

Analiza sytuacji wypadkowych z udziałem operatorów maszyn, zaistniałych w górnictwie podziemnym w ciągu ostatnich kilku lat wskazuje na silną potrzebę poprawy ich bezpieczeństwa. Eksploatacja złóż na coraz większych głębokościach powoduje ciągły wzrost niekontrolowanych zjawisk zachodzących wewnątrz górotworu, stanowi one znaczne zagrożenie dla górników pracujących w kopalniach podziemnych. Dotychczasowe badania konstrukcji chroniących w aspekcie bezpieczeństwa operatorów maszyn przeprowadzane są przy użyciu makiety DLV, obrazującej przestrzenie operatora maszyny górniczej, która nie może zostać naruszona podczas analizy. Nie odwzorowuje ona jednak obciążenia, jakie działają na ciało operatora ani obrażeń, jakich doznaje podczas sytuacji wypadkowych wywołanych różnymi zjawiskami występującymi w kopalniach podziemnych. W tym celu planuje się, podczas badań bezpieczeństwa operatorów, zastąpienie znormalizowanej makiety DLV zwalidowanym manekinem numerycznym. Wykonane zostanie to poprzez coupling – nowoczesny metod umożliwiający połączenie modeli różnych kodów numerycznych. Zabieg ten pozwoli na otrzymanie bardziej precyzyjnych i zbliżonych do rzeczywistości rezultatów, co może umożliwić znaczny popraw bezpieczeństwa stwa w kopalniach.

Wszystkie konstrukcje chroniące operatorów maszyn przeznaczonych do prac w górnictwie podziemnym, które są wdrażane do pracy w kopalni podziemnej, muszą obligatoryjnie spełniać wymagania Dyrektywy Maszynowej 2006/42/EC, zalecającej badania kabin w zakresie ochrony przed spadającymi przedmiotami oraz przed przewróceniem się maszyny. Obecnie obowiązujące normy dotyczące ochrony operatorów tych maszyn są identyczne jak w przypadku maszyn budowlanych, mimo że w kopalniach podziemnych występuje wiele innych zagrożeń, które mogą doprowadzać do sytuacji wypadkowych. Jednak przegląd wypadkowości w górnictwie podziemnym w ostatnich latach wskazuje na potrzebę poprawy bezpieczeństwa operatorów, przez uwzględnienie w badaniach konstrukcji chroniących także wielu innych czynników, nie branych pod uwagę w dotychczasowych analizach. W kopalniach podziemnych występuje wiele innych zjawisk zagrażających operatorom. Tąpnięcia występujące w górotworze powodują wypiętrzenia spękania, boczne wyrzuty skał, zawały czy też osypania mas skalnych z oścosów, doprowadzając do groźnych wypadków, a w konsekwencji do poważnych obrażeń, a nawet śmierci operatorów. Wskazuje to na konieczność weryfikacji obecnie przeprowadzanych badań konstrukcji chroniących w zakresie bezpieczeństwa operatorów maszyn. Należy wziąć pod uwagę czynne środowisko górotworu, a tym samym przeprowadzić analizy wielu innych czynników, nieuwzględnionych dotychczas w normach.

Celem wykonywanych badań jest dokładne przeanalizowanie skutków zjawisk zagrażających operatorom, zachodzących w górotworze podczas tąpnięć. Wykorzystanie zwalidowanego manekina numerycznego, zamiast stosowanej dotychczas w analizach makiety DLV (Deflection – Limiting Volume), umożliwi identyfikację obrażeń oraz obciążenia działających na operatora pod wpływem różnych czynników występujących w kopalniach podziemnych, wywołujących sytuacje wypadkowe. Analiza sytuacji wypadkowych z udziałem operatorów maszyn, zaistniałych w górnictwie podziemnym w ciągu ostatnich kilku lat, wskazuje na silną potrzebę poprawy ich bezpieczeństwa. Eksploatacja złóż na coraz większych głębokościach powoduje ciągły wzrost niekontrolowanych zjawisk zachodzących wewnątrz górotworu, stanowi one znaczne zagrożenie dla górników pracujących w kopalniach podziemnych. Dotychczasowe badania konstrukcji chroniących w zakresie bezpieczeństwa operatorów maszyn uwzględniają jedynie dwie sytuacje wypadkowe, tj.: przewrócenie się maszyny oraz spadające z góry skały, podczas gdy w górotworze zachodzi także wiele innych zjawisk, również, a nawet bardziej zagrażających zdrowiu i życiu operatorów maszyn, tj. wypiętrzenia spękania.

Konstrukcje chroniące operatorów stosowane w maszynach górniczych muszą obecnie spełniać wymagania bezpieczeństwa opisane w Dyrektywie Maszynowej 2006/42/EC. Do badań tych wykorzystywana jest makieta DLV – obrazująca przestrzenie siedzącego w kabinie operatora – umieszczana w analizowanej konstrukcji chroniącej.

Kryterium wystarczającym do spełnienia wymogów zawartych w normie jest nienaruszenie makiety DLV. Nie są natomiast wykonywane żadne analizy mające na celu określenie obciążenia działającego na operatora podczas wypadku oraz obrażeń, jakich doznaje.

W rzeczywistości zdarzają się jednak sytuacje wypadkowe, podczas których makieta DLV nie zostałaby naruszona w czasie badania, natomiast operator odnosi poważne uszkodzenia ciała, a nawet ginie.

Zastosowanie zwalidowanego manekina numerycznego podczas analiz bezpieczeństwa zwiększy liczbę danych uzyskiwanych podczas testów, dzięki czemu lepiej odzwierciedli obrażenia, jakich może doznać operator maszyny podczas różnych sytuacji wypadkowych. Przeprowadzone zostaną badania, gdzie oprócz analiz wytrzymałościowych konstrukcji chroniących, analizowane będą także parametry biomechaniczne operatorów doznających obrażeń podczas różnych sytuacji wypadkowych w kopalniach podziemnych. Badania będą wykonywane przy wykorzystaniu najnowszych metod numerycznych, takich jak metody elementów skończonych (MES) z modelami typu Multibody (MB), a tym samym mechaniki i bioinżynierii.

Badania polegać będą na budowie modeli geometrycznych istniejących już konstrukcji chroniących, spełniających obecnie wymagane normy w zakresie bezpieczeństwa operatorów maszyn oraz opracowanie opartych na nich modeli dyskretnych. W kabinie usytuowany został zwalidowany, elipsoidalny model manekina numerycznego typu Multibody. Połączenie metody elementów skończonych z elementami wieloczołowymi Multibody umożliwi coupling programów MADYMO i LS-DYNA, który posłuży do symulacji sytuacji wypadkowych.

Jest to metoda umożliwiająca połączenie różnych modeli, o innych kodach numerycznych, w jednej symulacji. W opisywanych analizach wykorzystano coupling, w celu realizacji kontaktu pomiędzy elementami elipsoidalnymi (manekin), na bazie których opracowane są modele w MADYMO z modelem MES kabiny w oprogramowaniu

LS-DYNA. Coupling umożliwi swobodny wybór oprogramowania wykorzystywanego do analiz oraz modeli numerycznych z różnych rodzajów programów, dzięki czemu można przeprowadzać bardziej zaawansowane symulacje.

Planowana jest budowa modeli geometrycznych istniejących już konstrukcji chroniących, spełniających obecnie wymagane normy w zakresie bezpieczeństwa operatorów maszyn oraz opracowanie opartych na nich modeli dyskretnych. Następnie określone zostaną zjawiska zachodzące w górotworze, powodujące sytuacje zagrożenia zdrowia oraz życia górników w kopalniach podziemnych, a na ich podstawie warunki brzegowe do przeprowadzenia symulacji komputerowych. Analiza tych zjawisk może wskazać dalsze wytyczne do zapewnienia ochrony operatorów podczas działania tych czynników. Wykonywane w ramach projektu zadania będą miały charakter interdyscyplinarny. Połączone zostaną badania wytrzymałości konstrukcji chroniącej operatorów

z analiz parametrów biomechanicznych uzyskanych dzięki zastosowaniu najnowszych, różnorodnych metod obliczeniowych.

Zastosowanie manekinów numerycznych znacznie przybliży obrażenia, jakich może doznać operator maszyny podczas wielu sytuacji wypadkowych, co pozwoli na weryfikację obowiązkowych obecnie norm. Badania stworzą podstawę do dalszych działań zmierzających do poprawy ochrony operatorów maszyn przeznaczonych do prac w górnictwie podziemnym i prac tunelowych.

Reasumując, istnieje potrzeba weryfikacji obowiązkowych obecnie testów w aspekcie bezpieczeństwa operatorów maszyn górniczych przeznaczonych do pracy w górnictwie podziemnym i prac tunelowych. Należy określić zjawiska zachodzące w górotworze, które powodują sytuacje wypadkowe w kopalniach podziemnych, a także zidentyfikować obciążenia działające na operatora w skutek działania tych zjawisk. Zastosowanie manekinów numerycznych wydaje się jednym z bardziej obiecujących sposobów na wykonanie tego typu badań. Badania przeprowadzane będą za pomocą najnowszych metod obliczeniowych. Będzie to analiza dynamiczna, która może dać bardzo zbliżone do rzeczywistości rezultaty. Innowacyjna metodyka badań pozwoli w przyszłości na ocenę konstrukcji kabin metodami numerycznymi jeszcze na etapie projektowym. Weryfikacja obecnych obowiązujących norm, przez uwzględnienie znacznie większej liczby zjawisk wywołujących sytuacje wypadkowe w kopalniach podziemnych oraz wykorzystanie zbliżonego do ciała ludzkiego manekina operatora, pozwoli na wyznaczenie czynników, mających wpływ na bezpieczeństwo w kopalniach podziemnych. Otrzymane wyniki mogą mieć znaczny wpływ na poprawę bezpieczeństwa w kopalniach podziemnych. Analiza nieuwzględnianych wcześniej zjawisk zachodzących wewnątrz górotworu pozwoli na dokładniejsze określenie zagrożeń w górnictwie podziemnym. Identyfikacja obrażeń, jakich doznaje operator podczas działania wielu różnych czynników występujących w kopalniach, może się przyczynić do wyznaczenia nowych trendów w projektowaniu systemów bezpieczeństwa oraz konstrukcji chroniących operatorów maszyn przeznaczonych do prac w górnictwie podziemnym. Wyniki przedstawione w projekcie znacznie poszerzą wiedzę dotyczącą zjawisk zachodzących w górotworze, doprowadzając do sytuacji wypadkowych w kopalniach podziemnych oraz wytyczą kierunki dalszych badań w zakresie ochrony operatorów maszyn.