شبیه سازی جانمایی دریچه های ورودی و خروجی هوای یک اتاق برای کارایی بهتر تهویه با رویکرد انرژی

مقداد باقریه بهبهانی[۱]، طاهر ارمغانی[۲*]، میلاد حیدری[۱]

[۱] گروه مهندسی مکانیک، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی
[۲] گروه مهندسی مکانیک، واحد مهدی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی
دریافت: پاییز ۹۷ پذیرش: زمستان ۹۷

چکیده

فرایند تهویه اتاق برای بالا بردن شرایط آسایش حرارتی ساکنین و کاهش مصرف انرژی صورت می گیرد.هرچند که تا کنون بیشتر بر روی نرخ جریان و دمای بهینه هوای ورودی و نوع سیستم تهویه پرداخته شده ، در این مقاله به کمک نرم افزار انسیس فلوئنت و شبیه سازی اتاق، بهترین موقعیت استقرار دریچه ورودی و خروجی برای ۲۰ نمونه اتاق مورد بدست آورده شد .سه معیار مقایسه کارایی تهویه، دمای متوسط موثر و گرادیان عمودی دما در نظر گرفته شد، که مدل شماره ۲۰ که در آن دریچه ورودی در دیوار روبروی آدمک در وسط دیوار و دریچه خروجی در همان دیوار در پایین آن قرار دارد مورد تایید قرار گرفت . همچنین بررسی ۳ نمونه اتاق با مساحتهای ۱۲،۱۶و ۲۰ مترمربع نشان داد که با افزایش مساحت کارایی تهویه کاهش و دمای میانگین اتاق افزایش پیدا می کند و با افزایش دبی هوا، دمای میانگین اتاق کاهش پیدا می کند.

* **عهده‌دار مکاتبات:** armaghani.taher@yahoo.com

کلمات کلیدی: تهویه مطبوع، شبیه سازی ۳ بعدی ، بهینه سازی، فلوئنت، انرژی

۱- مقدمه

ساختمانهای مدرن دیگر صرفا سرپناهی در برابر باد، برف ، باران، آفتاب یا سایر شرایط نامساعد طبیعی به شمار نمی روند بلکه این ساختمان ها را با هدف ایجاد محیط های بهتر، سازگار و سازنده برای کار و زندگی بنا می کنند. به دلیل تاثیر مستقیم انرژی مصرفی توسط سیستم های تهویه مطبوع بر میزان انتشار دی اکسید کربن، بهینه سازی انرژی مصرفی در سیستم های تهویه مطبوع از جمله مهمترین راهکارهای مقابله با تغییرات اقلیمی نامطلوب به شمار می رود. در اولین بررسی های صورت گرفته، رتبه بندی مصرف کننده های انرژی انجام شده است که ساختمان ها به عنوان اصلی ترین مصرف کننده انرژی معرفی شده ه اند. [۱].

تجهیزات سرمایشی می توانند شامل وسایل سردکننده کوچک خانگی تا سردکننده های بسیار بزرگ در فرآیند های صنعتی مختلف باشند. با توجه به پیچیدگی تجهیزات یاد شده، طراحان تهویه مطبوع باید علاوه بر تنظیم دمای مناسب موارد دیگری را هم مدنظر داشته باشند. حفظ آسایش حرارتی برای ساکنین ساختمان یکی از اهداف اصلی طراحان تهویه مطبوع می باشد. از آنجایی که تفاوت های گوناگونی میان افراد در خصوص رضایت روان شناسی و فیزیولوژیکی وجود دارد، پیدا کردن دمای ایده آل برای هر فرد در یک فضای مشخص، کار سختی می باشد. با توجه به نحوه توزیع هوای تازه بر شرایط آسایش حرارتی ساکنین، سیستم های تهویه، جهت توزیع هوای تازه را می توان به سه صورت به کار گرفت: سیستم تهویه با توزیع هوای اختلاطی، سیستم تهویه با توزیع هوای لایه ای و یا سیستم تهویه با توزیع هوای جابجایی. هفت فرآیند مورد نیاز دستیابی به بالاترین بهره وری در فرآیند های تهویه مطبوع عبارتند از : ۱- گرمایش۲- سرمایش.۳-رطوبت زنی۴- رطوبت گیری۵- پاکسازی هوا۶- تهویه۷- حرکت هوا [۲].

آسایش حرارتی حالتی است که فرد برای تغییر شرایط حرارتی محیط هیچ اقدام رفتاری را انجام ندهد. از آنجایی که تفاوت های گوناگونی میان افراد در خصوص رضایت روان شناسی و فیزیولوژیکی وجود دارد پیدا کردن دمای ایده آل برای هر فرد در یک فضای مشخص، کار سختی می باشد. شش فاکتور اصلی وجود دارد که مستقیما بر آسایش حرارتی تاثیر می گذارد که عبارتند از : میزان فعالیت (نرخ سوخت و ساز بدن)، سطح پوشش، دمای میانگین تابشی، دما و رطوبت و سرعت هوا [۳].

برای انتخاب بهینه یک سیستم تهویه مطبوع ، طراح باید در مورد انواع سیستم های تهویه مطبوع اطلاعات مناسبی داشته باشد [۴]. سیستم های تهویه مطبوع به چهار دسته تقسیم می شوند: سیستم های تمام هوا ، سیستم‌های هوا – آب ، سیستم‌های تمام آب وسیستم‌های انبساط مستقیم . سیستم‌های تمام هوایی ، هوای گرم یا سرد شده را از دستگاه مرکزی به وسیله داکت‌ها منتقل و هوا را از راه تعدادی گریل یا دیفیوزر

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.4.5.4]

در اتاق‌ها توزیع می‌کنند.سیستم‌های تمام هوایی دارای کم‌ترین هزینه تجهیزات هستند ولی نصب آن‌ها به دلیل سایز کانال‌کشی مورد نیاز و هزینه نصب تجهیزات مشکل و گران است .

سیستم‌های هوا - آب به وسیله توزیع همزمان هوای تهویه شده و آب به واحدهای تقسیم کننده نصب شده در فضاها، تهویه را انجام می‌دهند. هوا و آب در اتاق مکانیک مرکزی گرم و یا سرد می‌شوند. در سیستم‌های تمام آب، سرمایش و یا گرمایش فضا به وسیله آب سرد و یا گرم سیرکوله شده از دستگاه سرمایش مرکزی به واحدهای تقسیم کننده موجود در فضاهای تهویه شده و یا در کنار آن‌ها انجام می‌شود. انتقال حرارت به وسیله جابه‌جایی اجباری و یا طبیعی انجام می‌شود. در سیستم‌های انبساط مستقیم هوای مورد نیاز برای سرمایش فضا به صورت مستقیم به وسیله مبرد موجود در کویل‌های سرمایشی سیستم هواساز سرد می‌شود. از آن‌جایی که هوا به صورت مستقیم به وسیله مبرد سرد می‌شود، کارایی سرمایش سیستم‌های انبساط مستقیم بالاتر است .

لین و همکاران (۲۰۰۵) که با شبیه سازی عددی با استفاده از یک مدل دینامیک سیالات محاسباتی معتبر به بررسی و مقایسه تهویه جابجایی و تهویه اختلاطی ، تحت شرایط مرزی مختلف پرداختند [۵]. این مقاله نتایج حاصل از شرایط آسایش حرارتی را با بررسی کیفیت هوای داخل ساختمان گزارش کرد. نمونه مورد مطالعه شامل دفاتر ، کلاسهای درس ، مغتزه های خرده فروشی و کارگاههای صنعتی تحت شرایط مرزی حرارتی هنگ کنگ بود. نتایج نشان داد که در مقایسه با تهویه اختلاطی معمولی ، تهویه جابجایی شرایط بهتری را از نظر کیفیت هوای درونی در منطقه مورد مطالعه ارائه می دهد. سهلین و مشفق (۲۰۱۰) دیدگاه سطح کوچک – بزرگ را برای پیش بینی جریان و رفتار حرارتی هوا در نزدیک منطقه از یک دیفیوزر سرعت کم مختلط استفاده کردند. [۶]. پیش بینی ها با استفاده از مدل تنش رینولدز پایدار انجام شده است و نتایج خوبی هم از نظر کیفی و هم از نظرکمی با اندازه گیری ها نشان دادند. با این حال، اندازه گیری نشان داد که نفوذ سرعت و دما تا حدی توسط مدل تنش رینولدز پیش بینی نشده است، که ممکن است این حالت به علت بی ثباتی بالای جریان هوا در نزدیکی دیفیوزر باشد .

الاجمی و الا مر (۲۰۱۰) به بررسی اثربخشی سیستم توزیع هوا از کف در ساختمان های تجاری برای انواع مختلفی از کاربردها و در دماهای مختلف هوای ورودی در آب و هوای گرم پرداختند. [۴] .آنها نشان دادند که سیستم توزیع هوا از کف صرفه جویی قابل توجهی در انرژی را در مقایسه با سیستم توزیع هوا از سقف (۳۰٪) به ویژه در ساختمانهای با سقف بلند دارا می باشد ، و همچنین شرایط آسایش رضایت بخش برای ساکنین فراهم می کند.

تیان و همکاران (۲۰۱۱)، بر روی سیستم تهویه لایه ای اشاره کردند [۷]. آنها با بررسی عمر متوسط موضعی هوا، شاخص میانگین آراء افراد نسبت به شرایط گرمایی محیط و شاخص درصد نارضایتی افراد نسبت به شرایط گرمایی محیط نشان دادند که سیستم تهویه لایه ای قادر به تأمین ملزومات میانگین دمای هوای داخلی افزایش یافته، با تأمین شرایط آسایش حرارتی، تنها در ناحیه استنشاقی افراد است خراسانی زاده و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی عددی میدان جریان، توزیع دما و انتقال حرارت در یک اتاق در دو وضعیت استفاده از پانل سرمایش تابشی سقفی و دیواری مدل سازی کردند [۸].

بررسی ها با فرض دمای طرح خارج دو شهر تهران و سمنان انجام شد و تاثیر حضور فردی ساکن با در نظر گرفتن یک مکعب با شار حرارتی ثابت در مرکز اتاق بررسی شد. نتایج نشان داد که توزیع دمای عمودی و افقی در اتاق تقریبا یکنواخت و حداکثر سرعت مطلق هوا در فضای اتاق در محدوده ۲ /۰ متر بر ثانیه است.در سرمایش سقفی و دیواری به ترتیب حداقل ۵۸٪و۶۵٪ از سهم انتقال حرارت به پانل تابشی است و وجود مدل انسانی آن را افزایش می دهد.

معرفت و همکاران (۲۰۱۲) احساس حرارتی افرادی که در کف اتاق گرم شده می خوابند با افرادی که بر روی تخت معمولی می خوابند مقایسه کردند [۹]. نتایج نشان داد که تحت شرایط حرارتی مشابه ، احساس حرارتی افرادی که بر روی تخت به سبک شرق می خوابند با افرادی که بر روی تخت معمولی می خوابند به طور مشخص بالاتراست. کیم و همکاران (۲۰۱۳) در مقاله شان به بررسی اثربخشی سیستم توزیع هوا از کف در یک فضای بزرگ با سقف بلندتر برای سرعت های مختلف هوای ورودی و مکان دیفیوزر با دماهای ورودی یکسان پرداختند [۱۰]. نتایج نشان داد که سیستم توزیع هوا از کف قادر به ایجاد تغییرات عمودی کوچکتر در درجه حرارت هوا می باشد و محیط راحت تری نسبت به سیستم های متداول تزریق هوا از بالا دارا می باشد. حیدری نژاد و همکاران (۲۰۱۴) با محاسبه بار سرمایی کویل در سیستمهای توزیع هوای زیرسطحی، تأثیر دریچه های برگشت و خروج مجزا و ارتفاع دریچه برگشت بر مصرف انرژی، شرایط آسایش حرارتی و کیفیت هوای داخل مورد بررسی کردند [۱۱]. براساس نتایج تحقیق، هنگامیکه ارتفاع دریچه برگشت به ترتیب برابر با ۲، ۱/۳، ۰/۶۵ و ۰/۳ متر است، میزان کاهش مصرف انرژی نسبت به حالت بدون دریچه برگشت برابر با ۱۰/۹، ۱۵/۳، ۱۸/۹ و ۲۵/۷ درصد است.

اهمیت و ضرورت خاص انجام این تحقیق مربوط به بهینه سازی و کاهش مصرف سوخت می باشد. در این کار جانمایی کانالها و دبی های مختلف را مورد بررسی قرار داده و با بهینه سازی به کاهش مصرف سوخت کمک می شود. هداف ازانجام این تحقیق بررسی اثر دبی ورودی هوا بر آسایش حرارتی ساکنین در اتاق، بررسی اثر استقرار دریچه های ورودی و خروجی بر آسایش حرارتی و بررسی مساحت اتاق بر انتقال حرارت است

تا کنون تحقیق هایی که به عمل آمده بیشتر بر روی نرخ جریان هوای ورودی بهینه برای اتاق ، دمای هوای ورودی بهینه برای اتاق و نوع تهویه مناسب (لایه ای، اختلاطی و جابجایی) برای اتاق مورد مطالعه قرار گرفته است ولی تا کنون تحقیق جامعی بر روی اثر محل استقرار دریچه های ورودی و خروجی بر آسایش حرارتی ساکنین انجام نشده است که در این تحقیق به این موضوع پرداخته شده است.

۲- مواد و روش تحقیق

هندسه مورد بررسی در این تحقیق اتاقی است که دارای طول ، عرض و ارتفاع ۴ ، ۳ و ۲/۶ متر به ترتیب می باشند که توسط دریچه ای به ابعاد ۲۵۰ میلی متر در ۳۰۰ میلی متر در دیوار روبروی آدمک و دیوار جنب آدمک، در نمونه های مختلف، در نقاط مختلف دیوار و دریچه خروجی به ابعاد ۳۰۰ میلی متر در ۶۰۰ میلی متر در نقاط مختلف دیوار در نمونه های مختلف تهویه می شود. این اتاق بوسیله دو لامپ مهتابی روشن می شود. همچنین یک آدمک بصورت مکعب مستطیل و میز و کامپیوتر به

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.4.5.4]

شکل مکعب مربع که از خود گرما ساطع می کنند ، مدل سازی شده است.

.

۲-۱- شرایط مرزی مساله

جهت پیدا نمودن بهترین جانمایی دریچه ورودی و خروجی ئمای هوای ورودی در تمامی نمونه ها برابر با ۱۸/۹ درجه سانتی گراد ، سرعت هوای ورودی برابر با ۱/۱۹ متر بر ثانیه، دبی هوای ورودی برابر با ۰/۰۸۹ متر مکعب بر ثانیه می باشد. اتاق بوسیله ۲ لامپ مهتابی هر یک با قدرت ۷۲ وات و یک مانکن آدم به شکل مکعب مستطیل با توان ۷۵ وات و یک کامپیوتر با قدرت ۱۲۰ وات در مرکز اتاق قرار دارند. دیواره های بالا و پایین اتاق عایق در نظر گرفته شده اند و هیچ گونه دریچه ای در آن تعبیه نمی شود. دیواره های اطراف اتاق که محل استقرار دریچه های ورودی و خروجی در آن می باشد هر یک دارای دمای ۲۷ درجه سانتی گراد می باشد. جهت مشاهده تاثیر تغییر مساحت و تغییر دبی در مساله یکی از نمونه ها (به عنوان مثال نمونه شماره (۳) را برای مساحت های ۱۲، ۱۶ ،۲۰ متر مربع محاسبه شده است و کارایی تهویه، دمای ماینگین و دمای خروجی با هم مقایسه شده اند. همچنین تغییر دمای میانگین و دمای خروجی و کارایی تهویه را در یکی از نمونه ها (به عنوان مثال نمونه شماره ۳) برای دبی های ۰/۰۴۵ متر مکعب بر ثانیه و۰/۰۸۹ متر مکعب بر ثانیه و ۰/۱۳۴ متر مکعب بر ثانیه محاسبه شده است.

در تحقیق حاضر از نسخه ۱۶ نرم افزار انسیس۱ با موتور حل گر فلوئنت۲ جهت انجام محاسبات و حل معادلات حاکم استفاده گردیده است. در کد مذکور برای حل عددی از روش حجم محدود۳ استفاده گردیده است . همچنین شبکه بندی جهت حل مسئله یک شبکه بندی سازمان یافته است که در آن برای گسسته سازی معادلات (مومنتم و انرژی و ..) از روش بالا دستی مرتبه دوم۴ استفاده شده است. با توجه به سرعت هوا در ورودی واینکه عدد ماخ از ۰/۳ کوچکتر شده است ، جریان به صورت تراکم ناپذیر در نظر گرفته شده است. همچنین جریان بصورت پایدار در نظر گرفته شده است. از الگویتم سمپل۵ برای تصحیح کوپلینگ بین فشار و سرعت استفاده گردیده است.

۲-۲- معیار های مقایسه

برای اینکه بتوان مقایسه ای بین نتایج بدست آمده از نمونه های مختلفی انجام داد باید چند معیار برای آنها در نظر گرفت که با مقایسه آن معیارها به مشخص شود کدام نمونه بهترین تهویه را انجام می دهد. در اینجا معیار های در نظر گرفته شده عبارتند از: ۱- کارایی تهویه ۲- متوسط دمای موثر جریان هوا۶ ۳- پارامتر نارضایتی حرارتی موضعی هوا (گرادیان عمودی دما).

۲-۲-۱- کارایی تهویه

کارایی تهویه شاخصی است که مبتنی بر مفهوم دفع حرارت از فضای اتاق می باشد، برای تمامی نمونه های مورد بررسی از طریق رابطه (۱) محاسبه می گردد. [۳۳]

$$E_t = (t_{out} - t_{in})/(t_{bz} - t_{in}) \qquad (۱)$$

که در رابطه(۱) tin ، tout ، tbz به ترتیب عبارتند از دمای هوایی ورودی، دمای هوای خروجی و دمای هوا در ناحیه استنشاقی، در ناحیه اطراف سر آدمک در نظر گرفته شده است. هر چه کارایی تهویه بالاتر باشد یعنی تهویه بهتری انجام شده است.

۲-۲-۲-متوسط دمای موثر جریان هوا

با توجه به سادگی و قابلیت اطمینان بالای شاخص متوسط دمای موثر جریان هوا ، از این شاخص مهندسان سالها جهت ارزیابی عملکرد سیستم های تهویه اختلاطی استفاده می کردند. این شاخص بصورت زیر تعریف می شود.

$$ETDS = (t_x - t_c) - (v_x 1.1) \qquad (۲)$$

در رابطه (۲) tc دمای میانگین اتاق ، tx دما در نقطه ای که می خواهیم شاخص را در آنجا حساب کنیم که در این تحقیق دمای هوا در ارتفاع ۱/۱ متر از کف در ناحیه اطراف سر آدمک در نظر گرفته شده است و vx سرعت در نقطه ای که می خواهیم شاخص را در آنجا حساب کنیم، می باشد.

۲-۲-۳ -پارامتر نارضایتی حرارتی موضعی هوا

شاخص های میانگین آراء افراد نسبت به شرایط گرمایی محیط تنها شرایط آسایش حرارتی عمومی را برای بدن پیش بینی می کنند این در حالی است که گاهی احساس سرما یا گرمای موضعی در برخی از نقاط بدن شخص، او را آزار می دهد، به این احساس سرما یا گرمای موضعی و ناخواسته اصطلاحا نارضایتی حرارتی موضعی گفته می شود.

۲-۳-معادلات حاکم

ابتدا معادلات را برای کمیتهای لحظه ای، یعنی کمیت های متوسط بعلاوه کمیت های نوسانی مینویسیم. آنگاه از طرفین هر معادله متوسط گیری زمانی به عمل می آوریم. البته در این رابطه باید به این نکته توجه نمود که چنانچه تساوی برای معادلات لحظه ای برقرار باشد، این تساوی برای متوسط زمانی آن (برای دامنه مشخصی از زمان) نیز برقرار خواهد بود. در نهایت معادلات را ساده سازی کرده تا جایی که کمیت های متوسط زمانی ظاهر گردند [۱۲].

الف- معادله پیوستگی برای جریان آشفته

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0 \qquad (۳)$$

ب- معادله مومنتم برای جریان آشفته

[1] Ansys 16.0
[2] Fluent
[3] Finite Volume
[4] Second Order Upwind
[5] SIMPLE
[6] Mean effective draft temperature (Mean EDTS)

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.4.5.4]

$$u_j \frac{\partial \bar{u}_i}{x_j} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + g_{xi} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left[\frac{\mu_{eff}}{\rho}\left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i}\right) - \overline{u_i' u_j'}\right] \quad (۴)$$

که در این معادله

μ_t : ویسکوزیته توربلانسی، μ_{eff} : ویسکوزیته موثر،
μ_l : ویسکوزیته جریان آرام، ui : مؤلفه سرعت لحظه ای در جهت x_i ،v : لزجت مولکولی، ρ : چگالی سیال، g_i: مؤلفه شتاب ثقل در جهت i ، p: ترم فشار در هر نقطه از سیال می باشند، u_i : مولفه سرعت در جهت i، α : ضریب پخش، T : دما

پ- معادله انرژی برای جریان آشفته

$$\rho c_p u_i \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_i} = k\frac{\partial^2 \bar{T}}{\partial {x_i}^2} + \frac{\partial}{\partial x_i}\left(-\rho c_p \overline{u_i' T'}\right) + S_T \quad (۵)$$

ت- گسسته سازی معادله پیوستگی در جریان آشفته

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial z} = 0 \quad (۶)$$

ث- گسسته سازی معادله مومنتم در جریان آشفته

- گسسته سازی معادله مومنتم در جریان آشفته در جهت X

$$\frac{\partial \bar{u}\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}\bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}\bar{u}}{\partial z}] = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \bar{p}}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left[\frac{\mu_{eff}}{\rho}\left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x}\right)\right] + \frac{\partial}{\partial x}\left(-\overline{u'u'}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(-\overline{u'v'}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(-\overline{u'w'}\right)$$

(۷)

- گسسته سازی معادله مومنتم در جریان آشفته در جهت y

$$\frac{\partial \bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}\bar{v}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}\bar{v}}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \bar{p}}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left[\frac{\mu_{eff}}{\rho}\left(\frac{\partial \bar{v}}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial y}\right)\right] + \frac{\partial}{\partial x}\left(-\overline{v'u'}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(-\overline{v'v'}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(-\overline{v'w'}\right) + g\beta(T - T_\infty) \quad (۸)$$

(i) $\mu_{eff} = \mu_l + \mu_t$

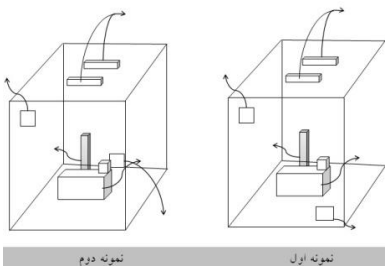
- گسسته سازی معادله مومنتم در جریان آشفته در جهت z

$$\frac{\partial \bar{u}\bar{w}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}\bar{w}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}\bar{w}}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \bar{p}}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left[\frac{\mu_{eff}}{\rho}\left(\frac{\partial \bar{w}}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial z}\right)\right] + \frac{\partial}{\partial x}\left(-\overline{w'u'}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(-\overline{w'v'}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(-\overline{w'w'}\right) \quad (۹)$$

ج- گسسته سازی معادله انرژی در جریان آشفته

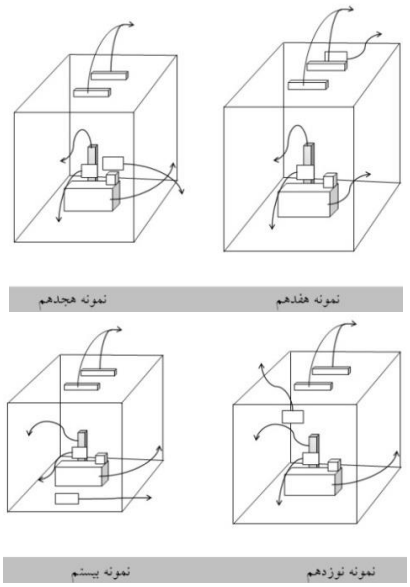
$$\rho c_p\left(u\frac{\partial \bar{T}}{\partial x} + v\frac{\partial \bar{T}}{\partial y} + w\frac{\partial \bar{T}}{\partial z}\right) = k\left(\frac{\partial^2 \bar{T}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{T}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{T}}{\partial z^2}\right) + \frac{\partial}{\partial x}\left(-\rho\overline{u'T'}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(-\rho\overline{v'T'}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(-\rho\overline{w'T'}\right) + S_T \quad (۱۰)$$

در این تحقیق اتاقی به طول ۴، عرض ۳ و ارتفاع ۲/۶ متر در نظر گرفته شده است. در داخل این اتاق دو لامپ مهتابی، یک عدد کامپیوتر و یک انسان که گرمای انتشار یافته از آنها با همدیگر متفاوت و در فصل قبل ذکر شده است قرار دارند. در ادامه شماتیکی از محل استقرار دریچه های ورودی و خروجی کشیده شده است (شکل ۱).



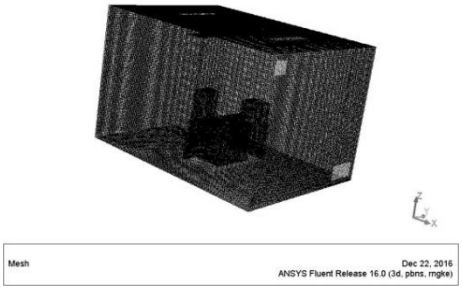
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.4.5.4]



شکل (۱): نمونه اول تا بیستم برای این تحقیق

هندسه های بالا به صورتی شبکه بندی شده است که کاملا منظم و مربعی باشد، تا حل مناسبی را در بر داشته باشد. برای این کار هندسه به بخش های مختلفی تقسیم بندی شده است. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود. شبکه بندی کاملا منظم می باشد.



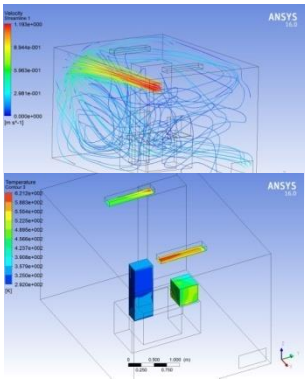
۱. شکل (۲): شبکه بندی مورد استفاده در این پروژه

۳- نتایج و بحث

نمونه اول: در این نمونه ورودی در دیوار روبروی آدمک در بالا در گوشه سمت چپ اتاق قرار دارد و خروجی در همین دیوار در پایین در گوشه سمت راست اتاق قرار دارد . کارایی تهویه در این نمونه ۰/۸ می باشد. علت پایین بودن کارایی تهویه در این نمونه این است که گردش هوا در ناحیه استقرار آدمک نسبت به دیگر نواحی کمتر می باشد.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

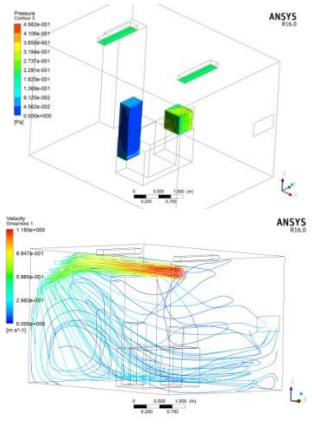
[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.4.5.4]



شکل (۳): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۱

دمای متوسط موثر ۲/۱۴ می باشد که آسایش حرارتی خارج از حد مجاز می باشد ، علت این است که دما در ناحیه استقرار سر آدمک و دمای میانگین اتاق اختلاف زیادی با هم دارند (شکل ۳). در این نمونه با توجه به شکل حرارت ناشی از لامپ بالای کامپیوتر به خوبی تهویه نمی شود. اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۲/۸۸ می باشد که کمتر از ۳ درجه می باشد و در حد مجاز می باشد. علت مثبت شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه سر آدمک کمتر از دما در ناحیه مچ پا آدمک می باشد.

نمونه دوم: در این نمونه ورودی در دیوار روبروی آدمک در بالا در گوشه سمت چپ اتاق قرار دارد و خروجی در همین دیوار در وسط دیوار، در گوشه سمت راست اتاق قرار دارد . کارایی تهویه در این نمونه ۱/۰۳ می باشد. به علت اینکه گردش هوا در ناحیه سر آدمک در این نمونه نسبت به نمونه قبلی بهتر شده است ، کارایی تهویه نسبت به نمونه قبلی کمی بالاتر رفته است (شکل ۴).

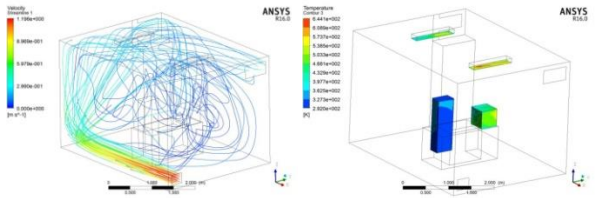


شکل (۴): حرکت جریان هوار و کانتور دما برای نمونه شماره ۲

دمای متوسط موثر ۰/۷۷ می باشد که چون کمتر از ۱/۲ می باشد اسایش حرارتی در حد مطلوب می باشد. با توجه به شکل در این حالت حرارت ناشی از لامپ و کامپیوتر بهتر دفع شده است و دمای میانگین اتاق پایین تر از حالت قبل می باشد. اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۰/۷۲۳ می باشد که کمتر از ۳ درجه می باشد و در حد مجاز می باشد. علت مثبت شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه سر آدمک کمتر از دما در ناحیه مچ پا آدمک می باشد.

نمونه سوم: در ین نمونه ورودی در دیوار روبروی آدمک در پایین در گوشه سمت چپ اتاق قرار دارد و خروجی در همین دیوار در بالای دیوار، در گوشه سمت راست اتاق قرار دارد(شکل ۵). کارایی تهویه در این نمونه ۱/۱۵ می باشد ، در این نمونه نیز کارایی تهویه نسبت به ۲ نمونه قبلی بهتر شده است، که علت گردش هوا در ناحیه سر آدمک می باشد.دمای متوسط موثر ۰/۱۶ می باشد که چون کمتر از ۱/۲ می باشد نشان دهنده آسایش حرارتی خوب می باشد. در این حالت باتوجه به اینکه خروجی در بالا قرار دارد ، حرارت مربوط به لامپ ها بهتر دفع شده است و دمای خروجی کمی بالاتر رفته است و کارایی تهویه بهتر شده است. اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۱/۵۸۵- می باشد که کمتر از ۳ درجه می باشد و در حد مجاز می باشد. علت منفی شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه پا آدمک کمتر از دما در ناحیه سر آدمک می باشد.

نمونه چهارم: در این نمونه ورودی در دیوار روبروی آدمک در پایین در گوشه سمت چپ اتاق قرار دارد و خروجی در همین دیوار در وسط دیوار، در گوشه سمت راست اتاق قرار دارد(شکل ۶).

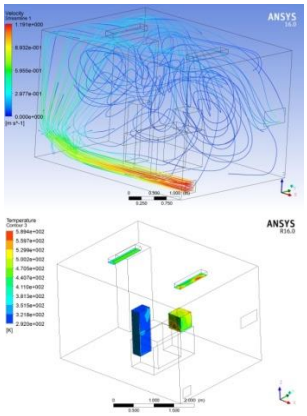


شکل (۵): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۳

کارایی تهویه در این نمونه ۱/۲۲ می باشد، در این نمونه نیز کارایی تهویه نسبت به نمونه های قبلی بهتر شده است، که علت گردش هوا در ناحیه سر آدمک می باشد. دمای متوسط موثر ۱/۴۶ می باشد که چون بیشتر از ۱/۲ می باشد، آسایش حرارتی در محدوده غیر مجاز می باشد می باشد. در این نمونه به دلیل اینکه خروجی در وسط قرار دارد دمای خروجی از حالت قبلی کمتر شده است و دمای میانگین مقداری بالاتر رفته است. چون دمای میانگین بالاتر رفته است دمای متوسط موثر نیز بالاتر رفته است. در این نمونه شار حرارتی مربوط به لامپی که بالای قفسه کتابها قرار دارد بهتر دفع شده و خنک تر می باشد. اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۳/۳۹- می باشد که بیشتر از ۳ درجه می باشد و در حد مجاز نمی باشد. . علت منفی شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه پا آدمک کمتر از دما در ناحیه سر آدمک می باشد.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

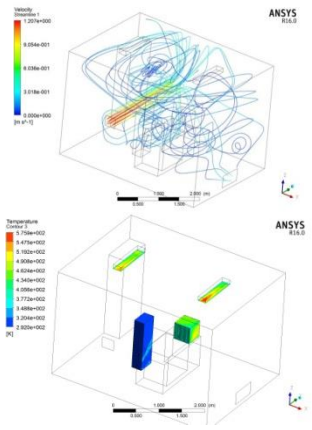
[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.4.5.4]



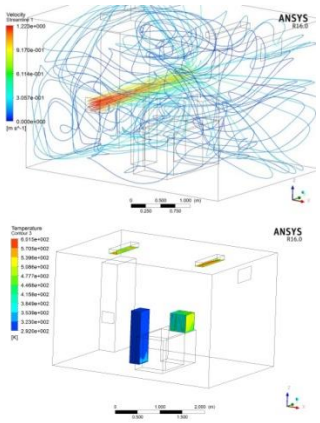
شکل (۶): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۴

نمونه پنجم: در این نمونه ورودی در دیوار سمت راست آدمک در وسط دیوار قرار دارد و خروجی در دیوار روبروی آدمک در پایین دیوار قرار دارد . کارایی تهویه در این نمونه ۱/۸۸ می باشد. دمای متوسط موثر ۰/۲۸ می باشد که چون کمتر از ۰/۶ می باشد نشان دهنده آسایش حرارتی خوب می باشد. با توجه به شکل گردش جریان هوا در ناحیه لامپ بالای قفسه کتابها بهتر از لامپ دیگر می باشد و حرارت مربوط به شار حرارتی آن بهتر دفع می شود.اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۱/۶۳ می باشد که کمتر از ۳ درجه می باشد و در حد مجاز می باشد. علت مثبت شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه سر آدمک کمتر از دما در ناحیه مچ پا آدمک می باشد (شکل ۷)..

نمونه ششم: در این نمونه ورودی در دیوار سمت راست آدمک در وسط دیوار قرار دارد و خروجی در دیوار روبروی آدمک در بالای دیوار قرار دارد (شکل ۸). کارایی تهویه در این نمونه ۲/۲۸ می باشد. دمای متوسط موثر ۱/۴۳ می باشد که چون بزرگتر از ۱/۲ می باشد، آسایش حرارتی در حد غیرمجاز می باشد. با توجه به شکل به علت قرار گرفتن خروجی در بالا دمای خروجی کمی بالاتر رفته و کارایی تهویه نیز بیشتر شده است به علت تجمع حرارت ناشی از کامپیوتر و آدم در بالا و عدم تهویه مناسب لامپ بالای کامپیوتر ، اختلاف دمای میانگین اتاق با دمای ناحیه تنفسی زیاد شده و بنابراین متوسط دمای موثر هوا افزایش پیدا می کند.



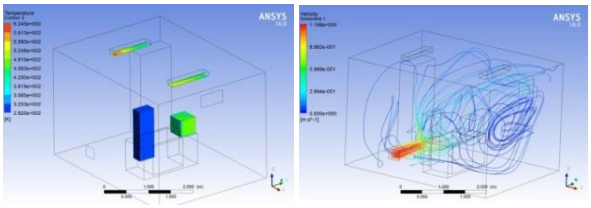
شکل (۷): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۵



شکل (۸): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۶

اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۲/۳۹۹ می باشد که کمتر از ۳ درجه می باشد و در حد مجاز می باشد. علت مثبت شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه سر آدمک کمتر از دما در ناحیه مچ پا آدمک می باشد.

نمونه هفتم: در این نمونه ورودی در دیوار سمت راست آدمک در پایین دیوار قرار دارد و خروجی در دیوار روبروی آدمک در بالای دیوار قرار دارد . کارایی تهویه در این نمونه ۱/۰۹ می باشد (شکل ۹). علت پایین بودن کارایی تهویه ، عدم گردش مناسب هوا در ناحیه سر آدمک می باشد. دمای متوسط موثر ۰/۲ می باشد که نشان دهنده آسایش حرارتی خوب می باشد با توجه به شکل حرارت مربوط به شار حرارتی لامپ بالای قفسه کتابها نسبت به لامپ دیگر و کامپیوتر به خوبی دفع نشده است ، این وضعیت در هر دو شکل مربوط به کانتور دما و بردار جریان مشهود می باشد.اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۲/۹۹۸- می باشد که تقریبا برابر با ۳ درجه می باشد و در محدوده غیر مجاز قرار دارد. علت منفی شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه مچ پا آدمک کمتر از دما در ناحیه سر آدمک می باشد.



شکل (۹): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۷

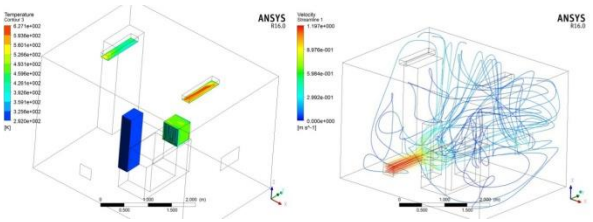
نمونه هشتم: در این نمونه ورودی در دیوار سمت راست آدمک در پایین دیوار قرار دارد و خروجی در دیوار روبروی آدمک در وسط دیوار قرار دارد(شکل ۱۰). کارایی تهویه در این نمونه ۱/۲۶ می باشد. متوسط دمای موثر هوا ۰/۶۵ می باشد که چون کوچکتر از ۱/۲ می باشد ، نشان دهنده آسایش حرارتی رضایت بخش می باشد. با توجه به شکل به علت

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.4.5.4]

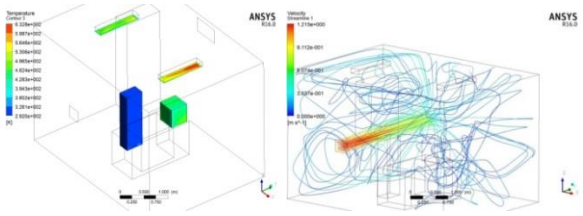
عدم گردش مناسب جریان هوا در ناحیه لامپ بالای کامپیوتر حرارت ناشی از شار حرارتی تولیدی بوسیله لامپ بالای کامپیوتر بخوبی دفع نمی شود و از حرارت بیشتر در این ناحیه نسبت به جاهای دیگر برخوردار می باشد.اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۳/۷۶۳- می باشد که چون بیشتر از ۳ درجه می باشد ،در محدوده غیر مجاز قرار دارد. علت منفی شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه مچ پا آدمک کمتر از دما در ناحیه سر آدمک می باشد

نمونه نهم: در این نمونه ورودی در دیوار سمت راست آدمک روبروی سر آدمک قرار دارد و خروجی در دیوار سمت چپ آدمک در بالای دیوار قرار دارد . کارایی تهویه در این نمونه ۱/۴۶ می باشد (شکل ۱۱). متوسط دمای موثر هوا ۰/۷۴ می باشد که چون کوچکتر از ۱/۲ می باشد ، نشان دهنده آسایش حرارتی رضایت بخش می باشد. با توجه به شکل گردش جریان هوا در ناحیه کامپیوتر و لامپ بالای قفسه کتابها بیشتر است و در ناحیه لامپ بالای کامپیوتر کمتر است و حرارت ناشی از شار حرارتی لامپ بالای کامپیوتر بخوبی دفع نشده است و حرارت در این قسمت نسبت به جاهای دیگر اتاق بیشتر است.اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۲/۹۸ می باشد که کمی کمتر از ۳ درجه می باشد و در حد مجاز می باشد. علت مثبت شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه سر آدمک کمتر از دما در ناحیه مچ پا آدمک می باشد.



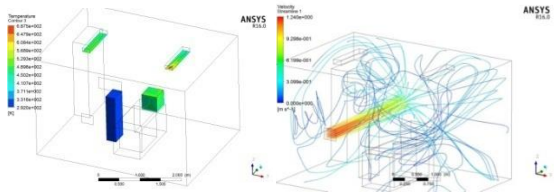
شکل (۱۰): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۸

نمونه دهم: در این نمونه ورودی در دیوار سمت راست آدمک روبروی سر آدمک قرار دارد و خروجی در همان دیوار سمت راست آدمک در بالای دیوار قرار دارد (شکل ۱۲). کارایی تهویه در این نمونه ۱/۷۹ می باشد. متوسط دمای موثر هوا ۰/۴۹ می باشد که چون کوچکتر از ۰/۶ می باشد ، نشان دهنده آسایش حرارتی خوب می باشد. با توجه به شکل گردش جریان هوا در ناحیه کامپیوتر و لامپ بالای قفسه کتابها بیشتر است و در ناحیه لامپ بالای کامپیوتر کمتر است و حرارت ناشی از شار حرارتی این لامپ در گوشه انتهایی لامپ بخوبی دفع نشده است و حرارت در این قسمت نسبت به جاهای دیگر اتاق بیشتر است. اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۱/۶۲۵ می باشد که کمتر از ۳ درجه می باشد و در حد مجاز می باشد. علت مثبت شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه سر آدمک کمتر از دما در ناحیه مچ پا آدمک می باشد

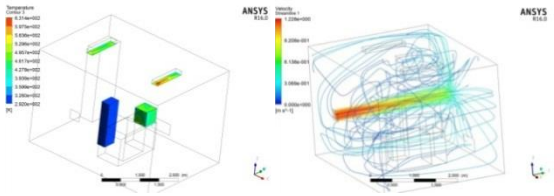


شکل (۱۱): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۹

نمونه یازدهم: در این نمونه ورودی در دیوار سمت راست آدمک روبروی سر آدمک قرار دارد و خروجی در دیوار سمت چپ آدمک در پایین دیوار قرار دارد . کارایی تهویه در این نمونه ۱/۷۲ می باشد(شکل ۱۳). متوسط دمای موثر هوا ۰/۳۳ می باشد که چون کوچکتر از ۰/۶ می باشد ، نشان دهنده آسایش حرارتی خوب می باشد. . با توجه به شکل گردش جریان هوا در ناحیه کامپیوتر وقفسه کتابها و لامپ بالای آن بیشتر است و در ناحیه لامپ بالای کامپیوتر کمتر است و حرارت ناشی از شار حرارتی این لامپ بخوبی دفع نشده است و این عمل باعث می شود که دمای خروجی نسبت به حالت قبل کمی پایین تر بیاید و دمای میانگین افزایش پیدا بکند. اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۲/۲۵۷ می باشد که چون کمتر از ۳ درجه می باشد ، در حد مجاز می باشد. علت مثبت شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه سر آدمک کمتر از دما در ناحیه مچ پا آدمک می باشد.



شکل (۱۲): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۱۰



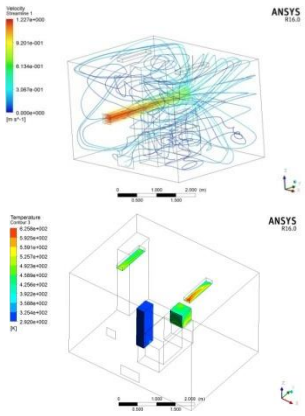
شکل (۱۳): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۱۱

نمونه دوازدهم: در این نمونه ورودی در دیوار سمت راست آدمک روبروی سر آدمک قرار دارد و خروجی در همان دیوار سمت راست آدمک در پایین دیوار قرار دارد . کارایی تهویه در این نمونه ۱/۸۵ می باشد (شکل ۱۴). متوسط دمای موثر هوا ۰/۵۶ می باشد که چون کوچکتر از ۰/۶ می باشد ، نشان دهنده آسایش حرارتی خوب می باشد. . با توجه به شکل گردش جریان هوا در ناحیه کامپیوتر وقفسه کتابها و لامپ بالای آن بیشتر است و در ناحیه لامپ بالای کامپیوتر کمتر است و حرارت ناشی از شار حرارتی این لامپ بخوبی دفع نشده است . در این نمونه نسبت به حالتی که خروجی در همان دیوار در بالا قرار دارد دمای خروجی پایین تر می

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

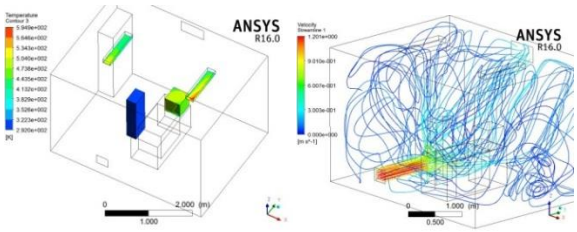
[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.4.5.4]

باشد ولی کارایی تهویه بیشتر شده است علت این است که هرچند دمای خروجی کاهش پیدا کرده است ولی میانگین دمای ناحیه تنفسی افزایش پیدا کرده است . اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۱/۷ می باشد که چون کمتر از ۳ درجه می باشد ، در حد مجاز می باشد. علت مثبت شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه سر آدمک کمتر از دما در ناحیه مچ پا آدمک می باشد.



شکل (۱۴): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۱۲

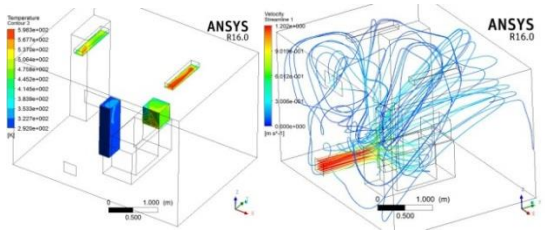
نمونه سیزدهم: در این نمونه ورودی در دیوار سمت راست آدمک در پایین دیوار قرار دارد و خروجی در دیوار سمت چپ آدمک در بالای دیوار قرار دارد . کارایی تهویه در این نمونه ۰/۸۳ می باشد(شکل ۱۵). متوسط دمای موثر هوا ۰/۶۸ می باشد که چون کوچکتر از ۱/۲ می باشد ، نشان دهنده آسایش حرارتی مطلوب می باشد. با توجه به شکل گردش جریان هوا در ناحیه آدمک، کامپیوتر وقفسه کتابها و لامپ بالای آن بیشتر است و در ناحیه لامپ بالای کامپیوتر کمتر است و حرارت ناشی از شار حرارتی این لامپ کمتر از بقیه قسمتها دفع شده است . اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۳/۱۴۷- می باشد که چون بیشتر از ۳ درجه می باشد ،در محدوده غیر مجاز قرار دارد. علت منفی شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه مچ پا آدمک کمتر از دما در ناحیه سر آدمک می باشد.



شکل (۱۵): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۱۳

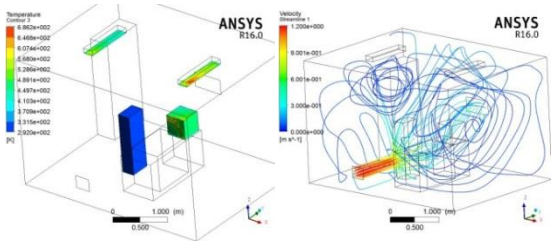
نمونه چهاردهم: در این نمونه ورودی در دیوار سمت راست آدمک در پایین دیوار قرار دارد و خروجی درهمان دیوار سمت راست آدمک در بالای دیوار قرار دارد . کارایی تهویه در این نمونه ۱/۰۹ می باشد که نسبت به حالتی که دریچه خروجی در دیوار روبروی ورودی قرار دارد بیشتر شده است. متوسط دمای موثر هوا ۱/۲۳ می باشد که چون بزرگتر از ۱/۲ می باشد ، نشان دهنده آسایش حرارتی در حد غیر مجاز می باشد.علت این است که سرعت هوا در ناحیه مورد بررسی پایین می باشد و همچنین با توجه به شکل گردش جریان هوا ، حرارت ناشی از لامپی که بالای کامپیوتر قرار دارد بخوبی دفع نمی شود و گردش جریان هوا در این ناحیه کم می باشد و تهویه اتاق در این ناحیه بخوبی صورت نمی گیرد. اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۳/۲۹۹- می باشد که چون بیشتر از ۳ درجه می باشد ،در محدوده غیر مجاز قرار دارد. علت منفی شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه مچ پا آدمک کمتر از دما در ناحیه سر آدمک می باشد. (شکل ۱۶).

نمونه پانزدهم: در این نمونه ورودی در دیوار سمت راست آدمک در پایین دیوار قرار دارد و خروجی در دیوار سمت چپ آدمک روبروی کامپیوتر در وسط قرار دارد . کارایی تهویه در این نمونه ۰/۸۱ می باشد. متوسط دمای موثر هوا ۰/۵۴ می باشد که چون کوچکتر از ۰/۶ می باشد در حد مجاز قرار دارد. با توجه به شکل گردش جریان هوا در ناحیه آدمک، کامپیوتر وقفسه کتابها و لامپ بالای آن بیشتر است و در ناحیه لامپ بالای کامپیوتر کمتر است و حرارت ناشی از شار حرارتی این لامپ کمتر از بقیه قسمتها دفع شده است (شکل ۱۷). اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۴/۲۶۴- می باشد که چون بیشتر از ۳ درجه می باشد ،در محدوده غیر مجاز قرار ندارد. علت منفی شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه مچ پا آدمک کمتر از دما در ناحیه سر آدمک می باشد



شکل (۱۶): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۱۴

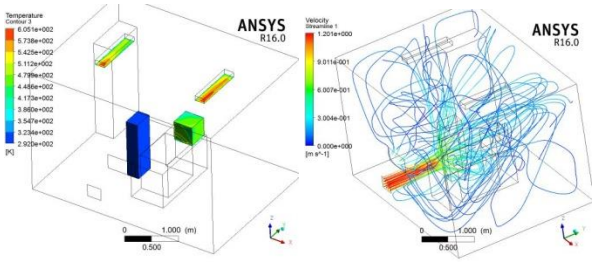
نمونه شانزدهم: در این نمونه ورودی در دیوار سمت راست آدمک در پایین دیوار قرار دارد و خروجی در همان دیوار سمت راست آدمک روبروی کامپیوتر در وسط قرار دارد (شکل ۱۸).



شکل (۱۷): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۱۵

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.4.5.4]

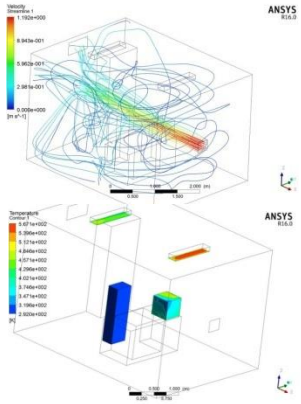


شکل (۱۸): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۱۶

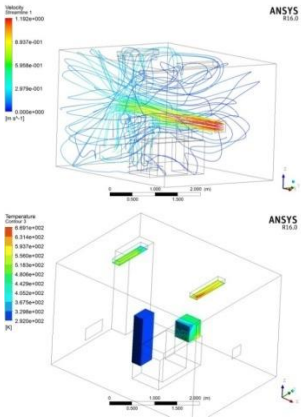
کارایی تهویه در این نمونه ۱/۱۹ می باشد. متوسط دمای موثر هوا ۱/۰۷ می باشد که چون کوچکتر از ۱/۲ می باشد در حد مجاز قرار دارد. با توجه به شکل گردش جریان هوا در سمت چپ اتاق بیشتر از سمت راست اتاق می باشد. در این نمونه آدم ، کامپیوتر و لامپ بالای قفسه کتابها بخوبی تهویه شده اند و حرارت آنها دفع شده است ولی لامپ بالای کامپیوتر نسبت به دیگر قسمتها خوب تهویه نشده است و گردش جریان هوا در این قسمت کند است. اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۱/۶۵۲- می باشد که چون کوچکتر از ۳ درجه می باشد ،در محدوده مجاز قرار دارد. علت منفی شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه مچ پا آدمک کمتر از دما در ناحیه سر آدمک می باشد.

نمونه هفدهم: در این نمونه ورودی در دیوار روبروی آدمک در وسط دیوار قرار دارد و خروجی در دیوار پشت سر آدمک در بالای دیوار قرار دارد. کارایی تهویه در این نمونه ۱/۶۱ می باشد (شکل۱۹). متوسط دمای موثر هوا ۱/۳۱۱ می باشد که چون بزرگتر از ۱/۲ می باشد در حد غیر مجاز قرار دارد . با توجه به شکل گردش جریان هوا در ناحیه لامپ بالای کامپیوتر و قسمتی از بدنه کامپیوتر کم می باشد، که این مسئله در کانتور دما مربوط به این قسمتها مشهود می باشد. رنگ لامپ کاملا نارنجی می باشد و قسمتی از کامپیوتر نیز به رنگ زرد است یعنی شار حرارتی این قسمتها بخوبی از اتاق دفع نمی شود، بنابرای این نمونه از متوسط دمای موثر بالاتری برخوردار است. اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۳/۴۶۶ می باشد که چون بزرگتر از ۳ درجه می باشد ،در محدوده مجاز قرار ندارد. . علت مثبت شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه سر آدمک کمتر از دما در ناحیه مچ پا آدمک می باشد.

نمونه هجدهم: در این نمونه ورودی در دیوار روبروی آدمک در وسط دیوار قرار دارد و خروجی در دیوار پشت سر آدمک در پایین دیوار قرار دارد. کارایی تهویه در این نمونه ۱/۵۶ می باشد (شکل ۲۰). متوسط دمای موثر هوا ۱/۱ می باشد که چون کوچکتر از ۱/۲ می باشد در محدوده مجاز قرار دارد . با توجه به شکل گردش جریان هوا در ناحیه لامپ بالای کامپیوتر کمتر از بقیه قسمت ها می باشد، در کانتور دما نیز فقط لامپ بالای کامپیوتر در حد مطلوبی تهویه نشده و بقیه قسمتها بخوبی تهویه شده اند و تنها این قسمت از دمای بالاتری برخوردار است. اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۳/۱۴۶۶ می باشد که چون بزرگتر از ۳ درجه می باشد ،در محدوده مجاز قرار ندارد. . علت مثبت شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه سر آدمک کمتر از دما در ناحیه مچ پا آدمک می باشد.



شکل (۱۹) حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۱۷



شکل (۲۰): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۱۸

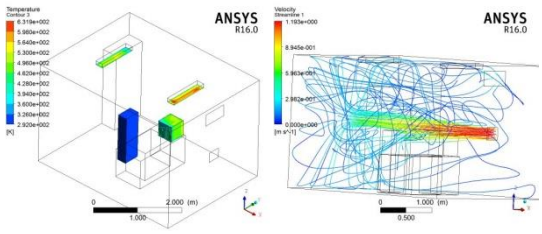
نمونه نوزدهم: در این نمونه ورودی در دیوار روبروی آدمک در وسط دیوار قرار دارد و خروجی در همان دیوار روبروی آدمک در بالای دیوار قرار دارد. کارایی تهویه در این نمونه ۲/۳۶ می باشد (شکل۲۱). متوسط دمای موثر هوا ۱/۰۰۷ می باشد که چون کوچکتر از ۱/۲ می باشد،شرایط آسایش حرارتی در حد مطلوب قرار دارد.با توجه به شکل گردش جریان هوا در ناحیه کامپیوتر ،آدمک و لامپ بالای قفسه کتابها بیشتر از بقیه قسمتها است. در این نمونه نیز گردش جریان هوا در ناحیه لامپ بالای کامپیوتر کم می باشد و با توجه به کانتور دما مشاهده می شود که این قسمت کمتر از بقیه قسمتها تهویه شده است. اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۲/۴۹ می باشد که چون کوچکتر از ۳ درجه می باشد ،در محدوده مجاز قرار دارد. . علت مثبت شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه سر آدمک کمتر از دما در ناحیه مچ پا آدمک می باشد.

نمونه بیستم: در این نمونه ورودی در دیوار روبروی آدمک در وسط دیوار قرار دارد و خروجی در همان دیوار روبروی آدمک در پایین دیوار قرار دارد. کارایی تهویه در این نمونه ۲/۰۹ می باشد (شکل ۲۲). متوسط دمای موثر هوا ۱/۲۲ می باشد که چون بزرگتر از ۱/۲ می باشد، شرایط آسایش حرارتی در محدوده غیر مجاز قرار دارد.با توجه به شکل گردش جریان هوا

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

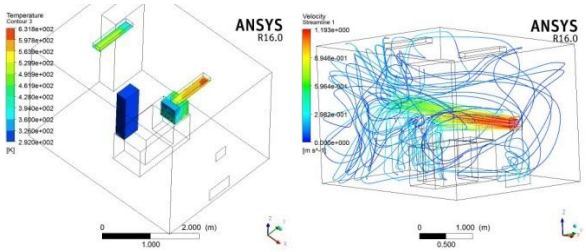
[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.4.5.4]

در ناحیه کامپیوتر ،آدمک و لامپ بالای قفسه کتابها بیشتر از بقیه قسمتها است. در این نمونه نیز



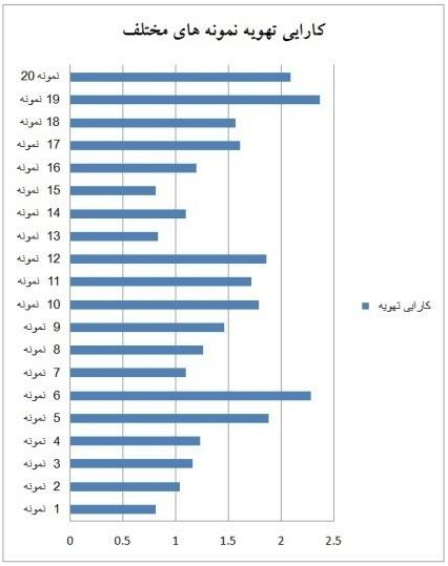
شکل (۲۱): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۱۹

گردش جریان هوا در ناحیه لامپ بالای کامپیوتر کم می باشد و با توجه به کانتور دما مشاهده می شود که این قسمت بخوبی تهویه نشده است. اختلاف دمای بین ناحیه سر آدمک و مچ پا آدمک ۲/۵۱۹ می باشد که چون کوچکتر از ۳ درجه می باشد ،در محدوده مجاز قرار دارد. . علت مثبت شدن اختلاف دما ، این است که دما در ناحیه سر آدمک کمتر از دما در ناحیه مچ پا آدمک می باشد.

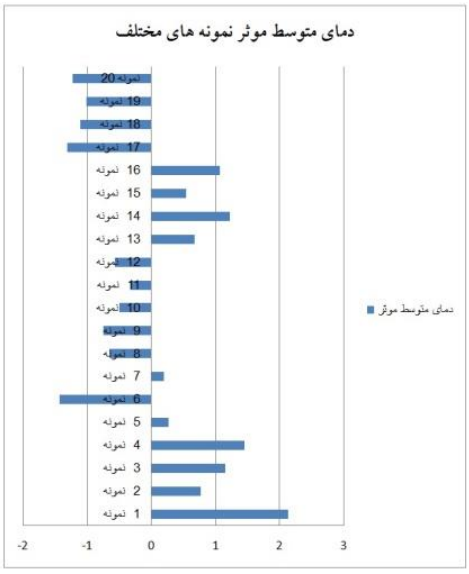


شکل (۲۲): حرکت جریان هوا و کانتور دما برای نمونه شماره ۲۰

با توجه به شکل ۲۵ مشاهده می شود که با افزایش مساحت کارایی تهویه کاهش پیدا می کند این کاهش کارایی برای مساحت ۱۲ متر مربع تا ۱۶ متر مربع نسبت به ۱۶ متر مربع تا ۲۰ متر مربع اختلاف بیشتری دارد. با توجه به شکل ۲۶ در دبی ۰/۰۴۵ متر مکعب بر ثانیه نمودار دمای میانگین برای اتاق با مساحتهای ۱۲،۱۶،۲۰ متر مکعب بر ثانیه اختلاف کمی با هم دارند ولی با افزایش دبی به ۰/۰۸۹ و ۰/۱۳۳ متر مکعب بر ثانیه، نمودار از هم فاصله گرفته اختلاف بیشتری پیدا می کنند همچنین مشاهده می شود که نمودار از دبی ۰/۰۴۵ تا ۰/۰۸۹ متر مکعب بر ثانیه دارای شیب تندی می باشد ولی از دبی ۰/۰۸۹ تا ۰/۱۳۳ شیب نمودار ملایم تر شده یعنی با افزایش دبی، کاهش دمای میانگین با شدت کمتری صورت می گیرد



شکل (۲۳): کارایی تهویه برای نمونه های مختلف



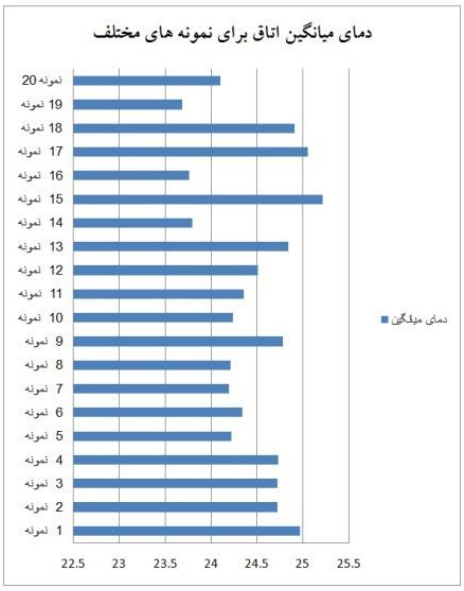
شکل (۲۴): دمای متوسط موثر برای نمونه های مختلف

۴- نتیجه گیری

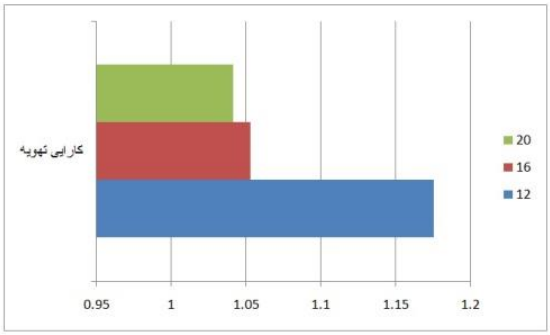
دراین تحقیق سه معیار مقایسه را برای این شبیه سازی مورد ارزیابی قرار گرفتند که عبارتند از کارایی تهویه، دمای متوسط موثر و گرادیا عمودی دما و در انتها دمای میانگین اتاق را نیز برای نمونه های مختلف مورد بررسی قرار دادیم که به نتایج زیر دست پیدا کردیم. در مورد پارامتر دمای متوسط موثر که بر این اصل استوار است که دمای محل مورد بررسی نباید اختلاف زیادی با دمای میانگین اتاق داشته باشد ، نمونه های شماره ۱ ، ۴ ، ۶ ، ۱۴ ، ۱۷ خارج از محدوده مجاز قرار گرفتند و واجد شرایط آسایش حرارتی مطلوبی نمی باشند.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

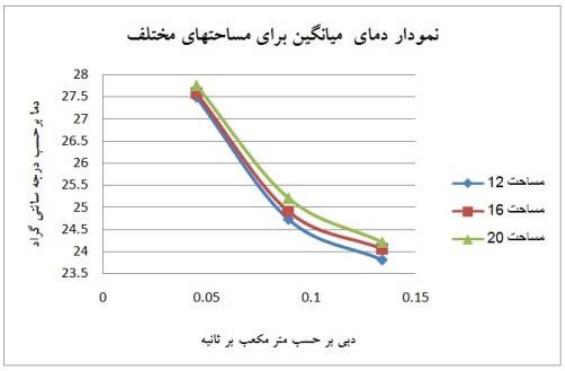
[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.4.5.4]



شکل (۲۵): دمای میانگین اتاق برای نمونه های مختلف



شکل (۲۶): کارایی تهویه برای مساحتهای مختلف



شکل (۲۷): دمای میانگین اتاق برای مساحتهای مخبلف بر حسب دبی های مختلف

از لحاظ معیار گرادیان عمودی دما که بر این اصل استوار است اختلاف دمای بین مچ پا و سر آدمک در حالت نشسته نباید اختلاف زیادی (کمتر از ۳ درجه سانتی گراد) وجود داشته باشد ، نمونه های شماره ۴ ، ۷ ، ۱۳ ، ۱۴ ، ۱۵ ، ۱۷ ، ۱۸ خارج از محدوده مجاز می باشند و واجد شرایط نمی باشند. ازلحاظ معیار کارایی تهویه که بر این اصل استوار است که هر چقدر اختلاف دمای خروجی با دمای ورودی نسبت به دمای منطقه مورد محاسبه با دمای ورودی مقدار بیشتری باشد ، شرایط تهویه بهتری برقرار می باشد. در نتیجه از لحاظ کارایی تهویه نمونه شماره ۱۹ بهترین کارایی را دارا می باشد.

فهرست علایم

tin دمای هوایی ورودی
tout دمای هوای خروجی
tbz دمای هوا در ناحیه استنشاقی
tc دمای میانگین اتاق
tx دما در نقطه ای که شاخص در آنجا حساب می شود
μ_t ویسکوزیته توربلانسی
μ_{eff} یسکوزیته موثر
μ_l ویسکوزیته جریان آرام،
ui مؤلفه سرعت لحظه ای در جهت x_i
ν لزجت مولکولی
ρ چگالی سیال،
g_i مؤلفه شتاب ثقل در جهت i ،
p ترم فشار در هر نقطه از سیال می باشند،
u_i مولفه سرعت در جهت i
α ضریب پخش
T دما

مراجع

[1] Khamporna, N., Chaiyapinuntb, S.,"An Investigation on the Human Thermal Comfort from a Glass Window", Engineering Journal,Vol. 18, No. 1, .2014.

[2] Chen, Q.,"Comparison of different k–3 models for indoor airflow computations". Numerical. Heat Transfer, Vol. 28, pp. 353–69, 1995.

[3] Wyon, ,D. P., "The effects of indoor air quality on performance and Productivity", Indoor Air, Vol. 14, No. 7, pp. 92-101, 2004.

[4] Alajmi, A., El-Amer, W., "saving energy by using underfloor-airdistribution(UFAD) systems in commercial buildings", Energy Conversion. and Management, Vo 1. 51, pp. 1637-1642. 2010.

[5] Morovat, N.," Analysis of Thermal Comfort, Air Quality and Energy Consumption in a Hybrid System of the Hydronic Radiant Cooling and Stratum Ventilation", M. Sc. Thesis, Department of Mechanical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran,. (In Persian). 2013

[6] Moderate Thermal Environments–Determination of the PMV and PPD Indices and Specification Of The Conditions For Thermal Comfort, ISO 7730, 1995.

[7] Hinze, J., O., "Turbulence. McGraw-Hill", Publishing Co., New York,. 1975.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.4.5.4]

[8] Khorasanizadeh, H., Sheikhzadeh, G., A., Sabonchi, Botshekan , A., R., H., “Study and comparison of effects of ceiling and wall radiant cooling panels on temperature and velocity distributions and heat transfer in a room”. Vol. 13, No. 9, pp. 149-160, ۲۰۱۴.

[9] Fanger, P., O., “What is IAQ?”, Indoor Air, Vol. 16, No. 5, pp. 328-334. 2006.

[10] Maerefat, M., Zolfaghari, A., Omidvar, A.,” On the conformity of floor heating systems with sleeping in the eastern-style beds; physiological responses and thermal comfort assessment”, Building and Environment, Vol. 47, pp. 322-329. 2012.

[11]Lin, Z., Chow, T., T., Fong, K., F., Tsang, C., F., Wang, Q., ”Comparison of performances of displacement and mixing ventilations”. Part II: indoor air quality, International Journal of Refrigeration, Vol. 28, pp. 288-305. 2005.

[12]Beausoleil M., I., "The adaptive coupling of heat and air flow modeling within dynamic whole-building simulation”, Energy Systems Research Unit, Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, United Kingdom, 200

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.4.5.4]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.4.5.4]
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]