

مطالعه عددی پارامترهای موثر بر توانایی پوششی یک هود واقع در محیطی با وجود جریان هوا

قنبرعلی شیخ زاده^۱، حسین خراسانی زاده^۲، نستوه صدوقی^۳، علی ضیائی^۴

^۱استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان؛ Sheikhz@Kashanu.ac.ir
^۲استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان؛ Khorasan@Kashanu.ac.ir
^۳دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه کاشان؛ NSadughi@Grad.Kashanu.ac.ir
^۴کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه کاشان؛ ziaie_ali80@yahoo.com

چکیده

در آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های صنعتی، کنترل کیفیت هوای داخل به منظور ایجاد محیطی سالم برای افراد و همچنین حفاظت از وسایل و محصولات صنعتی صورت می‌گیرد. سیستم‌های تهویه موضعی با ایجاد جریان هوا به سمت دریچه خروجی مواد پخش شده توسط منابع آلودگی را به بیرون هدایت می‌کنند و سطح غلظت مواد آلاینده موجود در هوا را به سطح پائین و قابل قبولی می‌رسانند. این سیستم‌ها، شامل یک هود مکنده هستند که در مجاورت منبع تولید آلودگی قرار می‌گیرد. در این پژوهش، برای پیش‌بینی میدان جریان هوا در هودهای مستطیلی و دایره‌ای از نرم‌افزار فلونت استفاده شده است. با استفاده از نتایج بدست آمده کانتورهای اندازه سرعت و منحنی اندازه سرعت گزارش شده‌اند. از آنجایی که برای اندازه سرعت در خط مرکزی دریچه هود، حل تحلیلی وجود دارد، نتایج حاصل از حل عددی با این حل مقایسه و تطابق خوبی بین نتایج مشاهده شده است. در مورد هودهایی که در معرض جریان ثانویه عمود بر خط مرکزی آنها قرار دارند، نتایج چنین نشان می‌دهد که با افزایش ابعاد دریچه و سرعت مکش هود اثر پوششی هود افزایش و با زیاد شدن سرعت جریان ثانویه این اثر کاهش می‌یابد. با ثابت ماندن ابعاد دریچه و نسبت سرعت مکش هود به سرعت جریان ثانویه، خط جریان عبوری از مرکز هود و در نتیجه اثر پوششی هود ثابت می‌ماند.

کلمات کلیدی: تهویه صنعتی، کنترل آلودگی، هود، ناحیه پوششی هود

مقدمه

از آثار توسعه صنایع، می‌توان به پیچیدگی عملیات و فرآیندهای مختلف صنعتی و همچنین مصرف روزافزون مواد و ترکیبات شیمیایی بسیار خطرناک و سمی که دارای اثرات مخاطره‌آمیز و شناخته شده‌ای بر روی سلامتی افراد هستند نام برد. مجموع این موارد اهمیت استفاده از سیستم‌های تهویه صنعتی به عنوان بهترین روش کاهش و کنترل آلوده‌کننده‌های محیط کار، دفع بارهای حرارتی و جلوگیری از تراکم غلظت بیش از حد گازها، بخارات و گرد و غبارهای قابل انفجار در صنایع را بیشتر نشان می‌دهند.

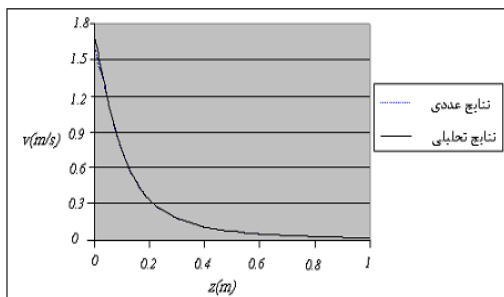
در اغلب تحقیقاتی که تا کنون در این زمینه صورت گرفته است از روش‌های تجربی استفاده شده است. فلین و الن بکر در تحقیقی با عنوان حل جریان پتانسیل برای جریان هوای هودهای دایره‌ای فلنچ‌دار [۱]، یک حل تئوری برای میدان سرعت سه بعدی ارائه و نتایج حاصل از آن را با معادلات تجربی به دست آمده توسط دالا [۲] مقایسه کردند. آنها معادله ساده‌ای برای محاسبه سرعت در هر نقطه تحت اثر هود به دست آوردند. آنها در تحقیقی دیگر به اندازه‌گیری راندمان پوششی هود (که در واقع نسبت نرخ مکش آلودگی‌ها به نرخ تولید آن است) به کمک تست گاز هگزافلورید گوگرد در هود دایره‌ای با وجود جریان ثانویه در محیط پرداختند [۳]. آنها یک فرمول برای محاسبه فاصله بحرانی از خط مرکز هود که در آن راندمان پوششی هود ۵۰ درصد در نظر گرفته می‌شود ارائه کردند. در رابطه ارائه شده فاصله بحرانی تابعی از قطر دریچه هود و نسبت سرعت مکش هود به سرعت جریان ثانویه تعریف شده است. مادسن و همکاران در مطالعات آزمایشگاهی و عددی روی راندمان هود از نظر پوشش، اصول اساسی در این زمینه را بیان کردند [۴]. آنها یک حجم کنترل فرضی و یک روش عددی معتبر برای بررسی راندمان هود در نظر گرفته‌اند. همچنین یک روش آزمایشگاهی برای مطالعه میدان جریان و الگوهای جریان مربوط به هوا و آلاینده‌ها شامل تست دود در نظر گرفته‌اند. آنها به این نتیجه رسیدند که راندمان هود به هندسه آن، نرخ جریان ثانویه و جهت آن و مشخصات منبع آلودگی بستگی دارد. در تحقیقی دیگر جریان در سیستم هود آشپزخانه به روش عددی توسط ابانتو و همکارش بررسی شده است [۵]. آنها با مدلسازی یک هود آشپزخانه، معادلات حاکم شامل معادله پیوستگی، مومنتوم، انرژی و اغتشاش را به کمک نرم‌افزار فلونت حل نموده‌اند و همچنین مدل هود در یک آشپزخانه با ابعاد کامل را نیز بررسی کرده‌اند تا شرایط جریان هوا در این حالت پیش‌بینی شود. سای و همکارش اثر زاویه جهت‌گیری هود را بر ناحیه تحت پوشش آن بررسی کرده‌اند [۶]. نتایج بررسی آنها نشان داد که چنانچه زاویه جهت‌گیری هود، در خلاف جهت جریان ثانویه باشد، ناحیه تحت پوشش هود بزرگتر خواهد بود و هرچه این زاویه بزرگتر باشد این اثر بیشتر خواهد بود. البته آنها برای بررسی این اثر به جای در نظر گرفتن خط جریان جداکننده، خط جریانی که از مرکز هود می‌گذرد را در نظر گرفتند.

مغشوش $k-\epsilon, RNG$ انجام شده است. برای حل معادلات از حل‌کننده تفکیکی و از طرح جریان بالا دست مرتبه اول استفاده شده است.

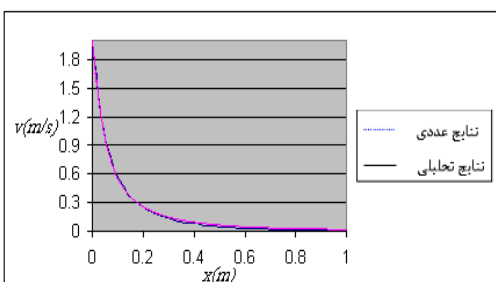
معادلات پیوستگی و ممنتوم، به کمک الگوریتم نیمه ضمنی سیمپل با هم کوپل می‌شوند و میدان فشار بدست می‌آید. لازم به ذکر است که مدل بکار رفته سه بعدی و دائم می‌باشد. نوع المان‌ها و نوع شبکه مطابق مرجع [۶] در نظر گرفته شده‌اند. برای بررسی دقیق اثرات دیواره و لایه مرزی بر میدان جریان، شبکه در نزدیک فلنج ریزتر در نظر گرفته می‌شود.

بررسی صحت نتایج

یکی از راه‌های بررسی و مقایسه تأثیر پارامترهای گوناگون بر توانایی پوششی هودها، در نظر گرفتن خط جریان مرکزی است. خط جریان مرکزی، خط جریانی است که از مرکز هود می‌گذرد. برای بررسی صحت نتایج در هودهای دایره‌ای و مستطیلی، در حالتی که جریان ثانویه عمود بر خط مرکزی هود وجود ندارد، مقادیر سرعت روی خط مرکزی حاصل از شبیه‌سازی عددی و حل تحلیلی برای هود دایره‌ای و هود مستطیلی به ترتیب در شکل‌های (۲) و (۳) با هم مقایسه شده‌اند. لازم به ذکر است نتایج تحلیلی به کمک روش تئوری پتانسیل به دست آمده‌اند [۱۰].



شکل ۲ - تغییرات سرعت روی خط مرکزی هود دایره‌ای



شکل ۳ - تغییرات سرعت روی خط مرکزی هود مستطیلی

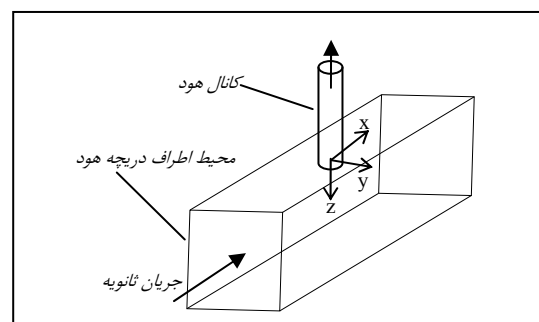
همانطور که مشاهده می‌شود تطابق بسیار خوبی بین نتایج وجود دارد. علت این تطابق برقراری شرط جریان پتانسیل در خط مرکزی هود به دلیل دوری از دیواره می‌باشد. در واقع روی این خط فرض جریان غیرلزج و غیرچرخشی، فرض معقولی می‌باشد. در ناحیه نزدیک به فلنج به دلیل وجود اثرات لزجت و تشکیل لایه مرزی نزدیک دیواره، اختلاف جزئی وجود دارد و مقدار سرعت در نقاط

شروانی تبار و همکاران در تحقیقی با عنوان بررسی میدان جریان اطراف هودهای فلنج‌دار با سطح مقطع مستطیلی و دایروی به بررسی در این زمینه پرداخته‌اند [۷]. آنها از دو مدل پتانسیل و مدل جریان مغشوش استفاده کرده‌اند. نتایج حاصل با حل‌های قبلی مقایسه شده است. این مقایسه تطابق خوبی را بین نتایج دو مدل در خط مرکز هود نشان می‌دهد که علت آن را می‌توان جریان غیرچرخشی در خط مرکزی هود دانست.

در تحقیق حاضر، بررسی عددی میدان جریان اطراف هود در محیطی با وجود جریان ثانویه عمود بر خط مرکزی آن انجام شده است. برای بررسی صحت برخی از نتایج، از نتایج آزمایشگاهی تحقیقات قبلی در دسترس استفاده شده است. علاوه بر بررسی توانایی پوششی هود و عوامل تعیین‌کننده آن، به تحلیل میدان جریان اطراف هودهای فلنج‌دار از جمله نمایش کانتورهای اندازه سرعت، و منحنی سرعت روی خط مرکزی هود نیز پرداخته شده است.

تعریف مسئله و هندسه حل

در این تحقیق، هودهایی بررسی می‌شوند که در آنها دریچه هود در داخل دیوار تعبیه شده است. دیوار به‌طور کامل به عنوان فلنج فرض می‌گردد که این فرض به‌طور تقریبی برای یک دریچه داخل دیوار درست است [۸]. در شکل (۱) هندسه کلی مورد استفاده در مدل‌های بکار گرفته شده در این تحقیق به صورت شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۱ - میدان حل هود دایره‌ای با وجود جریان ثانویه به صورت شماتیک

یک کانال هود به همراه بخشی از محیط اطراف آن برای بررسی اثر مکش هود در نظر گرفته شده است. اگر چه در شکل (۱) کانال هود دایره‌ای نشان داده شده است، اما در این تحقیق هودهای مستطیلی نیز بررسی می‌شوند. در مورد بررسی میدان جریان هود با وجود جریان ثانویه، محیط اطراف دریچه هود به صورت یک کانال با یک ورودی و یک خروجی مدل می‌شود.

شبیه‌سازی عددی

شبیه‌سازی عددی به وسیله کد تجاری فلوئنت صورت گرفته است. در انتخاب مدل اغتشاش، حل‌کننده و نحوه انفعال معادلات از مرجع [۶] استفاده شده است. مدل‌سازی جریان مغشوش به کمک مدل

ابعاد $1m \times 1m \times 1m$ در نظر گرفته شده است. در این مدل سطحی از کانال ثانویه که دریچه هود داخل آن تعبیه شده به عنوان فلنچ در نظر گرفته می‌شود. در کانال ثانویه جریانی عمود بر جریان مکشی هود در جهت X برقرار است. در مرز ورودی کانال ثانویه سرعت جریان برابر $1m/s$ ، در مرز خروجی آن شرط جریان خروجی و در بقیه وجوه مربوط به کانال ثانویه شرط دیوار اعمال می‌گردد. همچنین در مرز ورودی کانال ثانویه قطر هیدرولیکی برابر $1m$ و شدت اغتشاش 0.4 درصد تعیین می‌گردد. در خروجی کانال هود از شرط سرعت ثابت استفاده می‌شود و مقدار سرعت در آن برابر $10m/s$ در نظر گرفته شده است. شدت اغتشاش موجود در مرز خروجی دریچه هود، برابر 3.47 درصد تعیین می‌شود [۱۰].

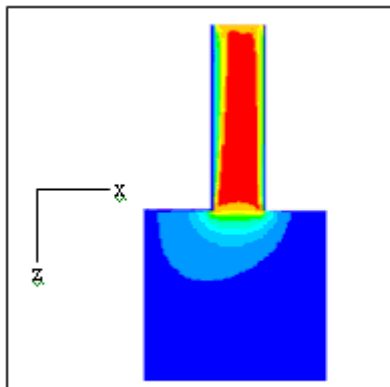
به منظور انتخاب شبکه مناسب، شبکه‌های مختلف با تعداد سلول‌های مختلف در نظر گرفته شده و شبیه‌سازی صورت گرفته است. برای این که بتوان به نوعی این شبکه‌ها را با هم مقایسه کرد، مقدار سرعت در نقطه‌ای کاملاً نزدیک به مرکز دریچه در شبکه‌های مختلف، با هم مقایسه شده است. این مقایسه بین سه شبکه در نظر گرفته شده در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱ - شبکه‌های به کار رفته در مدل‌سازی هود دایره‌ای

نوع شبکه	تعداد سلول	سرعت در مرکز دریچه (m/s)
شبکه خشن	۱۶۸۴۶۹	۹.۰۶
شبکه متوسط	۲۴۲۰۷۲	۹.۱۹
شبکه ریز	۲۹۱۵۲۰	۹.۱۶

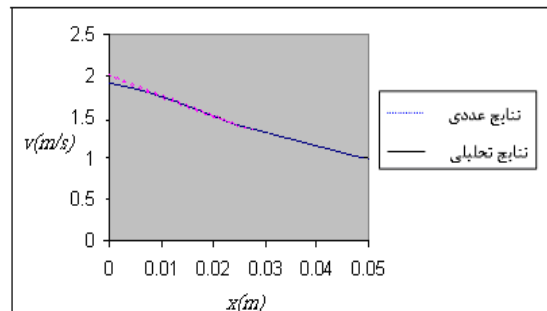
به نظر می‌رسد که شبکه با حدود 242072 سلول برای مدل‌سازی مناسب باشد. ضریب زیر تخفیف مورد استفاده برای متغیر فشار و ممنتوم 0.7 و برای نرخ اتلاف اغتشاش و انرژی جنبشی اغتشاش، برابر 0.8 می‌باشد. معیار همگرایی در مورد خطای کلیه معادلات شامل معادله پیوستگی، معادلات اندازه حرکت در سه راستای X، Y و Z و معادلات مربوط به مدل مغشوش برابر 10^{-5} در نظر گرفته شده است.

کانتورهای اندازه سرعت در شکل‌های (۶) و (۷) نشان داده شده است.



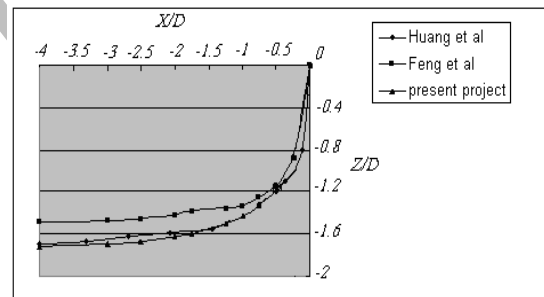
شکل ۶- کانتور اندازه سرعت در صفحه X-Z مدل هود دایره‌ای

نزدیک به دریچه حاصل از مدل‌سازی عددی از مقادیر تحلیلی اندکی کمتر است. برای مشاهده بهتر مقادیر سرعت روی خط مرکزی حاصل از حل عددی و تحلیلی در نقاط نزدیک به دریچه، نتایج مربوط در شکل (۴) آمده است.



شکل ۴- تغییرات سرعت روی خط مرکزی در نقاط نزدیک به دریچه هود مستطیلی: مقایسه بین نتایج تحلیلی و حل عددی

در حالتی که جریان ثانویه عمود بر خط مرکزی هود برقرار است، نتایج مربوط به خط جریان عبوری از مرکز هود با نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی مرجع [۶] و نتایج تجربی مرجع [۱۱] در شکل (۵) مقایسه شده است.



شکل ۵- خط جریان عبوری از مرکز هود: مقایسه نتایج کار حاضر و مراجع [۶] و [۱۱]

همانطور که مشاهده می‌گردد، تطابق خوبی بین نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی در این تحقیق و نتایج تجربی [۱۱] و نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی مرجع [۶] وجود دارد.

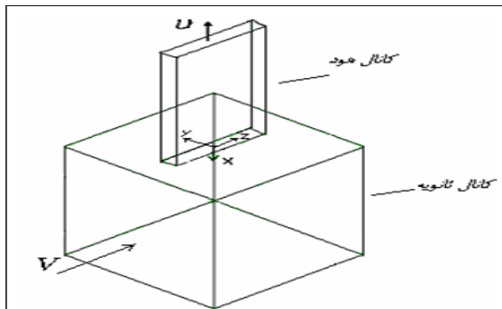
بررسی نتایج

نتایج حاصل از شبیه‌سازی در دو بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش اول میدان جریان برای هود دایره‌ای و هود مستطیلی مورد بررسی قرار گرفته و در بخش دوم اثر پارامترهای مختلف بر توانایی پوششی هودها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

الف- بررسی میدان جریان

۱- بررسی میدان جریان هود دایره‌ای مطابق شکل (۱) مبدأ مختصات بر مرکز دریچه هود منطبق بوده و دریچه هود در صفحه X-Y قرار دارد. کانال هود به قطر $0.3m$ و طول $1m$ و مکعب مدل شده به عنوان محیط اطراف دریچه هود به

یک مکعب مستطیل با ابعاد $0.6m$ ، $0.1m$ و $1m$ به ترتیب در راستاهای z ، y و x برای مدل کردن هود استفاده شده است و بقیه مشخصات مشابه هود دایره‌ای است. شدت اغتشاش موجود در مرکز خروجی دریچه هود، برابر 3.72 در صد تعیین شده است [۱۰].
به منظور انتخاب شبکه مناسب، شبکه‌های مختلف با تعداد سلول‌های مختلف در نظر گرفته شده و شبیه‌سازی انجام شده است. مشابه قبل مقدار سرعت در مرکز دریچه حاصل از شبکه‌های مختلف، با هم مقایسه شده است. این مقایسه بین سه شبکه در نظر گرفته شده در جدول (۲) آمده است:

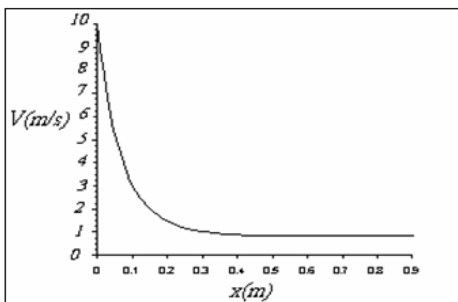


شکل ۱۰- نمای شماتیک میدان حل هود مستطیلی با وجود جریان ثانویه

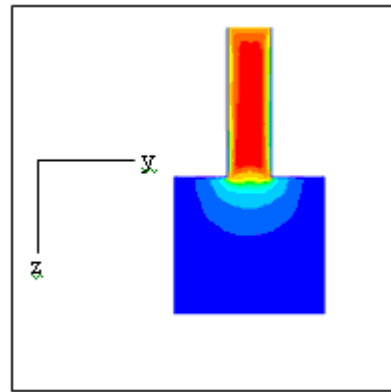
جدول ۲- شبکه‌های به کار رفته در مدل‌سازی هود مستطیلی

نوع شبکه	تعداد سلول	سرعت در مرکز دریچه (m/s)
شبکه خشن	۱۲۴۵۱۲	۹.۱۴
شبکه متوسط	۲۳۹۰۰۶	۹.۳۸
شبکه ریز	۳۰۸۸۶۶	۹.۳۵

به نظر می‌رسد که شبکه با حدود 239006 سلول برای مدل‌سازی مناسب باشد. معیار همگرایی برای کلیه معادلات برابر 10^{-5} در نظر گرفته شده است. مشابه حالت هود دایره‌ای، ضریب زیر تخفیف مورد استفاده برای متغیر فشار 0.3 ، برای ممنوم 0.7 و برای نرخ اتلاف اغتشاش و انرژی جنبشی اغتشاش برابر 0.8 انتخاب شده است. منحنی اندازه سرعت روی خط مرکز هود و خط عبوری از مرکز هود در شکل‌های (۱۱) و (۱۲) نشان داده شده است.

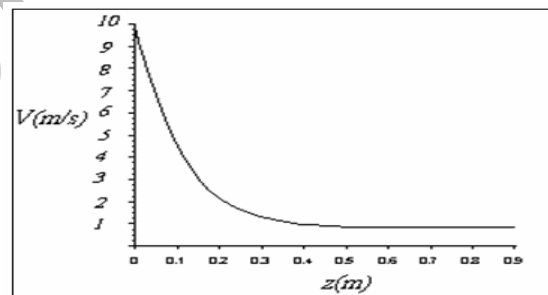


شکل ۱۱- منحنی اندازه سرعت روی خط مرکز هود مستطیلی



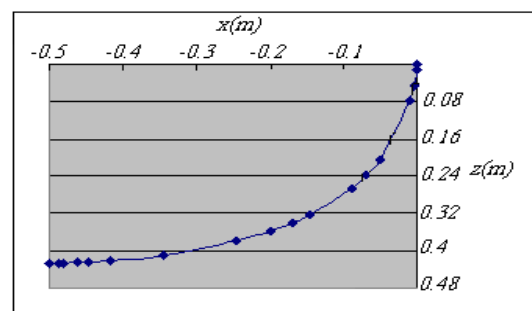
شکل ۷- کانتور اندازه سرعت در صفحه $Y-Z$ هود دایره‌ای

همانطور که مشاهده می‌شود، در صفحه $X-Z$ که در راستای جریان ثانویه است کانتورها تقارن ندارند در حالی که در صفحه عمود بر جریان ثانویه یعنی صفحه $Y-Z$ کانتورهای اندازه سرعت تقارن دارند. منحنی اندازه سرعت روی خط مرکزی هود در شکل (۸) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با فاصله گرفتن از دریچه، سرعت به $1m/s$ می‌رسد که این مقدار همان سرعت جریان ثانویه است.



شکل ۸- منحنی اندازه سرعت روی خط مرکزی هود دایره‌ای

خط جریان عبوری از مرکز دریچه هود در شکل (۹) نشان داده شده است. همان‌طور که پیش از این اشاره شد این خط را می‌توان به عنوان معیاری برای بررسی توانایی پوششی هود در نظر گرفت.



شکل ۹- خط جریان عبوری از مرکز دریچه هود دایره‌ای

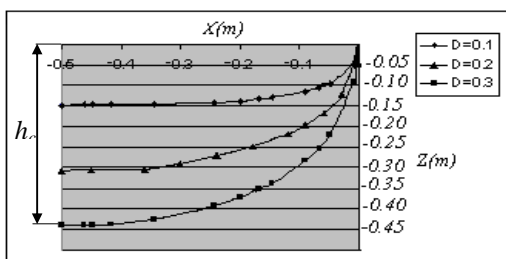
۲- بررسی میدان جریان هود مستطیلی

در شکل (۱۰) میدان حل به صورت شماتیک آمده است. در کانال ثانویه جریانی عمود بر جریان مکشی هود، در جهت Z برقرار است. از

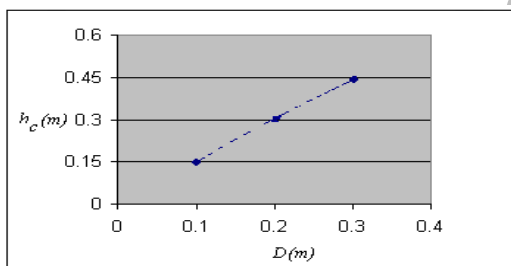
بررسی تاثیر پارامترهای مختلف بر توان پوششی هود دایره‌ای

۱- بررسی اثر قطر دریچه هود

در این قسمت با ثابت نگه داشتن سرعت مکش هود و سرعت جریان ثانویه، اثر قطر دریچه بررسی شده است. بدین منظور سه مقدار $0.1m$ ، $0.2m$ و $0.3m$ برای قطر دریچه هود در نظر گرفته شده است. سرعت مکش در هر سه حالت برابر $1.0m/s$ و سرعت جریان ثانویه برابر $1m/s$ فرض شده است. مقایسه بین خطوط جریان عبوری از مرکز دریچه هود برای سه حالت مذکور در شکل (۱۵) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش قطر دریچه هود که به تبع آن دبی مکشی هود زیاد می‌شود توانایی پوششی هود نیز افزایش می‌یابد. همچنین تغییرات ارتفاع پوششی هود h_c برحسب قطر دریچه هود در شکل (۱۶) نشان داده شده است.



شکل ۱۵- مقایسه خط جریان عبوری از مرکز دریچه هود دایره‌ای برای سه مقدار قطر دریچه



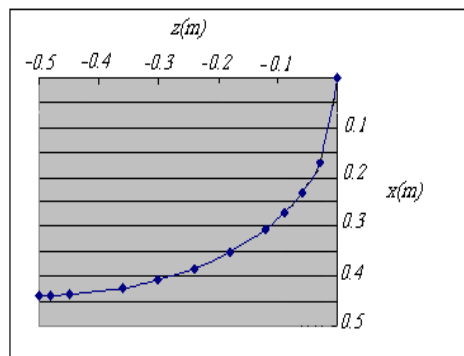
شکل ۱۶- تغییرات ارتفاع پوششی هود دایره‌ای برحسب قطر دریچه هود

همان‌طور که از شکل (۱۶) مشاهده می‌شود با افزایش قطر دریچه هود، پارامتر h_c تقریباً به صورت خطی افزایش می‌یابد.

۲- بررسی اثر سرعت جریان ثانویه

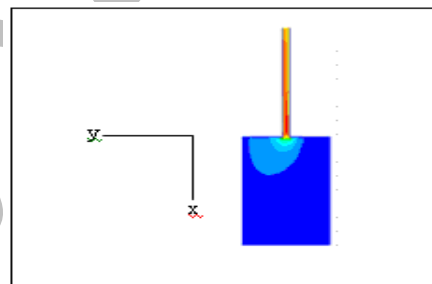
در این قسمت با ثابت نگه داشتن قطر دریچه هود برابر $0.3m$ و سرعت مکش هود برابر با $1.0m/s$ ، اثر سرعت جریان ثانویه بر توانایی پوششی هود بررسی می‌شود.

تاثیر تغییر سرعت جریان ثانویه بر خط جریان عبوری از مرکز دریچه هود در شکل (۱۷) نشان داده شده است. همچنین تغییرات ارتفاع پوششی هود برحسب سرعت جریان ثانویه در شکل (۱۸) نشان داده شده است.

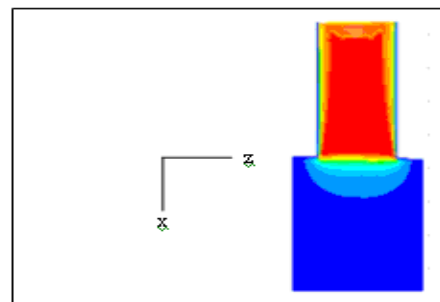


شکل ۱۲- خط جریان عبوری از مرکز دریچه هود مستطیلی

در مدل مطرح شده در شکل (۱۰) در صورت ثابت ماندن تمامی مقادیر، اگر جهت جریان ثانویه در راستای محور Y باشد، بدیهی است در این صورت خط جریان عبوری از مرکز هود در صفحه $X-Y$ خواهد بود. کانتورهای سرعت در صفحه $X-Z$ و $X-Y$ در این حالت در شکل‌های (۱۳) و (۱۴) نشان داده شده‌اند.



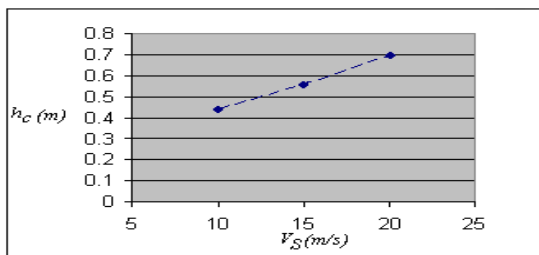
شکل ۱۳- کانتور اندازه سرعت در صفحه $X-Y$ مدل هود مستطیلی



شکل ۱۴- کانتور اندازه سرعت در صفحه $X-Z$ هود مستطیلی

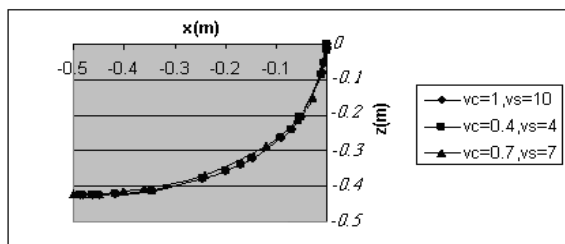
با مشاهده شکل‌های بالا در می‌یابیم که در صفحه $X-Y$ که در راستای جریان ثانویه است کانتورها تقارن ندارند در حالی که در صفحه عمود بر جریان ثانویه یعنی صفحه $X-Z$ کانتورهای اندازه سرعت تقارن دارند.

ب- بررسی نقش عوامل گوناگون در توانایی پوششی هودها
پارامترهای گوناگونی در توانایی پوششی هود در معرض یک جریان ثانویه، نقش دارند که از آن جمله می‌توان به قطر هیدرولیکی دریچه هود D ، سرعت مکش هود V_S و سرعت جریان ثانویه V_C اشاره کرد.



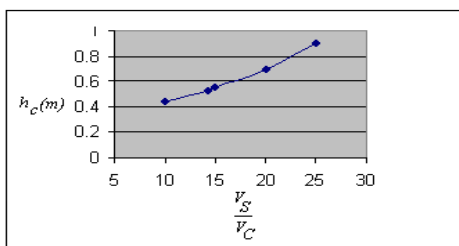
شکل ۲۰- تغییرات ارتفاع پوششی هود دایره‌ای برحسب سرعت جریان مکشی هود

۴- بررسی توانایی پوششی هود در نسبت سرعت ثابت در این بخش، سرعت مکش هود و سرعت جریان ثانویه به گونه‌ای تغییر داده می‌شوند که نسبت سرعت جریان ثانویه به سرعت مکش هود برابر ۰.۱ ثابت بماند. قطر دریچه هود نیز ثابت و برابر ۰.۳m فرض می‌شود. تاثیر تغییر سرعت مکش هود و سرعت جریان ثانویه به طوری که نسبت آنها ثابت باشد بر خط جریان عبوری از مرکز دریچه هود در شکل (۲۱) نشان داده شده است.

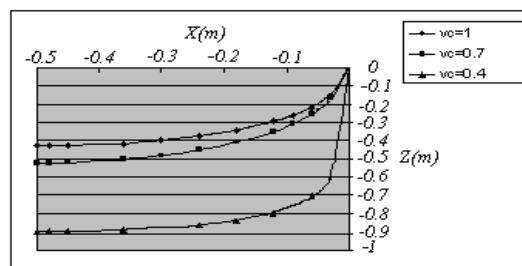


شکل ۲۱- مقایسه خط جریان عبوری از مرکز دریچه هود دایره‌ای با ثابت ماندن نسبت سرعت‌ها

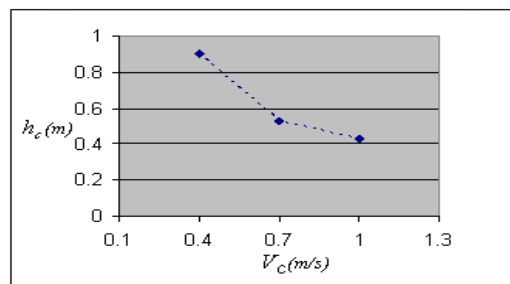
همانطور که در شکل قابل مشاهده است علی‌رغم تغییر سرعت مکش هود و سرعت جریان ثانویه، در صورتی که نسبت این دو سرعت ثابت بماند، خط جریان عبوری از مرکز هود و به تبع آن پارامتر h_c تغییری نمی‌کنند. به عبارت دیگر عامل تعیین‌کننده در مقدار این پارامتر نسبت سرعت‌هاست. این موضوع بدین معناست که در تعیین توانایی پوششی هودها در محیطی با جریان ثانویه، نسبت سرعت مکشی هود به سرعت جریان ثانویه اهمیت دارد. در شکل (۲۲) تغییرات ارتفاع پوششی هود برحسب نسبت سرعت‌ها برای هود دایره‌ای با قطر دریچه ۰.۳m نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که با افزایش نسبت سرعت‌ها، ارتفاع پوششی هود افزایش می‌یابد.



شکل ۲۲- تغییرات ارتفاع پوششی هود (h_c) برحسب نسبت سرعت‌ها



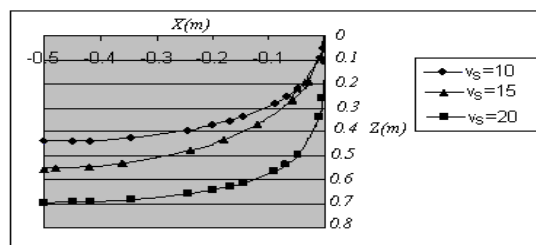
شکل ۱۷- مقایسه خط جریان عبوری از مرکز دریچه هود دایره‌ای برای سه مقدار سرعت جریان ثانویه



شکل ۱۸- تغییرات ارتفاع پوششی هود دایره‌ای برحسب سرعت جریان ثانویه

همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش سرعت جریان ثانویه، پارامتر h_c در هود کاهش می‌یابد، یعنی با کاهش سرعت جریان ثانویه توانایی پوششی هود افزایش می‌یابد. البته این تغییرات خطی نمی‌باشد.

۳- بررسی اثر سرعت مکش هود با ثابت در نظر گرفتن سرعت جریان ثانویه برابر ۱m/s و قطر دریچه هود برابر ۰.۳m، اثر سرعت مکش هود بر توانایی پوششی آن بررسی می‌گردد. برای هود سه سرعت مکش ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ متر بر ثانیه فرض شده است. تاثیر تغییر سرعت مکش هود بر خط جریان عبوری از مرکز دریچه هود در شکل (۱۹) نشان داده شده است. همچنین تغییرات ارتفاع پوششی هود برحسب سرعت مکشی هود در شکل (۲۰) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش سرعت مکش، توانایی پوششی هود تقریباً به صورت خطی افزایش می‌یابد.



شکل ۱۹- مقایسه خط جریان عبوری از مرکز دریچه هود دایره‌ای برای سه مقدار سرعت مکشی هود

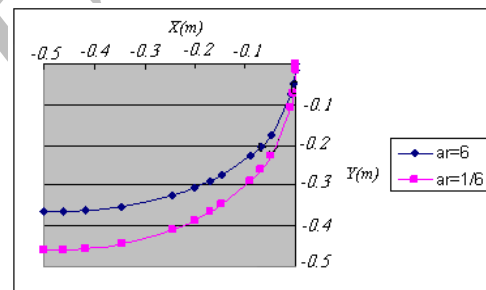
بررسی تاثیر پارامترهای مختلف بر توان پوششی هود مستطیلی

۱- بررسی اثر نسبت اضلاع

در این قسمت دو هود مستطیلی با نسبت اضلاع (ar) گوناگون در راستای جریان و ابعاد دریچه یکسان بررسی شده‌اند. سرعت مکش در هودها برابر 10 m/s فرض شده است. سرعت ثانویه برابر 1 m/s و قطر هیدرولیکی دو هود نیز یکسان می‌باشد. ابعاد دریچه، $0.6\text{ m} \times 0.1\text{ m}$ در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که نسبت اضلاع برای دریچه هود مستطیلی با وجود جریان ثانویه به صورت زیر تعیین می‌گردد:

$$ar = L_z / L_x \quad (1)$$

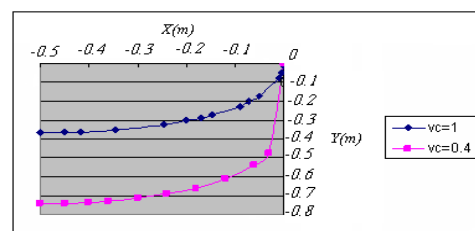
که در آن، L_z طول دریچه در راستای عمود بر جریان ثانویه و L_x طول دریچه در راستای جریان ثانویه است. در این بخش دو دریچه هود مستطیلی با ابعاد یکسان و نسبت اضلاع ۶ و ۱/۶ در نظر گرفته شده است و خط جریان عبوری از مرکز هود در شکل (۲۳) مقایسه شده است. همانطور که انتظار می‌رود در صورت قرارگیری طول بزرگتر دریچه در راستای جریان ثانویه، توانایی پوششی هود در این راستا تا حدود ۲۰ درصد افزایش می‌یابد.



شکل ۲۳- تاثیر تغییر نسبت اضلاع دریچه بر خط جریان عبوری از مرکز هود مستطیلی

۲- بررسی اثر سرعت جریان ثانویه

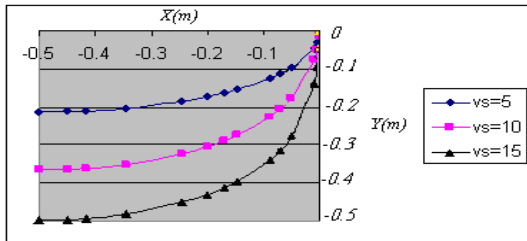
دریچه‌ای به ابعاد $0.6\text{ m} \times 0.1\text{ m}$ با نسبت اضلاع ۶ در نظر گرفته شده است. سرعت مکش هود ثابت و برابر 10 m/s می‌باشد. سرعت‌های مختلف جریان ثانویه 1 m/s و 0.4 m/s در نظر گرفته شده و اثر تغییر آن بر پوشش هود در شکل (۲۴) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود مشابه هود دایره‌ای در این حالت نیز سرعت جریان ثانویه اثر معکوسی بر توانایی پوششی هود می‌گذارد.



شکل ۲۴- مقایسه خط جریان عبوری از مرکز دریچه هود مستطیلی با تغییر سرعت جریان ثانویه

۳- بررسی اثر سرعت مکش هود

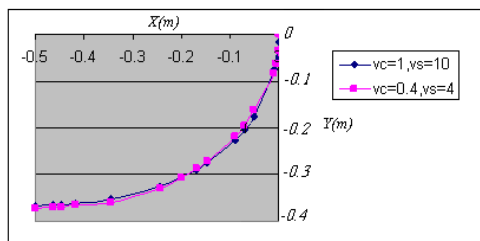
برای بررسی اثر سرعت مکش هود، دریچه با ابعاد $0.6\text{ m} \times 0.1\text{ m}$ با نسبت اضلاع ۶ و سرعت جریان ثانویه 1 m/s در نظر گرفته می‌شود. خط جریان عبوری از مرکز هود برای مقادیر مختلف سرعت مکشی هود در شکل (۲۵) مقایسه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش سرعت مکش، توانایی پوششی هود به صورت غیرخطی افزایش می‌یابد.



شکل ۲۵- مقایسه خط جریان عبوری از مرکز هود دایره‌ای با ثابت ماندن نسبت سرعت‌ها

۴- بررسی توانایی پوششی هود در نسبت سرعت ثابت

دریچه‌ای به ابعاد $0.6\text{ m} \times 0.1\text{ m}$ با نسبت اضلاع ۶ در نظر گرفته شده است. مقدار سرعت مکش هود و سرعت جریان ثانویه به ترتیب با V_S و V_C قابل تشخیص هستند. در شکل (۲۶) خط جریان عبوری از مرکز دریچه هود برای دو مقدار متمایز از سرعت مکشی هود و سرعت جریان ثانویه با هم مقایسه شده است.



شکل ۲۶- مقایسه خط جریان عبوری از مرکز دریچه هود دایره‌ای با ثابت ماندن نسبت سرعت‌ها

مشابه هود دایره‌ای مشاهده می‌شود که با تغییر سرعت‌های مکش هود و جریان ثانویه در صورتی که نسبت سرعت‌ها ثابت بماند، خط جریان عبوری از مرکز هود ثابت می‌ماند. بنابراین در هود مستطیلی نیز نسبت سرعت‌ها عامل مهمی در میزان توانایی پوششی هود به حساب می‌آید. در شکل (۲۷) نیز پارامتر h_c برای مقادیر مختلف نسبت سرعت‌ها برای هود مستطیلی با قطر هیدرولیکی دریچه 0.3 m قابل مشاهده است.

[3] Flynn, M. R., and Ellenbecker, M. J., "Capture efficiency of flanged circular local exhaust hoods," *Ann. Occup. Hyg.* 30(4), pp. 497-513, 1986

[4] Madsen, U., Breum, N. O., and Nielsen, P. V., "Local exhaust ventilation, a numerical and experimental study of capture efficiency," *Building and Environment*, Vol. 29, No. 3, pp. 319-323, 1994.

[5] Abanto, J., and Reggio, M. "Numerical investigation of the flow in a kitchen hood system," *Building and Environment*, Vol. 41, pp. 288-296, 2006.

[6] Tsai, F. C., and Hsieh, R. H., "Oblique effects on the capture ability of a hood under crosswind environments — numerical method," *Building and Environment*, vol. 41, pp. 1471-1477, 2006.

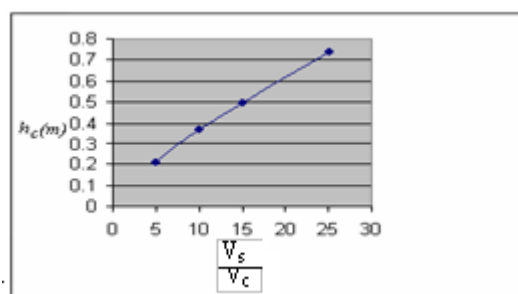
[7]- Shervani Tabar, M. T., Javareshkian, M. H., Zamzamian, K., and Dadvand, R., "Investigation of flow field around flanged hoods with rectangular and circular cross-sections," *The 14th annual conference of mechanical engineering, ISME2006, May 16-18, IUT, Isfahan, Iran.*

[8] Goodfellow, H. D., and Tahti, E., "Industrial Ventilation Design Guidbook," Eds, Academic press, 2001, ISBN: 0-12-289676-9

[9] Flynn, M. R., and Ellenbecker, M. J., "Empirical validation of theoretical velocity field into flanged circular hoods," *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 48(4), pp. 380-389, 1987.

[۱۰] - ضیائی، علی، "بررسی پارامترهای موثر بر توانایی پوششی یک هود واقع در محیطی با وجود جریان هوا،" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، ۱۳۸۶.

[11] Huang, R. F., Chen, J. L., and Chen, Y. K., "The capture envelope of a flanged circular hood in cross drafts," *AIHAJ* 62: 199-207, 2001.



شکل ۲۷- تغییرات ارتفاع پوششی هود (h_c) بر حسب نسبت سرعت‌ها

نتیجه‌گیری

در این تحقیق میدان جریان اطراف هود در محیطی با وجود جریان ثانویه عمود بر خط مرکزی آن شبیه‌سازی و تاثیر پارامترهای مختلف بر توانایی پوششی هود مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصله مشاهده شد که با افزایش قطر هیدرولیکی دریچه هود، افزایش سرعت مکشی هود و کاهش سرعت جریان ثانویه، وسعت ناحیه تحت پوشش هود بیشتر می‌شود. همچنین مشاهده شد که در صورتی که سرعت مکشی هود و سرعت جریان ثانویه تغییر کنند ولی نسبت آنها ثابت بماند، خط جریان عبوری از مرکز هود و به تبع آن توانایی پوششی هود تقریباً ثابت می‌ماند. مشاهده شد که در هودهای مستطیلی، هودی که ضلع بزرگتر آن در راستای جریان ثانویه قرار می‌گیرد دارای توانایی پوششی بیشتری می‌باشد.

مراجع

[1] Flynn, M. R., and Ellenbecker, M. J., "The potential flow solution for airflow into a flanged circular hood," *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 46(6), pp. 318-322, 1985.

[2] DallaValle, J. M., "Studies in the design of local exhaust hoods," *Doctoral thesis, Harvard school of public health, Boston, 1930.*