بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای چمران نوروزی پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان تحلیل اثر نفوذ هوا از طریق درزهای در و پنجره به فضای اقامتی بر کیفیت هوای داخل** در تاریخ ١٣٨٩/٨/١٦ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر مهدی معرفت	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر قاسم حیدری نژاد	استاد	
استاد ناظر	دکتر بهزاد قدیری دهکردی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر امیر امیدوار	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر بهزاد قدیری دهکردی	استادیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تایید است.

امضای استاد راهنما

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی است که در سال ۱۳۸۹در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر مهدی معرفت از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب چمران نوروزی دانشجوی رشته مهندسی مکانیک – تبدیل انرژی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: چمران نوروزی

تاریخ و امضا:

۱۳۸۹/۸/۲۲

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی : چمران نوروزی

امضاء

۱۳۸۹/۸/۲۲

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک– تبدیل انرژی

تحلیل اثر نفوذ هوا از طریق درزهای در و پنجره به فضای اقامتی بر کیفیت هوای داخل

چمران نوروزی

استاد راهنما :
دکتر مهدی معرفت

پاییز ۱۳۸۹

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است . به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند .....

... تقدیم به پدر و مادرم

و با تمام عشق و وجودم تقدیم می کنم به .....

...همسر مهربانم

با تشکر فراوان از زحمات جناب آقای دکتر مهدی معرفت که با راهنمایی های ارزشمندشان در انجام این پایان‌نامه مرا یاری نمودند

و با سپاس بی شمار از جناب آقای دکتر علیرضا ذوالفقاری و دوستان آزمایشگاه انتقال حرارت که همواره همراه و مشوقم بوده اند

سپاس خداوندی را که اوّل است و قبل از او اوّلی نبوده و آخر است و بعد از او آخری وجود ندارد. آن که دیده‌ی بینایان از رؤیتش ناتوان است و اندیشه‌ی توصیف کنندگان از وصفش عاجز. حمد و ستایش خدایی را سزاست که خویشتن را به ما شناسانید و شکر و سپاس خود را به ما الهام نمود و درهای شناخت ربوبیّت و پروردگاری‌اش را بر ما گشود و بر اخلاص در توحید و یگانگی‌اش راهنمایی فرمود و از عدول و کجروی و الحّاد و شک و دودلی در امر خود دورمان کرد. چنان سپاسی که با آن، بین سپاسگزارانش زندگی کنیم و با آن سپاس از هر کسی که به خشنودی و گذشت خداوند پیش افتاده، سبقت گیریم.

و سپاس خدایی را که نیکویی‌های آفرینش را برای ما برگزید و روزی‌های پاکیزه را برای ما روان گردانید و ما را با توانایی و تسلّط بر همه‌ی آفریدگان برتری داد و از این رو به قدرت و توانایی او، همه‌ی مخلوقاتش فرمانبر ما بوده و به نیروی او به اطاعت ما در می‌آیند.

و سپاس خدایی را سزاست که در نیازمندی را جز به سوی خود بر ما بست، پس چگونه بر سپاس او توانایی داریم؛ یا کی توانیم حمدش را به جای آوریم؛ نمی‌توانیم، کی توانیم؛

گزیده‌هایی از صحیفه‌ی سجّادیه

چکیده

استفاده از بخاری‌های گاز سوز و نفت سوز در ایران بخصوص در فضاهای مسکونی رواج زیادی دارد. در حین استفاده از این وسایل، بروز مشکلاتی همچون احتراق ناقص، گرفتگی یا نشت دودکش و نیز بی‌توجهی به برخی نکات مهم و عدم اطلاع از نحوه‌ی استفاده‌ی صحیح از آن‌ها، می‌توانند مرگبار باشد. دلیل اصلی بروز چنین حوادثی، درزبندی کامل ساختمان و عدم تأمین هوای تازه به منظور تأمین اکسیژن لازم برای احتراق و همچنین زدودن آلاینده‌ها از چنین فضاهایی می‌باشد. در این پایان‌نامه با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) به بررسی و تحلیل اثر نفوذ هوا از درزهای در و پنجره به فضای اقامتی همزمان با کارکرد وسایل احتراقی درون ساختمان بر کیفیت هوای داخل پرداخته شده است. به منظور شبیه‌سازی میدان‌های دما، سرعت و آلاینده‌ها، از نرم‌افزار Airpak استفاده شده است. از آنجایی که گاز CO_2 یکی از محصولات جانبی حاصل از احتراق (۹ تا ۱۳ درصد حجمی) و همچنین یکی از گازهای تولیدی در اثر فعالیت‌های متابولیکی انسان است، از غلظت این گاز به عنوان شاخصی جهت بررسی کیفیت هوای داخل استفاده شده است. افزایش غلظت CO_2 در اتاق، همچنین نشان دهنده‌ی ناتوانی سیستم تهویه در زدودن آلاینده‌های خطرناک‌تر تولید شده از فرآیند احتراق مانند CO و NO_x می‌باشد. به طور کلی، هدف از انجام این پژوهش، ارائه‌ی پیشنهادهای کاربردی و طراحی معماری مناسب با ارزیابی تأثیر پارامترهای مختلف بر کیفیت و تهویه‌ی هوای داخل است. برای این منظور، جانمایی مناسب وسایل احتراقی، تعبیه و جانمایی مناسب دریچه‌ی خروجی هوا، عایقکاری جداره‌ی خارجی ساختمان و مشخصات هوای نفوذی از طریق درزهای در و پنجره، به عنوان اصلی‌ترین پارامترهای طراحی انتخاب شده‌اند. نتایج حاکی از آن است که نیروهای شناوری ناشی از منابع حرارتی، همانند سیستم‌های تهویه‌ی جابجایی، گرما و آلاینده‌ها را به قسمت‌های فوقانی اتاق جابه‌جا کرده و باعث پیدایش الگوی جریان لایه‌ای می‌شود. لذا، در جانمایی‌های مختلف دریچه‌ی خروجی و بخاری، امکان استفاده از الگوی جریان لایه‌ای به عنوان استراتژی اصلی کنترل کیفیت هوا، به منظور تعیین محل مناسب نصب آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین، نتایج حاصل نشان داد که توانایی نفوذ هوا در بهبود کیفیت هوای داخل به عملکرد و بازدهی وسایل احتراقی، دمای هوای نفوذی، نرخ تولید حرارت در فضا و جانمایی تجهیزات داخلی بستگی دارد.

کلید واژه : کیفیت هوای داخل، نفوذ هوا، وسایل احتراقی، تهویه‌ی جابجایی، غلظت دی‌اکسیدکربن

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... ج
فهرست جدول‌ها ..... ه
فهرست شکل‌ها ..... و

فصل ۱- مقدمه و تاریخچه ۱
۱-۱- پیشگفتار ۱
۱-۲- مروری بر مطالعات گذشته ۴
۱-۳- معرفی تحقیق حاضر ۷

فصل ۲- کیفیت هوای داخل و تهویه‌ی هوا ۹
۲-۱- کیفیت هوای داخل ۹
۲-۲- معیار ارزیابی کیفیت هوای داخل ۱۱
۲-۳- تهویه‌ی هوای ساختمان و روش‌های آن ۱۳
۲-۴- تهویه‌ی جابجایی ۱۷

فصل ۳- معادلات حاکم و مدل‌سازی مسأله ۲۰
۳-۱- معادلات حاکم ۲۰
۳-۲- مدل‌سازی آسایش حرارتی ۲۹
۳-۳- جریان شناوری و جابجایی طبیعی ۳۳
۳-۴- مدل‌سازی تابش ۳۴
۳-۵- فضای نمونه ۳۶
۳-۶- بررسی استقلال از شبکه ۳۹
۳-۷- صحت سنجی مدل توربولانسی و انتخاب روش مناسب حل ۴۱

فصل ۴- نتایج ۴۴
۴-۱- بررسی پارمتریک مسأله با وجود وسایل احتراقی (مرحله اول) ۴۴
۴-۱-۱- تأثیر عایقکاری حرارتی سطوح جانبی ساختمان در کیفیت هوای داخل ۴۴
۴-۱-۲- مقایسه عملکردی جانمایی های مختلف بخاری در اتاق از نظر کیفیت هوای داخل ۴۸
۴-۱-۳- مقایسه‌ی عملکردی جانمایی‌های مختلف دریچه خروجی هوا از نظر کیفیت هوای داخل و مصرف انرژی ۵۴
۴-۱-۴- بررسی تأثیر نفوذ هوا در کیفیت هوای داخل، مصرف انرژی و شرایط آسایش حرارتی ۶۲

۴-۱-۵- تخمین نرخ تهویه‌ی بهینه به منظور کاهش غلظت آلاینده‌های وسایل احتراقی و بهبود شرایط آسایش حرارتی ۷۰
۴-۲- ارزیابی قابلیت نفوذ هوا در تهویه‌ی هوای اتاق به صورت جابجایی ۷۴
فصل ۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۷۷
۵-۱- خلاصه‌ی نتایج ۷۷
۵-۲- جمع‌بندی و ارائه‌ی توصیه‌های طراحی ۸۳
۵-۳- موضوعات قابل پژوهش در آینده ۸۴
فهرست مراجع ۸۵

فهرست علایم و نشانه‌ها

A	مساحت (m^2)
C	غلظت
C_p	گرمای ویژه $(j/kg.K)$
$C_{1\varepsilon}$	ثابت تجربی
$C_{2\varepsilon}$	ثابت تجربی
$C_{3\varepsilon}$	ثابت تجربی
C_μ	ثابت تجربی
$D_{i,m}$	ضریب پخش گونه‌ی i در m
d	فاصله (m)
E	بردار قدرت انتشار
f_{cl}	نسبت مساحت سطح پوشیده توسط لباس به مساحت بدن برهنه
F	ضریب شکل
Gr	عدد گراشف
G_k	نرخ تولید انرژی جنبشی توربولانسی در اثر سرعت متوسط
G_b	نرخ تولید انرژی جنبشی توربولانسی در اثر شناوری
g	شتاب جاذبه (m/s^2)
h_c	ضریب انتقال حرارت جابجایی (W/m^2K)
h_i	آنتالپی گونه‌ی i
I_{cl}	مقاومت لباس بر حسب clo
J_i	شار پخش گونه‌ی i
k	ضریب هدایت حرارتی $(W.m/K)$
K	انرژی جنبشی توربولانسی
k_f	ثابت فون کارمن
L_x، L_y، L_z	ابعاد اتاق در جهات x، y و z (m)
l_{mix}	طول اختلاطی
M	نرخ متابولیک (met)
$M_{w,i}$	وزن ملکولی گونه‌ی i (kg/mol)
$\dot{m}$	دبی جرمی (kg/s)
PMV	میانگین احساس حرارتی

P	فشار (Pa)
P_{op}	فشار عملیاتی (Pa)
N	تعداد
Pr_t	عدد پرانتل توربولانسی
q	شار حرارتی (W/m^2)
r	مقاومت حرارتی (K/W)
R	ثابت جهانی گازها $(j/mole.K)$
Ra	عدد رایلی
Re	عدد رینولدز
S_T	نرخ تولید انرژی
S_c	نرخ تولیدگونه
S	نرخ کرنش متوسط
T	دما (^oK)
T_{mrt}	دمای متوسط تابشی(^oK)
T_0	دمای عملیاتی (^oK)
Y_i	کسر جرمی گونه‌ی i

نمادهای یونانی

α	ضریب پخش حرارت (m^2/s)
α_k	عدد پرانتل معادل معکوس
α_ε	عدد پرانتل معادل معکوس
β	ضریب انبساط حرارتی
ε	اتلاف انرژی توربولانسی
ε_k	ضریب انتشار
μ	لزجت دینامیکی $(N.s/m^2)$
μ_t	لزجت توربولانسی $(N.s/m^2)$
ν_t	لزجت سینماتیکی توربولانسی $(N.s/m^2)$
ρ	چگالی سیال (kg/m^2)
ρ_0	چگالی عملیاتی (kg/m^2)
σ	ثابت استیفان بولتزمن
σ_k	عدد پرانتل توربولانسی برای انرژی جنبشی k
σ_ε	عدد پرانتل توربولانسی برای انرژی اتلافی ε
Γ_t	ضریب پخش توربولانسی

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: آلاینده‌های متداول در هوای داخل و منابع تولیدی آنها[۴] ۱۰
جدول ۳-۱: بازه‌ی تغییرات شاخص PMV ، احساس حرارتی ساکنین متناسب با هر عدد ۳۰
جدول ۳-۲: مقاومت حرارتی انواع پوشش لباس [۴] ۳۱
جدول ۳-۳: نرخ متابولیک بر حسب میزان فعالیت[۲۵] ۳۲
جدول ۳-۴ : محل قرارگیری تجهیزات و ابعاد آن‌ها ۳۷
جدول ۳-۵ : جزئیات مربوط به مدل در نظر گرفته شده برای بدن[۲۸] ۳۸
جدول ۴-۱: آنتالپی هوای خروجی و میانگین غلظت CO_2 در ناحیه‌ی تنفس در جانمایی‌های مختلف دریچه ۶۱

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: تأثیر اثر دودکشی در ورود و خروج هوا در ساختمان[۲۰].....۱۶
شکل ۲-۲: توزیع فشار در جداره‌ی ساختمان ناشی از اثر دودکشی، برخورد باد و برآیند این دو[۸]..... ۱۷
شکل ۲-۳: تعویض هوای اتاق با استفاده از سیستم تهویه‌ی جابجایی[۱۰]..... ۱۸
شکل ۲-۴ : الگوی جریان هوا، توزیع دما و آلاینده‌ها در فضاهای با سیستم تهویه‌ی جابجایی [۴]..... ۱۹
شکل ۳-۱: نمایی کلی از فضای نمونه‌ی مورد استفاده در مرحله‌ی اول پروژه.....۳۶
شکل ۳-۲: نمایی کلی از فضای نمونه‌ی مورد استفاده در مرحله‌ی دوم پروژه..... ۳۷
شکل ۳-۳ : تغییرات دما بر حسب ارتفاع در x =۱/۵ m و z=۲ m برای شبکه‌بندی‌های مختلف..... ۴۰
شکل ۳-۴ : تغییرات غلظت CO_2 بر حسب ارتفاع در x =۱/۵ m و z=۲ m و شبکه‌بندی‌های مختلف... ۴۱
شکل ۳-۵ : مدل مورد استفاده برای صحت‌سنجی مدل توربولانسی و روش حل [۱۰] ۴۲
شکل ۳-۶ : مقایسه‌ی نتایج عددی به دست آمده با نتایج تجربی برای مقطع $x = 3m$..... ۴۲
شکل ۴-۱: جریان جابجایی طبیعی در امتداد سطوح عمودی [۲۹]..... ۴۵
شکل ۴-۲: مقاومت‌های حرارتی در یک دیوار ۴۶
شکل ۴-۳ : بردارهای سرعت در مقطع میانی اتاق..... ۴۷
شکل ۴-۴ : تغییر غلظت CO_2 در اتاق بر حسب تغییر دمای سطح داخلی دیوار خارجی..... ۴۸
شکل ۴-۵ : شماتیک دنباله‌ی ایجاد شده به سمت دم حرارتی ناشی از وجود بخاری در اتاق [۲۹]..... ۴۹
شکل ۴-۶ : توزیع لایه‌ای غلظت CO_2 در اتاق بر حسب ppm..... ۴۹
شکل ۴-۷ : تغییرات غلظت CO_2 در مرکز اتاق با افزایش فاصله از کف ۵۰
شکل ۴-۸ : درصد تغییرات میانگین غلظت CO_2 نسبت به حالت (x^*_{ext}= ۰/۵) به واسطه جابجایی مکان بخاری در اتاق ۵۱
شکل ۴-۹: بردارهای سرعت در مقطع میانی اتاق ۵۲
شکل ۴-۱۰: شماتیک نشان دهنده‌ی حریم آلایندگی بخاری.....۵۶
شکل ۴-۱۱: تغییرات میانگین غلظت CO_2 بر حسب تغییرات افقی محل دریچه روی دیوار خارجی ۵۷
شکل ۴-۱۲: تغییرات میانگین غلظت CO_2 بر حسب تغییرات عمودی محل دریچه روی دیوار خارجی ۵۷
شکل ۴-۱۳: تغییرات میانگین غلظت CO_2 بر حسب تغییرات افقی محل دریچه روی سقف..... ۵۸
شکل ۴-۱۴: تغییرات میانگین غلظت CO_2 بر حسب تغییرات افقی محل دریچه روی دیوار داخلی..... ۵۹
شکل ۴-۱۵: مقدار تابع هدف در جانمایی‌های مختلف دریچه‌ی خروجی ۶۲
شکل ۴-۱۶: احساس حرارتی افراد بر حسب فشار هوای بیرون ۶۴
شکل ۴-۱۷: درصد کاهش میانگین غلظت CO_2 در ناحیه تنفس بر حسب فشار هوای بیرون.....۶۵

شکل ۴-۱۸: میزان افزایش بار حرارتی بر حسب فشار هوای بیرون ۶۶
شکل ۴-۱۹: رابطه بین نرخ نفوذ هوا از درز پنجره و اختلاف فشار طرفین آن در حالت اول ۶۷
شکل ۴-۲۰ : نرخ تعویض هوای اتاق بر حسب دمای هوای نفوذی به اتاق ۶۸
شکل ۴-۲۱: میانگین غلظت CO_2 ناحیه‌ی تنفس با تغییر اختلاف دمای هوای داخل و خارج ۶۸
شکل ۴-۲۲: احساس حرارتی افراد با تغییر دمای هوای نفوذی به اتاق ۶۹
شکل ۴-۲۳: مدل شماتیک فضای نمونه ۷۱
شکل ۴-۲۴: رابطه بین غلظت CO_2 در ناحیه تنفس و CO_2 ورودی به اتاق از بخاری در ACH=۲/۹ .. ۷۲
شکل ۴-۲۵: حداکثر میزان مجاز CO_2 انتشار یافته از بخاری بر حسب ACH ۷۳
شکل ۴-۲۶: احساس حرارتی افراد بر حسب تعداد تعویض هوای اتاق در ساعت ۷۴
شکل ۴-۲۷: تأثیر دمای هوای نفوذی از درزها به اتاق در غلظت CO_2 در ناحیه تنفس و کل اتاق ۷۵
شکل ۴-۲۸: توزیع غلظت CO_2 در محل قرارگیری شخص (x=۲/۵m) ۷۶

فصل ۱– مقدمه و تاریخچه

۱–۱– پیشگفتار

ایجاد محیطی سالم و مطبوع برای زندگی در فصول مختلف سال از دیرباز مورد توجه بشر بوده است. یکی از دستاوردهای مهم علوم و تکنولوژی جدید، استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع جهت تأمین شرایط آسایش حرارتی[1] و بهبود کیفیت هوای داخل[2](IAQ) در ساختمان‌هاست. پیشرفت سریع علوم و تکنولوژی باعث شد که انسان اکثر وقت خود را در محیط‌های بسته مانند مجتمع‌های مسکونی، ادارات، کارخانه‌ها و غیره بگذراند. لذا، روز به روز دستیابی به سیستم‌های حرارتی و برودتی به منظور ایجاد شرایط سالم و مطبوع در ساختمان محسوس‌تر می‌گردد. شرایط نامناسب داخل ساختمان از نظر آسایش حرارتی و کیفیت هوا، علاوه بر کاهش کارآیی افراد، سلامتی آنها را نیز به خطر می‌اندازد. نگرانی‌های به وجود آمده پیرامون تأثیراتی که هوای داخل ساختمان بر سلامت افراد بر جای می‌گذارد، حدوداً به صد سال قبل باز می‌گردد. این مسأله به ویژه در اوایل دهه ۱۹۷۰ همزمان با بحران انرژی شدت بیشتری گرفت. استفاده از عایق‌های حرارتی با کارایی بالا و افزایش کیفیت درزبندی ساختمان‌ها، اگرچه موجب صرفه جویی در مصرف انرژی و بهبود شرایط آسایش حرارتی می‌شود[۱و۲]، اما از سوی دیگر به دلیل کاهش نرخ هوای تازه، باعث ایجاد اختلال در تهویه‌ی هوای داخل خواهد شد[۳].

[1] Thermal comfort
[2] Indoor Air Quality

علت افزایش توجه متخصصان به این مسأله، نارضایتی‌هایی بود که در بسیاری از مناطق نسبت به وضعیت هوای داخل ساختمان به گوش می‌رسید که بعضاً منجر به بروز علائم فیزیکی ناخوشایند و بروز بیماری در بین افراد می‌شد[۴]. در نتیجه‌ی ارائه‌ی گزارش‌ها مبنی بر وجود بیماری‌ها یا علائم آن‌ها و حتی مرگ و میر در محیط‌های بسته، در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در زمینه‌ی کیفیت هوای داخل و روش‌های بهبود آن صورت پذیرفته است. کیفیت هوای داخل بیانی از پتانسیل و توانایی هوا در فراهم آوردن شرایط آسایش حرارتی، تنظیم میزان مناسب گازهای تنفسی مثل اکسیژن و دی‌اکسیدکربن (CO_2) و غلظت مجاز برای آلاینده‌های موجود می‌باشد[۱]. در استاندارد ASHRAE، هوای با کیفیت مطلوب، به صورت هوایی تعریف شده است که غلظت آلاینده‌ها در آن از حد معین و مشخص تجاوز ننماید۵]. مطالعات نشان داده‌اند که میزان آلاینده‌ها در هوای داخل اغلب بیش از هوای بیرون است[۴]. توجه به این موضوع و این حقیقت که افراد بیشتر وقت خود را در محیط‌های بسته سپری می‌کنند، لزوم توجه به این موضوع و بهبود کیفیت هوای داخل را نشان می‌دهد.

در کنار منابع خارجی آلوده کننده‌ی هوای داخل مانند وسایل نقلیه و هوای ورودی از طریق سیستم تهویه مطبوع، منابع داخلی از جمله افراد، مواد ساختمانی، اسباب و اثاثیه و وسایل احتراقی مانند بخاری-های گازسوز و نفت‌سوز، بخش عمده‌ای از آلاینده‌ها را تولید می‌کنند[۶]. در برخی موارد، آلاینده‌های موجود در هوای اتاق ممکن است به قدری خطرناک باشند که منجر به مرگ افراد شوند. گاز مونوکسیدکربن(CO) ایجاد شده توسط احتراق نامناسب وسایل احتراقی را می‌توان از جمله این موارد دانست. در فصل سرما، برای گرمایش ساختمان از روش‌ها و وسایل مختلفی از جمله بخاری‌های گازسوز و نفت‌سوز استفاده می‌شود. واقعیت این است که این بخاری‌ها و وسایل گرمازا، اگرچه تأمین کننده‌ی شرایط آسایش می‌باشند، اما در صورت بی‌توجهی به برخی از نکات مهم، می‌توانند مرگ‌آور باشند. بخاری‌ها در کنار تولید گرما، ممکن است باعث ورود مقدار زیادی گازهای مضر از جمله CO و No_x به فضای اتاق شوند. اما در صورت طراحی مناسب سیستم تهویه‌ی اتاق و همچنین جانمایی مناسب

تجهیزات احتراقی در اتاق می‌توان از نیروی شناوری حرارتی[1] ایجاد شده توسط بخاری برای بیرون راندن آلاینده‌های موجود در اتاق و بهبود کیفیت هوای داخل استفاده کرد.

انتقال و توزیع آلاینده‌ها در ساختمان به طور کلی به نوع و عملکرد سیستم تهویه، هندسه‌ی ساختمان، مشخصات منابع آلاینده‌ها و شرایط مرزی حرارتی و جریانی مانند نرخ جریان هوا و مکان مجراهای ورود و خروج هوا بستگی دارد[۷].

مطالعات نشان داده است که ۵۰ تا ۷۵ درصد از مشکلات مرتبط با کیفیت هوای داخل، در نتیجه‌ی تهویه‌ی نامناسب هوای داخل ساختمان به وجود می‌آید[۴]. تهویه، فرآیندی است که در آن هوای تازه‌ی مورد نیاز برای یک فضای محبوس با استفاده از یکی از روش‌های مکانیکی، طبیعی یا نفوذ هوا[2] از بیرون تأمین می‌گردد[۸]. با درزبندی بیشتر ساختمان و جلوگیری از نفوذ هوا، در صورت عدم وجود تهویه‌ی مکانیکی[3] یا طبیعی[4]، کیفیت هوای داخل کاهش می‌یابد. به همین دلیل در چنین ساختمان‌هایی، میزان درزبندی و نفوذ هوا باید با توجه به کیفیت هوا و چگونگی توزیع آلاینده‌ها مورد توجه قرار گیرد.

به منظور توزیع هوای تازه در ساختمان، سیستم‌های تهویه را به دو صورت می‌توان به کار گرفت: سیستم تهویه‌ی اختلاطی[5] (MV) و سیستم تهویه‌ی جابجایی[6] (DV). سیستم MV با در هم آمیختن تمام هوای اتاق، توزیع جریان یکنواختی را از نظر دما و غلظت آلاینده‌ها در سراسر فضا ایجاد می‌کند. در صورتی که تهویه‌ی جابجایی به دنبال جلوگیری از مخلوط شدن هوای ورودی با هوای داخل است. در این سیستم، هوای تازه ورودی پس از گرم شدن توسط منابع حرارتی به سمت بالا حرکت کرده و از مجراهای خروجی در قسمت‌های فوقانی ساختمان خارج می‌شود. این جریان، گرما و آلاینده‌های موجود در ناحیه‌ی تنفس[7] را گرفته و با خود به سمت مجاری خروجی روانه می‌کند.[۹ و ۱۰]

[1] Thermal Buoyancy
[2] Air Infiltration
[3] Mechanical Ventilation
[4] Natural Ventilation
[5] Mixing Ventilation
[6] Displacement Ventilation
[7] Breathing Zone

با توجه به تعریف سیستم تهویه‌ی DV، نفوذ هوا از درزهای در و پنجره در کنار استفاده از نیروی شناوری منابع حرارتی موجود در ساختمان، قادر است تا عمل تهویه و زدودن آلاینده‌ها از هوای داخل را انجام دهد. این موضوع به ویژه در ساختمان‌های دارای منابع حرارتی فعال، حائز اهمیت خواهد بود.

۱-۲- مروری بر مطالعات گذشته

امروزه، استفاده از روش‌های عددی در محاسبات کامپیوتری از اهمیت زیادی برخوردار بوده و به عنوان ابزاری کارآمد در طراحی مهندسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در زمینه‌ی انتقال حرارت و مکانیک سیالات نیز، محاسبات عددی مورد استفاده‌ی بسیاری از محققان و طراحان قرار گرفته و حل بسیاری از مسائل پیچیده، بدون استفاده از روش‌های دینامیک سیالات محاسباتی(CFD)[1] امکان‌پذیر نخواهد بود. استفاده از روش‌های دینامیک سیالات محاسباتی در کنار روش‌های تجربی، دو روش مرسوم در تعیین میدان‌های سرعت، دما و آلاینده‌ها در محیط‌های بسته به شمار می‌روند. هر کدام از این دو روش، مزایا و معایب خاص خود را دارند. به طور مختصر می‌توان گفت که اگرچه روش‌های عددی نسبت به روش‌های تجربی دارای دقت نسبتاً پایین‌تری می‌باشند، اما ارزان‌تر و سریع‌تر بوده و قادرند تا توزیع و مشخصات جریان را در کل فضای نمونه و با جزئیات کامل ارائه دهند. انجام این کار با روش‌های تجربی بسیار مشکل خواهد بود. لذا، اکثر تحقیقات صورت گرفته در مورد تحلیل جریان‌های داخل ساختمان‌ها و از جمله تحقیق حاضر با استفاده از CFD انجام پذیرفته است.

در ادامه، به اختصار به معرفی برخی از مطالعاتی که در چند سال اخیر در زمینه‌ی تهویه‌ی جابجایی، نفوذ هوا و وسایل احتراقی منتشر شده است، پرداخته می‌شود.

استفاده از شناوری حرارتی و تهویه‌ی جابجایی به عنوان یکی از استراتژی‌های اصلی در کنترل کیفیت هوای داخل در تحقیقات زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. در سال ۱۹۹۸، چو[2] و همکاران با استفاده از CFD و در نظر گرفتن گاز CO_2 به عنوان معیار ارزیابی کیفیت هوا، به بررسی اثر مکان

[1] Computational Fluid Dynamics
[2] Chao