. 555-568.
3. Rogala-Rojek J. i in.: iRIS – System identyfikacji maszyn, urządzeń, środków trwałych oraz transportu. Opracowanie koncepcji modułu komunikacyjnego umożliwiającego współpracę oprogramowania ITG KOMAG z nowymi wersjami terminali mobilnych firmy ELSTA. ITG KOMAG, Gliwice 2012 (materiały nie publikowane).
4. Rogala-Rojek J. i in.: iRIS – System identyfikacji maszyn, urządzeń, środków trwałych oraz

- transportu. Opracowanie procedur importu i eksportu danych bazowych z poziomu aplikacji klienckich. ITG KOMAG, Gliwice 2013 (materiały nie publikowane).
5. Rogala-Rojek J. i in.: iRIS – System identyfikacji maszyn, urządzeń, środków trwałych oraz transportu. Opracowanie koncepcji oraz wykonanie mechanizmu integracji danych desktopowej wersji aplikacji „Platforma ewidencji części maszyn” z zewnętrznym system klasy ERP w oparciu o usługę Webservice. ITG KOMAG, Gliwice 2014 (materiały nie publikowane).
 6. Rogala-Rojek J. i in.: iRIS – System identyfikacji maszyn, urządzeń, środków trwałych oraz transportu. Opracowanie koncepcji oraz wykonanie modułu zarządzania zadaniami dla terminali mobilnych w aspekcie wykrywania i rozwiązywania konfliktów replikacji. ITG KOMAG, Gliwice 2014 (materiały nie publikowane).
 7. Rogala-Rojek J., Latos M., Piecha A., Miś S., Warzecha M.: Gospodarka majątkiem przedsiębiorstwa z wykorzystaniem systemu iRIS. W: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność – Niezawodność. KOMTECH 2012. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2012 s. 541-554.
 8. Warzecha M., Jasiulek D., Rogala-Rojek J., Piecha A., Jura J.: iRIS - System identyfikacji maszyn, urządzeń, środków trwałych oraz transportu. W: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność – Niezawodność. KOMTECH 2011. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011 s. 99-110.
 9. 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.
 10. Strona internetowa: <http://www.elsta.pl> (03.12.2014).
 11. Strona internetowa: <http://www.elektronika.elsta.pl> (03.12.2014).

Artykuł wpłynął do redakcji w lutym 2015 r.

Badanie i ocena wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych w ramach poszerzonej akredytacji Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej ITG KOMAG

Streszczenie

Wyroby, których użytkowanie może potencjalnie prowadzić do zaistnienia niebezpiecznych zdarzeń w zakładach górniczych, wymagają specjalnego nadzoru przy wprowadzaniu ich do stosowania, jak również podjęcia szeregu działań w celu wyeliminowania możliwie największej liczby potencjalnych zagrożeń. To z kolei wymaga stałej współpracy organów nadzoru górniczego, organów nadzoru rynku, przedsiębiorców oraz jednostek certyfikujących.

Zadania te realizowane są między innymi przez akredytowaną jednostkę certyfikującą Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w ramach systemu dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych, którego zasady reguluje Prawo Geologiczne i Górnicze.

W artykule przedstawiono wybrane aspekty procesu wydawania przez Instytut Techniki Górniczej opinii dotyczących wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych w ramach akredytacji udzielonej Instytutowi przez Polskie Centrum Akredytacji.

S u m m a r y

Products, which can potentially lead to hazardous situations in mining plants, require special supervision, when introducing them for use as well as measures should be taken to eliminate as many as possible potential hazards. This requires continuous collaboration between mining supervision bodies, market surveillance authorities, entrepreneurs and certifying bodies.

These tasks are realized, among others, by accredited certifying body at the KOMAG Institute of Mining Technology within the system approving the products for use in mining plants, principles of which are regulated by Geological and Mining Law.

Selected aspects of the process of issuing the opinions on products approved to be used in mining plants by the KOMAG Institute of Mining Technology within accreditation granted to the Institute by the Polish Centre for Accreditation are presented.

Słowa kluczowe: ocena zgodności, system dopuszczeń, akredytowana jednostka certyfikująca

Keywords: assessment of conformity, approval system, accredited certifying body

1. Wprowadzenie

Proces zapewnienia bezpieczeństwa maszyn i urządzeń stosowanych w zakładach górniczych jest jednym z istotnych elementów kształtujących bezpieczeństwo i higienę pracy w górnictwie, za który odpowiadają organy administracji rządowej, organy nadzoru rynku, przedsiębiorcy, instytuty badawcze oraz użytkownicy. Zgodnie z ustawą z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze [3] do zadań Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego, działającym pod nadzorem ministra właściwego do spraw środowiska, należy sprawowanie nadzoru nad wyrobami wprowadzonymi do obrotu w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności [4], w odniesieniu do wyrobów przeznaczonych do stosowania w ruchu zakładu górniczego.

Zgodnie z Art. 113. 1 ustawy Prawo geologiczne i górnicze „W ruchu zakładu górniczego stosuje się wyroby, które:

- 1) spełniają wymagania dotyczące oceny zgodności, określone w odrębnych przepisach, lub
- 2) zostały określone w przepisach wydanych na podstawie ust. 15, spełniają wymagania techniczne określone w tych przepisach, zwane dalej „wymaganiami technicznymi”, zostały dopuszczone dostosowania w zakładach górniczych oraz oznakowane w sposób określony w tych przepisach,”.

Decyzję w sprawie dopuszczenia wyrobu do stosowania w zakładach górniczych, zwaną „dopuszczeniem”, wydaje Prezes Wyższego Urzędu Górniczego, jeżeli wyrób spełnia wymagania techniczne.

Liczba wydawanych przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego decyzji o dopuszczeniu wyrobów stopniowo maleje, ale w dalszym ciągu jest znacząca - oscyluje w granicy 350 decyzji rocznie (Tabela 1).

**Dopuszczanie wyrobów stosowanych w zakładach
górnictw – zestawienie z lat 2010 -2013,
[na podstawie Sprawozdań rocznych WUG]**

Tabela 1

Rok	Decyzje o dopuszczeniu wyrobów	Decyzje zmieniające warunki stosowania odniesione do wcześniejszych decyzji o dopuszczeniu wyrobów
2010	498	10
2011	458	39
2012	363	104
2013	358	101

Przedstawione zestawienie dowodzi faktu, iż na wysoki poziom bezpieczeństwa, podczas wykonywania pracy z wykorzystaniem niektórych rodzajów maszyn i urządzeń wyłączonych z obszaru Dyrektyw Nowego Podejścia, ma istotny wpływ „system dopuszczzeń”, mający na celu w szczególności:

- zapewnienie przez producentów maszyn i urządzeń odpowiedniego poziomu ich bezpieczeństwa,
- właściwy dobór maszyn i urządzeń do warunków środowiskowych występujących w miejscu ich użytkowania.

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

Przynależność Polski do Unii Europejskiej wywołała konieczność stosowania ustalonych zasad w przypadku użytkowania maszyn, urządzeń i materiałów w zakładach górniczych. Konsekwencją tego były zmiany wprowadzone m.in. w ustawie z dnia 9 czerwca 2011 r. — Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2011 nr 163 poz. 981 z późn. zmianami) [3].

Zgodnie z wymaganiami ustawy, obecnie w zakładach górniczych mogą być stosowane następujące wyroby [4]:

- dopuszczone do stosowania w zakładach górniczych, po potwierdzeniu, że wyrób spełnia wymagania techniczne, w drodze decyzji Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego (system dopuszczzeń),
- spełniające wymagania zasadnicze, określone w ustawie z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz.U. 2002 nr 166 poz. 1360 - tekst jednolity Dz.U. 2010 nr 138 poz. 935) [4]

oraz pozostałe wyroby z tzw. obszaru niezharmonizowanego [6].

Tak więc, maszyny i urządzenia górnicze, zanim zostaną oddane do użytkowania w zakładzie górniczym, muszą być poddane wielostopniowej ocenie, prowadzonej przede wszystkim przez producenta, a następnie, w zależności od przeznaczenia i rodzaju wyrobu, przez jednostkę notyfikowaną (o ile dana dyrektywa przewiduje jej udział w potwierdzaniu

zgodności wyrobu z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy) 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 są oznakowane znakiem CE oraz dodatkowo, jeżeli są przeznaczone do stosowania w strefach zagrożonych wybuchem, specjalnym oznaczeniem zabezpieczenia przeciwwybuchowego. W wyniku tych działań mogą być bez przeszkód wprowadzane do obrotu handlowego na rynku krajowym, jak i rynkach innych państw Unii Europejskiej.

Jest to wynik wspólnej polityki państw Unii Europejskiej odnoszącej się do badań i certyfikacji.

Zgodnie z intencją jej 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 [1].

Kierując się potrzebą zapewnienia bezpieczeństwa stosowania wyrobów w warunkach występujących zagrożeń w zakładach górniczych, w tym bezpieczeństwa osób wykonujących czynności w ruchu zakładu, takie rodzaje wyrobów, jak:

- wyłączone z zakresu stosowania dyrektyw (np. górnicze wyciągi szybowe),
- wyroby dla których nie ustanowiono dyrektyw (np. urządzenia elektryczne na napięcie znamionowe powyżej 1 kV AC i 1,5 kV DC),
- zespoły maszyn i urządzeń tworzących systemy technologiczne (zintegrowane systemy sterowania kompleksów ścianowych i chodnikowych),
- systemy bezpieczeństwa,

podlegają badaniom prowadzonym przez akredytowane jednostki certyfikujące wyroby, a następnie są dopuszczane do stosowania w zakładzie górniczym na podstawie decyzji 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 [2].

Jedną z akredytowanych jednostek certyfikujących wyroby, które badają wyroby przed wydaniem decyzji o dopuszczeniu przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego, jest Instytut Techniki Górniczej KOMAG Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca.

3. Zakres uprawnień Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej

Działalność KOMAG-u w zakresie badań i oceny maszyn i urządzeń górniczych posiada wieloletnią tradycję, którą obecnie kontynuuje ITG KOMAG Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca, dokonując oceny i potwierdzając zgodność maszyn i urządzeń górniczych z wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa.

Podstawą prowadzenia działalności Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej jest:

- akredytacja Polskiego Centrum Akredytacji (certyfikat akredytacji nr AC 023) w odniesieniu do certyfikacji maszyn i urządzeń oraz, zgodnie z Art. 113. ust. 3 ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze [3], wydawania opinii w sprawie wyrobów dopuszczanych do stosowania w ruchu zakładu górniczego 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 [1],
- 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.

Działalność Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej Instytutu Techniki Górniczej KOMAG odbywa się zgodnie z programami certyfikacji, w ramach wdrożonego systemu zarządzania, spełniającego wymagania norm PN-EN 45011:2000, PN-EN ISO IEC 17021:2011, które stanowią podstawę przyznania akredytacji.

Udzielone ITG KOMAG akredytacje są formalnym uznaniem kompetencji Instytutu przez krajową upoważnioną jednostkę akredytującą (Polskie Centrum Akredytacji) działającą w obszarze oceny zgodności.

Ma ona na celu przede wszystkim umacnianie zaufania do wyników ocen certyfikowanych wyrobów oraz certyfikowanych systemów zarządzania.



Rys. 1. Certyfikaty akredytacji Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej ITG KOMAG

Dzięki posiadanym akredytacjom Zakład Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej ITG KOMAG może stosować symbole akredytacji na wydawanych przez siebie dokumentach przedstawiających wyniki certyfikacji (certyfikaty, wyniki badań wyrobów).

Brak symbolu akredytacji na dokumencie zawierającym wyniki oceny nie daje podstaw do stwierdzenia, że zostały one uzyskane przy spełnieniu wymagań akredytacyjnych gwarantujących ich wiarygodność.

Doświadczenie, kompetencje kadry naukowo-technicznej, zaplecze badawcze oraz wdrożone procedury oceny zgodności Instytutu Techniki Górniczej KOMAG oraz współpraca z Wyższym Urzędem Górniczym gwarantują, 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.

4. Poszerzony zakres akredytacji Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej

30 kwietnia 2014 r. Polskie Centrum Akredytacji opublikowało dokument DAC-21 „Program akredytacji jednostek certyfikujących wydających opinie w sprawie wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych”. Podano w nim szczegółowe wymagania akredytacyjne dla jednostek certyfikujących wyroby, wydających wyniki badań wyrobu, wraz z oceną w sprawie wyrobów dopuszczanych decyzją Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego do stosowania w zakładach górniczych. Dokument DAC-21 został uzgodniony z Prezesem Wyższego Urzędu Górniczego [5].

W czerwcu 2014 roku Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca, jako pierwszy w branży górniczej, został poddany audytowi i ocenie przez Polskie Centrum Akredytacji w celu potwierdzenia spełnienia wymagań ww. programu akredytacji. Pozytywne wyniki audytu, pozwoliły rozszerzyć zakres akredytacji o wydawanie dokumentów zawierających ocenę wyrobów górniczych podlegających procedurze „dopuszczeniowej”.

Wydawane do tej pory dokumenty w sprawie wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych, jako pierwsze w branży górniczej, będą obecnie sygnowane znakiem akredytacji PCA.



Rys. 2. Przykładowa opinia w sprawie wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych z logo Polskiego Centrum Akredytacji

Nowy zakres akredytacji Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej poszerzono o wydawanie opinii w sprawie wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych w obszarze:

- Maszyny wyciągowe – część elektryczna,
- Maszyny wyciągowe – część mechaniczna,
- Naczynia wyciągowe,
- Koła linowe,
- Zawieszenia lin wyciągowych wyrównawczych, prowadniczych i odbojowych,
- Zawieszenia nośne naczyń wyciągowych,
- Wciągarki wolnobieżne,
- Urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej,
- Wyodrębnione zespoły elementów wymienionych w pkt 1.1 – 1.7 Rozporządzenia
- Wyroby stosowane w wyrobiskach podziemnych zakładów górniczych:
 - urządzenia transportu linowego, kolejki podwieszane, kolejki spągowe oraz ich podzespoły,
 - wozy do przewozu osób i wozy specjalne oraz pojazdy z napędem spalinowym do przewozu osób,
- Maszyny i urządzenia elektryczne oraz aparatura łączeniowa na napięcie powyżej 1 kV prądu przemiennego lub powyżej 1,5 kV prądu,
- Systemy łączności, bezpieczeństwa i alarmowania oraz zintegrowane systemy sterowania kompleksów wydobywczych i przodkowych,
- Taśmy przenośnikowe.

5. Specyficzne wymagania programu akredytacji

Jednostki certyfikujące wydające opinie biorą na siebie odpowiedzialność za wyniki prowadzonych procesów oceny, natomiast krajowy organ akredytujący ponosi pełną odpowiedzialność za działalność akredytowanej jednostki, dlatego też wszystkie jednostki certyfikujące muszą realizować swoje zadania na takim samym poziomie.

Stąd też w wytycznych DAC-21 znalazły się specyficzne wymagania dotyczące: personelu jednostki opiniującej, minimalnej zawartości opracowanej opinii oraz szczegółowych zasad oceny.

Wymaga się, aby jednostki certyfikujące przeprowadzały proces badania i oceny wyrobów oraz sporządzania opinii, z najwyższą rzetelnością zawodową i kompetencjami technicznymi, jak również przedsięwzięły odpowiednie działania, dla zapewnienia poufności uzyskanych informacji.

Generalnie kryteria oceny kompetencji jednostek uwzględniają [5]:

- posiadany personel,
- niezależność i bezstronność w stosunku do podmiotów bezpośrednio lub pośrednio związanych z wyrobem (np. w stosunku do projektanta, wytwórcy, pełnomocnego przedstawiciela wytwórcy, dostawcy, monter, instalatora, użytkownika),
- wiedzę techniczną personelu dotyczącą wyrobów i danej procedury oceny zgodności,
- poufność wszelkich informacji uzyskanych podczas oceny wyrobów,
- ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.

Zgodnie z wytycznymi DAC-21 jednostka sporządzająca opinie dla potrzeb wydawania przez Prezesa WUG decyzji w sprawie dopuszczania wyrobu do stosowania w zakładach górniczych powinna posiadać kompetentne osoby, wyznaczone do przeprowadzania badań i oceny wyrobów do celów dopuszczania [5].

Personel ten powinien posiadać wykształcenie wyższe techniczne odpowiedniej specjalności, mieć co najmniej cztery lata doświadczenia zawodowego w pełnym wymiarze czasu pracy w branży związanej z wyrobami stosowanymi w górnictwie, w tym co najmniej dwa lata doświadczenia zawodowego w jednym lub więcej spośród niżej wymienionych obszarów [5]:

- branża przemysłu związana z wyrobami objętymi dopuszczaniem przez Prezesa WUG,
- stanowiska związane z badaniami, rozwojem i produkcją,
- technologie wykorzystywane w produkcji wyrobów dla górnictwa,
- badania i ocena wyrobów dla górnictwa na zgodność z odpowiednimi normami krajowymi lub międzynarodowymi,
- wprowadzenie prób eksploatacyjnych urządzeń górniczych,
- wyższy dozór ruchu podziemnego zakładu górniczego lub w organy nadzoru górniczego,
- jednostki certyfikujące wyroby dla górnictwa.

Wspomniane wytyczne zalecają, aby personel przeprowadzający badania i ocenę wyrobów do celów dopuszczania przez Prezesa WUG podlegał specjalistycznym szkoleniom, obejmującym, między innymi:

- zarządzanie ryzykiem, w tym analizę ryzyka,
- procesy wytwarzania wyrobów dla górnictwa, w tym najnowsze technologie,
- rozwój i walidacja oprogramowania lub sprzętu komputerowego stosowanego w urządzeniach i procesach górniczych,
- szczegółową wiedzę dotyczącą określonych wyrobów dla górnictwa,

- przepisy prawne związane z przygotowaniem opinii,
- wiedzę dotyczącą działań na rzecz podnoszenia jakości wyrobów,
- nowe procedury/techniki stosowane w procesach oceny zgodności.

Dla zachowania bezstronności prowadzenia badań i oceny wyrobów do celów dopuszczania wytyczne wyraźnie podkreślają, iż nie należy zatrudniać personelu, który w ciągu ostatnich dwóch lat był zaangażowany w prace na rzecz podmiotu składającego wniosek o wydanie opinii, lub prace na rzecz organizacji powiązanej z tym podmiotem.

Zgodnie z wymaganiami akredytacyjnymi Jednostka Certyfikująca jest odpowiedzialna za zidentyfikowanie potencjalnych źródeł konfliktu interesów oraz podjęcie działań, w celu zapewnienia bezstronności w przygotowaniu każdej opinii.

6. Podsumowanie

Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca, od wielu lat współpracuje z Wyższym Urzędem Górniczym w zakresie badań i oceny wyrobów w procesie ich dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych. 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, jednostka dostarcza jednoznacznej odpowiedzi, czy przebadane wyroby, spełniają odnoszące się do nich wymagania techniczne.

Działalność Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w ramach systemu dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych, nadzorowanego przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego, jest jednym z istotnych elementów, który przyczynia się do zapewnienia i podniesienia poziomu bezpieczeństwa.

Ustawodawca wprowadzając zapis w Ustawie Prawo geologiczne i górnicze, że badania związane z systemem dopuszczeń, w oparciu o wymagania techniczne, realizowane są w akredytowanej jednostce certyfikującej wyroby, nie określił istotnych wymagań kompetencyjnych, takich jak znajomość branży górniczej lub dysponowanie specjalistami z dziedzin związanych z górnictwem. Konsekwencją tego była konieczność doprecyzowania wymagań, czego wynikiem było ustanowienie dokumentu Polskiego Centrum Akredytacji DAC 21 oraz możliwość akredytacji jednostek certyfikujących wydających opinie w sprawie wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych.

Akredytacja procesu badań i oceny wyrobów oraz sporządzania opinii dla potrzeb wydawania przez

Prezesa WUG decyzji w sprawie dopuszczania wyrobu przynosi szereg korzyści:

- stanowi obiektywny dowód na to, że Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca działa zgodnie z najlepszymi standardami,
- może wpływać na decyzję dostawców maszyn i urządzeń górniczych na rynek krajowy i zagraniczny, ze względu na zaufanie do certyfikatów i opinii wydawanych w ramach działalności nadzorowanej przez krajową jednostkę akredytującą,
- przyczynia się do likwidacji barier w handlu poprzez wzajemne uznawanie procedur oceny zgodności.

Dla użytkowników maszyn i urządzeń jest to działalność szczególnie ważna ze względu na wiarygodność wyników akredytowanej działalności.

Literatura

1. Figiel A., Małecki J.: Współpraca ITG KOMAG z Wyższym Urzędem Górniczym na przykładzie badań i oceny wyrobów w procesie ich dopuszczania do stosowania w zakładach górniczych. W: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, KOMTECH 2012, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2012 s. 27-35.
2. 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).
3. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. - Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2011 r. Nr 163, poz. 981).
4. Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz.U. z 2002 r. Nr 166, poz.1360 wraz z późniejszymi zmianami).
5. Wytyczne DAC-21 Program akredytacji jednostek certyfikujących wydających opinie w sprawie wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych. Wydanie 1. Polskie Centrum Akredytacji, Warszawa 2014.
6. Zając R., Wierzbicka D.: Wymagania normatywne i prawne dla podmiotów zaangażowanych w proces potwierdzania zgodności maszyn i urządzeń stosowanych w górnictwie. Bezstronność i niezależność notyfikowanej jednostki certyfikującej. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 2011 nr 8 s. 20-28.

Artykuł wpłynął do redakcji w lutym 2015 r.