

## **Innowacyjna hydrauliczna obudowa dla ratownictwa górniczego**

### *Streszczenie*

*W artykule omówiono rodzaje obudowy stosowanej w ratownictwie górniczym. Przedstawiono innowacyjne rozwiązania nowej obudowy dla ratownictwa górniczego, jak również możliwości zastosowania jej elementów w ratownictwie technicznym.*

**Słowa kluczowe:** ratownictwo górnicze, obudowa ratownicza

**Keywords:** mine rescue work, rescue support

### *Summary*

*Types of roof supports used in the mine rescue actions are discussed. Innovative solutions of new roof supports for mine rescue work and possibilities of using its components in technical rescue are presented.*

## **1. Wprowadzenie**

Eksploracja ściany wydobywczej jest możliwa dzięki wcześniejszemu wykonaniu wyrobisk korytarzowych. To właśnie tymi wyrobiskami możliwe jest dotarcie do zasobów węgla, uzbrojenie ściany i transport urobku. Podczas prowadzenia normalnych prac górniczych może dojść do zdarzeń, których wynikiem jest zniszczenie wyrobiska korytarzowego, poprzez jego znaczne zaciśnięcie od stropu, bądź wypiętrzenie spągu. W takich przypadkach zdarza się uwięzienie ludzi w dalszej części wyrobiska korytarzowego lub w dalej położonej ścianie. W zniszczonym odcinku wyrobiska korytarzowego może znajdować się rumowisko skalne, części obudowy chodnikowej oraz elementy maszyn. Dotarcie do uwięzionych ludzi wiąże się z koniecznością wykonania w rumowisku tzw. chodnika ratowniczego, o gabarytach pozwalających na przejście ratownika wraz z uszkodzonym. Chodnik ratowniczy powinien być zabezpieczony obudową zapewniającą bezpieczeństwo prowadzącym akcję ratowniczą i uszkodzonym. Obudowa chodnika ratowniczego powinna charakteryzować się przy tym prostą konstrukcją, umożliwiającą szybki montaż, niską masą i dostateczną wytrzymałością. Chodnik ratowniczy może być prowadzony w bardzo różnych warunkach górniczo-geologicznych, w otoczeniu różnego rodzaju skał o zmiennym rozdrobnieniu. Może wystąpić konieczność prowadzenia chodnika przez lokalną pustkę, co stwarza zagrożenie uderzeniami opadających skał. Chodnik ratowniczy może mieć zmienny kształt i kierunek, uzależnione od rodzaju gruzowiska, w którym jest prowadzony, obecności elementów zniszczonej obudowy chodnikowej i obecności elementów maszyn lub urządzeń.

## **2. Rodzaje obudowy stosowanej w ratownictwie górniczym**

Podstawowym rodzajem obudowy chodnikowej stosowanej w ratownictwie górniczym jest obudowa prosta drewniana. Pojedyncze jej odrzwia składają się ze stropnicy i stojaków ją podpierających. Elementy obudowy są przygotowywane na bieżąco w czasie akcji ratowniczej. Jej zaletą jest łatwość dobrania długości podstawowych elementów do lokalnych gabarytów drążonego chodnika, stosunkowo niewielka masa elementów oraz dostępność odpowiedniego drewna. Wadą jest natomiast brak możliwości zadania podpomości wstępnej, co może skutkować niestabilnym zachowaniem odrzwi obudowy, oraz konieczność starannego przygotowania końców stojaków mających bezpośredni kontakt z belką stropnicową. Ze względów wytrzymałościowych jest to najmniej zoptymalizowana wersja obudowy chodnikowej. O wytrzymałości odrzwi decyduje wytrzymałość na zginanie belki stropnicowej, natomiast stojaki, dla zapewnienia prawidłowej współpracy, dobierane są o średnicy zbliżonej do średnicy belki stropnicowej. Skutkiem takiego działania podporność stojaków przewyższa wytrzymałość stropnicy około dziesięciokrotnie [3].

W celu wyeliminowania wad obudowy drewnianej podjęto prace nad elementami obudowy prostej, wykonanymi ze stali i stopów lekkich. Jedną z pierwszych tego typu konstrukcji była obudowa firmy Salzgitter-Dowty, składająca się ze stropnicy wykonanej ze stopu aluminium o podwyższonej wytrzymałości oraz stojaków z pompą wewnętrzną, częściowo wykonanych ze stopu aluminium (rys. 1). Elementy tej obudowy do dnia dzisiejszego znajdują się na wyposażeniu ratowników górniczych, lecz ich

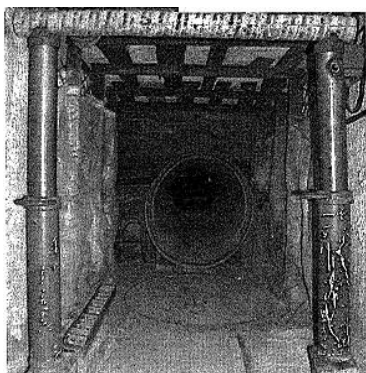
zastosowanie musi być zawsze poprzedzone dokładnym rozeznaniem składu powietrza w miejscu zastosowania. Wiadomo bowiem, że kontakt zardzewiałej stali z aluminium może powodować wytworzenie iskry zapalającej.



Rys. 1. Odrzvia obudowy chodnika ratowniczego ze stojakami firmy Salzgitter-Dowty [2]

Podporność robocza pojedynczego stojaka Salzgitter wynosi około 250 kN, natomiast niewiele niższa jest jego podporność wstępna, ze względu na zastosowanie dwustopniowego układu pompowego. Stojak ten nie jest jednak odporny na obciążenie dynamiczne ze względu na zastosowanie zaworu przelewowego o bardzo małym możliwym natężeniu przepływu. Z powodu długiego okresu użytkowania występują duże problemy w utrzymaniu sprawności tych stojaków.

Pewnym uzupełnieniem zasobów stacji ratowniczych odnośnie stojaków Salzgitter były zaprojektowane w 1986 roku, w Głównym Instytucie Górnictwa, stojaki RSH-1 wyposażone również w zamknięty, wewnętrzny obieg medium hydraulicznego i własną pompę. Podporność robocza tych stojaków wynosi 200 kN, natomiast podporność wstępna około 70 kN. Ze względu na niską podporność roboczą stojaki te stosowano przeważnie ze stropnicą drewnianą (rys. 2).



Rys. 2. Odrzvia obudowy chodnika ratowniczego ze stojakami RSH-1 [3]

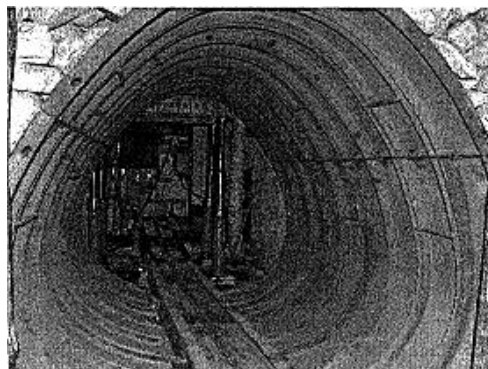
Kolejnym rozwiązaniem obudowy, w której zastosowano stojaki z pompą wewnętrzną i zamknięty obieg medium roboczego, była konstrukcja K-400 opracowana w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, w 2003 roku (rys. 3).



Rys. 3. Odrzvia obudowy chodnika ratowniczego K-400 [1]

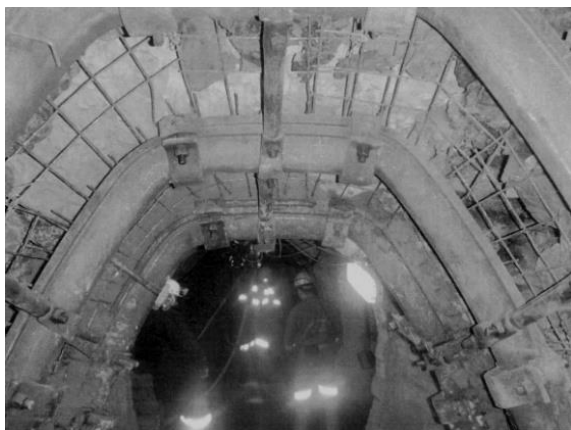
Elementy obudowy zostały wykonane w znacznej części ze stopu aluminium o dużej wytrzymałości (PA9), stropnica w całości, a stojak z pominięciem elementów zaworowych. Mimo zastosowania specjalnej powłoki ochronnej, ze względu na materiał konstrukcyjny, obudowa nie weszła do produkcji i na wyposażenie stacji ratownictwa górniczego. Podporność robocza stojaka wynosi 380 kN, natomiast bardzo niska jest podporność wstępna, ze względu na zastosowany jednostopniowy układ pompowy. Obudowa ta jest najbardziej kompletna, gdyż jako pierwsza została wyposażona w specjalne stropnice wzdluzne, ułatwiające postęp wykonywanego chodnika oraz w układ stabilizacji stojaków i stropnic, przewidziany do stosowania przy przechodzeniu przez pustki.

Innym typem konstrukcji jest, zaprojektowana w 1981 roku w ITG KOMAG, obudowa tubingowa (rys. 4). Stosowana jest głównie w sytuacji występowania skał o niskiej zwięzłości. Obudowa ta chroni również chodnik przed bezpośrednim wpływem gazów z otaczających skał i dzięki swej szczelności ułatwia przewietrzanie chodnika.



Rys. 4. Obudowa tubingowa zabudowana w chodniku [8]

W ratownictwie górnicy stosowane są również odrzwia obudowy chodnika wykonane z kształtowników typu V, używanych do ochrony większości wyrobisk korytarzowych w kopalniach. Z takiego właśnie kształtownika Huta Łabędy wykonała w 1999 r. odrzwia obudowy ŁPrP/4 (rys. 5) o małym przekroju, przydatną do zabudowy chodników ratowniczych, w warunkach stabilnych skał otaczających.



Rys.5. Obudowa chodnikowa typu ŁPrP/4 [8]

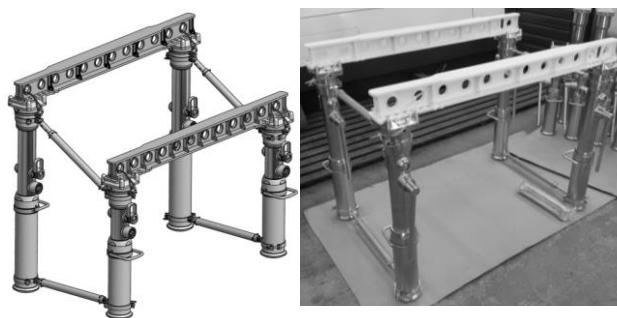
W 2005 roku Centralna Stacja Ratownictwa Górniczego zamówiła specjalną obudowę ratowniczą typu KR-7,8 (rys. 6). Odrzwia tej obudowy składają się z dwóch stojaków hydraulicznych zasilanych z zewnętrznej pompy oraz stropnicy. Całość wykonana jest ze stali, a stojaki wyposażono w przedłużacze śrubowe. Zasilanie stojaków z zewnętrznego źródła pozwala na ich użytkowanie nie tylko do podpierania stropu, ale również do przesuwania różnych elementów lub ich wyciągania z gruzowiska (np. zniszczonych elementów obudowy chodnikowej). Stropnica posiada poprzeczne otwory ułatwiające mocowanie elementów obudowy wyprzedzającej. Stojaki wyposażono w gniazda do ich łączenia w sąsiednich odrzwiach za pomocą specjalnych rozpór. Stosowanie obudowy jest w tym przypadku uzależnione od dostępu do medium hydraulicznego.



Rys. 6. Obudowa chodnikowa typu KR-7,8 zabudowana w chodniku [8]

### 3. Innowacyjne rozwiązania zastosowane w nowej obudowie dla ratownictwa górnicy

W 2012 r. w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG podjęto prace nad kompleksowym wyposażeniem ratowników górniczych w nowoczesne urządzenia poprawiające ich warunki pracy i bezpieczeństwo. Prace są realizowane w ramach projektu europejskiego INREQ. Prace nad obudową rozpoczęto od uzgodnienia ze specjalistami z Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego podstawowych jej parametrów technicznych i funkcjonalnych. W wyniku realizacji projektu powstała obudowa ratownicza HOR-01 (rys. 7), wyposażona w stropnicę wykonaną z wysokowytrzymałej stali, stojaki hydrauliczne z własną pompą wewnętrzną i zamkniętym obiegiem medium hydraulicznego (SHR-700 i SHR-960), układ stabilizacji sąsiednich odrzwi oraz elementy przeciwdziałające odrywaniu stropnicy od głowicy koronowej stojaka, w przypadku braku obciążenia stropnicy.



Rys. 7. Obudowa ratownicza HOR-01 (model komputerowy i obiekt rzeczywisty) [Źródło: opracowanie własne KOMAG]

Podstawowe parametry techniczne obudowy HOR-01 przedstawiono w tabeli 1.

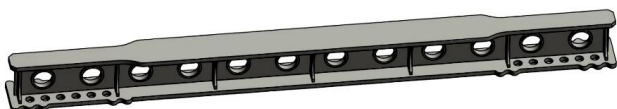
#### Charakterystyka techniczna obudowy ratowniczej HOR-01 [5]

Tabela 1

Parametr	Wartość	Jednostka
Długość stropnicy	1300	mm
Wysokość ze stojakiem SHR-700	800÷1100	mm
Wysokość ze stojakiem SHR-960	1060÷1400	mm
Rozstaw stojaków (osi stojaków)	720÷1140	mm
Podporność wstępna	do 300	kN
Podporność robocza	600	kN
Ciśnienie robocze stojaka	47	MPa
Masa stropnicy	20	kg
Masa zespołu stabilizatorów	13	kg
Masa ze stojakiem SHR-700	93	kg
Masa ze stojakiem SHR-960	103	kg
Temperatura stosowania	-15 ÷ +50	°C
Medium robocze	HYDROMIL SUPER L-HV 32, HYDRAX HLP 32, HYDROL L-HM/HLP 32	

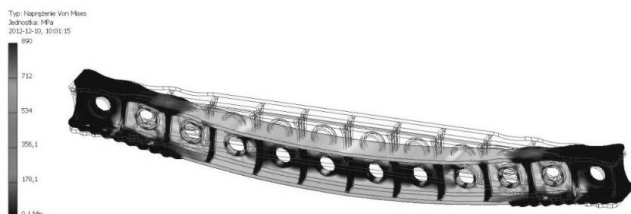
Obudowa może być stosowana w rejonach zagrożonych i niezagrożonych wstrząsami górotworu, a także w wyrobiskach zagrożonych wybuchami gazów i pyłów.

W konstrukcji obudowy zastosowano szereg rozwiązań mających na celu uzyskanie wysokiej funkcjonalności kompletnej obudowy i jej elementów. Blachy nośne stropnicy (rys. 8) wykonano z wysokowytrzymałej stali. Blachy mniej wytrzymałe wykonano z gatunków o niższej granicy plastyczności. Zastosowano połączenie materiałów o granicy plastyczności od 355 MPa do 1100 MPa.



Rys. 8. Stropnica obudowy ratowniczej HOR-01  
[Źródło: opracowanie własne KOMAG]

Kształt stropnicy został zoptymalizowany pod względem wytrzymałościowym i funkcjonalnym. Budowa stropnicy wyraźnie wskazuje zalecany obszar jej współpracy z głowicami stojaków. Ten fragment stropnicy ułatwia jej pozycjonowanie na stojaku i wstępnie stabilizuje stropnicę względem stojaka. W otwory wykonane w środku stropnicy mogą być wsuwane pręty ułatwiające wyprzedzające podparcie i zabezpieczenie stropu drażonego chodnika. Cała stropnica cechuje się niskim profilem, wynoszącym 100 mm i niską masą, wynoszącą 20 kg, przy bardzo wysokiej nośności. Ostateczna, przyjęta do realizacji wersja konstrukcyjna jest wynikiem szczegółowych analiz numerycznych z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES) (rys. 9).



Rys. 9. Mapa naprężenia zredukowanego w modelu dyskretnym stropnicy [Źródło: opracowanie własne KOMAG]

Stropnica została również poddana kompleksowym laboratoryjnym badaniom wytrzymałościowym (rys. 10).



Rys. 10. Stropnica podczas prób wytrzymałościowych  
[Źródło: opracowanie własne KOMAG]

Drugim, równie istotnym zespołem obudowy ratowniczej jest stojak hydrauliczny. Jest to stojak indywidualny, z własną pompą wewnętrzną i wewnętrznym zbiornikiem cieczy roboczej (rys. 11). Podstawowe parametry techniczne stojaków przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 11. Stojaki hydrauliczne obudowy HOR-01  
[Źródło: opracowanie własne KOMAG]

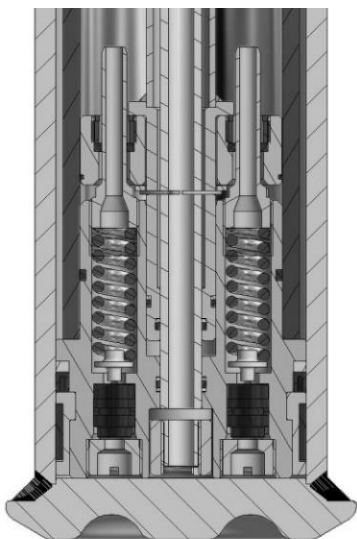
#### Charakterystyka techniczna stojaków SHR-700 i SHR-960 [6]

Tabela 2

Parametr	Wartość		Jednostka
	SHR-700	SHR-960	
Długość minimalna	700	960	mm
Długość maksymalna	1000	1300	mm
Ciśnienie wstępne	24	24	MPa
Ciśnienie robocze	47	47	MPa
Podporność wstępna	150	150	kN
Podporność robocza	300	300	kN
Skok hydrauliczny	300	340	mm
Masa	30	35	kg
Objętość medium roboczego	2,05	2,3	l
Temperatura stosowania	-15 ÷ +50	-15 ÷ +50	°C
Medium robocze	HYDROMIL SUPER L-HV 32, HYDRAX HLP 32, HYDROL L-HM/HLP 32		

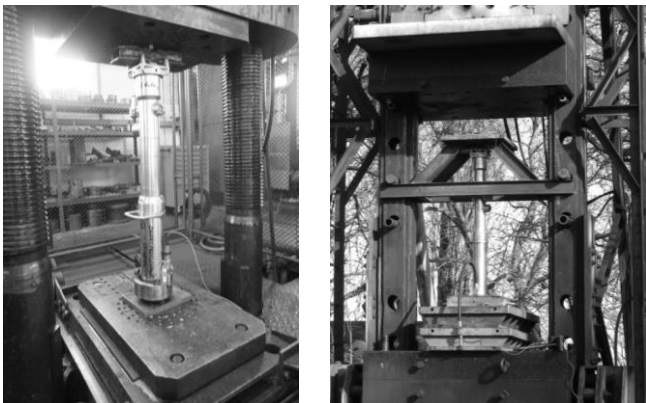
Stojak przygotowano w dwóch wariantach długości - SHR-700 i SHR-960. We wnętrzu stojaka zastosowano innowacyjne rozwiązania. W celu uzyskania wysokiej odporności na obciążenie dynamiczne zastosowano dwa zawory przelewowe,

ograniczające podporność roboczą (rozwiązanie chronione zgłoszeniem patentowym). Zawory te umieszczono bezpośrednio w tłoku (rys. 12), uzyskując szybką ich reakcję i skuteczność działania.



Rys. 12. Zawory zabezpieczające stojak przed przeciążeniem [Źródło: opracowanie własne KOMAG]

W układzie pompowym napędzanym dźwignią ręczną zastosowano dwa stopnie hydrauliczne. Pierwszy stopień pompy pozwala na szybkie wysunięcie rdzennika na wymaganą długość, natomiast drugi zapewnia uzyskanie podporności wstępnej na poziomie 150 kN. Wielkość podporności wstępnej jest ograniczona zaworem przelewowym układu pompowego. Działanie obu stopni pompy wybierane jest automatycznie. Przy niskim obciążeniu stojaka działa tłok pierwszego stopnia, a gdy obciążenie wzrasta (oparcie stojaka o strop) samoczynnie uruchamia się drugi stopień. Obie wersje długościowe stojaka poddano badaniom laboratoryjnym, statycznym i dynamicznym (rys. 13), które potwierdziły spełnienie założonych parametrów wytrzymałościowych i funkcjonalnych.



Rys. 13. Stojak SHR-960 podczas badań statycznych i dynamicznych [źródło: opracowanie własne KOMAG]

Komplet obudowy wyposażony jest w stabilizatory odrzwi umożliwiające ustawianie odrzwi bez kontaktu ze stropem i wstępnego rozparcia stojaków. Pojedynczy stabilizator składa się z dwóch obejm zakładanych na stojaki sąsiednich odrzwi i łącznika tych obejm, o zmiennej długości (rys. 14). Długość łącznika regulowana jest w zakresie 427 do 997 mm, z krokiem 30 mm. Ponadto stropnica może zostać przypięta do głowicy koronowej stojaka uniwersalną opaską zaciskową, co zapobiega jej oderwaniu od głowicy koronowej stojaka po uderzeniu skały w nierozparte odrzwia obudowy.



Rys. 14. Stabilizator odrzwi obudowy HOR-01 [Źródło: opracowanie własne KOMAG]

Konstrukcję obudowy poddano procesowi certyfikacji. Uzyskane certyfikaty zgodności nr TEST/16/CZ/2014 i TEST/17/CZ/2014 stwierdzają spełnienie przez obie wersje stojaków i kompletną obudowę wymogów następujących norm:

- PN-EN 1127-2:2014 - Atmosfery wybuchowe - Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem - Część 2: Pojęcia podstawowe i metodologia dla górnictwa,
- PN-EN 13463-1:2010 - Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem - Część 1: Podstawowe założenia i wymagania,
- PN-EN 13463-5:2012 - Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem - Część 5: Zabezpieczenie za pomocą bezpieczeństwa konstrukcyjnego "c",
- PN-EN ISO 4413:2011 - Napędy i sterowania hydrauliczne - Ogólne zasady i wymagania bezpieczeństwa dotyczące układów i ich elementów,
- PN-EN ISO 12100:2012 - Bezpieczeństwo maszyn - Ogólne zasady projektowania - Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka,
- PN-G-15536:2013 - Górnicza obudowa indywidualna - Stojaki hydrauliczne centralnie zasilane.

Po uzyskaniu certyfikatów zgodności, które pozwalają na stosowanie obudowy w każdych warunkach, przystąpiono do testów „in situ” w chodniku badawczym Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego w Bytomiu (rys. 15). Testy potwierdziły przyjęte założenia, a zwłaszcza łatwość montażu odrzwi, funkcjonalność układu pompowego oraz skuteczność układu stabilizacji.



Rys. 15. Obudowa ratownicza HOR-01 w chodniku badawczym [7]

#### 4. Możliwości zastosowania elementów obudowy HOR-01 w ratownictwie technicznym

Nie tylko w warunkach górnictwa podziemnego występują zdarzenia wymagające podjęcia akcji ratowniczej. W ostatnich latach wiele było przypadków katastrof technicznych, budowlanych lub naturalnych, np. katastrofa hali wystawienniczej w Katowicach w 2006 roku, w której zginęło 65 osób czy trzęsienie ziemi w Nepalu w 2015 roku, które pochłonęło kilka tysięcy ofiar. W tego typu katastrofach często zachodzi potrzeba podparcia lub uniesienia elementów konstrukcyjnych zawalonych obiektów w celu dotarcia do ofiar uwięzionych pod gruzami. W tych przypadkach często nie ma możliwości użycia narzędzi z zasilaniem wymagającym dostarczenia energii zewnętrznej (elektryczne, hydrauliczne lub pneumatyczne). W takiej sytuacji stojak SHR obudowy ratowniczej HOR-01 może być niezastąpiony. Dysponuje wysoką podpornością roboczą, wysoką podpornością wstępną, a przede wszystkim łagodnym zadawaniem podporności wstępnej, co ma duże znaczenie przy współpracy z materiałami kruchymi.

Podobna sytuacja może wystąpić również w ratownictwie drogowym lub kolejowym w przypadku konieczności łagodnego uniesienia elementu pojazdu bądź infrastruktury technicznej. Również tutaj może nie być możliwości zastosowania narzędzi z zasilaniem zewnętrznym, np. z uwagi na możliwości zapłonu rozlanego środka łatwopalnego.

Twórcy konstrukcji obudowy ratowniczej HOR-01 przewidują możliwości zastosowania, zwłaszcza jej stojaków, w trakcie akcji ratowniczych w górach lub jaskiniach. Znane są przypadki opadu skał o znacznej masie, przygniatających ludzi bądź zagrażających dostęp ratowników do poszkodowanych. W ratownictwie górskim i speleologicznym najważniejszą cechą sprzętu

ratowniczego może okazać się własne, niezależne zasilanie hydrauliczne.

Stojaki SHR obudowy ratowniczej HOR-01 powinny pracować w pozycji zbliżonej do pionowej. Odchylenie stojaka podczas rozpierania powyżej 15 stopni od pionu może umożliwić jego zapowietrzenie. Nie stanowi to zagrożenia bezpieczeństwa użytkownika stojaka, lecz może zmniejszyć skuteczność zadawania podporności wstępnej (aktywnej). Pełne przystosowanie stojaka do ratownictwa technicznego powinno polegać na umożliwieniu pracy stojaka w każdej pozycji. Twórcy konstrukcji podjęli zatem już prace w tym kierunku.

#### 5. Podsumowanie

Polskie służby ratownicze dysponują szeregiem typów obudowy ratowniczej o bardzo różnych parametrach technicznych. Najbardziej popularne i stosowane w większości akcji, polegających na budowie chodnika ratowniczego, są stojaki Salzgitter. Są to stojaki stare, często nie utrzymujące już założonych parametrów technicznych, ze względu na zużycie techniczne. Jedną z większych wad tych stojaków jest niezabezpieczona powierzchnia ze stopu aluminium, która może być przyczynkiem wybuchu. Kolejną wadą jest nieodporność na obciążenia dynamiczne spowodowane zastosowaniem zaworu przelewowego o bardzo małym przepływie, umieszczonego w strefie hydraulicznej stojaka, w której może nie nastąpić dynamiczny wzrost ciśnienia. Dopływ cieczy roboczej z przestrzeni podłokowej stojaka do zaworu przelewowego jest realizowany bowiem przez układ rurek i kanalików o niewielkim przekroju.

Powyższych wad pozbawiona jest obudowa ratownicza HOR-01. Ratownicy otrzymują stojaki o masie bardzo zbliżonej do masy stojaków Salzgitter, ale o wyższej podporności roboczej i z certyfikatem bezpieczeństwa użytkownika w atmosferze wybuchowej. Stojaki uzupełnione o dedykowane stropnice o dużej podporności i stosunkowo niewielkiej masie oraz dedykowany układ stabilizacji, stanowią nową jakość wśród typów ratowniczej obudowy górnictwa podziemnego.

Obudowa ratownicza HOR-01 została wdrożona do produkcji. Wyprodukowano już pierwszy komplet pilotowy w liczbie 12 odrzwi. Producentem jest firma Herkules Sp. z o.o. z Rydułtów.

#### Literatura

1. Kalukiewicz A., Kwieciński D.: Ratownicza obudowa hydrauliczna wykonana ze stopów lekkich. Prace Naukowe - Monografie CMG KOMAG nr 4, Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice 2004.

- 
2. Mazurek K.: Koncepcja poprawy bezpieczeństwa stanowiskowego w tunelu ratowniczym. Przegląd Górniczy 2012, nr 12, s. 92-99.
  3. Nowak A., Paczeński K., Obudowy chodników ratowniczych stosowane w polskim górnictwie. W: Nowoczesne metody i środki utrzymania wyrobisk górniczych, Konferencja naukowo-szkoleniowa, Ustroń, 1-2 czerwca 2006 r. Prace Naukowe GIG, Konferencje. 2006 nr 51, s. 120-128.
  4. Poradnik górnika: praca zbiorowa. T.2, Cz.1 - Katowice: Wydawnictwo Górniczo-Hutnicze, 1959.
  5. Instrukcja. Hydrauliczna obudowa ratownicza HOR-01, W37.011IOR, Wydanie 1, ITG KOMAG, wrzesień 2014.
  6. Instrukcja. Stojak hydrauliczny SHR-700, Stojak hydrauliczny SHR-960, W33.047IOR, W33.048IOR, Wydanie 1, ITG KOMAG , wrzesień 2014.
  7. <http://www.tvn24.pl/katowice,51/akcja-w-kopalni-zostalo-ok-25-m-odwiertu-ale-tempo-prac-spadlo,539023.html> (4 maja 2015).
  8. <http://www.csrg.bytom.pl/> (4 maja 2015).

*Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.*