بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک (تبدیل انرژی)

عنوان

شبیه سازی عددی میدان جریان و انتقال حرارت در یک اتاق با پانل سرمایش تشعشعی

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر حسین خراسانی‌زاده

استاد مشاور:

جناب آقای دکتر قنبرعلی شیخ‌زاده

به وسیله:

امیررضا صابونچی

خردادماه ۱۳۸۹

تقدیم به :

پدر و مادر عزیز و مهربانم که از هیچگاه از بذل عشق و ایثاردر حق من دریغ نکردند.

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خدای را که توفیق کسب دانش و معرفت را به ما عطا فرمود. در اینجا بر خود لازم می‌دانم از تمامی اساتید بزرگوار بویژه اساتید دوره کارشناسی ارشد که در طول سالیان گذشته مرا در تحصیل علم و معرفت و فضایل اخلاقی یاری نموده‌اند تقدیر و تشکر نمایم.

اکنون که با لطف حضرت احدیت این پروژه به اتمام رسیده است در آغاز این دفتر لازم می‌دانم از زحمات ارزشمند اساتید بزرگوار جناب آقای دکتر خراسانی زاده که راهنمایی اینجانب را در انجام تحقیق، پژوهش و نگارش این پایان نامه تقبل نموده‌اند و جناب آقای دکتر شیخ زاده بعنوان مشاور که با راهنمایی خود مرا مورد لطف و عنایت قرار داده‌اند نهایت تشکر و سپاسگذاری را بعمل آورم.

همچنین از اعضای محترم کمیته داوری جناب آقای دکتر علی عارف منش و جناب آقای دکتر عباسیان قدردانی و تشکر می‌گردد.

در پایان از آقای مهندس هادی بت شکن و کلیه کسانی که در به ثمر رسیدن این پروژه مرا یاری نمودند کمال تشکر را دارم.

چکیده

با افزایش روز افزون جمعیت، توسعه و کاهش منابع انرژی، مصرف بهینه انرژی در همه زمینه‌ها از جمله در بخش ساختمان و سیستمهای گرمایش و سرمایش اهمیت پیدا نموده است. سیستم سرمایش تشعشعی یکی از روشهای مدرن در سرمایش ساختمانها می‌باشد، که در مقایسه با سایر سیستمهای سرمایشی نه تنها در صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف انرژی، بلکه در مقوله رفاه و آسایش ساکنین ساختمانها دارای نقاط قوت بسیاری می‌باشد. در این تحقیق میدان جریان و توزیع دما در یک اتاق با پانل سرمایش تشعشعی، با استفاده از نرم‌افزار فلوئنت شبیه‌سازی عددی شده است. اتاقی با ابعاد ۳×۳×۳ متر با دو دیوار خارجی (شرقی و شمالی)، پنجره‌ای به ابعاد ۱×۱ متر روی دیوار شرقی و سایر سطوح به عنوان جداره‌های داخلی، در نظر گرفته شده است. مدلسازی‌ها هم برای وضعیتی که تمام سقف یا تمام یک دیوار به عنوان پانل سرمایش تشعشعی باشد، انجام شده و نتایج با هم مقایسه شده‌اند. همچنین بررسی تاثیر حضور ساکنین با در نظر گرفتن یک مکعب در مرکز اتاق که از آن شار حرارتی ثابتی خارج می شود انجام شده است. به منظور بررسی تاثیر دمای طرح خارج نیز، مدلسازی‌ها برای دو شهر تهران و سمنان انجام شده است. سرعت هوا داخل اتاق ناچیز و جریان غیرقابل تراکم در نظر گرفته شده است. با حل معادلات حاکم (معادلات پیوستگی، مومنتم و انرژی) همراه با معادله تابش با استفاده از تقریب بوزینسک، مدل تشعشعی جهات مجزا، مدل $K-\varepsilon$ استاندارد و روش سیمپل، میدان جریان و دما بدست آمده است. نتایج حاکی است برای وضعیت قرارگیری پانل در سقف حداقل ۵۸٪ از انتقال حرارت از پانل، بصورت تشعشعی صورت می‌گیرد. مچنین با استفاده از سیستم پانل سرمایش سقفی یا دیواری، توزیع دمای عمودی و افقی در اتاق تقریباً یکنواخت بوده و میانگین سرعت هوا در اتاق کمتر از ۰/۲ متر بر ثانیه می‌باشد. برای شرایط مطالعه شده در این تحقیق پانل سرمایشی دیواری، علیرغم مصرف کمتر انرژی، شرایط آسایش حرارتی را بهتر از پانل سرمایشی سقفی تامین نموده است.

کلمات کلیدی: آسایش حرارتی، سرمایش تشعشعی سقفی، سرمایش تشعشعی دیواری

فـهـرست مـطـالـب

عـنـو ا ن صفـحـه

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ مروری بر کارهای انجام شده ۴

۱-۳ هدف و روش انجام این پژوهش ۱۲

فصل دوم: سیستم سرمایش تشعشعی ۱۴

۲-۱ مقدمه ۱۵

۲-۲ مشخصات، کاربردها و ویژگی های سیستم‌های سرمایش تشعشعی ۱۵

۲-۳ آسایش حرارتی ۲۰

۲-۳-۱ فاکتور های محیطی ۲۱

فصل سوم: معادلات حاکم ۲۲

۳-۱ مقدمه ۲۳

۳-۲ معادله پیوستگی ۲۴

۳-۳ معادله مومنتم ۲۴

۳-۴ معادله انرژی ۲۵

۳-۵ معادله انتقال حرارت تابشی ۲۶

۳-۶ معادله شار تابش ۲۷

۳-۷ جریان مغشوش ۲۹

۳-۷-۱ ماهیت اغتشاش ۲۹

۳-۷-۲ انرژی جنبشی اغتشاش و افت آن ۲۹

۳-۷-۳ مدلهای اغتشاش ۳۰

۳-۷-۴ مدلهای دومعادله‌ای $k-\varepsilon$ ۳۱

۳-۷-۴-۱ مدلسازی تولید اغتشاش در مدلهای $k-\varepsilon$ ۳۴
۳-۷-۴-۲ اثر شناوری بر اغتشاش در مدلهای $K-\varepsilon$ ۳۴
فصل چهارم: روشهای حل عددی و مدلسازی سه بعدی با شرایط مختلف ۳۶
۴-۱ مقدمه ۳۷
۴-۲ معرفی حجم محدود و ارائه کلیات آن ۳۷
۴-۲-۱ روش آپ‌ویند مرتبه ۱ ..... ۴۰
۴-۲-۲ روش آپ‌ویند مرتبه ۲ ..... ۴۰
۴-۲-۳ فرم خطی شدهٔ معادلهٔ مجزا ۴۱
۴-۲-۴ زیر تخفیف (*under – relaxation*) ۴۱
۴-۳ محاسبه میدان جریان ۴۲
۴-۴ شبکه‌بندی ۴۲
۴-۴-۱ شبکه‌بندی با سازمان ۴۳
۴-۴-۲ شبکه‌بندی بی‌سازمان ۴۴
۴-۵ الگوهای حل در فلوئنت ۴۵
۴-۵-۱ روش حل تفکیکی ۴۵
۴-۵-۲ روش‌حل پیوسته ۴۶
۴-۶ روشهای حل برای معادله انتقال تابشی ۴۷
۴-۶-۱ مدلهای تشعشعی در نرم افزار فلوئنت ۴۸
۴-۶-۱-۱ مدل انتقال مجزا (DTRM) ۴۹
۴-۶-۱-۲ مدل P1 ..... ۴۹
۴-۶-۱-۳ مدل Roseland ۵۰
۴-۶-۱-۴ مدل S2S سطح به سطح ۵۰
۴-۶-۱-۵ مدل جهات مجزا (Do) ۵۱
۴-۶-۲ خواص تابشی مورد نیاز در هر یک از مدلهای تابشی ۵۲
۴-۷ تشریح مدلسازی ۵۲
۴-۷-۱ مشخصات مدل‌ها در سرمایش تشعشعی سقفی و دیواری ۵۲

۴-۷-۲ شرایط مرزی سطوح ۵۶
۴-۷-۳ روش حل عددی ۵۹
فصل پنجم: بررسی نتایج ۶۰
۵-۱ مقدمه ۶۱
۵-۲ بررسی اعتبار و صحت نتایج ۶۱
۵-۳ انتخاب شبکه مناسب ۶۳
۵-۴ بررسی نتایج ۶۷
۵-۴-۱ توزیع دما ۶۷
۵-۴-۲ توزیع سرعت ۷۶
۵-۴-۳ اثر دمای طرح خارج ۸۰
۵-۴-۴ اثرات قابلیت جذب هوا ۸۳
۵-۴-۵ میزان مصرف انرژی ۸۶
۵-۴-۶ بررسی اثر حذف تابش ۸۹
۵-۵ جمع‌بندی و پیشنهادات ۹۰
فهرست مراجع ۹۲

فهرست شکلها

عنـو ان **صفـحه**

شکل(۲-۱): پانل فلزی با لوله‌های مسی ۱۷

شکل(۲-۲): نمونه‌هایی از آرایش لوله‌ها برای پانل سرمایش تشعشعی ۱۸

شکل(۳-۱): پروسه انتقال حرارت تابشی ۲۷

شکل(۴-۱): نمونه یک حجم کنترل در دامنه محاسبات ۳۹

شکل(۴-۲): دیاگرام فرایند روش حل تفکیکی ۴۶

شکل(۴-۳): دیاگرام فرایند روش حل پیوسته ۴۷

شکل(۴-۴): شماتیک کلی هندسه مدلهای سرمایش تشعشعی سقفی و دیواری ۵۴

شکل(۴-۵): جزئیات مصالح دیوارهای خارجی ۵۷

شکل(۴-۶): جزئیات پنجره دوجداره ۵۷

شکل(۵-۱): شبکه بندی ۹۵×۹۵×۹۵ با نسبت طولی ۱/۱ برای بررسی اعتبار نتایج ۶۲

شکل(۵-۲): نمودار ضریب انتقال حرارت جابجایی سقف بر حسب اختلاف دمای داخل محفظه و سقف ۶۳

شکل(۵-۳): نمونه‌ای از شبکه‌بندی‌های استفاده شده ۶۴

شکل(۵-۴): توزیع دما روی خط عمودی وسط اتاق (Z=1.5m و X=1.5m) در مدلهای A1 و B1 برای شبکه‌بندی‌های مختلف ۶۵

شکل(۵-۵): توزیع دما روی خط افقی به مختصات Z=1.5m و Y=1.7 در مدل C1 برای شبکه‌بندی‌های مختلف ۶۶

شکل(۵-۶): توزیع دما روی خط افقی به مختصات Z=1.5m و Y=1.7 در مدل D1 برای شبکه‌بندی‌های مختلف ۶۶

شکل (۵-۷): خطوط همدما در مقطع عمودی اتاق (صفحه XY و Z=1.5m) برای مدل‌های A1، A2، B1 و B2 ..... ۶۸

شکل (۵-۸): خطوط همدما در مقطع عمودی اتاق (صفحه XY و Z=1.5m) برای مدل‌های C1، C2، D1 و D2 ..... ۶۹

شکل (۵-۹): پروفیل دما روی خط عمودی وسط اتاق (Z=1.5m و X=1.5m) بدون مدل انسانی ۷۰

شکل (۵-۱۰): پروفیل دما روی خط افقی وسط اتاق (Z=1.5 و Y=1.5m) بدون مدل انسانی..... ۷۱

شکل (۵-۱۱): پروفیل دما در راستای چهار خط عمودی داخل اتاق با وجود مدل انسانی و دمای سطح سرد ۱۷°C در مدلهای C1 و D1 ..... ۷۲

شکل (۵-۱۲): پروفیل دما در راستای دو خط طولی داخل اتاق با وجود مدل انسانی و دمای سطح سرد ۱۷°C در مدلهای C1 و D1 ..... ۷۳

شکل(۵-۱۳): پروفیل دما در راستای دو خط عرضی داخل اتاق با وجود مدل انسانی و دمای سطح سرد ۱۷°C، در مدلهای C1 و D1 ..... ۷۴

شکل (۵-۱۴): پروفیل دما در راستای چهار خط عمودی داخل اتاق با وجود مدل انسانی و دمای سطح سرد ۱۹°C در مدلهای C2 و D2 ..... ۷۵

شکل (۵-۱۵): پروفیل دما در راستای دو خط طولی داخل اتاق با وجود مدل انسانی و دمای سطح سرد ۱۹°C در مدلهای C2 و D2 ..... ۷۵

شکل (۵-۱۶): پروفیل دما در راستای دو خط عرضی داخل اتاق با وجود مدل انسانی و دمای سطح سرد ۱۹°C در مدلهای C2 و D2 ..... ۷۶

شکل (۵-۱۷): توزیع سرعت روی خط عمودی وسط اتاق (Z=1.5m و X=1.5m) بدون مدل انسانی..... ۷۷

شکل (۵-۱۸): توزیع سرعت روی خط افقی وسط اتاق (Z=1.5 و Y=1.5m) بدون مدل انسانی ۷۷

شکل (۵-۱۹): توزیع سرعت در راستای چهار خط عمودی داخل اتاق با وجود مدل انسانی و دمای سطح سرد ۱۷°C در مدلهای C1 و D1 ..... ۷۸

شکل (۵-۲۰): توزیع سرعت در راستای دو خط طولی داخل اتاق با وجود مدل انسانی و دمای سطح سرد ۱۷°C در مدلهای C1 و D1 ..... ۷۸

شکل (۵-۲۱): توزیع سرعت در راستای دو خط عرضی داخل اتاق با وجود مدل انسانی و دمای سطح سرد ۱۷°C در مدلهای C1 و D1 ..... ۷۹

شکل (۵-۲۲): توزیع سرعت در راستای چهار خط عمودی داخل اتاق با وجود مدل انسانی و دمای سطح سرد ۱۹°C در مدلهای و C2 و D2..... ۷۹

شکل (۵-۲۳): توزیع سرعت در راستای دو خط طولی داخل اتاق با وجود مدل انسانی و دمای سطح سرد ۱۹°C در مدلهای C2 و D2 ..... ۸۰

شکل (۵-۲۴): توزیع سرعت در راستای دو خط عرضی داخل اتاق با وجود مدل انسانی و دمای سطح سرد ۱۹°C در مدلهای C2 و D2 ..... ۸۰

شکل(۵-۲۵): پروفیل دما در راستای عمودی اتاق با وجود مدل انسانی با دمای متفاوت پانل سرد، بر روی خطی با مختصات X=2 و Z=1.5 در شهرهای تهران و سمنان ۸۱

شکل(۵-۲۶): پروفیل دما در راستای طولی اتاق با وجود مدل انسانی با دمای متفاوت پانل سرد، بر روی خطی با مختصات Y=1.5 و Z=1 در شهرهای تهران و سمنان..... ۸۲

شکل(۵-۲۷): پروفیل دما در راستای عرضی اتاق با وجود مدل انسانی با دمای متفاوت پانل سرد، بر روی خطی با مختصات Y=1.5 و X=2 در شهرهای تهران و سمنان..... ۸۲

شکل(۵-۲۸): پروفیل سرعت در راستای عمودی اتاق با وجود مدل انسانی با دمای متفاوت پانل سرد، بر روی خطی با مختصات X=1 و Y=1.5 در شهرهای تهران و سمنان..... ۸۳

شکل(۵-۲۹): پروفیل سرعت در راستای طولی اتاق با وجود مدل انسانی با دمای متفاوت پانل سرد، بر روی خطی با مختصات Y=1.5 و Z=2 در شهرهای تهران و سمنان..... ۸۳

شکل (۵-۳۰): جذب در یک لایه گاز ۸۴

شکل (۵-۳۱): نمودار تغییرات نرخ انتقال حرارت کل و تشعشعی برحسب قابلیت جذب..... ۸۵

شکل (۵-۳۲): اثر افزایش قابلیت جذب بر پروفیل دما روی خط عمودی وسط اتاق (Z=1.5m و X=1.5m) در مدل A1 ..... ۸۶

شکل (۵-۳۳): نمودار اثر حذف تابش در مدل D1، روی پروفیل عمودی دما بر روی خطی با مختصات X=2 و Z=1.5..... ۸۹

فهرست جدولها

عنوان **صفحه**

جدول(۴-۱): مشخصات مدلها با توجه به وضعیت قرارگیری پانل سرمایشی تشعشعی، دمای پانل و وجود مدل انسانی..... ۵۵

جدول (۴-۲): دمای طرح خارج تابستانی و دمای نقطه شبنم برای دو شهر تهران و سمنان..... ۵۶

جدول (۴-۳): خواص فیزیکی هوا در دمای ۳۰۰K..... ۵۶

جدول (۴-۴): ضریب هدایت حرارتی سطوح[۲۸،۲۹،۳۱]..... ۵۸

جدول(۴-۵): مقادیر ضرائب انتقال حرارت کلی..... ۵۸

جدول(۵-۱): ابعاد و شرایط مرزی مورد نظر در مرجع [۱۶] برای بررسی اعتبار و صحت نتایج..... ۶۱

جدول(۵-۲): اثر افزایش تعداد نقاط شبکه بر نرخ و ضریب انتقال حرارت در سقف سرد..... ۶۲

جدول (۵-۳): اثرافزایش تعداد نقاط شبکه بر انتقال حرارت کلی و تابشی در مدلهای A1 و B1..... ۶۵

جدول (۵-۴): مقادیر نرخ انتقال حرارت کلی و تابشی روی سطح سرد در شهر تهران..... ۸۷

جدول (۵-۵): مقادیر نرخ انتقال حرارت کلی و تابشی روی سطح سرد در شهر سمنان..... ۸۷

فهرست علائم و اختصارات

h_{cc} : ضریب انتقال حرارت جابجایی در سقف سرد

T_i : درجه حرارت داخلی

T_c : درجه حرارت سطح پانل سرمایشی

h_{cr} : ضریب انتقال حرارت تشعشعی در سقف سرد

h_{ct} : ضریب انتقال حرارت کلی در سقف سرد

ρ : چگالی

h : انتالپی

μ : لزجت دینامیکی

ν : لزجت سینماتیکی

k : ضریب هدایت حرارتی

P : فشار

C_p : ظرفیت حرارتی

u : سرعت

F : نیروی حجمی

τ_{ij} : تنش‌های لزج

δ_{ij} : دلتای کرانکر

β : ضریب انبساط حجمی گرمایی

dV : المان حجمی

T_{ij} : تانسور تنش

$\emptyset$: تابع اتلاف

q : حرارت

$\vec{r}$: بردار موقعیت

$\vec{s}$: بردار جهت

$\vec{s'}$: بردار جهت پخش

α : ضریب جذب

σ_s : ضریب انتشار

I : شدت تشعشع

Φ : تابع فاز

Ω' : زاویه فضایی

n : ضریب شکست

λ : طول موج

σ : ثابت استفان بولتزمن

I_0 : شدت تابش در شروع مسیر

$\tau_{0\lambda}$: ضخامت نوری منوکروماتیک

Ra : عدد رایلی

Γ : ضریب پخش

$\overline{u'_i u'_i}$: تانسور اینرسی اغتشاش

K : انرژی جنبشی اغتشاش نوسانات

ε : افت انرژی اغتشاش

ω : نوسانات چرخش

S_{ij} : تنشهای اغتشاش

pr_t : عدد پرانتل توربولنت

Y_M : سهم انبساط نوسانات در اغتشاش تراکم پذیر

μ_t : لزجت اغتشاش

G_b : تولید انرژی جنبشی اعتشاش مربوط به شناوری

G_k : تولید انرژی جنبشی مربوط به گرادیان سرعت متوسط

فصل اول : مقدمه

۱-۱ مقدمه

رشد جمعیت، آسایش طلبی مردم، نیاز به استفاده و دسترسی به مواد، حرکت و ارتباطات، ساز و کارها و فناوریهایی که پاسخگوی خواسته‌های جمعیت رو به افزایش باشد تقاضای روز افزون انرژی و انگیزه‌های تامین این تقاضا را به دنبال دارد. از سوی دیگر، آگاهی از محدودیت منابع انرژی در دنیا باعث شده است که امروزه به موضوع استفاده بهینه از منابع انرژی توجه بیشتری شود. اگرچه پیشرفتهای مربوط به صرفه‌جویی در مصرف انرژی قلمرو وسیعی دارد، ولی ارزیابی راهکارها و روشهای قابل اطمینان این قلمرو، مستلزم مطالعات استقرائی، ارزیابی‌های فنی و برآوردهای تقریبی اوضاع تجاری و اقتصادی است. استفاده از منابع انرژی، اعم از تجدیدپذیر یا تجدید ناپذیر، تبعات زیست محیطی نیز به همراه دارد. به عبارت دیگر، در امر تبدیل و مهار انرژی، نمی‌توان از مقوله اثرات مخرب زیست محیطی و آسیبهایی که استفاده از سیستمهای تبدیل انرژی به محیط اطراف و اکو سیستم وارد می‌کنند صرف نظر نمود. تهیه و مصرف انرژی اثرات فراوان اجتماعی و زیست محیطی را به دنبال دارد. نظر به اینکه بخش اعظمی از مصرف سالیانه انرژی در کشور مربوط به بخش ساختمان است، لذا شناسایی راهکارهای لازم در جهت کاهش مصرف انرژی در ساختمان و بهبود بازدهی سیستمهای گرمایش و سرمایش ساختمانها از اهمیت بسزایی برخوردار است.

در طول سال‌هایی که قیمت انرژی در ایران و برخی کشورهای دیگر در سطح پایینی قرار داشته است، دوران عدم احساس مسؤولیت، عادت و فرهنگ مصرف بی‌رویه انرژی در کشورها رواج یافته است. مصرف انرژی در ایران با تلفاتی در حدود ۳۰ درصد، ضایعه‌ای بزرگ برای اقتصاد و توسعه آتی کشور محسوب می‌شود. از آنجا که بخش بزرگی از مصارف انرژی مربوط به بخشهای خانگی و تجاری با استفاده از انرژی الکتریکی است و با در نظر گرفتن راندمان پایین نیروگاه‌ها میزان اتلاف انرژی آشکارتر می‌گردد. توسعه یکی از علل مهم رشد مصرف انرژی

بشمار می‌آید، ولی توسعه برنامه ریزی شده باعث کاهش مصرف ویژه انرژی یا شدت مصرف انرژی (میزان انرژی مصرف شده برای هر واحد محصول) می‌شود. روند رشد مصرف انرژی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته نشان می‌دهد که کشور های درحال توسعه به دلیل عدم دسترسی به تکنولوژی‌های برتر در بخش‌های مختلف، از روند رشد سریع‌تری برخوردار هستند. درکشور ما نیز مصرف انرژی در بخش های مختلف از جمله خانگی، تجاری و صنعت بالاتر از میزان استانداردهای جهانی است. در این خصوص متوسط مصرف انرژی جهان در بخش ساختمان حدود ۳۰ درصد مصرف انرژی جهان را تشکیل می‌دهد اما در ایران این نسبت ۴۰ درصد یعنی۱۰ درصد بیش از میانگین جهانی است. براساس یک طرح تحقیقاتی انجام شده توسط وزارت نفت، مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی حدود ۱۵درصد کل مصرف انرژی است. در کشورهای در حال توسعه این رقم نزدیک به دو برابر کشورهای توسعه یافته است و در عوض این کشورها در ساختمانهای تجاری بیش از کشور های در حال توسعه انرژی مصرف می‌کنند. ساختمان‌ها و منازل مسکونی در ایران در حال حاضر به طور متوسط به ازای هر مترمربع ۳۱۰ کیلووات ساعت انرژی در سال مصرف می‌کنند، درحالی که استاندارد جهانی در این زمینه برای مناطقی با آب و هوایی مشابه ایران حدود ۱۲۰ کیلووات ساعت بر مترمربع است[۱].

صرف نظر از مقوله میزان مصرف انرژی، ایجاد شرایط آسایش حرارتی در محل سکونت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ایجاد محیطی سالم و مطبوع از دیرباز مورد توجه بشر بوده است. یکی از دستاوردهای مهم علوم و تکنولوژی جدید استفاده از سیستمهای تهویه مطبوع برای تامین شرایط آسایش حرارتی است. پیشرفت سریع علوم و تکنولوژی جدید، باعث شد که انسان بیش از ۹۰ درصد وقت خود را در محیط‌های بسته مانند کارخانه‌ها، مجتمع‌های مسکونی و وسائل نقلیه سپری کند. در این راستا روز به روز ضرورت دستیابی به سیستمهای گرمایشی و سرمایشی برای ایجاد شرایط سالم و مطبوع در ساختمانها پر رنگ‌تر می‌گردد. متأسفانه سیستم‌های عمومی و فراگیر تهویه مطبوع موجود در کشور بدلیل بهره‌گیری از تکنولوژی قدیمی فاقد کارآیی و راندمان لازم در بهینه سازی مصرف انرژی می‌باشند. بنابراین شناخت راهکارهای لازم برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان و بهبود عملکرد سیستمهای

گرمایش و سرمایش در جهت فراهم آوردن شرایط آسایش حرارتی از اهمیت بالایی برخوردار است[۱].

در این راستا یکی از سیستمهایی که مورد توجه قرار می‌گیرد سیستم پانل سرمایش تشعشعی می‌باشد. این سیستم می‌تواند راهکار مناسبی برای غلبه بر مشکلات و محدودیتهای سیستم‌های دیگر تهویه مطبوع باشد. این سیستم در مقایسه با سایر سیستمهای سرمایشی نه تنها در صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف انرژی، بلکه در مقوله رفاه و آسایش حرارتی ساختمانها دارای نقاط قوت بسیاری می‌باشد.

برخلاف سیستم معمول تهویه مطبوع که در آن انتقال حرارت منحصراً از طریق جابجایی اجباری هوا صورت می‌گیرد، مکانیزم انتقال حرارت در سیستم پانل سرمایش تابشی، از طریق دو فرایند انتقال حرارت تشعشعی و جابجایی طبیعی صورت می‌پذیرد. بدین ترتیب، حتی در صورت وجود بار گرمایی زیاد وسایل گرمازا، هیچگونه کوران هوایی جهت انتقال گرما وجود ندارد و از این رو آسایش بیشتری برای ساکنین فراهم می‌گردد[۲].

مدلسازی یک محل با پانل سرمایشی به درک بهتر میدان جریان و نحوه توزیع دما در آن محل کمک می‌کند.

از آنجا که انگیزه این تحقیق شناخت بهتر شرایط ایجاد شده با سرمایش تشعشعی می‌باشد لذا به بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه سیستم سرمایش تشعشعی پرداخته می‌شود.

۱-۲ مروری بر کارهای انجام شده

نیو و همکاران در سال ۱۹۹۵ نشان دادند که خنک کردن سطح داخلی سقف ساختمانها با استفاده از جریان آب سرد در لوله‌هایی که داخل سقف قرار گرفته‌اند، با توجه به اینکه سرمایش با آب به نرخ‌های کمتر و درجه حرارت بالاتر آب نیاز دارد، می‌تواند راه‌حل امیدبخشی در زمینه سرمایش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی باشد[۳].

اینگونه سیستم‌ها مستقیماً هوای داخل ساختمان را تحت تاثیر قرار می‌دهند. تمامی سیستم‌های تهویه مطبوع اعم از مسکونی، اداری یا صنعتی دو وظیفه اصلی را بسته به کاربرد ساختمان بر عهده دارند: وظیفه اول جبران بارهای حرارتی و برودتی و دیگری تعویض هوا و کنترل آلاینده‌های هوای داخل می‌باشد. سیستم‌های سرمایش و گرمایش جابجایی هر دو وظیفه را به طور همزمان انجام می‌دهند؛ به طوری که برای گرمایش، از وزش هوای گرم و برای سرمایش از وزش هوای سرد بهره می‌برند.

کیتاواجا و همکاران درسال ۱۹۹۹ اثر رطوبت و میزان تغییرات سرعت هوا را روی آسایش دمایی افراد در یک اتاق مجهز به سقف سرمایشی به صورت آزمایشگاهی بررسی نمودند[۴]. آنها دریافتند که احساس سرمای موضعی مخصوصا در ناحیه تحتانی بدن و همچنین گرادیان عمودی دما دو پارامتر عمده در نارضایتی حرارتی ساکنان ساختمانها محسوب می‌شوند. همچنین مشاهده نمودند که در سیستم‌های تابشی به دلیل عدم وزش هوا، نارضایتی حرارتی موضعی کاهش یافته و همچنین عملکرد تابشی اینگونه سیستم‌ها باعث از بین رفتن گرادیان دمای نامطلوب در داخل ساختمان می‌شود[۴].

ایماناری و همکاران در سال ۱۹۹۹ سیستم‌های سرمایش تشعشعی را بر حسب آسایش حرارتی، مصرف انرژی و نیز هزینه با سیستمهای تهویه مطبوع متداول مقایسه نمودند. در تحقیق آنها محیط حرارتی یک اتاق جلسه کوچک، مجهز به پانلهای سرمایشی تشعشعی سقفی، و نیز واکنش و پاسخ انسان به آن محیط مورد آزمایش قرار گرفت. آنها دریافتند که سیستم پانل سرمایش تشعشعی سقفی قادر به ایجاد تغییرات عمودی کم درجه حرارت هوا می‌باشد[۵].

استتیو نیز در سال ۱۹۹۹ پتانسیل ذخیره‌سازی توان حداکثر و انرژی سیستم سرمایش تشعشعی را در ساختمان‌های تجاری آمریکا بررسی نمود. وی مدعی شد که سرمایش با آب، به وسیله جریان آب خنک داخل شبکه‌ای از لوله‌ها، به عنوان پانل سرمایش تشعشعی که در سقف قرار می‌گیرد، به این علت که می‌تواند در نرخ‌های جریان کمتر و دمای بیشتر آب عمل نماید، بنابراین می‌تواند باعث کاهش مصرف انرژی شود[۶].

نیو و همکارانش در سال ۲۰۰۲ در مورد استفاده از پانل‌های سرمایش تابشی سقفی در مناطق گرم و مرطوب بررسی‌هایی انجام دادند. تحقیقات آنها نشان داد که استفاده از پنل‌های سرمایش تابشی سقفی در کنار سیستم‌های سرمایش رطوبت‌گیر در این مناطق عملکرد مطلوبی دارد. در این موارد کنترل رطوبت نسبی و کنترل دما بطور مستقل صورت می‌گیرد. بررسی‌ها و تحقیقات آنها در هنگ کنگ با تابستانهای طولانی، گرم و مرطوب می‌باشد و دمای نقطه شبنم اغلب به بالاتر از ۲۲°C می‌رسد، نشان داد که استفاده از پانل‌های سرمایش سقفی همراه با سیستم‌های سرمایش رطوبت‌گیر، مصرف اولیه انرژی را نسبت به سیستم‌های سنتی سرمایش جابجایی به اندازه ۴۴٪ کاهش می‌دهد[۷].

میریل و همکاران در سال ۲۰۰۲ جهت کسب آگاهی بهتر از کارائی‌های چنین دستگاههایی، در مرکز پژوهش گازدفرنس[۱] در غرب فرانسه، یک سلسله آزمایشات را در طول دو زمستان و یک تابستان ترتیب دادند[۸]. در مطالعه آنها یک سیستم پانل سقفی آبی، متشکل از لوله‌های مسی با پره‌های آلومینیومی ، با یک عایق‌کاری حرارتی بین قسمت فوقانی پانل و سقف خارجی، و همچنین یک سیستم کنترل و نظارت داده‌ها در یک اتاق تست نصب گردید. آنها علاوه بر آزمایشات یک شبیه‌سازی با برنامه TRNSIS انجام داده و با استفاده از نتایج آزمایشگاهی اعتبار و صحت نتایج شبیه‌سازی را تائید نمودند. آنها با انجام سلسله آزمایشات و بررسی نتایج شبیه‌سازی به نتایج زیر رسیدند:

الف- پانل‌های آبی سقفی قابلیت استفاده به عنوان سیستم سرمایش و گرمایش ساختمانها با یک عایق‌کاری حرارتی خوب بین قسمت فوقانی پانل و سقف را دارند. بطوریکه استفاده از آنها برای گرمایش نیز عملکرد نسبتاً مطلوبی دارند و از این سیستم‌ها می‌توان در زمستان به‌عنوان سیستم‌های گرم‌کننده استفاده کرد.

ب- توان این سیستم محدود است و بارهای سرمایشی و گرمایشی ساختمانها باید کم باشد. همچنین این روش سرمایش برای ساختمانهای اداری با بارهای حرارتی کم مناسب می‌باشد.

---

۱) Gaz de France

ج- با توجه به اینکه شرایط آب و هوایی در فرانسه برای احتراز از خطر چگالش نامساعدتر از شرایط اقلیمی اروپاست، بنابراین دمای سطح سقف حداقل باید در حدود ۱۷°C نگه داشته شود تا از چگالش روی سطح سرد جلوگیری شود.

ه- نتایج آنها حاکی از اینست که این روش منجر به کاهش در مصرف انرژی تا ۱۰٪ می‌شود.

جیونگ و همکاران در سال ۲۰۰۳ یک بررسی تحلیلی برای ارزیابی تاثیر جایجایی مختلط روی ظرفیت سرمایشی پانل‌های سرمایش سقفی، در فضاهای تهویه شونده به صورت مکانیکی، انجام دادند. آنها با بررسی نتایج حاصل از تحلیل مذکور، مدعی شدند که با افزایش نرخ تهویه هوا از ۵ تا ۳۵٪، توان سرمایشی کلی پانل به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. این افزایش قابلیت سرمایشی در نهایت می‌تواند مساحت پانل لازم و نیز هزینه‌های اولیه طراحی را کاهش دهد[۹].

آنها در سال ۲۰۰۴ نیز روش تحلیلی و ساده‌ای را برای تخمین ظرفیت سرمایشی پانل‌های سرمایشی سقفی فلزی، که از ناحیه وجه فوقانی عایق می‌باشند، ارائه نمودند. در این تحقیق آنها پانل‌های آلومینیمی و استیل را مورد مطالعه قرار دادند. آنها یک رابطه تحلیلی برای بدست آوردن ظرفیت سرمایشی پانل‌های سرمایش تابشی سقفی، ارائه نمودند و نشان دادند که رابطه مذکور برای شرایط جابجایی طبیعی و نیز شرایط تهویه به‌صورت مکانیکی برقرار می‌باشد. همچنین آنها به این نتیجه رسیدند که ۸ پارامتر اصلی شامل ضخامت پانل، فاصله بین لوله‌های بکار رفته در پانل، ضریب هدایت حرارتی پانل، درجه حرارت آب ورودی به لوله‌ها، عرض نازل پخش کننده هوا، موقعیت اتاق، سرعت هوای ورودی و دمای هوای اتاق برای طراحی پانل‌ها باید در نظر گرفته شود[۱۰].

ناگانو و موچیدا در سال ۲۰۰۴ به صورت آزمایشگاهی اثرات سرمایشی سقف سرد را روی افراد به حالت خوابیده جهت طراحی اتاقهای بیمارستان، بررسی کردند. آنها در دماهای مختلف سقف و درصدهای متفاوت رطوبت نسبی، با بکارگیری فاکتورهای آسایش حرارتی با نصب سنسورهای دمایی روی نقاط مختلف بدن افراد از هر دو جنس مرد و زن، شرایط آسایش