



Mgr inż. Jakub Janus^{*)}

Wpływ zapór przeciwwybuchowych pyłowych na pole prędkości w wyrobisku górniczym w aspekcie wskazań anemometru stacjonarnego

The impact of dust explosion-proof firewall on the velocity field in mine drifts in terms of stationary anemometer measurements

Treść: Jednym ze źródeł zaburzeń warunków przewietrzania w wyrobisku górniczym są miejsca, gdzie występują zapory przeciwwybuchowe pyłowe. Nierzadko w tych okolicach konieczne jest umieszczenie anemometru stacjonarnego, którego zadaniem jest pomiar prędkości przepływu powietrza w wyrobisku górniczym. W takim przypadku, kluczowym elementem do uzyskania poprawnych oraz wiarygodnych wyników pomiaru jest wybór odpowiedniego punktu pomiarowego. Wpływ stosowania zapór przeciwwybuchowych pyłowych na kształtowanie się profilu prędkości powietrza można badać eksperymentalnie za pomocą oprogramowania wykorzystującego metodę objętości skończonej. W artykule przedstawiono wyniki obliczeń numerycznych wpływu zaburzeń wywołanych półkami zapory. Uzyskane wyniki obliczeń pozwoliły na określenie optymalnego położenia anemometru stacjonarnego w odcinku chodnika z zaporą przeciwwybuchową pyłową.

Abstract: One of the sources of mine ventilation disturbance are places with dust explosion-proof firewall. Very often in these regions there is a need to place stationary anemometer whose task is to measure the flow rate of mine ventilation air. In this case, a key element to obtain correct and reliable measurement results is to choose the right measurement point. Impact of dust explosion-proof firewall on the velocity profile can be studied experimentally by using the finite volume method software. This paper presents the results of numerical calculations of firewall impact induced disorders. The results of calculations made it possible to determine the optimal position of the stationary anemometer in the area of mine drift with dust explosion-proof firewall.

Słowa kluczowe:

wentylacja kopalń, numeryczna mechanika płynów, anemometr stacjonarny, zapora przeciwwybuchowa pyłowa

Key words:

mine ventilation, numerical fluid mechanics, stationary anemometer, dust explosion-proof firewall

1. Wprowadzenie

Zagrożenie wybuchem pyłu węglowego należy do podstawowych zagrożeń naturalnych występujących w górnictwie węglowym. Poprzez eksploatację pokładów węgla, transportu urobku i jego magazynowania powstają znaczne ilości pyłu węglowego (ziarna węgla przechodzące przez sito o wymiarach oczek 1 x 1 mm) przenoszonego przepływającym powietrzem. W skutek wymieszania się z powietrzem pyłu węglowego w ilości 50 - 1000 g/m³ i odpowiedniej jakości może dojść do procesu gwałtownego spalania drobnych ziaren węgla, wywołującego wzrost temperatury i ciśnienia. Musi zaistnieć przyczyna umożliwiająca wzbicie w powietrze pyłu osadzonego na spągu, ociosach, obudowie itp. Przyczyną tą może być np: wybuch metanu, tąpnięcie, roboty strzałowe. W tym samym czasie musi zadziałać inicjał wytworzonej mieszaniny o odpowiedniej temperaturze 550°C - 1400°C, [1]. Najczęstsze źródła zapłonu to: wybuch metanu, roboty strzałowe, otwarty ogień lub wadliwe urządzenia elektryczne.

W celu ograniczenia rozprzestrzeniania się pyłu węglowego stosuje się środki mające za zadanie pozbawienie lotności

pyłu węglowego. Do takich czynności zalicza się zmywanie lub zraszanie wodą przodka oraz miejsc występowania pyłu - przesypy itd., usuwanie pyłu węglowego z maszyn i urządzeń znajdujących się w strefie zabezpieczającej.

W wyrobiskach, w których nie jest możliwe utrzymanie stref zabezpieczających, stosuje się rozstawne zapory przeciwwybuchowe. W przypadku wyrobisk mokrych stosuje się zapory wodne, dzięki którym podczas wybuchu następuje rozproszenie się wody, która hamuje wybuch pyłu węglowego [5].

Zapory przeciwwybuchowe buduje się na wlocie i wylocie każdego rejonu wentylacyjnego oraz we wszystkich pozostałych wyrobiskach łączących rejon wentylacyjny. Ze względu na ich konstrukcje stanowią one znaczną ingerencję w przekrój wyrobiska, co skutkuje zaburzeniami przepływu powietrza wentylacyjnego w wyrobiskach górniczych, [8]. Nierzadko w okolicach zapór przeciwwybuchowych jest konieczne umieszczenie anemometru stacjonarnego, którego zadaniem jest pomiar prędkości przepływu powietrza wentylacyjnego. W takim przypadku kluczowym elementem do uzyskania poprawnych oraz wiarygodnych wyników pomiaru jest wybór odpowiedniego punktu pomiarowego. Uzasadnione jest zatem podjęcie prac mających na celu dokładną analizę wpływu zapór przeciwwybuchowych na zaburzenia przepływu powietrza.

^{*)} Instytut Mechaniki Górotworu PAN w Krakowie

Duże możliwości oferuje oprogramowanie stosujące metodę objętości skończonej do rozwiązywania równań mechaniki płynów, wykorzystujące hipotezę uśredniania Reynoldsa i rozmaite modele turbulencji. Wykorzystanie metod numerycznych opartych o modele wielowymiarowe (ang. *Computer Fluid Dynamics*) pozwala na wizualizację zjawisk przepływowych w odpowiednio zaprojektowanych obszarach obliczeniowych.

Celem pracy było przeprowadzenie obliczeń symulacyjnych wpływu zapór przeciwwybuchowych pyłowych na kształtowanie się profilu prędkości w przekroju wyrobiska górniczego w aspekcie wskazań anemometru stacjonarnego. Zdecydowano się na przeprowadzenie analizy dla zapór przeciwwybuchowych pyłowych zwykłych. Przygotowano szereg modeli numerycznych różniących się konstrukcją zapory oraz różnymi odległościami pomiędzy poszczególnymi półkami zapór.

2. Zasada budowy zapór przeciwwybuchowych pyłowych

Zapory przeciwwybuchowe pyłowe dzielą się w zależności od konstrukcji na, [6, 7]:

- zapory zwykłe - gdy długość półki jest większa od 65% maksymalnej szerokości wyrobiska w miejscu jej zabudowy, rys. 1,

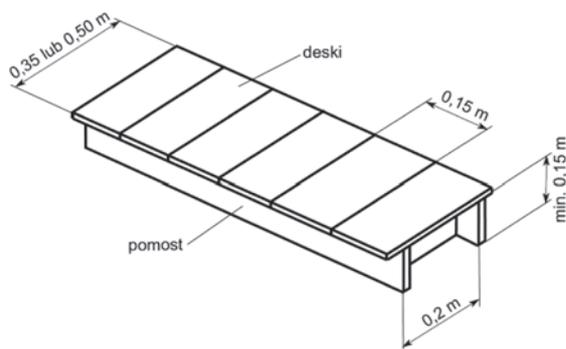
- zapory boczne - gdy długość półki jest zawarta w granicach od 50% do 65% maksymalnej szerokości wyrobiska w miejscu jej zabudowy,
- zapory o skróconej długości półek - gdy długość półki jest zawarta w granicach od 40% do 50% maksymalnej szerokości wyrobiska w miejscu jej zabudowania,
- zapory rozstawne - gdy odległość półek jest tak dobrana, aby ilość pyłu kamiennego wynosiła $1\text{kg}/\text{m}^3$ wyrobiska.

W przypadku zapory przeciwwybuchowej pyłowej zwykłej w wyrobisku korytarzowym do przeciwnych elementów obudowy przymocowuje się podpórki, których konstrukcja powinna zapewnić łatwy zrzut półek. Na każdą podpórkę kładzie się pomost, który powinien być wykonany z dwóch desek, postawionych pionowo i sztywno połączonych ze sobą w kilku miejscach żebrami. Zewnętrzny odstęp desek pomostu powinien wynosić około 0,2 m, a szerokość deski powinna wynosić co najmniej 0,15 m, rys. 2. Na pomost kładzie się deski, jedna przy drugiej, tworząc półkę, na którą wysypuje się pył kamienny. Stosuje się półki o szerokości 0,35 m lub 0,50 m. Odległość obu końców pomostu od obudowy nie może być mniejsza niż 0,05 m. Odległość półki od stropu powinna wynosić nie więcej niż 0,3 wysokości wyrobiska, nie mniej jednak niż 0,25 m, rys. 3. Odległość między poszczególnymi półkami zapory (od osi do osi) powinna wynosić od 2 do 3 m, a w wyjątkowych przypadkach można ją zmniejszyć do 1 m.



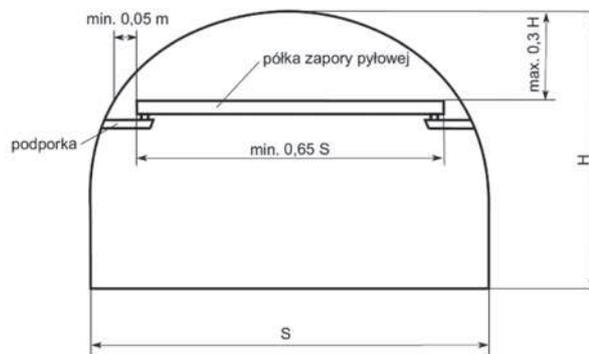
Rys. 1. Zapora przeciwwybuchowa pyłowa w wyrobisku górniczym

Fig. 1. Dust explosion-proof firewall shelf in cross section of the mine drift



Rys. 2. Wytyczne konstrukcji półki zapory przeciwwybuchowej pyłowej [7]

Fig. 2. Guidelines for design of the dust explosion - proof firewall shelves



Rys. 3. Wytyczne położenia półki zapory przeciwwybuchowej pyłowej w przekroju wyrobiska górniczego [7]

Fig. 3. Guidelines for dust explosion - proof firewall shelf placement in cross section of mine drift

Na półkach o szerokości desek 0,35 m umieszcza się nie mniej niż 25 kg pyłu kamiennego na 1 m bieżący półki (wysokość stożka nasypanego pyłu węglowego wynosi minimum 10 cm), a przy szerokości desek 0,50 m - nie mniej niż 45 kg pyłu na 1 m bieżący półki (wysokość stożka nasypowego pyłu kamiennego wynosi minimum 13 cm).

Ilość pyłu kamiennego na zaporze przeciwwybuchowej w przeliczeniu na 1 m² przekroju wyrobiska w świetle obudowy powinna wynosić co najmniej:

- 200 kg pyłu w polach niemetalowych,
- 400 kg pyłu w polach metalowych oraz w polach niemetalowych dla zabezpieczenia pól pożarowych.

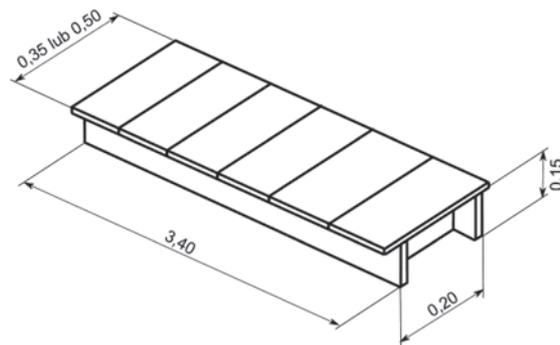
3. Symulacja rozplywu powietrza w wyrobisku górnym z zaporą przeciwwybuchową pyłową zwykłą

Po przeglądzie literatury oraz obowiązujących przepisów dotyczących budowy zapór przeciwwybuchowych pyłowych przystąpiono do etapu symulacji numerycznych. Wykorzystanie metody numerycznej mechaniki płynów opartej o modele wielowymiarowe (ang. *Computer Fluid Dynamics*) pozwoliło na zobrazowanie wpływu zapory na kształtowanie się profilu prędkości powietrza w wyrobisku górnym.

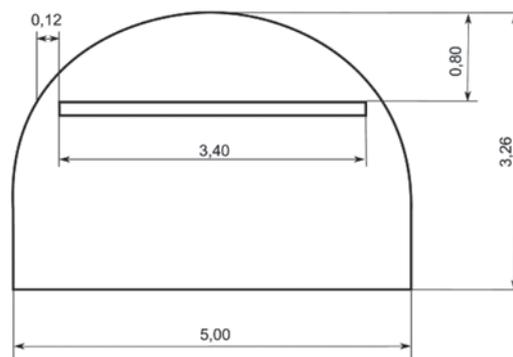
3.1. Obszar obliczeniowy

Bazując na załączniku nr 5 Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych, zaprojektowano modele numeryczne wyrobiska górnego z uwzględnieniem zapór przeciwwybuchowych zwykłych.

Niezmiennym elementem modeli numerycznych jest geometria wyrobiska górnego o szerokości 5,00 m oraz wysokości 3,26 m, rys. 4, 5. W modelu zostały uwzględnione obudowy typu LP o wysokości 0,137 m, szerokości u podstawy 0,143 m oraz szerokości górnej krawędzi 0,06 m, które zostały umieszczone w odległości co 1 m. Pomosty zapór pyłowych zwykłych o wymiarach: długość 3,40 m, wysokość 0,15 m, szerokość 0,20 m zostały umieszczone na wysokości 2,46 m od spągu wyrobiska, rys. 3. Odległość obu końców pomostu od obudowy wynosi 0,12 m. W każdym modelu numerycznym zaporą przeciwwybuchową pyłową składała się z sześciu pomostów.



Rys. 4. Geometria półki zapory przeciwwybuchowej pyłowej
Fig. 4. Geometry of dust explosion - proof firewall shelf

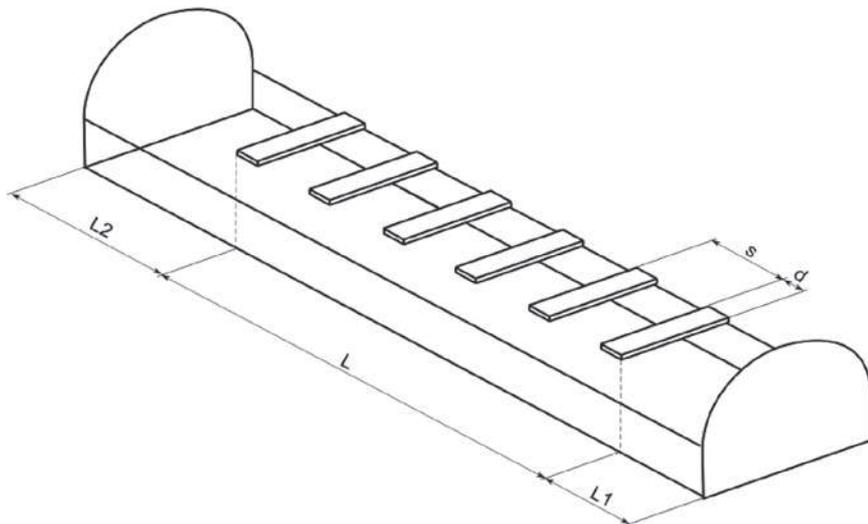


Rys. 5. Położenie półki zapory przeciwwybuchowej pyłowej w przekroju wyrobiska górnego

Fig. 5. Dust explosion-proof firewall shelf placement in cross section of mine drift

Celem pokazania wpływu różnych rodzajów konstrukcji zapór przeciwwybuchowej pyłowej zwykłej na kształtowanie się profilu prędkości, zdecydowano się na stworzenie modeli numerycznych dla geometrii pomostów różniących się długością oraz odległościami pomiędzy poszczególnymi półkami zapory. Poniżej przedstawiono zasady wymiarowania modeli, gdzie poszczególne wymiary oznaczają, rys 6:

- d – szerokość desek półki zapory,
- s – odległość pomiędzy poszczególnymi półkami zapory,
- L – całkowita długość zapory przeciwwybuchowej pyłowej,



Rys. 6. Geometria zapory przeciwwybuchowej pyłowej w wyrobisku górnym

Fig. 6. Geometry of dust explosion-proof firewall in the mine drift

- $L1$ – odległość początku zapory przeciwwybuchowej pyłowej od wloty do modelu numerycznego,
- $L2$ – odległość końca zapory przeciwwybuchowej pyłowej od wylotu modelu numerycznego.

Zaprojektowano cztery modele numeryczne, (tabela 1): dla szerokości desek 0,35 m, gdzie odległość poszczególnych półek wynosi 2 m (wariant I) oraz 3 m (wariant II), a także dla desek o szerokości 0,5 m, gdzie odległość poszczególnych desek wynosi 2 m (wariant III) oraz 3 m (wariant VI).

Tabela 1. Wymiarowanie poszczególnych wariantów modeli numerycznych

Table 1. Dimensioning of individual variants of numerical models

| | d, m | s, m | L, m | L1, m | L2, m |
|--------------------|------|------|-------|-------|-------|
| Wariant I | 0,35 | 2,00 | 10,35 | 2,325 | 4,325 |
| Wariant II | 0,35 | 3,00 | 15,35 | 2,325 | 4,325 |
| Wariant III | 0,50 | 2,00 | 10,50 | 2,25 | 4,25 |
| Wariant IV | 0,50 | 3,00 | 15,50 | 2,25 | 4,25 |

W trakcie projektowania półek zapory pyłowej uwzględniono znajdujący się na nich pył kamienny. Na półkach o szerokości desek 0,35 m zaprojektowano stożek nasypanego pyłu kamiennego wysokości 0,10 m, a przy szerokości desek 0,50 m, stożek wysokości 0.13 m, rys 7.

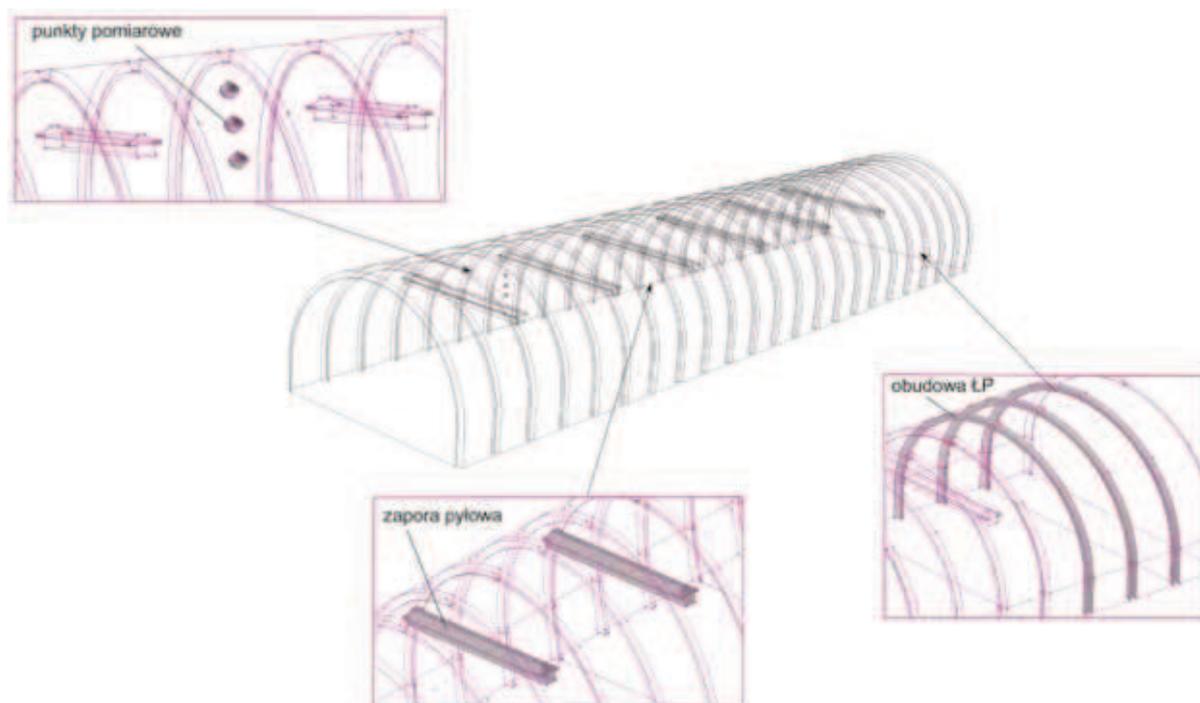
3.1. Warunki brzegowe i model przepływu

W celu uzyskania poprawnych wyników obliczeń konieczne było nałożenie gęstej siatki obliczeniowej. Zdecydowano się na użycie funkcji kontroli rozmiaru siatki (ang. *size function*), która pozwala kontrolować wielkość siatki obliczeniowej w okolicach wybranego punktu, krawędzi lub powierzchni. Trójwymiarowe modele odcinków wyrobiska górniczego z uwzględnieniem zapór przeciwwybuchowych pyłowych zwykłych zostały zdyskretyzowane niestrukturalną siatką trójkątną (ang. *tri-pave*), która następnie została przekonwertowana na siatkę wielościenną (ang. *polyhedra*), [3].

Początkowe obliczenia przepływu dla odcinka wyrobiska górniczego bez zapór przeciwwybuchowych pozwoliły na wygenerowanie warunków brzegowych na wlocie do modelu. Rozwinięty profil prędkości powietrza wygenerowano metodą iteracyjną, zaczynając od przyjęcia płaskiego profilu na wlocie (ang. *velocity inlet*) o wartości 2,00 m/s. Profil na wlocie był pierwszym przybliżeniem rozwiniętego profilu. W kolejnych obliczeniach profil ten zadano na wlocie. Proces iteracyjny powtórzono kilkakrotnie, do otrzymania zadowalającej zbieżności, [2]. Tak otrzymany rozwinięty profil zadano dla modeli z zaporą przeciwwybuchową pyłową. Wylot został zdefiniowany jako *outflow*, spąg, ocios, obudowa ŁP oraz półki zapory zdefiniowano jako *wall*. Nierówności ociosu, obudowy ŁP oraz półek zapory w modelu potraktowano jako chropowatość (nierówność powierzchni) o wysokości rzędu 0.001 m, a w przypadku spągu chropowatość o wysokości rzędu 0.05 m.

Ze względu na charakter przepływu powietrza w wyrobisku górniczym zastosowano modelowanie przepływu turbulentnego za pomocą modelu $k-\omega$ SST. Model został poddany obliczeniom w czasie nieustalonym o skoku czasowym 0.01 s, [4].

Poprzez rozmieszczenie punktów pomiarowych w przekroju modelu trójwymiarowego, możliwy był pomiar prędkości przepływu powietrza w sposób identyczny jak w przypadku pomiarów anemometrem w wyrobisku górniczym. Dzięki wykorzystaniu takiego rozwiązania możliwa była dokładna analiza różnic prędkości spowodowanej obecnością zapory przeciwwybuchowej pyłowej. W każdym wariantcie obliczeniowym umieszczono 6 punktów pomiarowych w osi wyrobiska górniczego, 3 punkty pomiędzy pierwszą a drugą półką zapory (MV1, MV2, MV3) oraz 3 punkty pomiędzy piątą a szóstą półką zapory (MV4, MV5, MV6), rys 7. Środkowe punkty (MV2, MV5) zostały położone w połowie wysokości półek zapory (odległość od spągu 2,46 m), punkty dolne (MV1, MV4) na wysokości 2 m, punkty górne (MV3, MV6) na wysokości 2,9 m. Pomiar prędkości ustawiono na każdy krok czasowy, co dało pomiar z częstotliwością 100 Hz.



Rys. 7. Geometria obszarów obliczeniowych
Fig. 7. Computational geometry areas

W kolejnym etapie przystąpiono do symulacji, mającej na celu oszacowanie długości odcinka wyrobiska górniczego za zaporą przeciwwybuchową, w którym to profil prędkości powietrza zostanie ustabilizowany. Poprzez eksportowanie profilu na wylocie dla wybranego obliczonego wariantu, a następnie importowanie go jako profil wlotowy w modelu numerycznym bez zapory przeciwwybuchowej była możliwość obliczeń numerycznych kształtowania się profilu prędkości powietrza za zaporą przeciwwybuchową. Profil prędkości powietrza wygenerowano metodą iteracyjną, którą powtórzono kilkakrotnie, do otrzymania zadowalającej zbieżności.

3.2. Wyniki obliczeń

Analizując uzyskane wyniki (rys. 8), należy stwierdzić znaczną zmianę profilu prędkości powietrza wskutek występujących przeszkód w postaci półek zapory pyłowej. Przy poszczególnych półkach następuje zawężenie przekroju czego skutkiem jest zawężenie strugi przepływającego wyrobiskiem powietrza oraz lokalne zwiększenie prędkości przepływu powietrza. Analiza wykazała wyodrębnienie trzech obszarów różniących się prędkościami przepływu powietrza oraz wielkością turbulencji. W każdym z tych obszarów, poprzez umieszczone punkty pomiarowe, uzyskano średnie wartości prędkości obrazujące pomiar anemometrem, tabela 2.

Tabela 2. Odczyty prędkości dla punktów pomiarowych
Table 2. Velocity in measurement points

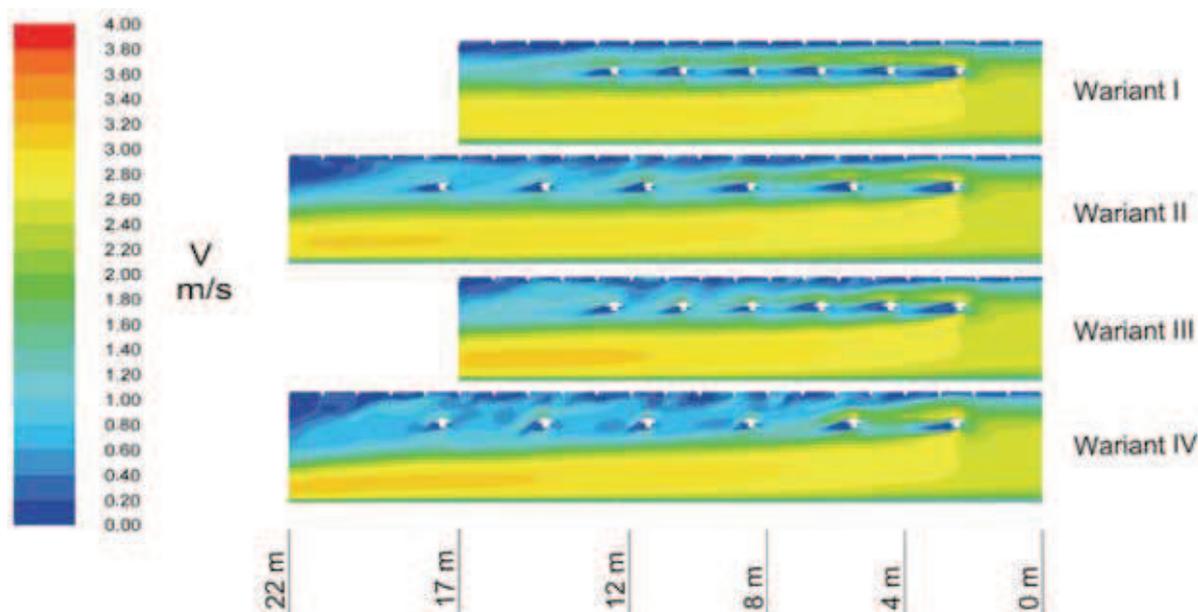
| | V, m/s | | | | | |
|--------------------|--------|------|------|------|------|------|
| | MV1 | MV2 | MV3 | MV4 | MV5 | MV6 |
| Wariant I | 2,07 | 0,50 | 2,00 | 1,64 | 0,92 | 1,15 |
| Wariant II | 2,35 | 0,99 | 1,81 | 1,43 | 0,90 | 0,64 |
| Wariant III | 2,42 | 0,63 | 1,89 | 1,35 | 0,97 | 0,67 |
| Wariant IV | 1,89 | 1,72 | 1,71 | 0,87 | 0,76 | 0,64 |

Pierwszym obszarem jest przestrzeń pomiędzy półkami zapory pyłowej a stropem wyrobiska. Wskutek znajdującego się na poszczególnych deskach stożka pyłu kamiennego następuje lokalne zwiększenie prędkości przepływu powietrza, dochodzącego do prędkości 2 m/s przy pierwszej półce. W każdym z przedstawionych wariantów przepływ w tym obszarze jest

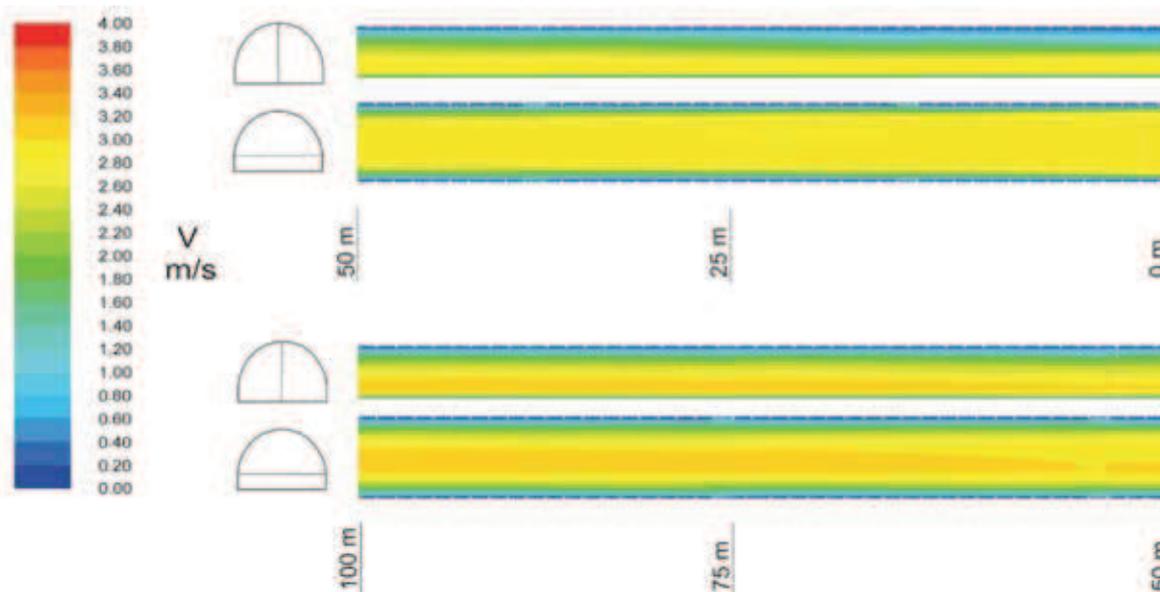
mocno zaburzony z powodu występowania obudowy łukowej oraz stożka pyłu kamiennego. Najbardziej ustabilizowany przepływ zaobserwowano dla obszaru w wariacie I, rys 8. Taki przepływ spowodowany jest niską wysokością stożka (0,10 m) oraz niewielkim odstępem pomiędzy poszczególnymi półkami zapory (2,00 m). Również dla tego obszaru analiza wskazań prędkości punktu pomiarowego MV3 (tabela 2) wykazała największą zgodność ze średnią prędkością przepływu powietrza w wyrobisku górniczym równą 2,00 m/s. Dla pozostałych wariantów prędkość ta jest mniejsza średnio o 0,20 m/s. Wskazania prędkości dla punktu pomiarowego MV6 wykazują znaczne obniżenie prędkości w stosunku do wskazań punktu znajdującego się pomiędzy pierwszą a drugą półką (MV3). Wraz z wybiegiem wyrobiska oraz kolejnymi półkami prędkość przepływu maleje od wartości 1,15 m/s dla wariantu I, do około 0,65 m/s dla pozostałych wariantów przy ostatniej półce.

Kolejnym obszarem jest przestrzeń za półkami zapory pyłowej. Obecność półek powoduje powstawanie cienia aerodynamicznego, w którym wskazania prędkości ulegają znacznemu obniżeniu. Najbardziej ustabilizowany przepływ zaobserwowano dla obszaru w wariacie I. Niewielka odległość pomiędzy poszczególnymi półkami zatrzymuje rozwój cienia aerodynamicznego, który sięga kolejnej półki. Również wysokość stożka ma niebagatelny wpływ na niewielki rozmiar zaburzenia. Ze względu na tak niewielkie zaburzenie dla tego wariantu wskazana prędkość powietrza dla punktu pomiarowego pomiędzy pierwszą i drugą belką (MV2) jest najniższa i wynosi 0,50 m/s. Największą prędkość w obszarze za półkami zapory o wartości 1,72 m/s zaobserwowano dla wariantu IV.

Ostatnim obszarem jest przestrzeń pomiędzy spągiem wyrobiska a półkami zapory pyłowej, gdzie przepływ jest najbardziej ustabilizowany. Ze względu na zmniejszenie przekroju wyrobiska następuje zwiększenie prędkości przepływu do wartości około 2,42 m/s w przekroju pierwszej półki zapory, a wraz z wybiegiem wyrobiska i kształtowaniem się profilu prędkości powietrza następuje spadek prędkości powietrza do wartości około 1,30 m/s. Analiza odczytu prędkości powietrza dla punktów pomiarowych MV1 wykazuje zwiększenie wskazań prędkości powietrza dla wariantów I, II, III w stosunku do średniej wartości prędkości przepływu



Rys. 8. Rozkłady prędkości w pionowych przekrojach modeli numerycznych
Fig. 8. Velocity distributions in vertical cross-sections of numerical models



Rys. 9. Kształtowanie się profilu prędkości za zaporą pyłową
 Fig. 9. Development of the velocity profile behind a dust explosion - proof firewall

powietrza w wyrobisku. Najbardziej zbliżoną, zmierzoną wartością prędkości do średniej prędkości powietrza w wyrobisku górniczym jest prędkość dla wariantu I, która wynosi 2,07 m/s. W przypadku punktu pomiarowego MV4, pomiędzy piątą a szóstą półką, prędkości są zaniżone, jednak po raz kolejny najbardziej zbliżoną, zmierzoną wartością prędkości do średniej prędkości powietrza w wyrobisku jest prędkość dla wariantu I, która wynosi 1,64 m/s.

Analizując rozkłady kształtowania się profilu prędkości powietrza za zaporą przeciwybuchową dla wariantu I, należy stwierdzić, że obszar wpływu zapory na przepływ sięga do odległości około 25 m za zaporą. W kolejnych odległościach wyrobiska struga rozszerza się i wypełnia cały przekrój wyrobiska już w odległości 100 m za zaporą. Wyniki obliczeń przedstawiono w postaci rozkładów profili prędkości dla wysokości 1 m nad spągiem oraz w płaszczyźnie symetrii wyrobiska, rys. 8.

Wyniki obliczeń w postaci rozkładów prędkości powietrza w przekrojach wyrobiska pozwalają na wybranie optymalnego miejsca dla położenia anemometru. Uzyskane pomiary prędkości przepływu powietrza wykazują największą zgodność ze średnią wartością przepływu powietrza w wyrobisku górniczym równą 2,00 m/s dla punktów pomiarowych MV1, oraz MV 3 wariantu I.

4. Podsumowanie

Przeprowadzono symulację wpływu zapory przeciwybuchowej pyłowej zwykłej na kształtowanie się profilu prędkości powietrza w aspekcie umiejscowienia anemometru stacjonarnego. Modele odzwierciedlały geometrię wyrobiska górniczego, natomiast półki zapory pyłowej zostały wykonane zgodnie z wytycznymi Rozporządzenia Ministra Gospodarki [6]. Zaprojektowano oraz wykonano obliczenia numeryczne dla czterech modeli o różnej geometrii półek zapory oraz różnych odległościach pomiędzy półkami.

Uzyskane wyniki obliczeń pozwalają na wybranie optymalnego położenia anemometru w zaporze przeciwybuchowej pyłowej. Stwierdzono, że punkty te znajdują się pomiędzy pierwszą a drugą półką zapory pyłowej (MV1, MV 3), gdzie przepływ nie jest jeszcze w znaczący sposób zaburzony.

Również sama konstrukcja zapory pyłowej w postaci szerokości deseczek półki zapory, co za tym idzie wysokości nasypu pyłu kamiennego oraz odległość pomiędzy poszczególnymi półkami zapory ma znaczący wpływ na wskazania przyrządu w wybranych punktach.

Najlepszą zgodność obliczonych wartości prędkości ze średnią wartością przepływu powietrza w wyrobisku górniczym stwierdzono dla wariantu I w punktach MV1, MV3, co pozwala na umieszczenie anemometru stacjonarnego w tych miejscach. W przypadku pozostałych wariantów, obliczone prędkości przepływu powietrza różnią się znacznie od średniej wartości przepływu powietrza w wyrobisku. W sytuacjach, gdy nie ma możliwości zastosowania zapory pyłowej odpowiedniej dla wariantu I (szerokość desek - 0,35 m, odstęp pomiędzy półkami - 2 m) wybór punktów pomiarowych MV1 oraz MV 3 będzie również uzasadniony, a otrzymane wyniki pomiarów będą zbliżone do średniej prędkości przepływu powietrza w wyrobisku. Natomiast, jeśli jest możliwość umiejscowienia anemometru stacjonarnego za zaporą, należy go zamontować około 100 m za zaporą przeciwybuchową, czyli w miejscu gdzie profil prędkości jest ustabilizowany.

Należy jednak mieć na uwadze, że symulacja jest zawsze tylko przybliżonym opisem rzeczywistych zjawisk. Już sam pomiar wykonywany anemometrem jest zawsze obciążony niepewnością. Porównywanie pomiarów i symulacji daje szansę na ulepszenie obydwu metod badawczych i uzyskanie wierniejszego obrazu analizowanych procesów.

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

1. *Cybulski K., Malich B.:* Nowa kategoryzacja zagrożeń wybuchem pyłu węgla w podziemnych zakładach górniczych, Prewencja zagrożeń naturalnych, GIG, Katowice 2013.
2. *Janus J., Krawczyk J.:* An Analysis of the Mixing of Air and Methane in the Stream Produced by the Mine Injector Station - Present Results

- of Measurements and Modeling. The Australian Mine Ventilation Conference 2013, The Australian Institute of Mining and Metallurgy 2013, s. 49-56 .
3. Janus J., Krawczyk J., Kruczkowski J.: *Porównanie symulacji numerycznych z wynikami pomiarów rozkładów pól prędkości w przekrojach chodników kopalnianych*. Prace Instytutu Mechaniki Górniczej PAN 2011, vol. 13, Nr. 1-4, s.165-182.
 4. Janus J., Krawczyk J.: The numerical simulation of a sudden inflow of methane into the end segment of a longwall with Y - type ventilation system. Archives of Mining Sciences, Vol. 59, No 4, 2014, s. 941 - 957.
 5. Lebecki K., Cybulski K., Dyduch Z., Słotwiński R.: Skuteczność zapór przeciwwybuchowych zabudowanych z pojemników typu zamkniętego, Prace Naukowe GIG „Górnictwo i Środowisko” 2002, nr 1.
 6. ROZPORZĄDZENIE MINISTRA GOSPODARKI z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych. (Dz. U. z dnia 2 września 2002 r.).
 7. Załącznik 5, ROZPORZĄDZENIE MINISTRA GOSPODARKI z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych. (Dz. U. z dnia 2 września 2002 r.).
 8. Zou D.H., Panawalage S.: Passive and Triggered Explosion Barriers in Underground Coal Mines - A literature review of recent research, Raport to CANMET Natural Resources, Canada 2001.

Szanowni Czytelnicy!
Przypominamy o wznowieniu
prenumeraty „Przeglądu Górniczego”

Informujemy też, że od 2009 roku w grudniowym zeszycie P.G. zamieszczamy listę naszych prenumeratorów.