



۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشگاه مهندسی مکانیک

رساله دکتری

تبدیل انرژی

بهینه‌سازی چیدمان گرمکن‌های حرارتی در اتاق مسکونی سه‌بعدی جهت رسیدن به دمای

آسایش

نگارش:

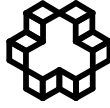
نبی جهانتیغ

اساتید راهنما:

دکتر علی کشاورز

دکتر مسعود میرزایی

زمستان ۱۳۹۲



تاسیس ۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

اظهارنامه دانشجو

اینجانب نبی جهانتیغ دانشجوی دکترای رشته مهندسی مکانیک تبدیل انرژی دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان:

بهینه‌سازی چیدمان گرمکن‌های حرارتی در اتاق مسکونی سه‌بعدی جهت رسیدن به

دمای آسایش

با راهنمایی اساتید محترم جناب آقای دکتر علی کشاورز و دکتر مسعود میرزایی توسط شخص اینجانب انجام شده است. صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد. در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. به علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

حق طبع، نشر و مالکیت نتایج

- ۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده و استاد/استادان راهنمای آن می باشد. هرگونه تصویربرداری از کل یا بخشی از پایان نامه تنها با موافقت نویسنده یا استاد/استادان راهنما یا کتابخانه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.
- ۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.
- ۳- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد

تقدیم به همسر مهربانم

در ابتدا لازم است از اساتید ارجمندم جناب آقای دکتر علی کشاورز و جناب آقای دکتر مسعود میرزایی که در طول انجام این رساله با راهنمایی‌های مفید خود اسباب انجام این تحقیق را فراهم نمودند تقدیر و تشکر نمایم. همچنین از سایر اساتید و دوستان گرانقدری که با ارائه راهکارهای مناسب باعث پیشرفت کارم در طی مدتی که مشغول انجام این رساله بودم، شدند نیز تشکر و قدردانی می‌کنم.

از خانواده و همسر عزیزم که همیشه همراه من بوده و از انجام هیچ کاری در مدت انجام این مطالعه و تحقیق فروگذار نکرده‌اند کمال تشکر و سپاس را دارم.

چکیده

وجود الگوهای نادرست مصرف انرژی و شدت بالای آن در کشور نسبت به متوسط استانداردهای جهانی، باعث اهمیت دو چندان ارایه راهکارهای عملی بهینه‌سازی مصرف انرژی با تکیه بر تامین آسایش حرارتی در کشور می‌گردد. مطالعات نشان می‌دهند که محدوده تغییرات پارامترهای موثر بر آسایش حرارتی مانند دما، رطوبت، سرعت، متوسط دمای تابشی، میزان پوشش، و نرخ متابولیک که به روش‌های مختلف آزمایشگاهی، ریاضی، تجربی و عددی محاسبه شده اند در حال تغییر می‌باشد. هدف از این مطالعه، بهینه‌سازی سیستم گرمایش ترکیبی (هیبریدی) در یک ساختمان مسکونی به منظور کاهش اتلافات حرارتی در ساختمان هم‌زمان با تامین آسایش حرارتی می‌باشد. در سیستم هیبریدی، از سیستم گرمایش جابجایی برای چرخش جریان هوا، تامین رطوبت و گرمایش اولیه تا مقدار مناسب و از گرمکن تابشی جهت تامین آسایش حرارتی استفاده می‌شود. برای شبیه‌سازی، یک مانکن مجازی با ابعاد و شکل فیزیولوژیکی واقعی به صورت ایستاده درون یک اتاق قرار گرفته است. برای بررسی میدان جریان، انتقال حرارت و آسایش حرارتی معادلات حاکم حل شده و سیستم برای توابع هدف مختلف بهینه شده است. روش بهینه‌سازی مبتنی بر طراحی آزمایشات که به روش دو سطحی موسوم است برای پیش‌بینی مقادیر اولیه برای توابع هدف مختلف در سیستم‌های تهویه مطبوع منجر به یافتن جواب‌های دقیق می‌شود. این سیستم در اقلیم‌های مختلف استفاده و بررسی شده است. هم‌چنین تاثیر پارامترهای ورودی موثر بر آسایش حرارتی به صورت جداگانه و ترکیبی بر توابع هدف مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهند که بهینه‌نمودن پارامترهای ورودی بر اساس توابع هدف مورد نظر علاوه بر بهینه‌سازی سیستم گرمایشی باعث تامین شرایط آسایش و بهینه شدن مصرف انرژی می‌شود. در سیستم هیبریدی توزیع جریان اطراف شخص همگن شده و در سرعت کمتر ضمن تامین آسایش، میزان اتلافات حرارتی تا ۲۵ درصد کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: گرمایش هیبریدی، آسایش حرارتی، اقلیم‌های مختلف، انتقال حرارت، بهینه‌سازی

۱	فهرست علایم و نشانه‌ها.....
ز	فهرست جداول.....
د	فهرست شکل‌ها.....
۱	فصل اول پیشینه و اصول آسایش حرارتی
۲	۱-۱- مقدمه
۸	۲-۱- نحوه گرمایش و سرمایش ساختمان به‌طور کلی
۹	۱-۲-۱- رده بندی سیستم‌های سرمایش و گرمایش
۹	۱-۲-۱-۱- رده بندی بر اساس عملکرد اصلی
۱۰	۱-۲-۱-۲- رده بندی بر اساس فصول سال
۱۱	۱-۲-۱-۳- رده بندی بر اساس چیدمان تجهیزات
۱۲	۱-۲-۲- اجزاء سیستم‌های سرمایش و گرمایش
۱۴	۳-۱- پیشینه تحقیق
۲۴	۴-۱- بهینه‌سازی و کاربرد آن در مهندسی
۲۷	۱-۴-۱- متغیرهای طراحی برای بهینه‌سازی
۲۸	۱-۴-۲- قیود طراحی و تابع هدف
۲۹	۱-۴-۳- روش‌های بهینه‌سازی
۳۰	۵-۱- آسایش حرارتی و عوامل موثر بر آن
۳۲	۶-۱- شاخص‌های استاندارد آسایش حرارتی
۳۳	۱-۶-۱- شاخص پی‌ام‌وی (میانگین رأی افراد).....
۳۵	۱-۶-۲- شاخص احساس حرارتی افراد
۳۸	۱-۶-۳- نارضایتی حرارتی و عوامل ایجاد کننده آن
۳۹	۱-۶-۳-۱- گرادیان عمودی دما.....
۴۰	۱-۶-۳-۲- کوران
۴۰	۱-۶-۳-۳- تابش نامتقارن
۴۱	۱-۶-۳-۴- دمای کف
۴۳	۷-۱- چگونگی ایجاد شرایط آسایش حرارتی در سیستم‌های سرمایش و گرمایش تابشی
۴۵	۸-۱- چگونگی ایجاد شرایط آسایش حرارتی سیستم‌های سرمایش و گرمایش جابجایی
۴۶	۹-۱- چگونگی ایجاد شرایط آسایش حرارتی سیستم‌های سرمایش و گرمایش ترکیبی
۴۷	۱۰-۱- روش‌های بهینه‌سازی آسایش حرارتی و مصرف انرژی در مناطق مسکونی

۴۷	۱-۱۰-۱- کنترل کوران
۴۸	۲-۱۰-۱- ایجاد شرایط آسایش تطبیقی
۴۸	۳-۱۰-۱- انتخاب پوشش مناسب برای کف
۴۹	۱۱-۱- محدود کردن دامنه نوسانات نقطه کنترل دما
۵۰	فصل دوم مدل سازی
۵۱	۱-۲- تعریف مساله
۵۳	۱-۲-۱- مدل هندسی مسئله
۵۸	۲-۲- شبکه محاسباتی
۶۵	فصل سوم معادلات حاکم و روش حل
۶۶	۱-۳- معادلات حاکم
۶۷	۱-۳-۱- معادلات حاکم بر میدان جریان
۶۷	۱-۳-۱-۱- معادله بقای جرم
۶۸	۱-۳-۱-۲- معادله مومنتوم
۶۸	۱-۳-۱-۳- معادله انرژی
۶۹	۱-۳-۱-۴- معادله انتقال جرم
۶۹	۱-۳-۲- حل معادله بقای جرم، مومنتوم، انرژی و اجزاء
۷۰	۱-۳-۱-۲- خطی سازی و مجزاسازی
۷۳	۱-۳-۲-۲- مدل بکارگرفته شده برای مدل سازی جریان مغشوش
۷۵	۱-۳-۲-۱- حل معادلات انتقال حرارت تابشی
۷۶	۱-۳-۱-۲- مزایا و معایب مدل های تابشی
۷۸	۱-۳-۲-۲- رفتار شرایط مرزی روی دیوارهای مات
۷۹	۱-۳-۲-۳- رفتار شرایط مرزی در دیوارهای نیمه شفاف
۸۰	۱-۳-۲-۱- دیوارهای نیمه شفاف داخلی
۸۱	۱-۳-۲-۲- دیوارهای نیمه شفاف خارجی
۸۳	۱-۳-۳- معادلات فیزیولوژیکی حاکم بر مدل
۸۴	۱-۳-۱- متابولیسم
۸۵	۱-۳-۲- کار خارجی
۸۵	۱-۳-۳- اتلاف گرما از طریق تبخیر در سطح پوست
۸۶	۱-۳-۴- اتلاف حرارت به واسطه تنفس
۸۷	۱-۳-۵- انتقال حرارت تابشی
۸۸	۱-۳-۶- انتقال حرارت جابجایی

۱-۳-۷	پیش بینی آسایش حرارتی	۸۹
۳-۱-۴	معادلات و روش بهینه‌سازی مورد استفاده	۹۰
۳-۱-۴-۱	طرح 2 ² ساده‌ترین روش برای مدل‌های دو عاملی	۹۱
۳-۱-۴-۲	نمودار پارتو و تحلیل رگرسیون	۹۳
۳-۱-۴-۳	چگونگی انجام بهینه‌سازی	۹۴
۳-۱-۵	شرایط مرزی	۹۵
۳-۱-۵-۱	شرایط مرزی سطح بدن مانکن حرارتی	۹۵
۳-۱-۵-۲	شرط مرزی دیوارها	۹۶
۳-۱-۵-۳	شرط مرزی ورودی و خروجی	۹۶
	فصل چهارم نتایج	۹۸
	۱-۴-۱ اعتبار سنجی نتایج	۹۹
	۲-۴-۲ بررسی استقلال نتایج از شبکه حل	۱۰۳
	۳-۴-۳ بررسی نتایج	۱۰۵
۳-۴-۱	استفاده از سیستم هیبریدی برای گرمایش	۱۰۶
۳-۴-۱-۱	توزیع سرعت، دما و رطوبت نسبی برای سیستم هیبریدی در حالت سوم	۱۰۸
۳-۴-۱-۱	آسایش حرارتی و میزان اتلاف حرارتی	۱۱۱
۳-۴-۲	موقعیت مکانی بهینه برای سیستم هیبریدی	۱۱۳
۳-۴-۱-۲	مکان‌یابی بهترین موقعیت قرارگیری گرمکن تابشی در راستای عمودی با مطالعه پارامتری	۱۱۳
۳-۴-۲-۲	مکان‌یابی بهترین موقعیت قرارگیری گرمکن تابشی در راستای طولی با مطالعه پارامتری	۱۱۴
۳-۴-۲-۳	مکان‌یابی بهترین موقعیت قرارگیری گرمکن تابشی در راستای عرضی با مطالعه پارامتری	۱۱۴
۳-۴-۲	بررسی تاثیر پارامترهای ورودی بر آسایش حرارتی	۱۱۷
۳-۴-۱-۲	تاثیر تغییر دمای هوای ورودی در آسایش حرارتی	۱۲۹
۳-۴-۳	بهینه‌سازی سیستم هیبریدی	۱۳۰
۳-۴-۴	بررسی تاثیر هم‌زمان دو پارامتری بر توابع هدف	۱۳۴
۳-۴-۵	تاثیر تغییر دما و سطح گرمکن بر شارهای جابجایی، تبخیری و تنفسی از سطح بدن	۱۳۷
۳-۴-۶	تاثیر سیستم گرمایش هیبریدی بهینه در اقلیم‌های مختلف ایران جهت تامین آسایش حرارتی	۱۳۹
۳-۴-۱-۶	بررسی تغییرات سرعت و دمای ورودی بر شاخص پی‌ام‌وی و میزان اتلاف حرارت کلی از مانکن	۱۴۰
۳-۴-۲-۶	بررسی تغییر اقلیم بر شاخص پی‌ام‌وی و میزان اتلاف حرارت از اتاق و مانکن	۱۴۲
۳-۴-۳-۶	مقایسه بین اتلاف حرارت اجزای مختلف مانکن در سیستم هیبریدی و سایر سیستم‌های متداول در اقلیم ۳	۱۴۴
۳-۴-۲-۶	بررسی میزان اتلافات مختلف جابجایی، تابشی، تعریق، تبخیر از مانکن در اقلیم ۳ و ۱	۱۴۵
۳-۴-۷	میزان عوامل نارضایتی حرارتی در سیستم‌های هیبریدی	۱۴۶

۱۴۹.....	۴-۳-۸- تاثیر افزایش تعداد گرمکن‌ها در آسایش حرارتی
۱۵۱	۴-۴- نتیجه‌گیری نهایی
۱۵۴	۴-۵- پیشنهادات
۱۵۵	۵- لیست مقالات چاپ شده در مجلات علمی و پژوهشی و کنفرانس‌های بین‌المللی
۱۵۶	فهرست منابع و مآخذ:

فهرست علائم و نشانه‌های انگلیسی

عنوان	علامت اختصاری
سطح بدن	A_D
حرارت جابجایی	C
انتقال حرارت توسط جابه‌جایی از پوست	C_{sk}
ظرفیت گرمایی بدن	$C_{p,b}$
اتلاف حرارت از طریق تنفس به روش جابه‌جایی	C_{res}
ضریب پخش گرمی ذرات	$D_{j,m}$
ضریب پخش اغتشاشی	$D_{T,j}$
انرژی کل، (W/m^2)	E
نرخ تبادل حرارت تبخیری در تنفس، (W/m^2)	E_{res}
گرمای تبخیری از سطح پوست، (W/m^2)	E_{sk}
نیروهای خارجی، (N)	F
ضریب پوشش	f_{cl}
کسر پختی	f_d
شتاب جاذبه، (N/m^2)	\bar{g}
آنتالپی محسوس، (W/m^2)	h
ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی	h_c
بردار تانسور واحد	I
پخش حرارتی ذرات	\vec{J}_j
ضریب هدایتی موثر	k_{eff}
انتقال حرارت توسط هدایت از پوست	K_{sk}
ضریب هدایت حرارتی اغتشاشی	k_t
کل بار حرارتی بدن، (W/m^2)	L
جرم بدن	M
نرخ متابولیسم، (W/m^2)	M
گرمای ناشی از فعالیت بدنی	M_a
کمترین گرمای متابولیکی	M_b
گرمای متابولیکی ناشی از وضعیت قرار گیری بدن	M_p

P	فشار بخار در سطح پوست، (Pa)
P_a	فشار جزئی بخار در محیط، (Pa)
$PD_{draught}$	نارضایتی ناشی از کوران
PMV	متوسط آرای پیش بینی
PPD	درصد نارضایتی پیش بینی
q_c	اتلاف حرارت هدایت، (W/m^2)
$Q_{cr,sk}$	میزان تبادل حرارت بین هسته مرکزی و پوست
q_{res}	نرخ تبادل حرارت جابجایی نبخیری، (W/m^2)
R	حرارت تابشی
R_{cl}	مقاومت کل لایه‌های پوشش
R_{sk}	انتقال حرارت توسط تابش از پوست
RTE	معادله انتقال حرارت تابشی
S	ذخیره انرژی در بدن
Sc_t	عدد اسمیت
S_h	منبع حرارتی حجمی، (W/m^2)
T	دمای محیط، (K)
T_a	دمای هوا
t_{cl}	دمای سطح لباس
T_{comf}	دمای آسایش
T_{cr}	دمای مرکز بدن
T_{mrt}	دمای متوسط تابش
T_{out}	دمای بیرونی
T_{sk}	دمای پوست
\vec{V}	بردار سرعت
v_a	سرعت جریان هوا
v_{ar}	سرعت با در نظر گرفتن فعالیت بدنی و جابجایی شخص
W	رطوبت نسبی پوست
W	میزان فعالیت بدنی
Y_j	کسر جرمی ذرات

فهرست علائم و نشانه‌های یونانی

علائم اختصاری	عنوان
Γ	کسر تجمع جرمی در ناحیه پوست
"	زمان
v	ضریب صدور
\dagger	ثابت استفان بولتزمن
v_w	ضریب صدور دیوار
\sim	ویسکوزیته، $(N.s/m^2)$
...	چگالی، (Kg/m^3)
\equiv	تانسور تنش
\ddagger	تانسور موثر
\ddagger_{eff}	لزجت، $(N.s/m^2)$
\sim	لزجت اغتشاشی، $(N.s/m^2)$
\sim_t	

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۳۵	شکل ۱-۱- مدل دو لایه‌ای گاج و تبادل انتقال حرارت حاکم بر بدن [۱۳]
۳۸	شکل ۱-۲- تغییرات مقدار پی پی دی بر اساس پی ام وی [۶۲]
۳۹	شکل ۱-۳- میزان درصد نارضایتی ناشی از گرادیان عمودی دما بر حسب اختلاف دمای هوا در بالاترین و پایینترین نقطه بدن [۷]
۴۱	شکل ۱-۴- میزان درصد نارضایتی ناشی از تابش نامتقارن با نوع سطوح تابشگر و میزان دمای تابش نامتقارن [۷]
۴۲	شکل ۱-۵- رابطه بین نارضایتی حرارتی موضعی در ناحیه کف پا با دمای کف [۷]
۵۴	شکل ۲-۱- مدل هندسی مورد مطالعه
۵۵	شکل ۲-۲- ابعاد درب و پنجره
۵۷	شکل ۲-۳- اجزای مدل حرارتی
۶۱	شکل ۲-۴- شبکه بندی مثلثی بی سازمان
۶۲	شکل ۲-۵- شبکه بندی حل بر روی سطح بدن مانکن مجازی
۶۳	شکل ۲-۶- شبکه محاسباتی در اطراف مدل در صفحه میانی
۷۸	شکل ۳-۱- تشعشع در مدل DO روی دیوار مات [۷۷]
۸۰	شکل ۳-۲- تشعشع DO روی دیوار نیمه شفاف داخلی [۷۷]
۸۲	شکل ۳-۳- تشعشع روی دیوار نیمه شفاف خارجی در روش DO [۷۷]
۸۲	شکل ۳-۴- جهت و عرض پرتو در دیواره نیمه شفاف خارجی [۷۷]
۸۸	شکل ۳-۵- ضریب دید میانگین برای حالات نشسته و ایستاده [۱۶].
۹۱	شکل ۳-۶- طرح هندسی مدل دو عاملی
۹۹	شکل ۴-۱- ابعاد درب و پنجره و گرمکن تابشی مورد استفاده در مطالعه کلیک و سویلجن [۷۸]
۱۰۰	شکل ۴-۲- مدل کلیک و سویلجن [۷۸]
۱۰۱	شکل ۴-۳- مدل مورد بررسی در این تحقیق
۱۰۲	شکل ۴-۴- مقایسه سرعت به دست آمده با نتایج عددی و تجربی کلیک و سویلجن [۷۸]
۱۰۲	شکل ۴-۵- مقایسه دمای به دست آمده با نتایج عددی و تجربی کلیک و سویلجن [۷۸]
۱۰۳	شکل ۴-۶- مقایسه رطوبت نسبی به دست آمده با نتایج تجربی کلیک و سویلجن [۷۸]
۱۰۴	شکل ۴-۷- تغییرات دمای میانگین حجمی اتاق نسبت به تغییرات تعداد سلول های حجمی
۱۰۵	شکل ۴-۸- تغییرات رطوبت نسبی میانگین اتاق نسبت به تغییرات تعداد سلول های حجمی

۱۰۹	شکل ۴-۹- توزیع سرعت برای سیستم هیبریدی در حالت سوم
۱۰۹	شکل ۴-۱۰- ناحیه سکون جریان برای حالت‌های مختلف قرارگیری ورودی و خروجی [۸۲]
۱۱۰	شکل ۴-۱۱- توزیع دما برای سیستم هیبریدی در حالت سوم
۱۱۱	شکل ۴-۱۲- توزیع رطوبت نسبی برای سیستم هیبریدی در حالت بهینه سوم
۱۱۵	شکل ۴-۱۳- الف شار کلی خروجی از بدن در حالتی که گرمکن تابشی روی دیوار مقابل قرار دارد.
۱۱۵	شکل ۴-۱۳- ب شار کلی خروجی از بدن در حالتی که گرمکن تابشی روی دیوار جانبی قرار دارد
۱۱۷	شکل ۴-۱- مکان بهینه برای قرارگیری گرمکن تابشی در اتاق در سیستم هیبریدی
۱۱۹	شکل ۴-۱۵- الف نمودار پارتو تاثیر عوامل ورودی بر شار کلی
۱۲۱	شکل ۴-۱۵- ب نمودار نرمال تاثیر عوامل ورودی بر شار کلی
۱۲۲	شکل ۴-۱۶- نمودار پارتو تاثیر عوامل ورودی بر شار تابشی
۱۲۳	شکل ۴-۱۷- نمودار نرمال تاثیر عوامل ورودی بر شار تابشی
۱۲۴	شکل ۴-۱۸- نمودار پارتو تاثیر عوامل ورودی بر رطوبت نسبی
۱۲۵	شکل ۴-۱۹- نمودار نرمال تاثیر عوامل ورودی بر رطوبت نسبی
۱۲۶	شکل ۴-۲۰- نمودار پارتو تاثیر عوامل ورودی بر شاخص پی‌ام‌وی
۱۲۷	شکل ۴-۲۱- نمودار نرمال تاثیر عوامل ورودی بر شاخص پی‌ام‌وی
۱۲۸	شکل ۴-۲۲- نمودار پارتو تاثیر عوامل ورودی بر شاخص پی‌پی‌دی
۱۲۹	شکل ۴-۲۳- نمودار نرمال تاثیر عوامل ورودی بر شاخص پی‌پی‌دی
۱۳۰	شکل ۴-۲۴- تغییرات پی‌ام‌وی با افزایش دمای هوای ورودی به اتاق (برای مساحت و دمای سطح گرمکن A و φ ۵۰)
۱۳۲	شکل ۴-۲۵- نمودار بهینه‌سازی
۱۳۴	شکل ۴-۲۶- تاثیر هم‌زمان سطح و دمای گرمکن بر شار کلی
۱۳۵	شکل ۴-۲۷- تاثیر هم‌زمان سطح و دمای گرمکن بر شار تابشی
۱۳۶	شکل ۴-۲۸- تاثیر هم‌زمان سطح و دمای گرمکن بر شاخص پی‌ام‌وی
۱۳۶	شکل ۴-۲۹- تاثیر هم‌زمان سطح و دمای گرمکن بر رطوبت نسبی
۱۳۷	شکل ۴-۳۰- شار جابجایی تنفسی از بدن
۱۳۸	شکل ۴-۳۱- شار تبخیری تنفسی از بدن
۱۳۸	شکل ۴-۳۲- شار جابجایی از بدن
۱۳۹	شکل ۴-۳۳- شار تبخیری پوست از سطح بدن
۱۴۱	شکل ۴-۳۴- تاثیر تغییر سرعت و دمای هوای ورودی بر شار کلی
۱۴۲	شکل ۴-۳۵- تاثیر تغییر سرعت و دمای هوای ورودی بر آسایش
۱۴۷	شکل ۴-۳۶- نارضایتی ناشی از کوران در راستای عمودی
۱۴۸	شکل ۴-۳۷- دمای تابش نامتقارن

۱۴۸	شکل ۴-۳۸- تغییرات دما در راستای عمودی
۱۵۰	شکل ۴-۳۹- الف اتاق با یک گرمکن
۱۵۰	شکل ۴-۳۹- ب اتاق با دو گرمکن
۱۵۰	شکل ۴-۳۹- ج اتاق با سه گرمکن
۱۵۱	شکل ۴-۴۰- تغییرات بی ام وی با افزایش نوع و تعداد گرمکن‌ها
۱۵۱	شکل ۴-۴۱- تغییرات شار حرارت اتلافی از دیوارها با افزایش نوع و تعداد گرمکن‌ها

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۲۳	جدول ۱-۱ خلاصه کارهای انجام شده تا کنون در زمینه آسایش حرارتی و تبادل گرمای بین انسان و محیط
۳۱	جدول ۲-۱ شرایط آسایش در حالت‌های مختلف [۶۱]
۳۴	جدول ۳-۱ دستورالعمل تأسیساتی اشرفی در مدل فنگر [۷]
۳۷	جدول ۴-۱ دستورالعمل تأسیساتی اشرفی در مدل گاج [۷]
۴۲	جدول ۵-۱ محدوده مجاز دما برای کف‌های مختلف [۶۱]
۵۸	جدول ۱-۲ نام و مساحت اجزای مختلف مدل
۷۶	جدول ۱-۳ روش‌های شبیه‌سازی انتقال حرارت تابشی
۸۴	جدول ۲-۳ گرمای متابولیکی ناشی از وضعیت قرارگیری [۴۸]
۸۴	جدول ۳-۳ گرمای ناشی از فعالیت بدنی [۴۸]
۹۱	جدول ۴-۳ ماتریس طرح مدل دو عاملی
۹۷	جدول ۵-۳ شرایط مرزی اعمال شده در مدل‌سازی
۱۱۲	جدول ۲-۴ نرخ اتلاف حرارت از بدن و اتاق و مقادیر پی‌ام‌وی
۱۱۳	جدول ۳-۴ مقایسه نتایج در دو موقعیت در راستای عمودی
۱۱۴	جدول ۴-۴ مقایسه نتایج در دو موقعیت در راستای طولی
۱۱۶	جدول ۵-۴ مقایسه نتایج در دو موقعیت قرارگیری گرمکن بر روی دیوار جانبی و مقابل
۱۱۸	جدول ۶-۴ مقادیر پارامترهای ورودی موثر بر آسایش حرارتی
۱۳۱	جدول ۷-۴ محدوده تغییرات توابع هدف
۱۴۰	جدول ۸-۴ شرایط محیط در اقلیم‌های مختلف [۸۳]
۱۴۲	جدول ۹-۴ تاثیر اقلیم بر آسایش حرارتی و اتلافات
۱۴۳	جدول ۱۰-۴ تاثیر سیستم هیبریدی بر آسایش حرارتی در اقلیم‌های مختلف
۱۴۴	جدول ۱۱-۴ مشخصات انتقال حرارت برای دو سیستم
۱۴۶	جدول ۱۲-۴ نرخ اتلاف حرارت از بدن و اتاق و مقادیر پی‌ام‌وی

فصل اول

پیشینه و اصول آسایش

حرارتی

۱-۱- مقدمه

محدودیت منابع انرژی و تخریب‌های زیست محیطی ناشی از مصرف بی رویه منابع انرژی، از مشکلات اساسی فراروی جوامع بشری است. عدم استفاده بهینه از این منابع نیز مشکلات بیشتری را ایجاد نموده است. از آنجاکه بخش ساختمان، بیشترین مقدار مصرف انرژی سالیانه را به خود اختصاص داده است در نتیجه بهینه-سازی مصرف انرژی در این بخش از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است.

ایران با داشتن یک درصد جمعیت جهان بیش از نه درصد نفت و گاز دنیا را مصرف می‌کند. میزان رشد مصرف انرژی در جهان سالیانه یک تا دو درصد و در ایران پنج تا هشت درصد بوده است؛ یعنی ایران بیش از پنج برابر متوسط رشد مصرف جهانی، انرژی مصرف می‌کند [۱].

تحقیقات نشان داده است که تقریباً ۳۸ درصد کل انرژی مصرفی در ایران در بخش ساختمان است که تقریباً ۳۹ درصد آن از گاز طبیعی و مابقی از الکتریسیته تامین می‌شود [۲].

مقایسه میزان مصرف سرانه انرژی بین کشورهای توسعه یافته و ایران، نشان داده که در ایران میزان مصرف انرژی به ازای هر متر مربع در بخش ساختمان و مسکن، ۲/۶ تا ۴ برابر این مقدار در کشورهای صنعتی است [۳].

آمار ارایه شده، نشان‌دهنده فاصله بسیار زیاد مصرف انرژی در بخش ساختمان در کشور با استانداردهای جهانی است. این شرایط به دلایل مختلفی از جمله سیاست‌گذاری‌های نادرست در زمینه انرژی، ساخت و سازهای غیر استاندارد، نبودن نظارت بر اجرای استانداردهای ساختمان، عدم دقت در تعیین بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان، عدم توجه به پایین بودن راندمان تجهیزات تأسیسات ساختمانی، بکار نگرفتن وسائل کنترل

کننده و همچنین استفاده نکردن از کاهنده‌های مصرف انرژی و غیر بومی بودن استانداردهای آسایش حرارتی به وجود آمده است. به گونه ای که بر اساس آمارهای منتشره سازمان بهره وری انرژی (سابا) با صرف بیش از ۳۸ درصد کل انرژی کشور در بخش ساختمان هزینه‌ای معادل ۳۰ درصد درآمد حاصل از فروش نفت به آن اختصاص داده شده است که ۷۰ درصد کل انرژی مصرف شده در ساختمان صرف گرمایش و سرمایش می‌شود. یعنی بالغ بر ۲۱ درصد درآمد حاصل از فروش نفت فقط به گرمایش و سرمایش اختصاص می‌یابد [۴].

امروزه، با اعمال روش‌های نوین و یافتن راهکارهای مناسب و کارا برای حفظ منابع انرژی، می‌توان درصد بالایی از سوخت مصرفی برای تأمین گرمایش و یا سرمایش ساختمان را کاهش داد. بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان از اهمیت خاصی برخوردار است. در فرایندهای بهینه سازی مصرف انرژی در سیستم‌های سرمایش و گرمایش ساختمان، بر خلاف سایر سیستم‌های تبدیل انرژی، عوامل محدود کننده‌ای مانند شرایط آسایش حرارتی تاثیرگذار می‌باشند.

نوع شرایط هوای بیرون (میزان دما، رطوبت، جهت و میزان وزش باد) تأثیر زیادی بر تعیین بارهای گرمایشی و سرمایشی و میزان انتقال حرارت ساختمان، یا انتقال حرارت بیرون دارد، لذا لزوم استانداردسازی این شرایط و تعیین شرایط استاندارد شده هوا برای تک تک شهرها و مناطق مختلف ایران دارای اهمیت ویژه‌ای است. متأسفانه در ایران، معمولاً برای محاسبه بارها، بدترین شرایط دمایی و رطوبتی ملحوظ و در نهایت میزان انرژی مورد نیاز فراتر از حد واقعی محاسبه می‌شود. به طوری که برای شرایط آسایش در داخل ساختمان، میزان انرژی گرمایشی در حالت استاندارد شده حداقل ۱۵ درصد و مقدار انرژی سرمایشی در حدود ۲۱ درصد کمتر از حالت متداول است [۵].