

بررسی عددی تأثیر ابعاد پرده هوایی در تهویه و شکل جریان هوای بن‌بست‌های معدنی

بهزاد نیکنام^۱، حسن مدنی^{۲*}، حسین سالاری راد^۳

۱- کارشناسی ارشد مهندسی استخراج معدن؛ Email: behzadniknam@aut.ac.ir

۲- استادیار دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی؛ Email: hmadani@aut.ac.ir

۳- استادیار دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی؛ Email: salarirh@aut.ac.ir

(دریافت ۱۵ شهریور ۱۳۸۹، پذیرش ۲۱ فروردین ۱۳۹۰)

چکیده

پرده‌های هوایی تجهیزاتی هستند که برای کنترل جریان هوا در سیستم‌های تهویه موضعی و دائمی به کار می‌روند. طراحی و نصب مناسب این پرده‌ها نقش بسیار مهمی در تامین هوای تازه و برطرف کردن آلودگی‌ها از بن‌بست‌های معدنی به عهده دارد. نصب این تجهیزات باید به گونه‌ای باشد که کمترین تأثیر را بر روی سیستم تهویه اصلی معدن بگذارد. در این مقاله با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی به مدل‌سازی و بررسی تأثیر ابعاد پرده هوا بند بر رفتار جریان هوای درون بن‌بست معدنی، خواهیم پرداخت. به همین منظور مدل ۲ بعدی از بن‌بست معدنی به همراه پرده هوا با استفاده از نرم‌افزار Fluent V6.3.1 ساخته شد. برای مدل‌سازی جریان مغشوش از مدل $K-\epsilon$ استاندارد استفاده شد. فضای محاسباتی با استفاده از نرم‌افزار Gambit ساخته و با سلول‌های مربعی شبکه بندی شد. با توجه به نتایج حاصل، خطوط جریان در حالت بدون پرده کمتر از حالت با پرده است لذا استفاده از پرده هوا باعث افزایش جریان ورودی به بن‌بست معدنی می‌شود با افزایش طول و پهنای پرده سرعت جریان در راستای محور بن‌بست بویژه نزدیکی دیواره سمت راست بن‌بست افزایش، باز چرخش هوا کاهش و در نتیجه، راندمان تهویه برای پرده با طول و پهنای زیاد افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی

دینامیک سیالات محاسباتی، بن‌بست، پرده

* نویسنده مسئول و عهده‌دار مکاتبات

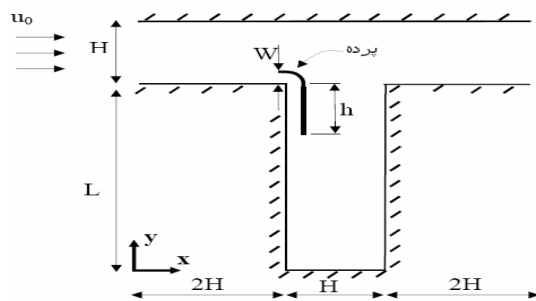
۱- مقدمه

در معدنکاری زیرزمینی، تامین هوای تازه برای نواحی ای که در اثر تهویه اصلی معدن تهویه نمی شوند (نظیر بن‌بست‌ها)، بسیار ضروری است. جریان هوا در این نواحی وظیفه رقیق و برطرف کردن گازهای خطرناک نظیر متان و کاهش دمای محیط را به عهده دارد. بن‌بست‌های معدنی معمولاً به عنوان فضایی برای جای دادن تجهیزات معدنی، تجهیزات برقی، ماشین‌های حفاری و نظایر آنها استفاده می‌شوند. در بسیاری از معادن، برای هدایت جریان هوا به نواحی‌ای نظیر بن‌بست‌ها از پرده‌های هوایی آویزان سبک وزن، مقاوم در برابر آتش و پارگی استفاده می‌شود. پرده‌های هوایی از سقف تونل اصلی آویزان می‌شوند که تا کف بست ادامه می‌یابند. بدین ترتیب می‌توان جریان هوا را از راهرو اصلی به درون بن‌بست انتقال داد. کارخانه‌های سازنده در تلاش برای حداقل کردن هزینه پرده‌های هوا هستند و با استفاده از تکنولوژی‌های نوین پرده‌های مقاوم در برابر آتش‌سوزی و پارگی، بادوام، انعطاف‌پذیر و سبک تولید کرده‌اند. ساختار پرده‌های هوایی و تأثیر آرایه‌های مختلف آنها بر رفتار جریان هوا درون فضاهای زیرزمینی در سال‌های گذشته مطالعه شده است. لاو^۱ برای آرایه‌های مختلف پرده هوا در موقعیت‌های مختلف محدوده گسترده‌ای از شکل جریان ارائه کرد [۱]. استنادیش تأثیر انواع مختلف پرده بر سیستم تهویه را مورد بررسی و ارزیابی قرار داد [۲]. تا اثر پرده‌های هوایی در کاهش تجمع متان در جبهه کارهای معدنی توسط اسمیت^۲ و استولتز^۳ بررسی شد [۳]. این محققین، به بررسی تأثیر سیستم تهویه دهشی با استفاده از پرده‌های هوا با آرایه گوناگون و با فاصله‌های متغییر از سینه کار در آزادسازی متان از سینه کار پرداختند. همان‌طور که انتظار می‌رفت، توزیع متان در جبهه کارهای معدنی به کیفیت و کمیت هوای رسیده به جبهه کار وابسته است. علاوه بر این، با انتخاب طول مناسب برای پرده هوا می‌توان راندمان تهویه را در بن‌بست‌های معدنی افزایش داد. لی^۴ به بررسی تأثیر مشخصات پرده‌های هوا در کاهش گازهای دیزلی درون بن‌بست‌های معدنی پرداخت. مدل عددی ساخته شده به بررسی تولید، انتقال و توزیع ذرات دیزلی معادن زغال می‌پرداخت. لذا کاهش ذرات دیزلی به چگونگی استفاده از سیستم تهویه، آرایه پرده‌ها، محل بادبزن‌ها و جهت تهویه وابسته است. چندین تحقیق در مورد تأثیر پرده‌های هوا در کنترل گرد و غبار درون بن‌بست‌های معدنی انجام شده است [۴]. تین^۵ به بررسی شکل جریان در جبهه کارهای معدنی

پرداخت و نشان داد که برای جلوگیری از بازچرخش هوا و کنترل گرد و غبار در این نواحی استفاده از پرده‌های هوا بسیار ضروری است [۵]. در سال‌های اخیر محققان به بررسی تأثیر طول پرده‌های هوا بر رفتار جریان هوا در جبهه کارهای معدنی پرداخته‌اند. گودمن و پولاک فاصله پرده هوا از جبهه کار را بررسی کردند و نشان دادند که با افزایش فاصله پرده از جبهه کار باز چرخش هوا، تولید گرد و غبار و گازهای مانده در جبهه کار افزایش می‌یابد. این محققین نتیجه گرفتند که هرگونه تغییر در فاصله پرده از جبهه کار تأثیر بسیار زیادی در راندمان سیستم تهویه دارد [۶]. تیلور^۶ برای اندازه‌گیری نیمرخ جریان هوا در فاصله بین جبهه کار و انتهای پرده هوا برای پرده هوا با طول، کیفیت هوای ورودی و عرض ورودی مختلف مدل آزمایشگاهی ساخت و نتیجه گرفت که هندسه ورودی پرده تأثیر بسیار زیادی در شکل جریان هوای جبهه کار دارد. همچنین با افزایش فاصله پرده از جبهه کار، تولید گرد و غبار افزایش و میزان هوای رسیده به جبهه کار کاهش می‌یابد [۷].

همزمان با توسعه مطالعات آزمایشگاهی، مدل‌سازی‌های عددی نیز گسترش یافت. یکی از مهم‌ترین دلایل استفاده از مدل‌سازی عددی ارائه تفصیلی نتایج به گونه‌ای است که درک مهندس طراح از مسئله را افزایش می‌دهد. درک جامع از رفتار جریان سیال، افزایش دقت، ایمنی و کاهش هزینه‌ها از مزایای دیگر مدل‌سازی عددی است. اعتبارسنجی نتایج حاصل از مدل‌سازی عددی و مقایسه آن با شرایط واقعی معدنکاری مسئله بسیار مهمی است که باید در طراحی سیستم تهویه تونل‌های معدنی مد نظر قرار گیرد. مدل‌سازی جریان هوا درون فضاهای زیرزمینی یکی از کاربردهای دینامیک سیالات محاسباتی در صنایع معدنی است. به عنوان نمونه، ون هردن^۷ از دینامیک سیالات محاسباتی برای ارزیابی و بهبود شرایط کاری در اطراف ماشین تونل‌کنی بازوئی (رود هدر) و تیغه‌های برنده استفاده کرد. هر چند که وی نتایج حاصل از مدل‌سازی خود را اعتبارسنجی نکرد اما نتایج حاصل دید بسیار مناسبی از حرکت گرد و غبار و جریان گاز متان را ارائه داد [۸]. برونر^۸ با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی به بررسی تأثیر آهنگ جریان هوا بر چگونگی حرکت دود حاصل از آتش‌سوزی در زیرسقف تونل‌های معدنی پرداخت [۹]. والا انتخاب اندازه سلول برای شبکه‌بندی مدل و مدل اغتشاش را برای مدل‌سازی و بررسی رفتار جریان هوا در سینه کارهای معدنی با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی را بسیار مهم و ضروری دانست [۱۰]. سیلوستر^۹ برای مدل‌سازی سیستم تهویه معدن در فضای

$2H$ ، بن‌بست به عرض H و عمق $3H$ است (شکل ۱).
فاصله پرده هوا از دیواره بن‌بست است.

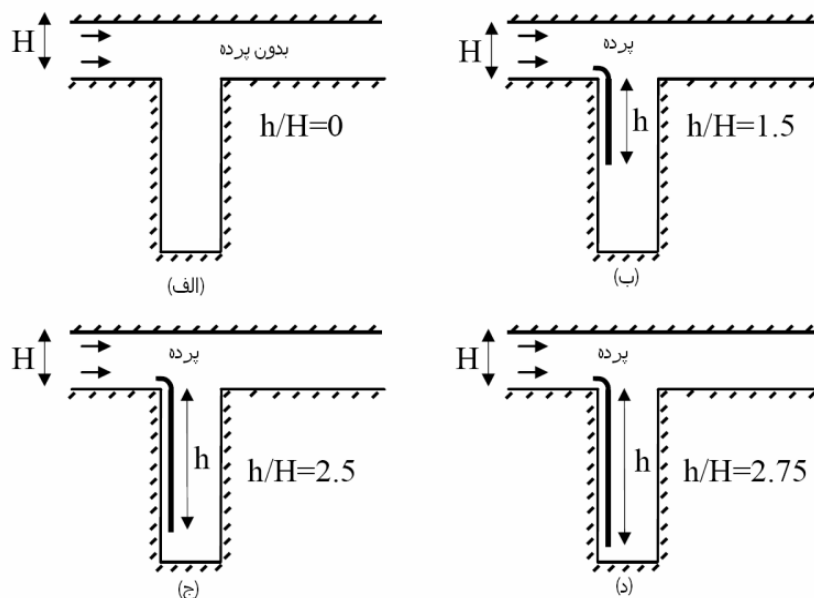


شکل ۱: تصویر شماتیک از مدل

برای بررسی حالت‌های مختلف از ترکیب پارامترهای کلیدی، سرعت ورودی سیال u_0 و طول پرده هوای h درون بن‌بست و پهنای پرده w به ازای طول ثابت پرده ($h/H = 2.75$) تغییر داده شد و نتایج حاصل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. عدد رینولدز برای دو حالت مختلف از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$Re = \frac{\rho \cdot u_0 \cdot D_h}{\mu} \quad (1)$$

که در آن ρ چگالی هوا (کیلوگرم بر مترمکعب)، D_h قطر هیدرولیکی باز شدگی (متر)، u_0 سرعت سیال ورودی (متر بر ثانیه) و μ ضریب گرانروی دینامیکی هوا (پاسکال ثانیه) است. مدل ساخته شده با توجه به مقررات معدن برای هشت حالت شکل ۲ و ۳ و برای دو عدد رینولدز $10^6 \times 1/7$ و $10^6 \times 3/4$ حل شد.



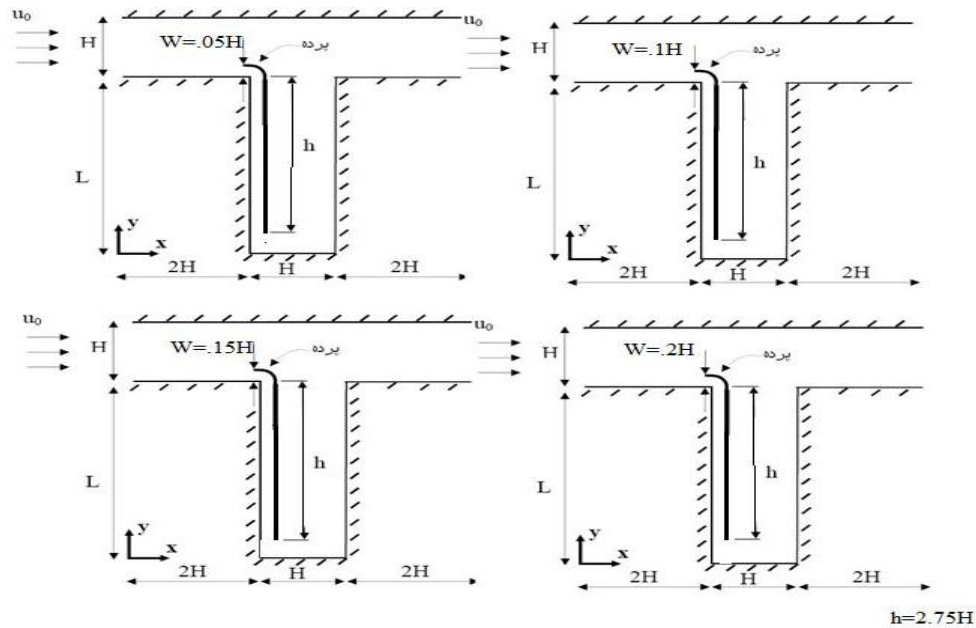
شکل ۲: آرایش‌های مختلف پرده هوایی برای بررسی تأثیر طول پرده بر رفتار جریان

سه‌بعدی از مدل $K-\epsilon$ توربولانس استفاده کرد [۱۱]. مدل‌سازی عددی جریان هوا در بن‌بست‌های معدنی در مطالعات یاد شده مشاهده نمی‌گردد. این مسئله نه تنها از نظر تامین هوای تازه به این نواحی بلکه از نظر رفع آلودگی‌ها نیز اهمیت فراوانی دارد.

۲- گسترش مدل‌سازی

در شکل ۱ نمای دو بعدی از راهروی معدنی متشکل از بن‌بست که با استفاده از پرده هوایی نصب شده در سقف راهروی اصلی متمایل به سمت بن‌بست تهویه می‌شود، ارائه شده است. برای مدل‌سازی رفتار جریان هوا، از حلال جداگانه صریح که در مرکز حجم کنترل توسعه یافته است و مدل $K-\epsilon$ برای مدل‌سازی جریان مغشوش استفاده شد [۱۲]. هدف اصلی ما از این مدل‌سازی بررسی تأثیر طول پرده هوا و ابعاد آن بر شکل جریان هوا درون بن‌بست معدنی است. در شرایط واقعی، در طول راهرو تبادل حرارتی انجام نمی‌گیرد لذا انتقال حرارت در محاسبات منظور نشد. علاوه بر این، به دلیل مشابهت از تغییرات چگالی هوا در اثر تغییرات دمایی صرف نظر شد.

برای آنالیزهای ساده می‌توان هوا را به صورت سیال تراکم‌ناپذیر در نظر گرفت. سرعت سیال ورودی u_0 و دهانه بازدگی H به عنوان مقیاس سرعت و طول انتخاب شد. راهرو جریان شامل یک مجرای ورودی و یک مجرای خروجی هر کدام به طول



شکل ۳: آرایش‌های مختلف پرده هوایی برای بررسی تأثیر ابعاد پرده بر رفتار جریان (برای حالت $(h/H = 2.75)$)

۳- معادلات حاکم

معادلات حاکم بر جریان سیال با استفاده از معادله انتقال به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\frac{\delta \rho_t \phi_t}{\delta t} + \nabla \left(\rho_t \vec{V}_t \phi_t \right) - \nabla \left(\Gamma_{\phi_t} \text{grad} \phi_t \right) = S_{\phi_t} \quad (2)$$

که در آن، ϕ_t متغییر مورد نظر، ρ_t چگالی سیال، Γ_{ϕ_t} ضریب زوال و S_{ϕ_t} آهنگ منبع به ازای هر واحد از حجم کنترل. از سمت چپ به راست این معادلات، نشانگر عبارات هدایت، زوال و منبع هستند [۱۳]. برای مدل‌سازی جریان مغشوش از معادلات $\kappa - \varepsilon$ استاندارد استفاده شد. در روابط ۳ و ۴ معادلات انتقال مربوط به مدل $\kappa - \varepsilon$ استاندارد ارائه شده است [۱۳].

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + p_k + p_b - \rho \varepsilon \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} p_k - C_{\varepsilon 2} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (4)$$

که در آن:

$C_{\varepsilon 1}, C_{\varepsilon 2}$: ضرایب ثابت مدل

k : انرژی جنبشی جریان مغشوش ($m^2 s^{-2}$)

p_b : تولید انرژی k در اثر نیروی شناوری (pas^{-1})

p_k : تولید انرژی k در اثر تنش جریان مغشوش (pas^{-1})

ε : آهنگ زوال انرژی جنبشی جریان مغشوش

μ : ضریب گرانیوی دینامیکی ($pa.s$)

μ_t : ضریب گرانیوی دینامیکی جریان مغشوش ($pa.s$)

ρ : چگالی هوا ($kg.m^{-3}$)

σ : عدد پراندل جریان مغشوش (-)

t : زمان (s)

۴- جزئیات مدل ساخته شده

برای مدل‌سازی مسئله از نرم‌افزار Fluent V6.3.1 استفاده شد. برای حل همزمان معادلات سرعت و فشار الگوریتم SIMPLE، توربولانس جریان از معادلات انتقال انرژی جنبشی توربولانس κ و آهنگ زوال ε مورد استفاده قرار گرفت. فضای محاسباتی با استفاده از نرم‌افزار Gambit ساخته و با سلول‌های مربعی به ابعاد $(H/60)$ به منظور حل معادلات حاکم بر جریان سیال شبکه‌بندی شد (شکل ۴). دیوارها، ورودی

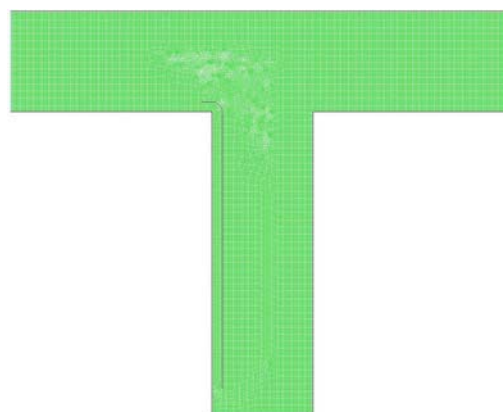
شدن پرده هوا به دیوار پایانی بن‌بست، از شدت این بازچرخش کاسته می‌شود. به عبارت دیگر، با افزایش طول پرده، راندمان پاک شدن بن‌بست از آلودگی‌ها در اثر جریان هوا افزایش می‌یابد. این امر با مقایسه درجه انحراف تابع جریان از دیواره سمت راست به دیواره سمت چپ، برای طول‌های مختلف پرده، اثبات می‌شود. نتیجه دیگر این که سرعت جریان با افزایش طول پرده افزایش می‌یابد که این رفتار برای دو عدد رینولدز به کار رفته معتبر است.

نصب پرده هوا با انحنای دایروی باعث تغییر جهت جریان در راستای محور y درون بن‌بست می‌شود. لذا اندازه‌گیری سرعت جریان در راستای محور y باید مورد توجه قرار گیرد. این مؤلفه سرعت، وظیفه پاک کردن آلودگی‌های درون بن‌بست را عهده‌دار است که مانند جت هوا به دیواره پایینی برخورد و آلودگی‌ها را از درون بن‌بست به سمت خارج هدایت می‌کند. نمودار نرمال شده سرعت در راستای محور y برای اعداد رینولدز متفاوت شکل مشابهی دارد که در شکل ۷ تنها برای عدد رینولدز $3/4 \times 10^6$ ارائه شده است

در این شکل، سرعت نرمال شده در راستای محور y در صفحه $\frac{y}{H} = 1.5$ درون و بیرون از پرده هوا نشان داده شده است. نتایج بیانگر جریان چرخشی هوا در جهت ساعتگرد، برای حالتی است که پرده نصب نشده و جریان چرخشی در جهت پاد ساعتگرد برای حالتی است که پرده نصب شده باشد. در عمل، سرعت نرمال در راستای محور y برای پرده‌های با طول‌های مختلف تفاوت جزئی را نشان می‌دهد. با مقایسه سرعت نرمال شده در راستای محور y در کنار دیواره سمت راست بن‌بست، می‌توان دریافت که با افزایش طول پرده هوا تمایل جریان برای ایجاد جریان چرخشی کاهش می‌یابد. لذا جریان باز چرخشی سیال برای طول $(h/H = 2.75)$ کمتر از دو طول $(h/H = 1.5)$ و $(h/H = 2.5)$ است. به عبارت دیگر برای حالت $(h/H = 1.5)$ جریان تمایل به بازگشت و ایجاد جریان باز چرخشی دارد حال آن که این تمایل برای حالات $(h/H = 2.5)$ و $(h/H = 2.75)$ کم و ناچیز است.

نتایج یاد شده را می‌توان در شکل ۸ نیز مشاهده کرد. در این شکل، سرعت نرمال شده در راستای محور y در فاصله $\frac{y}{H} = 2.9$ ارائه شده است. با توجه به شکل با افزایش طول پرده سرعت جریان افزایش و از احتمال باز چرخش هوا کاسته می‌شود. نکته دیگری که باید به آن توجه داشت، این است که

و خروجی مدل با استفاده از شرایط مرزی دیواره^{۱۱}، سرعت ورودی^{۱۱} و فشار خروجی^{۱۲} تعریف شد.



شکل ۴: شبکه بندی مدل دوبعدی ساخته شده

۵- نتایج حاصل از مدل سازی

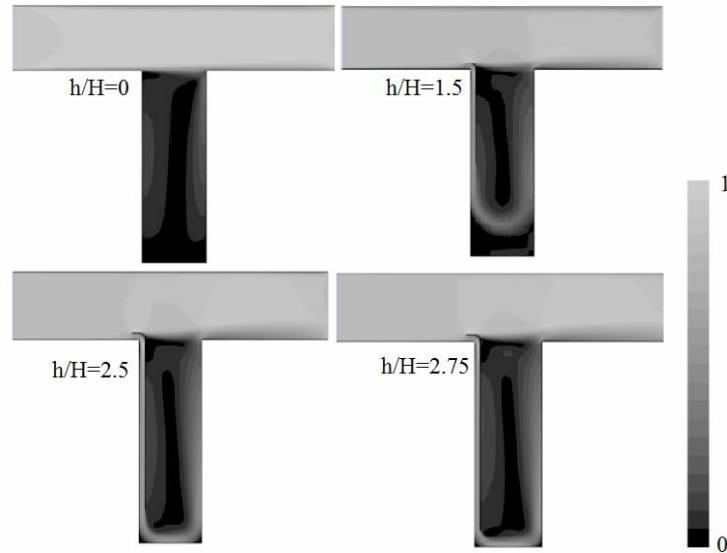
۵-۱- تأثیر طول پرده بر شکل جریان

شکل تابع جریان $\left(\frac{v}{v_{max}}\right)$ برای $3/4 \times 10^6$ و $1/7 \times 10^6$ در Re در شکل‌های ۵ و ۶ ارائه شده است. شکل‌های ۵ و ۶ نتایج حاصل از مدل سازی برای چهار طول مختلف پرده هوایی را ارائه می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که برای اعداد رینولدز مختلف، با نصب پرده هوایی، بزرگی تابع جریان درون بن‌بست افزایش می‌یابد. علاوه بر این، برای طول‌های ثابتی از پرده هوایی، با افزایش عدد رینولدز شکل تابع جریان درون بن‌بست تغییر چندانی نمی‌کند. این امر به دلیل نرمالیزه کردن تابع جریان به وسیله مقدار حداکثر آن است.

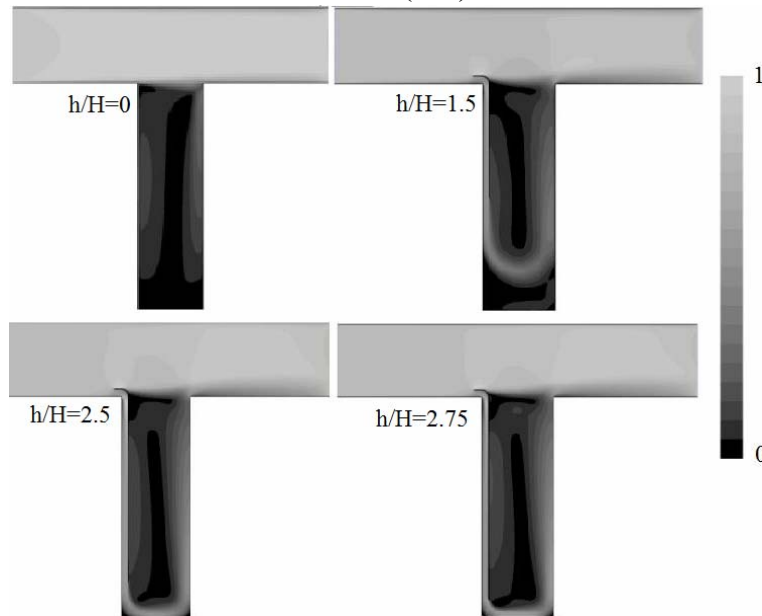
در حالتی که پرده هوایی درون بن‌بست نصب نشده باشد، درون بن‌بست باز چرخش هوا رخ می‌دهد که قادر به خروج آلودگی‌ها از بن‌بست نیست. شاید مهم‌ترین دلیل آن شباهت جریان چرخشی، درون بن‌بست بدون پرده به جریان سیال درون حفره طولی است که در آن سیال ترجیح می‌دهد که از ناحیه نزدیک به دیواره سمت راست که سرعت جریان در آن نسبت به دیواره سمت چپ کمتر است، وارد شود. سرعت حداکثر نزدیک دیواره سمت راست برای حالت بدون پرده، کمتر از دیگر حالت‌ها است البته این مطلب به عدد رینولدز نیز بستگی دارد. واضح است که پس از نصب پرده هوایی، جریان به سمت بن‌بست هدایت می‌شود و پس از پاک کردن آلودگی‌ها دوباره قسمتی از جریان ورودی به راهرو اصلی باز می‌گردد. باز چرخش جریان هوا درون بن‌بست به ازای اعداد رینولدز مختلف اتفاق می‌افتد و با نزدیک

در وسط بن‌بست و تهویه بهتر بن‌بست با استفاده از پرده با طول بلند است. اما برای پرده با طول کوتاه، بازچرخش هوا در وسط بن‌بست زیاد و راندمان تهویه پایین است.

برای پرده با طول حداکثر، به غیر از نواحی نزدیک دیواره بن‌بست، که سرعت به سمت صفر میل می‌کند، توزیع سرعت شکل صافی دارد. این امر نشان دهنده کم بودن باز چرخش هوا



شکل ۵: شکل تابع جریان $\left(\frac{\psi}{\psi_{\max}}\right)$ به ازای عدد رینولدز $Re = 1/7 \times 10^6$



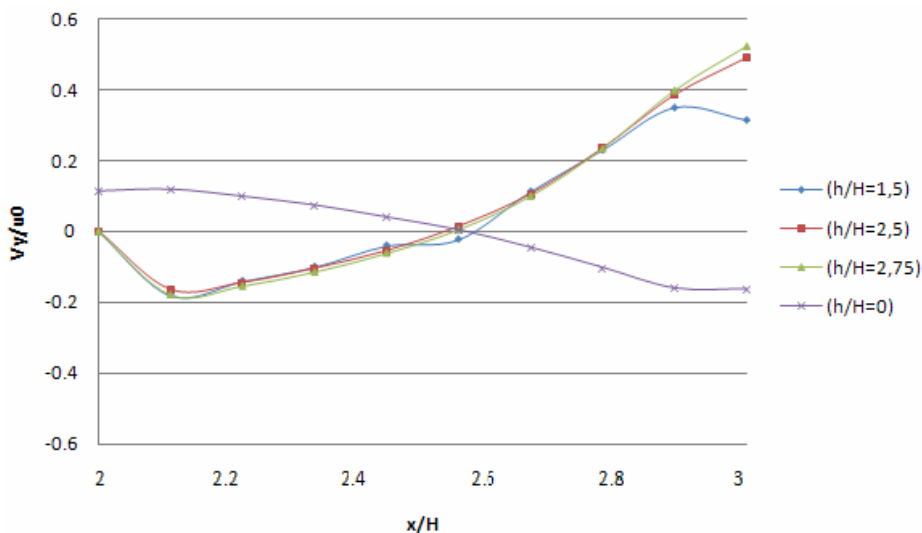
شکل ۶: شکل تابع جریان $\left(\frac{\psi}{\psi_{\max}}\right)$ به ازای عدد رینولدز $Re = 3/4 \times 10^6$

از مدل‌سازی برای چهار پهنای مختلف پرده هوایی را ارائه می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که برای اعداد رینولدز مختلف، ب افزایش پهنای پرده هوایی، بزرگی تابع جریان درون بن‌بست افزایش می‌یابد. علاوه بر این، برای پهنای ثابتی از پرده هوایی،

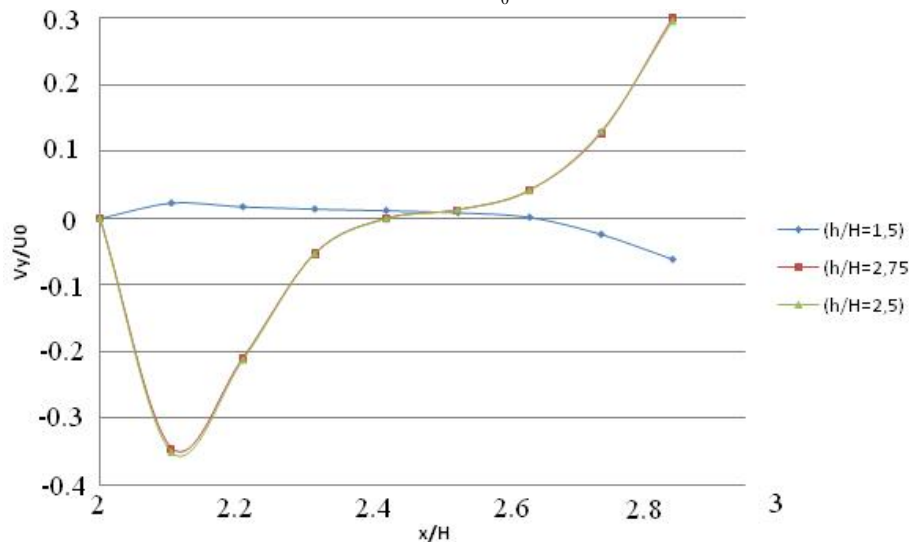
۲-۵- تأثیر ابعاد پرده بر شکل جریان
شکل تابع جریان $\left(\frac{\psi}{\psi_{\max}}\right)$ برای $Re = 1/7 \times 10^6$ و $3/4 \times 10^6$ در شکل‌های ۹ و ۱۰ ارائه شده است. شکل‌های ۹ و ۱۰ نتایج حاصل

در کنار دیواره سمت راست بن‌بست، می‌توان دریافت که با افزایش پهنای پرده سرعت جریان افزایش و تمایل هوا برای ایجاد جریان چرخشی کاهش می‌یابد. لذا سرعت جریان و جریان باز چرخشی سیال برای پهنای $(W/H = .2)$ به ترتیب بیشتر و کمتر از دو حالت $(W/H = .15)$ و $(W/H = .1)$ است. به طوری که برای حالت $(W/H = .05)$ سرعت جریان کمترین مقدار است؛ بنابراین بازچرخش هوا بیشتر از حالت‌های قبلی خواهد بود.

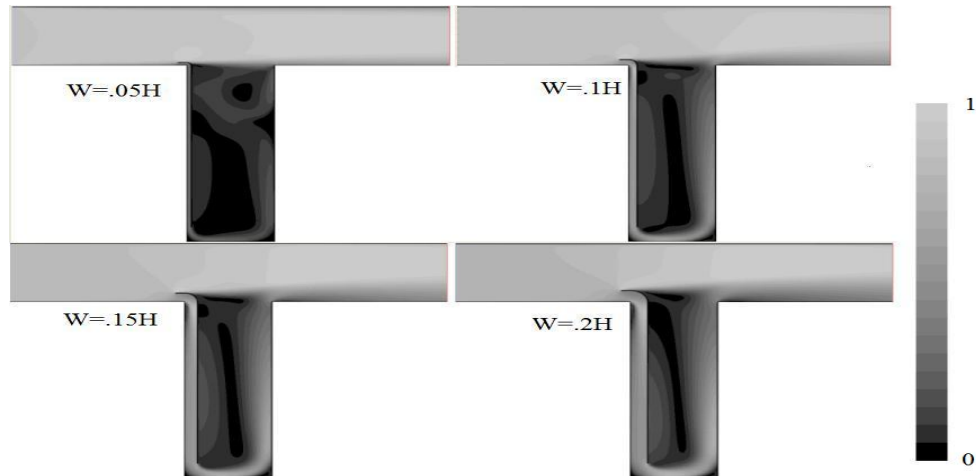
با افزایش عدد رینولدز شکل تابع جریان درون بن‌بست تغییر چندانی نمی‌کند. این امر به دلیل نرمالیزه کردن تابع جریان به وسیله مقدار حداکثر آن است. نمودار نرمال شده سرعت در راستای محور y برای اعداد رینولدز متفاوت شکل مشابهی دارد که در شکل ۱۱ و ۱۲ تنها برای عدد رینولدز $3/4 \times 10^6$ ارائه شده است. در شکل ۱۱ سرعت نرمال شده در راستای محور y در صفحه $\frac{y}{H} = 1.5$ بیرون از پرده هوا نشان داده شده است. با مقایسه سرعت نرمال شده در راستای محور y



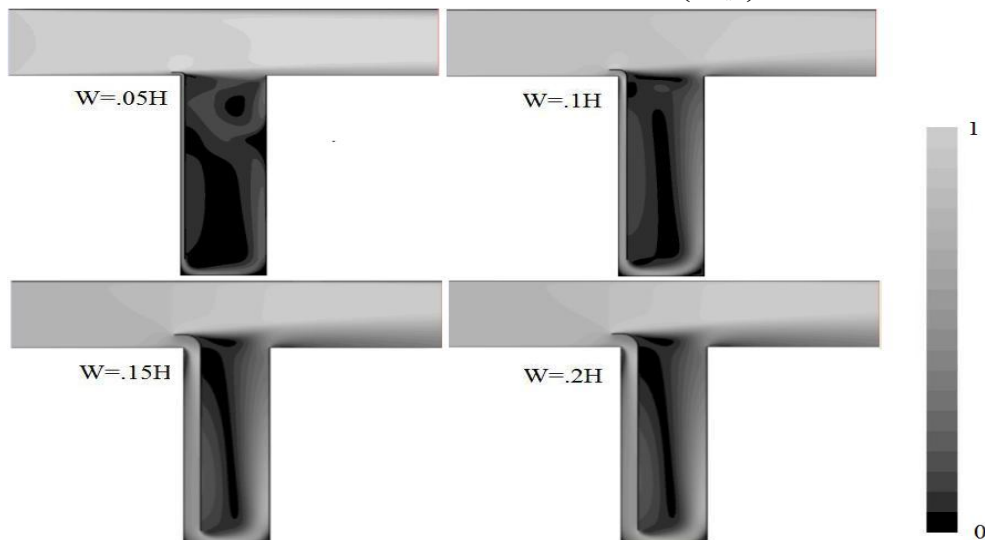
شکل ۷: نیمرخ سرعت $\frac{V_y}{U_0}$ در حد وسط بن‌بست $\frac{y}{H} = 1.5$



شکل ۸: سرعت $\frac{V_y}{U_0}$ در صفحه $\frac{y}{H} = 2.9$



شکل ۹: شکل تابع جریان $\left(\frac{\psi}{\psi_{\max}}\right)$ برای پهناهای مختلف پرده هواپند به ازای عدد رینولدز $Re = 1/7 \times 10^6$



شکل ۱۰: شکل تابع جریان $\left(\frac{\psi}{\psi_{\max}}\right)$ برای پهناهای مختلف پرده هواپند به ازای عدد رینولدز $Re = 3/4 \times 10^6$

استفاده از پرده با پهنای زیاد است. اما برای پرده پهنای کم، بازچرخش هوا در وسط بن‌بست زیاد و راندمان تهویه پایین است.

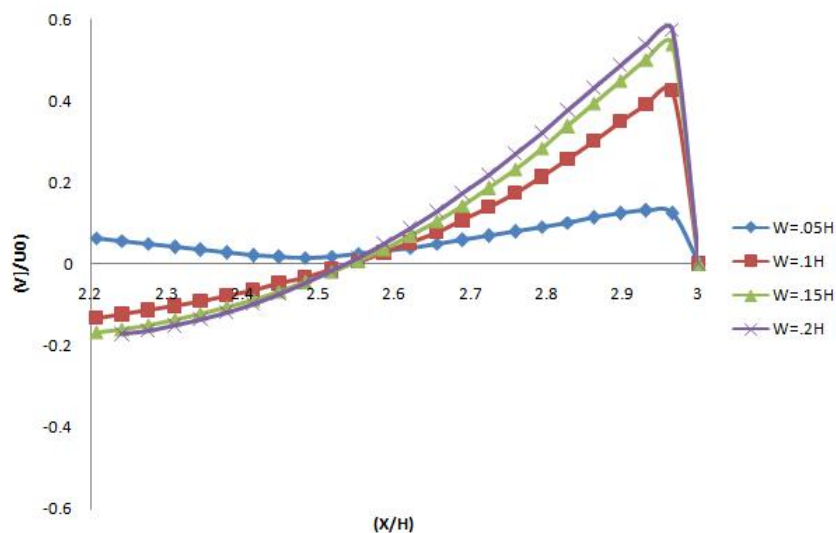
۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله تأثیر ابعاد پرده هوای بر رفتار جریان هوا در اطراف بن‌بست معدنی بررسی و مدل شد. هدف اصلی از مطالعه مقایسه شکل جریان بن‌بست معدنی در حالت‌های وجود و نبود پرده هوا و تأثیر ابعاد پرده بر آن بود. از پرده هوا برای انحراف جریان هوای درون راهرو اصلی به بن‌بست معدنی استفاده شد.

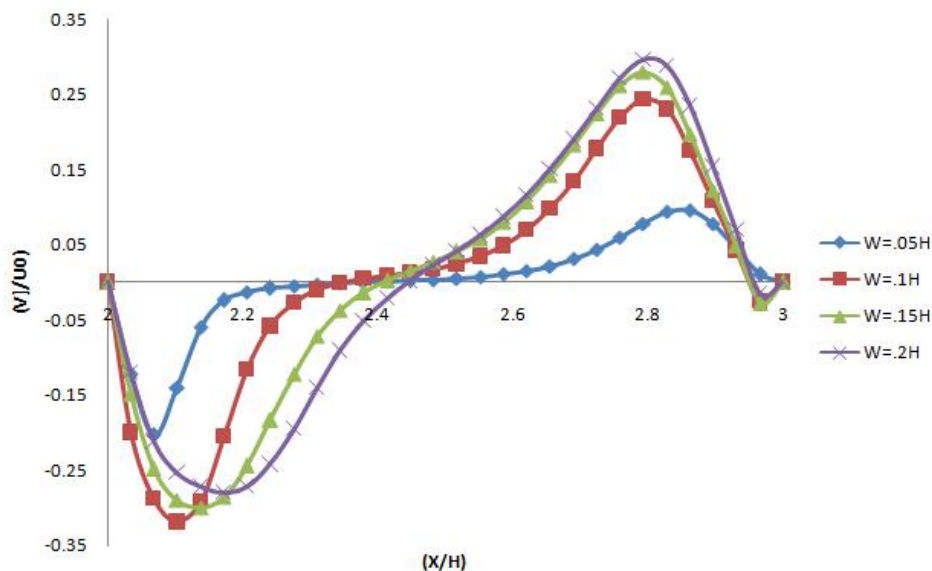
نتایج یاد شده را می‌توان در شکل ۱۲ نیز مشاهده کرد. در این شکل سرعت نرمال شده در راستای محور y در فاصله $\frac{y}{H} = 2.9$ ارائه شده است. با توجه به شکل، با افزایش پهنای پرده سرعت جریان افزایش و از احتمال باز چرخش هوا کاسته می‌شود. نکته دیگری که باید به آن توجه داشت، این است که برای پرده با پهنای حداکثر، به غیر از نواحی نزدیک دیواره بن‌بست، که سرعت به سمت صفر میل می‌کند، توزیع سرعت شکل یکنواختی دارد (شکل ۱۳). این امر نشان دهنده کم بودن باز چرخش هوا در وسط بن‌بست و تهویه بهتر بن‌بست با

ابعاد مختلف مقادیر متفاوتی را نشان می‌دهد که با افزایش طول و پهناى پرده مقدار این سرعت در نزدیکی دیواره سمت راست بن‌بست افزایش و بازچرخش هوا کاهش و در نتیجه راندمان تهویه برای پرده با ابعاد زیاد افزایش می‌یابد. از نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان در پیش‌بینی شکل و رفتار جریان انحرافی پرده هوا در بن‌بست‌های معدنی استفاده کرد. برای تحقیقات بعدی بررسی آرایه‌های مختلف پرده هوا در محل‌های مختلف معدنی پیشنهاد می‌شود.

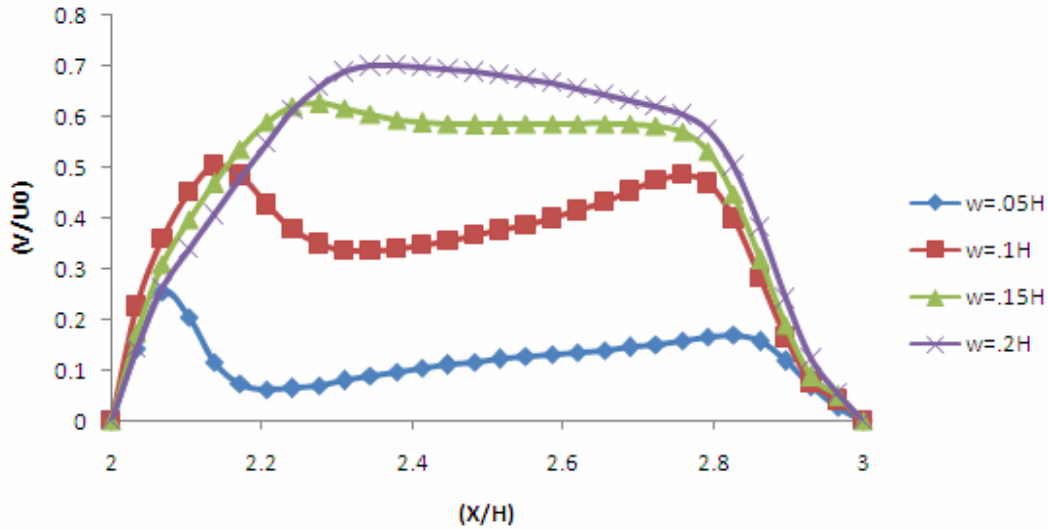
علاوه بر این، تأثیر ابعاد پرده هوا بر شکل جریان درون بن‌بست در سرعت‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصل، تفاوت جزئی بین شکل جریان‌ها وجود دارد. این امر نشان دهنده وابستگی کم خطوط جریان بی‌بعد به سرعت جریان اصلی است. خطوط جریان در حالت بدون پرده کمتر از حالت با پرده است. استفاده از پرده هوا باعث افزایش جریان ورودی به بن‌بست معدنی می‌شود. البته این مقدار به فاصله پرده هوا از دیوار انتهایی بن‌بست معدنی و پهناى آن نیز بستگی دارد. سرعت جریان در راستای محور Y برای پرده با



شکل ۱۱: نیمرخ سرعت $\frac{V_y}{U_0}$ برای پهناهای مختلف پرده هوا بند در حد وسط بن‌بست $\frac{Y}{H} = 1.5$



شکل ۱۲: سرعت $\frac{V_y}{U_0}$ برای پهناهای مختلف پرده هوا بند در صفحه $\frac{Y}{H} = 2.9$



شکل ۱۳: شکل جریان برای پهناهای مختلف پرده هواپند در صفحه $Y/H = 2.9$

منابع

[8] Van Heerden; 1993; "Application of CFD for evaluation of dust suppression and auxiliary ventilating systems used with continuous mines". In *Proceedings of the US Mine Ventilation Symposium*, pp 280-295.

[9] Brunner D. J; 1995; "Examples of the application of computational fluid dynamics simulation to mine and tunnel ventilation". in, Lexington, KY, USA, pp 479-484.

[10] Wala A.; 2003; "New approaches to mine-face ventilation", *Mining Engineering*, pp 25-30.

[11] Silvester S. A; 2004; "The ventilation of an underground crushing plant", *Mining Technology* pp 201-214.

[12] Hargreaves D. M; 2007; "The computational modeling of the ventilation flows within a rapid development drive", *Tunneling and Underground Space Technology*, pp 150-160.

[13] betta V., Cascetta F.; 2009; "Numerical study of the optimization of the pitch angle of an alternative jet fan in a longitudinal tunnel ventilation system" *tunneling and underground spae technology* pp 164-172.

[1] Louw J. H.; 1974; "The influence of ventilation brattices on the distribution of air in stopes", *Journal of the Mine Ventilation Society of South Africa*, 27(8).

[2] Kissell F. N., Matta J. E.; 1979; "Face ventilation system for coal mines".

[3] Smith G., Stoltz R.; 1991; "Deep cut mining investigation. Case study". in *Proceedings of the US Mine Ventilation Symposium*, Morgantown, WV, USA, pp 617-625.

[4] Lee C.; 1996; "A convection-based model of diesel particulate matter occurrences in mines", *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 11(7), pp 881-888.

[5] Tien J. C.; 1988; "Face ventilation during crosscut development in a room-and-pillar operation". in, Berkeley, CA, USA, pp 202-208.

[6] Potts J. D.; 1988; "Improved ventilation and water sprays reduce auger mining dust levels" in, Berkeley, CA, USA, pp 444-453.

[7] Taylor C. D.; 1992; "Extended cut face ventilation for remotely controlled and automated mining systems". in, Phoenix, AZ, USA, pp 1-11.

پی‌نوشت

⁷ Van Heerden

⁸ Brunner

⁹ Silvester

¹⁰ wall

¹¹ Inlet velocity

¹² Outlet pressure

¹ Louw

² Smith

³ Stoltz

⁴ Lee

⁵ Tien

⁶ Taylor