

Przykład oceny wpływu przenośnika taśmowego na pole prędkości w chodniku kopalnianym

KRAWCZYK JERZY, JANUS JAKUB

Instytut Mechaniki Górotworu PAN; ul. Reymonta 27, 30-059 Kraków

Streszczenie

Rozpatrywano przepływ powietrza w chodniku kopalnianym w obudowie łukowej z zabudowanym przenośnikiem taśmowym. Celem modelowania było oszacowanie wpływu obecności taśmociągu na przepływ powietrza kopalnianego w pobliżu miejsca ewentualnego zamontowania anemometru stacjonarnego lub wpływu na pole prędkości w obszarze, gdzie możliwe jest trawersowanie pola prędkości. Ocena wpływu zawierała porównanie pola prędkości dla chodnika z taśmociągami i bez, przy takim samym strumieniu objętości (wydatku). Uwzględniono postój rozruch i ciągłą pracę przenośnika. Ograniczono się do przypadku braku urobku na taśmie i obszarów poza zasięgiem wpływu napędu i przesypów. W podsumowaniu przedstawiono kierunki i ocenę możliwości dalszych analiz, w szczególności uwzględnienia obecności urobku na taśmie zarówno w aspekcie samego pola prędkości jak i ewentualnej propagacji metanu

Słowa kluczowe: wentylacja kopalń, numeryczna mechanika płynów, przenośnik taśmowy

1. Wprowadzenie

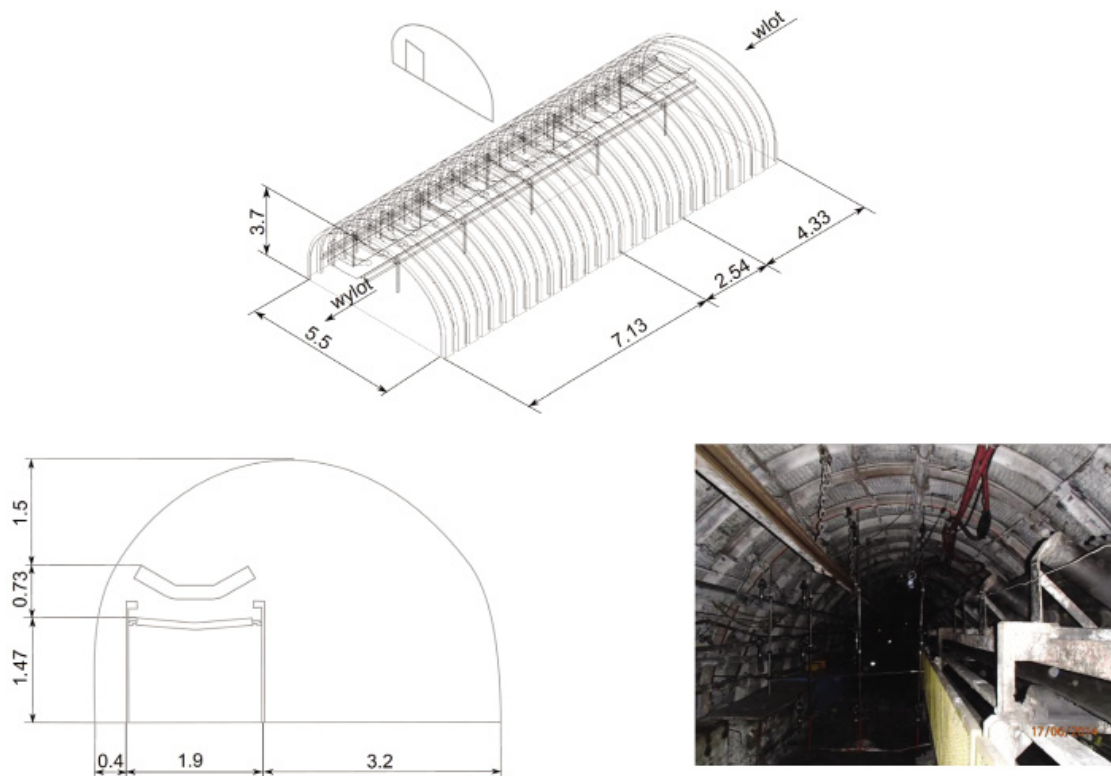
Do symulacji wpływu taśmociągu na pole prędkości wybrano odcinek chodnika odpowiadający chodnikowi na wlocie do ściany 303-S PN kopalni Staszic, w którym prowadzono pomiary przy pomocy systemu wielopunktowego pomiaru prędkości oraz zestawu termooanemometrów. Ocena wpływu będzie zawierała porównanie pola prędkości dla chodnika z taśmociągami i bez, przy takim samym strumieniu objętości przepływającego powietrza [3].

2. Model taśmociągu

Rozpatrywano taśmociąg bez urobku podczas postoju i ruchu taśmy. Taśma miała szerokość 1.2 m i grubość 0.01 m. Przyjęto często stosowaną wersję, gdy górna taśma była ułożona na trzech rolkach a dolna na dwóch. Taśmociąg miał budowę modułową, złożoną z odcinków o długości 2.8 m. Odcinek obejmował cztery zestawy górnych rolek. Taśma na dolnych rolkach nie transportuje urobku, dlatego był tylko jeden zestaw dwóch rolek. Taśmociąg był podparty przez ramy o wysokości 1.7 m. Od strony osi wyrobiska zamontowano siatkę zabezpieczającą o wymiarach 2.8×0.8 m.

Celem modelowania było oszacowanie wpływu obecności taśmociągu na przepływ powietrza w pobliżu miejsca ewentualnego zamontowania anemometru stacjonarnego lub wpływu na pole prędkości w obszarze, gdzie możliwe jest trawersowanie pola prędkości, [5]. Czujników nie umieszcza się blisko poruszającej się taśmy i urobku. Podobnie jest z trawersowaniem – prowadzi się je w zasięgu wysięgnika lub ręki pomiarowca, który podlega ograniczeniom wynikającym z dostępności i wymogów bezpieczeństwa (dla poruszającego się taśmociągu). Odpowiednio do celu symulacji dokonano uproszczeń geometrii taśmociągu. Pominęto elementy wsporników ułożone tak, że stanowiły nieznaczne przeszkody dla przepływu.

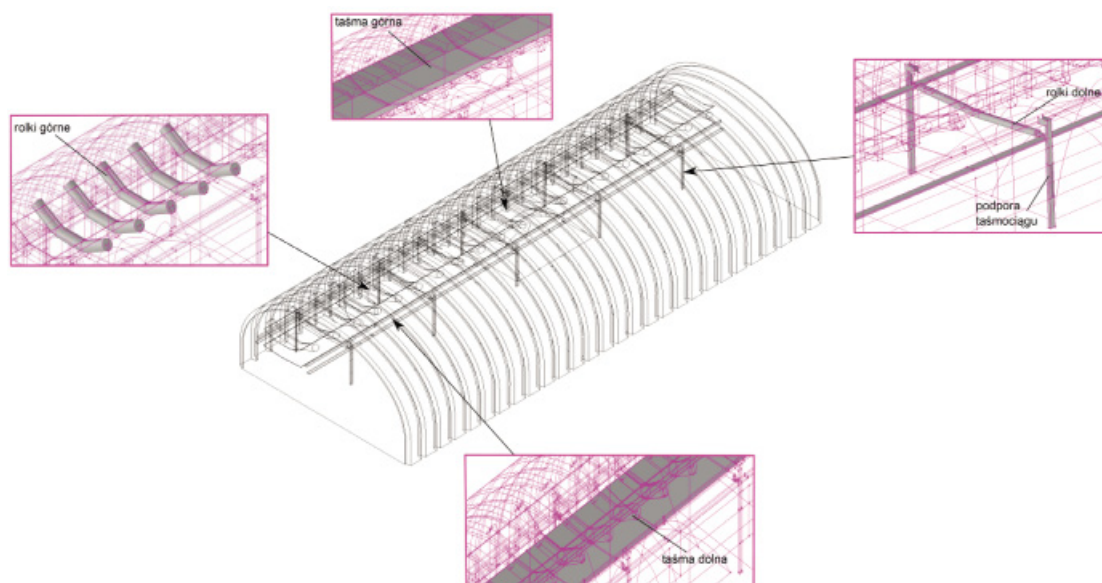
Przygotowano również dokładniejszą reprezentację geometryczną, uwzględniającą obecność wsporników, która może być przydatna dla modelowania zjawisk związanych bezpośrednio z pracą taśmociągu,



Rys. 1. Opływ taśmociągu – geometria obszaru i widok otoczenia taśmociągu od strony napływu powietrza

i rolek i na przykład skutków przegrzewania się łożysk lub pożaru. W takiej sytuacji należałoby również zadając warunki brzegowe uwzględnić z ruch taśmy i rolek. Ta wersja nie została wykorzystana w niniejszych analizach. Celem niniejszych analiz jest określanie pola prędkości w obszarach dostępnych dla pomiarów anemometrami ręcznymi i odpowiednich dla instalowania anemometrów stacjonarnych, co uzasadnia uproszczoną reprezentację obszaru od taśmociągami.

Taśmociąg stanowi przeszkodę dla przepływu o znacznych wymiarach, jednak przesłania on przekrój w ograniczonym stopniu. Dlatego wzrost prędkości w wolnej przestrzeni będzie mniejszy niż dla litej przeszkody, takiej jak skrzynia czy transformator. Można się spodziewać, że pod taśmociągami obserwuje się przepływ, jednak o zauważalnie mniejszej prędkości. Jest to obszar trudno dostępny dla pomiarów. Wyko-



Rys. 2. Geometria obszaru dla zagadnienia opływu taśmociągu – wybrane fragmenty modelu

nane pomiary kopalniane w kilku przypadkach wskazują na to, że prędkość ta jest rzędu połowy prędkości średniej, jeśli pustka pod taśmociągami jest na wysokość rzędu 1 m. Podobnie jest z przestrzenią jaka musi pozostać pomiędzy taśmociągami i bliższym ociosem wyrobiska. Symulacja będzie uzupełnieniem danych z pomiarów. W pierwszym przybliżeniu do symulacji wybrano standardowy model turbulencji k-e. Obliczenia kontynuowano stosując odpowiedni do skomplikowanych warunków przepływu model k- ω SST [4].

3. Warunki brzegowe i sposób prowadzenia obliczeń dla nieruchomej taśmy

Dla przekroju wlotowego modelu przyjęto profil prędkości. Dla wylotu zadano standardowe warunki (typ outflow). Zadano również typowe chropowatości ścian, żeber, spągu i elementów taśmociągu, [2].

Taśmociągi mają zwykle znaczną długość, dlatego uzasadnione jest poszukiwanie rozwiązania charakteryzującego się rozwiniętym przepływem. Dla szczególnych przypadków, gdy czujnik prędkości jest montowany w wyrobisku z taśmociągami w obszarze innych czynników zakłócających przepływ jak na przykład w pobliżu odrzwi tam bezpieczeństwa przez które przechodzi taśmociąg należałoby przeprowadzić odrębną analizę. W pierwszym przybliżeniu obraz zaburzeń przepływu byłby wówczas sumą logiczną prostszych zagadnień.

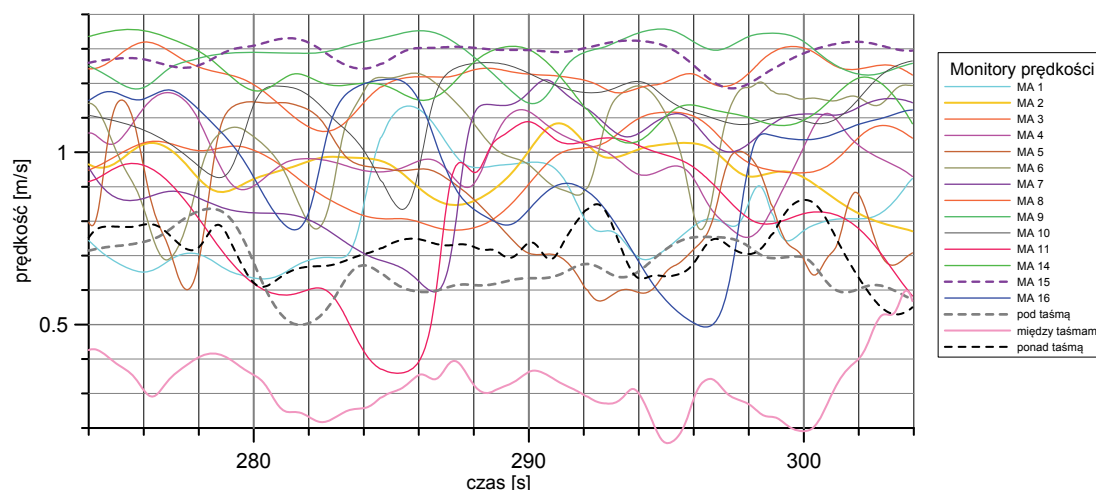
W sposób standardowy dla prezentowanych rozwiązań wygenerowano profil wlotowy dla chodnika bez taśmociągu. Rozwiązanie to będzie wykorzystane do oceny wpływu obecności taśmociągu. W pierwszym cyklu obliczeń profil ten zadano na wlocie modelu.

Elementy taśmociągu stanowią znaczne źródło zaburzeń, dlatego obliczenia modelem stacjonarnego przepływu nie osiągnęły zadowalającej zbieżności. Obliczenia kontynuowano stosując opis przepływu niestacjonarnego. Po uzyskaniu dostatecznie mało zmiennego obrazu przepływu profil na wylocie odcinka zadano na dolocie i kontynuowano obliczenia. Operację przenoszenia profili powtarzano kilkakrotnie raz, otrzymując coraz bardziej podobne profile wlotowy i wylotowy. Proces upodabniania się profili następował jednak powoli, dlatego zdecydowano o zastosowaniu drugiego sposobu generowania rozwiniętego profilu.

W kolejnej fazie obliczeń skorzystano z alternatywnej metody poszukiwania rozwiniętego profilu, poprzez zadanie periodycznych warunków brzegowych. Polega ono na powiązaniu warunków na wlocie i wylocie odcinka.

4. Warunki brzegowe i sposób prowadzenia obliczeń dla ruchomej taśmy

Rozpatrywano ruch taśmy górnej pod prąd – górna taśma porusza się w kierunku przeciwnym niż przepływ powietrza w wyrobisku. Przyjęto uproszczony model ruchu taśmy, pomijając ruch obrotowy rolek. Rolki znajdują się pod górną i dolną taśmą – przestrzeni oddzielonej od swobodnego przekroju wyrobiska.

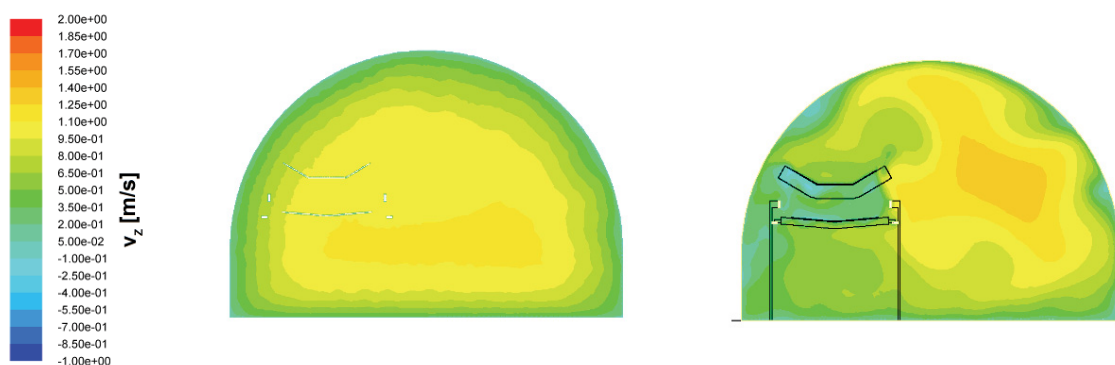


Rys. 3. Zmiany prędkości przepływu powietrza zarejestrowane przez wirtualne czujniki (monitory) rozmieszczone w poprzecznym przekroju wyrobiska

Przyjęto stan początkowy z nieruchomą taśmą ($t = 304$ s). Od chwili początkowej w kolejnych krokach czasowych zwiększano prędkość ruchu taśmy o 0.1 m/s aż do docelowej prędkości 2.5 m/s, [1]. Dla tej prędkości ruchu taśmy kontynuowano obliczenia przez kilka sekund stwierdzając, że w tym czasie ustaliły się nowe warunki przepływu i powstała rozwinięta warstwa przyścienna przy powierzchni taśmociągu.

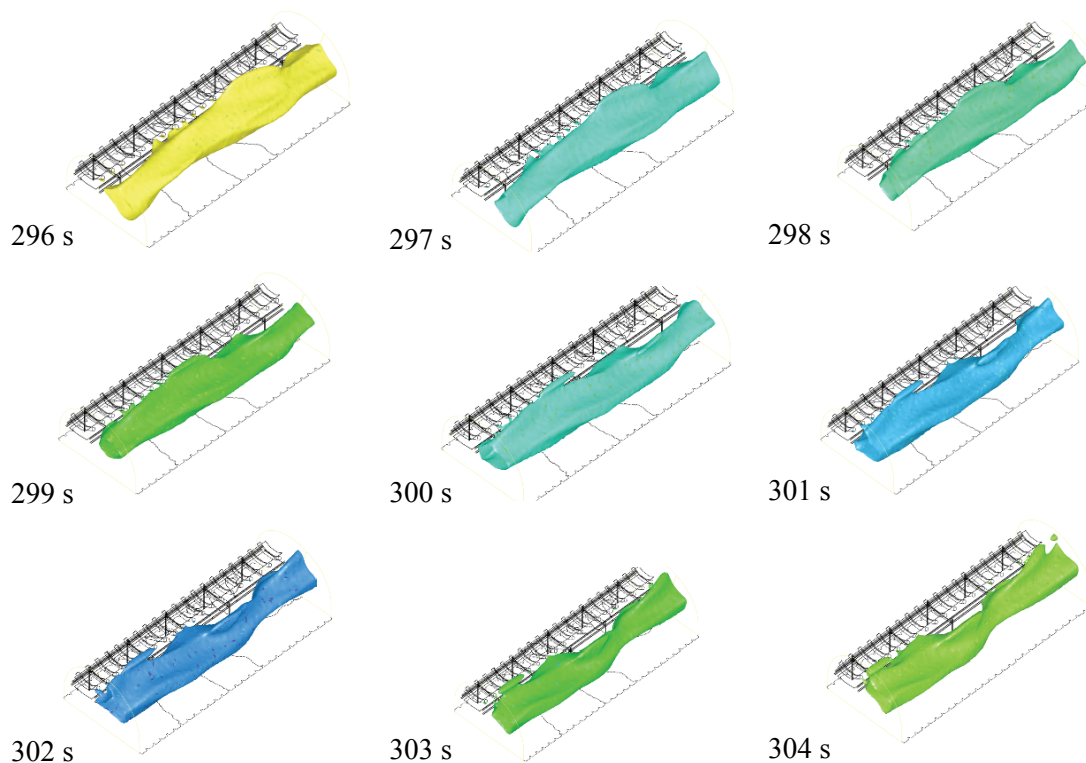
5. Wyniki symulacji

Taśmociąg stanowi przeszkodę dla przepływu, jednak nie blokuje przepływu całkowicie. Pomiary i symulacje wskazują na to, że pod taśmociągiem mogą występować prędkości o połowę mniejsze niż w pozostałej części przekroju wyrobiska (rys. 4).

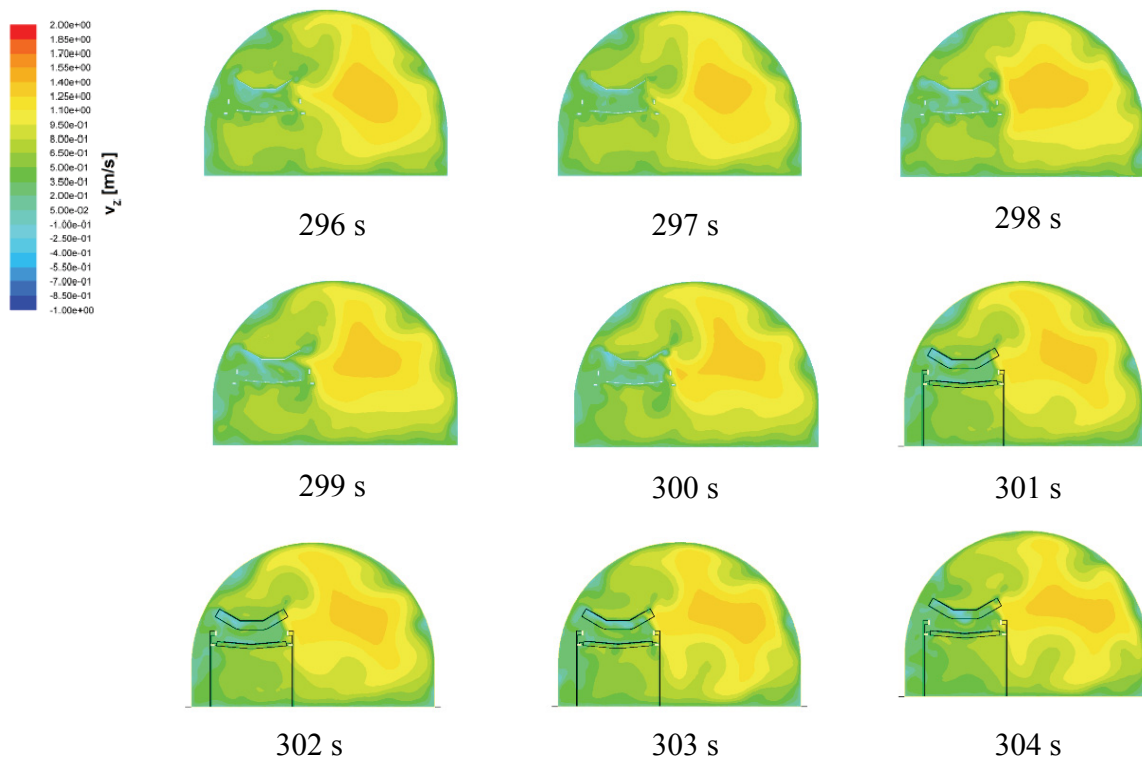


Rys. 4. Obrazy pól prędkości dla chodnika bez taśmociągu i taśmociągu w spoczynku w przekroju poprzecznym

Model niestacjonarnego przepływu uwzględnia oscylacje pól prędkości. Widać je na zapisach wirtualnych czujników prędkości (rys. 3). Pewną regularność w pola prędkości można stwierdzić obserwując powierzchnie stałej prędkości (1.2 m/s), dla kolejnych sekund symulacji, które przedstawia rys. 5 oraz rozkłady składowej prędkości równoległej do osi wyrobiska dla 12-go metra odcinka obliczeniowego (rys. 6).



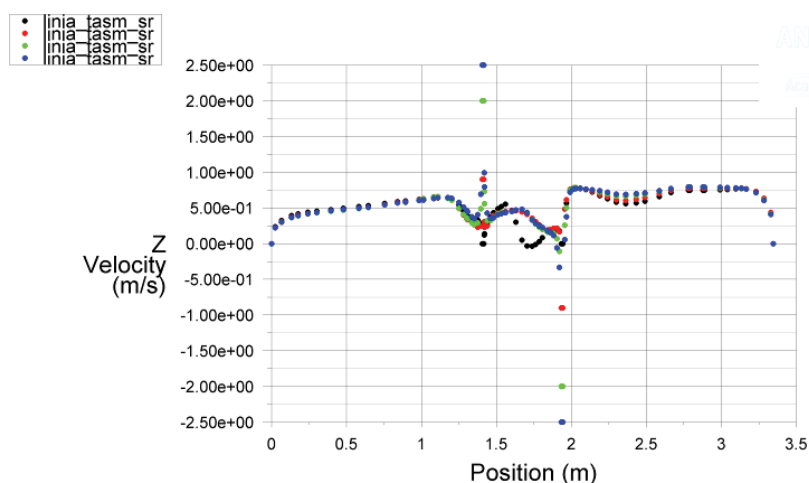
Rys. 5. Powierzchnie stałej składowej prędkości w kierunku osi wyrobiska ($v_z = 1.2$ m/s) dla kolejnych sekund symulacji (postój taśmociągu)



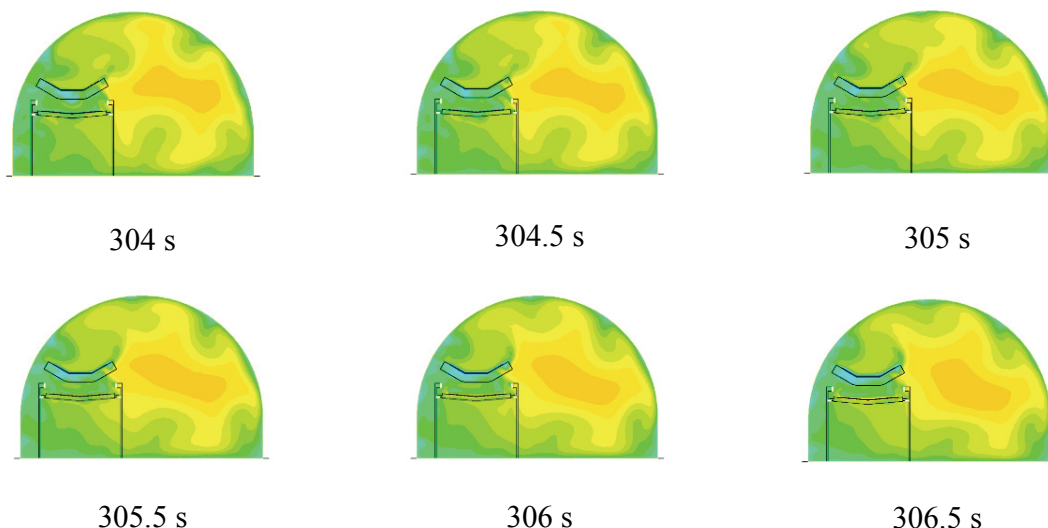
Rys. 6. Rozkłady v_z – składowej prędkości równoległej do osi wyrobiska dla 12-go metra odcinka obliczeniowego (postój taśmociągu)

Po uruchomieniu taśmy dla taśmociągu bez urobku zasięg zmian pola prędkości nie przekracza 0.5 m (rys. 7).

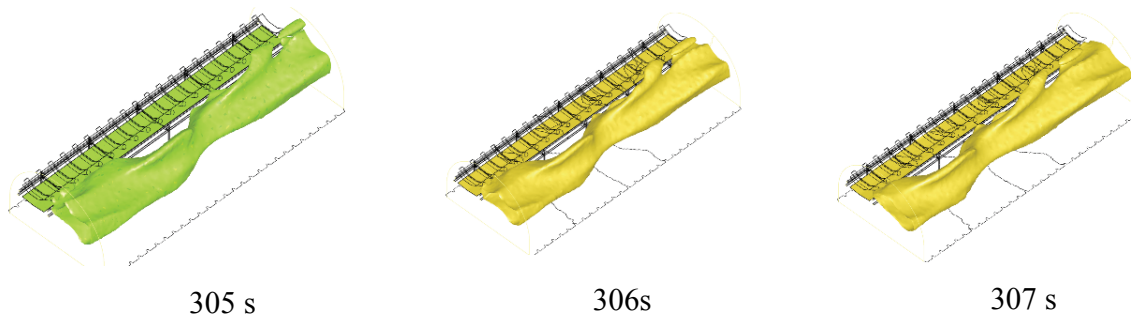
Gdyby na taśmociągu znajdował się urobek, to zasięg ten byłby większy ze względu na oddziaływanie nierównomiernie ułożonych brył urobku. W większych odległościach od taśmy obraz pól prędkości nie zmienia się w zauważany sposób, o czym świadczą rys. 8 i rys. 9.



Rys. 7. Rozpędzanie taśmy do prędkości 2.5 m/s. Rozkłady prędkości wzdłuż pionowej linii na środku taśmociągu – warunki początkowe, 0.5, 1 i 1.25-ta sekunda rozruchu



Rys. 8. Rozkłady składowej prędkości równoległej do osi wyrobiska dla 12-go metra odcinka obliczeniowego podczas rozruchu taśmociągu



Rys. 9. Powierzchnie stałej składowej prędkości w kierunku osi wyrobiska ($v_z = 1.2$ m/s) dla pierwszych trzech sekund uruchomienia taśmociągu

6. Podsumowanie

Przenośniki taśmowe są typowym elementem wyposażenia chodników kopalnianych. Z perspektywy aerologii górniczej stanowią one złożone źródło zaburzeń przepływu. W niniejszym artykule przedstawiono szczególny przypadek zabudowy taśmociągu i nie uwzględniano obecności urobku na taśmie. Analiza dotyczyła odcinka taśmociągu położonego dostatecznie daleko od napędów i przesypów. W oparciu o przedstawioną tutaj metodykę i wyniki można formułować kolejne zagadnienia, w szczególności wpływ nasypanego na taśmę urobku w ruchu i spoczynku oraz stan w pobliżu napędów i przesypów. Wyniki tych analiz mogą być przydatne zarówno dla określenia wpływu przenośników na pole prędkości w ich otoczeniu jak i szeregu zagadnień istotnych dla bezpieczeństwa. Przykładowo można prognozować emisję metanu z urobku względnie propagację gazów z przegrzewającego się łóżyska.

Niniejsza publikacja została opracowana w ramach realizacji Zadania nr 9 Projektu strategicznego pt. „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach”, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR). Numer umowy SP/K/9/208300/13

Literatura

ANSYS, 2013. Fluent User Manual, Ansys Inc

Dziurzyński W, Krawczyk J., Skotniczny P., Janus J., Ostrogórski P., 2014. *Badania eksperymentalne rozszerzonego systemu wraz z weryfikacją metodami symulacji komputerowych, w tym z wykorzystaniem modeli 3D*. Raport z realizacji Etapu 8 - części strategicznego projektu badawczego PS8 pt. Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach, IMG-PAN.

Krawczyk J., Skotniczny P., Janus J., 2015. *Badania modelowe i eksperymentalne zakresu zmian prędkości powietrza rejestrowanych przez czujnik w zależności od jego umieszczenia oraz profilu prędkości powietrza w przekroju jego zabudowy*. Raport końcowy z realizacji Zadania badawczego nr 1 Zadania nr 9 Projektu strategicznego pt. „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach, SP/K/9/208300/13, wyd. IMG-PAN, s. 173.

Menter F., 2012. Turbulence Modeling for Engineering Flows. ANSYS Inc. www.ansys.com

Rove M., 1970. *Measurement and computations of flow in pipe bends*, J. Fluid Mech. Vol 43.

An example of belt conveyor impact assessment on the velocity field in a mine drift

Abstract

Examination of the airflow in mine drifts consider arch-yielding and belt conveyor. The purpose of modeling was to example of belt conveyor impact assessment on the airflow in a mine drift in the vicinity of the possible installation of stationary anemometer or impact on velocity field in area where traverse velocity field is possible. The impact assessment included a comparison of the velocity field for sidewalk with and without belt conveyor, at the same flow rate. Modeling includes stop, start and continuous work of belt conveyor, examples were limited to the absence of coal on the tape. Summary presents trends and evaluate opportunities for further analysis, especially taking in to account the presence of coal on the tape.

Keywords: mine ventilation, numerical fluid mechanics, belt conveyor