



MASZYNY GÓRNICZE

1/2014

KWARTALNIK NAUKOWO-TECHNICZNY



MASZYNY GÓRNICZE

1(137)2014

Kwartalnik naukowo-techniczny
ROK XXXII, marzec 2014

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 Jaszczuk

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

Skutki globalizacji, rosnącej konkurencji oraz rozwój nowych technologii wpływają na intensywne zmiany gospodarcze. Coraz większą rolę w tych zmianach odgrywają wyniki prac naukowych oraz badawczo-rozwojowych, wdrażane w postaci innowacyjnych rozwiązań. Istotny jest również rozwój wyspecjalizowanych zasobów ludzkich.

Dostosowanie się do współczesnych wyzwań gospodarczych wymaga efektywnych systemów edukacji i kształcenia oraz sprawnego systemu finansowania działalności naukowej i gospodarczej.

Przyznanie Polsce ponad 82 mld euro w ramach budżetu unijnego na lata 2014-2020 stwarza niepowtarzalną szansę w dalszym wspieraniu jej rozwoju gospodarczego. Dotyczy to w szczególności Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, na finansowanie którego przewiduje się przeznaczyć ok. 8,6 mld euro.

Wspieranie prac badawczo-rozwojowych realizowanych przez przedsiębiorstwa oraz konsorcja naukowo-przemysłowe, wspieranie innowacji w przedsiębiorstwach, wsparcie otoczenia i potencjału innowacyjnych przedsiębiorstw oraz zwiększenie potencjału naukowo-badawczego, to priorytetowe cele Programu, które mają na celu ograniczenie dystansu rozwojowego pomiędzy Polską a wysoko rozwiniętymi państwami UE.

Program skierowany jest głównie do przedsiębiorstw, umożliwiając im skorzystanie z wyników prac naukowych i badawczych.

Przykłady wysoko rozwiniętych państw pokazują, że rozwój dobrobytu społeczeństw może być osiągnięty dzięki ich kreatywności i przedsiębiorczości oraz umiejętności współpracy między nauką a gospodarką.

W niniejszym wydaniu „Maszyn Górniczych” przedstawiamy wyniki kolejnych działań i prac naukowo-badawczych dających podstawę do budowania gospodarki opartej na wiedzy.

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

*Redaktor Naczelny
dr inż. Antoni Koziel*

Spis treści	Contents
PROJEKTOWANIE I BADANIA	DESIGNING AND TESTING
Madejczyk W.: Modernizacja i rozbudowa infrastruktury badawczej laboratorium badań Instytutu Techniki Górniczej KOMAG	Madejczyk W.: Modernization and extension of testing infrastructure of the laboratory of tests at the KOMAG Institute of Mining Technology
3	3
Tokarczyk J., Michalak D., Dudek M., Jaszczyk Ł., Turewicz A.: Rozbudowa infrastruktury badawczej Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii Instytutu Techniki Górniczej KOMAG	Tokarczyk J., Michalak D., Dudek M., Jaszczyk Ł., Turewicz A.: Extension of testing infrastructure of the Laboratory of Modelling Methods and Ergonomics at the KOMAG Institute of Mining Technology
8	8
Borska B., Kulczycka A.: analiza obciążenia dynamicznego wywołanego udarem swobodnie spadającej masy	Borska B., Kulczycka A.: Analysis of dynamic load caused by the impact of free falling mass
14	14
Cebula D., Kalita M.: Proces projektowania wciągników łańcuchowych	Cebula D., Kalita M.: Designing the chain hoists
22	22
Kamiński T., Lesiak K., Orzech Ł., Talarek M.: Rozwój metod badawczych związanych z Dyrektywą ATEX w Laboratorium Badań Stosowanych	Kamiński T., Lesiak K., Orzech Ł., Talarek M.: Development of testing methods associated with ATEX Directive in the Laboratory of Applied Tests
29	29
BEZPIECZEŃSTWO I ERGONOMIA	SAFETY AND ERGONOMICS
Szkudlarek Z.: Badania skuteczności tłumienia wybuchów metanu	Szkudlarek Z.: Testing the effectiveness of extinguishing methane explosion
36	36
Rozmus M., Michalak D., Pietrowski P.: Inteligentny system ochrony osobistej ratowników górniczych PPE	Rozmus M., Michalak D., Pietrowski P.: PPE Intelligent system for personal protection of mine rescuers
45	45
JAKOŚĆ, CERTYFIKACJA, NORMALIZACJA, ZARZĄDZANIE	QUALITY, CERTIFICATION, STANDARDIZATION, MANAGEMENT
Wojtaszczyk M.: Elektroniczny system zarządzania akredytowanymi laboratoriami ITG KOMAG	Wojtaszczyk M.: Electronic system for management of accredited laboratories at KOMAG
52	52
WARTO PRZECZYTAĆ	WORTH TO READ
Opis monografii	Monograph description
59	59
Tematyczny wykaz artykułów opublikowanych w „Maszynach Górniczych” w 2013 roku	List of papers published in „Mining Machines” in 2013
61	61

Modernizacja i rozbudowa infrastruktury badawczej laboratorium badań Instytutu Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki realizacji wyszczególnionych zadań projektu pt. „Rozbudowa laboratoriów Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach celem prowadzenia badań na rzecz bezpieczeństwa użytkowania wyrobów”, realizowanego w ramach projektu 1.3 „Transfer technologii i innowacji” Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007-2013 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Zaprezentowano stanowiska badawcze i ich elementy umożliwiające prowadzenie badań na rzecz zachowania bezpieczeństwa pracy w górnictwie węgla kamiennego.

Słowa kluczowe: fundusze strukturalne, zaplecze naukowo badawcze, stanowisko badawcze, obudowa zmechanizowana ścianowa, podpora hydrauliczna

Keywords: structural funds, research infrastructure, test stand, powered roof support, hydraulic leg

Summary

Results of specified tasks of the project entitled “Extension of laboratories of the KOMAG Institute of Mining Technology in Gliwice to carry out the tests aiming at increasing the safe use of products”, realized within the project 1.3 entitled “Transfer of technology and innovation” of the Regional Operational Programme of the Silesia Voivodeship for 2007-2013, co-financed by the European Fund for Regional Development, are given. Test stands and their components, which enable carrying out the tests for work safety in hard coal mining industry, are presented.

1. Wprowadzenie

Tworzona w okresie kilkudziesięciu ostatnich lat baza badawcza Laboratorium Badań ITG KOMAG podlega ciągłej modyfikacji i zmianom w celu dostosowania jej do potrzeb związanych z rozwojem maszyn i urządzeń dla górnictwa.

Intensywna eksploatacja stanowisk badawczych w okresie ostatnich lat wymusiła konieczność ich częściowej modernizacji, jak również stworzyła potrzebę budowy nowych specjalistycznych stanowisk badawczych, układów sterowania i systemu nadzoru nad dokumentacją zarządzania jakością w laboratoriach badawczych.

Przed złożeniem wniosku o finansowanie projektu przeprowadzono prace wstępne - ze środków własnych opracowano w ITG KOMAG dokumentację techniczną:

- zmodernizowanego układu hydraulicznego stanowiska do badań funkcjonalności i kinematyki obudów zmechanizowanych,
- systemu sterowania stanowiskiem do badań funkcjonalności i kinematyki obudów zmechanizowanych,
- stanowiska do badań podpór hydraulicznych,
- stanowiska do badań rozpór stalowych.

Na podstawie ww. dokumentacji określono zakres rzeczowy inwestycji i wystąpiono z wnioskiem

o dofinansowanie projektu. Zaplanowano zakupy, zarówno sprzętu, jak i oprogramowania, poparte ofertami handlowymi oraz opiniami specjalistów w dziedzinie informatyzacji, które dołączono wniosku projektu.

2. Modernizacja i rozbudowa stanowisk badawczych w latach 2012 - 2013

Modernizacja i rozbudowa stanowisk badawczych w latach 2012 – 2013 realizowana była w ramach projektu pod nazwą „Rozbudowa laboratoriów Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach celem prowadzenia badań na rzecz bezpieczeństwa użytkowania wyrobów”. Projekt dofinansowany został w wysokości 40% ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego - Działania 1.3. „Transfer technologii i innowacji” Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007-2013. Pozostałe koszty projektu zostały pokryte ze środków własnych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG.

W ramach projektu zrealizowano następujące zadania związane z rozwojem infrastruktury badawczej laboratoriów ITG KOMAG:

- Zadanie 1 - Modernizacja stanowiska do badań kinematyki i funkcjonalności sekcji

- obudowy zmechanizowanej - Laboratorium Badań,
- Zadanie 2 - Wykonanie specjalistycznych stanowisk badawczych na podstawie opracowanej dokumentacji technicznej - Laboratorium Badań,
- Zadanie 3 - Modernizacja systemów sterowania stanowisk badawczych - Laboratorium Badań,
- Zadanie 4 - Infrastruktura techniczna platformy informatycznej e-laboratorium, Laboratorium Badań, Laboratorium Badań Stosowanych oraz Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska.

2.1. Modernizacja stanowiska do badań kinematyki i funkcjonalności sekcji obudowy zmechanizowanej – zadanie 1

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

- zmodernizowano wyposażenie mechaniczne elementów stropu stanowiska (rys. 1), w tym zakupiono urządzenie rolkowo-dźwigniowe umożliwiające zmianę schematu podparcia badanej sekcji obudowy, oraz wymieniono szyny na stropie stanowiska,
- zakupiono i wymieniono elementy układu hydraulicznego stanowiska badawczego oraz zmodernizowano siłowniki mechanizmu obrotu stanowiska, siłowniki przesuwu stropu stanowiska i siłowniki ryglowania trawers stanowiska.



Rys.1. Wzmocnienie stropu stanowiska do badań kinematyki i funkcjonalności sekcji obudowy zmechanizowanej [2]

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

Z układu hydraulicznego wyeliminowano połączenia typu Stecko i zastąpiono je połączeniami gwintowymi,

przez co usunięto częstą przyczynę awarii i przestojów stanowiska badawczego, wskutek zużycia elementów złącznych, w wyniku gwałtownego wzrostu ciśnienia medium w układzie hydraulicznym.

Modernizacja stanowiska do badań kinematyki i funkcjonalności sekcji obudowy zmechanizowanej, umożliwi bezpieczne i efektywne prowadzenie prac badawczych na rzecz zwiększenia funkcjonalności oraz poprawy stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej oraz bezpieczeństwa jej użytkowania.

2.2. Wykonanie nowych specjalistycznych stanowisk badawczych – zadanie 2

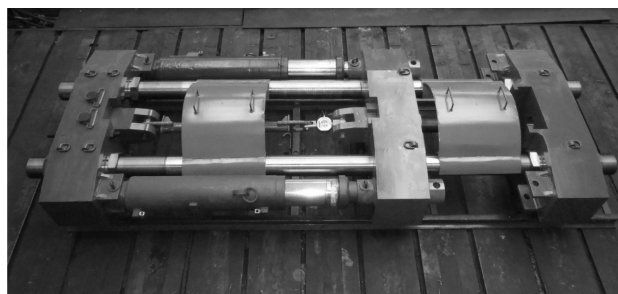
Laboratorium Badań doposażono również w dwa nowe, specjalistyczne stanowiska badawcze do badań podpór hydraulicznych oraz rozpór stalowych. Stanowiska badawcze wykonano na podstawie dokumentacji technicznej opracowanej w KOMAG-u.

Stanowisko do badań podpór hydraulicznych (rys. 2)

Stanowisko badawcze przeznaczone jest do badań podpór hydraulicznych sekcji obudowy zmechanizowanej na zgodność z normą zharmonizowaną PN-EN 1804-2+A1 "Maszyny dla górnictwa podziemnego. Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej. Część 2: Stojaki i pozostałe siłowniki". Stanowisko badawcze umożliwia również wykonywanie badań innych elementów maszyn i urządzeń przy obciążeniu siłami ściskającymi i rozciągającymi.

Stanowisko posiada następujące parametry techniczne [3]:

- maksymalna statyczna siła ściskająca – 3,3 MN,
- maksymalna statyczna siła rozciągająca – 2,5 MN,
- maksymalna siła ściskająca przy obciążeniu zmiennym – 1,8 MN,
- maksymalna siła rozciągająca przy obciążeniu zmiennym – 1,4 MN,
- maksymalna długość badanej podpory – 1700 mm.



Rys.2. Stanowisko do badań podpór hydraulicznych [1]

Stanowisko do badań rozpór stalowych (rys. 3)

Stanowisko badawcze umożliwia realizację badań rozpór stalowych przeznaczonych do stabilizacji odrzwi obudowy wyrobisk korytarzowych i komorowych

wykonanych z kształtowników V25, V29, V32 i V36, na zgodność z wymaganiami normy PN-G-15000-7 „Obudowa chodników odrzwanymi podatnymi z kształtowników korytkowych. Rozpory stalowe dwustronnego działania. Wymagania i badania”.

Stanowisko posiada następujące parametry techniczne [4]:

- statyczna siła ściskająca i rozciągająca – max 0,15 MN,
- maksymalna długość badanej rozpory – 2000 mm.

Stanowisko doposażono w dynamometry tensometryczne o zakresach pomiarowych do 200 kN i 6000 kN, służące do pomiaru zadawanego obciążenia.



Rys.3. Stanowisko do badań rozpór stalowych [1]

W ramach zadania 2 zakupiono wysokociśnieniowy agregat pompowy typu WAP HDP 22 o ciśnieniu roboczym 62 MPa do zasilania obu stanowisk badawczych.

2.3. Modernizacja systemów sterowania stanowisk badawczych (rys. 4 i 5) – zadanie 3

W celu monitoringu i wizualizacji procesów badawczych, wykonano specjalistyczne pulpity sterownicze stanowisk badawczych:

- do badań funkcjonalności i kinematyki sekcji obudowy zmechanizowanej wraz z układem rejestracji wyników badań trwałościowych,
- do badań stojaków i podpór hydraulicznych wraz z układem rejestracji wyników badań trwałościowych.



Rys.4. Pulpit sterowniczy stanowiska do badań funkcjonalności i kinematyki sekcji obudowy zmechanizowanej [1]



Rys.5. Pulpit sterowniczy stanowiska do badań podpór hydraulicznych [1]

Wykonano oprogramowanie sterowników odpowiedzialnych za zbieranie danych o parametrach stanowisk i umożliwiających automatyczne wykonywanie prób badawczych.

Włączenie systemu sterowania stanowisk do zintegrowanego systemu sterowania wszystkich stanowisk umożliwia archiwizację dokumentacji badań oraz nadzór nad synchronicznym sterowaniem kilkoma próbami.

2.4. Infrastruktura techniczna platformy informatycznej e-laboratorium – zadanie 4

W ramach zadania utworzono:

- środowisko programistyczne umożliwiające gromadzenie, analizę i wizualizację danych pomiarowych,
- środowisko informatyczne umożliwiające wprowadzenie i archiwizację dokumentów laboratorium oraz przekazywanie ich klientom,
- system elektronicznego nadzoru nad wyposażeniem pomiarowym i badawczym laboratoriów badawczych ITG KOMAG.

Moduły platformy informatycznej e-laboratorium pokazano na rysunku 6.

Utworzona infrastruktura techniczna platformy informatycznej e-laboratorium pozwala na pełną rejestrację, archiwizację oraz udostępnienie wyników badań stanowiskowych klientom wewnętrznym i zewnętrznym.

System umożliwia digitalizację najważniejszych obszarów działalności, a jednocześnie spełnia standardy zawarte w normach PN-EN ISO/IEC 17025, PN-EN/ISO 9001, oraz w zasadach Good Practice Laboratory.

3. Podsumowanie

ITG KOMAG aktywnie uczestniczy w kształtowaniu bezpieczeństwa pracy w poszczególnych fazach cyklu życia maszyn górniczych. Już na etapie projektowania i konstruowania maszyn wykorzystuje się autorskie oprogramowanie wspierające ocenę ryzyka eksploatacji maszyn w wirtualnym środowisku pracy. Podczas prowadzonych badań stanowiskowych wykonywane są testy maszyn na stanowiskach badawczych zlokalizowanych, między innymi, w Laboratorium Badań ITG KOMAG.

Nowe stanowiska badawcze oraz modernizacja istniejących stanowisk i systemów ich sterowania oraz utworzenie platformy informatycznej e-laboratorium związane są z zaspokojeniem potrzeb klientów. Utworzenie nowych stanowisk umożliwi prowadzenie długotrwałych badań kilku obiektów równocześnie, takich jak: podpory hydrauliczne, rozpory stalowe, stojaki hydrauliczne i siłowniki hydrauliczne pomocnicze.

Modernizacja układu hydraulicznego stanowiska do badań kinematyki i funkcjonalności sekcji obudowy zmechanizowanej, polegająca na eliminacji z układów rozdziału i sterowania cieczą roboczą, połączeń wtykowych i wprowadzenie w ich miejsce połączeń skręcanych usunie częstą przyczynę awarii.



Rys.6. Moduły platformy informatycznej e-laboratorium

Modernizacja systemów sterowania stanowisk badawczych umożliwia bezpieczne zdalne sterowanie stanowiskami, automatyczne prowadzenie badań trwałościowych sekcji obudów zmechanizowanych oraz siłowników hydraulicznych, z możliwością ciągłej rejestracji mierzonych parametrów.

Rozbudowa infrastruktury sprzętowo-programowej umożliwi rejestrację, archiwizację i udostępnienie wyników badań stanowiskowych za pośrednictwem platformy informatycznej.

Zmodernizowane stanowiska badawcze są i będą w dalszym ciągu wykorzystywane do realizacji prac badawczych zgodnie z potrzebami producentów i użytkowników maszyn.

Podjęmowane konsekwentnie działania w zakresie rozwoju bazy badawczej w ITG KOMAG wspomagają realizację prac badawczych i rozwojowych. Wyposażone w nowoczesne stanowiska badawcze i aparaturę pomiarową laboratoria badawcze zwiększają szansę osiągnięcia wyników, których celem jest ciągłe podnoszenie bezpieczeństwa badanych wyrobów oraz rozwój konstrukcji maszyn i urządzeń dla górnictwa.

Cele projektu wykazują zgodność z priorytetami i celami Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007-2013. Realizacja

działań związanych z modernizacją laboratoriów instytutu przyczyni się do poprawy i zwiększenia skuteczności wykonywania procesów badawczych tak, aby potencjał naukowy i badawczy KOMAG-u mógł być w pełni wykorzystany do rozwoju i wzrostu konkurencyjności regionalnej gospodarki opartej na wiedzy.

Literatura

1. Dokumentacja fotograficzna Laboratorium Badań ITG KOMAG.
2. Kozieł A., Gryniewicz-Bylina B., Madejczyk W., Orzech Ł.: Rozwój zaplecza badawczego Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. *Maszyny Górnicze* 2013 nr 2 s. 19-29.
3. Warunki Techniczne. Stanowisko do badań podpór hydraulicznych. W93.123WT, wydanie 1. Gliwice, kwiecień 2011.
4. Warunki Techniczne. Stanowisko do badań rozpór stalowych. W93.124WT, wydanie 1. Gliwice, kwiecień 2011.

Artykuł wpłynął do redakcji w lutym 2014 r.



**PROGRAM
REGIONALNY**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



dr inż. Jarosław TOKARCZYK
dr inż. Dariusz MICHALAK
dr inż. Marek DUDEK
dr inż. Łukasz JASZCZYK
mgr inż. Andrzej TUREWICZ
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Rozbudowa infrastruktury badawczej Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii Instytutu Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie

W artykule przedstawiono realizację wyszczególnionych zadań projektu „Rozbudowa laboratoriów Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach celem prowadzenia badań na rzecz bezpieczeństwa użytkowania wyrobów”, związanego z zakupem i wdrożeniem stanowiska do wirtualnego prototypowania w Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. Opisano przebieg wykonanych prac oraz osiągnięte cele i wskaźniki. Projekt realizowany był w latach 2012-2013 w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007-2013, w ramach działania 1.3 RPO WSL, zgodnie z umową nr UDA-RPSL.01.03.00-00-020/11-00.

Słowa kluczowe: fundusze strukturalne, zaplecze naukowo-badawcze, wirtualna rzeczywistość, ergonomia, szkolenia.

Keywords: structural funds, research infrastructure, virtual reality, ergonomics, trainings.

Summary

Realization of tasks specified in the project entitled “Extension of laboratories of the KOMAG Institute of Mining Technology in Gliwice to carry out the tests to increase safe use of products”, including purchase and implementation of the stand for virtual prototyping in KOMAG’s Laboratory of Modelling Methods and Ergonomics, is presented. Realization of each project task and achieved results are described. The project was realized in 2012-2013 within the Regional Operational Programme of the Silesia Voivodeship for 2007-2013, within task 1.3 RPO WSL [UDA-RPSL.01.03.00-00-020/11-00].

1. Wprowadzenie

Przedmiotem działania Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii (LMMiE) jest wirtualne prototypowanie systemów mechanicznych, ze szczególnym uwzględnieniem maszyn i urządzeń górniczych. Pojęcie wirtualnego prototypowania obejmuje kompleksowe badania modeli komputerowych maszyn i urządzeń w warunkach odzwierciedlających warunki rzeczywiste. Modelowane są warunki, w jakich pracują ludzie obsługujący maszyny. Dzięki temu możliwe jest kształtowanie bezpiecznego i przyjaznego dla człowieka środowiska pracy. Laboratorium MMiE realizuje następujące prace:

- obliczenia statyczne z zastosowaniem metody elementów skończonych (MES) w zakresie liniowym i nieliniowym,
- obliczenia zjawisk dynamicznych z uwzględnieniem nieliniowości materiałowych i geometrycznych (efekty kontaktowe) – obciążenia udarowe, symulacje zderzeń,
- analizy typu MBS (Multibody System), pozwalające ocenić kinematykę i dynamikę układów wieloczłonowych oraz definiować warunki brzegowe dla MES,
- weryfikacje i walidacje modeli obliczeniowych,

- obliczenia numeryczne na potrzeby wizualizacji wypadków oraz uszkodzeń środków technicznych,
- obliczenia biomechaniczne obciążeń układu szkieletowego człowieka,
- modelowanie złożonych systemów antropometrycznych, obejmujące modele maszyn i modele sylwetek ludzkich,
- analizy ergonomiczne złożonych systemów antropotechnicznych, obejmujące badanie zasięgów kończyn, pól widzenia i procesów obsługi maszyn,
- wczesne identyfikowanie zagrożeń technicznych i zdrowotnych, występujących podczas eksploatacji systemów mechanicznych, z zastosowaniem metod wirtualnej rzeczywistości,
- wizualizacje okoliczności i przyczyn wypadków,
- opracowywanie multimedialnych materiałów szkoleniowych,
- tworzenie komputerowych symulacji czynności realizowanych podczas eksploatacji systemów mechanicznych,
- tworzenie Interaktywnych Elektronicznych Dokumentacji Techniczno-Ruchowych.

Laboratorium MMiE aktywnie uczestniczy w kształtowaniu bezpieczeństwa pracy w różnych

fazach cyklu życia maszyn górniczych. Na etapie projektowania i konstruowania maszyn wykorzystuje się autorskie oprogramowanie wspierające ocenę ryzyka eksploatacji maszyn. W tym celu wykorzystuje się wirtualne środowisko pracy.

Przed realizacją projektu na wyposażeniu Laboratorium MMiE znajdowały się stacje robocze PC wraz ze specjalistycznym oprogramowaniem tj.: programy obliczeniowe z grupy MSC Software, Autodesk Inventor, Discreet 3D StudioMAX. Moc obliczeniowa posiadanych komputerów była jednak niewystarczająca w przypadku realizacji dużych zadań obliczeniowych, czy też analiz złożonych systemów antropotechnicznych. Instytut Techniki Górniczej KOMAG posiada doświadczenie w oprogramowaniu specjalistycznym (obliczenia wytrzymałościowe programami MSC) implementowanym na komputerach dużej mocy, wykonywanym w ramach projektów badawczych (klaster GALERA Centrum Informatycznego Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej). Umowa korzystania z usług obliczeniowych w klastrze GALERA nie umożliwia jednak wykorzystywania oprogramowania udostępnionego przez CI TASK do celów komercyjnych, a jedynie do realizacji tematów i prac naukowo-badawczych wymienionych w zgłoszeniu. Dodatkowo, proces oczekiwania na dostęp do oprogramowania oraz zmienna wartość mocy obliczeniowej, uniemożliwiają oszacowanie długości czasu obliczeń numerycznych.

Chcąc sprostać coraz większym wymaganiom klientów w zakresie obliczeń wytrzymałościowych (większa złożoność obliczeniowa modeli przekłada się na dokładniejsze wyniki obliczeń) oraz tworzeniu interaktywnych, multimedialnych materiałów szkoleniowych (dokładniejsze modele środowiska pracy, maszyn i urządzeń oraz sylwetek ludzkich przekładają się na większy realizm tworzonych scen), niezbędna była rozbudowa posiadanego w Laboratorium MMiE potencjału badawczego.

Celem rozbudowy posiadanych w Laboratorium MMiE komputerowych stanowisk badawczych był zakup stanowiska do wirtualnego prototypowania według kryteriów: wytrzymałościowych, funkcjonalnych, ergonomicznych oraz bezpieczeństwa, wraz z oprogramowaniem systemowym oraz pamięcią masową do archiwizacji wyników prowadzonych prac.

2. Przebieg realizacji wyszczególnionych zadań projektu

Realizację zadań projektu w zakresie doposażenia Laboratorium MMiE w stanowisko do wirtualnego prototypowania podzielono na trzy etapy:

– etap I – zakup stanowiska, sprawdzenie kompletności dostawy, instalacja fizyczna serwera,

konfiguracja serwera, instalacja oprogramowania, testowanie serwera,

- etap II – instalacja i konfiguracja systemu operacyjnego, konfiguracja dostępu zdalnego, instalacja oprogramowania inżynierskiego dedykowanego do systemu Windows, wybór zadań obliczeniowych w celu przeprowadzenia testów wydajności zakupionego stanowiska,
- etap III – przeprowadzenie testów wydajności zakupionego stanowiska.

W pierwszym etapie realizacji projektu wykonano prace polegające na:

- zakupie stanowiska do wirtualnego prototypowania
 - specjalistyczna platforma serwerowa, dedykowana do badań wirtualnych, wraz z oprogramowaniem systemowym (rys. 1),
- montażu serwera w szafie serwerowej – instalacja fizyczna serwera:
 - zamontowanie osprzętu związanego z szafą serwerową (takiego jak: wysuwane szyny, zaczepy oraz wysięgnik do mocowania kabli),
 - podłączenie redundantne kabli do gniazd zasilaczy serwera (podłączenie do dwóch zasilaczy bezprzerwowych UPS),
 - podłączenie okablowania sieci ethernet (8 interfejsów o przepustowości 1 Gbit/s i 1 zarządzający o przepustowości 100 Mbit/s),
 - konfiguracja switchy ethernet w szafie serwerowej,
 - oznaczenie etykietami okablowania,
- zapoznaniu się z konfiguracją, ustawieniami, wbudowanymi narzędziami i rozwiązaniami do zarządzania serwerem i infrastrukturą serwerową
 - konfiguracja serwera, instalacja oprogramowania, testowanie serwera:
 - konfiguracja serwera:
 - konfiguracja ustawień systemu BIOS,
 - konfiguracja aplikacji zdalnego zarządzania (BMC, DRAC),
 - konfiguracja wbudowanego kontrolera dysków RAID,
 - instalacja oprogramowania:
 - instalacja narzędzi do zdalnego zarządzania serwerem,
 - aktualizacja oprogramowania firmware komponentów serwera,
 - instalacja systemu operacyjnego,
- testowanie serwera:
 - uruchomienie oprogramowania diagnostycznego testującego podzespoły serwera (procesory, pamięć RAM, kontrolery dysków, dyski, karty sieciowe),
 - testowe uruchomienie systemu GNU Linux.



Rys.1. Stanowisko do wirtualnego prototypowania (specjalistyczny serwer obliczeniowy), zamontowane w szafie serwerowej [1]

W drugim etapie realizacji projektu wykonano prace polegające na:

- instalacji i konfiguracji systemu operacyjnego. Na zakupionym stanowisku zainstalowano system operacyjny Windows Server 2008 Enterprise,
- konfiguracji dostępu zdalnego (utworzenie zdalnych pulpitów). Skonfigurowano usługi zdalnego dostępu (terminal services) oraz dokonano integracji serwera z istniejącą usługą active directory w firmie. Usługi te umożliwiły zdalny dostęp do serwera i zdalne uruchamianie zadań obliczeniowych ze stacji roboczych znajdujących się na wyposażeniu Laboratorium MMiE, jak również przy zastosowaniu technologii VPN (Virtual Private Network) z wybranych komputerów mobilnych,
- instalacji oprogramowania inżynierskiego dedykowanego dla systemu Windows. Zainstalowano następujące oprogramowanie inżynierskie firm MSC Software oraz Ansys Corporation:
 - MSC.Patran – pre- i postprocesor dla programów obliczeniowych MSC.Nastran, MSC.Dytran i MSC.Marc,
 - MSC.Nastran – program do obliczeń MES liniowych i nieliniowych,
 - MSC.Dytran – program do obliczeń MES zjawisk szybkozmiennych,
 - MSC.Marc – program do obliczeń MES zjawisk nieliniowych i cieplnych,
 - Ansys Fluent – program do obliczeń CFD przepływów cieczy i gazów,
- wyborze zadań obliczeniowych. W celu przeprowadzenia testów wydajności zakupionego stanowiska wybrano następujące zadania obliczeniowe, opracowane w ramach prac badawczych realizowanych w Laboratorium MMiE:
 - obliczenia konstrukcji chroniących operatora (FOPS),

- obliczenia nieliniowe stropnicy obudowy ratunkowej.

W trzecim etapie realizacji projektu wykonano prace polegające na:

- przeprowadzeniu testów wydajności zakupionego stanowiska. Celem zadania było uruchomienie wybranych zadań obliczeniowych, na zakupionym stanowisku oraz na stacjach roboczych, znajdujących się na wyposażeniu Laboratorium MMiE, celem porównania czasów wykonania poszczególnych zadań.

W celu przeprowadzenia testów wydajności zakupionego stanowiska wybrano dwa zadania obliczeniowe, opracowane w ramach prac badawczych oraz w ramach projektu badawczego INREQ (fundusz RFCS):

- zadanie I – obliczenia dynamiczne konstrukcji chroniących operatora (FOPS):
 - model obliczeniowy: 42877 węzłów, 43471 elementów,
 - czas symulacji – 0,5 s,
- zadanie II – obliczenia nieliniowe stropnicy obudowy ratunkowej – w ramach projektu INREQ (fundusz RFCS):
 - model obliczeniowy: 276936 węzłów, 163031 elementów.

Testy wykonano przy zastosowaniu oprogramowania inżynierskiego firm MSC Software oraz Ansys Corporation.

Zadanie I – obliczenia dynamiczne:

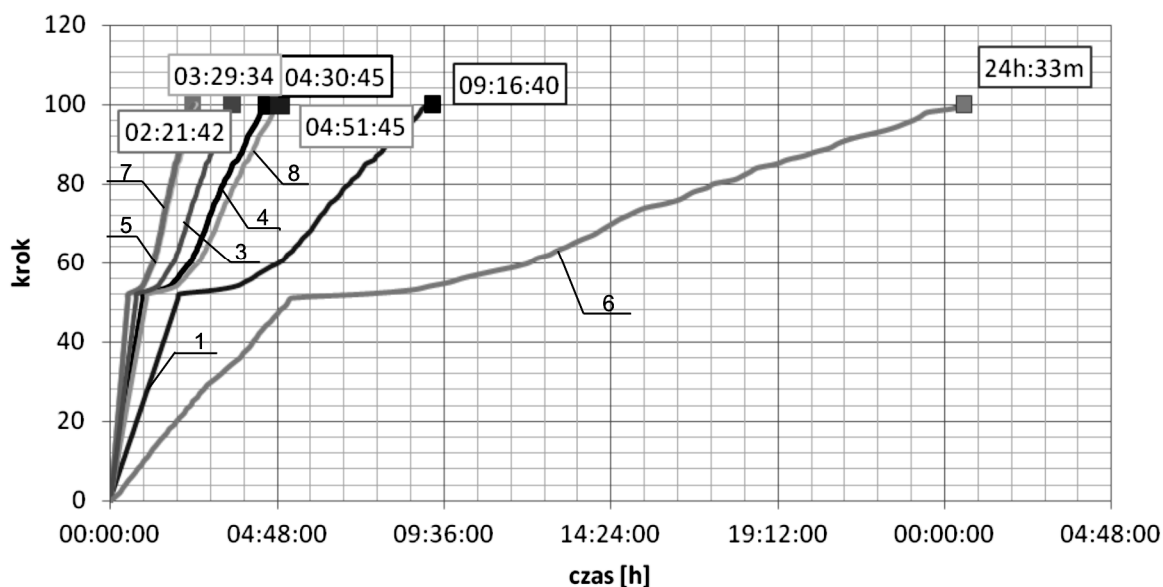
- MSC.Patran – pre- i postprocesor dla programów obliczeniowych MSC.Nastran, MSC.Dytran i MSC.Marc,
- MSC.Dytran – program do obliczeń MES zjawisk szybkozmiennych.
- Zadanie II – obliczenia nieliniowe:
 - MSC.Patran – pre- i postprocesor dla programów obliczeniowych MSC.Nastran, MSC.Dytran i MSC.Marc,
 - MSC.Marc – program do obliczeń MES zjawisk nieliniowych i cieplnych.

Na podstawie przeprowadzonych testów, dla zadania I i II, uzyskano zróżnicowane czasy obliczeń numerycznych.

Zadanie I – obliczenia dynamiczne konstrukcji chroniących operatora (FOPS):

- zakupione stanowisko (16 procesorów) – około 9 godzin,
- stacja robocza – około 17 godzin.

Czasy obliczeń dla zadania II przedstawiono na rysunku 2. Obliczenia prowadzono w zakresie nieliniowym, związanym z występowaniem zjawiska kontaktu oraz sprężysto-plastycznego modelu materiału.



- | | | |
|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 — mars 1 proc | 4 — mars 16 proc | 7 — mars 16 proc 16ddm |
| 2 — mars 32 proc 16ddm | 5 — mars 32 proc 32 ddm | 8 — pc 444 8 proc |
| 3 — pc 444 8proc 8ddm | 6 — pc 452 8 proc | |

Rys.2. Porównanie czasu trwania obliczeń numerycznych na stanowisku do wirtualnego prototypowania i stacjach roboczych [źródło: opracowanie własne nie publikowane]

Tego typu zadania mają charakter iteracyjny, w związku z czym na osi rzędnych znajduje się liczba iteracji. Po przekroczeniu ok. 50 iteracji, symulowano kontakt stropnicy i bloczka, który ją deformował – objawia się to znacznym zwiększeniem czasochłonności obliczeń numerycznych, tj. kolejne iteracje realizowane są wolniej. Zadanie obliczeniowe wymagało użycia ok. 12,5 GB pamięci operacyjnej komputera.

Linia niebieską oznaczono stację roboczą z procesorem 4 rdzeniowym, technologią HT i 8 GB pamięci operacyjnej (pc 452). Widoczne jest znaczne wydłużenie czasu obliczeń w porównaniu do innych konfiguracji komputerów. W tym wypadku spowolnienie czasu obliczeń spowodowane było zajęciem całej pamięci operacyjnej komputera przez zadanie obliczeniowe i użycie dysku twardego do jej uzupełnienia. Następnie porównywano czasy obliczeń stanowiska do wirtualnego prototypowania (mars) i stacji roboczej wyposażonej w 16 GB pamięci operacyjnej (pc 444). Widoczne są mniejsze różnice czasów obliczeń, z uwagi na wystarczającą ilość pamięci operacyjnej komputera pc 444. Dodatkowo zadanie uruchamiano z użyciem tylko fizycznej liczby rdzeni oraz zastosowaniem technologii HT (ang. *Hyper-threading*), która tą liczbę programowo podwaja. Z otrzymanych rezultatów wynika, że użycie technologii HT nie wpływa znacząco na skrócenie czasu obliczeń. Ponadto program obliczeniowy MSC.Marc posiada funkcję dzielenia zadania

obliczeniowego na mniejsze, z których każde jest obliczane przez poszczególny rdzeń procesora, jest to tzw. funkcja DDM (ang. *Domain Decomposition Method*), rys. 3.



Rys.3. Podział modelu obliczeniowego po zastosowaniu funkcji DDM w programie obliczeniowym MSC.Marc/Mentat [3]

Reasumując, najbardziej efektywna konfiguracja programu obliczeniowego i stanowiska do wirtualnego prototypowania ma miejsce wtedy, gdy aktywowana jest funkcja DDM, uwzględniająca fizyczną liczbę rdzeni bez zastosowania technologii HT. W porównaniu do stacji roboczych specjalistyczny serwer obliczeniowy ujawnia swoje zalety w przypadku rozbudowanych modeli obliczeniowych, wymagających użycia dużej objętości pamięci operacyjnej. Główne parametry serwera to:

- system operacyjny: Windows Server 2008 R2 Enterprise,
- 2x procesor: Intel Xeon E5-2650 2 GHz (8 rdzeni),
- pamięć operacyjna: 128 GB,
- macierz dysków twardej: Dyski HDD 2 x 300 GB (SAS 6 Gbps, 15 krpm) + 2 x 2 TB (nearline SAS) w konfiguracji RAID 1.

3. Wpływ realizacji zadań projektu na założone cele i wskaźniki

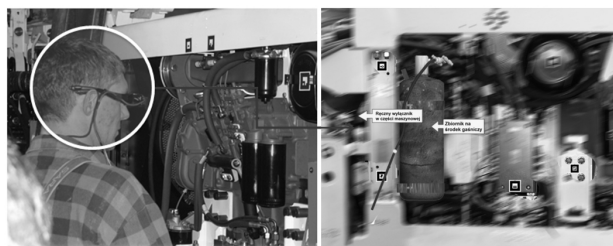
Cel ogólny projektu, czyli wzrost konkurencyjności regionalnej gospodarki opartej na wiedzy poprzez zwiększenie zdolności ITG KOMAG do świadczenia usług w zakresie innowacyjnych prac badawczych, zbieżny jest z głównym celem Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007 – 2013: „Stymulowanie dynamicznego rozwoju, przy wzmocnieniu spójności społecznej, gospodarczej i przestrzennej regionu”. Realizacja działań związanych z doposażeniem Laboratorium MMiE w stanowisko do wirtualnego prototypowania przyczyniła się do poprawy i zwiększenia skuteczności wykonywania procesów badawczych tak, aby potencjał naukowy i badawczy KOMAG-u mógł być w pełni wykorzystany do rozwoju i wzrostu konkurencyjności regionalnej gospodarki opartej na wiedzy.

W wyniku realizacji niniejszego projektu osiągnięto cel ogólny i cele szczegółowe priorytetu I i działania 1.3 RPO WSL. Celem szczegółowym Priorytetu I był wzrost konkurencyjności regionalnej gospodarki opartej na wiedzy. Celem bezpośrednim projektu było rozszerzenie zakresu i podniesienie jakości prowadzonych badań służących poprawie bezpieczeństwa użytkownika badanych wyrobów poprzez doposażenie laboratoriów ITG KOMAG w specjalistyczną aparaturę i oprogramowanie.

Zakup stanowiska do wirtualnego prototypowania pozwolił na:

- wykorzystanie zakupionego stanowiska do realizacji zadań w projektach badawczych:
 - nieliniowe obliczenia stropnicy obudowy ratowniczej z zastosowaniem metody elementów skończonych [3],
 - modelowanie mechanizmu rozchodzenia się pyłu węglowego z zastosowaniem komputerowej mechaniki płynów CFD [4],
 - model dynamiczny przenośnika zgrzeblowego z wyrównoważaniem mocy napędów wysypowego i zwrotnego [2],
- zwiększenie liczby nowych usług o: materiały szkoleniowe opracowane z wykorzystaniem technologii Wzmocnionej Rzeczywistości (rys. 4) oraz rozszerzenie oferty obliczeń numerycznych o analizy dynamiczne zjawisk szybkozmiennych,

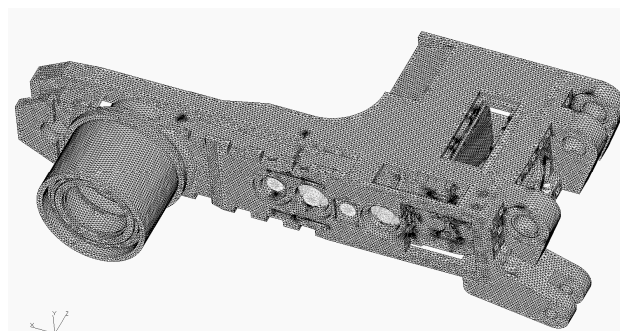
- udoskonalenie usług wprowadzonych w wyniku realizacji projektu: materiały multimedialne w wysokiej rozdzielczości (rys. 5) oraz obliczenia numeryczne modeli o większym stopniu złożoności (większa dokładność obliczeń – rys. 6).



Rys.4. Przykład materiałów szkoleniowych opracowanych z wykorzystaniem technologii Wzmocnionej Rzeczywistości – szkolenie konserwatorów kolejek podwieszonych [źródło: opracowanie własne nie publikowane]



Rys.5. Przykład materiałów multimedialnych w wysokiej rozdzielczości – ręczne prace transportowe [źródło: opracowanie własne nie publikowane]



Rys.6. Przykład obliczeń numerycznych modeli o większym stopniu złożoności – model obliczeniowy ramienia kombajnu ścianowego, liczba węzłów przekracza 1,5 mln [3]

4. Podsumowanie

Zakup specjalistycznego stanowiska do wirtualnego prototypowania pozwolił zaoferować usługi o wyższym standardzie: obliczenia wytrzymałościowe w oparciu o bardziej szczegółowe modele, materiały multimedialne w wysokiej rozdzielczości oraz materiały szkoleniowe opracowane z wykorzystaniem technologii Wzmocnionej Rzeczywistości. Podwyższenie standardu oferowanych usług oraz zaoferowanie nowych (analizy dynamiczne zjawisk szybkozmiennych), dzięki zwiększonym możliwościom obliczeniowym, zdecydowanie skróci czas realizacji zadań badawczych.

Zakupione stanowisko umożliwi dodatkowo prowadzenie prac wyprzedzających rzeczywiste testy prototypów maszyn i urządzeń. Będą to działania innowacyjne, pozwalające na obniżenie kosztów badań stanowiskowych prototypów.

Zakupione stanowisko wzmocniło potencjał badawczy Laboratorium MMiE, uzupełniło sprzęt będący na jego wyposażeniu, wzmocniło jego moc obliczeniową oraz zwiększyło możliwość realizacji projektów badawczych, jak również prac komercyjnych dla obecnych i nowych klientów. Pozwoliło na łatwą skalowalność zasobów systemu w odniesieniu do poszczególnych zadań, oraz na jego rozbudowę, w miarę zmieniających się potrzeb. Dodatkową zaletą było podniesienie bezpieczeństwa dostępu do informacji i bezpieczeństwa technicznego systemu oraz to, że zakupione stanowisko odciążało stacje robocze, będące na wyposażeniu Laboratorium MMiE, od czasochłonnych zadań obliczeniowych.

Zakupione stanowisko do wirtualnego prototypowania zostało wykorzystane m.in. do realizacji następujących zadań:

- komercjalizacja wyników prac będących efektem realizacji projektów badawczych:
 - Safe Trans Design – wynik realizacji projektu badawczego MINTOS (projekt zakończony w roku 2010) – wdrożenie w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A.,
 - multimedialne materiały szkoleniowe, w tym materiały oparte na technologii Wzmocnionej Rzeczywistości (wynik realizacji projektu badawczego EMIMSAR, zakończonego w roku 2012),
 - Interaktywne Instrukcje Obsługi – wynik realizacji projektu badawczego INERG (zakończenie projektu w roku 2014) – wdrożenie w Kopex Machinery S.A.,
- obliczenia numeryczne części i zespołów maszyn górniczych – jako prace wyprzedzające rzeczywiste testy prototypów maszyn i urządzeń oraz jako uzupełnienie testów prototypów przeprowadzanych w Laboratorium Badań,

- wizualizacja okoliczności i przyczyn wypadków – na potrzeby Kompanii Węglowej S.A., Katowickiego Holdingu Węglowego S.A., Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A., Wyższego Urzędu Górniczego,
- opracowywanie multimedialnych materiałów szkoleniowych – na potrzeby kopalń, producentów maszyn oraz ośrodków szkoleniowych,
- tworzenie komputerowych symulacji czynności realizowanych podczas eksploatacji systemów mechanicznych – na potrzeby kopalń, producentów maszyn oraz ośrodków szkoleniowych.

Pozycja konkurencyjna ITG KOMAG na rynku zależy od szybkości reagowania na potrzeby klientów i oferowaniu usług charakteryzujących się spełnieniem ustalonych wymagań jakościowych, cenowych oraz terminami realizacji. Realizacja zadania projektu, polegającego na doposażeniu Laboratorium MMiE w stanowisko do wirtualnego prototypowania, przyczyniła się do osiągnięcia powyższych celów.

Literatura

1. Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG.
2. Projekt badawczy ICON: Ścianowy przenośnik zgrzeblowy z innowacyjnym systemem regulacji parametrów pracy napędów. ITG KOMAG, 2012÷2014.
3. Projekt badawczy INREQ: Enhanced effectiveness and safety of rescuers involved in high risk activities by designing innovative rescue equipment systems. ITG KOMAG, 2012÷2015.
4. Projekt badawczy MEZAP: Modelowanie mechanizmu gromadzenia się wybuchowego pyłu węglowego w pobliżu frontów eksploatacyjnych w aspekcie identyfikacji, oceny i niwelacji możliwości powstawania jego wybuchu. ITG KOMAG, 2012÷2015.

Artykuł wpłynął do redakcji w lutym 2014 r.



**PROGRAM
REGIONALNY**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007-2013

Analiza obciążenia dynamicznego wywołanego udarem swobodnie spadającej masy

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań stanowiskowych i modelowych trzech materiałów obciążonych dynamicznie udarem swobodnie spadającej masy. Badania przeprowadzono dla stali, drewna i gumy, a ich zakres objął cztery wysokości, z jakich spadała masa udarowa. Na podstawie przeprowadzonych badań wyznaczono wielkości charakteryzujące zjawisko uderzenia oraz obliczono wartości współczynnika restytucji i współczynnika dynamicznego udaru. Przedstawiono także rozkłady naprężeń zredukowanych oraz stan odkształcenia w próbce stalowej.

Słowa kluczowe: badania laboratoryjne materiałów, badania modelowe, obciążenia dynamiczne.

Keywords: laboratory tests of materials, model tests, dynamic loads.

Summary

This article presents the results of stand tests and model calculations for three types of material, dynamically loaded with an impact of freely falling mass. Tests were performed on samples made of steel, wood and rubber, and their range included four heights, from which an impact mass was falling. The characteristics of the phenomenon of impact determined and also coefficient of restitution and the dynamic impact factor defined. Distributions of reduced stress in sample made of steel were also presented and the state of deformation was determined.

1. Wprowadzenie

Maszyny, urządzenia oraz konstrukcje mechaniczne pracujące w podziemnych wyrobiskach górniczych narażone są na działanie obciążeń statycznych i dynamicznych. Szczególnie niebezpieczne są obciążenia dynamiczne, które charakteryzują się dużą zmiennością w czasie i bardzo często powodują uszkodzenia tych maszyn i urządzeń. Uszkodzenia te mogą skutkować problemami w procesie eksploatacyjnym oraz wpływać na zmniejszenie bezpieczeństwa pracy załóg górniczych.

W zakładach górniczych obciążeniom dynamicznym poddane są przede wszystkim maszyny urabiające, transportujące oraz obudowy zabezpieczające wyrobiska górnicze. Z punktu widzenia zabezpieczenia wyrobisk górniczych, szczególnie niebezpieczne są obciążenia dynamiczne działające na obudowy górnicze. Przyczyną tych obciążeń jest dynamiczne, deformacyjne oddziaływanie górotworu (wstrząsy, odprężenia, tąpnięcia). Zarówno w przypadku obudowy zmechanizowanej, jak i obudowy wyrobisk korytarzowych obciążenia dynamiczne są przyczyną wielu awarii i trwałych uszkodzeń elementów tych obudów. Uszkodzenia, a w wielu przypadkach zniszczenia obudowy, prowadzą do utraty funkcjonalności wyrobisk oraz stanowią poważne zagrożenie bezpieczeństwa pracy załogi [6, 8, 9].

W przypadku maszyn urabiających obciążenia dynamiczne elementów napędowych są często wynikiem zmieniających się oporów urabiania oraz

stopienia narzędzi urabiających. Powoduje to, że poszczególne układy i elementy mechaniczne tych maszyn narażone są na impulsowe (udarowe) obciążenia. Na podobne obciążenia narażone są także urządzenia do transportu poziomego i pionowego. Przykładowo w przenośnikach zgrzeblowych w wyniku działania obciążeń dynamicznych często dochodzi do zerwania łańcucha. W wielu przypadkach dochodzi także do udarowego obciążania elementów maszyn i konstrukcji w wyniku spadających brył urobku.

Można zatem przyjąć, że większość maszyn, urządzeń i konstrukcji pracujących w podziemnych wyrobiskach górniczych jest narażona na obciążenia dynamiczne. Przebiegi tych obciążeń w sposób istotny odbiegają od obciążeń statycznych, dlatego też zasadnym staje się prowadzenie badań mających na celu poznanie przebiegów obciążeń dynamicznych oraz wyznaczenie charakteryzujących je parametrów.

W artykule przedstawiono wyniki badań stanowiskowych oraz modelowych, których celem było wyznaczenie parametrów uderzenia w badany materiał swobodnie spadającą masą udarową. Przyjęcie źródła obciążenia w postaci swobodnie spadającej masy wynika z faktu, iż taki sposób obciążenia często występuje w rzeczywistości. Badania przeprowadzono dla trzech różnych materiałów, to jest: stali, drewna i gumy. Polegały one na dynamicznym obciążaniu próbek o różnej grubości wykonanych z tych materiałów swobodnie spadającą z różnych wysokości masą udarową w postaci ciężarka stalowego.

Celem badań stanowiskowych było wyznaczenie czasowych przebiegów siły dynamicznej, działającej na próbkę oraz wartości współczynnika restytucji dla badanych materiałów.

W przypadku badań modelowych, przeprowadzonych z wykorzystaniem modeli strukturalnych, dodatkowo wyznaczono także rozkłady naprężeń i odkształceń badanych próbek.

2. Wielkości charakteryzujące uderzenie

Zjawisko uderzenia spowodowane jest nagłym zetknięciem się co najmniej dwóch ciał stałych, z których przynajmniej jedno jest w ruchu lub może być wywołane oddziaływaniem fali ciśnienia wytworzonego w płynie na ciało stałe [4]. Uderzenie jest więc zjawiskiem dynamicznym, charakteryzującym się zmiennością obciążenia w czasie. Wielkościami bezpośrednio charakteryzującymi uderzenie są: maksymalna wartość siły uderzenia, czas trwania impulsu uderzenia oraz wartości prędkości zderzających się ciał przed i po uderzeniu. Wielkości te można wyznaczyć na podstawie pomiarów czasowych przebiegów siły uderzenia oraz przemieszczenia zderzających się ciał przed i po uderzeniu.

W sposób pośredni wyznacza się współczynniki restytucji i dynamicznego udaru, które opisują charakter uderzenia. Współczynnik restytucji wyznacza się w oparciu o czasowe przebiegi przemieszczenia zderzających się ciał. Wartość tego współczynnika zawiera się w przedziale od zera do jeden. W przypadku zderzenia idealnie sprężystego współczynnik restytucji przyjmuje wartość równą jeden ($R = 1$). Wówczas odkształcenia zderzających się ciał są wyłącznie sprężyste i nie dochodzi do straty energii kinetycznej. Drugi skrajny przypadek stanowi zderzenie idealnie plastyczne, gdzie ciała doznają wyłącznie odkształceń trwałych, a wartość współczynnika restytucji wynosi zero ($R = 0$). Oba wyżej opisane przypadki są wyidealizowane, w rzeczywistości występują zawsze zderzenia pośrednie, niesprężyste [1, 4]. Współczynnik restytucji jest różnie definiowany przez Newtona, Poissona oraz Strongea i nazywa się go odpowiednio kinematycznym, kinetycznym lub energetycznym [10].

Autorzy publikacji, do obliczenia wartości współczynnika restytucji, wykorzystali zależność podaną przez Newtona [1, 4, 10]. Zgodnie z tą zależnością współczynnik ten można zdefiniować jako stosunek względnych prędkości normalnych ciał po i przed uderzeniem. Jeśli jedno ze zderzających się ciał pozostaje w spoczynku, zależność tą można zapisać w postaci:

$$R = -\frac{v'_n}{v_n} \quad (1)$$

gdzie:

v_n – prędkość normalna ciała przed uderzeniem, [m/s],

v'_n – prędkość normalna ciała po uderzeniu, [m/s].

Z kinematycznego punktu widzenia współczynnik restytucji wskazuje, jaka część prędkości względnej ciał przed uderzeniem zostaje odzyskana po uderzeniu.

Charakter obciążenia dynamicznego można określić także za pomocą współczynnika dynamicznego udaru K_d . Współczynnik ten jest różnie określany w zależności od analizowanego obiektu oraz sposobu jego obciążenia. W przypadku udarowego działania obciążenia przyjmuje się, że wartość tego współczynnika jest równa stosunkowi maksymalnej wartości siły dynamicznej, działającej na skutek uderzenia swobodnie spadającą masą do wartości siły, jaka działałaby na dane ciało w wyniku statycznego obciążenia go tą samą masą [3]:

$$K_d = \frac{P_{d \max}}{P_{st}} \quad (2)$$

gdzie:

$P_{d \max}$ – maksymalna wartość siły dynamicznej, działającej na skutek uderzenia spadającą masą [N],

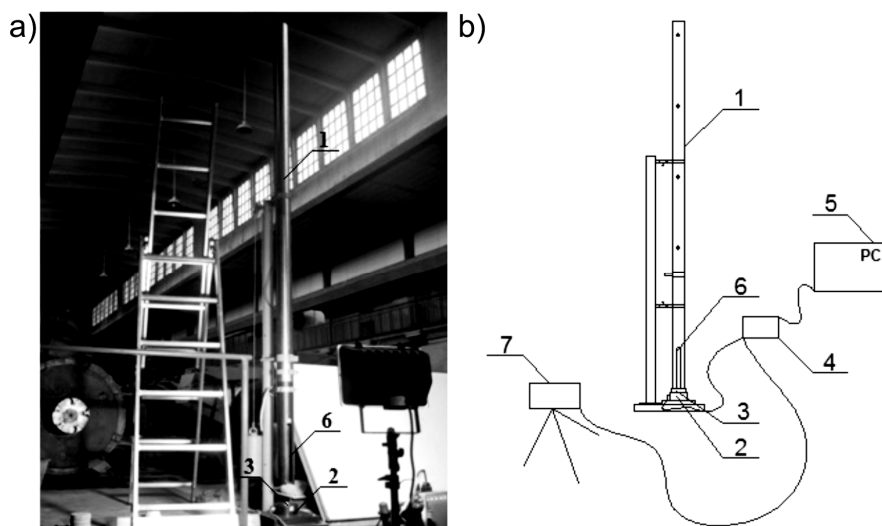
P_{st} – wartość siły działającej w wyniku obciążenia statycznego, wywołanego taką samą masą [N].

Można przyjąć, że tak zdefiniowany współczynnik dynamiczny udaru określa przeciążenie, jakie działa na uderzane ciało w stosunku do obciążenia go statycznie masą ciała uderzającego.

3. Badania stanowiskowe uderzenia swobodnie spadającą masą

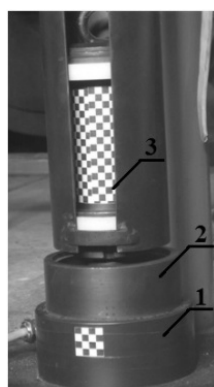
Badania stanowiskowe uderzenia swobodnie spadającą masą przeprowadzono w Instytucie Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej na specjalistycznym stanowisku badawczym, którego widok i schemat przedstawiono na rysunku 1.

Głównymi elementami stanowiska są prowadnica (1), wewnątrz której swobodnie spada masa udarowa w postaci ciężarka oraz uchwyt (3), w którym mocowana jest próbka wykonana z badanego materiału. W dolnej części prowadnicy wykonany jest otwór (6) umożliwiający rejestrację czasowych przebiegów przemieszczenia masy udarowej. Stanowisko wyposażone jest w układ pomiarowy, w skład którego wchodzi czujnik siły (2), wzmacniacz pomiarowy wraz z przetwornikiem analogowo-cyfrowym (4), kamera szybko obrazkowa (7) oraz komputer (5).



Rys.1. Stanowisko badawcze: widok ogólny (a) i schemat (b): 1 – przewodnica, 2 – czujnik siły, 3 – uchwyt próbki, 4 – wzmacniacz pomiarowy, 5 – komputer rejestrujący, 6 – otwór w przewodnicy, 7 – kamera szybko obrazowa [Źródło: opracowanie własne]

Widok masy udarowej wraz z czujnikiem siły i badaną próbką w chwili uderzenia przedstawiono na rysunku 2.

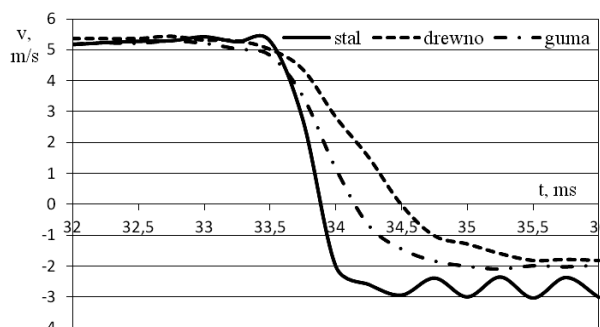


Rys.2. Widok układu w chwili uderzenia: 1 – czujnik siły, 2 – uchwyt próbki, 3 – masa udarowa [Źródło: opracowanie własne]

Badania uderzenia polegały na dynamicznym obciążeniu próbki badanego materiału za pomocą udaru swobodnie spadającej masy o wartości 2,5 kg. Badania przeprowadzono dla próbek walcowych o średnicy 80 mm i różnej wysokości, wykonanych z trzech materiałów: stali, drewna oraz gumy. Zakres badań objął cztery wysokości, z jakich spadała masa udarowa, a mianowicie: 1,0 m; 1,5 m; 2,0 m oraz 2,5 m.

Podczas badań rejestrowano czasowe przebiegi wartości siły dynamicznej za pomocą czujnika siły (1) (rys. 2) oraz przemieszczeń masy udarowej za pomocą kamery szybko obrazkowej (7) (rys. 1).

Na podstawie uzyskanych przebiegów wartości przemieszczenia masy udarowej wyznaczono jej prędkości. Na rysunku 3 przedstawiono czasowe przebiegi prędkości masy udarowej, spadającej z wysokości 1,5 m i uderzającej w próbki ze stali, drewna i gumy o grubości 30 mm.



Rys.3. Czasowe przebiegi prędkości (v) masy udarowej spadającej z wysokości 1,5 m w czasie uderzenia w próbki ze stali, drewna i gumy [Źródło: opracowanie własne]

W oparciu o wyznaczone bezpośrednio przed udarem wartości prędkości masy udarowej określono wartość energii kinetycznej udaru:

$$E_k = \frac{mv_n^2}{2} \quad (3)$$

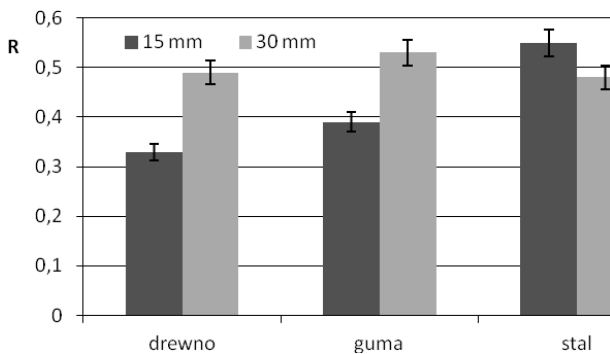
gdzie:

m – masa ciała uderzającego [kg],

v_n – prędkość normalna ciała przed uderzeniem [m/s].

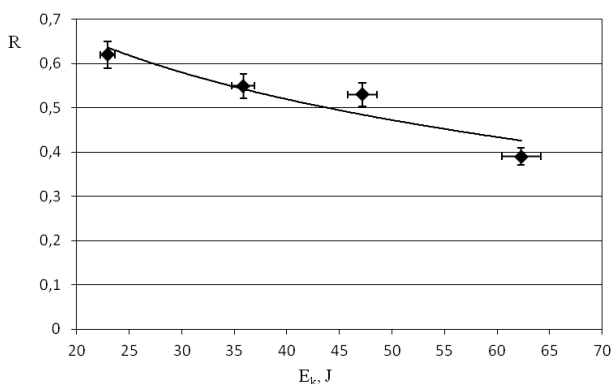
Wykorzystując czasowe przebiegi prędkości masy udarowej wyznaczono, zgodnie z hipotezą Newtona, wartości współczynników restytucji dla badanych materiałów. Wartości te, dla uderzenia masy udarowej spadającej z wysokości 1,5 m (przy energii udaru $E_k = 36$ J) dla dwóch różnych wysokości badanych próbek (15 mm i 30 mm) przedstawiono na rysunku 4.

Dla drewna i gumy wzrost grubości próbki spowodował wzrost wartości współczynnika restytucji, natomiast dla stali zmniejszenie jego wartości.



Rys.4. Wartości współczynnika restytucji (R) dla badanych materiałów, przy spadku masy uderowej z wysokości 1,5 m dla różnych wysokości próbek [Źródło: opracowanie własne]

Na rysunku 5 przedstawiono wartości współczynnika restytucji dla stali w zależności od energii uderu.



Rys.5. Zależność wartości współczynnika restytucji (R) od energii kinetycznej uderu (E_k) dla stali [Źródło: opracowanie własne]

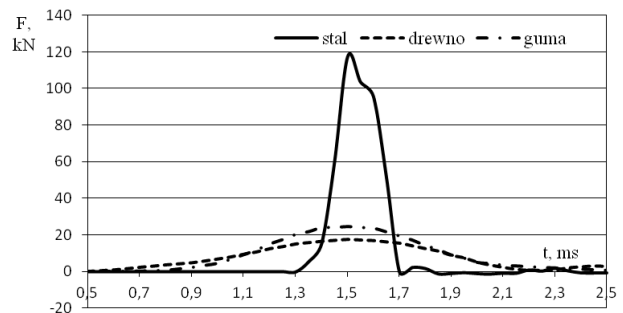
Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że wartość współczynnika restytucji, a tym samym charakter uderzenia, zależy od rodzaju badanego materiału oraz od energii uderu, która bezpośrednio zależy od prędkości uderzenia oraz wielkości masy uderowej.

W zakresie przeprowadzonych badań najwyższą wartość współczynnika restytucji uzyskano dla stali, co oznacza, że w tym przypadku uderzenie ma charakter najbardziej sprężysty. Najniższą wartość tego współczynnika uzyskano dla drewna, w przypadku którego dochodzi do większych odkształceń trwałych, skutkujących większą dyssypacją energii.

Wraz ze wzrostem wysokości, z jakiej spadała masa uderowa (wzrostem energii uderu), a tym samym wzrostem prędkości uderzenia, wartość współczynnika restytucji maleje. Im większa prędkość uderzenia, tym większa dyssypacja energii, co spowodowane jest rosnącymi odkształceniami trwałymi.

Bardzo istotne znaczenie przy opisie zjawiska uderzenia ma także analiza przebiegu siły dynamicznej w czasie. Wyznaczone czasowe przebiegi wartości siły dynamicznej dla badanych materiałów o grubości 30 mm przy spadku masy uderowej z wysokości 1,5 m

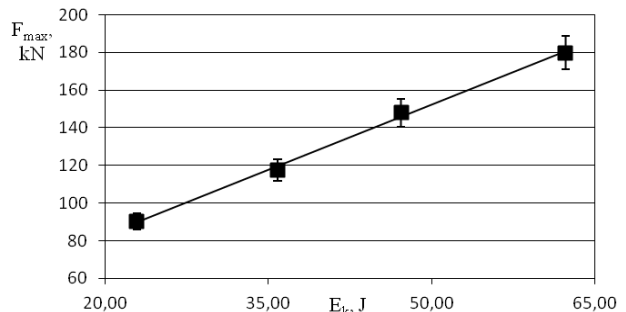
przedstawiono na rysunku 6. Jako siłę dynamiczną przyjęto wartość reakcji podłoża, zarejestrowaną przez czujnik umieszczony pod próbką badanego materiału.



Rys.6. Czasowe przebiegi siły dynamicznej (F) dla masy uderowej spadającej z wysokości 1,5 m w czasie uderzenia w próbki ze stali, drewna i gumy [Źródło: opracowanie własne]

Na podstawie uzyskanych przebiegów można stwierdzić, że czas trwania impulsu siły oraz maksymalna jego wartość są zależne od rodzaju badanego materiału. Dla przebiegów przedstawionych na rysunku 6, największą wartość siły (ok. 120 kN) oraz najkrótszy czas trwania impulsu (ok. 0,4 ms) zanotowano dla próbki ze stali.

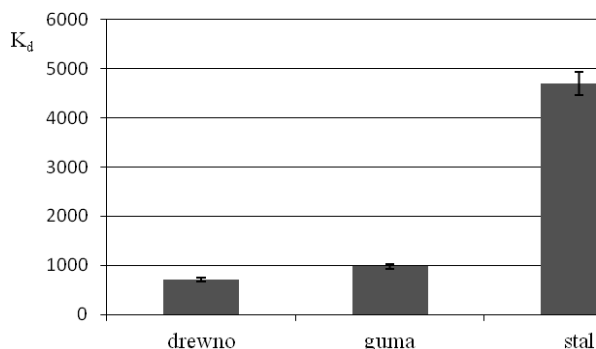
Na rysunku 7 przedstawiono maksymalne wartości zarejestrowanej siły dynamicznej dla próbki ze stali w zależności od energii uderu.



Rys.7. Maksymalne wartości siły dynamicznej (F_{max}) w zależności od energii uderu (E_k) dla stali [Źródło: opracowanie własne]

Analizując uzyskaną zależność (rys. 7) można stwierdzić, że rosnąca energia uderu skutkuje wzrostem maksymalnej wartości siły dynamicznej. Wzrost energii uderu związany jest z rosnącą prędkością uderzenia.

Wykorzystując zarejestrowane przebiegi siły dynamicznej, zgodnie z zależnością (2), wyznaczono wartości współczynnika dynamicznego uderu dla badanych materiałów. Wartość siły statycznej, wynikającej z obciążenia próbki masą uderową o wartości 2,5 kg wynosi 25 N. Obliczone wartości współczynnika dynamicznego dla badanych materiałów przy udarze masy spadającej z wysokości 1,5 m przedstawiono na rysunku 8.



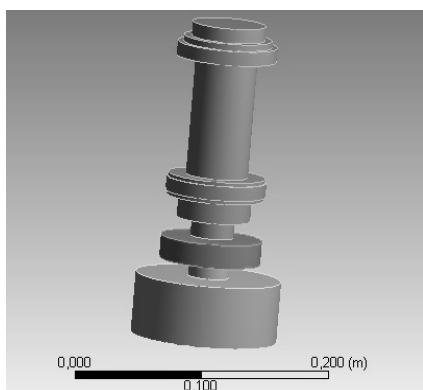
Rys.8. Wartości współczynnika dynamicznego (K_d) dla badanych materiałów, przy spadku masy uderowej z wysokości 1,5 m [Źródło: opracowanie własne]

Analizując uzyskane wyniki można stwierdzić, że w przypadku dynamicznego obciążenia udarem swobodnie spadającej masy, zarejestrowane wartości siły dynamicznej działającej na badaną próbkę są kilkaset razy większe od siły statycznej, wynikającej ze statycznego obciążenia jej tą samą masą uderową ($F_{st} = 25$ N, a $F_{max} = 180$ kN). Można więc przyjąć, że obciążenie dynamiczne wywołuje w elementach maszyn bardzo duże przeciążenia, które mogą skutkować ich uszkodzeniami.

Analizując wyznaczone wartości siły dynamicznej oraz współczynnika dynamicznego należy uwzględnić także krótki czas działania obciążenia dynamicznego oraz fakt, iż charakterystyki wytrzymałościowe materiałów pod wpływem szybkich obciążeń znacznie odbiegają od charakterystyk uzyskiwanych w przypadku obciążeń statycznych lub quasi-statycznych [5].

4. Badania modelowe uderzenia swobodnie spadającą masą

Badania modelowe uderzenia swobodnie spadającą masą przeprowadzono w programie ANSYS Workbench wykorzystującym metodę elementów skończonych (MES). Podstawą do opracowania modelu numerycznego uderzenia był układ stosowany w czasie badań stanowiskowych. Widok modelu geometrycznego do badań przedstawiono na rysunku 9.

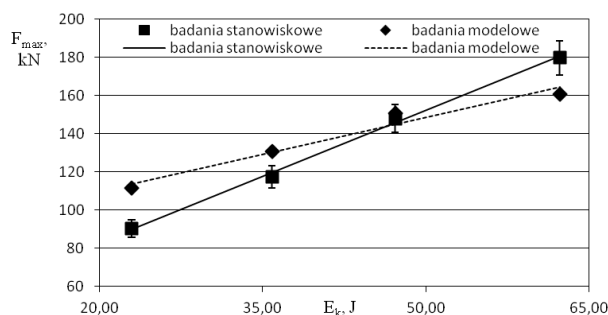


Rys.9. Widok modelu geometrycznego do badań symulacyjnych uderzenia [Źródło: opracowanie własne]

Opracowany model geometryczny po dyskretyzacji przez podział na skończoną liczbę elementów brylowych i nałożeniu warunków brzegowych poddano analizie. Jednym z zadanych warunków brzegowych była prędkość masy uderowej bezpośrednio przed uderzeniem, odpowiadająca zarejestrowanej w czasie badań stanowiskowych wartości tej prędkości.

Do rozwiązania modelu matematycznego w postaci układu równań różniczkowych zwyczajnych wykorzystano metodę całkowania jawnego (explicit) [2]. Analiza objęła swoim zakresem badanie uderzenia masy uderowej w próbkę ze stali. Do obliczeń przyjęto biliniowy model materiału z liniowym wzmocnieniem [5, 7].

W wyniku przeprowadzonej analizy wyznaczono maksymalne wartości siły dynamicznej. Wartości te porównano z wynikami uzyskanymi z badań stanowiskowych (rys. 10).



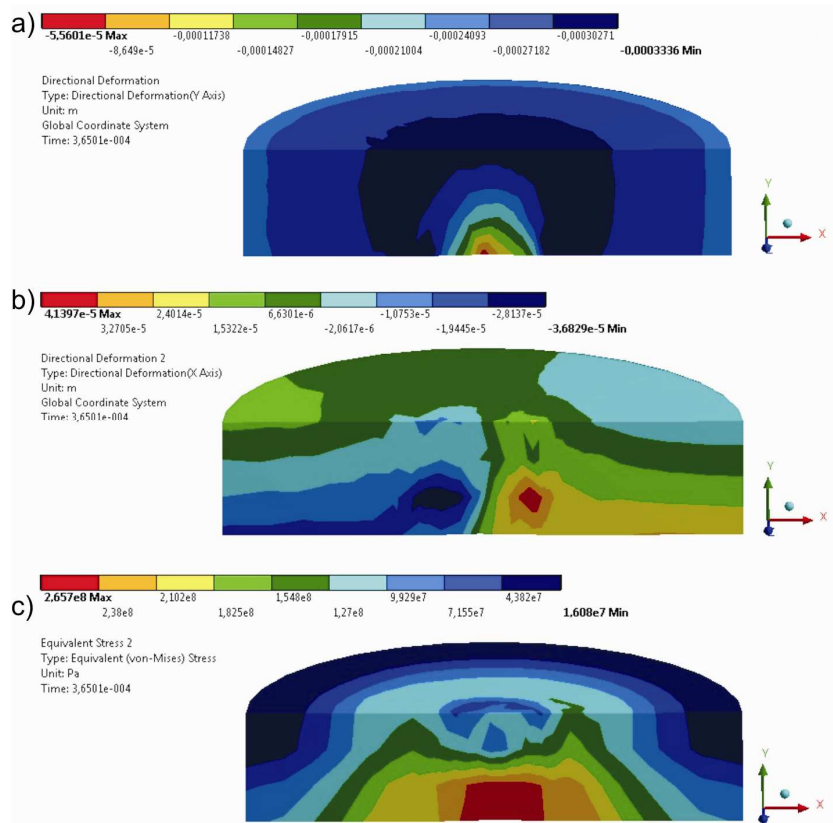
Rys.10. Maksymalne wartości siły dynamicznej (F_{max}) w zależności od energii uderu (E_k) uzyskane w wyniku badań stanowiskowych i modelowych [Źródło: opracowanie własne]

Na podstawie wyznaczonych zależności można stwierdzić, że uzyskane w trakcie badań stanowiskowych i modelowych wyniki wykazują zadowalającą zgodność.

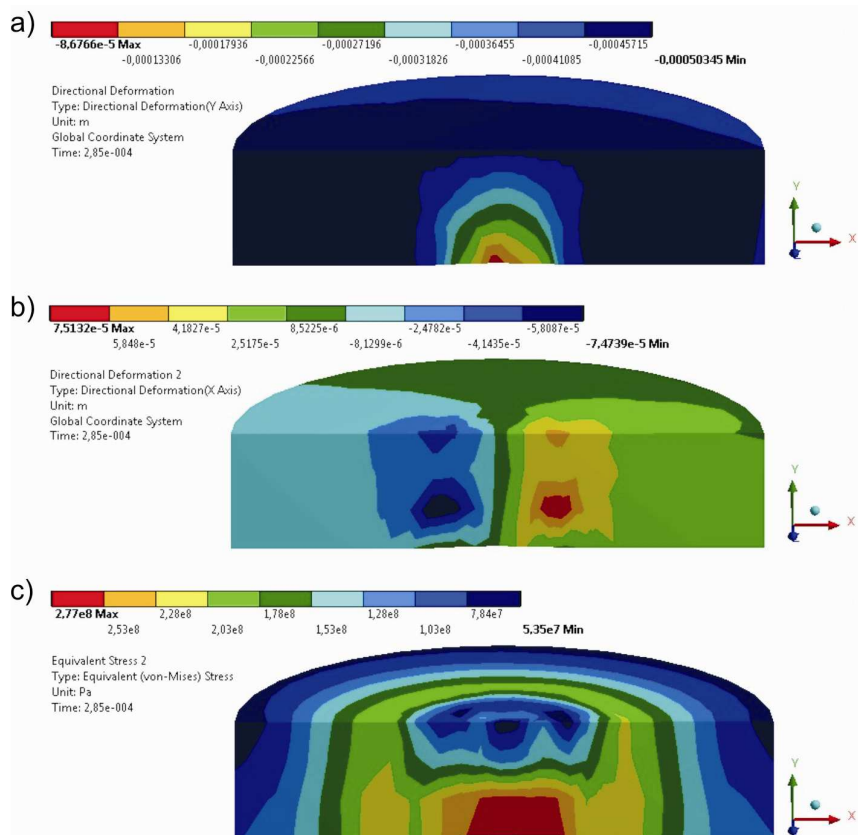
Największą rozbieżność (ok. 20%) między wynikami tych badań zanotowano w przypadku najmniejszej prędkości uderzenia (najmniejszej energii uderu). Różnice w otrzymanych wynikach związane są prawdopodobnie z przyjętym do analizy modelem stali oraz procesami zachodzącymi na powierzchniach kontaktu próbki z masą uderową i czujnikiem.

Uzyskane wyniki potwierdzają tezę, że w trakcie uderzenia dynamicznego, nawet przy stosunkowo niewielkiej energii uderu (w zakresie przeprowadzonych badań maksymalna energia uderu wynosiła ok. 63 J) dochodzi do dużych chwilowych wzrostów obciążenia. W tym kontekście można tylko przypuszczać jak duże wartości obciążenia działają na obudowy przy wstrząsach górotworu o energii równej lub wyższej niż 10^5 J lub podczas badania kotwi, gdzie testowa energia uderu wynosi 25 kJ.

Wykorzystanie do analizy uderzenia (obciążenia dynamicznego) metody elementów skończonych umożliwia dodatkowo wyznaczenie rozkładów stanu naprężenia i odkształcenia zderzających się ciał.



Rys. 11. Stan odkształcenia w kierunku osi Y (a) i X (b) oraz rozkład naprężeń zredukowanych (c) w próbce ze stali przy uderzeniu masy uderowej, spadającej z wysokości 1,0 m [Źródło: opracowanie własne]



Rys. 12. Stan odkształcenia w kierunku osi Y (a) i X (b) oraz rozkład naprężeń zredukowanych (c) w próbce ze stali przy uderzeniu masy uderowej, spadającej z wysokości 2,5 m [Źródło: opracowanie własne]

Na rysunkach 11 i 12 przedstawiono rozkłady naprężeń zredukowanych oraz stany odkształcenia w próbce ze stali dla dwóch różnych wysokości, z jakich dochodziło do spadku masy udarowej (1,0 m i 2,5 m).

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że wraz ze wzrostem wysokości, z jakiej dochodziło do spadku masy udarowej, rosną wartości naprężeń zredukowanych oraz składowe stanu odkształcenia w badanych próbkach. Proces ten jest konsekwencją wzrostu energii kinetycznej udaru, wynikającej z rosnącej wysokości, z jakiej spada masa udarowa.

5. Podsumowanie i wnioski

Badanie zjawisk dynamicznych, powszechnie występujących w maszynach, urządzeniach i konstrukcjach stosowanych w górnictwie podziemnym, ze względu na ich skutki ma bardzo istotne znaczenie dla ich projektantów i użytkowników.

W pracy dokonano analizy uderzenia swobodnie spadającą masą w nieruchomą próbkę materiału, wykonaną ze stali, drewna i gumy. Badania przeprowadzono dla różnych energii uderzenia, wynikających z wysokości, z jakich spadała masa udarowa.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że udarowe działanie obciążenia wywołuje różne skutki w zależności od rodzaju materiału, na jaki obciążenie to działa. W zależności od badanego materiału, przy tych samych warunkach uderzenia, uzyskano różne czasy trwania impulsu siły dynamicznej oraz różne maksymalne wartości tej siły.

Rodzaj badanego materiału ma również istotny wpływ na skutki uderzenia. Uderzenie w próbkę ze stali wywołało mniejsze odkształcenia trwałe, przez co większa część początkowej energii ruchu względnego została odzyskana. Wpłynęło to na wyższe wartości współczynnika restytucji. Najniższe wartości tego współczynnika uzyskano dla drewna, w przypadku którego dochodziło do największych odkształceń trwałych.

Wartość współczynnika restytucji zależy nie tylko od rodzaju badanego materiału, ale również od energii udaru. Wraz ze wzrostem tej energii następował wzrost deformacji zderzających się ciał, co wpływało na zwiększenie dyssypacji energii oraz zmniejszenie wartości współczynnika restytucji.

Oprócz badań stanowiskowych, do analizy uderzenia wykorzystano także badania modelowe. Zastosowanie do tej analizy metody elementów skończonych umożliwiło wyznaczenie z zadowalającą dokładnością maksymalnych wartości siły dynamicznej przy uderzeniu. Występujące różnice między wartościami uzyskanymi w czasie badań

stanowiskowych i modelowych są akceptowalne i mieszczą się w przedziale od 2% do 20%. Zarówno w przypadku badań stanowiskowych, jak i modelowych, wraz ze wzrostem energii udaru, rośnie wartość maksymalnej siły dynamicznej.

Dynamiczne obciążenie wywołane udarem masy powoduje pojawienie się bardzo dużych chwilowych wartości siły dynamicznej działającej na uderzane ciało. Powoduje to wystąpienie dużych chwilowych przeciążeń, których miarą są wysokie wartości współczynnika dynamicznego udaru.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że obciążenie dynamiczne jest bardzo niekorzystnym sposobem obciążenia elementów mechanicznych maszyn, urządzeń i konstrukcji górniczych. Taki sposób obciążenia powoduje wystąpienie bardzo dużych chwilowych wartości obciążenia, co może skutkować uszkodzeniami tych elementów.

Uzyskane wyniki dowodzą, że nawet przy uderzeniach o niewielkiej energii w badanych próbkach występowały duże lokalne spiętrzenia naprężeń oraz trwałe odkształcenia.

Zasadnym wydaje się zatem stwierdzenie, że przy konstrukcji i eksploatacji maszyn, urządzeń i konstrukcji wykorzystywanych w górnictwie konieczne jest uwzględnianie obciążeń wynikających z dynamicznego oddziaływania górotworu.

Przedstawiony w artykule materiał należy przyjąć jako wstępny do dalszych badań, mających na celu analizę obciążeń dynamicznych oraz ich wpływu na elementy mechaniczne.

Literatura

1. Aryaei A., Hashemnia K., Jafarpur K.: Experimental and numerical study of ball size effect on restitution coefficient in low velocity impacts. *International Journal of Impact Engineering* 2010, nr 37, s. 1037-1044.
2. Brodny J.: Badania modelowe złącza ciernego obciążonego udarem masy. *Górnictwo i Geologia* 2012, T.7 z.1, s. 15-26.
3. Brodny J.: Wyznaczanie dynamicznego współczynnika udaru dla złącza ciernego. *Przegląd Górniczy* 2011, nr 3-4, s. 31-36.
4. Gryboś R.: Teoria uderzenia w dyskretnych układach mechanicznych. PWN, Warszawa 1969.
5. Iljuszyn A.A., Lenski W.S.: Wytrzymałość materiałów. PWN, Warszawa 1963.
6. Pytlík A.: Wpływ zginania na prace ciernych złączy łukowych odrzwi ŁP przy obciążeniach statycznych i dynamicznych. Praca doktorska. GIG, Katowice 2001.

-
7. Seifried R., Schiehlen W., Eberhard P.: Numerical and experimental evaluation of the coefficient of restitution for repeated impacts. *International Journal of Impact Engineering* 2005, nr 32, s. 508-524.
 8. Stefaniak D.: Metoda analizy wstecznej uszkodzeń obudów chodnikowych wskutek wstrząsów górotworu i jej zastosowanie w optymalizacji konstrukcji. Praca doktorska GIG, Katowice 1995.
 9. Stoiński K.: Wybrane problemy współpracy obudowy wyrobisk górniczych z górotworem w warunkach obciążeń dynamicznych – tupań. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Zeszyt 171*, Gliwice 1988.
 10. Stronge W.J.: *Impact mechanics*. Cambridge University Press, Cambridge 2000.

Artykuł wpłynął do redakcji w lutym 2014 r.

Proces projektowania wciągników łańcuchowych

Streszczenie

W artykule przedstawiono proces projektowania wciągników łańcuchowych z napędem pneumatycznym i hydraulicznym opracowanych w ramach projektu celowego nr ROW-III-238/2013 realizowanego przez Fabrykę Maszyn i Urządzeń OMAG Sp. z o.o. oraz ITG KOMAG. Głównym celem projektu było opracowanie innowacyjnych rozwiązań wciągników łańcuchowych. Proces projektowania był wspomagany specjalistycznym oprogramowaniem.

Słowa kluczowe: wciągniki łańcuchowe, projektowanie, obliczenia numeryczne, model przestrzenny.

Keywords: chain hoists, designing, numerical calculations, spatial model.

Summary

Designing the chain hoists with pneumatic and hydraulic drive, developed within the targeted project No. ROW-III-238/2013 realized by OMAG Machine and Equipment Plant and KOMAG Institute of Mining Technology, is presented. Development of innovative solutions of chain hoists was the main project objective. Designing was aided by the special software programme.

1. Wstęp

W przemyśle górnym do transportu bliskiego stosowane są różnego rodzaju środki. Są to między innymi wciągarki, umożliwiające montaż podzespołów maszyn i urządzeń oraz przemieszczanie materiałów. Ze względu na trudne warunki eksploatacji, w ograniczonych przestrzeniach wyrobisk i komór montażowych, urządzenia dźwignicowe, przeznaczone dla przemysłu górnego oprócz odpowiedniego udźwigu muszą charakteryzować się dużą prędkością podnoszenia, niewielką masą własną i niewielkimi gabarytami [1, 2, 4, 5].

Uwzględniając potrzeby zakładów górniczych w zakresie prac dźwignicowych, Fabryka Maszyn i Urządzeń OMAG Sp. z o.o. wspólnie z Instytutem KOMAG, w ramach projektu celowego dofinansowanego przez Naczelną Organizację Techniczną, opracowali i wdrożyli do produkcji nowe rozwiązania wciągników łańcuchowych z napędem pneumatycznym i hydraulicznym.

Istotą zrealizowanego projektu było opracowanie oraz wdrożenie do produkcji nowoczesnych wciągników łańcuchowych przeznaczonych dla górnictwa podziemnego charakteryzujących się niewielką masą, dużą prędkością podnoszenia, prostą budową oraz odpowiednim stosunkiem udźwigu do masy własnej.

Zaprojektowane i wykonane wciągarki łańcuchowe przewidziane są do stosowania nie tylko w komorach montażowych i innych miejscach ze stacjonarnym ich zamocowaniem, ale również, z uwagi na ich niewielką masę i gabaryty, mogą być elementami zestawów transportowych np.: wciągarkach manewrowych oraz kolejkach podwieszonych.

Osiągnięcie założonych celów projektowych było możliwe dzięki zastosowaniu nowoczesnych narzędzi wspomagających. Modele przestrzenne poszczególnych zespołów wciągników opracowano w programie Autodesk Inventor, a numeryczne analizy wytrzymałościowe wykonano w środowisku MSC Nastran.

Korzystne parametry kinematyczne i użytkowe wciągników osiągnięto poprzez zaprojektowanie nowoczesnych układów napędowych oraz dzięki specjalistycznemu oprogramowaniu umożliwiającemu optymalizację zespołów urządzenia pod kątem zmniejszenia ich masy i wymiarów gabarytowych.

2. Założenia projektowe

Przed przystąpieniem do realizacji projektu przeprowadzono analizę rynku w zakresie rozwiązań górniczych wciągników łańcuchowych. Przeprowadzono również ankietę w zakładach górniczych dotyczącą oczekiwanych parametrów technicznych nowo projektowanych wciągników łańcuchowych.

Zebrane informacje pozwoliły na sformułowanie założeń projektowych oraz zdefiniowanie podstawowych parametrów technicznych, jakimi powinny charakteryzować się nowe rozwiązania wciągników.

Główne założenia projektowe to:

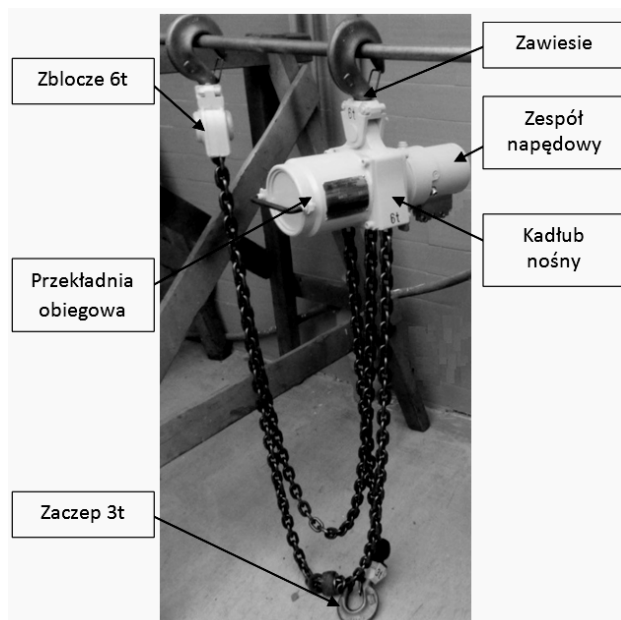
- udźwig nominalny 30 kN na pojedynczym haku oraz 60 kN poprzez zblocze,
- prędkość podnoszenia wciągarka z napędem pneumatycznym – do 6 m/min,
- prędkość podnoszenia wciągarka z napędem hydraulicznym – do 10 m/min,

- ciśnienie zasilania silnika pneumatycznego 0,3÷0,7 MPa,
- ciśnienie zasilania silnika hydraulicznego 16÷25 MPa,
- masa wciągnika pneumatycznego do 70 kg,
- masa wciągnika hydraulicznego do 60 kg,
- stosunek udźwigu do masy własnej ok. 100,
- możliwość szybkiej zmiany udźwigu,
- możliwie duża unifikacja podzespołów.

3. Budowa wciągnika łańcuchowego

Głównymi zespołami wciągnika łańcuchowego (rys. 1) są:

- kadłub nośny,
- przekładnia obiegowa,
- zespół napędowy,
- elementy nośne (zblocze, zaczepek i zawiesie).



Rys.1. Główne zespoły wciągnika łańcuchowego [3]

Wyszczególnione podzespoły są podstawowymi elementami wciągników łańcuchowych z napędem pneumatycznym i hydraulicznym.

Główny element wciągnika łańcuchowego stanowi jego zespół nośny, składający się z kadłuba, wewnątrz którego umieszczono koło łańcuchowe. Konstrukcja kadłuba umożliwia, w jego górnej części, montaż zawiesia, a w dolnej, wolnego końca łańcucha.

Kadłub umożliwia montaż do niego z jednej strony przekładni obiegowej, a z drugiej zespołu napędowego.

Do napędu wciągników, zarówno z napędem pneumatycznym, jak i hydraulicznym, zastosowano obiegową przekładnię planetarną. Wałek wejściowy przekładni połączono za pomocą sprzęgła z wałkiem silnika. Moment obrotowy z silnika napędowego

przekazywany jest za pośrednictwem poszczególnych przełożeń zębatych na jarzmo wyposażone w sprzęgło kłowe. Sprzęgło, po zazębieniu się z kołem napędowym, wymusza jego obrót i przewijanie łańcucha, którego jeden koniec zamocowany jest na stałe do kadłuba, a drugi jest zakończony hakiem o nośności 3 ton. Ponadto, łańcuch przewinięty przez koło zabudowane w zbloczu, umożliwia przenoszenie ładunków o nominalnej masie 6 ton.

4. Główne zespoły wciągnika

Głównym zespołem wciągnika jest jego kadłub nośny. Mając na uwadze przyjęte założenia projektowe oraz współpracę kadłuba z pozostałymi zespołami wciągnika opracowano jego model przestrzenny (rys. 2).

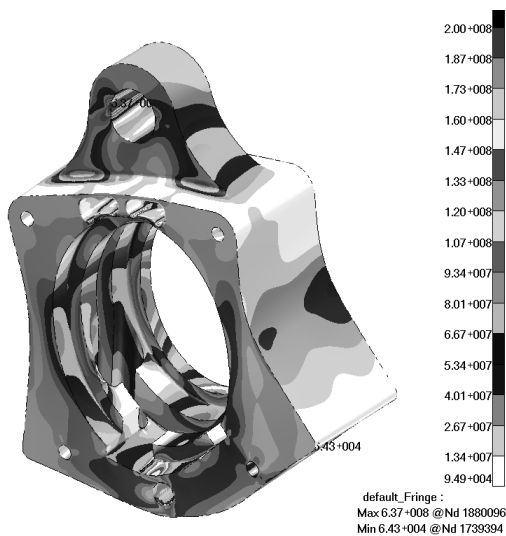


Rys.2. Model przestrzenny kadłuba nośnego wciągnika [3]

Kadłub nośny jest zespołem przenoszącym maksymalne obciążenia, jakim poddawany jest wciągnik. Konieczność przenoszenia dużych obciążeń oraz kryterium minimalizacji masy wciągnika sprawiły, że niezbędnym było przeprowadzenie analizy wytrzymałościowej konstrukcji kadłuba, weryfikującej jego stan naprężenia. Optymalizacja postaci konstrukcyjnej kadłuba pod kątem minimalizacji jego masy wymagała opracowania kilku wariantów rozwiązań, które poddano analizie wytrzymałościowej metodą elementów skończonych. Wyniki obliczeń numerycznych w postaci mapy naprężeń zredukowanych dla ostatecznego rozwiązania kadłuba nośnego pokazano na rysunku 3.

Przeprowadzone obliczenia numeryczne pozwoliły na optymalizację konstrukcji kadłuba nośnego pod kątem minimalizacji jego masy, przy jednoczesnym zachowaniu wymaganej wytrzymałości. Wyznaczone

przy użyciu MES wartości naprężeń (oraz przemieszczeń) oraz wyniki prowadzonych na bieżąco obliczeń analitycznych umożliwiły wyznaczenie przekrojów krytycznych, jakie są niezbędne dla zachowania wytrzymałości kadłuba.

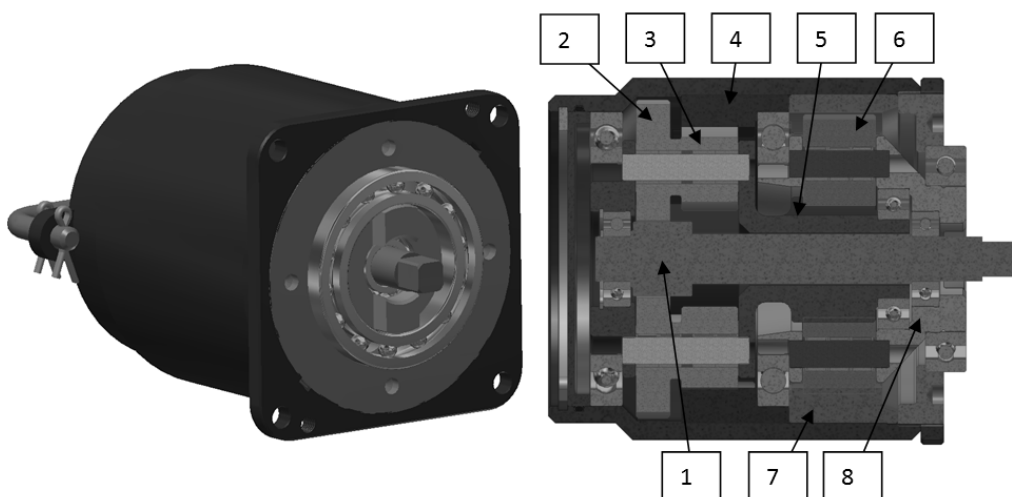


Rys.3. Mapa naprężeń zredukowanych dla kadłuba nośnego [3]

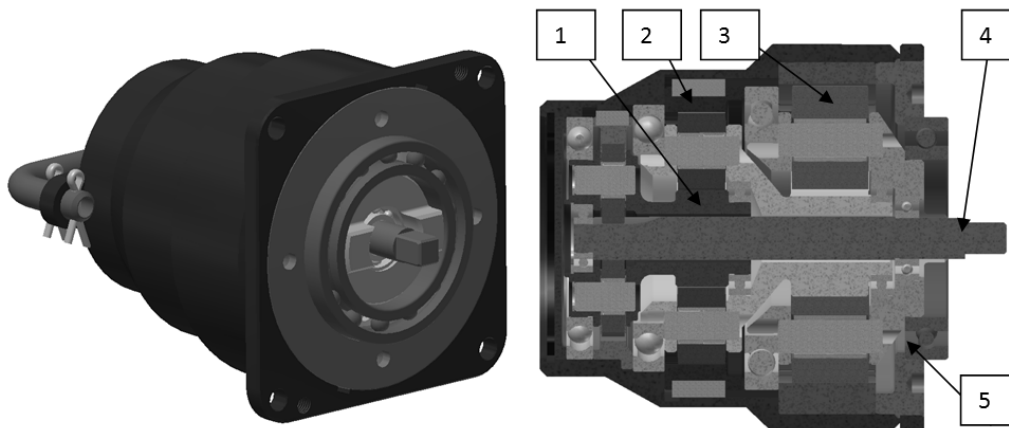
Kolejnym głównym zespołem wciągnika jest jego przekładnia. Wciągnik z napędem pneumatycznym wyposażono w trójstopniową przekładnię obiegową, a układ napędowy wciągnika hydraulicznego w dwustopniową przekładnię obiegową, z podwójnymi uzębieniami kół obiegowych na pierwszym stopniu (rys. 4).

Opracowana przekładnia złożona jest z dwóch stopni obiegowych, o przełożeniu całkowitym $i = 34,72$. Na każdym ze stopni, pomiędzy jarzmem a wieńcem zębatym o uzębieniu wewnętrznym, zabudowano po dwa koła obiegowe (satelity).

Moment obrotowy jest przekazywany z silnika napędowego na wałek zębaty przekładni (1). Następnie wałek przekazuje moment na pierwsze uzębienie kół obiegowych (2). Drugie uzębienia kół obiegowych (3) przetaczają się po wieńcu zębatym I (4). Koła obiegowe stopnia pierwszego zamocowano w jarzmie I (5), na którym nacięto zęby drugiego stopnia przedmiotowej przekładni. Moment przekazywany jest dalej na kolejne, dwa koła obiegowe (6) drugiego stopnia, toczące się po wieńcu zębatym II (7). Koła obiegowe II (6), osadzone w jarzmie II (8), nadają



Rys.4. Model przestrzenny dwustopniowej przekładni obiegowej zastosowanej we wciągniku hydraulicznym [3]



Rys.5. Model przestrzenny trójstopniowej przekładni obiegowej zastosowanej we wciągniku pneumatycznym [3]

mu moment obrotowy, który za pomocą płaskich powierzchni wykonanych na tym jarzmie (sprzęgło kłowe) przekazywany jest na koło łańcuchowe.

W budowie wciągnika z napędem pneumatycznym zastosowano trójstopniową przekładnię obiegową o całkowitym przełożeniu $i = 110,22$ (rys. 5). Na każdym ze stopni, pomiędzy jarzmem (1) a wieńcem zębatym (2), o uzębieniu wewnętrznym, zabudowano po dwa koła obiegowe (3) (satelity). Podobnie, jak ma to miejsce w przekładni wciągnika hydraulicznego, moment obrotowy z wałka (4), poprzez kolejne złożenia zębate, przekazywany jest na jarzmo zakończone sprzęgłem kłowym (5).

Proces projektowania przekładni obiegowych był wielostopniowy i aby zapewnić poprawną pracę, odpowiednią wytrzymałość oraz jak najmniejszą masę, koniecznym było spełnienie szeregu wymogów ściśle ze sobą powiązanych i w sposób bezpośredni wpływających na siebie. Przystępując do projektowania przekładni wstępnie założono jej wymiary gabarytowe, które powinny być możliwie jak najbardziej zbliżone do wielkości kołnierza kadłuba nośnego.

Kolejny warunek, jaki należało spełnić, to zapewnienie odpowiednich parametrów pracy wciągnika. Przekładnia powinna przenosić siły wywołane przez podnoszony ładunek oraz zapewniać podnoszenie ładunku z założoną prędkością. Parametry te bezpośrednio wpływają na wielkość poszczególnych zazębień stopni przekładni.

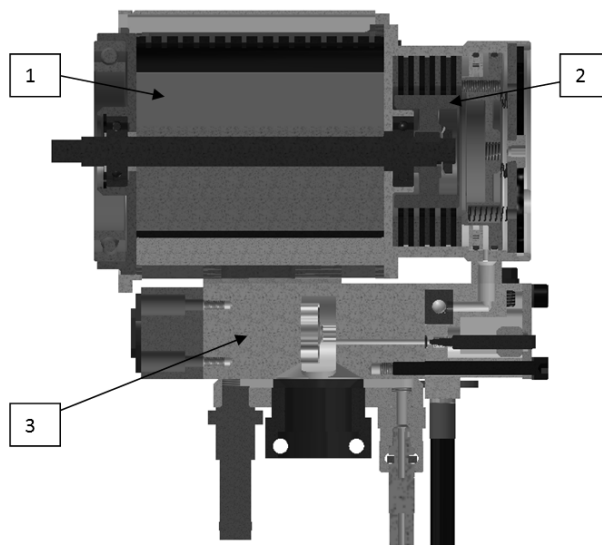
Następnym warunkiem, bez spełnienia którego projektowana przekładnia nie mogłaby funkcjonować, to warunek jej montowalności. Pomimo wyznaczenia przełożenia przekładni, a co za tym idzie modułów i liczby zębów, konieczne było sprawdzenie, czy będzie możliwe złożenie w całość poszczególnych stopni przekładni.

Z uwagi na warunek małej masy własnej przekładni, założonych wymiarów gabarytowych warunkujących jej zabudowę we wciągniku oraz założonych parametrów kinematycznych, sprawdzano wytrzymałość przekładni poprzez dopasowywanie szerokości wieńców zębatych oraz (w bardzo wąskim zakresie) korygowanie liczby zębów i liczby kół obiegowych na poszczególnych stopniach. Efektem końcowym obliczeń kinematycznych i wytrzymałościowych było opracowanie przekładni, która przenosi obciążenia pochodzące od podnoszonej masy ze współczynnikiem bezpieczeństwa większym od czterech.

W ramach projektu opracowano również rozwiązania zespołów napędowych wciągników. Co do zasady działania zespoły napędowe wciągników są podobne, jednak przewidywany sposób ich zasilania mediami roboczymi (sprężonym powietrzem oraz

olejem hydraulicznym/emulsją) spowodowały, że ich budowa okazała się znacząco różna.

Pneumatyczny zespół napędowy (rys. 6) składa się z łopatkowego silnika pneumatycznego (1), zintegrowanego z suchym hamulcem wielopłytkowym (2). Ze względu na dopasowanie zespołu napędowego do kadłuba nośnego oraz dążenie do minimalizacji masy własnej wciągnika, koniecznym było opracowanie kompleksowego rozwiązania zespołu napędowego wraz z układem doprowadzenia powietrza i układem sterowania (3) kierunkami obrotów silnika.

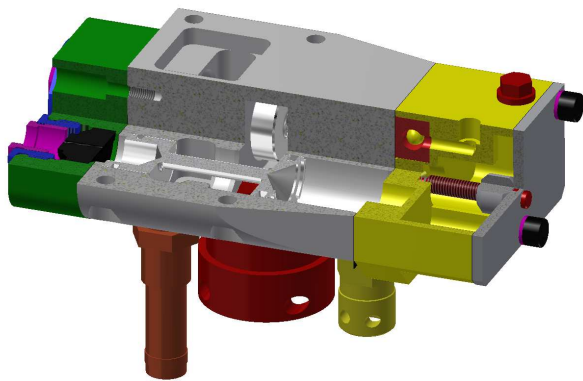


Rys.6. Pneumatyczny zespół napędowy [3]

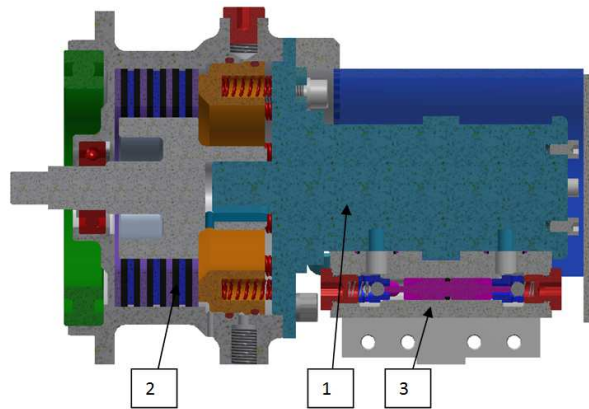
W celu zaprojektowania silnika pneumatycznego koniecznym było wykonanie szeregu obliczeń kinematycznych pozwalających na wyznaczenie pracy łopatek wirnika oraz określenie wymaganej mocy silnika.

Bezpieczną pracę wciągnika zapewnia hamulec postojowy. Analiza dostępnych na rynku rozwiązań hamulców wielopłytkowych, w odniesieniu do warunków współpracy z silnikiem pneumatycznym i kryterium minimalizacji masy zespołu napędowego, wykazała konieczność opracowania autorskiego rozwiązania hamulca. Przeprowadzone w trakcie procesu projektowania obliczenia pozwoliły na wyznaczenie parametrów technicznych hamulca spełniających warunek zastosowania w budowie pneumatycznego wciągnika łańcuchowego. Wyznaczona siła hamowania oraz układ kontroli zużycia okładzin ciernych sprawiają, że opracowane rozwiązanie hamulca pneumatycznego zapewnia bezpieczeństwo pracy całego urządzenia i uniemożliwia jego uruchomienie przy nadmiernym zużyciu okładzin.

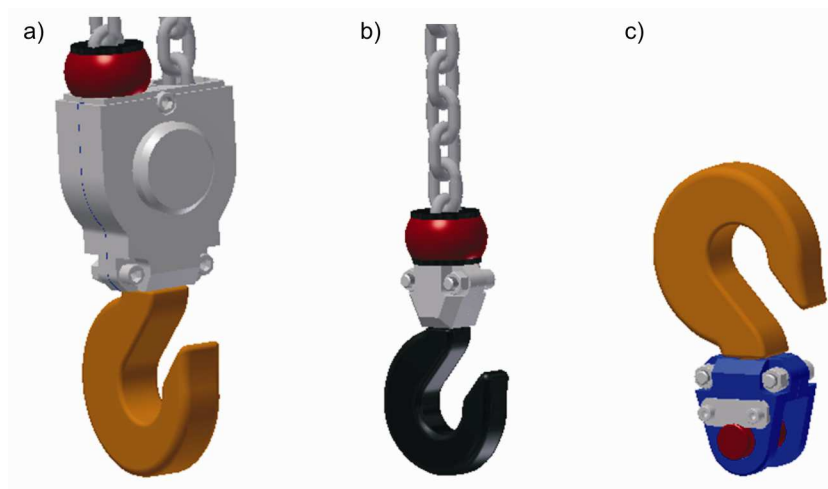
Ostatnim podzespołem zapewniającym poprawną pracę pneumatycznego zespołu napędowego jest układ doprowadzenia sprężonego powietrza do silnika i hamulca oraz sterowania kierunkami obrotów (rys. 7).



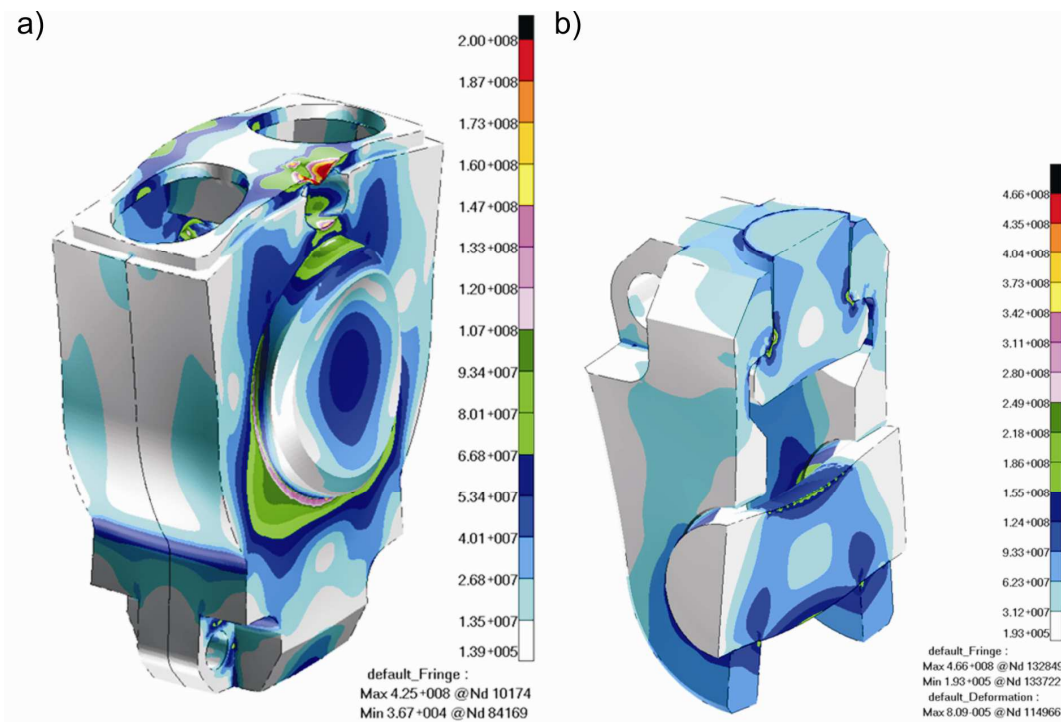
Rys.7. Zespół sterowania silnika pneumatycznego [3]



Rys.8. Zespół napędowy hydraulicznego wciągacza łańcuchowego [3]



Rys.9. Elementy nośne wciągacza; a) zblocze, b) zaczepek, c) zawiesie [3]



Rys.10. Mapa naprężeń zredukowanych dla konstrukcji: a) zblocza, b) zawiesia [3]

Zaproponowany zespół sterowania silnikiem pneumatycznym składa się z rozrządu, wewnątrz którego zabudowano tłoczki. Przerobienie tłoczka pozwala na przekierowanie strumienia sprężonego powietrza do prawej lub lewej komory silnika, a tym samym na sterowanie kierunkiem jego obrotów. Budowa rozrządu umożliwia również doprowadzenie sygnału do odhamowania hamulca. W celu zwiększenia sprawności działania silnika pneumatycznego, opracowany rozrząd umożliwia kropelkowe doprowadzenie oleju do komór zasilających silnika.

Opracowano również zespół napędowy hydraulicznego wciągnika łańcuchowego (rys. 8).

W zespole zastosowano handlowy silnik hydrauliczny (1), przystosowany do zasilania zarówno olejem hydraulicznym, jak i niskoprocentową emulsją. Silnik hydrauliczny, podobnie jak jego odpowiednik pneumatyczny, współpracuje z suchym hamulcem wielopłytkowym (2). Zasilanie silnika hydraulicznego oraz doprowadzenie sygnału na odhamowanie silnika realizowane jest za pomocą zaworów (3) zabudowanych w dolnej części silnika. Zwarta budowa zespołu napędowego pozytywnie wpłynęła na minimalizację masy wciągnika oraz jego wymiary gabarytowe.

Parametry techniczne pneumatycznego i hydraulicznego zespołu napędowego oraz opracowanych hamulców wielopłytkowych zostały zweryfikowane podczas prób stanowiskowych wciągników łańcuchowych.

Optymalizacja postaci konstrukcyjnej dotyczyła również elementów nośnych odpowiedzialnych za montaż wciągnika w miejscu pracy oraz uchwytów zabudowanych na łańcuchu (rys. 9). W czasie projektowania zbloca, zaczepu i zawiesia prowadzono obliczenia analityczne i numeryczne pozwalające na wyznaczenie geometrii, spełniającej warunki wytrzymałościowe przy możliwie małej masie własnej.

Po opracowaniu modeli przestrzennych wyżej wymienionych elementów przeprowadzono obliczenia numeryczne metodą elementów skończonych. Przykładową mapę naprężeń zredukowanych dla konstrukcji zbloca i zawiesia pokazano na rysunku 10.

Obliczenia numeryczne oraz analityczne przekrojów nośnych zbloca zaczepu i haka pozwoliły na opracowanie ostatecznej postaci geometrycznej oraz dobór materiałów spełniających warunki wytrzymałościowe.

5. Podsumowanie

Z uwagi na przewidywane miejsce eksploatacji, wciągniki łańcuchowe powinny charakteryzować się założonym udźwigiem przy możliwie dużej prędkości podnoszenia i możliwie niewielkiej masie własnej. Zagadnienie masy własnej, w przypadku wciągników łańcuchowych, nabiera szczególnego znaczenia z chwilą wystąpienia konieczności zmiany miejsca eksploatacji urządzenia. Przenoszenie urządzeń oraz instalowanie ich powinno być realizowane przy ograniczonym wysiłku ludzi.

Podstawowym założeniem, poczynionym przed przystąpieniem do realizacji projektu, było opracowanie lekkich wciągników z napędem pneumatycznym i hydraulicznym, o jak najlepszych parametrach ruchowych.

W trakcie projektowania przedmiotowych wciągników poszukiwano rozwiązań technicznych oraz materiałów pozwalających na minimalizację masy, przy zachowaniu założonych parametrów eksploatacyjnych.

Opracowane modele przestrzenne kadłuba nośnego, przekładni planetarnej oraz zespołów napędowych (pneumatycznego i hydraulicznego) pozwoliły na wyznaczenie, między innymi, parametrów ruchowych wciągników oraz ich masy.

Podjęte prace projektowe oraz analizy kinematyczne i wytrzymałościowe poszczególnych zespołów wciągników umożliwiły opracowanie ostatecznej postaci konstrukcyjnej wciągników.

Optymalizacja zespołów wciągników łańcuchowych pod kątem minimalizacji ich masy, umożliwiła wykonanie docelowych modeli przestrzennych, pozwalających, w dalszych etapach realizacji projektu, na opracowanie postaci konstrukcyjnej przedmiotowych urządzeń. Podstawowe parametry techniczne wciągników przedstawiono w tabeli 1.

Efektom końcowym prac projektowych są szczegółowe modele przestrzenne wciągników z napędem pneumatycznym i hydraulicznym (rys. 11).

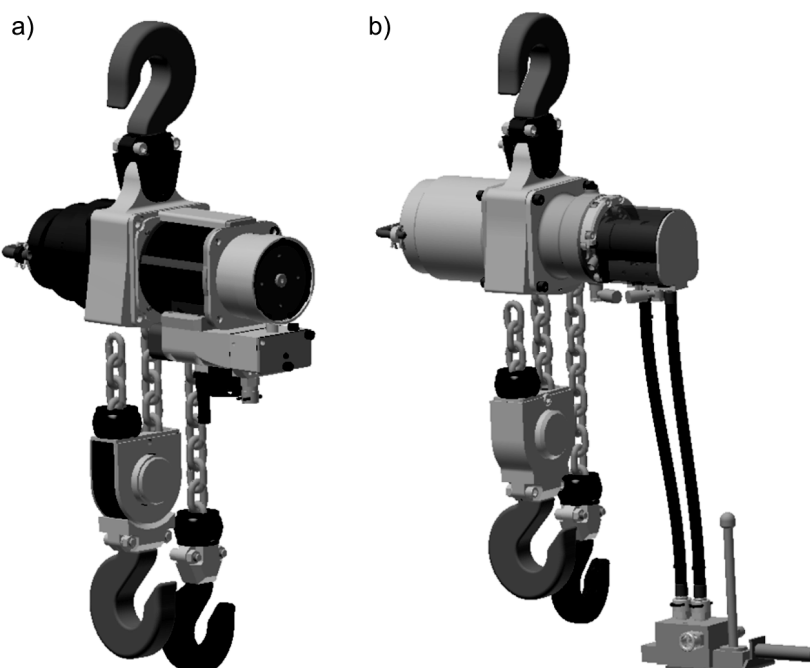
Wykonane modele pozwoliły, w dalszych etapach realizacji projektu, na opracowanie postaci konstrukcyjnej wciągników z napędem pneumatycznym i hydraulicznym. Wykorzystano je ponadto do opracowania materiałów reklamowych, promujących i upowszechniających przedmiot wdrożenia.

Zaprojektowanie innowacyjnych wciągników łańcuchowych było możliwe dzięki zastosowaniu nowoczesnego oprogramowania wspomagającego proces projektowania.

Podstawowe parametry techniczne charakteryzujące wciągniki z napędem pneumatycznym i hydraulicznym [3]

Tabela 1

Nazwa parametru	Wartość parametrów
Udźwig [kN]	30/60
Masa [kg]	60
Stosunek udźwigu do ciężaru własnego	100
Rodzaj medium zasilającego	Sprężone powietrze, emulsja wodno-olejowa, olej
Ciśnienie zasilania [MPa]	0,3÷0,7 wciągnik pneumatyczny
	16-25 wciągnik hydrauliczny
Prędkość podnoszenia (dla udźwigu 30/60kN)	6/3 m/min wciągnik pneumatyczny
	10/5 m/min wciągnik hydrauliczny



Rys.11. Modele przestrzenne wciągników łańcuchowych z napędem: a) pneumatycznym, b) hydraulicznym [3]

Literatura

1. Bałaga D., Budzyński Z., Kalita M. Prostański D.: Nowe elektryczne wciągniki łańcuchowe konstrukcji CMG KOMAG. Maszyny Górnicze 2007 nr 4(112).
2. Cebula D., Kalita M.: Innowacyjne rozwiązania ITG KOMAG w zakresie górniczych urządzeń dźwigniowych W: Innowacyjne Techniki i Technologie dla Górnictwa, Bezpieczeństwo – Efektywność - Niezawodność KOMTECH, ITG KOMAG Gliwice 2013, str. 257-266.
3. Raport końcowy z realizacji projektu celowego nr III-144/P-157/2012/P ROW-III-238/2012 ITG KOMAG Gliwice 2013 (materiały nie publikowane).
4. Nowe rozwiązania pneumatycznych i hydraulicznych wciągników łańcuchowych. W: Nowoczesne Metody Eksploatacji Węgla i Skał Zwięzłych, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 2013 s. 242-250.
5. Klich A.: Maszyny i urządzenia dla inżynierii budownictwa podziemnego: wyrobiska korytarzowe i szybowe w górnictwie: praca zbiorowa. Wydaw. Nauk. „Śląsk”, Katowice, 1999

Artykuł wpłynął do redakcji w lutym 2014 r.

mgr inż. Tomasz KAMIŃSKI
mgr inż. Krzysztof LESIAK
mgr inż. Łukasz ORZECH
mgr inż. Marcin TALAREK
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Rozwój metod badawczych związanych z Dyrektywą ATEX w Laboratorium Badań Stosowanych

Streszczenie

W artykule przedstawiono nowe metody badawcze związane z Dyrektywą ATEX wdrożone do stosowania w Laboratorium Badań Stosowanych. Przedstawiono możliwości badawcze nowo zakupionego wyposażenia i stanowisk badawczych. Zaprezentowano wyniki badań rozkładu potencjału powierzchniowego po wystąpieniu wyładowania z powierzchni materiałów nieprzewodzących. Zaprezentowano przebieg wybuchu mieszaniny metanowo-powietrznej podczas badań małych elementów. Opiszano stanowisko do badań osłon ognioszczelnych „d” i zaprezentowano zarejestrowany przebieg zmian ciśnienia podczas wybuchu podstawowych mieszanin gazowych stosowanych w badaniach.

Słowa kluczowe: zaplecze naukowo-badawcze, powierzchniowy, osłony ognioszczelne.

Keywords: testing infrastructure, ATEX, electrostatic discharge, surface potential, fire-proof shields

Summary

New testing methods associated with ATEX Directive implemented in the Laboratory of Applied Tests are presented. Testing potential of newly purchased equipment and tests stands is given. The results of testing the distribution of surface potential after discharge from non-conducting materials are presented. Process of explosion of methane-air mixture during testing of small components is given. Stand for testing the “d” fireproof shields is described and the recorded curve of pressure changes during explosion of tested main flammable gases is shown.

ATEX, wyładowanie elektrostatyczne, potencjał

1. Wprowadzenie

Laboratorium Badań Stosowanych powstało w 2001 roku poprzez wydzielenie grupy specjalistów Zakładu Techniki Pomiarowej. Początkowo celem Laboratorium było rozwinięcie zaplecza badawczego na potrzeby realizacji prac naukowo-badawczych w obszarze procesów mechanicznych i badań na potrzeby certyfikacji wyrobów oraz związanych z nimi badań bezpieczeństwa pracy, a także ochrony środowiska naturalnego.

Główny nurt badawczy stanowiły pomiary parametrów mechanicznych związanych z pracą maszyn i urządzeń stosowanych w górnictwie. Z czasem zakres prac badawczych był systematycznie rozszerzany o badania parametrów energoelektronicznych systemów napędowych, badania wibroakustyczne, elektryczne jak również badania doświadczalne innowacyjnych technik stosowanych w przemyśle wydobywczym.

Obecnie Laboratorium Badań Stosowanych posiada elastyczny zakres akredytacji nr AB 665, Wydany przez Polskie Centrum Akredytacji, krajową jednostkę upoważnioną na podstawie ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności.

Zakres akredytacji obejmuje badania urządzeń elektrycznych przeznaczonych do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (Dyrektywa ATEX), w tym badania osłon ognioszczelnych, badania iskrobezpieczeństwa obwodów elektrycznych, wielkości elektrostatycznych, stopnia ochrony obudowy (Kod IP), badania temperaturowe (w tym termowizyjne) oraz badania środowiskowe i testy klimatyczne, badania wibroakustyczne, pomiar wielkości elektrycznych i mechanicznych urządzeń przeznaczonych do stosowania w górnictwie, a także badania układów napędowych na dwóch stanowiskach hamowni.

2. Rozwój potencjału badawczego

Mając na uwadze stały rozwój swojej oferty Laboratorium Badań Stosowanych systematycznie rozwija posiadany potencjał badawczy, korzystając z dotacji aparaturowych, a także inwestując środki własne Instytutu. Rozwój infrastruktury badawczej pozwala utrzymywać wysokie kompetencje w zakresie realizowanych badań, a także nadążać za ciągle rosnącymi potrzebami klientów. Rozwój Laboratorium w tym zakresie został szczegółowo opisany w artykułach [1, 2]. Na rysunku 1 zaprezentowano

komorę klimatyczną do badań odporności na narażenia klimatyczne oraz komorę do badań pyłoszczelności (Kod IP). Komora do badań pyłoszczelności jest największą cywilną komorą do tego typu badań w Polsce.



Rys.1. Komora do badań klimatycznych (pierwszy plan) oraz komora pyłowa do badania stopnia ochrony obudowy (Kod IP) [11]

Znaczący krok na drodze rozwoju infrastruktury badawczej został poczyniony w latach 2012÷2013. Było to możliwe dzięki pozyskaniu wsparcia finansowego w następującej postaci:

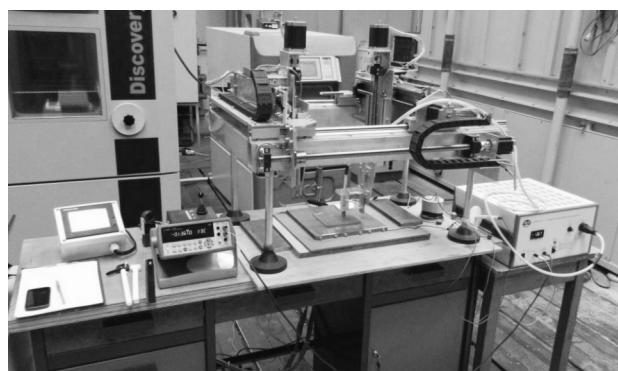
- projektu „Rozbudowa Laboratoriów Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach celem prowadzenia badań na rzecz bezpieczeństwa użytkowania wyrobów”. Projekt zrealizowano w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego – Działanie 1.3 „Transfer technologii i innowacji” Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007-2013,
- dotacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na finansowanie kosztów realizacji inwestycji w zakresie aparatury naukowej pn. „Aparatura do badań zjawisk wyładowań elektrostatycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem”.

3. Badania zjawiska wyładowań elektryczności statycznej

Laboratorium Badań Stosowanych realizuje badania rezystancji powierzchniowej oraz przeniesionego ładunku materiałów nieprzewodzących, służących ocenie bezpieczeństwa stosowania materiałów w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Badania prowadzone są zgodnie z wymaganiami norm PN-EN 60079-0:2009 [3] oraz PN-EN 13463-1:2010 [4]. Niezależnie od badań na potrzeby certyfikacji wyrobów prowadzone są badania o charakterze naukowym, które pozwalają lepiej zrozumieć oraz ocenić efekt oddziaływania zjawiska wyładowania elektrostatycznego z powierzchni materiałów nieprzewodzących.

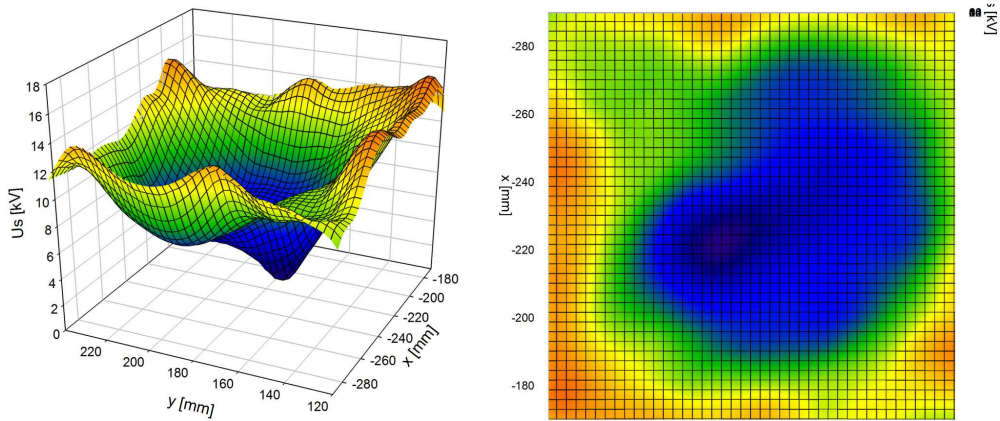
Wyładowania elektrostatyczne z powierzchni materiałów nieprzewodzących mają charakter wyładowań elektrostatycznych snopiastych. Istotną cechą tego typu wyładowań jest fakt, iż nie cały ładunek z powierzchni materiału nieprzewodzącego zostaje przeniesiony w trakcie wyładowania. Ładunek podczas wystąpienia wyładowania zostaje „zebrany” z pewnej, ograniczonej powierzchni. Jednym z celów prowadzonych badań naukowych jest ocena wpływu kształtu zmian potencjału powierzchniowego na zapalność wyładowania. Prowadzone są również prace zmierzające do opracowania modelu matematycznego służącego do obliczenia energii uwolnionej w trakcie wyładowania. Wyniki badań pilotażowych w tym zakresie, prowadzonych na stanowisku badawczym w Politechnice Wrocławskiej, zostały opublikowane w [5].

Na rysunku 2 zaprezentowano stanowisko do badań rozkładu potencjału powierzchniowego, na które składa się „skaner potencjału” oraz miernik pola elektrostatycznego o zakresie pomiarowym ± 20 kV. Stanowisko pozwala na pomiar mapy gęstości powierzchniowej ładunku na próbce. Przykładowe wyniki pomiarów zaprezentowano na rysunkach 3 i 4 [6].

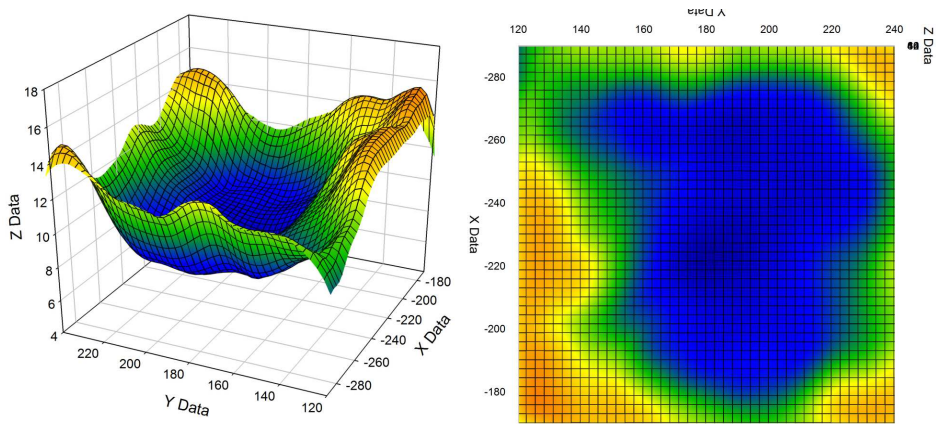


Rys.2. Stanowisko badawcze do badań rozkładu potencjału powierzchniowego [11]

W ramach dotacji aparaturowej Laboratorium doposażono również w inne wyposażenie pomiarowo-badawcze, pozwalające na prowadzenie prac o charakterze badawczo-rozwojowym w szerszym zakresie, takie jak: komora klimatyczna, rejestrator danych pomiarowych o wysokich częstotliwościach próbkowania, symulator wyładowań elektrostatycznych, woltomierz elektrostatyczny oraz komora do prowadzenia badań wybuchowości mieszanin gazowych wraz z systemem przygotowania i dystrybucji mieszanin gazowych. Widok komory do badań wybuchowości mieszanin gazowych zaprezentowano na rysunku 5.



Rys.3. Zmierzony potencjał powierzchniowy po wystąpieniu wyładowania $Q = 170 \text{ nC}$ na próbce materiału nieprzewodzącego [6]



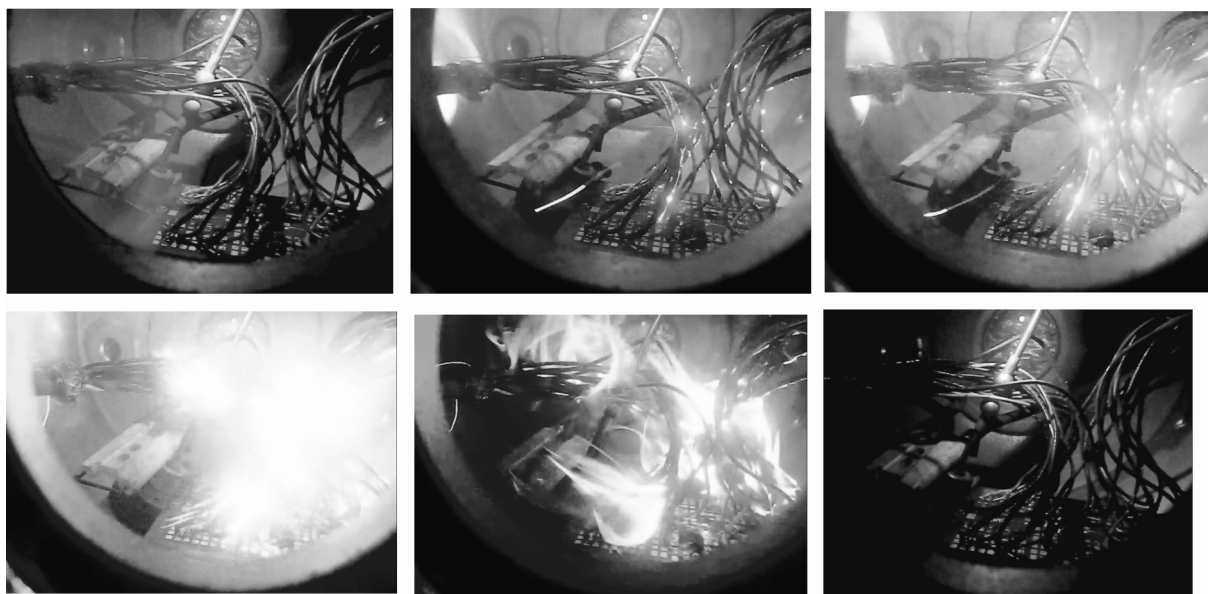
Rys.4. Zmierzony potencjał powierzchniowy po wystąpieniu wyładowania $Q = 230 \text{ nC}$ na próbce materiału nieprzewodzącego [6]



Rys.5. Komora do prowadzenia badań wybuchowości mieszanin gazowych [11]



Rys.6. Komora klimatyczna [11]



Rys.7. Zapłon mieszaniny metanowo-powietrznej podczas badania możliwości zapalenia przez małe elementy [7]

Na rysunku 6 zaprezentowano zapłon mieszaniny metanowo-powietrznej podczas badania możliwości zapalenia przez małe elementy zgodnie z normą PN-EN 60079-0:2009 [7]. Badania zostały przeprowadzone przy użyciu komory do prowadzenia badań wybuchowości mieszanin gazowych.

4. Badania osłon ognioszczelnych „d” zgodnie z PN-EN 60079-1:2010

Osłony ognioszczelne typu „d” to osłony, w których wewnątrz umieszczone są elementy mogące wywołać zapłon atmosfery wybuchowej i które zapobiegają przeniesieniu się wybuchu do atmosfery wybuchowej je otaczającej. Wspomniana osłona ognioszczelna zapobiega przed wydostaniem się wybuchu z jej wnętrza. Wymagania jakie stawiane są tego typu osłonom znajdują się w normie PN-EN 60079-1:2010 [8]. Norma podaje również zakres badań, jaki należy przeprowadzić celem weryfikacji ognioszczelności osłony. Najważniejsze z tych badań, które wymagają posiadania komory wybuchowej, obejmują:

- badanie wytrzymałości osłony na ciśnienie, pkt. 15.1 normy [8],
- próbę nieprzeniesienia się wewnętrznego wybuchu, pkt. 15.2 normy [8].

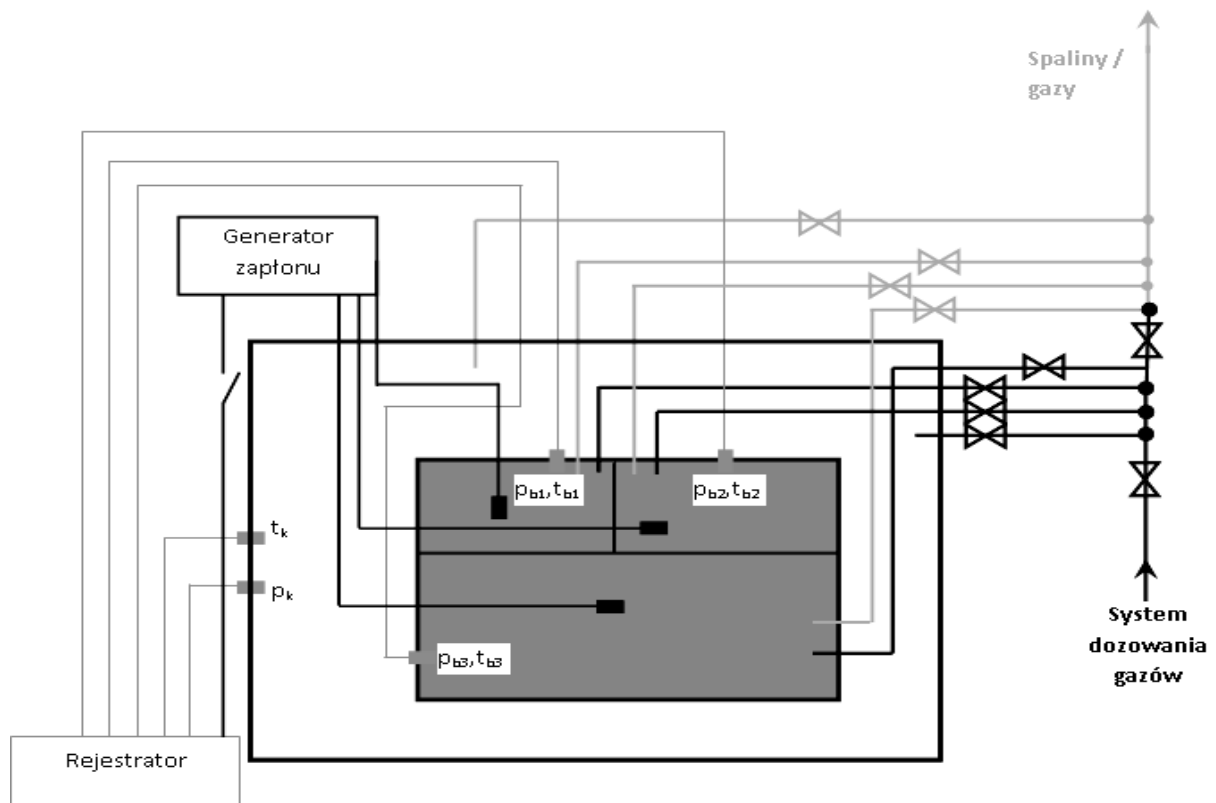
Celem badania wytrzymałości osłony na ciśnienie jest sprawdzenie wytrzymałości osłony na ciśnienie wywołane wewnętrznym wybuchem. Wyniki badań uważa się za zadowalające, jeżeli osłona nie uległa trwałym odkształceniom lub uszkodzeniom naruszającym rodzaj budowy przeciwwybuchowej. Ponadto, prześwity złączy ognioszczelnych nie powinny w żadnym miejscu ulec trwałemu powiększeniu. W pierwszym etapie badania należy

określić ciśnienie wybuchu, tzw. ciśnienie odniesienia. Ciśnienie odniesienia wyznacza się prowadząc badania z wykorzystaniem komory wybuchowej wraz z systemem pomiaru ciśnienia. Próba nieprzeniesienia się wewnętrznego wybuchu stanowi rzeczywistą weryfikację, czy wybuch wywołany w osłonie badanej nie przeniesie się do otaczającej atmosfery [6].

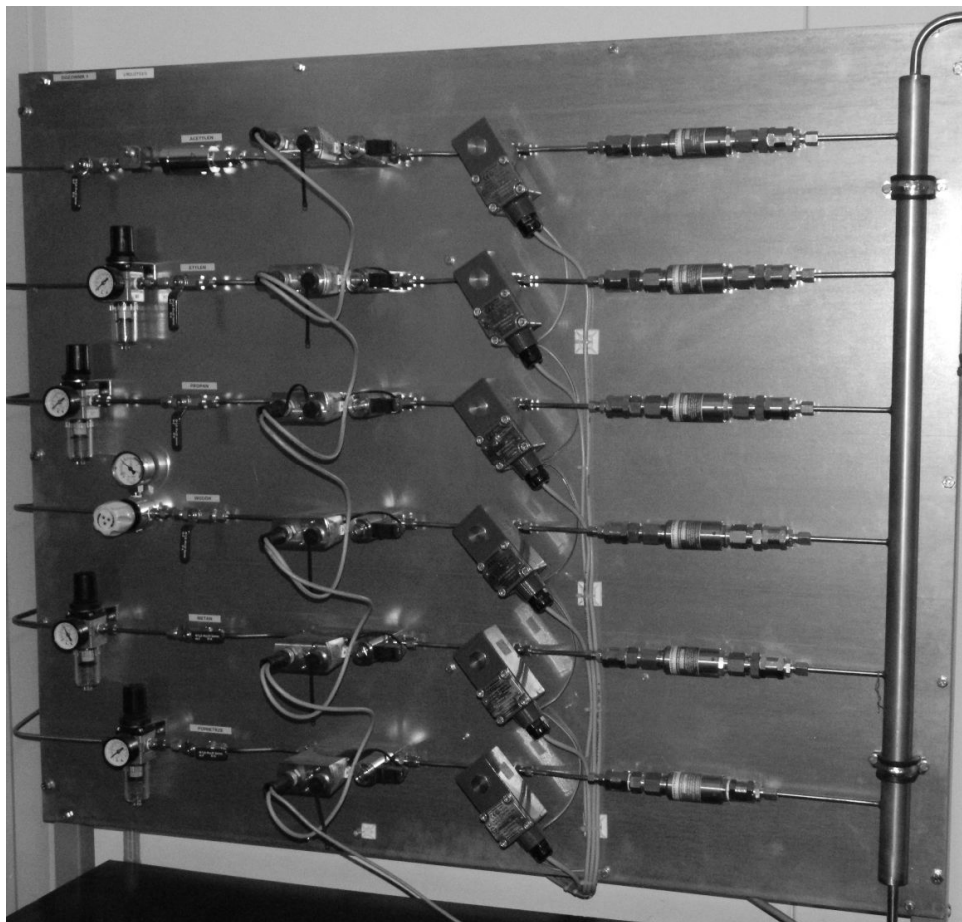
W 2013 r., zbudowano w Laboratorium Badań Stosowanych KOMAG-u stanowisko umożliwiające badanie osłon jedno, dwu i trójkomorowych. Składa się ono z komory badawczej, z zamontowanymi przetwornikami ciśnienia, temperatury, generatora zapłonu, systemu dozowania i odprowadzania gazów oraz urządzeniem do rejestracji mierzonych parametrów. Na rysunku 7 przedstawiono schemat stanowiska badawczego. Na rysunku 8 zaprezentowano tablicę mieszalnika gazów [9]. Komora badawcza Laboratorium pozwala na prowadzenie prób nieprzeniesienia się wybuchu obiektów badanych o największych wymiarach wynoszących 0,9 m x 0,55 m x 1,9 m.

Norma PN-EN 60079-1:2010 [8] precyzuje skład mieszanek gazowych, przy jakich należy przeprowadzać badanie nieprzeniesienia się wybuchu z osłony badanej do otaczającej atmosfery wybuchowej. Na rysunkach 9 i 10 zaprezentowano zarejestrowane przebiegi ciśnienia podczas wybuchu mieszanin gazowych dla przypadku mieszaniny metanu z powietrzem oraz wodoru z powietrzem [10].

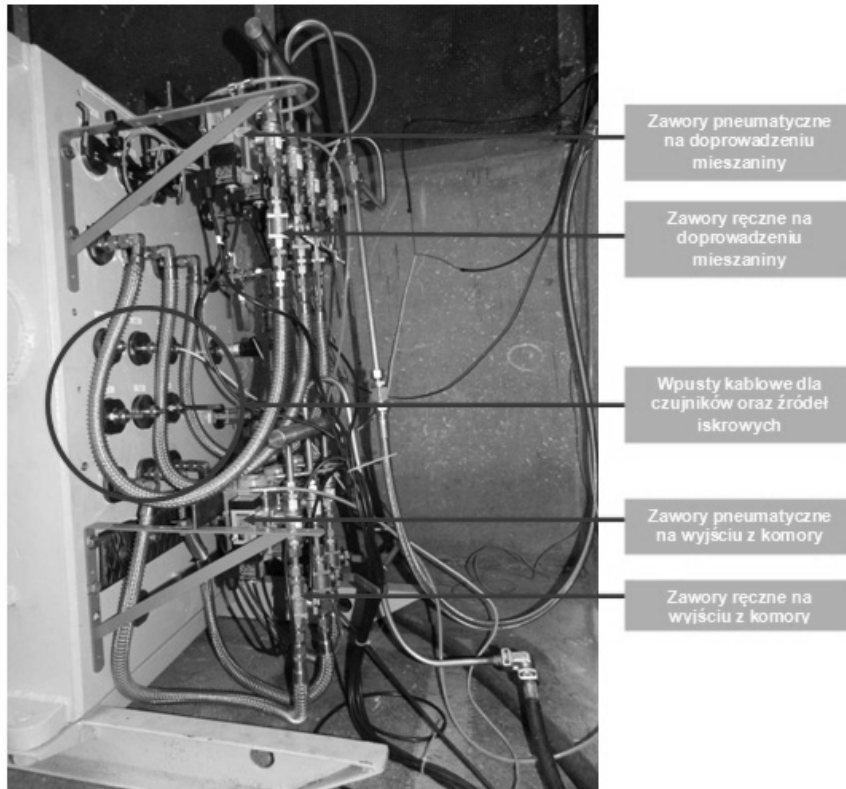
Warto w tym miejscu podkreślić, że Laboratorium Badań Stosowanych posiada akredytację na badania osłon ognioszczelnych zgodnie z normą PN-EN 60079-1:2010 [8] (zakres akredytacji nr AB 665), co w pełni gwarantuje uznawalność wyników przez Jednostki certyfikujące wyroby.



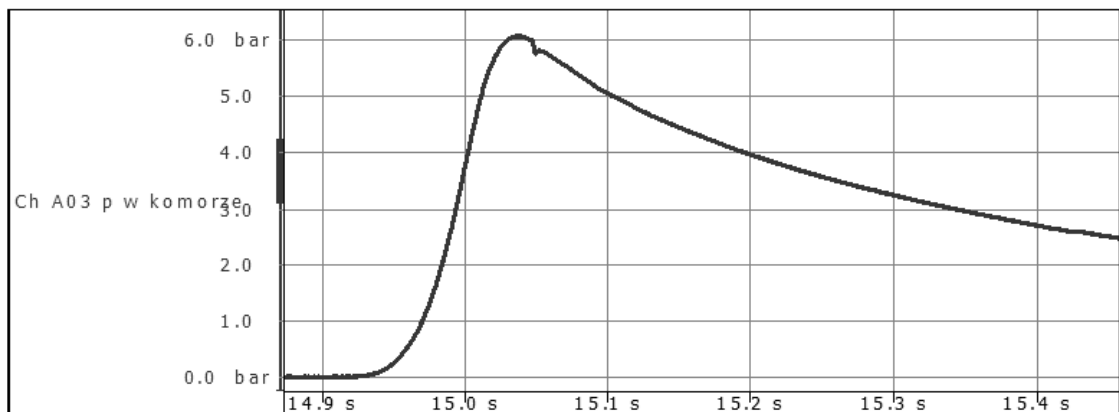
Rys.8. Schemat stanowiska do badań osłon ognioszczelnych [6]



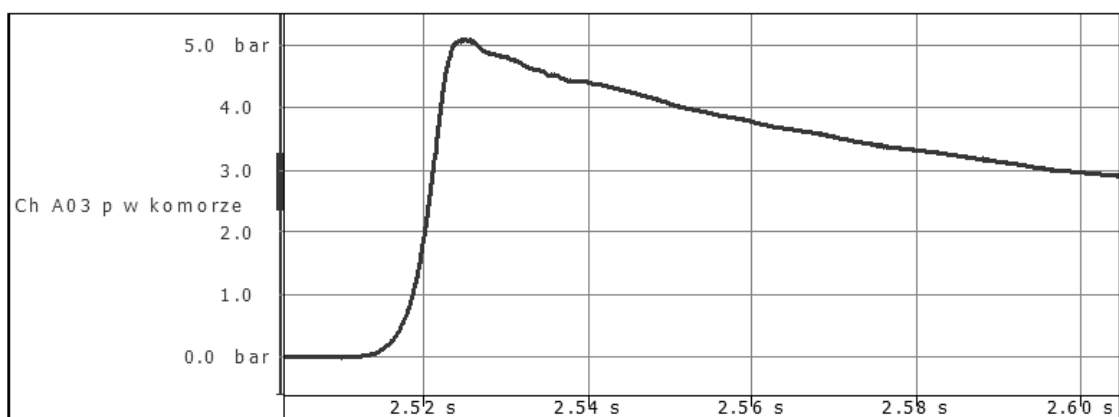
Rys.9. Tablica mieszalnika gazów [11]



Rys.10. Tablica mieszalnika gazów [11]



Rys.11. Przebieg czasowy ciśnienia wybuchu dla mieszanki 9,8% metanu z powietrzem [10]



Rys.12. Przebieg czasowy ciśnienia wybuchu dla mieszanki 31% wodoru z powietrzem [10]

5. Podsumowanie

Systematyczne inwestowanie w rozwój infrastruktury badawczej pozwala Laboratorium Badań Stosowanych realizować prowadzone badania w sposób kompetentny i rzetelny, co ma kardynalne znaczenie przy badaniach związanych z bezpieczeństwem pracy ludzi w strefach zagrożonych wybuchem. Ciągły rozwój pozwala również nadążać za stale zmieniającymi się wymaganiami rynku.

Laboratorium posiada szeroki zakres akredytacji w postaci zakresu elastycznego, obejmujący badania na zgodność z Dyrektywami: ATEX i Maszynową, badania środowiskowe i testy klimatyczne, pomiary wielkości mechanicznych i elektrycznych maszyn i urządzeń stosowanych w szeroko rozumianym przemyśle oraz badania systemów napędowych z wykorzystaniem hamowni. W zakresie bezpieczeństwa związanego ze zjawiskiem elektryczności statycznej prowadzone są prace naukowe, których rezultaty są prezentowane podczas konferencji krajowych i międzynarodowych, a także upowszechniane przez publikacje w czasopismach naukowych.

Działania zespołu Laboratorium Badań Stosowanych, zgodnie z misją KOMAG-u, są ukierunkowane na innowacyjne rozwiązania w celu prowadzenia nowatorskich prac badawczo-rozwojowych oraz odbiorczych, co gwarantuje Instytutowi satysfakcję i uznanie Klienta. Dotychczasowe doświadczenie, osiągnięcia i pozycja na rynku, jaką cieszy się obecnie Laboratorium Badań Stosowanych, pozwala na stwierdzenie, że badania prowadzone nieustannie cieszą się dobrą renomą.

Literatura

1. Orzech Ł., Talarek M., Niedworok A.: Możliwości badawcze Laboratorium Badań Stosowanych. *Maszyny Górnicze* 2010, nr 3-4, s. 24-30.

2. Kozieł A., Gryniewicz-Bylina B., Madejczyk W., Orzech Ł.: Rozwój zaplecza badawczego Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. *Maszyny Górnicze* 2013, nr 2, s. 19-29.
3. PN-EN 60079-0:2009 Atmosfery wybuchowe. Część 0: Sprzęt. Podstawowe wymagania.
4. PN-EN 13463-1:2010 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 1: Podstawowe założenia i wymagania.
5. Talarek M.: Badania rozkładu potencjału elektrostatycznego na powierzchni dielektryków stałych. *Maszyny Górnicze* 2012, nr 2, s. 22-26.
6. Talarek M.: Badania energii wyładowań elektrostatycznych z powierzchni materiałów nieprzewodzących pod kątem oceny ich zapalności. ITG KOMAG Gliwice 2013 (materiały nie publikowane).
7. Kamiński T.: Badanie możliwości zapalenia przez małe elementy, montaż powierzchniowy. ITG KOMAG Gliwice 2013 (materiały nie publikowane).
8. PN-EN 60079-1:2010 Atmosfery wybuchowe. Część 1: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą osłon ognioszczelnych „d”.
9. Lesiak K. i in.: Przygotowanie średniej komory wybuchowej do celów badawczych. ITG KOMAG Gliwice 2013 (materiały nie publikowane).
10. Lesiak K.: Przeprowadzenie prób wybuchu przy różnym sprężeniu podstawowych mieszanin gazowych i w różnych temperaturach. ITG KOMAG Gliwice 2013 (materiały nie publikowane).
11. Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG.

Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2014 r.

Badania skuteczności tłumienia wybuchów metanu

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki prac badawczych nad ograniczeniem i niedopuszczeniem do rozprzestrzeniania się wybuchu metanu, z zastosowaniem układu tłumienia i wykorzystaniem wysokociśnieniowych gaśnic. Badania prowadzono w naziemnej sztolni doświadczalnej oraz w podziemnym chodniku badawczym. W układzie tłumienia wybuchu wykorzystano gaśnicę o objętości 10 dm^3 napełnioną proszkiem gaśniczym, której postać konstrukcyjną zweryfikowano podczas badań laboratoryjnych, prowadzonych w komorach o pojemnościach $1,3 \text{ m}^3$ i 10 m^3 . Badania układu tłumienia wybuchu miały na celu określenie możliwości zatrzymywania procesu spalania mieszaniny metanowo-powietrznej i wybuchu w jej początkowym stadium rozwoju, poprzez ograniczenie ciśnienia wybuchu do bezpiecznego poziomu.

Słowa kluczowe: projekt europejski, wybuch metanu, wysokociśnieniowa gaśnica, układ tłumienia wybuchu, badania doświadczalne.

Keywords: European project, methane explosion, high-pressure extinguisher, explosion suppressing system, experimental tests.

Summary

Research projects on suppressing methane explosion and prevention against its propagation using the suppressing system with high-pressure extinguishers. The tests were carried out in the experimental adit on the surface and in testing underground mine working. Fire extinguisher of capacity 10 dm^3 filled with extinguishing powder was used in the explosion suppressing system. Its design was verified during test in explosion chambers of capacities 1.3 m^3 and 10 m^3 . The tests of explosion suppressing system were carried out to determine the possibility of stopping the process of burning the methane-air mixture at its initial stage to avoid explosion by limiting explosion pressure to the safety level.

1. Wstęp

Wydobywaniu węgla kamiennego towarzyszy zawsze wytwarzanie pyłu węglowego, a bardzo często towarzyszy wydzielanie metanu. Jeśli dojdzie do zapłonu i wybuchu metanu może też dojść – w niesprzyjających okolicznościach – do wzniesienia osiadłego pyłu węglowego w obłok i do jego wybuchu, który może rozprzestrzeniać się w podziemnych wyrobiskach powodując tragiczne skutki.

W chwili obecnej, według posiadanej wiedzy, nie ma rozwiązań technicznych, które w bezpieczny sposób ograniczałyby lub eliminowały skutki zapłonu metanu w taki sposób, by nie doszło do jego wybuchu.

Stosowane w kopalniach pasywne zapory przeciwybuchowe są instalowane w odległości od 60 do 200 m od miejsca możliwego zapoczątkowania wybuchu, a ich zasięg oddziaływania i skuteczność działania zależą od powstałej w czasie wybuchu fali uderzeniowej [3]. Ich zadaniem jest przeciwdziałanie propagacji wybuchu pyłu węglowego. Ograniczenie możliwości inicjacji wybuchu, poprzez ograniczenie możliwości przejścia fazy zapłonu metanu w wybuch metanu oraz w wybuch pyłu węglowego, wymaga zastosowania niekonwencjonalnych rozwiązań.

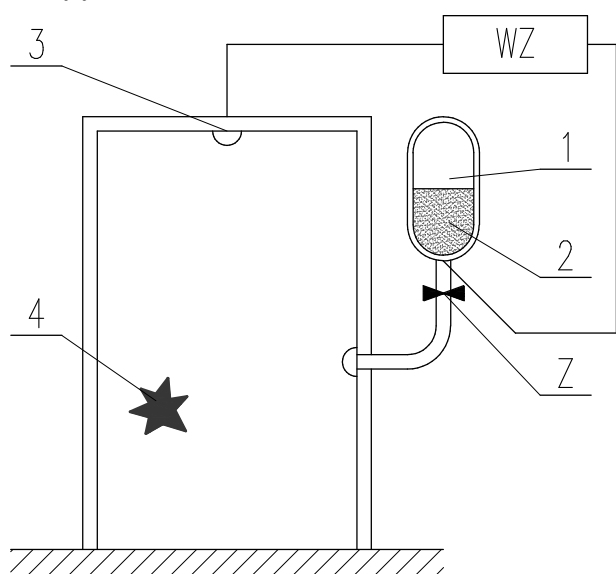
Najbardziej skutecznym sposobem zapobiegania zniszczeniom obiektów przemysłowych i zagrożeniom życia pracowników jest tłumienie wybuchów wewnątrz instalacji lub w zamkniętej przestrzeni, i tym samym ograniczenie zniszczeń tylko do niewielkiej części całej instalacji. Zadanie to spełniają automatyczne systemy tłumienia wybuchów. Działanie tych systemów polega na jak najszybszym wykryciu rozwijającego się wybuchu i natychmiastowym jego wytłumieniu. Może to nastąpić poprzez gwałtowne wytworzenie, w chronionym obszarze, jednorodnej gaszącej mieszaniny pyłowo-powietrznej.

Obecnie, poza górnictwem, stosuje się różne rozwiązania automatycznych układów tłumienia wybuchów, które wykorzystują:

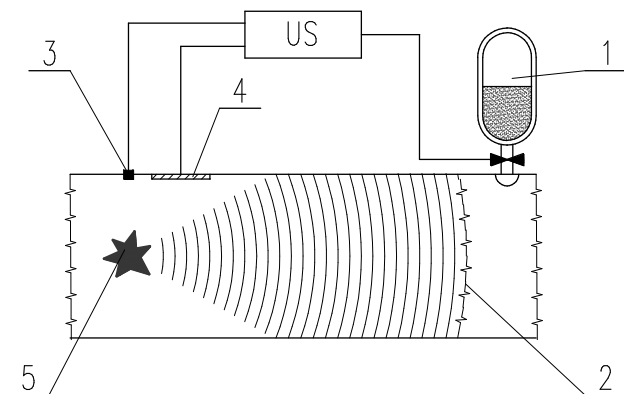
- zasobnik mocowany wewnątrz chronionego obiektu, wypełniony środkiem gaśniczym, z umieszczonym wewnątrz detonatorem. Wybuch detonatora powoduje rozerwanie powłoki zasobnika i rozproszenie środka gaśniczego w całej objętości chronionego zbiornika;
- butlę wypełnioną środkiem gaśniczym i sprężonym gazem, np. azotem, z zaworem otwieranym sygnałem z detektora;

- pojemnik z materiałem gaśniczym rozpylanym w przestrzeni chronionej za pomocą gazów, wytworzonych przed otwarciem membrany.

Schemat automatycznego systemu tłumienia wybuchów został przedstawiony na rysunku 1. System jest aktywowany przez sygnał z czujnika ciśnienia. Inicjacji wybuchu towarzyszy powstawanie fali ciśnieniowej, która przemieszcza się z prędkością dużo większą niż front płomienia (wyjątek stanowi detonacja), a więc fala ciśnieniowa dotrze do czujnika znacznie wcześniej niż front płomienia. Czujnik ciśnienia generuje sygnał, który uruchamia system tłumiący.



Rys.1. Schemat automatycznego systemu tłumienia wybuchu (1 - sprężony gaz; 2 - proszek gaśniczy; 3 - czujnik ciśnienia; 4 - zapłon; Z - zawór; WZ - wzmacniacz) [źródło: opracowanie własne]

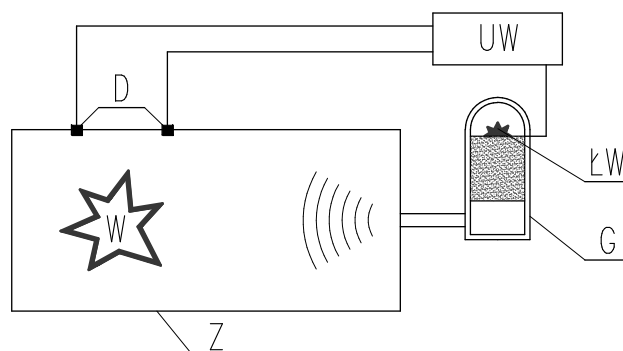


Rys.2. Schemat integralnego, dwu-sygnałowego systemu tłumienia wybuchu (1 - sprężony azot; 2 - front płomienia; 3 - czujnik ciśnienia; 4 - ogniwo fotowoltaiczne; 5 - zapłon; US - układ sterowania) [źródło: opracowanie własne]

Na rysunku 2 przedstawiono opracowany w Bureau of Mines (USA), dwu-sygnałowy, aktywny system tłumienia wybuchów. System jest aktywowany przez dwa sygnały: jeden z czujnika ciśnienia, a drugi z ogniwa słonecznego reagującego na płomień. Dzięki temu, że aktywacja systemu wymaga jednocześnie

dwóch sygnałów, jest on dobrze zabezpieczony przed przypadkowym uruchomieniem.

Na rysunku 3 przedstawiono schemat aktywnego układu tłumienia wybuchu, który został przyjęty do realizacji w prowadzonych w KOMAG-u pracach badawczych nad zabezpieczeniem urządzeń odpylających [5]. Wykorzystana w tym urządzeniu technika tłumienia wiąże się z aktywnym oddziaływaniem na wybuch pyłu i pozwala na jego zgaszenie zanim zdąży się on rozwinąć do tego stopnia, aby stworzyć zagrożenie.



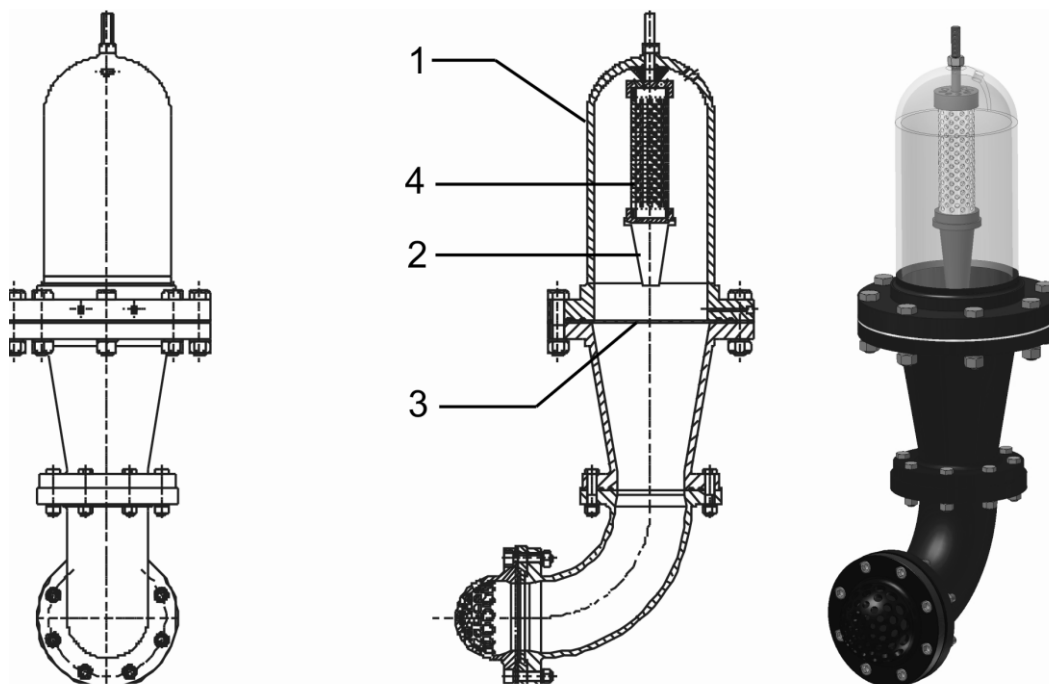
Rys.3. Schemat działania aktywnego układu tłumienia wybuchu (UW - układ wyzwalający; D - detektor; W - wybuch; Z - zbiornik; G - gaśnica; ŁW - ładunek wybuchowy) [źródło: opracowanie własne]

W chwili wykrycia wybuchu detektor wysyła sygnał do jednostki sterującej, która dokonuje zapłonu ładunku wybuchowego znajdującego się w gaśnicy. Wybuchowe spalanie ładunku prochowego powoduje gwałtowny wzrost ciśnienia w gaśnicy, w wyniku czego następuje rozerwanie membrany oraz wypchnięcie materiału tłumiącego ze zbiornika i rozpylenie go w chronionej objętości.

Przedstawione na rysunku 3 rozwiązanie zostało również wykorzystane w badaniach skuteczności tłumienia wybuchu metanu z zastosowaniem wysokociśnieniowej gaśnicy o pojemności 10 dm³. Wykonane testy laboratoryjne pojedynczej gaśnicy wykazały, że skuteczne tłumienie wybuchu metanu jest możliwe jedynie w początkowej jego fazie. Czas trwania typowego wybuchu metanu wewnątrz zbiornika o objętości około jednego metra sześciennego wynosi kilkadziesiąt milisekund. Wybuch powinien być zatem stłumiony w czasie kilkunastu milisekund, od momentu jego zainicjowania, gdyż w przeciwnym przypadku może dojść do nadmiernego wzrostu ciśnienia w jego wnętrzu. Aby spełnić to wymaganie, środek gaśniczy powinien zostać rozpylony z prędkością około 100 m/s [2].

2. Budowa wysokociśnieniowej gaśnicy

Wysokociśnieniowa gaśnica (rys. 4) jest zasadniczym elementem układu tłumienia wybuchu metanu. Zadaniem gaśnicy jest zatrzymanie procesu spalania metanu w początkowym stadium rozwoju wybuchu i ograniczenie wzrostu ciśnienia wybuchu do bezpiecznego poziomu.



Rys.4. Wysokociśnieniowa gaśnica - podstawowy zespół układu tłumienia wybuchu [2]

Parametry techniczne wysokociśnieniowej gaśnicy o objętości 10 dm³ [2]

Tabela 1

Parametr	Wartość
Rodzaj materiału wybuchowego	ładunek prochowy P-200; 3 spłonki chemiczne o energii 5 kJ
Zakres wymaganego ciśnienia w gaśnicy	12÷18 MPa
Wymagany całkowity czas opróżniania gaśnicy z proszku	do 25 ms
Rodzaj membrany	blacha aluminiowa
Rodzaj i masa proszku gaśniczego	NaHCO ₃ ; 3,3 kg
Masa gaśnicy	ok. 100 kg

Gaśnica została wyposażona w pojemnik (1) zawierający materiał gaśniczy i posiada wewnątrz specjalną instalację (2), której zadaniem jest wyrzucenie w możliwie najkrótszym czasie całej masy materiału gaśniczego i rozpylenie go wewnątrz chronionej przestrzeni. W tym celu zastosowano ładunek wybuchowy (4), którego zadaniem jest rozerwanie membrany (3) oddzielającej zbiornik od obszaru chronionego.

3. Budowa układu tłumienia wybuchu metanu

W oparciu o pozytywne testy laboratoryjne wysokociśnieniowej gaśnicy o pojemności 10 dm³ opracowano urządzenie doświadczalne układu tłumienia wybuchów, które poddano badaniom stanowiskowym.

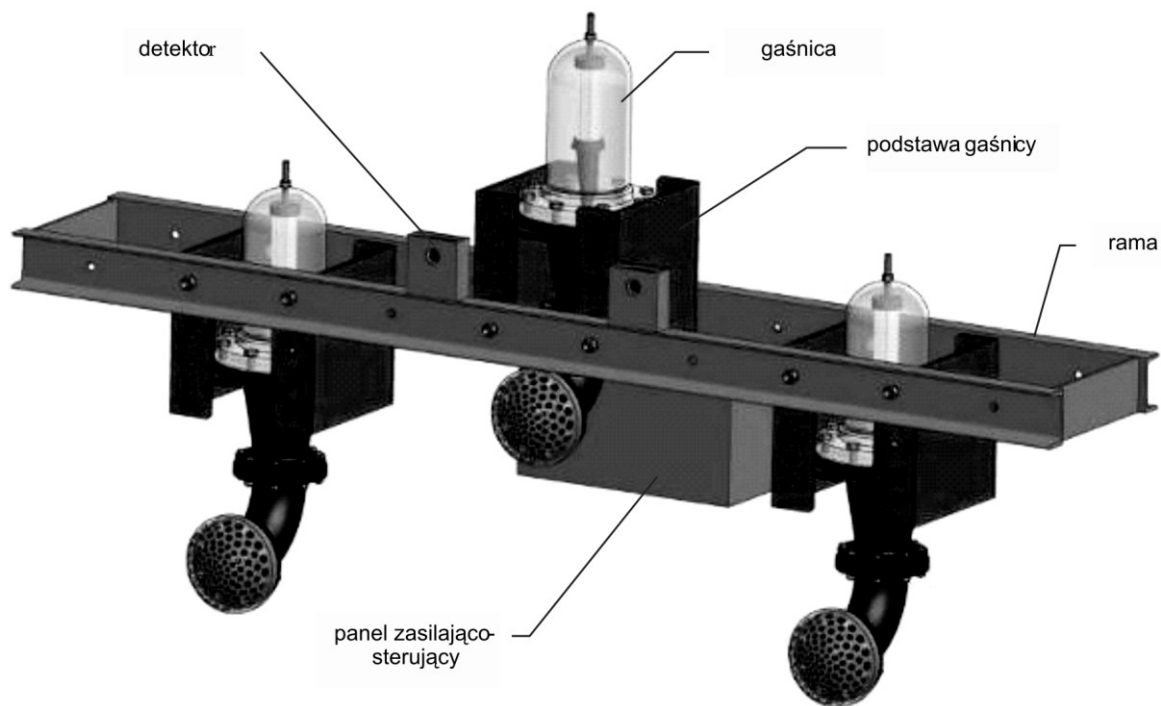
Na rysunku 5 przedstawiono urządzenie, które wyposażono w ramę, do której można mocować 1÷5 sztuk gaśnic. W przedniej części ramy zamocowano układ detekcji, a w tylnej zespół zasilająco-sterujący.

Gaśnice zostały zamocowane na stalowej ramie w specjalnych podstawach, które pozwalają na zmianę miejsca jej mocowania.

Zdwojony układ detekcji pozwalał na selektywne ustawienie czułości detektorów promieniowania w widmach podczerwieni i nadfioletu.

Zespół zasilająco-sterujący został skonstruowany tak, aby zasilić jednocześnie ładunki prochowe we wszystkich gaśnicach impulsem elektrycznym o wymaganej energii.

Badania stanowiskowe skuteczności działania układu tłumienia wybuchu prowadzono w podziemnym chodniku doświadczalnym o długości 400 m oraz na powierzchni w sztolni doświadczalnej o długości 40 m. W chodniku podziemnym prowadzono testy określające warunki, spełnienie których umożliwi proces tłumienia wybuchu. W sztolni prowadzono rejestracje zjawisk wybuchu i reakcji układu tłumienia.



Rys.5. Model 3D układu tłumienia wybuchu metanu [2]

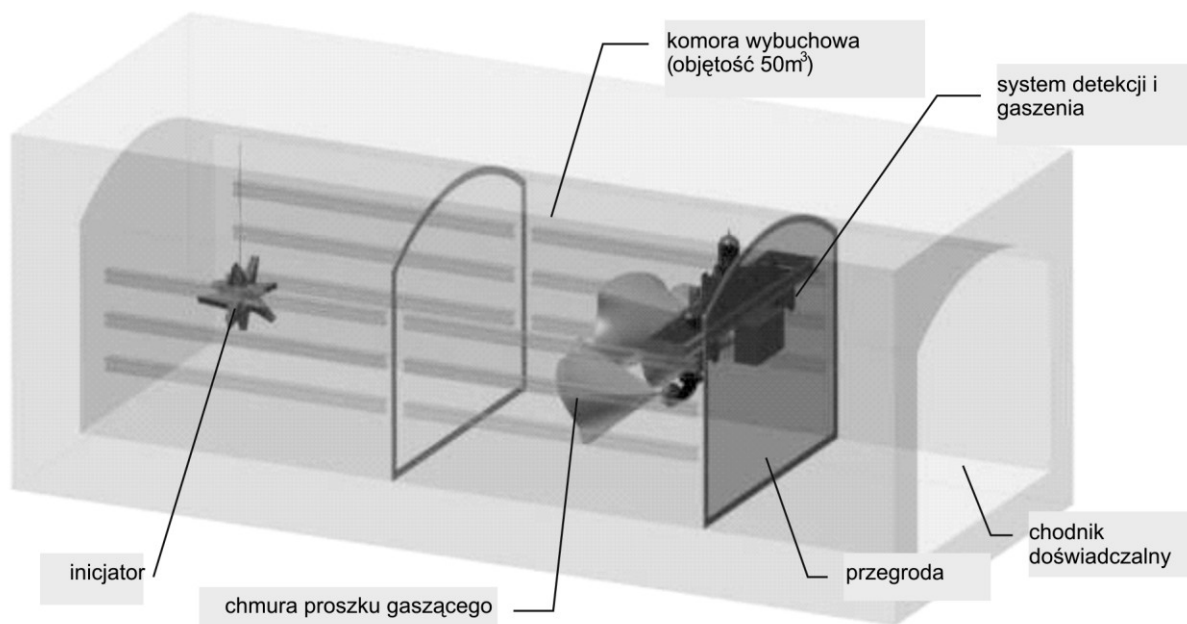
4. Badania w chodniku doświadczalnym

Na rysunku 6 przedstawiono układ tłumienia wybuchu zabudowany w metanowej komorze, która została wydzielona za pomocą przegrody w chodniku doświadczalnym.

W chodniku doświadczalnym przeprowadzono 4 testy w różnej konfiguracji. W każdym teście zastosowano układ tłumiący z trzema gaśnicami.

Na rysunku 7 pokazano zabudowę układu tłumienia w chodniku doświadczalnym.

W teście nr 1 w chodniku doświadczalnym zabudowano układ tłumiący składający się z 3-ch gaśnic. Ładunek wybuchowy o masie 200 g, inicjujący zapłon metanu, umieszczono centralnie w odległości 4,7 m od układu tłumiącego. Wysokość zawieszenia

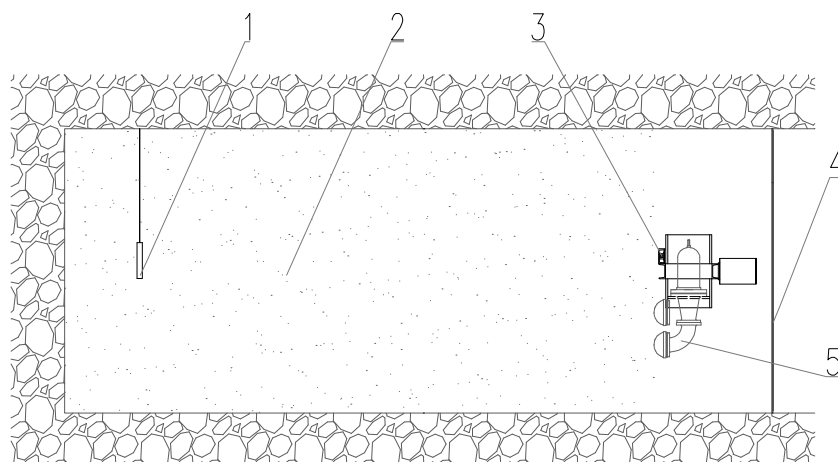


Rys.6. Układ tłumienia wybuchu w chodniku doświadczalnym [2]

ładunku nad spągami wynosiła około 1 m. W celu zwiększenia kąta rozproszenia proszku gaśniczego gaśnice skrajne miały zabudowane stożkowe przysłony dysz. Komorę wybuchową wypełniono mieszaniną powietrzno-metanową o stężeniu metanu około 8,5%.

Parametry techniczne przyjęte dla testów 1÷4 przedstawiono w tabeli 2.

Na rysunku 8 przedstawiono układ tłumienia wybuchów mieszaniny powietrzno-metanowej zabudowany w podziemnym chodniku doświadczalnym.

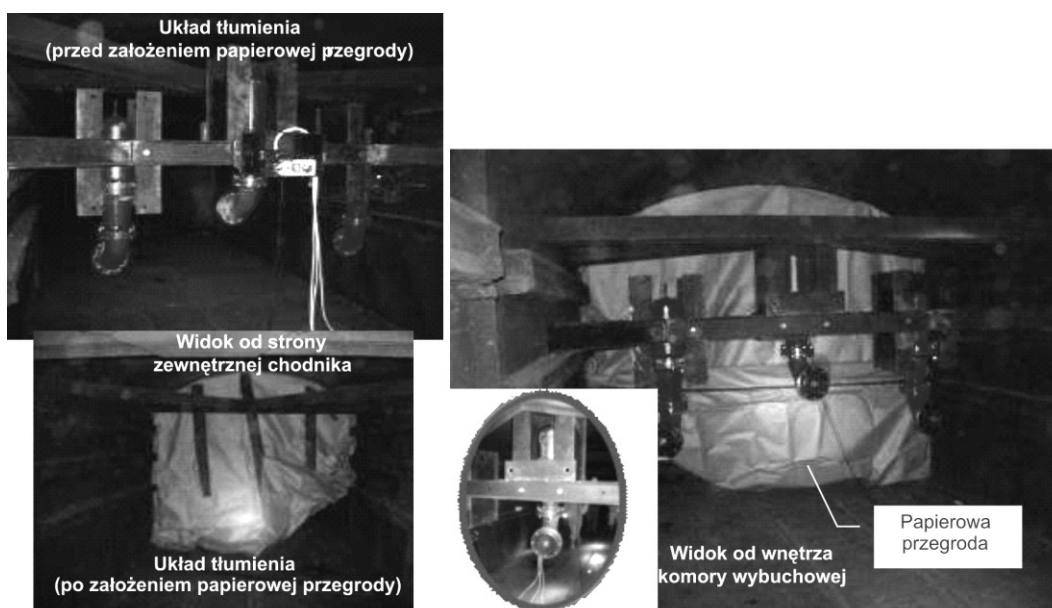


Rys.7. Szkic sytuacyjny zabudowy układu tłumienia w chodniku doświadczalnym – testy 1÷4 [2]
(1 – ładunek wybuchowy, 2 – objętość chroniona, 3 – detektor, 4 – przegroda, 5 – gaśnica)

Parametry techniczne testów 1÷4 [2]

Tabela 2

Parametr	Jedn.	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
Komora wybuchowa (objętość)	m ³	~50	~50	~50	~50
Obszar chroniony (objętość)	m ³	~36	~27	~27	~27
Stężenie metanu	%	~8,5	~8,5	~9	~7
Rodzaj zapłonu	-	ładunek prochowy 200 g	spłonka 3×10 kJ	spłonka 3×2 kJ	ładunek prochowy 150 g
Odległość inicjatora od układu gaszącego	m	4,7	3,6	3,6	3,6
Odległość zapłonu nad podłożem	m	1,3	1,6 spłonki rozmieszczone liniowo 200 mm	1,6 spłonki rozmieszczone liniowo 200 mm	1,6

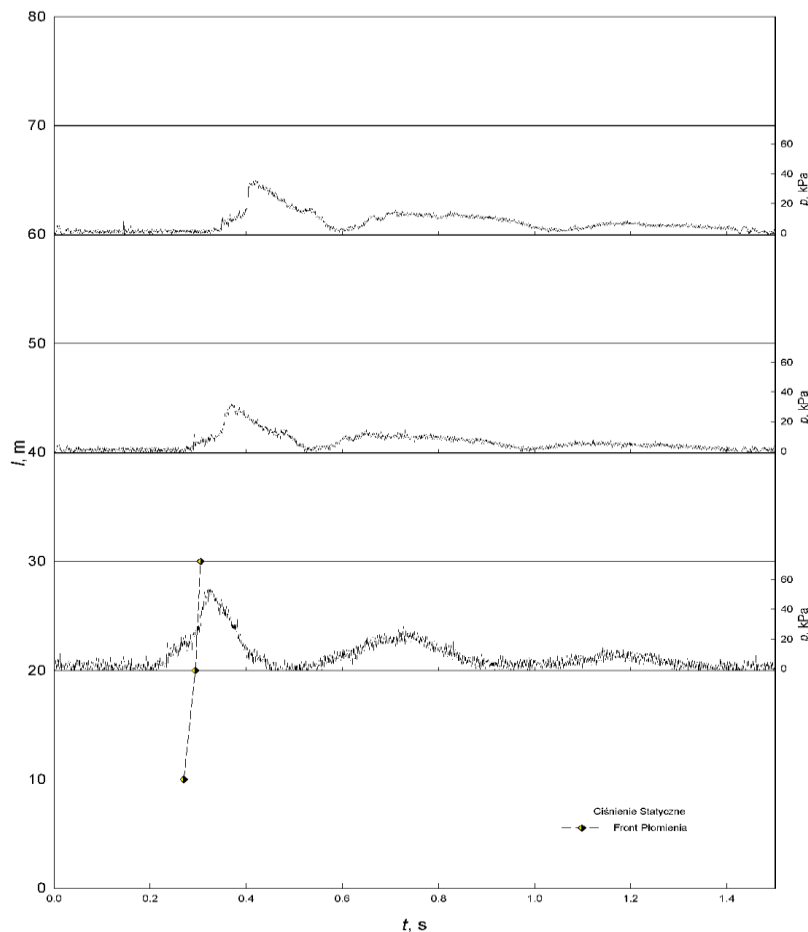


Rys.8. Widok zabudowy układu tłumiącego w chodniku doświadczalnym (test 1) [2]

Wyniki testów nr 1÷4 [2]

Tabela 3

Parametr	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
Odległość rejestracji płomienia za papierową przeponą [m]	4	14	24	24
Przyrost ciśnienia [bar]	0,6	0,8	0,8	0,8
Stan przepony	zniszczona przy stropie	zniszczona i spalona	zniszczona przy stropie	zniszczona przy stropie
Stan gaśnic	2 gaśnice z uszkodzoną komorą wybuchową	2 gaśnice z uszkodzoną komorą wybuchową	2 gaśnice z uszkodzoną komorą wybuchową	gaśnice bez uszkodzeń



Rys.9. Przykładowa rejestracja przebiegu wybuchu (test 1) [2]

Po każdym przeprowadzonym teście prowadzono oględziny miejsca zabudowy układu tłumienia i rejestrowano sygnały z czujnika ciśnienia i czujników optycznych. Kontrolowano również poszczególne gaśnice, aby ocenić ich stan techniczny i określić ewentualne uszkodzenia.

Wyniki testów 1÷4 w chodniku doświadczalnym przedstawiono w tabeli 3, a przykład przebiegu ciśnienia statycznego i frontu płomienia w funkcji czasu pokazano na rysunku 9.

Na wykresie (rys. 9) przebiegu wybuchu linią przerywaną zaznaczono przebieg płomienia. Linie

ciągłe na poszczególnych odległościach chodnika przedstawiają przebiegi ciśnienia statycznego. Wybuch nie został zahamowany w strefie oddziaływania układu tłumiącego. Płomień przeniknął poza papierową przegrodę, a ciśnienie statyczne osiągnęło wartość około 0,6 bar.

Testy przeprowadzone w chodniku doświadczalnym nie spowodowały zatrzymania płomienia wybuchu metanu, lecz jedynie jego redukcję. Wyniki badań uzyskane w teście nr 1 wykazały małą dynamikę zjawiska (płomień został częściowo wygaszony). W pozostałych testach nie uzyskano redukcji płomienia.

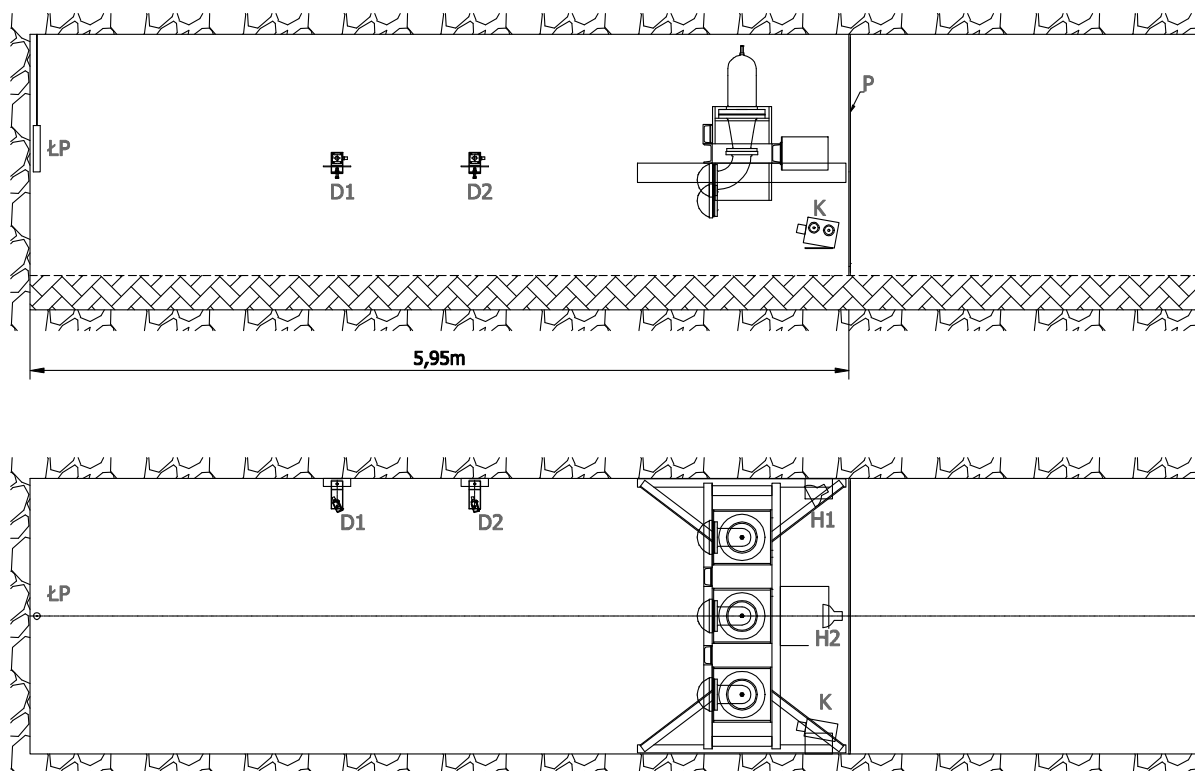
5. Badania w sztolni doświadczalnej

W sztolni doświadczalnej przeprowadzono 3 testy. Ich celem była obserwacja zjawiska wybuchu i procesu jego gaszenia. Proces ten obserwowano dzięki zainstalowanym kamerom. Sztolnia posiadała boczne przeszklone otwory, poprzez które można było obserwować rozprzestrzenianie się płomienia powstałego podczas wybuchu.

Na rysunku 10 pokazano zabudowę układu tłumienia w sztolni doświadczalnej.

Podczas testów nie zmieniano ilości gaśnic i ich układu. Zmieniano natomiast stężenie metanu oraz odległości zapłonu mieszanki od układu tłumiącego. W tabeli 4 przedstawiono najważniejsze parametry prowadzonych testów.

Podczas prowadzonych testów dokonywano rejestracji obrazu z wnętrza. Przykłady zarejestrowanych obrazów z wnętrza sztolni pokazano na rysunku 11.

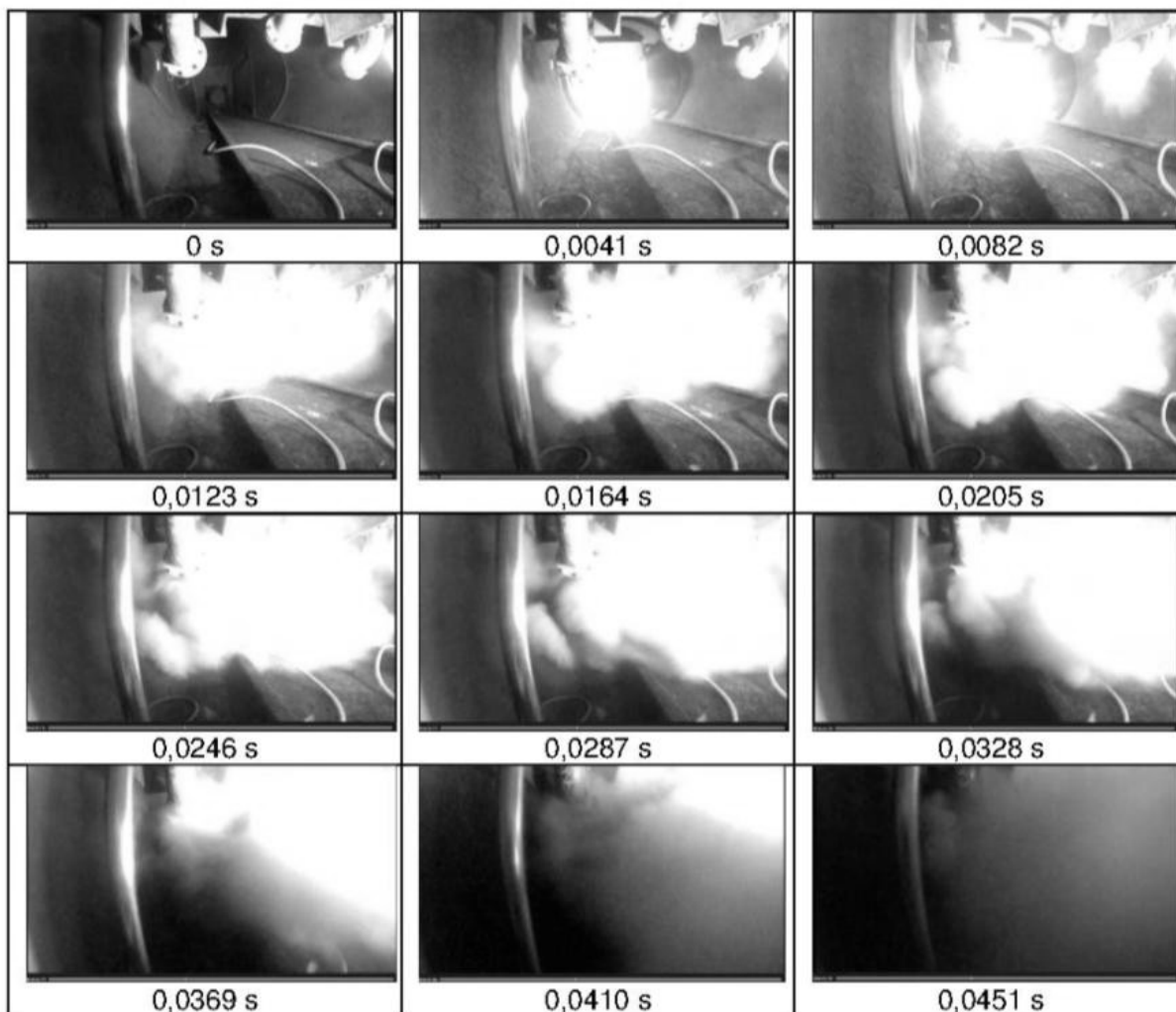


Rys.10. Szkiec sytuacyjny zabudowy układu tłumienia w sztolni dla testów 5-7 [2] (D1, D2 - detektor; K - kamera; H1, H2 - halogen; ŁP - ładunek prochowy; P - papierowa przegroda)

Parametry techniczne testów 5-7 [2]

Tabela 4

Parametr	Jedn.	Test 5	Test 6	Test 7
Komora wybuchowa (objętość)	m ³	~17	~17	~17
Przestrzeń chroniona (objętość)	m ³	~14	~14	~14
Stężenie metanu	%	~6,0	~7,5	~7,5
Rodzaj zapalnika	-	spłonki 2×5 kJ		
Odległość inicjatora od układu gaszącego	m	3,5	3,5	4,5
Odległość zapłonu nad podłożem	m	1,0	0,7	0,7



Rys.11. Zdjęcia z rejestracji procesu tłumienia wybuchu (test 5) [2]

Test nr 5 wykazał skuteczność działania układu tłumienia, co zarejestrowano na filmie.

Pozostałe testy wykazały znaczną redukcję płomienia, jednak nie uzyskano jego całkowitego wygaszenia.

6. Podsumowanie

Przeprowadzone testy stanowiskowe w chodniku doświadczalnym i sztolni doświadczalnej pozwalają stwierdzić, że możliwe jest wykorzystanie układu tłumiącego do gaszenia wybuchu metanu w określonych warunkach lokalizacyjnych.

Układ tłumienia pozwala na ograniczenie wybuchu mieszanki powietrzno-metanowej, dla koncentracji metanu nieprzekraczającej 6%, pod warunkiem, że koncentracja proszku gaśniczego będzie wynosić min. $0,7 \text{ kg/m}^3$ chronionej objętości. Dla wybuchów bardzo dynamicznych, w których stężenie metanu w mieszance wynosi min. 7% wymagana jest większa koncentracja proszku gaśniczego wynosząca min. $1,2 \text{ kg/m}^3$.

W czasie dokonanych oględzin układu tłumienia, bezpośrednio po próbie, nie stwierdzono uszkodzeń w konstrukcji i obwodach detekcji oraz zasilania. Układ detekcji współpracował z układem wyzwalania gaśnic prawidłowo - początek rozpylania proszku w przestrzeni chronionej rozpoczynał się w czasie krótszym niż 4 ms, a proces detekcji wybuchu nie przekraczał 1 ms.

Specyficzna budowa chodnika doświadczalnego i sztolni doświadczalnej w rejonie zabudowy układu tłumiącego (istniejące elementy w postaci płyt stalowych i stalowych wsporników wzmacniających o dużych przekrojach) powodowała, że obszar podlegający ochronie przez układ tłumiący nie był przestrzennie "jednorodny", co wpływało bezpośrednio na jednoczesne wypełnienie przestrzeni chronionej przez środek gaśniczy.

Uzyskane wyniki testów stanowiskowych stanowią podstawę do prowadzenia dalszych prac badawczo-rozwojowych dla opracowania układu tłumienia wybuchu metanu, który pozwoli na poszerzenie dostępnych środków ochronnych wpływających na

bezpieczeństwo eksploatacji w rejonach zagrożonych metanem.

Układ tłumienia może spełnić założenia i wymagania w zakresie systemów ochronnych ograniczających skutki wybuchu. Jego postać konstrukcyjna uzależniona będzie jednak od określenia warunków lokalizacyjnych, w jakich będzie pracował m.in. objętości strefy chronionej i stopnia jej umaszynowania.

Badania przeprowadzono w ramach projektu europejskiego MINFIREX [4].

Literatura

1. Lebecki K. Zagrożenia pyłowe w górnictwie. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2004.
2. Szkudlarek Z.: Minimising Risk for and Reducing Impact of Fire and Explosion Hazards Coal Mining - MINFIREX. Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel - RFCR-CT-

2010-00005, 2010-2013. (materiały nie publikowane).

3. Szkudlarek Z.: Nowy system ograniczający skutki wybuchu pyłu węglowego w wyrobiskach korytarzowych. Projekt badawczy CMG KOMAG nr E.03.03. Gliwice 2007 (materiały nie publikowane).
4. Szkudlarek Z.: Układy tłumienia wybuchów w ciągach technologicznych. Projekt badawczy ITG KOMAG nr E.18.06. Gliwice 2011 (materiały nie publikowane).
5. Sprawozdanie końcowe z wykonania projektu rozwojowego nr R03 030 01 pt. Urządzenie odpylające z aktywnym układem tłumienia wybuchu. CMG KOMAG, Gliwice 2008 r. s. 1÷32. (materiały nie publikowane).

Artykuł wpłynął do redakcji w lutym 2014 r.

Inteligentny system ochrony osobistej ratowników górniczych PPE

Streszczenie

Akcje ratownicze powinny być prowadzone w sposób skuteczny, ale również w sposób minimalizujący zagrożenie dla samych ratowników. Opracowanie nowoczesnego systemu służącego wspomaganie uczestników akcji ratowniczej stało się przedmiotem zainteresowania w ramach projektu badawczego i-Protect. W artykule scharakteryzowano prototyp tego systemu oraz opisano jego testowanie przez przyszłych użytkowników.

Słowa kluczowe: projekt europejski, bezpieczeństwo pracy, ratownictwo górnicze, ochrona osobista, monitorowanie systemu ochrony, badania.

Keywords: European project, work safety, mine rescue, personal protection, monitoring of protection system, tests.

Summary

Rescue actions should be conducted in an effective way and with respect to rescuers safety. Development of modern system to aid participants of rescue actions was a subject of research in i-Protect project. A prototype of the system as well as testing by its prospective users is presented in the article.

1. Wprowadzenie

Pracownicy wykonujący zadania w podziemiach kopalń są narażeni na szereg zagrożeń. Warunki zaistniałe po katastrofach górniczych sprawiają, że realizacja akcji ratowniczych jest szczególnie trudna, a uczestnicy akcji narażeni są na zwiększone niebezpieczeństwo. Zagrożone jest zdrowie i życie zarówno ratowanych, jak i ratujących.

Poszukiwanie rozwiązań, które umożliwiają prowadzenie akcji ratowniczych w kopalniach, w sprawny sposób, przy jednoczesnym zagwarantowaniu bezpieczeństwa uczestników tych akcji, były przedmiotem badań w ramach projektu i-Protect - „Inteligentne środki ochrony osobistej w przemyśle wysokiego ryzyka” (ang. „*Intelligent PPE system for personnel in high-risk and complex environments*”). Obok ratownictwa górniczego, badaniami objęto również akcje ratownicze:

- po awariach chemicznych,
- realizowane przez straż pożarną.

Projekt i-Protect, którego koordynatorem był CIOP-PIB (Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy) realizowano w międzynarodowym, interdyscyplinarnym konsorcjum. W projekcie uczestniczyły jednostki naukowe, producenci środków ochrony indywidualnej oraz jednostki realizujące działania ratownicze, z Polski, Niemiec, Czech, Hiszpanii, Włoch,

Finlandii oraz Francji. Przedsięwzięcie zostało sfinansowane w ramach 7. Programu Ramowego UE (numer kontraktu: FP7-NMP-2008-SME-2).

Istotnymi czynnikami decydującymi o sprawnym i bezpiecznym prowadzeniu akcji ratowniczych w górnictwie są:

- monitorowanie parametrów środowiska, takich jak:
 - stężenie metanu i stężenie tlenu; mogą powodować atmosferę zagrożenia wybuchem,
 - stężenie tlenu i stężenie dwutlenku węgla, które determinują atmosferę zdatną do oddychania,
- wyposażenie ratowników w sprzęt ochrony indywidualnej,
- komunikacja między ratownikami a centrum kierowania akcją ratowniczą.

Powyższe elementy wzięto pod uwagę, projektując system wspomaganie służb prowadzących akcje ratownicze w kopalniach. Uwzględniono również monitorowanie parametrów fizjologicznych człowieka, takich jak puls i temperatura. Utworzono prototyp systemu, który poddano badaniom z udziałem jego potencjalnych użytkowników.

Specjaliści ITG KOMAG uczestniczyli w zadaniach dotyczących ratownictwa górniczego, w tym współuczestniczyli w identyfikacji potrzeb przyszłych użytkowników systemu oraz wymagań technicznych [1], oraz brali udział w badaniach i ocenie rozwiązań opracowanych w projekcie [2]. W tym zakresie ściśle

współpracowano z Centralną Stacją Ratownictwa Górniczego (CSRG) w Bytomiu.

Przeprowadzono badania ankietowe dotyczące stosowanych środków ochrony indywidualnej. Zidentyfikowano, jakie konkretnie środki ochrony indywidualnej są stosowane w odniesieniu do występujących zagrożeń. W ramach ankiety poszczególne środki ochrony indywidualnej poddano ocenie (np. w zakresie wygody ich użytkowania, trwałości, funkcjonalności). Przedstawiono również propozycje ich modyfikacji. Pozyskano informacje dotyczące wymagań w stosunku do czujników monitorujących parametry fizjologiczne człowieka oraz czujników monitorujących parametry środowiskowe.

Przetestowano prototyp systemu poprzez symulację czynności, jakie realizowane są podczas akcji ratowniczej. Następnie przeprowadzono wywiady z uczestnikami testów celem oceny systemu i pozyskania wskazówek pozwalających na modyfikację prototypu systemu. Przeprowadzone prace badawcze przedstawiono w niniejszym artykule.

2. Charakterystyka inteligentnego systemu ochrony osobistej ratowników górniczych PPE

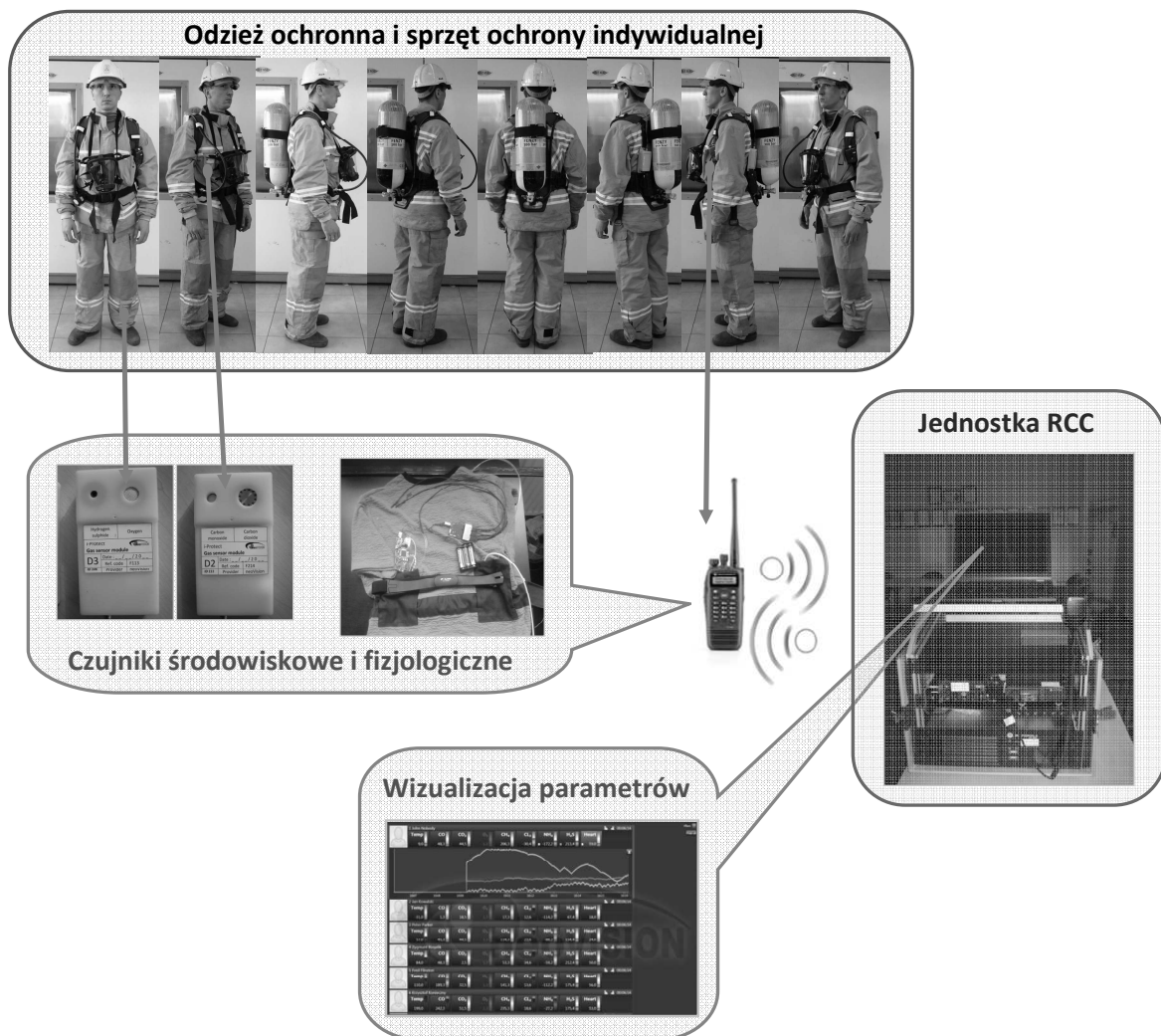
Inteligentny system ochrony osobistej ratowników górniczych (określany dalej nazwą skróconą: inteligentny system PPE) obejmuje (rys. 1):

- odzież ochronną – rozumianą jako elementy stroju: kurtka, spodnie i podkoszulka wraz z modułami zawierającymi czujniki do pomiarów parametrów:
 - fizjologicznych: puls, temperatura, częstotliwość oddechów,
 - środowiskowych: tlen, dwutlenek węgla, tlenek węgla, metan, temperatura otoczenia,
- jednostkę RCC (ang. *Rescue Coordination Center* – centrum kierowania akcją ratowniczą) – zlokalizowaną w bazie, zawierającą system do transmisji danych pomiarowych i rejestracji wskazań czujników oraz do obsługi komunikacji głosowej między ratownikami a kierownikiem akcji, znajdującym się w bazie,
- radiotelefony, noszone w kieszeni kurtki.

Informacje pochodzące z czujników monitorujących wybrane parametry fizjologiczne ratowników oraz wartości poziomów stężeń określonych gazów, a także wartości temperatury otoczenia w atmosferze występującej podczas akcji ratowniczych są bezprzewodowo przesyłane od każdego ratownika wyposażonego w tego typu moduły do specjalnie

zaprojektowanego centrum kierowania akcją [3]. Bezprzewodową transmisję danych osiągnięto dzięki zastosowaniu komercyjnego systemu MOTOTRBO firmy Motorola i odpowiedniej modyfikacji jego elementów. System ten wykorzystuje technologię cyfrowej transmisji radiowej TDMA (Time Division Multiple Access). Zastosowane w projekcie podstawowe elementy systemu to przenośne radiotelefony serii DP 3600/3601 lub DP 3400/3401, radia serii DM, repeater DR 3000, duplexer oraz antena. Kierunkowo zaprogramowane elementy systemu zapewniły transmisję danych pochodzących od dwóch zestawów czujników, w które byli wyposażeni ratownicy. Docelowo istniała możliwość transmisji danych pochodzących z modułów czujników od grupy siedmiu ratowników. System oprócz bezprzewodowej transmisji parametrów fizjologicznych tj. częstotliwości oddechu, tętna, temperatury powierzchni ciała oraz stężeń wybranych gazów zapewniał komunikację głosową pomiędzy ratownikami oraz centrum kierowania akcją ratowniczą. Podstawowe elementy systemu komunikacji wyposażono w komputer z odpowiednią aplikacją umożliwiającą gromadzenie i wizualizację przesyłanych danych pomiarowych. Aplikacja pozwalała na bezpośrednie śledzenie zmian poszczególnych monitorowanych parametrów fizjologicznych, stężeń gazów oraz wartości temperatury otoczenia w miejscu prowadzenia akcji, jak również identyfikowała każdego z monitorowanych ratowników. Dodatkowo aplikacja była wyposażona w algorytm wskazujący poziom obciążenia termicznego ratownika (PSI – Physical Strain Index). Do obliczenia wartości PSI wykorzystywane były wartości rejestrowanych parametrów fizjologicznych.

Stacjonarne elementy systemu komunikacji tj. część tworząca centrum dowodzenia na potrzeby projektu, zasilane były bezpośrednio z sieci. Elementy systemu komunikacji noszone przez ratowników – radia, wyposażone były w indywidualne akumulatory pozwalające na prowadzenie akcji i transmisję danych przez czas do 4 godzin. Możliwości te nie były dotąd wykorzystywane w pełni ze względu na przyjęty w projekcie maksymalny czas prowadzenia akcji. Czas ten został określony na okres do 2 godzin i był determinowany zawartością powietrza do oddychania w aparatach uciezkowych noszonych przez ratowników. Ten sam czas maksymalnego funkcjonowania przyjęto dla poszczególnych modułów czujników, w których źródłem zasilania były indywidualne akumulatory.



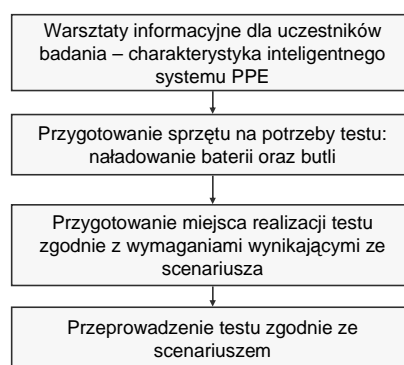
Rys.1. Elementy inteligentnego systemu PPE (na podstawie [2])

3. Metodyka badań prototypu inteligentnego systemu ochrony osobistej ratowników górniczych PPE

3.1. Plan badań

Pierwszym etapem badań było przeprowadzenie z jego uczestnikami warsztatów mających na celu przedstawienie sposobu działania inteligentnego systemu PPE. Przeprowadzenie testów poprzedzono odpowiednim przygotowaniem sprzętu oraz miejsca realizacji badania. Konieczne było naładowanie baterii modułów, jak również naładowanie butli aparatu roboczego. Ponadto na podstawie uprzednio opracowanego scenariusza przebiegu testów należało zidentyfikować, w jaki sposób trzeba przygotować miejsce realizacji badania. Dopiero wówczas możliwe było przetestowanie inteligentnego systemu PPE, zgodnie ze scenariuszem.

Plan badań przedstawiono na rysunku 2.



Rys.2. Ramowy plan badania inteligentnego systemu PPE [opracowanie własne]

3.2. Kryteria oceny systemu

Ocenie poddano:

- odzież ochronną (ubrania wraz z modułami); jako kryteria przyjęto wygodę podczas zakładania, zdejmowania oraz komfort jej noszenia podczas realizacji zadań,

- komunikację głosową na linii ratownicy – baza; jako kryteria przyjęto niezawodność, płynność, czystość transmisji głosu,
- transmisję danych na linii moduły – radiotelefon – jednostka RCC; jako kryteria przyjęto płynność, niezawodność.

3.3. Identyfikacja uczestników badań

Realizacja badań wymagała uczestnictwa bezpośrednich użytkowników inteligentnego systemu PPE oraz osób odpowiedzialnych za przygotowanie, zorganizowanie oraz prawidłowy przebieg badania.

Bezpośrednimi użytkownikami badanego systemu byli:

- dwóch ratowników,
- operator jednostki RCC.

Ponadto w badaniu uczestniczyły osoby odpowiedzialne za:

- zestawienie i uruchomienie wyposażenia sprzętowo-programowego systemu,
- dopilnowanie, by uczestnicy testów realizowali zadania zgodnie z planem,
- pozyskanie informacji niezbędnych dla oceny inteligentnego systemu PPE; realizowano to poprzez obserwacje oraz wywiady z uczestnikami testów.

3.4. Przygotowanie wywiadów

Przygotowano dwie wersje kwestionariuszy wywiadu:

- na potrzeby wywiadu z ratownikami; pytania dotyczyły:
- komfortu termicznego, dopasowania i swobody ruchów w każdym elemencie odzieży,
- odpowiedniości kształtu, rozmiaru i lokalizacji modułów,
- na potrzeby wywiadu z operatorem jednostki RCC; pytania dotyczyły łatwości stosowania, czytelności interfejsu oraz użyteczności programu w jednostce RCC.

3.5. Opracowanie scenariuszy testów

Scenariusze uwzględniały:

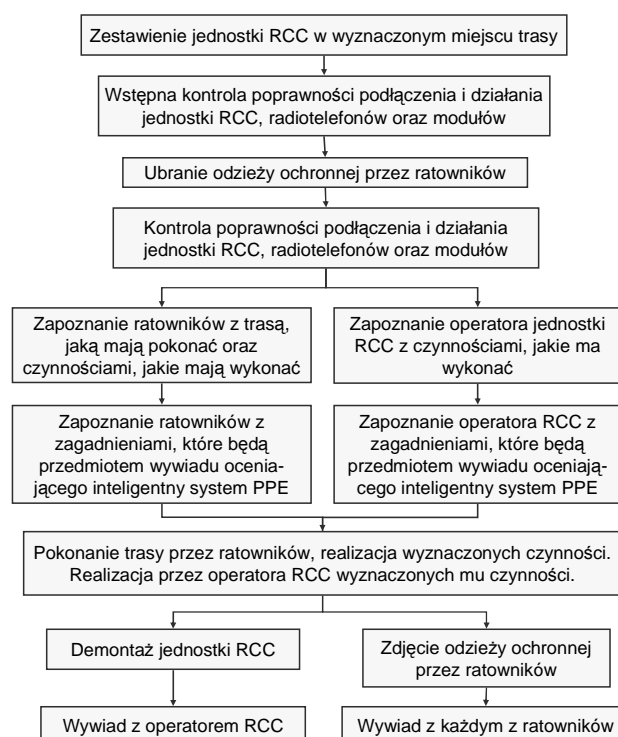
- czynności, jakie należało wykonać, by możliwe było rzetelne dokonanie oceny inteligentnego systemu PPE,

- możliwości i ograniczenia w miejscach, w których były prowadzone testy.

Scenariusze obejmowały następujące działania:

- zapoznanie się z miejscem realizacji testu,
- identyfikację, jakie czynności mogą zostać zrealizowane,
- wyznaczenie:
- lokalizacji jednostki RCC,
- trasy, jaką mają pokonać ratownicy oraz czynności, jakie mają zostać wykonane na trasie.

Ramowy scenariusz testu przedstawiono na rysunku 3.



Rys.3. Ramowy scenariusz badania inteligentnego systemu PPE [opracowanie własne]

Zidentyfikowano trzy miejsca realizacji testu:

- komorę ćwiczeń Okręgowej Stacji Ratownictwa Górniczego,
- wyrobisko kopalni,
- wyrobisko Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego.

Dla każdego miejsca opracowano odrębny scenariusz szczegółowy.

3.6. Przebieg badań

W każdym ze wskazanych wyżej miejsc, badania przeprowadzono zgodnie ze scenariuszem (rys. 4).



Rys.4. Inscenizacja czynności wykonywanych podczas akcji ratowniczej [2]

Scenariusz testu w komorze ćwiczeń Okręgowej Stacji Ratownictwa Górniczego (OSRG)

W scenariuszu testu w komorze ćwiczeń OSRG uwzględniono następujące etapy:

1. Zestawienie i uruchomienie wyposażenia sprzętowo-programowego.
2. Przeprowadzenie wstępnego testu komunikacji: czy działa komunikacja głosowa oraz czy czujniki są widoczne dla systemu.
3. Ubieranie odzieży i elementów wyposażenia ratowników. Etap obejmuje test odzieży, w zakresie wygody jej ubierania i stosowania. Był rozdzielony na następujące fazy:

FAZA 1: spodnie + (podkoszulka+czujniki),

FAZA 2: spodnie + (podkoszulka+czujniki)+kurtka

FAZA 3: (spodnie + czujniki) + (podkoszulka + czujniki) + (kurtka + czujniki),

FAZA 4: (spodnie + czujniki) + (podkoszulka + czujniki) + (kurtka + czujniki) + aparat roboczy.

Przed pierwszą fazą ratownicy zostali poinformowani o przebiegu tego etapu testu oraz o tym, na co powinni zwrócić uwagę wykonując poszczególne czynności. Po każdej fazie, a więc ubraniu kolejnych elementów odzieży, ratownicy wykonywali ten sam zestaw czynności. Na bieżąco prowadzono wywiady celem zgromadzenia opinii ratowników na temat poszczególnych elementów odzieży.

Czynności wykonywane podczas kolejnych faz ubierania odzieży ochronnej [2]

Tabela 1

Lp.	Czynność	Liczba powtórzeń / czas trwania
1	Kłęknięcie + wstanie	4 razy
2	Kucnięcie + wstanie	4 razy
3	Skłon + wyprost	4 razy
4	Sięgnięcie w górę + powrót do pozycji wyjściowej	4 razy
5	Siad na ziemi + wstanie	4 razy
6	Ćwiczenie z młotem	1,5 minuty
7	Wspinanie się po drabinie bez końca	30 stopni

Czynności oznaczone nr 1 do 5 wykonywane były przez ratowników jednocześnie. Następnie jeden z ratowników wykonywał czynność nr 6, a drugi - czynność nr 7, po czym zamieniali się urządzeniami ćwiczeniowymi. Na temat kolejności, czasu trwania/ilości powtórzeń byli na bieżąco instruowani przez osoby prowadzące test.

4. Kontrola poprawności podłączenia elementów i działania systemu komunikacji.

Etap obejmował kontrolę, czy realizowana była komunikacja między czujnikami, a RCC oraz czy możliwe było nawiązanie komunikacji głosowej (łączność: radiotelefon - RCC). Kontrolę komunikacji przeprowadzono w warunkach pozbawionych zakłóceń – w jednym pomieszczeniu.

5. Oprowadzenie ratowników po trasie i poinformowanie ich na temat czynności, jakie mają wykonać.
6. Symulacja akcji ratowniczej z udziałem zastępu ratowniczego. Realizowana była poprzez pokonanie wskazanej trasy i wykonanie na tej trasie wyznaczonych czynności. Obejmowała test odzieży, w zakresie jej stosowania i test komunikacji.

Czynności wykonywane podczas symulacji akcji ratowniczej [2]

Tabela 2

Lp.	Czynność	Wytyczne, uwagi
1	Siedzenie na ławie	Czas: 5 minut
2	Przejsie zadanego odcinka trasy w pozycji wyprostowanej - marsz	Czas: 10 minut
3	Przejsie zadanego odcinka trasy w pozycji pochylonej	Wymagana wysokość trasy: 1,3±0,2 m Czas: 5 minut Dystans: 140 m
4	Rozwinięcie i zwinięcie węża pożarowego o dł. 15 m	Czas: 3 minuty
5	Przenoszenie worków z piaskiem i umieszczenie ich na platformie	Ilość worków: 20 Masa worka: 12 kg Dystans, na którym przenoszone są worki: 10 m
6	Wejście po schodach	
7	Czołganie się na określonym odcinku trasy	Wymagana wysokość trasy: 0,7±0,05 m Czas: 5 minut Dystans: 70 m
8	Podjęmowanie komunikacji głosowej	W wyznaczonych i odpowiednio oznaczonych miejscach trasy

7. Zdejmowanie elementów systemu stanowiących wyposażenie ratowników.
8. Demontaż jednostki RCC.
9. Przeprowadzenie wywiadów z ratownikami oraz z operatorem jednostki RCC.

Scenariusz testu w wyrobisku kopalni

W scenariuszu testu w wyrobisku kopalni uwzględniono następujące etapy:

1. Zestawienie i uruchomienie wyposażenia sprzętowo-programowego.
2. Przeprowadzenie wstępnego testu komunikacji: czy działa komunikacja głosowa oraz czy czujniki są widoczne dla systemu.
3. Symulacja akcji ratowniczej z udziałem zastępu ratowniczego. Realizowana była poprzez pokonanie wskazanej trasy i podejmowanie komunikacji głosowej z bazą. Ustalono, że komunikacja głosowa ma być nawiązywana co 30 kroków, a pokonywanie trasy w danym kierunku zostanie zatrzymane, w miejscu, w którym nawiązanie komunikacji okaże się niemożliwe.
4. Przeprowadzenie wywiadów z ratownikami oraz z operatorem jednostki RCC.

Scenariusz testu w wyrobisku Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego (CSRG)

W scenariuszu testu w wyrobisku CSRG uwzględniono następujące etapy:

1. Zestawienie i uruchomienie wyposażenia sprzętowo-programowego.
2. Przeprowadzenie wstępnego testu komunikacji: czy działa komunikacja głosowa oraz czy czujniki są widoczne dla systemu RCC.
3. Ubieranie elementów wyposażenia ratowników.
4. Kontrola poprawności podłączenia elementów i działania systemu komunikacji.

Etap obejmował kontrolę, czy realizowana była komunikacja między czujnikami a RCC oraz czy możliwe było nawiązanie komunikacji głosowej (łączość: radiotelefon - RCC). Kontrolę komunikacji przeprowadzono w warunkach pozbawionych zakłóceń – w jednym pomieszczeniu.

5. Kontrola poprawności podłączenia elementów i działania systemu komunikacji.

Etap obejmował kontrolę, czy realizowana była komunikacja między czujnikami a RCC oraz czy możliwe było nawiązanie komunikacji głosowej (łączość: radiotelefon - RCC). Kontrolę komunikacji przeprowadzono w warunkach pozbawionych zakłóceń – w jednym pomieszczeniu.

6. Symulacja akcji ratowniczej. Obejmowała test odzieży i test komunikacji.

Czynności wykonywane podczas symulacji akcji ratowniczej [2]

Tabela 3

Lp.	Czynność	Wytyczne, uwagi
1	Przejsie zadanego odcinka trasy w pozycji wyprostowanej - marsz	Zgodnie z przebiegiem wyznaczonej trasy
2	Odkopywanie zawału	
3	Kłęknięcie przy poszkodowanym	
4	Przeniesienie rannego na noszach na określonym odcinku trasy	Dystans: ok. 150 m
5	Przeniesienie ładunku na określonym odcinku trasy	Czynność wykonana w parze. Ładunek: belka drewna
6	Czołganie się - przejście przez przełaz (rure)	Dystans: 15 metrów
7	Wejście po schodach + przejście w pozycji pochylonej + zejście po pochylni	
8	Ściąganie i zakładanie aparatu roboczego w wyznaczonym miejscu trasy	
9	Podejmowanie komunikacji głosowej	W wyznaczonych i odpowiednio oznaczonych miejscach trasy

7. Zdejmowanie elementów systemu stanowiących wyposażenie ratowników.
8. Przeprowadzenie wywiadów z ratownikami oraz z operatorem jednostki RCC.

4. Podsumowanie

W ramach projektu i-Protect opracowano prototyp systemu, który może wspomagać uczestników akcji ratowniczych w zakresie monitorowania i wykorzystywania istotnych informacji dotyczących ratowników oraz środowiska, w jakim się w danej chwili znajdują, oraz w zakresie komunikacji głosowej.

Prototyp przetestowano poprzez symulację czynności realizowanych podczas akcji ratowniczych, w warunkach kopalni lub zbliżonych do nich, oraz z udziałem osób, które w tego typu akcjach uczestniczą. Pozwoliło to na pozyskanie informacji oceniających system oraz pozyskanie wskazówek, w jakim zakresie i w jaki sposób można go zmodyfikować.

Koncepcja inteligentnego systemu ochrony osobistej ratowników górniczych zyskała aprobatę jej potencjalnych użytkowników. Jednak w obecnym stanie prototyp systemu wymaga jeszcze udoskonalenia tak, by w pełni spełniał założenia tej koncepcji.

W obecnej praktyce pomiary parametrów środowiskowych dokonywane są przez zastępowego, za pomocą ręcznego detektora wielogazowego oraz termohigrometra. Natomiast w zakresie pomiaru parametrów fizjologicznych ratowników stosowane są pulsometry. Informacja o wskazaniach odczytanych z detektora, termohigrometra oraz z pulsometrów

może być przekazywana do bazy jedynie za pośrednictwem komunikacji głosowej. Zaproponowane w projekcie i-Protect rozwiązanie daje możliwość nie tylko monitorowania parametrów środowiskowych oraz parametrów fizjologicznych ratowników (w szerszym zakresie niż z zastosowaniem pulsometrów), ale również bieżącej obserwacji wartości tych parametrów przez kierownika akcji ratowniczej znajdującego się w bazie.

Wdrożenie systemu w zakresie komunikacji głosowej oraz transmisji danych wymaga zbudowania w podziemiu kopalni odpowiedniej infrastruktury, w szczególności rozmieszczenia stacji nadawczo-odbiorczych.

Zaproponowana w projekcie odzież ochronna nie zapewnia ratownikom oczekiwanego komfortu termicznego. Powinna być także lepiej dopasowana do sylwetki. Natomiast pozytywnie oceniono lokalizację modułów z czujnikami. Nie utrudniają ani w żaden sposób nie obniżają komfortu wykonywania czynności.

Podziękowania

Projekt współfinansowany przez Komisję Europejską w ramach 7 Programu Ramowego, Obszar 4 NMP - Nanonauki, Nanotechnologie, Materiały i Nowe Technologie Produkcji, grant nr 229275.

Acknowledgements

This work was supported by the European Commission within 7th FRAMEWORK PROGRAMME THEME 4 NMP - Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and New Production Technologies , grant no. 229275.

Literatura

1. I-Protect Intelligent PPE system for personnel in high-risk and complex environments. Technical Report. Work Package 1: Identification of end-users needs and defining technical requirements.
2. I-Protect Intelligent PPE system for personnel in high-risk and complex environments. Technical Report. Work Package 7: Verification and validation.
3. Pietrowski P., Hrynyk R.: Monitorowanie parametrów środowiskowych w warunkach pracy ratownika górniczego, chemicznego i straży pożarnej, *Bezpieczeństwo pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, 5(213)/2012.

Artykuł wpłynął do redakcji w lutym 2014 r.

Elektroniczny system zarządzania akredytowanymi laboratoriami ITG KOMAG

Streszczenie

W artykule przedstawiono wdrożony w 2013 r. w trzech akredytowanych laboratoriach ITG KOMAG elektroniczny system zarządzania oparty o otwartą bazę danych. W świetle wymagań sformułowanych przez laboratoria przedstawiono opis systemu, zasady jego funkcjonowania oraz korzyści uzyskane po jego wdrożeniu do stosowania.

Słowa kluczowe: fundusze strukturalne, komputerowe wspomaganie zarządzania, zaplecze naukowo badawcze, jakość.

Keywords: structural funds, computer aiding of management, research infrastructure, quality.

Summary

Electronic system for management of testing laboratories at the KOMAG Institute of Mining Technology based on open data base in SQL standard, which was implemented in 2013, is presented. The system, principles of its operation and benefits obtained after commercialization of the system are presented in the light of requirements formulated by the laboratories.

1. Wprowadzenie

W chwili obecnej podstawowym problemem wielu jednostek jest sprawne zarządzanie danymi. Brak informatyzacji w tej dziedzinie powoduje problemy organizacyjne oraz zbędne koszty. Coraz powszechniejsze także i w laboratoriach badawczych stają się elektroniczne systemy zarządzania mające na celu uporządkowanie tradycyjnego obiegu dokumentów i właściwą ich archiwizację, zapobiegając ewentualnej utracie informacji będących w posiadaniu organizacji.

W przypadku ITG KOMAG, ze względu na coraz powszechniejszą praktykę archiwizowania danych dotyczących realizacji badań, zwłaszcza tych, które prowadzą do poprawy bezpieczeństwa użytkownika wyrobów również zaistniała potrzeba wdrożenia do stosowania elektronicznego systemu zarządzania, który w sposób kompleksowy zapewniłby pełny do danych wejściowych, przebiegu oraz uzyskanych wyników badań.

Mając na uwadze znaczenie gromadzonych przez laboratoria badawcze danych dla zagwarantowania bezpieczeństwa przechowywanych zasobów zaplanowano i ujęto elektroniczny system zarządzania jako jeden z etapów realizacji projektu pt. "Rozbudowa laboratoriów Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach, celem prowadzenia badań na rzecz bezpieczeństwa użytkownika wyrobów", prowadzonego w ramach działania 1.3 "Transfer technologii i innowacji" Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007-2013 [2].

Podstawowym założeniem było wdrożenie wspomnianego systemu w trzech akredytowanych laboratoriach badawczych ITG KOMAG:

- Laboratorium Badań (nr akredytacji AB 039),
- Laboratorium Badań Stosowanych (nr akredytacji AB 665),
- Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska (nr akredytacji AB 910).

2. Cel wdrożenia elektronicznego systemu zarządzania

Podstawowym celem wdrożenia elektronicznego systemu zarządzania w laboratoriach badawczych była:

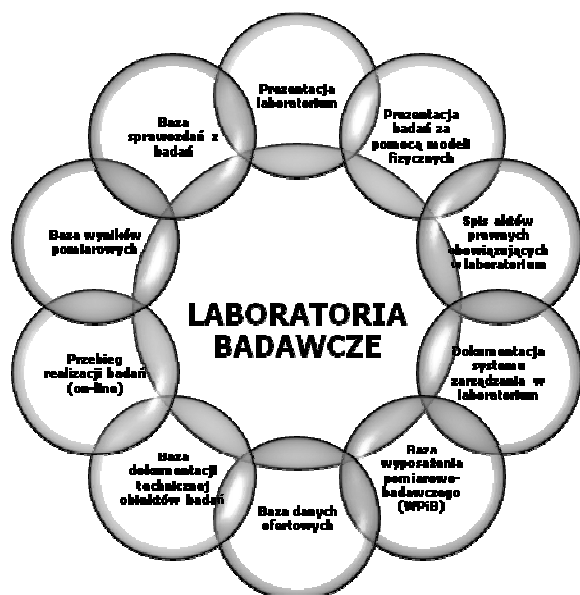
- poprawa efektywności pracy poprzez stworzenie bazy wiedzy i szybki dostęp do zmagazynowanej informacji oraz możliwość poddania jej analizie.
- usprawnienie, automatyzacja oraz standaryzacja procesu zarządzania laboratorium.

Celem szczegółowym było stworzenie baz danych w obszarach akredytowanych laboratoriów badawczych ITG KOMAG obejmujących:

- prezentację dokumentów obowiązujących w laboratoriach w ramach wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025 [1] (tzw. dokumentację systemu zarządzania),
- wyposażenie pomiarowe i badawcze (WPIB) poszczególnych laboratoriów oraz sposób postępowania z tym wyposażeniem (wzorcowanie, sprawdzanie itp.),
- dane dotyczące przebiegu realizacji zlecenia (wymiana korespondencji między laboratorium, a klientem począwszy od zapytania ofertowego, a kończąc na wystawieniu faktury),
- archiwizację całościowego przebiegu badania (zlecenie, parametry badań, program badań, wykonanie badań, sprawozdanie),

- akty prawne stosowane przez laboratoria podczas wykonywania badań w zakresie ich działalności.

Założono, że wdrażany elektroniczny system zarządzania powinien obejmować wybrane moduły (zaznaczone kolorem zielonym) planowanego całościowego utworzenia systemu, którego schemat ogólny przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Schemat ogólny baz danych zespołu e-Laboratoriów.
Źródło: opracowanie własne

Wymagania sformułowane w odniesieniu do elektronicznego systemu zarządzania akredytowanymi laboratoriami badawczymi były ściśle związane z normą PN-EN ISO/IEC 17025 [1], dotyczącą kompetencji laboratoriów badawczych.

3. Założenia dla elektronicznego systemu zarządzania

Wdrożenie systemu poprzedzone zostało wnikliwą analizą przedwdrożeniową obejmującą specyfikę Instytutu oraz rozległy charakter badawczy laboratoriów działających w strukturze instytutu.

Proces analizy przedwdrożeniowej służył rozpoznaniu potrzeb w stosunku do funkcji oferowanych przez proponowane oprogramowanie.

Analiza przedwdrożeniowa obejmowała cykl spotkań pomiędzy dostawcą oprogramowania a zespołem pracowników z laboratoriów badawczych, podczas których ustalano potrzeby w kontekście możliwości oferowanych przez proponowane oprogramowanie.

Proces analizy przedwdrożeniowej umożliwił ustalenie opcji, których oprogramowanie nie zawierało.

Częścią analizy przedwdrożeniowej był również scenariusz wdrożenia oraz szczegółowa specyfikacja wymagań, które miały zagwarantować końcowy efekt całego przedsięwzięcia.

W wyniku analizy przedwdrożeniowej założono, że docelowo elektroniczny system zarządzania powinien w szczególności umożliwiać [3]:

- zarządzanie bazą kontrahentów obejmującą zleceniodawców i podwykonawców,
- rejestrowanie kontaktów z kontrahentami wraz z gromadzeniem i przechowywaniem zapytań ofertowych, ofert i zleceń zewnętrznych i wewnętrznych,
- nadzorowanie i tworzenie zbiorczych ofert na podstawie częściowych ofert opracowywanych przez laboratoria przez Dział Zarządzania Projektami,
- rejestrowanie wyników badań wraz z identyfikacją numerów próbek, wymagań stawianych badanym próbkom oraz stosowanych metod badawczych,
- gromadzenie i przechowywanie danych o realizowanych badaniach wraz z kartami wyników badań oraz sprawozdaniami z badań, w tym niezgodnych z wymaganiami,
- gromadzenie i przechowywanie procedur badawczych, metod badawczych i wymagań dla badanych obiektów i próbek,
- ewidencjonowanie działań prowadzonych zmierzających do zapewnienia jakości wyników badań ilościowych i jakościowych w oparciu o karty kontrolne wraz z importem danych z arkuszy Excel,
- gromadzenie i przechowywanie dokumentów prowadzonych kontroli jakości badań,
- ewidencjonowanie i zarządzanie wyposażeniem badawczo-pomiarowym (WPIB), wskazywanie pracowników uprawnionych do obsługi wyposażenia, prowadzenie rejestru przebiegu eksploatacji WPIB (informacji o wzorcowaniach, legalizacjach, przeglądach, sprawdzeniach okresowych, awariach, terminach zakończenia gwarancji itd.),
- gromadzenie i przechowywanie elektronicznej dokumentacji WPIB wraz z drukiem naklejek identyfikujących wyposażenie,
- planowanie wzorcowań i sprawdzeń WPIB oraz prowadzenie kontroli ich realizacji,
- gromadzenie i przechowywanie danych dotyczących pracowników laboratorium, w zakresie ich kwalifikacji i uprawnień,
- prowadzenie rejestru planu szkoleń,
- gromadzenie i udostępnianie stosowanych norm i wytycznych PCA (Polskiego Centrum Akredytacji),
- dokumentacji systemu zarządzania laboratorium oraz szablonów dokumentów,
- tworzenie raportów zawierających dane zawarte w systemie,
- eksport danych z systemu do arkuszy Excel.

Dodatkowo ustalono, że założone wymagania muszą być zgodne z dokumentami systemu

zarządzania obowiązującymi w każdym z laboratoriów badawczych.

System powinien także gwarantować bezpieczeństwo przechowywanych zasobów i być wyposażony w zabezpieczenia przed niepożądanym dostępem poprzez autoryzowany system haseł i indywidualnych uprawnień, a także mieć możliwość rozbudowy o kolejne moduły, np. elektroniczny obieg dokumentów.

4. Opis funkcjonalności systemu

Elektroniczny system zarządzania dedykowany do pracy w akredytowanych laboratoriach badawczych ITG KOMAG, obejmuje swoim zakresem osiem modułów:

Moduł KONTRAHENCI, który zawiera bazę kontrahentów, podwykonawców, zapytań ofertowych, ofert, skarg i uwag, zleceń oraz katalog usług.

Rejestr kontrahentów zawiera dane określające kod kontrahenta, nazwę skróconą i pełną, dane adresowe, NIP, oznaczenie dostawcy kwalifikowanego, zaś szczegóły kontrahenta poza ww. danymi obejmują jego REGON, PESEL oraz informacje dodatkowe, takie jak: adres, telefon, fax, e-mail, bank, nr konta, obszar dostaw i adnotacje.

Z wyszczególnionym kontrahentem powiązane są zapytania ofertowe, oferty i zlecenia.

Rejestr zapytań ofertowych zawiera dane dotyczące komórki organizacyjnej, kontrahenta, przedmiotu zapytania oraz zlecenia, datę i status zapytania, formę kontaktu.

Rejestr ofert zawiera dane dotyczące komórki organizacyjnej, nazwę kontrahenta, przedmiot, status i datę wysłania oferty oraz uwagi i numer zlecenia.

Poza wyżej wymienionymi danymi oferta opisuje również zakres i stosowane metody badań, termin realizacji oraz termin ważności oferty.

Dane gromadzone w rejestrze mogą być prezentowane w szablonach:

- korespondencja wewnętrzna do oferty,
- oferta.

Przykładowe dane z rejestru zleceń przedstawiono na rysunku 2.

Szczegóły zlecenia, poza ww. danymi, obejmują również dane o przedstawicielu zleceńodawcy

upoważnionym do uzgodnień, numer i datę zamówienia/umowy oraz opis zastosowanych metod badawczych.

Dane dotyczące etapów zlecenia obejmują: symbol, nazwę, datę rozpoczęcia i zakończenia etapu, formę opracowania, koszt całkowity, w tym koszty usług obcych i materiałów.

Dane gromadzone w rejestrze mogą być prezentowane w szablonach: otwarcie zlecenia wewnętrznego, potwierdzenie przyjęcia zamówienia i protokół odbioru pracy.

Rejestr podwykonawców zawiera dane określające realizującego, numer i etap zlecenia, rodzaj usługi badawczej, termin wykonania, koszt realizacji usługi, numer sprawozdania oraz ocenę podwykonawcy.

Poza ww. danymi określona jest forma przekazania pracy i jej status.

Dane gromadzone w rejestrze mogą być prezentowane w szablonach zgłaszającego:

- zamówienie na podwykonawstwo,
- protokół odbioru podwykonawstwa.

Rejestr skarg i uwag klientów zawiera dane określające zgłaszającego, datę wpływu skargi/uwagi, zgłaszającego, numer zlecenia, odpowiedzialnego za postępowanie wyjaśniające, datę odpowiedzi, adnotacje o wyjaśnieniu skargi oraz opis podjętych ewentualnie działań korygujących lub zapobiegawczych.

Katalog usług zawiera dane określające realizującego (nazwę, symbol), opis i koszt usługi. Możliwość przeglądania katalogu usług bazuje na filtrach: komórka organizacyjna, grupa usług, nazwa, symbol, opis i koszt usługi.

W module istnieje możliwość zapisywania plików z dokumentacją elektroniczną dotyczącą zapytań ofertowych, ofert, zleceń wraz z realizacją podwykonawstwa oraz ewentualnych skarg i uwag klientów.

Moduł WPIB, który gromadzi wszelkie informacje dotyczące wyposażenia, materiałów odniesienia, odczynników, wzorcowania, sprawdzania.

Moduł obejmuje rejestr WPIB, który zawiera dane pozwalające na identyfikację poszczególnego elementu wyposażenia pomiarowo-badawczego.

LP.	KOMÓRKA ORG.	NUMER ZLECENIA	TYP ZLECENIA	KONTRAHENT	TEMAT/ZADANIE	WARTOŚĆ ZLECENIA	DATA ROZPOCZĘCIA	DATA ZAKOŃCZENIA	PROWADZĄCY ZADANIE	STATUS ZLECENIA
1.	DLB	12344	Praca usługowa	KOPEX MACHINERY	badania stojaków	600,00	2013-12-02	2013-12-09	Wojtaszczyk Marek	Zrealizowane

wiersze: 20 « « wyniki 1 do 1 z 1 » »

Usun Dodaj Szczegóły »

Rys.2. Dane z rejestru zleceń [4]

Zawiera on takie informacje, jak: nazwa komórki organizacyjnej, grupa wyposażenia, numer identyfikacyjny elementu WPiB, nazwa, typ aparatury, nazwa producenta wyposażenia WPiB, data zakupu i uruchomienia, termin gwarancji, aktualny status WPiB, osoba odpowiedzialna za użytkowanie wyposażenia, adnotacja o stosowaniu WPiB, numer świadectwa wzorcowania, data ostatniego i następnego wzorcowania i sprawdzenia oraz informacja o ostatnim zdarzeniu w ramach eksploatacji danego elementu WPiB.

Dla każdego WPiB prowadzony jest rejestr przebiegu eksploatacji oraz generowana jest naklejka identyfikacyjna.

Na podstawie danych o WPiB generowany jest harmonogram okresowego wzorcowania/sprawdzenia w danym roku kalendarzowym.

Przykładowy harmonogram okresowego wzorcowania/ sprawdzenia prezentuje rysunek 3.

Z uwagi na specyfikę działalności Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska moduł WPiB uzupełniony został dodatkowo o rejestry: chemicznych materiałów odniesienia, odczynników chemicznych oraz odpadów.

Moduł BADANIA, który służy do gromadzenia danych o metodach i procedurach badawczych, oraz zawiera opis próbek, rejestrację badań i sprawozdań wraz z oceną statystyczną za pomocą kart kontrolnych.

Moduł badań obejmuje rejestry procedur badawczych, metod badawczych, wymagań dotyczących badań, w tym badań niezgodnych z wymaganiami oraz karty kontrolne Shewharta i badań jakościowych.

W rejestrze procedur badawczych gromadzone są dane określające: numer, datę obowiązywania, tytuł, status, uwagi i adnotację o stosowaniu w badaniach według PN-EN ISO/IEC 17025 [1].

W rejestrze istnieje możliwość zapisywania plików wraz z procedurami badawczymi oraz stosowanymi załącznikami.

Rejestr metod badawczych zawiera dane: komórki organizacyjnej, kodu metody, nazwy i opisu metody badawczej oraz adnotację o stosowaniu w badaniach według PN-EN ISO/IEC 17025 [1].

Rejestr umożliwia ponadto powiązanie stosowanej metody badawczej z określonymi normami oraz wyszczególnienie badanych cech i oznaczenie dziedzin i obiektów/grup obiektów według terminologii i klasyfikacji stosowanej przez PCA.

Rejestr wymagań gromadzi dane dotyczące obiektu badań i stawianych wymagań procesu badawczego.

W rejestrze badań znajdują się dane zawierające informacje dotyczące określonego pojedynczego

badania obiektu, w tym określające komórkę organizacyjną, prowadzącego badania, numeru zlecenia, nazwy klienta, tematu badania, daty zlecenia, terminu jego realizacji, kosztu badań, oznaczenia norm i procedur badawczych, rodzaju badania według klasyfikacji PN-EN ISO/IEC 17025, numeru sprawozdania w którym zawarto wyniki badań oraz okresu rozliczeniowego, w którym zrealizowano badanie.

Przykład zilustrowano na rysunku 4.

Dane gromadzone w rejestrze mogą być prezentowane w szablonie sprawozdania z badań.

W rejestrze istnieje także możliwość zapisywania plików zawierających karty wyników badań i sprawozdania z badań.

W rejestrze badań niezgodnych z wymaganiami wprowadzane są dane dotyczące komórki organizacyjnej, charakteru niezgodności, daty jej wystąpienia, zgłaszającego niezgodność oraz numer i tytuł sprawozdania, numer zlecenia, dane zleceniodawcy oraz ewentualnych podjętych działaniach korygujących.

Rejestr kart kontrolnych Shewharta gromadzi wyniki pomiarów i na ich podstawie, w zależności od rodzaju karty, określa parametry statystyczne, takie jak: wartości średnie (\bar{x}_{sr}), rozstęp (R), odchylenie standardowe (s), mediana (Me), liczba skontrolowanych i niezgodnych jednostek oraz tworzy na ich podstawie wykresy.

Karta kontrolna Shewarta jest narzędziem wykorzystywanym w procesie sterowania jakością wyników badań, szczególnie w odniesieniu do wzorcowań i sprawdzeń wewnętrznych WPiB.

Zastosowanie kart kontrolnych Shewarta pozwala na wyznaczenie linii centralnej (CL) oraz górnej (UCL) i dolnej (LCL) granicy kontrolnej zbioru danych.

Zbiorem danych mogą być np. wyniki sprawdzeń wewnętrznych elementów wyposażenia WPiB wykonywane w regularnych odstępach czasowych.

Dzięki zastosowaniu kart Shewarta możliwe jest śledzenie trendu błędu dla danego wyposażenia pomiarowego oraz ustanowienie jasnych kryteriów dla zachowania odpowiedniej jakości prowadzonych prac badawczych.

Schemat karty kontrolnej wraz z wyznaczoną linią centralną oraz górną i dolną granicą kontrolną w formie wykresu został przedstawiony na rysunku 5.

Moduł PERSONEL, który zawiera informacje o pracownikach w zakresie ich kompetencji, planowanych szkoleniach oraz posiadanych kwalifikacjach.

Panel modułu umożliwia planowanie szkoleń oraz przebieg ich realizacji.

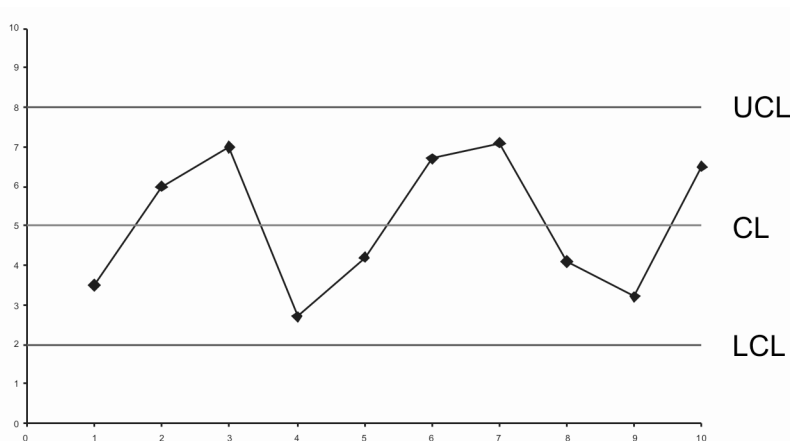
Rejestr WPIB		Harmonogram okresowego wzorcowania/sprawdzania											
Rok	2014												
nazwa wyposażenia	typ	styczeń	lut	marzec	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień
Wyposażenie DLB 02	Typ wyposażenia DLB 02	:3	:2	:4	:3	:3	:2	:2	:1	:13	:3	:12	:2
		:16	:5	:17	:6	:16	:5	:15	:4	:23	:23	:22	:22
		:26	:25	:27	:26	:26	:25	:25	:24	:30	:23	:29	:22
Wyposażenie DLB 03	Typ wyposażenia DLB 03	:1	:10	:2	:11	:1	:10	:20	:9	:18	:8	:17	:7
		:21	:20	:22	:21	:21	:20	:20	:19	:18	:18	:17	:17
		:21	:28	:22	:29	:21	:28	:28	:27	:26	:26	:25	:25
Wyposażenie DLB 04	Typ wyposażenia DLB 04	:3	:1	:4	:2	:3	:1	:2	:1	:9	:9	:8	:8
		:12	:2	:13	:3	:12	:2	:11	:10	:9	:19	:8	:18
		:12	:11	:13	:12	:12	:11	:11	:20	:29	:30	:28	:29
Wyposażenie DLB 05	Typ wyposażenia DLB 05	:1	:19	:11	:11	:6	:19	:9	:14	:7	:3	:6	:16
		:10	:19	:17	:20	:10	:19	:19	:18	:8	:17	:16	:16
		:20	:20	:21	:20	:20	:25	:20	:18	:17	:17	:22	:17
		:26		:31		:30		:29		:27		:26	
		:30				:31							

Generuj plan

Rys.3. Harmonogram okresowego wzorcowania/sprawdzania WPIB [4]

Komórka organizacyjna	[DLS] Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska	Nr zlecenia	OR03-DLS
Temat badania	Przypisz zlecenie		
Temat badania RES-DLS01	Kontrahent		
	NIP: 3741586347		
	Nazwa: Kontrahent 03 pełna nazwa		
Data zlecenia badania	2013-10-03	Zlecenie wewnętrzne - zamawiająca komórka organizacyjna	-- proszę wybrać --
Termin realizacji badania	2013-10-19	Metody badawcze użyte do badania (normy/procedury)	
Data rozpoczęcia badania	2013-10-06	1. Metoda badawcza MB-DLS-01	
Data zakończenia badania	2013-10-09	2. Metoda badawcza MB-DLS-02	
Data dostarczenia obiektu	2013-10-13	3. Metoda badawcza MB-DLS-03	
Prowadzący badanie	Pracownik DLS_01	Dodaj nową metodę	
Rodzaj badania	-- proszę wybrać --	Numery sprawozdań	
Obiekt badania	Obiekt badania RES-DLS01	1. 01/DLS/2013	
Rodzaj materiału	Rodzaj materiału badanego w RES-DLS01	2. 02/DLS/2013	
Cena badania netto	39,99	3. 03/DLS/2013	
Okres rozliczeniowy [RRRR-MM]	2013-10	Nr	
Rodzaj badania wg PN-EN ISO/IEC 17025:2005	<input checked="" type="checkbox"/> badania akredytowane (A) <input type="checkbox"/> badania nieakredytowane (NA)		
	<input type="checkbox"/> badania w stałym zakresie akredytacji (AS) <input type="checkbox"/> badania w elastycznym zakresie akredytacji (AE)		
Uwagi	Uwagi do badania RES-DLS01		

Rys.4. Rejestr badań [4]



Rys.5. Schemat karty kontrolnej Shewarta [4]

Zakres danych o pracowniku obejmuje:

- nazwisko i imię, nazwę i symbol komórki organizacyjnej, stanowisko, datę objęcia stanowiska, wykształcenie, tytuł, specjalność, rok rozpoczęcia pracy w ITG KOMAG, rok rozpoczęcia pracy zawodowej oraz nazwiska i imiona bezpośrednich przełożonych,
- uprawnienia wraz określeniem daty ich nadania i wyszczególnieniem ich zakresu oraz dokumentami potwierdzającymi ukończenie szkoleń,
- kwalifikacje określające zakres odbytych szkoleń.

Plan szkoleń zawiera dane dotyczące komórki organizacyjnej, tematu szkolenia, jednostki/osoby szkolącej, terminu i kosztu szkolenia oraz uwag o realizacji szkolenia.

W rejestrze szkoleń gromadzone są dane dotyczące komórki organizacyjnej, numeru, tematu, uczestnika, prowadzących, terminie, koszcie oraz rodzaju dokumentu potwierdzającego szkolenie.

Wyszukiwarka szkoleń posiada możliwość filtrowania danych ze względu na kategorię, rodzaj, numer, temat, prowadzącego, uczestników, termin i koszt.

Moduł DOKUMENTY ZEWNĘTRZNE, który zawiera informacje o normach i wytycznych PCA.

Moduł ten zasilany i nadzorowany jest przez Dział Zarządzania Jakością i Wiedzą zawiera rejestr norm oraz obowiązujące wytyczne PCA dotyczące akredytowanych laboratoriów badawczych.

W rejestrze norm gromadzone są dane o: numerze, tytule, wersji językowej, statusie, uwagach oraz formie udostępnienia norm.

W bazie wytycznych PCA gromadzone są dane o numerze, tytule, statusie, dacie obowiązywania i uwagach do dokumentów PCA.

Moduł JAKOŚCI, który umożliwia tworzenie szablonów dokumentów, kontrolę dokonywanych w nich zmian i publikowania kolejnych wydań.

W module znajduje się też rejestr odstępstw wraz z potwierdzeniem akceptacji lub odrzucenia przez uprawnionego użytkownika.

W pozycji dokumentacja zgromadzone są dane systemu zarządzania laboratorium (księga jakości, procedury i instrukcje ogólne, załączniki, prowadzone rejestry itp.).

Definiowani są również ich użytkownicy oraz określony sposób zarządzania dostępem do odpowiednich dokumentów systemu zarządzania poszczególnych laboratoriów.

Autoryzowane grupy użytkowników podzielone są na trzy obszary [4]:

- grupy użytkowników,

- autoryzowane grupy,
- autoryzowanych użytkowników.

Po zaznaczeniu wybranej grupy przenoszona jest ona do obszaru grup autoryzowanych, a użytkownicy przypisani do niej są wyświetlani.

Moduł umożliwia poprzez wgranie odpowiedniego pliku, sprawdzenie poprawności wygenerowania tagu, niezbędnego do utworzenia szablonu.

W rejestrze odstępstw gromadzone są dane dotyczące: numeru i rodzaju odstępstwa, wnioskodawcy, daty zgłoszenia, czasu trwania, aprobaty daty zatwierdzenia i statusu danego odstępstwa.

Moduł RAPORTY I REJESTRY, który pozwala tworzyć raporty zgodnie z potrzebami użytkownika, a także definiować własne rejestry danych, na podstawie informacji zawartych w systemie.

Moduł ADMINISTRACJA, który zawiera opcje pozwalające zarządzać użytkownikami, grupami, w tym nadawać uprawnienia do informowania i funkcji systemu.

Moduł przeznaczony dla administratora systemu [4] zawiera: słowniki definiujące rodzaje badań, dokumenty określające wymagania do stwierdzenia zgodności, informacje o badanych obiektach, grupy usług, kategorie dokumentów, rodzaje dokumentów ze szkoleń, rodzaje prowadzonych prac, rodzaje szkoleń, grupy, rodzaje, zdarzenia przebiegu ich eksploatacji WPIB.

Administrator systemu zarządza użytkownikami, grupami, nadaje prawa użytkownikom systemu, tworzy logi systemowe i kopie bezpieczeństwa.

Na poziomie laboratorium istnieje możliwość tworzenia słowników lokalnych (przez uprawnione osoby) odpowiadających specyfice danego laboratorium.

5. Wdrożenie systemu w laboratoriach ITG KOMAG

W ramach wdrożenia systemu akredytowane laboratoria badawcze ITG KOMAG w okresie od lipca do grudnia 2013 r. testowały kolejne wersje programu PBC.ERP-lab.

Przetestowano łącznie kilkanaście wersji systemu z uwzględnieniem uwag oraz wymagań stawianych przez laboratoria. Zmiany w oprogramowaniu dotyczyły specyficznych dla laboratoriów badawczych procedur, wprowadzanych danych, przetwarzanych i udostępnianych przez system w formie raportów lub zestawień.

Istotnym etapem wdrożenia elektronicznego systemu zarządzania był cykl szkoleń personelu laboratoriów. Podczas szkoleń użytkownicy przeszli

gruntowne szkolenie wstępne ze wszystkich modułów oprogramowania. Szkolenie umożliwiło zapoznanie się z systemem oraz pozwoliło na zwrócenie uwagi na elementy modułów wymagające modyfikacji.

Etapem uzupełniającym były szkolenia przeprowadzone w każdym z laboratoriów oddzielnie, bezpośrednio z użytkownikami systemu.

6. Podsumowanie

Informatyczne systemy zarządzania są w chwili obecnej wykorzystywane powszechnie.

Stanowią główne źródło informacji i wspierają kierownictwo w podejmowaniu decyzji.

W założeniach wdrożenie **elektronicznego systemu zarządzania** powinno spowodować:

- ujednoczenie informacji w obrębie każdego z laboratorium,
- łatwość uzyskiwania informacji z systemu przez jego użytkowników,
- lepszą jakość i dopasowanie informacji do potrzeb użytkowników,
- zmniejszenie kosztów administracji systemu.

Elektroniczny system zarządzania pracą akredytowanych laboratoriów badawczych wykonany w ramach realizacji Projektu RPO WSL 1.3 "Rozbudowa laboratoriów Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach celem prowadzenia badań na rzecz bezpieczeństwa użytkowania wyrobów" [2] spełnia wymagania w zakresie nadzoru nad dokumentami, personelem, metodami badawczymi i obsługą WPiB, obsługą klientów i podwykonawstwem badań oraz realizacji badań i kontroli jakości ich wyników, zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17025 [1].

System ten umożliwia rejestrowanie badań przez utworzenie projektu – zlecenia zewnętrznego na usługi laboratoryjne lub przez uruchomienie elektronicznego obiegu zlecenia wewnętrznego.

Wdrożony do stosowania system umożliwia odtworzenie historii poszczególnych badań w jednym

miejscu począwszy od zapytania ofertowego klienta, a kończąc na edycji sprawozdania z badań zawierającego wyniki badań.

System zawiera ponadto bazę dokumentów niezbędnych do realizacji badań zleconych przez klienta, co w znacznym stopniu ułatwia ich sprawne przeprowadzenie. System zarządzania pracą akredytowanych laboratoriów badawczych, zwany umownie systemem e-laboratorium, jest pierwszym etapem wdrażanego w ITG KOMAG kompleksowego systemu zarządzania.

W przyszłości planowana jest rozbudowa systemu o kolejne moduły w taki sposób, aby objąć systemem zarządzania wszystkie komórki organizacyjne ITG KOMAG.

Literatura

1. Norma PN-EN ISO/IEC 17025: 2005. Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
2. Wniosek o dofinansowanie realizacji projektu ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007-2013.
3. Wojtaszczyk M., Rakwicz B., Orzech Ł.: Doskonalenie systemu zarządzania Instytutu oraz rozwój metod i procedur oceny zgodności wyrobów. System zarządzania pracą akredytowanych laboratoriów badawczych. Wdrożenie modułów zarządzania pracą w akredytowanych laboratoriach badawczych. ITG KOMAG, Gliwice 2013 (materiały nie publikowane).
4. PBC.ERP-Lab System Zarządzania Laboratorium – Dokumentacja użytkownika.

Artykuł wpłynął do redakcji w lutym 2014 r.



**PROGRAM
REGIONALNY**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



Śląskie.
Pozytywna energia

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007-2013

Tematyczny wykaz artykułów opublikowanych w 2013 roku

PROJEKTOWANIE I BADANIA

1/2013

Dobrzaniecki P., Mężyk A.: Modelowanie charakterystyk trakcyjnych napędów na przykładzie wybranej struktury układu napędowego maszyny roboczej

3

Majejczyk W.: Metodyka badań układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej

11

Kalita M.: Konstrukcja ochronna operatora ładowarki górniczej w świetle przepisów i badań niszczących

16

2/2013

Winkler T.: Przyczynek do historii rozwoju metod i narzędzi komputerowego wspomagania projektowania w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG

7

Kozieł A., Gryniewicz-Bylina B., Majejczyk W., Orzech Ł.: Rozwój zaplecza badawczego Instytutu Techniki Górniczej KOMAG

19

3/2013

Mazurek K.: Modelowanie konstrukcji osłony ratowniczej indywidualnej

3

Janas S.: Stanowisko badawcze oraz metoda wyznaczania siły zrywającej połączenie cierne

8

Rakwic B., Wojtynek R.: Zastosowanie metody ultradźwiękowej do oceny stanu złączy spawanych spągnicy sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej

14

4/2013

Szwerda K., Wołczyk W., Tokarczyk J., Michalak D.: Odtwarzanie relacji człowiek - maszyna - środowisko w wirtualnym środowisku pracy

3

Świder J., Woszczyński M., Stankiewicz K.: Integracja i zarządzanie działaniem źródeł i odbiorników prądu w pojazdach z układami rekuperacji energii cieplnej

10

Grabka L., Markowicz J., Szweda S.: Modelowanie nacisku na powierzchni styku wargowego pierścienia uszczelniającego z wałem

20

Konsek R., Szwerda K., Tokarczyk J., Kaczmarczyk K.: Badania symulacyjne napędu dwusilnikowego podwieszoności ciągnika PCA-1

27

DESIGNING AND TESTING

1/2013

Dobrzaniecki P., Mężyk A.: Modelling the traction characteristics of drives on the example of the selected structure of drive system of machinery equipment

3

Majejczyk W.: Methodology for testing the hydraulic system of powered roof support

11

Kalita M.: Structure protecting the loader operator in the light of current regulations and non-destructive tests

16

2/2013

Winkler T.: Contribution to the history of development of methods and tools for computer aided designing at the KOMAG Institute of Mining Technology

7

Kozieł A., Gryniewicz-Bylina B., Majejczyk W., Orzech Ł.: Development of testing facility of the KOMAG Institute of Mining Technology

19

3/2013

Mazurek K.: Modelling the design of individual rescue shields

3

Janas S.: Testing facility and the method for determination of the force breaking the frictional coupling

8

Rakwic B., Wojtynek R.: Use of ultrasonic method for assessment of welded joints in the base of powered roof support

14

4/2013

Szwerda K., Wołczyk W., Tokarczyk J., Michalak D.: Recreation of man - machine - environment relationships in virtual working environment

3

Świder J., Woszczyński M., Stankiewicz K.: Integration and management of current generators and receivers in vehicles with heat recuperation systems

10

Grabka L., Markowicz J., Szweda S.: Modelling the pressure on contact surface of sealing ring and shaft

20

Konsek R., Szwerda K., Tokarczyk J., Kaczmarczyk K.: Simulation tests of two-motor drive of PCA-1 suspended drivetrain

27

OBUDOWY ŚCIANOWE

1/2013

Chlebek D., Gerlich J.: Analiza wyników oceny stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej w wybranych kopalniach 22

2/2013

Szyguła M.: Rozwój konstrukcji sekcji obudowy zmechanizowanej w górnictwie węgla kamiennego w Polsce 30

3/2013

Chlebek D., Gerlich J.: Wpływ nowelizacji przepisów na proces oceny stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej 26

PRZERÓBKA MECHANICZNA

1/2013

Matusiak P., Tomas A., Kwaśny K.: Nowe rozwiązanie prasy filtracyjnej PFK 570 N 27

2/2013

Matusiak P., Kowol D.: Maszyny do przeróbki mechanicznej konstruowane w ITG KOMAG ... 71

BEZPIECZEŃSTWO I ERGONOMIA

1/2013

Michalak D.: Upowszechnianie informacji o bezpiecznych metodach pracy 34

2/2013

Prostański D., Jedziniak M.: Rozwój systemów zwalczania zagrożeń pyłowych 87

SYSTEMY MONITOROWANIA ZAGROZEŃ

1/2013

Bartoszek S., Jagoda J., Rogala-Rojek J., Jura J., Latos M.: Zmodernizowany system monitoringu konstrukcji obiektów wielkopowierzchniowych 38

LONGWALL ROOF SUPPORTS

1/2013

Chlebek D., Gerlich J.: Analysis of the results of assessment of powered roof support technical condition in the selected mines 22

2/2013

Szyguła M.: Advancement in design of powered roof support used in the mining industry in Poland 30

3/2013

Chlebek D., Gerlich J.: Impact of regulations revision on the process of assessment the technical condition of powered roof supports 26

MECHANICAL MINERAL PROCESSING

1/2013

Matusiak P., Tomas A., Kwaśny K.: New solution of PFK 570N filtration press 27

2/2013

Matusiak P., Kowol D.: Machines for mechanical processing designed at KOMAG 71

SAFETY AND ERGONOMICS

1/2013

Michalak D.: Dissemination of information about safe work methods 34

2/2013

Prostański D., Jedziniak M.: Development of the systems for control of dust hazards 87

SYSTEMS FOR MONITORING OF HAZARDS

1/2013

Bartoszek S., Jagoda J., Rogala-Rojek J., Jura J., Latos M.: Modernized system for monitoring the structure of large-surface objects 38

JAKOŚĆ, CERTYFIKACJA, NORMALIZACJA, ZARZĄDZANIE**1/2013**

Zajac R., Wierzbicka D., Szyguła M.: Wymagania bezpieczeństwa dla stojaków hydraulicznych centralnie zasilanych według projektu normy PN-G-15536 44

2/2013

Kaczmarczyk J., Figiel A., Małecki J.: Ocena zgodności wyrobów 99

KLASTRY, INNOWACJE, FUNDUSZE UNIJNE**1/2013**

Śledziński W.: Klaster Maszyn Górniczych 50

WARTO PRZECZYTAĆ**1/2013**

Opis monografii 56

Tematyczny wykaz artykułów opublikowanych w „Maszynach Górniczych” w 2012 roku 59

2/2013

Opis monografii 106

3/2013

Opis monografii 60

4/2013

Opis monografii 72

JUBILEUSZ**2/2013**

Zajac R.: Działalność wydawnicza ITG KOMAG na tle trzydziestolecia istnienia kwartalnika Maszyny Górnicze 3

MASZYNY URABIAJĄCE**2/2013**

Mazurkiewicz A.: Rozwój konstrukcji kombajnów ścianowych 39

QUALITY, CERTIFICATION, STANDARIZATION, MANAGEMENT**1/2013**

Zajac R., Wierzbicka D., Szyguła M.: Safety requirements for centrally supplied hydraulic legs according to the PN-G-15536 draft standard 44

2/2013

Kaczmarczyk J., Figiel A., Małecki J.: Assessment of products conformity 99

CLUSTERS, INNOVATIONS, EU FUNDS**1/2013**

Śledziński W.: Cluster of Mining Machines 50

WORTH TO READ**1/2013**

Monography description 56

List of papers published in „Mining Machines” in 2012 59

2/2013

Monography description 106

3/2013

Monography description 60

4/2013

Monography description 72

JUBILLE**2/2013**

Zajac R.: KOMAG's publishing activity on the background of 30 years of Mining Machines quarterly 3

MINING MACHINES**2/2013**

Mazurkiewicz A.: Development of longwall shearers design 39

TRANSPORT I ODSZCZEPNIENIE

2/2013

Pieczora E., Suffner H.: Rozwój lokomotyw do kopalnianych kolei podziemnych 45

Drwięga A., Suchoń J.: Rozwój przenośników zgrzeblowych i strugów węglowych w Polsce 55

3/2013

Suchoń J., Szkudlarek Z., Rogala-Rojek J.: Komputerowe wspomaganie obliczeń parametrów technologicznych górniczych przenośników zgrzeblowych 34

4/2013

Szwerda K., Tokarczyk J.: Zastosowanie wirtualnego prototypowania w ocenie algorytmu sterowania przenośnika zgrzeblowego 39

SZCZEPNIENIE I MASZYNY WYCiąGOWE

2/2013

Kowal L.: Nowoczesne maszyny wyciągowe i ich wyposażenie na przykładzie efektów współpracy ITG KOMAG z przemysłem 61

NAPĘDY I STEROWANIE

2/2013

Budzyński Z.: Innowacyjne rozwiązania elektrycznych układów napędowych maszyn górniczych 77

3/2013

Kaczmarczyk K., Turewicz A.: Obciążenie cieplne układu wylotowego górniczych napędów spalinowych w aspekcie zastosowania reaktora katalitycznego 41

Cebula D., Kalita M.: Próby doświadczalne kompozytowego silnika pneumatycznego 46

Konsek R.: Rozwój pojazdów użytkowych i maszyn roboczych o napędzie hybrydowym 53

4/2013

Chrostowski H., Popczyk Z., Szadkowska J.: Turbulencje na globalnym, europejskim i krajowym rynku maszyn i urządzeń oraz techniki płynowej 46

Kaczmarczyk K.: Ekologiczne aspekty eksploatacji górniczego napędu spalinowego 56

TRANSPORT AND CONVEYING SYSTEM

2/2013

Pieczora E., Suffner H.: Development of locomotives for mine underground railways 45

Drwięga A., Suchoń J.: Development of flight bar conveyors and coal ploughs in Poland 55

3/2013

Suchoń J., Szkudlarek Z., Rogala-Rojek J.: Computer-aided calculations of technological parameters of mine flight-bar conveyors 34

4/2013

Szwerda K., Tokarczyk J.: Use of virtual prototyping in assessment of algorithm for control of flight-bar conveyor 39

SHAFTS AND HOISTING MACHINES

2/2013

Kowal L.: State-of-the-art hoisting machines and their equipment on the example of effects of collaboration between KOMAG and industry 61

DRIVERS AND CONTROL SYSTEMS

2/2013

Budzyński Z.: Innovative solutions of electric drive systems of mining machines 77

3/2013

Kaczmarczyk K., Turewicz A.: Thermal load to exhaust system of mining diesel drives in the aspect of using the catalytic reactor 41

Cebula D., Kalita M.: Laboratory tests of composite pneumatic motor 46

Konsek R.: Development of vehicles and machines with hybrid drive 53

4/2013

Chrostowski H., Popczyk Z., Szadkowska J.: Turbulences on global, European and Polish market of machines, equipment and fluid engineering 46

Kaczmarczyk K.: Ecological aspects of operation of mine diesel drive 56

ZMECHANIZOWANE KOMPLEKSY

3/2013

Kalita M.: Wciągarka łańcuchowa układaka przewodów kompleksu MIKRUS 21

WENTYLACJA I KLIMATYZACJA

4/2013

Jedziniak M.: Małogabarytowe urządzenie odpylające 34

EKSPLOATACJA I NIEZAWODNOŚĆ

4/2013

Rozmus M.: Listy kontrolne wspomagające użytkowanie i utrzymanie ruchu maszyn górniczych 63

4/2013

Wykaz recenzentów w 2013 roku 74

MECHANIZED SYSTEMS

3/2013

Kalita M.: Chain hoist for hoses and cables setter in MIKRUS complex 21

VENTILATION AND CONDITIONING

4/2012

Jedziniak M.: Small-size dust control equipment ... 34

OPERATION AND RELIABILITY

4/2013

Rozmus M.: Control lists aiding use and maintenance of mining machines 63

4/2013

List of the reviewers in 2013 74