

Nowa technologia udostępniania złoża to znaczna oszczędność czasu i pieniędzy

Tytuł projektu: Innowacyjne metody udostępniania głębokich złóż rud miedzi CuBR//1/NCBR/2014 Obszar badawczy: Górnictwo i geologia		Lider: KGHM CUPRUM Sp. z o.o. – Centrum Badawczo-Rozwojowe Członkowie konsorcjum: ▪ Przedsiębiorstwo Budowy Kopalń PeBeKa S.A. ▪ Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie ▪ Politechnika Wrocławska ▪ Główny Instytut Górnictwa	
	Wartość projektu: 10 187,7 tys. zł Wartość dofinansowania: 10 039,4 tys. zł		Czas realizacji projektu 2015-2018

„Wyniki projektu przełożą się na skrócenie czasów realizacji procesów technologicznych związanych z budową/głębieniem szybów w warunkach głęboko zalegających złóż rud miedzi, w górotworze o skomplikowanej budowie geologiczno-hydrogeologicznej, gdzie podstawową metodą przygotowania górotworu do głębienia szybów jest jego mrożenie. Przełoży się to na skrócenie cyklu realizacji inwestycji, a w konsekwencji znacząco poprawi efektywność kosztownego procesu udostępniania takich złóż. W pierwszej kolejności efekty tych działań będą widoczne w procesach inwestycyjnych związanych z budową nowych szybów dla potrzeb eksploatacji złoża rudy miedzi w obrębie obszaru górniczego Głogów Głęboki-Przemysłowy, zaś w późniejszym okresie w procesach udostępniania złoża rudy miedzi w perspektywicznych obszarach złożowych, położonych w północnej części monokliny przedsudeckiej”.

mgr inż. Sławomir Fabich, Prezes Zarządu KGHM CUPRUM

Korzyści z realizacji projektu:

- Skrócenie czasu niezbędnego na przygotowanie złoża do eksploatacji
- Mniejsza ingerencja w środowisko (ograniczenie procesu mrożenia górotworu)
- Zwiększenie bezpieczeństwa pracy (rzadsze korzystanie z materiałów wybuchowych)

Przygotowanie złoża rud miedzi do eksploatacji jest procesem długotrwałym i kosztochłonnym. Prace prowadzone na powierzchni, głębienie szybu, a następnie demontaż urządzeń służących głębieniu to zwyczajowo okres ok. 10-12 lat. Tak długi czas wynika z olbrzymiego skomplikowania całego procesu prowadzonego pod ziemią w bardzo zróżnicowanych warunkach geologicznych, nawet w obszarze jednego złoża. **Poszukiwanie sposobów na skrócenie czasu w jakim złożo jest udostępnione jest dużym wyzwaniem badawczym, które jednak może znacznie się opłacić.** Skrócenie tego procesu to nic innego jak szybsze rozpoczęcie wydobywania rudy i co za tym idzie zarabianie na jej przerobie.

Celem projektu, którym kierowała spółka KGHM Cuprum było właśnie opracowanie takiej technologii, która pozwoliłaby na istotne skrócenie czasu udostępnienia złoża. Prace projektowe zostały podzielone na 5 zadań. Punktem wyjścia była zdefiniowanie wszystkich elementów procesu technologicznego stanowiących tzw. ścieżkę krytyczną procesu głębinienia szybu według aktualnie (w momencie rozpoczynania projektu) stosowanych technologii, a następnie analiza możliwości eliminacji lub zastąpienia niektórych elementów składowych przez inne rozwiązania technologiczne m.in. stosowane zagranicą. Analizowano także możliwość rezygnacji z udostępnia złoża za pomocą szybów i zastąpienia ich wyrobiskami nachylonymi (tzw. upadowe). Ponieważ opracowywana technologia była projektowana dla konkretnego złoża (monoklina przedsudecka i niecka grodziecka) konieczne było w ramach kolejnego etapu projektu opracowanie optymalnej metody rozpoznawania warunków geologicznych oraz własności fizyko-chemicznych skał na obu tych obszarach, a następnie szczegółowe rozpoznanie górotworu w celu przygotowania jego eksploatacji.

Końcowym efektem projektu była technologia optymalizująca proces udostępniania złoża pozwalająca na skrócenie czasu realizacji wyrobiska udostępniającego w porównaniu do wariantu bazowego (10 lat) o ok. 2 lata, w związku z czym możliwe jest zredukowanie kosztów inwestycji (w stosunku do kosztu bazowego) o kwotę ok. 72 mln zł.

EFEKTY



Ramowa technologia głębinienia wyrobisk udostępniających złoża głęboko zalegające dla obszaru monokliny przedsudeckiej.



Założenia dla ramowej technologii głębinienia wyrobiska udostępniającego złoża zalegające w obrębie obszaru złożowego synkliny grodzieckiej.

Technologia wychwytywania ditlenku siarki to pomysł na nowy produkt w portfolio KGHM

Tytuł projektu: Nowy innowacyjny sposób zagospodarowania strumienia siarki z procesów technologicznych KGHM (CuBR/III/7/NCBR/2017). Obszar badawczy: Metalurgia, przetwórstwo, nowe materiały	Lider: Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych Członkowie konsorcjum: ▪ Instytut Inżynierii Chemicznej PAN ▪ Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych ▪ Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Nowych Syntezy Chemicznych
--	---

	Wartość projektu: 11 826,8 tys. zł Wartość dofinansowania: 11 826,8 tys. zł		Czas realizacji projektu 2017-2021
---	--	---	------------------------------------

"Projekt ten i utworzone konsorcjum pozwoliło nam nawiązać i zacieśnić współpracę z Instytutem Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Instytutem Inżynierii Chemicznej PAN oraz Instytutem Nowych Syntezy Chemicznych..."
dr inż. Jan Mrozowski

Korzyści z realizacji projektu:

- Opracowanie alternatywnego w stosunku do produkcji kwasu siarkowego sposobu gospodarczego wykorzystania strumienia siarki zawartej w gazach procesowych (powstałych w trakcie wytopu miedzi)
- Możliwość wprowadzenia do oferty KGHM nowego produktu
- Utrzymanie emisji ditlenku siarki na poziomie zgodnym z wymogami środowiskowymi
- Zabezpieczenie podaży gipsu niezbędnej dla krajowego rynku materiałów budowlanych

KGHM Polska Miedź SA jest jednym z największych producentów kwasu siarkowego w Polsce. W 2024 roku huty w Głogowie i Legnicy należące do grupy kapitałowej KGHM wyprodukowały ok 450 tys. ton kwasu. Ten związek chemiczny jest niejako produktem „ubocznym” procesu wychwytywania siarki (ditlenku siarki) z gazów powstających w trakcie wytopu miedzi. Pomimo, że kwas siarkowy ma szerokie zastosowanie w gospodarce (produkcja nawozów, przemysł petrochemiczny, metalurgiczny, produkcja akumulatorów) **KGHM od dłuższego czasu borykał się z problemem nadwyżki podaży kwasu nad możliwościami jego zagospodarowania.** Poszukiwania alternatywnych wobec produkcji kwasu zastosowań nie przynosiły efektów. Zarówno wytwarzanie siarki elementarnej (wykorzystywanej jako surowiec do produkcji kwasu, nawozów mineralnych, środków ochrony roślin), jak i siarczanu amonu okazywało się nieopłacalne, gdyż produkty te trafiały de facto na ten sam rynek co kwas siarkowy charakteryzujący się przewagą podaży nad popytem.

Jedynym perspektywicznym kierunkiem było wykorzystanie ditlenku siarki do produkcji gipsu. Problemem był jednak brak odpowiedniej technologii, gdyż te stosowane do tej pory przy

produkcji gipsu były skuteczne jedynie w przypadku niewielkich zawartości ditlenku siarki (poniżej 0,1%) w gazach procesowych i nie nadawały się do warunków w jakich pracują huty miedzi, gdzie zawartość ditlenku znacznie przekracza ten poziom.

Tematyka ta zainteresowała Instytut Metali Nieżelaznych. Instytut opracował technologię zbiornikowego odsiarczania gazów o zawartości do 6% ditlenku siarki w reaktorze o objętości 1,5m³. Prace te zostały sfinansowane ze środków POIG 2007-2013. Możliwość zastosowania tego rozwiązania w warunkach przemysłowych potwierdzono w Hucie Cynku „Miasteczko Śląskie” w skali wielkogabarytowej w reaktorze o przepustowości do 600 m³/h gazów pracującym w oparciu o gazy zawierające do 3% ditlenku. W ramach badań własnych Instytut wykazał możliwość zastosowania tej technologii w przypadku wyższych stężeń sięgających 10%, przy jednoczesnej produkcji wysokiej jakości gipsu.



Prace nad dalszym rozwojem tej technologii stały się przedmiotem projektu finansowanego w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia CuBR. Realizowany projekt miał na celu przebadanie w skali pilotażowej różnych wariantów reaktora (służącego do oczyszczania gazów), tak aby możliwe było określenie optymalnych pod względem wydajności parametrów konstrukcyjnych reaktorów przemysłowych. Prace badawcze zostały podzielone na pięć etapów. Punktem wyjścia było zaprojektowanie i zbudowanie instalacji pilotażowej o wydajności 2000 m³/h gazu procesowego. **Umożliwiło to wyprodukowanie reprezentatywnej partii gipsu i określenie jego przydatności do produkcji materiałów budowlanych.** Na tym etapie weryfikowano też w oparciu o opracowany model komputerowy reaktora różne warianty jego konstrukcji zapewniające optimum wydajności. Kończącym etapem projektu

było opracowanie założeń instalacji przemysłowej do produkcji gipsu.

Opracowana technologia potwierdziła swoją skuteczność w przypadku stężenia ditlenku siarki wahającego się w przedziale od 5% do 11%. Jakość uzyskiwanego produktu odsiarczania gazów – tzw. gipsu dwuwodnego – okazała się odpowiednia z punktu widzenia wytwarzania produktów dla sektora budowlanego (płyty gipsowo-kartonowe, kleje, zaprawy gipsowe, tynki).

Możliwości wdrożenia tej technologii zostały tymczasowo zawieszone. Powodem była opłacalność produkcji gipsu w sytuacji bardzo niskich (w momencie zakończenia projektu w 2021 roku) cen niektórych materiałów budowlanych (niski poziom cen wynikał z dekonunktury na rynku budowlanym spowodowanym pandemią COVID-19). Ponieważ głównymi dostawcami gipsu są elektrownie węglowe (gips jest produkowany z odsiarczania powstałych tam spalin) rezygnacja z tego paliwa i w związku z tym spadek podaży gipsu z tego źródła może w niedługim czasie spowodować wzrost opłacalności opracowanej technologii.

EFEKTY

-  Technologia produkcji gipsu z gazów procesowych
-  Innowacyjny reaktor
-  Linia pilotażowa do produkcji gipsu

Komputerowe projektowanie metryk przynosi kopalniom znaczne oszczędności

Tytuł projektu: Projektowanie metryk strzałowych z wykorzystaniem narzędzia komputerowego opracowanego dla warunków górniczo-geologicznych kopalń rud miedzi LGOM (CuBR/III/6/NCBR/2017). Obszar badawczy: Górnictwo i geologia		Lider: KGHM CUPRUM Sp. z o.o. – Centrum Badawczo-Rozwojowe Członkowie konsorcjum: ▪ Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie; ▪ Główny Instytut Górnictwa; ▪ NITROERG SA	
	Wartość projektu: 4 302,5 tys. zł Wartość dofinansowania: 4 251,5 tys. zł		Czas realizacji projektu 2017-2021

"To co wyróżnia nasze rozwiązanie to bardzo duże zastosowanie obliczeń numerycznych do oceny efektów robót strzałowych. Projekt dał nam i KGHM dużo do myślenia. Stało się oczywiste, że trzeba inwestować w technikę strzałową, a to otwiera pole do dalszej współpracy i projektów B+R."

dr hab. inż. Piotr Mertuszka

Korzyści z realizacji projektu:

- Opracowanie wytycznych dla uzyskania optymalnych sposobów strzelania przodków
- Standaryzacja procesu we wszystkich kopalniach KGHM Polska Miedź
- Zmniejszenie kosztu jednostkowego robót strzałowych
- Skrócenie czasu przygotowania robót strzałowych
- Oszczędność czasu i energii elektrycznej w czasie prowadzenia robót wiertniczych
- Szacunkowe oszczędności mogą wynieść ok 16,5-24,5 mln zł rocznie

Urabianie w kopalnianych chodnikach skał zawierających rudę miedzi jest pierwszym etapem długiego łańcucha technologicznego, od którego zaczyna się każdy dzień pracy. Próby wykorzystania w tym celu specjalistycznego sprzętu (kombajny ścianowe i chodnikowe) sprawdzającego się w warunkach kopalń węgla nie przyniosły spodziewanych efektów i kierunek ten musiał zostać zarzucony. Zastosowanie materiałów wybuchowych jest więc jak na razie jedynym racjonalnym i efektywnym rozwiązaniem technologicznym pozwalającym na eksploatację złóż.

Pod ziemią w kopalniach eksploatowanych przez KGHM Polska Miedź codziennie dokonuje się ok. 700 strzelań (eksplozji). Do nawierconych w skale otworów wprowadza się ładunki wybuchowe, które po odpaleniu z bezpiecznej odległości kruszą skałę. **Sposób przeprowadzenia tej operacji** – rodzaj użytego materiału wybuchowego, ilość, głębokość, średnica i rozmieszczenie otworów, w których umieszcza się ładunki - **decyduje o efekcie końcowym, czyli ilości i jakości uzyskanego urobku**. Przez długi okres projektowanie operacji strzelań opierało się na doświadczeniu i intuicji inżyniera robót strzałowych, gdyż nie było narzędzia pozwalającego w sposób metodyczny projektować i optymalizować sposób prowadzenia tych robót.

Zaprojektowania takiego narzędzia podjęło się konsorcjum kierowane przez KGHM Cuprum – Centrum Badawczo-Rozwojowe. Badania nad zachowaniem się skał w warunkach różnych obciążeń, a także dynamiki materiałów wybuchowych były zagranicą prowadzone od lat. Rzadkością były jednak próby połączenia tej wiedzy w spójny, całościowy model opisujący wpływ fali uderzeniowej na strukturę skał i sposób ich fragmentacji (rozpadu).



Trudność takiego zadania wynikała z faktu, że zjawisko eksplozji ładunków wybuchowych w skale ze względu na bardzo krótki czas jej trwania i bardzo szeroki zakres mierzonych i szybko zmieniających się parametrów jest trudne do analizy metodami eksperymentalnymi. Na rynku dostępne było oprogramowanie wspomagające projektowanie robót strzałowych, ale tylko w zakresie wybranych elementów tego procesu. **Oryginalność i innowacyjność podejścia zaproponowanego przez konsorcjum polegała zarówno na tym, że analizy empiryczne zastąpiono modelowaniem komputerowym opisującym jednocześnie dynamikę, zachowanie się i oddziaływania skał oraz materiałów wybuchowych, jak i na tym, że uzyskany efekt (oprogramowanie) pozwalało optymalizować cały proces strzelania, a nie tylko jego fragment. Ważną zaletą oprogramowania jest także to, że umożliwia ono przeprowadzanie symulacji efektów zastosowania danej metryki strzałowej na podstawie rzeczywistych danych.**

Prace w projekcie zostały podzielone na trzy etapy. Punktem wyjścia było przeprowadzenie badań materiałów wybuchowych oraz podstawowych typów skał budujących górotwór w obszarach kopalń eksploatowanych przez KGHM Polska Miedź. Na tej podstawie opracowano modele numeryczne zachowania się skał i spalania materiałów wybuchowych. Po przeprowadzaniu w wybranej kopalni kilku strzelań i rejestracji ich parametrów dokonano kalibracji i uproszczenia opracowanych modeli. Końcowym etapem prac było przygotowanie demonstracyjnej wersji oprogramowania wspierającego projektowanie metryk strzałowych i jego weryfikacja w warunkach rzeczywistych.

Opracowane narzędzie informatyczne pozwala, dla zadanych warunków geologiczno-górnictwowych, wskazać optymalną metodę strzelania, czyli określenie rodzaju materiału wybuchowego jaki trzeba zastosować oraz rozmieszczenie otworów w skale i wskazania ich parametrów (średnica, długość, kąt nachylenia).



Opracowane oprogramowanie to nie tylko sprawniejsze planowanie prac strzałowych i standaryzacja tego procesu we wszystkich kopalniach, ale przede wszystkim **znaczące oszczędności**. Na koszty takich prac składa się zużycie materiałów wybuchowych (łączne dobowe zużycie materiałów wybuchowych w kopalniach KGHM Polska Miedź wynosi ok. 70 ton dziennie), zapalników, koronek wiertniczych i energii elektrycznej zużywanej przez wiertnice. **Według szacunków wykonawców zastosowanie opracowanego oprogramowania powinno spowodować obniżenie kosztów robót wiertniczo-strzałowych o około 10%-15% co oznacza oszczędność na poziomie ok 16,5 – 24,5 mln zł rocznie.**

Opracowane rozwiązanie w postaci aplikacji jest wgrane na serwery KGHM Polska Miedź i na bieżąco wykorzystywane w procesach strzelania.

EFEKTY



Prototypowe narzędzie informatyczne do opracowywania metryk strzałowych

Innowacyjne przewody znacznie poprawiają efektywność sieci elektroenergetycznych

Tytuł projektu: Opracowanie wysoko-przewodzących i wysoko-wytrzymałych rdzeni nośno-przewodzących do nisko-stratnych napowietrznych przewodów elektroenergetycznych na bazie stopów Cu-Ag (CuBR/II/5/NCBR/2015). Obszar badawczy: Metalurgia, przetwórstwo, nowe materiały	Lider: Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica Członkowie konsorcjum: ▪ Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych w Gliwicach ▪ Tele-Fonika Kable S.A.
---	--

	Wartość projektu: 5 811,6 tys. zł Wartość dofinansowania: 5 420,2 tys. zł		Czas realizacji projektu 2015-2023
---	--	---	------------------------------------

Korzyści z realizacji projektu:

- Zmniejszenie strat przy przesyłach energii elektrycznej o ok. 20% (co odpowiada kwocie ok. 2 tys. euro/km linii)
- Zmniejszenie obciążenia systemu elektroenergetycznego
- Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych

Jednym z podstawowych elementów systemu elektroenergetycznego są napowietrzne linie przesyłowe. Linie te, których długość w każdym kraju sięga wielu tysięcy kilometrów umożliwiają przesył energii elektrycznej od wytwórców do odbiorców. Istotnym problemem sieci przesyłowych są straty związane z niezerową rezystancją (oporem) przewodów. Choć procentowy udział tych strat w stosunku do całości transmitowanej energii nie jest duży to na przestrzeni wieloletniego okresu eksploatacji linii napowietrznych ich wartość jest wielokrotnie większa niż wartość przewodów zastosowanych w liniach elektroenergetycznych. **Straty przesyłu stanowią więc jeden z ważniejszych czynników eksploatacyjnych o charakterze ekonomicznym. Fakt ten stał się punktem wyjścia do poszukiwania nowych rozwiązań materiałowych i konstrukcyjnych przewodów umożliwiających redukcję strat przesyłu.** W ramach badań finansowanych ze środków POIG 2007-2013 zespół naukowców Akademii Górniczo-Hutniczej opracował koncepcję takiego przewodu. Zaproponowane rozwiązanie bazowało na rdzeniu nośno-przewodzącym wykonanym ze stopów Cu-Ag charakteryzujących się wysokimi własnościami wytrzymałościowymi i elektrycznymi. Nowy rodzaj przewodów umożliwił przesył energii elektrycznej w temperaturze roboczej do 150 st. C w warunkach istotnie podwyższonej obciążalności prądowej w porównaniu do obecnie stosowanych typów przewodów (aluminiowo-stalowych).

Zaproponowane rozwiązanie (objęte zgłoszeniem patentowym) stało się punktem wyjścia projektu uruchomionego w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia CuBR. **Celem projektu w tym wypadku była weryfikacja koncepcji i opracowanie przemysłowej technologii wytwarzania wysokowytrzymałych, wysokoprzewodzących rdzeni.** W efekcie przeprowadzonych badań

przemysłowych i prac rozwojowych opracowano projekty konstrukcyjne i materiałowe nowych przewodów, zdefiniowano parametry materiałowe, narzędziowe i procesowe przemysłowego otrzymywania stopu Cu-Ag, niezbędnej obróbki cieplnej i przeróbki plastycznej umożliwiającej uzyskanie drutu. Opracowano także technologię pokrywania powierzchni drutów metaliczną powłoką antykorozyjną i parametry przemysłowego procesu skręcania drutów w rdzeń nośno-przewodzący.

Wytworzone przez konsorcjum w warunkach przemysłowych prototypowe przewody elektroenergetyczne **w celu weryfikacji ich właściwości poddane zostały testowaniu w naturalnych warunkach eksploatacyjnych**. Na wytypowanym odcinku linii napowietrznej o napięciu 110 KV (linia Polkowice – Rudna) należącej do Tauron Dystrybucja SA przeprowadzono 24-miesięczną eksploatację prototypowego przewodu, która zakończyła się wynikiem pozytywnym. **Testy wykazały, że nowy przewód w porównaniu do przewodu tradycyjnego może ograniczyć straty przesyłowe o ok. 20%**, co biorąc pod uwagę koszty wyprodukowania energii, jej dystrybucji oraz cenę końcową dla odbiorcy może oznaczać znaczne oszczędności. W ocenie wykonawców zmniejszenie strat na przesyłach energii w wyniku zastosowania opracowanego rozwiązania może wynieść **ok. 2 tys. euro oszczędności na każdym kilometrze linii przesyłowej. Przy założeniu, że eksploatacja linii może trwać ok. 42 lat daje to korzyść na poziomie 70-80 tys. euro na kilometr linii.**

Obecnie (II kw. 2025) trwają dalsze prace testowe i szczegółowe ustalenia technologiczne oraz handlowe pomiędzy członkami konsorcjum zmierzające najprawdopodobniej do wdrożenia produkcji opracowanego przewodu.

EFEKTY



Technologia produkcji odlewów (oraz drutów i rdzeni) ze stopu Cu-Ag przeznaczonych na nośno-przewodzące rdzenie nowej generacji



Sześć zgłoszeń patentowych



Budowa bazy danych na temat właściwości stopów Cu-Ag



Nawiązanie współpracy ze spółką Tauron Dystrybucja

Symulator maszyn górniczych pozwoli zwiększyć efektywność szkoleń

Tytuł projektu: Opracowanie i wdrożenie innowacyjnego, kompleksowego systemu wspomagania szkolenia operatorów samojezdnych maszyn górniczych do efektywnej i bezpiecznej pracy w podziemnych wyrobiskach kopalń rud miedzi (CuBR/III/9/NCBR/2017). Obszar badawczy: Ochrona środowiska, zarządzanie ryzykiem, efektywność w biznesie	Lider: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy Członkowie konsorcjum: - Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Górnictwa oddział Lubin; - Dynamic Safety Corporation sp. z o.o.; - Nordcom sp. z o.o.
---	--

	Wartość projektu: 8 882,6 tys. zł Wartość dofinansowania: 7 133,4 tys. zł		Czas realizacji projektu 2017-2022
---	--	---	------------------------------------

„Symulatory są uzupełnieniem i udoskonaleniem procesu szkolenia. Nigdy nie powinny całkowicie zastępować szkolenia z wykorzystaniem rzeczywistych maszyn. Dodatkową kwestią jest to, że maszyny używane do szkolenia często są maszynami poprzednich generacji, a więc wyglądają inaczej niż te aktualnie używane. Nasze symulatory są zgodne z aktualnie używanymi w kopalni maszynami.”

dr hab. inż. Andrzej Grabowski

Korzyści z realizacji projektu:

Symulatory umożliwiają:

- Przyspieszenie procesu szkolenia
- Zwiększenie skuteczności szkolenia
- Zmniejszenie kosztów szkolenia
- Uatrakcyjnienie formy przebiegu szkolenia

Pod ziemią, w kopalniach należących do KGHM Polska Miedź SA, pracuje ponad 1 200 samojezdnych maszyn górniczych. Od ich sprawności działania w dużej mierze zależy ilość wydobytego urobku i wynik całej kopalni. Właściwa eksploatacja tych maszyn jest jednak nie lada wyzwaniem, tym bardziej że każda z nich warta jest co najmniej kilka milionów złotych. Wysokie temperatury i wilgotność jakie panują w kopalnianym przodku, wąskie chodniki i kontakt ze skałą powodują szybkie zużycie wszystkich elementów i awarie. **Profesjonalizm i doświadczenie operatorów stają się więc kluczowym czynnikiem mającym wpływ, na to jak wydajnie maszyny te będą pracować i jak często przydarzy im się awaria.**

Z problemem zapewnienia wysokiej efektywności pracy maszyn górniczych zmierzyło się konsorcjum kierowane przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy. Zaproponowało ono uzupełnienie i udoskonalenie procesu szkolenia operatorów poprzez wykorzystanie symulatorów. W przeciwieństwie do tradycyjnego szkolenia, prowadzonego na powierzchni, zastosowanie symulatorów będących „kopią” kabiny operatora danej maszyny i wykorzystujących wirtualną rzeczywistość znacznie



obniża łączny koszt szkolenia i zwiększa jego skuteczność. Koszty eksploatacji symulatora są bardzo niskie, podczas gdy wykorzystanie samojezdnej maszyny górniczej pociąga za sobą konieczność poniesienia choćby takich kosztów jak paliwo, konserwacja i naprawa (zastosowanie symulatora tylko na samym koszcie paliwa pozwala zaoszczędzić około 300 tys. zł rocznie). **Zaletą symulatorów oprócz niższych kosztów funkcjonowania jest przede wszystkim**

możliwość realizacji różnych scenariuszy szkoleniowych, które trudno byłoby odtworzyć przy szkoleniu klasycznym. Tak więc w czasie szkolenia operator może być zmuszony poradzić sobie z różnego rodzaju „symulowanymi” awariami oraz zagrożeniami, jakie mogą pojawić się w trakcie pracy pod ziemią. Ważną zaletą jest również to, że symulatory imitują pracę maszyn aktualnie działających pod ziemią, podczas gdy nauka na powierzchni często odbywa się na maszynach starszej generacji.

Realizacja projektu została podzielona na sześć etapów. Punktem wyjścia była analiza warunków pracy pod ziemią i przygotowanie założeń do budowy symulatorów wraz z niezbędnym oprogramowaniem oraz scenariuszy szkoleń. Prace te obejmowały wizje lokalne w podziemnej części kopalni, wykonanie skanów 3D, dokumentacji fotograficznej i filmowej poszczególnych maszyn oraz ich pracy. W trakcie kolejnych etapów przygotowano laboratoryjną wersję symulatora, a następnie po przeprowadzeniu pilotażowych szkoleń mających na celu zweryfikowanie przyjętych założeń opracowano końcowe wersje trzech symulatorów (ładowarki, wozu wierzącego, wozu kotwiącego) oraz symulator pracy poza kabiną. Szczególnie ważny był szósty etap projektu, w trakcie którego przeprowadzono intensywne testy oprogramowania i sprzętu z udziałem operatorów zatrudnionych w KGHM Polska Miedź. Testy miały formę szkoleń pilotażowych. Zgłaszane uwagi były wykorzystywane na bieżąco do wprowadzania zmian w środowisku wirtualnym i oprogramowaniu symulatorów szkoleniowych.

Efektom końcowym projektu są symulatory w wersji demonstracyjnej trzech samojezdnych maszyn górniczych, demonstrator symulatora obsługi codziennej bazujący na wirtualnej rzeczywistości, teleinformatyczny system oceny przebiegu szkolenia oraz materiały edukacyjne i programy szkoleń. Zbudowane symulatory zapewniają pełen realizm sytuacyjny. Do ich konstrukcji wykorzystano oryginalne pulpity sterownicze, a zaprojektowane oprogramowanie umożliwia przenoszenie danych i poleceń oraz wyświetlanie ich na ekranie komputera i zegarach pokładowych, tak jakby to wyglądało w warunkach rzeczywistych. Wyświetlanie obrazu środowiska wirtualnego zostało uzyskane za pomocą gogli lub ekranów wmontowanych w te miejsca, gdzie w oryginalnej kabinie znajdują się szyby i lusterka. Sama kabina symulatora została umieszczona na ruchomej platformie umożliwiającej imitowanie ruchów prawdziwej maszyny w trakcie manewrów pod ziemią.

Lider projektu – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy oprócz koordynacji prac całego konsorcjum skoncentrowany był na implementacji tych elementów scenariuszy szkoleniowych, które dotyczyły prac wykonywanych poza kabiną operatora maszyny górniczej (tzw. obsługa



codzienna). Za przygotowanie symulatorów od strony sprzętowej oraz oprogramowania odpowiadała spółka Dynamic Safety Corporation oraz Nordcom. Pierwsza z nich - utworzona w 2001 roku - specjalizuje się w rozwiązaniach informatycznych wykorzystujących wirtualną rzeczywistość. Ma ona na swym koncie udział w wielu projektach B+R, w tym ośmiu projektach realizowanych w ramach programu na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa oraz czterech projektach europejskich. Jeden z tych projektów („symulatory szkoleniowe w zakresie zwalczania pożarów wewnętrznych”) realizowany był w partnerstwie z liderem projektu. Istotną rolę w projekcie odgrywali też eksperci Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa (oddział Lubin), których wiedza posłużyła do opracowania charakterystyk pracy pod ziemią.

Zbudowane symulatory mają być wykorzystywane w ramach centrum Szkoleń Symulacyjnych KGHM Polska Miedź.

EFEKTY



Demonstratory symulatorów 3 samojezdnych maszyn górniczych



Symulator obsługi codziennej



Materiały edukacyjne i program szkoleń



Materiały informacyjne i pomocnicze dla prowadzących szkolenia