

Materiały XXVIII Konferencji z cyklu
*Zagadnienia surowców energetycznych
i energii w gospodarce krajowej*
Zakopane, 12–15.10.2014 r.
ISBN 978-83-62922-37-6

Stefan GÓRALCZYK*, Beata WITKOWSKA-KITA**, Józef SZAFARCZYK***,
Ireneusz BAIC****

Modułowa kapsuła ratunkowa do ewakuacji poszkodowanych w środowisku niebezpiecznym

STRESZCZENIE. Celem projektu jest opracowanie modelu funkcjonalnego, założeń technicznych, studium wykonalności, utworzenie demonstratora technologii i badanie wytrzymałości modułowego zestawu kapsuły ratowniczej z systemem pierwszej pomocy i podtrzymywania życia do ewakuacji i transportu poszkodowanych z kopalni, pożarów itp.

Podsystemem kapsuły będzie moduł medyczny umożliwiający wytworzenie i utrzymanie korzystnego dla poszkodowanego środowiska medycznego w czasie transportu. W jego skład wejdą między innymi: system unieruchomienia kończyn i kręgosłupa, respirator, defibrylator, oraz system monitoringu i rejestracji stanu ratowanego z funkcją alarmowania i podejmowania akcji reanimacyjnej. Moduł medyczny obudowany będzie ochraniającym modułem transportowym, który zapewni jego bezpieczne przenoszenie w kopalni z wykorzystaniem możliwych w tym środowisku środków i metod transportu.

SŁOWA KLUCZOWE: ratowanie życia, ewakuacja rannych, ochrona, podtrzymanie życia

* Dr hab., prof. IMBiGS, ** Dr, *** Mgr inż., **** Dr inż. – Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w Warszawie

Wprowadzenie

Energetyka zawodowa to najważniejsza grupa odbiorców węgla energetycznego w Polsce. Kierowane jest tam około 65% produkcji węgla energetycznego. Pozostali odbiorcy to ciepłownie przemysłowe i komunalne, energetyka przemysłowa – co stanowi około 13%. Pozostałe 22% to drobni odbiorcy tacy jak gospodarstwa domowe, rolnictwo itp.

Wskazuje to jak ważnym produktem dla energetyki jest i będzie w przeciągu następnych lat węgiel kamienny.

Produkcja energii elektrycznej oparta jest obecnie w około 80% na kopalinach stałych. Z węgla kamiennego pozyskuje się około 54% energii elektrycznej. W Polsce węgiel kamienny wydobywany jest w dwóch Zagłębiach – Górnośląskim i Lubelskim.

Dla pozyskania niezbędnej dla energetyki ilości węgla, górnictwo węgla kamiennego w Polsce zmuszone jest do wydobywania go w coraz trudniejszych, zmiennych warunkach górnictwo-geologicznych.

Z uwagi na to, że wszystkie zakłady górnictwa węgla kamiennego to kopalnie głębinowe prowadzące działalność górnictwem na stosunkowo niewielkich obszarach nadania górnictwa, zmuszone są one do wydobywania węgla na coraz większych głębokościach.

Wynika to między innymi z miąższozasobności eksploatowanych złóż, tzn. dużej ilości zalegających pokładów węgla kamiennego na stosunkowo małych obszarach nadania.

Taki sposób pozyskiwania węgla cechuje stare zagłębia, które eksploatują węgiel w długim okresie czasu, niejednokrotnie przekraczającymi 100 lat. Głębokość i wielkość wydobycia, poza kosztami pozyskania węgla, rodzi szereg trudności, a mianowicie:

- ✧ wzrost zagrożeń naturalnych,
- ✧ wzrost zagrożeń technicznych związanych z mechanizacją procesów urabiania i transportu,
- ✧ pogorszenie się warunków pracy górników (wzrost temperatury, wilgotności, zapylenia itp.) oraz zwiększenie czasu dotarcia do miejsca pracy, który często przekracza 1 godzinę. Miejsca te znajdują się w znacznych odległościach od szybów dochodzących nawet do 9 km.

Pomimo stosowania obecnie w zakładach górniczych wielu środków monitorujących zagrożenia i używania ochron osobistych takich jak odpowiedni ubiór (kaski ochronne wraz z ochroną wzroku i słuchu itp.) oraz środków ochrony dróg oddechowych (maski przeciwpyłowe, indywidualne aparaty ochrony dróg oddechowych w przypadku atmosfery niezdanej do oddychania) dochodzi do wielu niebezpiecznych zdarzeń.

Wypadki te często są przyczyną wypadków na dole kopalni. Według statystyk Wyższego Urzędu Górniczego (WUG) liczba wypadków zmienia się z roku na rok, wykazując nieznaczną poprawę.

Jednym z czynników mogących poprawić stan poszkodowanych jest udzielanie szybkiej, sprawnej i na wysokim poziomie pomocy medycznej w miejscu wypadku, jak i w czasie transportu na powierzchnię.

Obecny stan wyposażenia i wyszkolenia osób udzielających tej pomocy w zakładach górniczych nie pozwala na realizację wymienionych założeń.

Wobec tego, w ramach projektu „Modułowa kapsuła ratunkowa do ewakuacji poszkodowanych w środowisku niebezpiecznym”, finansowanego przez NCBiR, grupa specja-

listów realizuje działania interdyscyplinarne, pracując nad koncepcją modelu funkcjonalnego kapsuły.

Członkami interdyscyplinarnego konsorcjum realizującego ten projekt są:

- ✧ Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego (IMBiGS) – koordynator projektu,
- ✧ Politechnika Warszawska (PW),
- ✧ Centralna Stacja Ratownictwa Górniczego (CSRG),
- ✧ Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii (WIHiE),
- ✧ Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej (WIML),
- ✧ Akademia Górniczo-Hutnicza (AGH).

Konsorcjanci wnoszą swój wkład w realizację projektu zgodnie z własnym doświadczeniem, kwalifikacjami i potencjałem naukowo-badawczym. Tak dobrani partnerzy konsorcjum podjęli się opracowania koncepcji modułowej kapsuły do ewakuacji poszkodowanego w środowisku niebezpiecznym.

I tak, Akademia Górniczo-Hutnicza wnosi wiedzę w zakresie projektowania zakładów górniczych z uwzględnieniem występujących lokalnie warunków górniczo-geologicznych, zagrożeń naturalnych i technicznych oraz czynników niebezpiecznych i szkodliwych środowiska pracy górników na kanwie obowiązujących, szerokokorozumianych przepisów prawa geologiczno-górniczego, bezpieczeństwa i higieny pracy, sztuki górniczej i doświadczenia. Centralna Stacja Ratownictwa Górniczego (CSRG) to stuletnie doświadczenie w zakresie udzielania pomocy górnikom i kopalniom w ekstremalnie trudnych warunkach katastrof górniczych. Ponadto CSRG może wykazać się długoletnią pracą prewencyjną polegającą na zapobieganiu tym wydarzeniom oraz prowadzeniem szkoleń dla osób kierownictwa, dozoru i członków drużyn ratowniczych kopalń. Wymienione jednostki wraz z IMBiGS opracowały, na podstawie raportów WUG, statystyki dotyczące występowania wypadków w górnictwie (Raport Wyższego Urzędu Górniczego „Stan Bezpieczeństwa i Higieny Pracy w Górnictwie w 2013 roku”).

Wszystkie te działania miały na celu przybliżyć w sposób wyczerpujący warunki panujące w kopalniach, występujące tam zagrożenia oraz czynniki niebezpieczne i szkodliwe dla pracujących załóg. Ponadto miały one również na celu przedstawienie modelu kopalni wraz z parametrami technicznymi warunków prowadzenia akcji ratowania poszkodowanych w wypadkach zaistniałych w trakcie normalnej pracy zakładu górniczego oraz w sytuacjach katastrof górniczych.

Wiedza Politechniki Warszawskiej w zakresie modelowania i projektowania na bazie najnowocześniejszych technologii materiałowej ma zapewnić implementację nowoczesnych metod ratowania poszkodowanych na „polu walki”, niedostępnych w normalnych działaniach ratownictwa cywilnego. Tę rolę spełniały następujące instytuty:

- ✧ Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej (WIML),
- ✧ Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii (WIHiE).

Z tego też względu, z uwagi na profil działania poszczególnych konsorcjantów, podzielono zrealizowane już zadanie 1 na tzw. część górniczą i część medyczno-projektową. Podczas realizacji zadania 1 dokonano:

- ✧ analizy raportów ze zdarzeń w górnictwie podziemnym, opracowanie scenariuszy zaistniałych zdarzeń (CSRG),

- ✧ przeglądu wybranych kopalń wraz z infrastrukturą pod względem możliwości prowadzenia akcji ratunkowej (AGH),
- ✧ opracowania scenariuszy możliwych zdarzeń o różnym (wysokim) stopniu trudności akcji ratunkowej (CSRG),
- ✧ opracowania założeń modelowych w zakresie obejmującym m.in. lokalizację kapsuły (jej elementów) w zakładzie górniczym, możliwości transportu kapsuły (jej elementów) do rejonu, mając na uwadze stosowane środki, tj.: transport kołowy, kolejkami spągowymi, kolejkami podwieszanymi, transport ręczny (CSRG),
- ✧ opracowania modelu funkcjonalnego kopalni i innych środowisk akcji ratunkowych (AGH),
- ✧ określenia modelu biomedycznego ratowanego (WIHiE, WIML),
- ✧ opracowania wstępnego projektu koncepcyjnego kapsuły i metody modelowania, symulacji i badań funkcjonalnych kapsuły (PW, WIML),
- ✧ opracowania modelu funkcjonalnego kapsuły ratunkowej (PW),
- ✧ wykonania badań symulacyjnych kapsuły (PW).

2. Zdarzenia w górnictwie podziemnym, opracowanie scenariuszy zaistniałych zdarzeń

Na potrzeby realizacji projektu autorzy skupili się na statystykach zebranych przez pracowników Wyższego Urzędu Górniczego (Lorenz i in. 2013), jako organu centralnego sprawującego nadzór i kontrolę nad ruchem zakładów górniczych w Polsce z okresu od 2000 do 2013 r.

Według wykazu podziemnych zakładów górniczych w 2013 r. na terenie Polski działalność górnictwem prowadziło 40 kopalń, w tym 30 kopalń węgla kamiennego i 3 rudy miedzi.

Podziemną część zakładu górniczego stanowią układ wyrobisk udostępniających, przygotowawczych oraz wyrobiska eksploatacyjne, tworzące odpowiedni model kopalni. Zdecydowana większość kopalń węgla kamiennego prowadzi eksploatację od kilkudziesięciu lat, stąd też odległość wykonywanych robót górniczych od szybu jest coraz większa. Z dostępnych danych wynika, że roboty eksploatacyjne i przygotowawcze prowadzone są w odległości średnio około 5000 do 6000 m, a w niektórych kopalniach nawet do 9000 m od szybów.

W 2013 r. sieć wentylacyjną, czyli długość wszystkich wyrobisk w kopalniach węgla kamiennego z wyłączeniem kopalń prywatnych wynosiła 4 008 795 m. Eksploatacja prowadzona była na 57 poziomach wydobywczych, a łącznie w kopalniach węgla kamiennego czynnych było 77 poziomów. W 2012 roku eksploatację prowadzono w 213 ścianach, natomiast w 2013 roku było średnio 106,8 czynnych na dobę ścian oraz 330 przodków chodnikowych na dobę.

W przedsiębiorstwach górniczych zatrudnionych było 83 900 pracowników dołowych (stan na 31 grudnia 2013 r.). Do tej liczby pracowników własnych należy doliczyć pracowników podmiotów świadczących usługi w ruchu zakładu górniczego, których liczba zmienia się w zależności od wymagań i potrzeb zamawiającego.

W latach 2000–2013 w kopalniach węgla kamiennego zaistniały 354 wypadki ciężkie, w tym w przypadku 21 prowadzona była akcja ratownicza. W przodkach ścianowych nastąpiły 72 wypadki ciężkie, w przodkach chodnikowych – 35, a na drogach transportowych – 75. W wyniku katastrof górniczych, w latach 2000–2012, zginęło 87 górników, 19 górników uległo wypadkom ciężkim, a 57 – lekkim. W okresie tym przeprowadzono 26 akcji ratowniczych, w tym 13 akcji związanych było z pożarami i wybuchami metanu, natomiast 13 – z zawałami w wyrobiskach. W przypadku wybuchów i pożarów śmierć poniosło 70 górników, zaś w zawałach zginęło 17. Wobec powyższego stwierdzono:

- ✧ W rozpatrywanym okresie, tj. od 2000 r. do 2013 r., w ruchu zakładów górniczych węgla kamiennego miały miejsce 354 wypadki ciężkie, w tym 21 zdarzeń w trakcie prowadzenia akcji ratowniczej.
- ✧ W każdym z wymienionych przypadków poszkodowany transportowany był na noszach z miejsca zdarzenia dostępnymi środkami transportu na powierzchnię.
- ✧ Ta statystyka nie obejmuje wypadków lekkich, w przypadku których poszkodowany z pomocą kolegów bądź sanitariusza kierowany był pod szyb i dalej na powierzchnię bez konieczności użycia noszy.
- ✧ Aktualnie stosowane środki transportu w górnictwie węgla kamiennego na dole nie posiadają wyposażenia medycznego, umożliwiającego pomoc poszkodowanemu.
- ✧ Stanowiska pracy załogi, na których według statystyk dochodzi najczęściej do wypadków ciężkich, są oddalone nawet do 9000 m od szybu.
- ✧ Czas transportu poszkodowanego z miejsca zdarzenia na powierzchnię może przekraczać 60 min.
- ✧ W pierwszym etapie transportu – do czasu przybycia lekarza w możliwie dostępne miejsce poza strefą zagrożenia – poszkodowany pozbawiony jest kwalifikowanej pomocy medycznej.

3. Opracowanie scenariuszy możliwych zdarzeń o różnym (wysokim) stopniu trudności akcji ratunkowej

Na podstawie analizy wypadków w górnictwie podziemnym w latach 2000–2013, ze szczególnym uwzględnieniem wypadków ciężkich, można stwierdzić, że zdecydowana większość z nich zaistniała w trakcie prowadzenia normalnego ruchu zakładu górniczego. Do wypadków tych najczęściej dochodzi w miejscach wykonywania robót górniczych w ciągu technologicznym zakładu górniczego, a więc w takich miejscach jak ściany, przodki drażonych wyrobisk korytarzowych, drogi odstawy urobku czy też drogi transportowe. Wypadki te mają charakter indywidualny, czyli poszkodowana jest jedna osoba, lub zbiorowy, w wyniku którego poszkodowanych jest kilka osób. Z przywołanej statystyki wynika, iż na wstępnym etapie udzielania pomocy poszkodowanemu, po zaopatrzeniu, transport z miejsca wypadku do wyrobiska przekopu odbywa się ręcznie z wykorzystaniem noszy.

Oto możliwe scenariusze zdarzeń:

1. Wypadek przy pracy w trakcie normalnego ruchu zakładu górniczego wynikający z następujących zdarzeń: opad stropu, zetknięcie z maszynami lub z urządzeniami elektrycznymi, wypadki komunikacyjno-transportowe itp.

Osobie poszkodowanej udzielana jest pomoc przez osoby współpracujące. Pomoc ta polega na:

- ✧ wytransportowaniu poszkodowanego w bezpieczne miejsce,
- ✧ udzieleniu pierwszej pomocy przez sanitariusza lub osobę przeszkoloną, np. osobę z dozoru,
- ✧ organizacji transportu i pomocy medycznej poprzez zawiadomienie dyspozytora kopalni,
- ✧ transporcie ręcznym noszami przy użyciu oddziałowych środków transportu, np. kolejek podwieszanych,
- ✧ transporcie środkami głównego transportu kopalnianego, np. kolei podziemnej na powierzchnię,
- ✧ transporcie szybem,
- ✧ transporcie do punktu sanitarnego lub oczekującej karetki pogotowia ratunkowego.

2. Akcja ratownicza:

- a) zapłon lub wybuch metanu,
- b) wybuch pyłu węglowego.

Scenariusze działań w takich przypadkach uzależnione są od skutków, jakie spowodowało konkretne zdarzenie. Możliwości działań ratowniczych określa wyznaczona już w pierwszej fazie akcji przez kierownictwo akcji ratowniczej strefa zagrożenia obejmująca wyrobiska, w których doszło do zdarzenia oraz te wyrobiska, w których zdarzenie spowodowało wzrost zagrożenia. W czasie prowadzenia akcji ratowniczej miejscem zgrupowania sił i środków przewidzianych do działań akcyjnych jest tzw. baza ratownicza. Lokalizacja tego miejsca wyznaczana jest przez kierownika akcji ratowniczej z zachowaniem możliwie największego bezpieczeństwa zastępów ratowniczych wykonujących prace ratownicze. Biorąc pod uwagę fakt, iż w atmosferze niezdanej do oddychania wszelkie prace wykonywane są w aparatach oddechowych, lekarz niebędący ratownikiem górniczym może udzielić realnej pomocy poszkodowanym, po ich wytransportowaniu ze strefy zagrożenia przez ratowników, dopiero w bazie ratowniczej.

- c) tąpnięcie lub zawał.

W takiej sytuacji lokalizację bazy ratowniczej ustala się jak najbliżej prowadzonych prac ratowniczych. W przypadku ratowania życia ludzkiego w bazie ratowniczej znajduje się lekarz. Lekarz, w uzgodnieniu z kierownikiem akcji, może udzielić pomocy poszkodowanym przebywającym jeszcze w strefie zagrożenia, jeżeli stwierdzi, że może pracować w warunkach istniejącego zagrożenia. Czas prowadzenia działań ratowniczych uzależniony jest przede wszystkim od położenia poszkodowanych. Im dalej znajdują się oni od linii gruzowiska zawałowego, tym ten czas jest dłuższy (konieczność drażenia chodników ratunkowych w ekstremalnych warunkach).

Wobec takich scenariuszy wyciągnięto następujące wnioski:

- ✧ Biorąc pod uwagę statystykę zdarzeń za okres od 2000 do 2013 r. należy stwierdzić, iż zdecydowaną większość wypadków ciężkich w tym okresie stanowią te zaistniałe w normalnym ruchu zakładu górniczego.
- ✧ Ze względu na specyfikę zdarzeń związanych z wybuchami metanu i pyłu węglowego, miejscem, do którego można dotransportować kapsułę ratowniczą, jest baza ratownicza. Ewentualny transport poszkodowanych ze strefy zagrożenia do bazy, biorąc pod uwagę panujące w strefie warunki, może odbywać się jedynie z wykorzystaniem noszy kompatybilnych z modułem medycznym kapsuły.
- ✧ W każdym z opisanych przypadków należałoby określić zakres kompetencji osób przewidzianych do obsługi medycznej kapsuły (lekarz czy np. ratownik medyczny po kursie KPP).
- ✧ W przypadku zdarzeń z dużą liczbą poszkodowanych, niezbędne wydaje się ustalenie oceny ich stanu pod kątem zakwalifikowania do umieszczenia w kapsule ratunkowej.
- ✧ Ustalenie procedury dotyczącej sposobu działania związanego z udzielaniem pomocy poszkodowanym w wypadkach (uwzględniając akcje ratownicze z wykorzystaniem kapsuły ratunkowej), powinno leżeć w gestii zakładu górniczego. Procedura winna uwzględniać specyfikę zakładu oraz model kopalni i na tej podstawie określać optymalne scenariusze działań organizacyjnych skracających do minimum czas udzielenia pomocy poszkodowanemu (poszkodowanym).

4. Opracowanie założeń modelowych kapsuły ratunkowej

Opracowanie obejmuje m.in. lokalizację kapsuły w zakładzie górniczym, możliwości transportu kapsuły do rejonu oraz stosowane środki, tj.: transport kołowy, kolejkami spągowymi, kolejkami podwieszanymi i transport ręczny.

Podziemna część zakładu górniczego to tysiące metrów wyrobisk korytarzowych, komorowych i wybierkowych. Roboty udośćpniające, przygotowawcze oraz eksploatacyjne prowadzone są w znacznych odległościach od szybów, dochodzących do 10 000 m. Wyrobiska podstawowe na poziomach wyposażone są w urządzenia transportowe – transport kołowy oraz transport kolejkami podwieszanymi, doprowadzonymi do każdego rejonu prowadzonych robót górniczych. W kilku zakładach górniczych trasy przenośników taśmowych służące do odstawy urobku, przystosowane zostały do jazdy załogi. Stosowane środki transportu materiałów, maszyn, urządzeń i załogi posiadają wymagane przepisami dopuszczenia do ruchu. Również wozy sanitarne, przystosowane do przewozu poszkodowanego na noszach, mają stosowne zezwolenia do użytkowania w ruchu zakładu górniczego. Niemal we wszystkich kopalniach węgla kamiennego transport wewnątrz rejonu prowadzony jest z wykorzystaniem kolejek podwieszanych z napędem spalinowym lub linowym. Kolejki podwieszane doprowadzone są do przodków drążonych wyrobisk korytarzowych i w pobliże frontów ścianowych. W niektórych wyrobiskach, z uwagi na ich nachylenie, gabaryty i wagę transportowanych maszyn i urządzeń, stosowany jest transport kolejkami spągowymi z napędem elektrycznym lub spalinowym.

Wyposażenie drążonych wyrobisk korytarzowych i chodników przyścianowych stanowią: urządzenia transportu odstawy urobku, transportu materiałów, zapory wodne lub pyłowe stanowiące zabezpieczenie przed przeniesieniem się wybuchu pyłu węglowego, składy materiałów niezbędnych do drążenia przodka i zabezpieczenia odsłoniętego stropu i ociosów w ścianach, trasy lutniociągów przewietrzających przodek lub pracujących w układzie urządzeń pomocniczych do likwidacji zagrożenia pożarowego lub metanowego oraz stacje transformatorowe zasilające urządzenia elektryczne pracujące w przodku.

Ideą budowy kapsuły ratunkowej jest maksymalne zabezpieczenie transportu poszkodowanego i udzielenie pomocy medycznej w możliwie krótkim przedziale czasowym po zdarzeniu. Uwzględniając przedstawione uwarunkowania techniczne i ruchowe, można określić miejsca lokalizacji kapsuły ratunkowej dla rejonów, w których prowadzone są roboty eksploatacyjne oraz roboty udostępniające, przygotowawcze i zbrojeniowe.

Dla wymienionych robót:

- ✧ należy zlokalizować nosze z kapsuły ratunkowej w bezpośrednim sąsiedztwie prowadzonych robót,
- ✧ kapsuła ratunkowa powinna być umieszczona lub możliwie szybko dotransportowana do przekopu i wytycznej, w których funkcjonuje transport główny, np. kołowy, kolejki podwieszane itp.

W przypadku prowadzenia akcji ratowniczej nosze kapsuły ratunkowej powinny znajdować się w bazie, gdzie na stałe znajduje się lekarz. Kapsuła powinna być dotransportowana w miejsce jak najbliżej położone od bazy, jednocześnie należy mieć na uwadze wyznaczoną strefę zagrożenia. W przypadku konieczności obecności lekarza, w czasie transportu poszkodowanego kapsułą pod szymb i dalej na powierzchnię, wymagana jest obecność drugiego lekarza. Lekarz znajdujący się w bazie nie może jej opuścić.

Na koniec stwierdzono, że:

- ✧ Gabaryty wyrobisk, ich wyposażenie, pomimo zabudowanych urządzeń transportowych, wyklucza lokalizację kapsuły ratunkowej w bezpośrednim sąsiedztwie prowadzonych robót górniczych – miejsc, w których najczęściej dochodzi do niebezpiecznych zdarzeń.
- ✧ W bezpośrednim sąsiedztwie prowadzonych robót górniczych, w przodkach robót korytarzowych, w chodnikach przyścianowych w pobliżu frontu eksploatacyjnego należy umieścić nosze stanowiące integralną część kapsuły ratunkowej, odpowiednio zabezpieczone przed występującymi warunkami (wilgoć, temperatura, zapylenie).
- ✧ Umieszczenie noszy, stanowiących integralną część kapsuły ratunkowej w bezpośrednim sąsiedztwie prowadzonych robót górniczych eliminuje konieczność przekładania poszkodowanego na inne nosze w drodze do szpitala.
- ✧ Umieszczenie poszkodowanego w kapsule ratunkowej i podłączenie do wyposażenia medycznego pozwala na monitorowanie jego podstawowych czynności życiowych bez konieczności przeprowadzania dodatkowych, a w warunkach dołowych, kłopotliwych do wykonania badań medycznych.
- ✧ Należy opracować nowy typ platform transportowych, podwieszanych kabin do kolejek szynowych, umożliwiających bezpieczny transport kapsuły stosowanymi środkami transportu na danej kopalni.

- ✧ Nadzór nad sprzętem medycznym stanowiącym wyposażenie kapsuły ratunkowej może być realizowany z wykorzystaniem infrastruktury teleinformatycznej kopalni. Kontrolę osprzętu medycznego może prowadzić przeszkolona osoba np. pielęgniarka zatrudniona w Powierzchniowym Punkcie Opatunkowym.
- ✧ Wyposażenie medyczne, materiały zastosowane do budowy kapsuły ratunkowej muszą spełniać kryteria dyrektyw, wytycznych i przepisów górniczych ustalonych dla tego typu materiałów i urządzeń przeznaczonych do pracy w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem.

4.1. Model biomedyczny ratowanego

Model biomedyczny ratowanego to zespół obrażeń ciała lub nagłych zachorowań zaistniałych w trakcie przebywania i pracy górników pod ziemią kopalni.

W opracowaniu przyjęto założenia do modelu biomedycznego ratowanego, które określają kategorie stanu klinicznego ratowanego, co ma na celu ułatwienie segregacji poszkodowanych i podjęcie właściwych decyzji o umieszczeniu ratowanego w kapsule. Ponadto wyróżniono modele biomedyczne dla wyszczególnionych zdarzeń na podstawie objawów i przyczyn ich powstania. W podsumowaniu przedstawiono analizę czynności ratowniczych w stanach nagłych i zagrażających życiu, wskazujących na konieczność wykonania tych procedur i zabiegów ratunkowych „pod ziemią”.

4.2. Model funkcjonalny kapsuły

Opracowanie modelu funkcjonalnego kapsuły polegało na zaplanowaniu wstępnego modelu koncepcyjnego kapsuły, metody modelowania, symulacji i badań funkcjonalnych kapsuły.

Zaproponowana początkowo koncepcja, oprócz funkcji transportowych i medycznych, zakładała zapewnienie ochrony poszkodowanemu podczas transportu przez rejon zagrożony wysoką temperaturę, opadem skał, zawałem itp. Po konsultacjach z partnerami górniczymi zrezygnowano z funkcji ochronnej kapsuły, dotyczącej tego typu sytuacji. Ze względu na różne zadania i miejsca zastosowania kapsuły na dole kopalni, zaproponowano podział kapsuły na trzy modele funkcjonalne:

- ✧ noszy modułowych,
- ✧ kapsuły transportowo-ochronnej,
- ✧ modułu medycznego – minikaretki.

Funkcje dla poszczególnych modułów zostały wyróżnione.

W celu weryfikacji założeń funkcjonalnych przeprowadzono symulację w warunkach rzeczywistych kopalni, które miały potwierdzić słuszność założeń. Zadaniem symulacji było dotransportowanie poszkodowanego na powierzchnię w jak najkrótszym czasie, wraz z udzieleniem pomocy medycznej w trakcie transportu.

Model funkcjonalny kapsuły po weryfikacji przez gry symulacyjne zakłada, że kapsuła będzie składała się z trzech modułów:

- ✧ moduł medyczny,

- ✧ moduł transportowy,
 - ✧ moduł ochronny.
- Wymienione funkcje będą pełniły:
- ✧ torba medyczna sanitariusza lub osoby przeszkolonej, np. ratownika medycznego,
 - ✧ inteligentne nosze z aparaturą medyczną,
 - ✧ sanitarka z wyposażeniem umożliwiającym przeprowadzenie stosownych procedur medycznych,
 - ✧ opcjonalnie osłony izolujące, w zależności od zaistniałej sytuacji.

4.3. Analiza wyników badań i integracja modelu funkcjonalnego kapsuły

Analizę i integrację modelu funkcjonalnego kapsuły przeprowadzono na podstawie cząstkowych opracowań konsorcjantów. Stwierdzono, że:

- ✧ istnieje potrzeba (celowość) budowy kapsuły ratunkowej z uwagi na liczbę niebezpiecznych zdarzeń i wypadków w kopalniach węgla kamiennego;
 - ✧ kapsuła ratunkowa składająca się z modułów transportowych, medycznych i ochronnych zapewni zdecydowaną poprawę w zakresie udzielania pomocy poszkodowanym na każdym etapie działań ratunkowych, tj.:
 - ✧ pierwsza pomoc,
 - ✧ transport poszkodowanego wraz z działaniami medycznymi od miejsca wypadku aż do punktu sanitarnego znajdującego się na powierzchni,
 - ✧ kapsuła ratunkowa wraz z poszczególnymi modułami będzie przydatna dla działań ratunkowych w sytuacji zaistnienia wypadków w trakcie normalnego ruchu zakładu górniczego, jak i w czasie prowadzonych akcji ratowniczych w przypadku katastrof górniczych, dla niesienia pomocy medycznej i transportowej poszkodowanym i uczestnikom działających w tych akcjach;
 - ✧ kapsuła ratunkowa i jej elementy muszą spełniać wymogi związane z:
 - ✧ funkcjonalnością istniejącej struktury kopalń w zakresie gabarytów wyrobisk,
 - ✧ kompatybilnością z istniejącą infrastrukturą transportową,
 - ✧ przepisami prawa górniczo-geologicznego i przepisami BHP i z wynikającymi z nich procedurami w zakresie prowadzenia ruchu zakładu górniczego,
 - ✧ obowiązującymi procedurami prowadzenia działań ratunkowych w przypadku niebezpiecznych zdarzeń i wypadków,
 - ✧ obowiązującymi przepisami w zakresie pracy maszyn i urządzeń w środowisku zagrożonym wybuchem metanu i pyłu węglowego.
- Z uwagi na funkcje medyczne, jakie kapsuła wraz z jej modułami ma spełniać w trakcie jej użytkowania (użycia) wymagane jest:
- ✧ opracowanie odpowiedniego programu szkoleń w zakresie jej użytkowania,
 - ✧ wyznaczenie przeszkolonych osób uczestniczących w akcjach ratunkowych na każdym jej etapie co do kompetencji jak i liczby,
 - ✧ określenie miejsca usytuowania kapsuły i jej elementów,

- ❖ określenie procedur bieżącej kontroli sprawności kapsuły i jej modułów oraz przeprowadzenie konserwacji,
- ❖ ustalenie możliwości wdrożenia procedur medycznych w zakresie odpowiednim dla stanu uszkodzonego, prowadzonych przez przeszkolonych pracowników (sanitariusz, ratownik medyczny, lekarz itp.),
- ❖ wdrożenie systemu łączności umożliwiającej kontakt w trakcie transportu z lekarzem.



Rys. 1. Platforma sanitarna kolejki podwieszanej

Fig. 1. Sanitary car – suspended railways



Rys. 2. Platforma sanitarna kolejki podwieszanej

Fig. 2. Sanitary car – suspended railways



Rys. 3. Podziemny wóz sanitarny

Fig. 3. Underground main ambulance



Rys. 4. Podziemny wóz sanitarny – wewnątrz

Fig. 4. Underground main ambulance – inside

Projekt „Modułowa kapsuła ratunkowa do ewakuacji poszkodowanych w środowisku niebezpiecznym” jest finansowany w okresie trzyletnim przez NCBiR i znajduje się w początkowej fazie realizacji, tj. opracowaniu modelu funkcjonalnego kapsuły. W następnym etapie zostaną określone założenia techniczne, które powinny być zgodne z wymaganiami prawnymi obowiązującymi dla urządzeń pracujących na dole kopalń. Ponadto aplikuje się rozwiązania pochodzące z instytutów wojskowych, które wymagają stosownych zezwoleń na ich rozpowszechnianie. Dlatego też autorzy odnoszą się obecnie wyłącznie do tzw. modelu

funkcjonalnego. Możliwości ewakuacji medycznej na dole kopalni przedstawiają poniższe zdjęcia powszechnie stosowanych rozwiązań.

Podsumowanie

Przedstawione statystyki dotyczące rodzaju zdarzeń niebezpiecznych, wypadków, ich stopnia ciężkości i przyczyn pokrywają się z danymi zawartymi w opracowaniach AGH, CSRG i IMBiGS. A mianowicie, największa liczba zdarzeń i związanych z nimi wypadków wydarza się podczas normalnego ruchu zakładu górniczego. Zdarzenia te mają miejsce w znacznych odległościach od szybów dochodzących nawet do 9000 m, a czas transportu poszkodowanego do punktu sanitarnego znajdującego się na powierzchni kopalni może znacznie przekraczać 1 godzinę.

Zdarzenia te wynikają z tzw. zagrożeń technicznych związanych z użytkowaniem maszyn i urządzeń zasilanych prądem lub mediami pod ciśnieniem dla urządzeń hydrauliki siłowej, procesami technologicznymi urabiania węgla, drażeniem wyrobisk, wykonywaniem lub rabowaniem obudowy, transportem materiałów i przemieszczaniem się osób w wyrobiskach w warunkach ograniczonych gabarytów, śliskiego spągu, nachylenia itp.

Zdarzenia i wypadki z tytułu zagrożeń naturalnych w wyniku szeroko pojętej profilaktyki występują rzadziej, niemniej są przyczyną najtragiczniejszych katastrof w górnictwie.

Odrębnym tematem są zachorowania i zgony naturalne w kopalniach. Podejmowane są działania w kierunku wprowadzenia specjalistycznych badań dla grup podwyższonego ryzyka (rodzaj pracy, wiek, ogólny stan zdrowia), konieczności wprowadzenia defibrylacji z uwagi na ilość przypadków zaburzeń krążeniowo-oddechowych, które zakończyły się zgonem.

Czas transportu poszkodowanego zależy od odległości od szybu, funkcjonalności wyrobisk korytarzowych (gabarytów wyrobisk, utrudnień ruchowych), infrastruktury transportowej (transport ręczny, kolejki podwieszane, kolej podziemna itp.), dostępności odpowiednich sił i środków organizacyjno-technicznych i ludzkich, warunków klimatycznych.

Udzielanie pomocy medycznej na dole kopalni w miejscu wypadku i w trakcie transportu jest obecnie niestosowane z powodu:

- ✧ braku przeszkolonego personelu i odpowiedniego sprzętu medycznego,
- ✧ braku wyposażenia środków transportu w urządzenia monitorujące i podtrzymujące funkcje życiowe,
- ✧ braku możliwości stosowania środków medycznych,
- ✧ długiego, często spóźnionego dojazdu lekarza z powierzchni,
- ✧ ograniczeń związanych z możliwością utrzymania stałego kontaktu z uwagi na specyficzne warunki dołowe.

W przypadku prowadzenia akcji ratowniczej wszelkie działania udzielania pomocy medycznej odbywają się w bazie ratowniczej, w której znajduje się na stałe lekarz wraz z wyposażeniem medycznym. Lekarz nie może opuszczać bazy.

Działanie i przebywanie w strefie zagrożenia dozwolone jest wyłącznie dla zastępów ratowniczych wyposażonych w sprzęt do przebywania w warunkach niezdalnych do oddychania,

w podwyższonej temperaturze itp. Z uwagi na ciężar wyposażenia i panujące warunki, zdolności transportowe w strefie zagrożenia z zastosowaniem kapsuły lub jej elementów praktycznie nie są możliwe.

W obliczu występowania znacznej liczby zdarzeń, w wyniku których górnicy ulegają wypadkom oraz zachorowaniom, kapsuła ratunkowa wraz z jej modułami jest ze wszelkich miar pożądana. Poszczególne rodzaje transportu: transport ręczny (nosze), transport oddziałowy (kolejka podwieszana), transport główny (kolej podziemna) wymuszają specyficzne moduły kapsuły ratunkowej wraz z opcjonalnym wyposażeniem.

Zastosowanie modułowej kapsuły ratunkowej zwiększa w znaczący sposób skuteczność opieki medycznej, a co za tym idzie szansę na przeżycie. Dotyczy to wypadków powstałych w trakcie normalnego ruchu zakładu górniczego, jak również w przypadku prowadzenia akcji ratowniczej. Kapsuła i jej moduły muszą znajdować się jak najbliżej bazy ratowniczej, która zazwyczaj ulokowana jest w pobliżu głównych dróg transportowych kopalni.

Zwrócono również uwagę na aspekty prawne związane z prowadzeniem ruchu zakładu górniczego i stosowaniu maszyn i urządzeń w środowisku zagrożenia wybuchem metanu. Ponadto potwierdzono, że udział partnera przemysłowego dla kontynuowania prac nad kapsułą jest konieczny w celu weryfikacji w praktyce funkcjonowania kapsuły w rzeczywistych warunkach kopalni.

Reasumując, modułowa kapsuła do ewakuacji poszkodowanego w środowisku niebezpiecznym jest ze wszelkich miar pożądana.

Literatura

- [1] LORENZ i in. 2013 – LORENZ, U., OZGA-BLASCHKE, U., STALA-SZLUGAJ, K. i GRUZIŃSKI, Z. 2013. Węgiel kamienny w kraju i na świecie w latach 2005–2012. *Studia, Rozprawy, Monografie* nr 183. Kraków: Wyd. IGSMiE PAN.
- [2] Raport Wyższego Urzędu Górniczego *Stan Bezpieczeństwa i Higieny Pracy w Górnictwie w 2012 roku*.
- [3] Sprawozdania konsorcjantów CSRG, AGH, WIHE, WIML, PW z realizacji zadania 1.

Stefan GÓRALCZYK, Beata WITKOWSKA-KITA, Józef SZAFARCZYK, Ireneusz BAIC

The module rescue capsule to escape victims in hazardous environments

Abstract

The Project's activities consists of: development of rescue capsule functional model, technical assumptions, feasibility studies, establishment of technology demonstrator and strength test of conceptual project of modular system rescue capsule with the first aid, life support, and evacuation and transportation of victims from mines, fires, and other mining accidents etc. Medical module as a subsystem of rescue capsule will allow to create and maintain a favorable environment for patient's medical transport. It will consist of the following: the system of the limbs and spine immobilization, ventilator, defibrillator, and the victim's monitoring and recording with alarm function and resuscitation. The module is encased in transport module, which ensures its safe transfer in the mine using available means and methods of transport.

KEY WORDS: saving live, evacuation of wounded, protection, life support

