

# Modułowy system wiertniczy VLI drilling seria 1000 – cele i zadania

Grzegorz Brudny, Krzysztof Filipowicz, Arkadiusz Frymarkiewicz

## 1. Wstęp

W celu poprawy dokładności wiercenia, a co za tym idzie – skuteczności odmetanowania, rozpoznania zaburzeń i zwalczania zagrożeń konieczne są urządzenia wiertnicze, umożliwiające wiercenie długich otworów z pełną kontrolą przebiegu i korelacji trajektorii w trakcie wykonania wiercenia. Aktualnie w górnictwie stosowane są takie urządzenia. JSW SA wybrała z spośród wielu ofert urządzenie wiertnicze firmy VLI DRILLING PTY LTD, jako najbardziej odpowiadające potrzebom kopalni „Pniówek” [1].

## 2. Wiercenie otworów w celu odmetanowania na KWK „Pniówek” i w świecie

Odmetanowanie przyczynia się do zmniejszenia zagrożenia metanowego, a tym samym do poprawy bezpieczeństwa pracy, zwiększenia zdolności wydobywczych ścian i lepszego wykorzystania majątku produkcyjnego. Dlatego zwiększenie efektywności odmetanowania stanowi jeden z głównych celów technicznych KWK „Pniówek” i całej JSW [2, 3]. Kopalnia stosuje odmetanowanie eksploatacyjne (rys. 1), prowadzone równocześnie z eksploatacją pokładów węgla, w górotworze, w którym naturalna równowaga złoża została naruszona eksploatacją, w skałach o zmieniającym się w czasie stanie naprężeń [2].

Wiercenia otworów odmetanowania prowadzone są bez bieżącej kontroli krzywizny, azymutu i bardzo często występują duże różnice pomiędzy projektem a faktycznie uzyskanym kierunkiem otworów. Wiercenia z kontrolą położenia narzędzia wierzącego umożliwiają zastosowanie odmetanowania wyprzedzającego, prowadzonego przed rozpoczęciem eksploatacji węgla, w górotworze nieodprężonym, w którym panuje pierwotny, naturalny stan naprężeń. Możliwość

wykorzystania otworów kierunkowych do odmetanowania górotworu podczas eksploatacji ścian potwierdzają próby przeprowadzone w KWK „Pniówek”. Zastosowanie takiego sposobu odmetanowania ścian o wysokiej i bardzo wysokiej metanowości wymagałoby odwiercenia kilkudziesięciu równoległych otworów o długości kilkuset metrów każdy. Doświadczenia w świecie potwierdzają, że jest to możliwe [2, 3].

Rozwój techniki wiertniczej umożliwił wykonywanie wierceń kierunkowych z wyrobisk podziemnych w celu odmetanowania pokładów węgla. Technologie te są stosowane między innymi w kopalniach USA, Chin, Australii [4, 5, 6].

Największą ilość długich otworów kierunkowych odwiercono z wyrobisk dołowych w Australii i USA, a w Chinach pracuje jednocześnie ponad 60 zespołów wiertniczych na dużych głębokościach i w trudnych warunkach górniczo-geologicznych (rys. 2). Długie otwory kierunkowe wykorzystywane są przede wszystkim do odmetanowania wstępnego oraz jako otwory badawcze do rozpoznania zalegania pokładów oraz występujących zaburzeń geologicznych [7].

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono budowę modułową maszyny, opisano system zarządzania wierceniami kierunkowymi DDMS, zasady projektowania otworów kierunkowych oraz zadania i cele postawione modułowemu systemowi wiertniczemu VLI serii 1000 produkcji australijskiej.

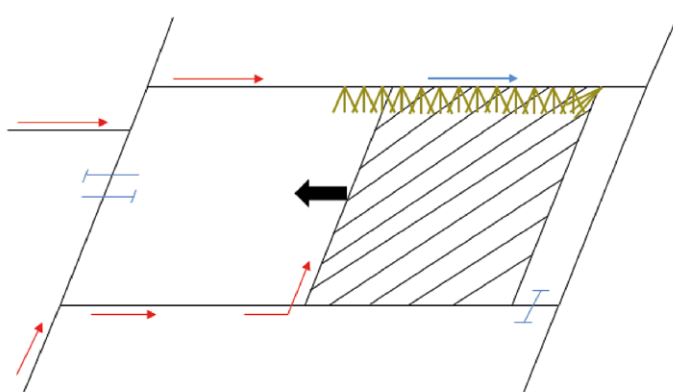
## 3. Modułowy system wiertniczy VLI drilling, seria 1000 – charakterystyka urządzenia

Modułowy system wierceń kierunkowych VLI serii 1000 jest przeznaczony do wykonywania wierceń w złożu i pomiędzy złożami [4, 7].

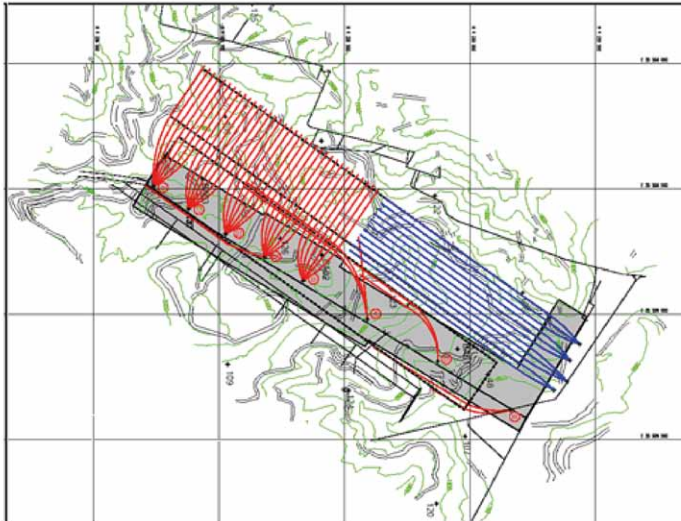
Za pomocą modułowego systemu wiertniczego wykonywane są długie otwory kierunkowe (rys. 3).

Modułowy system wierceń kierunkowych VLI serii 1000 umożliwia następujące rodzaje wierceń:

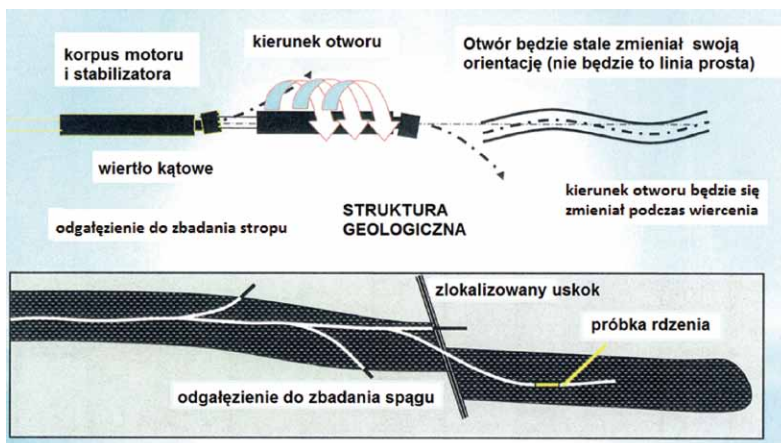
- poziome kierunkowe w pokładach węgla dla odmetanowania wyprzedzającego zrobowego i międzypokładowego oraz ujmowania i wykorzystania metanu kopalnianego;



Rys. 1. Rozmieszczenie otworów drenażowych przy systemie przewietrzania na „Y”



Rys. 2. Rozmieszczenie utworów kierunkowych w górnictwie zagranicznym (Chiny)



Rys. 3. Rysunek przedstawia zasady pracy turbowiertu oraz możliwości dokumentowania pokładu

Tabela 1. Dane techniczne wiertnicy kierunkowej

	Nazwa (typ)	VLI 1000
1.	Moc silnika elektrycznego [kW]	90 kW
2.	Napięcie [V]	1000 V / 500 V
3.	Średnica, długość żerdzi [mm]	90 m, 3000 mm
4.	Maksymalna głębokość otworu [m]	1000 m
5.	Średnica otworu [mm]	98 mm
6.	Skok posuwu [mm]	1600 mm
7.	Szybki posuw [m/min]	0–20 m/min
8.	Precyzyjny posuw [m/min]	0–2,5 mm/min
9.	Siła docisku [kN]	125 kN
10.	Pompa wody [l/min]	298 l/min (praca ciągła)
11.	Wymiary dł. × szer. × wys. [mm] Rama posuwu Moduł zasilania Moduł sterowania	3000 × 1530 × 1364 mm 3000 × 1300 × 1330 mm 2015 × 1300 × 1600 mm
12.	Masa wiertnicy [kg] Rama posuwu Moduł zasilania Moduł sterowania	3950 kg 4200 kg 1500 kg

- poziome kierunkowe z odgałęzzeniami dla rozpoznania geologicznego, jak i wczesnego wykrycia zagrożeń wodnych, gazowych i wyrzutowych;
- techniczne kierunkowe (pełne i rdzeniowe) – otwory poszukiwawcze, odwadniające i wyrzutowe.

W tabeli nr 1 przedstawiono dane techniczne wiertnicy kierunkowej.

#### 4. Budowa systemu wiertniczego VLI

System wiertniczy VLI składa się z trzech modułów:

- posuwu;
- sterowania;
- zasilania.

Wyżej wymienione moduły są wzajemnie połączone za pomocą węży hydraulicznych. Maszyna jest wyposażona w rozrusznik oraz silnik elektryczny o mocy 90 kW, który jest sprzężony z zestawem trzech pomp hydraulicznych, podających olej do układów realizujących poszczególne funkcje maszyny.

##### 4.1. Moduł posuwu

Modułowy system wiertniczy VLI serii 1000 jest wyposażony w przejezdny ramę posuwu i jest napędzany za pomocą jednego dwustopniowego siłownika hydraulicznego dwustronnego działania.

Rama posuwu może zostać przechylona o kąt  $\pm 10^\circ$  względem płaszczyzny poziomej, co umożliwi wykonywanie wierceń po wzniosie i po upadzie.

Moduł obrotowy jest napędzany silnikiem hydraulicznym z wałem giętkim oraz posiada moduł hamowania typu ciernego w celu niezawodnego zablokowania mechanizmu napędowego podczas wykonywania wiercenia przy użyciu głowicy otworowej (rys. 4).



Rys. 4. Moduł posuwu

**4.2. Moduł sterowania**

Moduł sterowania (rys. 5) podobnie jak moduł posuwu jest zamontowany na sztywnej ramie, wraz z hamulcem postojowym. Zasadniczym elementem jest pulpit sterowania, składający się z:

- rozdzielacza roboczego z zestawem zaworów;
- dźwigni sterowania ciśnieniem zaworu proporcjonalnego;
- panelu wskaźników;
- miernika przepływu wody;
- półki wzmocnionej do podłączenia węży hydraulicznych.

Rozdzielacz roboczy jest zasilany przez pompę pomocniczą i kieruje olej na sterowane mechanicznie, kierunkowe zawory sterownicze. Na pulpicie operatora znajdują się dźwignie sterujące funkcjami maszyny.

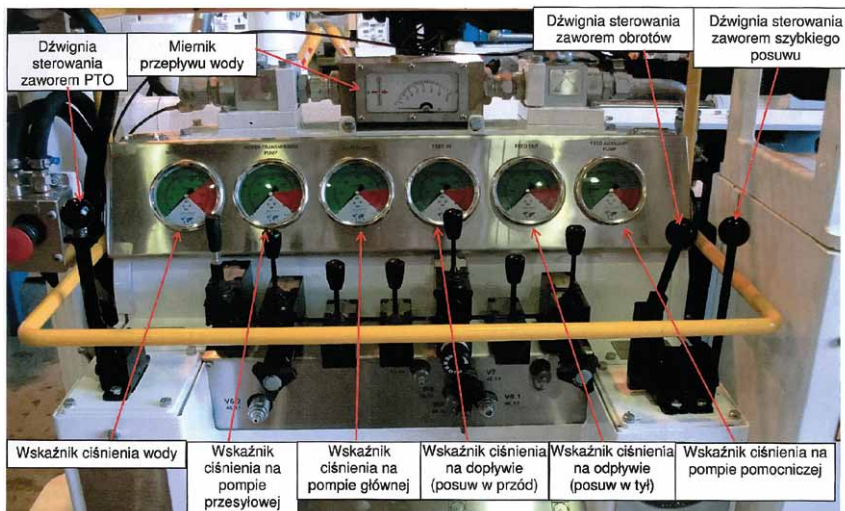
**4.3. Moduł zasilania**

Moduł zasilania systemu wiertniczego serii 1000 jest zamontowany na sztywnej ramie. W module zamontowana jest grupa pomp hydraulicznych, bezpośrednio sprzężona z ognioszczelnym silnikiem elektrycznym o mocy 90 kW za pośrednictwem wysokomomentowego sprzęgła elastycznego. Wiertnica może pracować w dwóch trybach, tj. gotowości i wiercenia. W trybie gotowości ciśnienie pompy pomocniczej jest stabilizowane na poziomie 100 barów, a pompa służy do zasilania obwodu stabilizacji. Po wybraniu trybu wiercenia ciśnienie pompy pomocniczej jest stabilizowane na maksymalnym poziomie (240 barów) i jest kierowane do głównego rozdzielacza w celu realizacji funkcji wiercenia i funkcji pomocniczych.

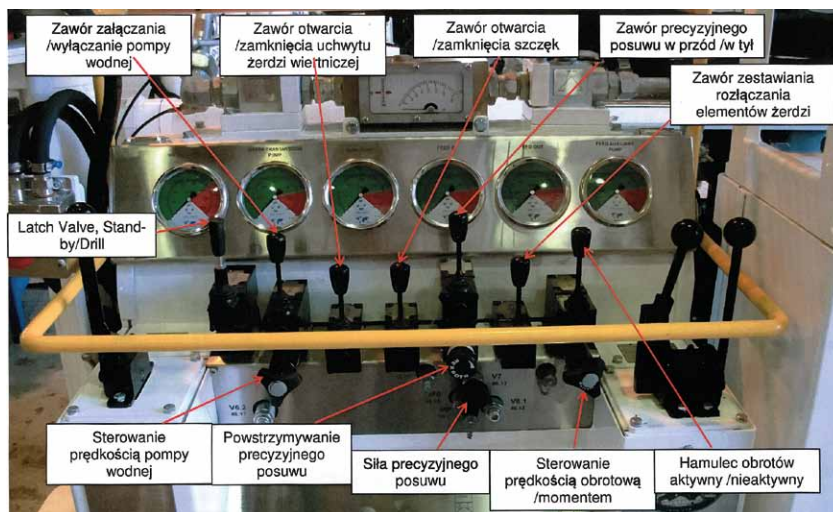
**5. DDMS – System zarządzania wierceniami kierunkowymi**

System DDMS [5] (rys. 6), stworzony i produkowany przez firmę DPI, jest systemem służącym do pomiarów geodezyjnych i zapewnia gromadzenie danych dla wykonywanych wierceń zbieranych w czasie rzeczywistym, w celu zwiększenia pewności i precyzji działania operatora. System ten wykorzystano do wierceń z użyciem systemu wiertniczego VLI serii 1000.

System zapewnia wiercenie według planu, tzn. pozwala operatorowi na przeglądanie danych w czasie rzeczywistym,

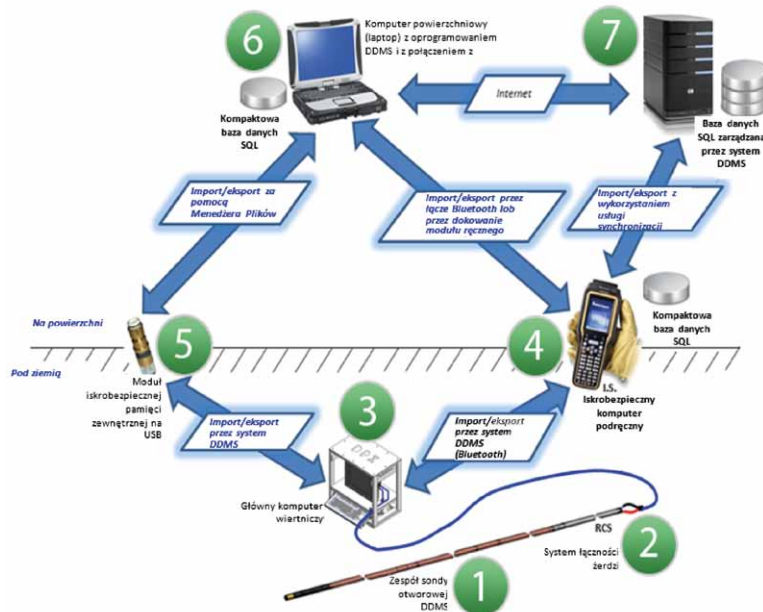


a) wskaźniki zamontowane na wiertnicy kierunkowej



b) zawory sterowania wiertnicy kierunkowej.

Rys. 5. Moduł sterowania



Rys. 6. Elementy systemu DDMS i przepływ danych

SYSTEMY AUTOMATYZACJI W GÓRNICTWIE

gdy są one odbierane przez system, i porównanie z projektem otworu w celu sprawdzenia, czy odebrane wartości mieszczą się w granicach dopuszczalnych tolerancji. Dzięki temu zapewniona jest lepsza dokładność i wydajność wiercenia.

System ten składa się z następujących elementów:

- zespół sondy otworowej DDMS (pakiet czujników i bateria) (rys. 7), składający się z elementów:
  - świder (wiertło),
  - turbowiert,
  - komputerowy podzespół sondy otworowej,
  - część niemagnetyczna,
  - żerdzie;
- system łączników żerdzi wiertniczej (RCS);
- główny komputer wiertniczy, na którym pracuje oprogramowanie systemu DDMS;
- iskrobezpieczny komputer podręczny;
- iskrobezpieczny zewnętrzny moduł pamięci na USB, korzystający z menedżera plików DDMS;
- komputer (laptop) w wykonaniu przemysłowym, na którym pracuje oprogramowanie systemu DDMS, wyposażony w łącze Bluetooth;
- baza danych zarządzania przez system DDMS z dostępem przez Internet za pośrednictwem oprogramowania DDMS Web Portal.

## 6. Projektowanie otworów kierunkowych

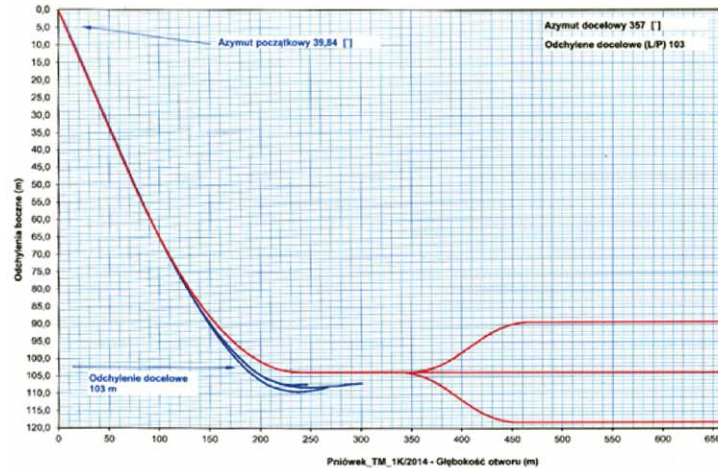
Projektowanie otworów kierunkowych opiera się na wprowadzeniu danych potrzebnych do uzyskania celu – osiągnięcia określonych zadanymi współrzędnymi miejsc w górotworze. Do programu wpisujemy następujące dane:

- azymut otworu głównego;
- nachylenie otworu kierunkowego;
- współrzędne punktu posadowienia wiertnicy;
- miąższości warstw oraz ich nachylenie;
- odchylenie (przesunięcie) otworu głównego względem wyrobisk przyścianowych;
- stopień zakręcania żerdzi wiertniczej, która wynosi  $0-1,6^{\circ}/6$  m otworu.

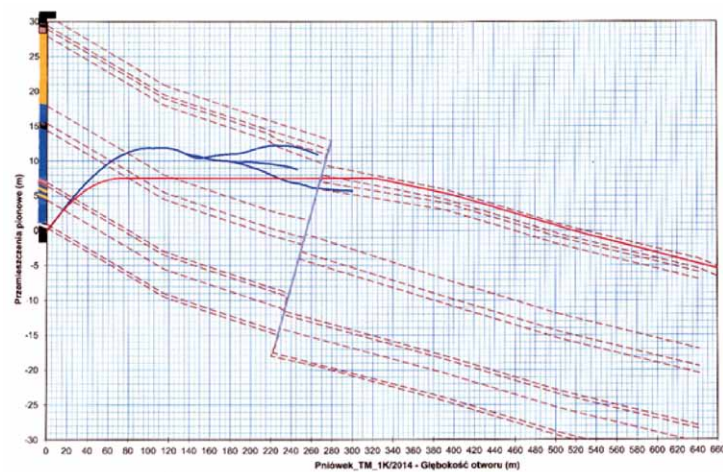
Azymut główny to kąt zawarty pomiędzy kierunkiem północnym a osią mo-



Rys. 7. Zespół sondy otworowej DDMS



Rys. 8. Odchylenie boczne otworu kierunkowego. Kolorem czerwonym oznaczono projektowany otwór kierunkowy, natomiast kolor niebieski przedstawia otwór wykonany



Rys. 9. Przeszczerzenie pionowe otworu kierunkowego. Kolorem czerwonym oznaczono projektowany otwór kierunkowy, natomiast kolor niebieski przedstawia otwór wykonany

dułu wiertniczego w miejscu posadowienia wiertnicy. Nachylenie wynosi  $\pm 0-16^{\circ}$ .

Po wpisaniu danych do programu zostają wygenerowane współrzędne punktów (co szósty metr otworu), na podstawie których można wrysować projektowany otwór na mapę pokładową. Program również wykreśla przebieg otworu kierunkowego w rzucie poziomym i pionowym.

Dokonyując zmian nachylenia wiertnicy kierunkowej, azymutu otworu głównego, jak i stopnia zakręcania żerdzi, można wpływać na zmianę lokalizacji (przesunięcia) otworu kierunkowego w rzutach poziomym i pionowym.

Podczas wiercenia można wykonywać tzw. odgałęzienia (zmiany kierunku wiercenia) z uwagi na różne przeszkody, np. uskoki.

Projektowane odgałęzienia powinny znajdować się za uskokiem, aby było możliwe wykonanie tzw. wiercenia precyzyjnego. W tym celu na podstawie współrzędnych odczytanych z mapy pokładowej określamy miejsce odgałęzienia.

Po wykonaniu projektu otworu kierunkowego wprowadza się dane do wiertnicy.

Na rysunkach 8 i 9 przedstawione są planowane trajektorie otworów (kolor czerwony) wraz z systematycznie nanoszonym (kolor niebieski) torem faktycznie prowadzonego otworu.

### 7. Cele i zadania

Obecnie maszyna wykonuje odwierty w celu zwiększenia efektywności odmetanowania. Dotychczas stosowane wiertnice nie są w stanie wykonać tak długich i tak precyzyjnie zaprojektowanych otworów.

W każdym miejscu wykonywanego otworu można pobrać rdzeń skalny, którego badanie daje nam cenne informacje na temat rodzaju skały, przez którą przechodzi świder.

Przyszłościowo kopalnia planuje ustalenie wiertnicy w rejonie bardzo słabo rozpoznany geologicznie, gdzie wykonanie długich otworów pozwoli dokładnie rozpoznać złożę, warunki geologiczne i ewentualne zaburzenia.

Kopalnia „Pniówek” już parokrotnie przekonała się, co znaczy nierozpoznane

dokładnie złożę (pokład), kiedy ponosiła bardzo duże koszty, wykonując niewykorzystane roboty przygotowawcze.

### 8. Podsumowanie i wnioski


- Bardzo duża metanowość, słabo rozpoznany górotwór oraz duże koszty ponoszone w kopalni „Pniówek” w związku z tradycyjnym odmetanowaniem – to argumenty przemawiające za stosowaniem długich otworów kierunkowych, z których prowadzone będzie odmetanowanie wstępne lub rozpoznanie górotworu. Otwory kierunkowe są alternatywą dla chodników drenażowych.
- Pierwsze odwierty kierunkowe przeprowadzone przez oddział kopalniany wraz z efektami w postaci pozyskiwanego metanu pokazują duże możliwości i potencjał wiertnicy. Można z dużym prawdopodobieństwem sądzić, że wraz z nabywanym przez załogę doświadczeniem wykorzystanie wiertnicy będzie większe.

### Literatura

- [1] Firma Konsultingowa „WES”: *Opinia – ocena parametrów technicznych oferowanych modułowych systemów do wierceń kierunkowych w warunkach geologiczno-górnich KWK „Pniówek” w świetle wymagań określonych w SIWZ.*
- [2] Dr inż. Antoni Jakubów – JSW SA: *Doświadczenia w odmetanowaniu kopalń JSW SA.*

- [3] Mgr inż. Piotr Bojarski, dr inż. Andrzej Tor – JSW SA: *Możliwości zastosowania wierceń kierunkowych dla zwiększenia efektywności odmetanowania.*
- [4] VLI członek grupy, maszyn ciężkich TAIYUAN – Australia: *System wiertniczy serii 1000, zestaw 02000034V – Modułowy System Wiertniczy PC. Instrukcja obsługi i konserwacji.*
- [5] Dr inż. Leszek Łunarzewski – Lunagas Pty Limited – Australia (DDMS): *System zarządzania wierceniami kierunkowymi – podręcznik szkoleniowy.*
- [6] Prof. dr hab. inż. Stanisław Narwat, mgr inż. Sebastian Napieraj: *System odmetanowania pokładów węgla w Polsce i na świecie.*
- [7] Dr inż. Leszek Łunarzewski – Lunagas Pty Limited – Australia: *Zastosowanie długich poziomych otworów kierunkowych wierconych z podziemnych wyrobisk górniczych.*

Artykuł został wygłoszony podczas konferencji „INNOWACYJNE MASZYNY I TECHNOLOGIE: EFEKTYWNOŚĆ I OPTYMALIZACJA WYDOBYCIA 2015”, Katowice, 14–15 maja 2015 r.

 Grzegorz Brudny, Krzysztof Filipowicz, Arkadiusz Frymarkiewicz – Jastrzębska Spółka Węglowa SA – KWK „Pniówek”

artykuł recenzowany