

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مکانیک - گروه تبدیل انرژی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی

بررسی شرایط آسایش حرارتی در محیط های داخلی با در نظر گرفتن رطوبت با

استفاده از روش ناحیه ای هوا

محمد رضا قدرتی

استاد راهنمای اول:

دکتر مهدی معرفت

استاد راهنمای دوم:

دکتر عزیز عظیمی

اسفند ۹۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای محمدرضا قدرتی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان بررسی شرایط آسایش حرارتی در محیط های داخلی با در نظر گرفتن رطوبت با استفاده از روش ناحیه ای هوا در تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۱۷ 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 راهنمای دوم	دکتر عزیز عظیمی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر فتح اله امی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر قاسم حیدری نژاد	استاد	
استاد ناظر	دکتر سیامک کاظم زاده	استاد	
مدیر گروه (با نماینده گروه تخصصی)	دکتر فتح اله امی	دانشیار	



تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربانم

آن دو فرشته‌ای که از خواسته‌هایشان گذشتند، سختی‌ها را به جان خریدند و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات کردند تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده‌ام برسم. پروردگارا توفیقم ده که هر لحظه سگزرگزارشان باشم و ثنایه‌های عمرم را در عصای دست بودنشان بگذرانم.

تقدیم به خواهرم

که همواره در طول تحصیل متحمل زحمت بود و تکیه‌گاه من در مواجهه با مشکلات، و وجودش مایه دلگرمی من می‌باشد.

سگزرگزار خدا را که بزرگترین امید و یاور در لحظه لحظه زندگیست.

تشکر و قدردانی

بدون شک به پایان رسیدن هر کار تحقیقاتی میسر نیست مگر با مساعدت و همکاری استادان و دوستان عزیزمی که بر خود لازم میدانم

مراتب قدردانی و سپاس خود را خدمت تک تک این عزیزان ابراز دارم.

مراتب قدردانی و سپاس را از سر صدق و اخلاص به محضر اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر مهدی معرفت و دکتر عزیز

عظیمی که در نهایت سه صدر و خالصانه، اینجانب را در اتمام این چنین پژوهشی مورد راهنمایی خویش قرار داده اند، ابراز می دارم.

از آقایان مهندس احسان طلوع بهزی، مهندس محمد رحیم ملک بالا، مهندس رضا خدادادی، مهندس مهرداد رسولی و سایر دوستان

عزیزم به خاطر راهنمایی های بی دریغشان در جمع بندی این پژوهش، صمیمانه تشکر می نمایم.

از پدر و مادر و خواهر عزیزم به خاطر عشق و حمایت مداومشان کمال تشکر را دارم.

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

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مهین 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 می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» 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 مکانیک است که در سال ۱۳۹۰ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر مهدی معرفت و جناب آقای دکتر عزیز عظیمی از آن دفاع شده است»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک در صد شمارگان کتاب (در هر دو نسخه چاپی) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرفی فروش قرار دهد.

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

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

ماده ۶: اینجانب محمد رضا قدرتی دانشجوی رشته مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: محمد رضا قدرتی

تاریخ و امضا:

آیین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاستهای پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسان ها 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 پژوهش های علمی که تحت عنوان پایان نامه، رساله و طرح های تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند.

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه ها / رساله های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین نامه ها و دستورالعمل های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- اعداد مقاله یا فصلات، مستخرج از پایان نامه، رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در محافل 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 پایان نامه / رساله نیز منتشر می شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

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

ماده ۴- ثبت اختراع و ثبت دانش فنی و یا ارائه در جشنواره های ملی، منطقه ای و بین المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه، رساله و تمامی طرح های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۱۴/۲۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۹/۲۴ در هیات رئیسه دانشگاه به تأیید رسیده و در جلسه مورخ ۸۷/۱۱/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم الاجرا است.

نام و نام خانوادگی: *محمد تقی میرزایی*

امضاء: 

طراحی سیستم های تهویه مطبوع برای بهینه سازی مصرف انرژی و تامین شرایط آسایش حرارتی در ساختمان ها به روشهای سریع و دقیقی نیاز دارد که بتوانند جزئیات هوا در داخل ساختمان را پیش بینی کنند. از آنجایی که در ساختمان ها استفاده از روش های تجربی معمولاً امکان پذیر نمی باشد، روش های مناسب تری برای شبیه سازی انرژی ساختمان ها مورد نیاز است.

در این پایان نامه نشان می دهیم که روش ناحیه ای هوا به عنوان یکی از روش های تحلیل انرژی ساختمان، کیفیت هوای داخل ساختمان ها را با دقت و سرعت مناسبی محاسبه می کند. این روش بر اساس معادلات جرم و انرژی در حجم های ماکروسکوپی می باشد و از معادلات بقا، معادله حالت، افت فشار هیدرواستاتیکی و قانون نیرو در شبکه های درشت استفاده می کند.

مدل ناحیه ای هوا یک روش میانگین بین روش توده ای که اطلاعاتی راجع به توزیع دما نمی دهد و روش های عددی که توزیع دما و جریان را با جزئیات مشخص می کنند ولی شدیداً محاسباتی هستند، می باشد. روش های عددی با اینکه اطلاعات کاملی راجع به توزیع دما و جریان هوا در یک محیط می دهند ولی کاربران برای تعریف مسئله و محاسبات تلاش زیادی متحمل می شوند. مدل ناحیه ای محاسبات را بسیار سریع تر از روش های عددی انجام می دهد و اطلاعات حرارتی دقیق تری از روش توده ای فراهم می کند و توزیع دما و جریان هوا را با دقتی مشخص می کند که برای پیش بینی آسایش حرارتی کافی است.

در این مقاله یک فضای نمونه شامل دو اتاق که توسط یک دریچه افقی با هم ارتباط دارند و بصورت طبیعی و اجباری تهویه می شوند، با استفاده از روش ناحیه ای هوا شبیه سازی شده و نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از روش عددی و تجربی با هم مقایسه شده است. نتایج نشان می دهد که برای هندسه های ساده این روش توزیع دما در محیط های داخلی را با دقت قابل قبول در طراحی های مهندسی حتی برای مدت یک سال پیش بینی می کند.

واژگان کلیدی: آسایش حرارتی - روش ناحیه ای هوا - رطوبت - دریچه افقی

۱.....	فصل ۱ - مقدمه ای بر آسایش حرارتی و روش ناحیه ای هوا
۱-۱.....	۱-۱- مقدمه
۲.....	۲-۱- آسایش حرارتی
۳.....	۱-۲-۱- تعادل حرارتی در بدن انسان
۳.....	۲-۲-۱- مهم ترین عوامل تاثیرگذار بر احساس آسایش حرارتی
۶.....	۳-۱- مدل ناحیه ای هوا
۱۰.....	۴-۱- تاریخچه
۱۳.....	فصل ۲ - معادلات حاکم بر مسئله
۱۳.....	۱-۲- مقدمه
۱۴.....	۲-۲- انواع مدل سازی جریان هوای اتاق
۱۶.....	۳-۲- مدل ناحیه ای هوا
۱۶.....	۱-۳-۲- رابطه بین سرعت و فشار در جریان داخل اتاق
۲۰.....	۲-۳-۲- مدل جت هوا
۲۳.....	۳-۳-۲- مدل رطوبت
۲۴.....	۴-۳-۲- آسایش حرارتی
۲۸.....	۵-۳-۲- معادلات بقای انرژی
۲۹.....	۶-۳-۲- حل معادله ی بقای جرم
۳۲.....	۷-۳-۲- روش حل
۳۵.....	فصل ۳ - نتایج مدل سازی توزیع دما و رطوبت در یک محیط

۳۵	۱-۳- مقدمه
۳۵	۲-۳- فضای نمونه
۳۸	۳-۳- پیش بینی الگوی جریان هوا در محیط
۴۱	۴-۳- پیش بینی پروفیل دما در محیط
۴۷	۵-۳- پیش بینی توزیع رطوبت در محیط
۵۰	۶-۳- بررسی آسایش حرارتی بصورت ناحیه ای در محیط
۵۳	فصل ۴ - جمع بندی و نتیجه گیری
۵۳	۱-۴- جمع بندی
۵۵	۲-۴- موضوعات قابل پژوهش در آینده

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۲	شکل (۱-۱) سهم مصرف انرژی در بخش های مختلف در ایران
۵	شکل (۲-۱) اثر سرعت جریان هوا بر دمای آسایش
۱۵	شکل (۱-۲) مقایسه بین مدل های مختلف برای اتاق

- شکل (۲-۲) حجم کنترل نمونه ۱۷
- شکل (۳-۲) جریان بین دو ناحیه با سطوح مشترک ۱۹
- شکل (۴-۲) پروفیل جریان در جت ۲۱
- شکل (۵-۲) ضخامت جت در فاصله های مختلف نسبت به مبدا ۲۱
- شکل (۶-۲) فضای اتاق مفروض با وجود جت هوا ۲۲
- شکل (۷-۲) نحوه تقسیم بندی فضا با در نظر گرفتن جت هوا ۲۲
- شکل (۸-۲) فلوجارت حل ۳۴
- شکل (۱-۳) شماتیک اتاق های مورد مطالعه ۳۶
- شکل (۲-۳) جریان اصلی عبوری از دو اتاق و محل قرار گیری منبع تولید رطوبت ۳۷
- شکل (۳-۳) مقدار جریان عبوری از هر سلول به گرم بر ثانیه ۴۰
- شکل (۴-۳) هندسه نقاطی که پروفیل دما و رطوبت در آن رسم شده ۴۱
- شکل (۵-۳) پروفیل دما در محور A1 که از سه روش عددی ، تجربی و ناحیه ای محاسبه شده ۴۳
- شکل (۶-۳) پروفیل دما در محور A2 که از سه روش عددی ، تجربی و ناحیه ای محاسبه شده ۴۵
- شکل (۷-۳) خطای حاصل از نتایج دما در محور A1 با روش ناحیه ای هوا ۴۶
- شکل (۸-۳) خطای حاصل از نتایج دما در محور A2 با روش ناحیه ای هوا ۴۷
- شکل (۹-۳) پروفیل رطوبت در محور A1 که از سه روش عددی ، تجربی و ناحیه ای محاسبه شده ۴۸
- شکل (۱۰-۳) پروفیل رطوبت در محور A2 که از سه روش عددی ، تجربی و ناحیه ای محاسبه شده ۴۹
- شکل (۱۱-۳) خطای حاصل از نتایج رطوبت در محور A1 با روش ناحیه ای هوا ۴۹
- شکل (۱۲-۳) خطای حاصل از نتایج رطوبت در محور A2 با روش ناحیه ای هوا ۵۰
- شکل (۱۳-۳) مقدار PMV هر سلول ۵۲

فهرست جداول

صفحه

عنوان

جدول (۱-۲) مقادیر معادل PMV برای بیان احساس حرارتی افراد..... ۲۶

فهرست علائم و نشانه ها

C_p : ظرفیت گرمایی ویژه (J/kg.K)	A_{i-j} : مساحت بین دو سلول i و j (m^2)
w: نسبت رطوبت (gr/Kg)	G_w : نرخ تولید رطوبت (Kg/s)
C_d : ضریب ثابت تجربی	A_D : مساحت سطح موثر بدن (m^2)
f_{cl} : فاکتور لباس	W: نرخ کار (W/m^2)
\dot{m}_{i-j} : جریان هوا از سلول i به سلول j	k_e : ثابت تجربی (۰/۰۶۸)
h_c : ضریب انتقال حرارت همرفتی ($W/m^2.K$)	k_v : ثابت تجربی (۳/۵)
I_{cl} : مقاومت حرارتی لباس (clo)	زیرنویس ها
k: ضریب انتقال حرارت رسانشی ($W/m.K$)	ma: هوای مرطوب
M: نرخ متابولیک (W/m^2)	a: هوا خشک
P: فشار هوا (pa)	w: بخار آب
h: ارتفاع هر سلول (m)	throw: پرتاب جت
δ : ضخامت پرتاب جت	
x: طول پرتاب جت	
PMV: شاخص احساس حرارتی افراد	
Q: میزان انتقال حرارت (W)	
F_{i-j} : ضریب دید i به j	
L: افت حرارت کلی (W/m^2)	
p_{sk} : فشار بخار اشباع در دمای مورد نیاز پوست	
T: دما ($^{\circ}C$)	
T_{mrt} : دمای متوسط تابش ($^{\circ}C$)	

فصل ۱

مقدمه ای بر آسایش حرارتی و روش ناحیه ای هوا

۱-۱- مقدمه

در کشورهای توسعه یافته، انسان ها حدود ۹۰ درصد از زمان خود را در ساختمان ها سپری می کنند و هزینه ی تحمیل شده در اثر کیفیت پایین هوای داخل ساختمان (شامل بهره وری پایین، هزینه های درمانی و ...) تقریباً برابر با هزینه مصرف انرژی برای تامین هوای مطلوب می باشد. بخش ساختمان در کشور ما بیش از یک سوم انرژی مصرفی کل کشور را به خود اختصاص داده است. به دلایل اقتصادی و زیست محیطی، امروزه برای طراحی، ساخت و نگهداری ساختمان های بهینه تر از لحاظ مصرف انرژی تاکید زیادی می شود.



شکل (۱-۱) سهم مصرف انرژی در بخش های مختلف در ایران [۱]۰

لذا بهینه سازی ساختمان ها از جهات مختلف و از جمله مصرف انرژی، امری ضروری است. برای بهینه سازی باید پارامترهای موثر را شناسایی و مقادیر مناسب را برای آنها انتخاب کرد. در واقع مدل سازی ابزاری است که تاثیر پارامترهای مختلف را پیش بینی می کند و این قابلیت را فراهم می کند تا مقادیر بهینه برای رسیدن به هدف مطلوب، بدست آید.

۱-۲- آسایش حرارتی

آسایش حرارتی شرایطی از ادراک است که در آن، محیط پیرامون از لحاظ حرارتی رضایت بخش باشد. تاکنون راجع به مسئله آسایش و برقراری تعادل حرارتی انسان در رابطه با محیط پیرامونش چه در منابع خارجی و چه در منابع های داخلی، مطالب بسیار وسیعی ارائه شده است. در این بخش سعی بر آن است که مهمترین عوامل تاثیر گذار بر شرایط آسایش حرارتی و همچنین روش های تعیین و تخمین محدوده آسایش بصورت مختصر ارائه گردد.

آسایش حرارتی با احساس رضایت و خشنودی از دمای اطراف تعریف می شود، میزان فعالیت بدنی و لباس، عوامل اقلیمی مانند دمای هوا و سرعت حرکت هوا و رطوبت هوا، پارامترهای اساسی

تاثیرگذار در مطلوب بودن شرایط برای بشر هستند. جریان هوای ناخواسته و اختلاف دمای زیاد بین قسمت بالا و پایین بدن می تواند باعث ایجاد عدم آسایش شوند.

۱-۲-۱- تعادل حرارتی در بدن انسان

در مکانیزم حرارتی بدن انسان ها و سایر جانداران خون گرم، توسط غذایی که مصرف می کنند و به نسبت فعالیتی که دارند، به میزان مختلف انرژی تولید می شود.

دمای سطح پوست یک فرد نشسته در شرایط آسایش بین ۳۳ الی ۳۴ درجه متغیر است. چنانچه بدن در محیطی گرمتر از دمای پوست قرار گیرد شروع به جذب گرما کرده و در غیر این صورت به تدریج گرمای خود را از دست خواهد داد. دفع حرارت از بدن از راه های مختلف انجام می شود که عبارت اند از:

انتقال حرارت از طریق جابجایی

انتقال حرارت از طریق تشعشع

انتقال حرارت تبخیری

انتقال حرارت از طریق هدایت

انتقال حرارت از طریق تنفس [۲].

۱-۲-۲- مهم ترین عوامل تاثیرگذار بر احساس آسایش حرارت

موارد زیر از مهمترین عوامل تاثیر گذار بر احساس آسایش حرارتی به شمار می روند:

۱-۲-۲-۱- دمای هوا

دمای هوای یک فضا که در حقیقت همان دمای خشک است به سادگی به وسیله دماسنج خوانده می شود. جذب و یا دفع حرارت از بدن ارتباط مستقیم با دمای هوای محیط دارد. بطور کلی طبق استاندارد CIBSE، دمای آسایش در زمستان بین ۱۸ الی ۲۳ درجه سانتیگراد و در تابستان زیر ۲۷ درجه سانتیگراد در نظر گرفته می شود.

۱-۲-۲-۲- دمای متوسط تابش

دمای متوسط تشعشعی، از متوسط دمای سطوح مختلف در یک فضا با توجه به ضرایب دید از آن سطوح به دست می آید. حتی اگر بدن تماسی با اشیا و عناصر سرد یا گرم نداشته باشد، انتقال انرژی به واسطه پدیده تشعشع صورت می پذیرد. میزان انتقال انرژی بستگی مستقیم به اختلاف دمای دو عنصر دارد. طبیعی است که اگر دمای اشیا به ویژه سطوح داخلی یک بنا سردتر از دمای بدن باشد، انتقال حرارت از بدن به سمت سطوح داخلی بنا بوده و هنگامی که دمای سطوح داخلی گرم تر از دمای سطح بدن باشد، انتقال حرارت به عکس خواهد بود.

۱-۲-۲-۳- رطوبت هوا

رطوبت نسبی کمتر از ۲۵٪ موجب احساس خشکی بیش از حد و رطوبت نسبی بیش از ۷۵٪ موجب احساس نمناکی بیش از حد هوا می گردد. بطور کلی رطوبت نسبی ۲۵٪ الی ۶۰٪ رطوبت نسبی مطلوب برای محیط به شمار می رود.

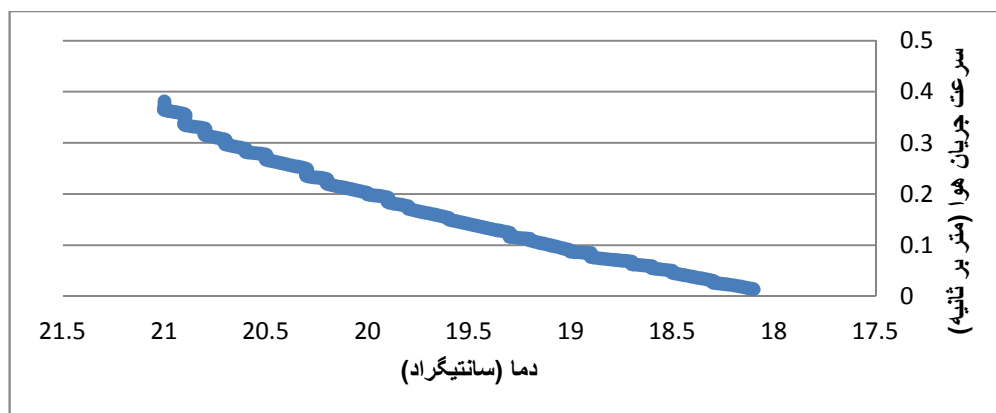
یکی از معضلات مناطق خشک که بخش اعظمی از کشور ما را نیز شامل می شود، کمبود رطوبت نسبی و در نتیجه بروز مشکلات فیزیولوژیکی در بدن انسان است. این مسئله هم در تابستان به طور طبیعی و هم در زمستان با گرم کردن فضای داخل و در نتیجه خشک شدن هوا به وجود می آید.

از آنجایی که بخش اعظم بافت بدن انسان از آب تشکیل شده است، در آب و هوای خشک، رطوبت از بافت بدن بیرون کشیده شده و در محیط آزاد می شود. در این صورت اگر بدن آب زیادی را از دست بدهد، بافت ها خشک شده و پوست خاصیت ارتجاعی خود را از دست می دهد. درد مفاصل و ماهیچه ها، خشکی و خارش چشم، پوست و حساسیت های پوستی، درد و سوزش گلو، خون ریزی از بینی، ناراحتی های تنفسی نظیر آسم، برونشیت، سینوزیت، ایجاد الکتریسیته ساکن، شوک و کاهش سطح تمرکز از جمله عوارض خشکی هوا به شمار می رود.

۱-۲-۲-۴- جریان هوا

در یک محیط گرم، جریان هوا با سرعت 1 m/s خوشایند بوده و تا $1/5 \text{ m/s}$ ممکن است قابل قبول باشد ولی نباید بطور کلی بیش از 2 m/s باشد. در شرایط سرد، جریان هوا نباید بیشتر از $0/25 \text{ m/s}$ باشد و جریان کمتر از $0/1 \text{ m/s}$ نیز خوشایند نیست.

در شرایطی که فضای داخل توسط دستگاه های مکانیکی تهویه می شود، گاهی ممکن است مقدار سرعت جریان هوا افزایش یابد که در این صورت برای تامین آسایش باید دمای هوا را طبق نمودار زیر افزایش داد.



شکل (۱-۲) اثر سرعت جریان هوا بر دمای آسایش

۱-۲-۲-۵- میزان فعالیت

میزان حرارت تولید شده توسط بدن انسان با واحد وات بر مترمربع پوست انسان سنجیده می شود. میزان حرارت تولید شده بستگی به سطح پوست و فعالیت هر شخص دارد، به ازای یک متر مربع سطح پوست بدن یک انسان که خوابیده باشد ۴۱ وات انرژی تولید می شود. میزان فعالیت بدن با واحد دیگری به نام met نیز سنجیده می شود. شدت متابولیسم هنگام نشستن 58 W/m^2 به عنوان واحد پایه ی met یعنی ۱ met تعیین شده است.

۱-۲-۲-۶- نوع پوشش

نوع پوشش و لباس یکی دیگر از عوامل تاثیر گذار بر آسایش حرارتی به شمار می آید. ضریب نارسانایی یا مقاومت لباس، I_{cl} بوده و با واحد clo سنجیده می شود و عبارت است از مقدار لباسی که شخص در یک محیط با دمای ۲۱ درجه سانتیگراد و جریان هوایی معادل 0.1 m/s پوشیده و احساس آسایش بنماید. اطلاعات بیشتر راجع به حرارت تولید شده با توجه به میزان فعالیت و نوع پوشش افراد در جداول ASHRAE موجود می باشد [۳].

۱-۳- مدل ناحیه ای هوا

پیش بینی ویژگی های هوای داخل ساختمان ها برای تحلیل مصرف انرژی و کیفیت هوای داخل از اهمیت ویژه ای برخوردار است. می دانیم که در نواحی مختلف یک اتاق تغییرات دما وجود دارد. دمای هوا در جایی که ساکنین اغلب اوقات خود را در آن جا می گذرانند با دمای هوای ورودی و خروجی سیستم تهویه مطبوع متفاوت است. روش های دینامیک سیالات محاسباتی ابزار قوی برای پیش بینی جزئیات شرایط محیط داخل می باشند. این روش ها برای مطالعه عملکرد سیستم های تهویه، مخصوصا برای انجام محاسبات در مدت زمان یک سال، هزینه و زمان زیادی لازم دارند. مدل