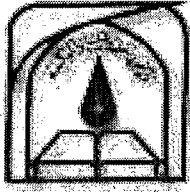




19/1/25

92222



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک
گرایش تبدیل انرژی

شبیه سازی عددی عملکرد سیستم سرمایه‌ی دسیکنت در شرایط آب و هوایی مختلف

نگارش:

هادی پاسدار شهری

استاد راهنما:

دکتر قاسم حیدری نژاد

آذر ۱۳۸۶

کتابخانه تخصصی مهندسی مکانیک
تربیت مدرس

۱۳۸۷ / ۱۲ / ۰۵

۹۵۲۲۴



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان

آقای هادی پاسدار شهری پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان شبیه سازی عددی عملکرد سیستم سرمایه‌یابی دسیکنت در شرایط آب و هوایی مختلف در تاریخ ۱۳۸۶/۹/۱۳ 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 قاسم حیدری نژاد	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر مهدی معرفت	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محمدرضا انصاری	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر حسین شکوهمند	استاد	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر محمدرضا انصاری	دانشیار	

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

اعضای استاد راهنما:



۹۲۷۲۴

دستور العمل 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 دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عنوان پایان‌نامه و رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱: حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها / 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.

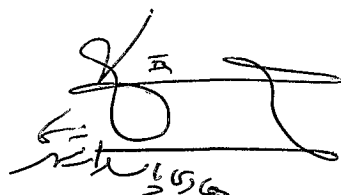
ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی می‌باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما نویسنده مسئول مقاله باشند.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی 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 پایان‌نامه / رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آیین‌نامه‌های 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 پایان‌نامه / 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 لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.



Handwritten signature and stamp, likely of the responsible official.

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

که مشوق اصلی من برای ادامه تحصیل بوده و هستند و در تمامی مراحل زندگی مدیون محبت‌های دلسوزانه ایشان می‌باشم.

تشکر و قدردانی

در ابتدا بر خود لازم می‌دانم از زحمات استاد محترم پروژه دکتر قاسم حیدری نژاد که در تمامی مراحل پیشرفت پروژه راهنمای اینجانب بوده‌اند تشکر کنم.

همچنین از آقای دکتر شهرام دلفانی، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، به جهت راهنمایی‌های ایشان در تدوین این پروژه بسیار متشکرم.

در پایان از زحمات بی‌دریغ پدر و مادرم که شرایط را برای به فرجام رسیدن این پروژه برای اینجانب فراهم نمودند بینهایت سپاسگزارم.

چکیده

در تحقیق حاضر، سیکل سرمایشی دسیکنت در چهار حالت تهویه‌ای، بازگشتی، تهویه‌ای کامل و ترکیبی شبیه‌سازی شده است. برای شبیه‌سازی سیکل می‌بایست مدلی مناسب برای چرخ دسیکنت داشته باشیم، بدین منظور ابتدا دو مدل برای شبیه‌سازی چرخ دسیکنت ارائه و کد کامپیوتری برای حل معادلات حاکم به روش حجم محدود نوشته شده است. پس از تایید صحت کد کامپیوتری، هر دو مدل با نتایج تجربی سازگار بوده و در نهایت یکی از مدل‌ها که زمان محاسبات کمتری دارد انتخاب گردید. به کمک مدل ارائه شده اثرات سرعت زاویه‌ای، دمای احیا، سرعت جریان هوا، طول کانال، شکل مقطع کانال، شرایط محیطی، مساحت نسبت رطوبت زدایی به احیا بر بازده نهان و محسوس چرخ دسیکنت بررسی شده است. سپس با ارائه الگوریتم مناسب، برنامه کامپیوتری شبیه‌سازی سیکل‌های سرمایشی دسیکنت، نوشته شد. نتایج بدست آمده با نتایج تجربی مقایسه و میزان سازگاری آن بررسی شد. اثرات پارامترهای حاکم بر کارایی سیکل‌ها، دمای خروجی از آن و میزان آبی که سیکل مصرف می‌کند و نیز اثر شرایط محیطی بر امکان دستیابی به آسایش حرارتی بررسی شده است. همچنین روی نمودار سایکرومتریک استاندارد نواحی از دما و رطوبت مشخص شده است که هر یک از سیکل‌های فوق و نیز خنک‌کننده‌های تبخیری در صورت استفاده در آن شرایط محیطی، آسایش حرارتی را فراهم می‌کنند. در نهایت برای شش شهر ایران که دارای شرایط آب و هوایی متفاوتی هستند امکان استفاده از سیستم‌های تبخیری و سرمایش دسیکنت بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد در بسیاری از مناطقی که امکان استفاده از سیستم تبخیری مستقیم و غیر مستقیم وجود ندارد، سیکل‌های سرمایشی دسیکنت می‌تواند به خوبی آسایش حرارتی را تامین کند.

کلمات کلیدی: سرمایش دسیکنت، چرخ دسیکنت، شبیه‌سازی عددی، آسایش حرارتی، ضریب کارایی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
د.....	فهرست علائم.....
ز.....	فهرست جداول.....
ح.....	فهرست اشکال.....
.....	فصل اول
.....	مقدمه
۱.....	۱-۱ دسیکنت.....
۳.....	۲-۱ نحوه عملکرد دسیکنت.....
۳.....	۳-۱ چرخ دسیکنت.....
۴.....	۴-۱ مکانیزم سیستم سرمایشی دسیکنت.....
۵.....	۵-۱ انواع سیکل های سرمایشی دسیکنت.....
۶.....	۱-۵-۱ سیکل تهویه ای.....
۷.....	۲-۵-۱ سیکل بازگشتی.....
۷.....	۳-۵-۱ سیکل تهویه ای کامل.....
۷.....	۴-۵-۱ سیکل ترکیبی.....
۸.....	۵-۵-۱ سیکل دسیکنت تلفیقی.....
۸.....	۶-۱ تعاریف.....
۸.....	۱-۶-۱ نسبت بار محسوس.....
۹.....	۲-۶-۱ ناحیه آسایش در سرمایش تبخیری.....
.....	فصل دوم
۱۲.....	مروری بر مطالعات پیشین
.....	فصل سوم
.....	معادلات حاکم در شبیه سازی چرخ دسیکنت و روش حل عددی
۲۰.....	۱-۳ مکانیزم انتشار رطوبت در مواد متخلخل جاذب.....
۲۱.....	۲-۳ ضرایب نفوذ موثر.....
۲۳.....	۳-۳ ایزوترم های تعادلی جذب.....
۲۳.....	۴-۳ مدل سازی چرخ دسیکنت و معادلات حاکم.....
۲۵.....	۱-۴-۳ محاسبه ضرایب.....
۲۸.....	۲-۴-۳ شرایط مرزی.....
۲۹.....

- ۳-۴-۳ محاسبه دما و رطوبت خروجی و راندمان چرخ دسیکنت ۳۰
- ۳-۴-۵ روش حل عددی ۳۱
- ۳-۴-۶ ویژگی‌های برنامه کامپیوتری شبیه‌سازی چرخ دسیکنت ۳۲

فصل چهارم

- معادلات حاکم بر سیکل سرمایشی دسیکنت ۳۳
- ۴-۱ روابط حاکم بر اجزای سیکل سرمایشی دسیکنت ۳۵
- ۴-۱-۱ سیستم سرمایش تبخیری مستقیم ۳۵
- ۴-۱-۲ مدل حرارتی ۳۶
- ۴-۱-۳ گرمکن ۳۷
- ۴-۲ اختلاط آدیاباتیک دو جریان هوا ۳۷
- ۴-۳ ضریب عملکرد سیکل ۳۸
- ۴-۴ محاسبه آب مصرفی ۳۸
- ۴-۵ الگوریتم مدل‌سازی سیکل سرمایشی دسیکنت ۳۸
- ۴-۶ ویژگی‌های برنامه کامپیوتری مدل‌سازی سیکل سرمایشی دسیکنت ۳۹

فصل پنجم

- ارائه نتایج و بحث ۴۱
- ۵-۱ نتایج شبیه‌سازی چرخ دسیکنت ۴۲
- ۵-۱-۱ مقایسه نتایج شبیه‌سازی عددی با نتایج تجربی ۴۲
- ۵-۱-۲ بررسی اثر پارامترهای حاکم بر عملکرد چرخ دسیکنت ۴۳
- ۵-۱-۳ بررسی تغییرات دما و رطوبت هوا در اثر گذر از چرخ دسیکنت ۴۴
- ۵-۱-۴ بررسی تغییرات دما و رطوبت هوا و دسیکنت در طول کانال‌های چرخ دسیکنت ۴۶
- ۵-۱-۵ اثر سرعت چرخش بر عملکرد چرخ دسیکنت ۴۹
- ۵-۱-۶ اثر دمای احیا بر عملکرد چرخ دسیکنت ۵۰
- ۵-۱-۷ اثر سرعت هوای کانال بر عملکرد چرخ دسیکنت ۵۱
- ۵-۱-۸ اثر طول چرخ دسیکنت بر عملکرد آن ۵۲
- ۵-۱-۹ اثر شرایط محیطی بر عملکرد چرخ دسیکنت ۵۳
- ۵-۱-۱۰ اثر نسبت مساحت ناحیه رطوبت زدایی به ناحیه احیا بر عملکرد چرخ دسیکنت ۵۶
- ۵-۱-۱۱ اثر شکل مقطع کانال‌ها بر عملکرد چرخ دسیکنت ۵۷
- ۵-۲ نتایج شبیه‌سازی سیکل‌های سرمایشی دسیکنت ۵۹
- ۵-۲-۱ مقایسه نتایج شبیه‌سازی عددی سیکل دسیکنت با نتایج آزمایشگاهی ۵۹
- ۵-۲-۲ نتایج شبیه‌سازی سیکل‌های سرمایشی دسیکنت ۶۰
- ۵-۲-۲-۱ سیکل تهویه‌ای ۶۱
- ۵-۲-۲-۲ سیکل بازگشتی ۶۲

۶۳.....	۳-۲-۲-۵ سیکل تهویه‌ای کامل.....
۶۳.....	۴-۲-۲-۵ سیکل ترکیبی.....
۶۴.....	۳-۲-۵ بررسی تاثیر عوامل حاکم بر عملکرد سیکل‌های سرمایشی دسیکنت.....
۶۴.....	۴-۲-۵ اثر دمای احیا بر عملکرد سیکل‌های سرمایشی دسیکنت.....
۶۷.....	۵-۲-۵ اثر دمای احیا بر میزان آب مصرفی در سیکل‌های سرمایشی دسیکنت.....
۶۸.....	۵-۲-۶ اثر سرعت چرخش چرخ دسیکنت بر عملکرد سیکل‌های دسیکنت.....
۷۰.....	۵-۲-۷ اثر سرعت چرخش چرخ دسیکنت بر میزان آب مصرفی سیکل‌های دسیکنت.....
۷۱.....	۵-۲-۸ اثر اختلاف دمای هوای ورودی و خروجی فضای تهویه بر عملکرد سیکل‌های دسیکنت.....
۷۳.....	۵-۲-۹ اثر اختلاف دمای هوای ورودی و خروجی فضای تهویه بر میزان آب مصرفی.....
۷۴.....	۵-۲-۱۰ اثر نسبت بار محسوس فضای تهویه بر عملکرد سیکل‌های سرمایشی دسیکنت.....
۷۶.....	۵-۲-۱۱ اثر نسبت بار محسوس فضای تهویه بر میزان آب مصرفی در سیکل‌های سرمایشی دسیکنت.....
۷۷.....	۵-۲-۱۲ اثر دما و رطوبت هوای محیط بر عملکرد سیکل‌های سرمایشی دسیکنت.....
۷۸.....	۵-۲-۱۳ اثر دما و رطوبت هوای محیط بر ضریب عملکرد سیکل‌های سرمایشی دسیکنت.....
۷۹.....	۵-۲-۱۴ اثر دما و رطوبت محیط بر دمای ورودی به فضای تهویه در سیکل‌های سرمایشی دسیکنت.....
۸۰.....	۵-۲-۱۵ اثر دما و رطوبت محیط بر مقدار آب مصرفی در سیکل‌های سرمایشی دسیکنت.....
۸۲.....	۵-۲-۱۶ اثر دما و رطوبت محیط در رسیدن به آسایش حرارتی.....
۸۵.....	۵-۲-۱۷ بررسی استفاده از سیستم‌های تبخیری و سرمایش دسیکنت در برخی از شهرهای ایران.....
۸۸.....	۵-۳ نتیجه‌گیری.....
۸۹.....	۵-۴ پیشنهادات.....

۹۰..... **فهرست مراجع**

..... واژه‌نامه
..... پیوست الف

فهرست علائم

	علائم اصلی
طول ارتفاع مقطع سینوسی شکل (m)	a
مساحت سطح مقطع کانال (m^2)	A_{duct}
طول پایه مقطع سینوسی شکل (m)	b
ثابت ایزوترم	C
گرمای ویژه ($kJ kg^{-1} K^{-1}$)	C_p
ضریب عملکرد	COP
ضریب معادل نفوذ نادن و معمولی ($m^2 s^{-1}$)	D_A
ضریب نفوذ معمولی ($m^2 s^{-1}$)	D_{AO}
ضریب نفوذ نادن ($m^2 s^{-1}$)	D_{AK}
قطر هیدرولیکی (m)	D_h
ضریب نفوذ سطحی ($m^2 s^{-1}$)	D_s
ضریب ثابت آزمایشگاهی ($m^2 s^{-1}$)	D_0
درصد جرمی ماده دسیکنت موجود در چرخ دسیکنت	f
ضرایب ثابت در رابطه ۳-۲۰	F_{1-8}
انتالپی ($kJ kg^{-1}$)	h
ضریب انتقال حرارت جابجایی ($W m^{-2} K^{-1}$)	h_c
ضریب انتقال جرم ($kg m^2 s^{-1}$)	h_m
ضریب هدایت حرارتی ($W m^{-1} K^{-1}$)	k
عدد نادن	K_n
طول چرخ دسیکنت (m)	L
عدد لوئیس	Le
ظرفیت رطوبت‌زدایی ($kg hr^{-1}$)	MRC
دبی جرمی هوا ($kg s^{-1}$)	\dot{m}
سرعت دورانی چرخ دسیکنت (rpm)	N
عدد ناسلت	Nu
فشار هوا (pa)	P
محیط کانال‌های چرخ دسیکنت (m)	P_{duct}
توان سرمایشی سیکل (kwat)	Q_{cool}
توان لازم برای احیای چرخ دسیکنت (kwat)	Q_{Reg}
گرمای جذب ($kJ kg^{-1}$)	Q_{sor}
شعاع چرخ دسیکنت (m)	R
گرمای ویژه احیا ($kJ hr^{-1}$)	$RSHI$
نسبت بار محسوس	SHR
زمان (s)	t

دمای (°C)	T
اختلاف دمای هوای ورودی و خروجی فضای تهویه (°C)	T_{Diff}
دمای خشک (°C)	T_{DB}
دمای تر (°C)	T_{WB}
سرعت هوا ($m s^{-1}$)	u
مقدار آب جذب شده توسط ماده دسیکانت ($kg_{water} kg_{dry desiccant}^{-1}$)	W_d

علائم یونانی

زاویه کانال نسبت به شروع رطوبت زدایی از هوا (rad)	α
زاویه چرخ برای گذر هوای مصرفی (rad)	α_0
ضریب تصحیح روابط سایکرومتریک	κ
ضریب تصحیح روابط سایکرومتریک	χ
ضریب پیچیدگی	τ
زاویه موقعیت کانال نسبت به شروع رطوبت زدایی (بی بعد)	θ
کارایی اشباع سیستم تبخیری	ε_{EC}
بازده مبدل حرارتی	ε_{HE}
بازده نهان	ε_L
بازده محسوس	ε_s
ضریب تخلخل	ε_t
رطوبت نسبی	ϕ
نصف ضخامت ماده دسیکانت دیواره کانال (m)	δ
نسبت رطوبت ($kg_{water} kg_{dry air}^{-1}$)	ω
چگالی ($kg m^{-3}$)	ρ
فاصله متوسط بین دانه‌های متخلخل (m)	λ
شعاع دانه‌های متخلخل (m)	γ

زیرنویس

مقدار واقعی	$actual$
مقدار محاسباتی	cal
هوای مصرفی ورودی به چرخ دسیکانت	ci
ماده دسیکانت	d
هوای خشک	DA
مقدار موثر (مقدار اصلاح شده)	eff
مقدار تعادلی	eq
دسیکانت و هوای مرطوب موجود در فضای تخلخل	f
محیط گازی (هوا)	g
هوای مرطوب	HA
هوای احیای ورودی به چرخ دسیکانت	hi

مقدار بیشینه	max
مقدار کمینه	min
مقدار خروجی نهایی	out
محیط بیرون	outdoor
هوای مصرفی	p
احیا	Regeneration
محیط جامد (دسیکانت)	s
بخار	v
بخار اشباع	vs
آب	water
ماده دسیکانت خشک	dry desiccant

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۲۲	جدول ۱-۳ مقایسه ضریب پخش معمولی و نادسن برای هوا در $T = 30^{\circ}\text{C}$, $P = 1\text{atm}$
۴۴	جدول ۱-۵ داده‌های اولیه و خواص مواد در حالت مورد بررسی
۵۹	جدول ۲-۵ داده‌های کار آزمایشگاهی و ورودی کد کامپیوتری برای مقایسه نتایج
۶۰	جدول ۳-۵ مقایسه نتایج برنامه کامپیوتری و نتایج آزمایشگاهی
۶۱	جدول ۴-۵ داده‌های عمومی و ورودی‌های برنامه کامپیوتری برای مدل‌سازی سیکل‌های دسیکنت
۸۶	جدول ۵-۵ شهرهای مورد بررسی و شرایط هوای بیرون بر مبنای استاندارد ۱٪
۸۷	جدول ۶-۵ امکان دستیابی به آسایش حرارتی برای چند شهر کشور

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۴	شکل ۱-۱ منحنی فشار بخار دسیکنت-رطوبت موجود در دسیکنت
۵	شکل ۲-۱ ساختار چرخ دسیکنت و مقطع آن
۶	شکل ۱-۳ الف- سیکل سرمایشی دسیکنت ب- نمودار سایکرومتریک سیکل سرمایشی دسیکنت
۷	شکل ۴-۱ سیکل سرمایشی دسیکنت بازگشتی
۷	شکل ۵-۱ سیکل سرمایشی دسیکنت تهویه‌ای کامل
۸	شکل ۶-۱ سیکل سرمایشی دسیکنت مختلط
۸	شکل ۷-۱ سیکل سرمایشی دسیکنت تلفیقی
۹	شکل ۸-۱ بار محسوس و بار نهان بر روی نمودار سایکرومتریک
۱۰	شکل ۹-۱ ناحیه آسایش استاندارد و سرمایش تبخیری ASHRAE
۲۴	شکل ۱-۳ منحنی ایزوترم جذب برای ثابت‌های ایزوترم مختلف
۲۵	شکل ۲-۳ شیب منحنی جذب بی بعد برای ثابت‌های ایزوترم مختلف
۲۶	شکل ۳-۳ چرخ دسیکنت و هندسه مناسب برای شبیه‌سازی
۳۴	شکل ۱-۴ سیکل سرمایشی دسیکنت در حالت تهویه‌ای
۳۵	شکل ۲-۴ شماتیک رطوبت‌زن (سیستم سرمایش تبخیری مستقیم)
۳۶	شکل ۳-۴ شماتیک مبدل حرارتی جریان مخالف
۳۷	شکل ۴-۴ شماتیک گرمکن حرارتی جریان هوای احیا
۳۷	شکل ۵-۴ اختلاط آدیباتیک دو جریان هوا
۴۰	شکل ۶-۴ مقایسه دستیابی به آسایش حرارتی برای شرایط محیطی مختلف
۴۳	شکل ۱-۵ مقایسه نتایج کد کامپیوتری با نتایج آزمایشگاهی محققین دیگر
۴۵	شکل ۲-۵ تغییرات رطوبت هوای خروجی از یک کانال چرخ دسیکنت در یک دور گردش
۴۶	شکل ۳-۵ تغییرات دمای هوای خروجی از یک کانال چرخ دسیکنت در یک دور گردش
۴۷	شکل ۴-۵ تغییرات دما در طول کانال الف: جریان هوا ب: دسیکنت
۴۸	شکل ۵-۵ تغییرات رطوبت در طول کانال الف: رطوبت هوا ورودی ب: رطوبت تعادلی سطح دسیکنت
۴۸	شکل ۶-۵ تغییرات رطوبت موجود در دسیکنت در فاز مایع الف: ناحیه رطوبت زدایی ب: ناحیه احیا
۴۹	شکل ۷-۵ رطوبت هوای خروجی از یک کانال در طول فرآیند احیا و رطوبت هوای خروجی از چرخ
۵۰	شکل ۸-۵ اثر سرعت زاویه‌ای بر عملکرد چرخ دسیکنت الف: بازده نهان ب: بازده محسوس
۵۱	شکل ۹-۵ اثر دمای احیا بر عملکرد چرخ دسیکنت الف: بازده نهان ب: بازده محسوس
۵۲	شکل ۱۰-۵ اثر سرعت هوا در داخل کانال بر عملکرد چرخ دسیکنت الف: بازده نهان ب: بازده محسوس
۵۳	شکل ۱۱-۵ اثر طول چرخ دسیکنت بر کارایی آن الف: بازده نهان ب: بازده محسوس
۵۴	شکل ۱۲-۵ اثر شرایط محیطی بر بازده نهان چرخ دسیکنت
۵۵	شکل ۱۳-۵ اثر شرایط محیطی بر ظرفیت رطوبت‌زدایی چرخ دسیکنت
۵۵	شکل ۱۴-۵ اثر شرایط محیطی بر بازده محسوس چرخ دسیکنت
۵۶	شکل ۱۵-۵ اثر نسبت مساحت رطوبت‌زدایی به مساحت کل در دمای احیای 80°C
۵۷	شکل ۱۶-۵ اثر نسبت مساحت رطوبت‌زدایی به مساحت کل در دمای احیای 70°C
۵۸	شکل ۱۷-۵ اثر شکل مقطع (قطر هیدرولیکی) کانال بر عملکرد چرخ دسیکنت

- شکل ۵-۱۸ مقایسه نتایج برنامه کامپیوتری و نتایج آزمایشگاهی ۵۹
- شکل ۵-۱۹ نتایج شبیه‌سازی سیکل دسیکنت در حالت تهویه‌ای ۶۱
- شکل ۵-۲۰ نتایج شبیه‌سازی سیکل دسیکنت در حالت بازگشتی ۶۲
- شکل ۵-۲۱ نتایج شبیه‌سازی سیکل دسیکنت در حالت تهویه‌ای کامل ۶۳
- شکل ۵-۲۲ نتایج شبیه‌سازی سیکل دسیکنت در حالت ترکیبی ۶۴
- شکل ۵-۲۳ اثر دمای احیا بر ضریب عملکرد سیکل و دمای ورودی به فضای تهویه ۶۵
- شکل ۵-۲۴ مکان نقاط خروجی چرخ دسیکنت و مبدل حرارتی در سیکل تهویه‌ای در دمای احیای مختلف ۶۶
- شکل ۵-۲۵ مقدار آب مصرفی بی‌بعد شده سیکل‌های سرمایشی دسیکنت در دماهای احیای مختلف ۶۷
- شکل ۵-۲۶ مقایسه سیکل تهویه‌ای برای دو حالت دمای احیای ۶۰ و ۸۵ درجه سانتیگراد ۶۸
- شکل ۵-۲۷ اثر سرعت چرخش چرخ دسیکنت بر ضریب عملکرد سیکل و دمای ورودی به فضای تهویه ۶۹
- شکل ۵-۲۸ مکان نقاط خروجی چرخ دسیکنت و مبدل حرارتی در سیکل تهویه‌ای در سرعت چرخش مختلف چرخ دسیکنت ۷۰
- شکل ۵-۲۹ مقدار آب مصرفی بی‌بعد شده سیکل‌های سرمایشی دسیکنت در سرعت‌های چرخش مختلف چرخ دسیکنت ۷۱
- شکل ۵-۳۰ اثر اختلاف دمای ورودی و خروجی فضای تهویه بر ضریب عملکرد سیکل و دمای هوای ورودی ۷۲
- شکل ۵-۳۱ اثر اختلاف دمای هوای ورودی و خروجی فضای تهویه بر میزان آب مصرفی سیکل ۷۳
- شکل ۵-۳۲ مقایسه سیکل تهویه‌ای برای دو حالت اختلاف دمای داخل ۴ و ۱۰ درجه سانتیگراد ۷۴
- شکل ۵-۳۳ اثر نسبت بار محسوس فضای تهویه بر ضریب عملکرد سیکل و دمای هوای ورودی ۷۵
- شکل ۵-۳۴ اثر نسبت بار محسوس فضای تهویه بر میزان آب مصرفی سیکل ۷۶
- شکل ۵-۳۵ مقایسه سیکل تهویه‌ای برای دو حالت نسبت بار محسوس ۱ و ۰/۵ ۷۷
- شکل ۵-۳۶ اثر دما و رطوبت هوای محیط بر ضریب عملکرد سیکل‌های دسیکنت ۷۸
- شکل ۵-۳۷ اثر دما و رطوبت هوای محیط بر دمای ورودی به فضای تهویه در سیکل‌های دسیکنت ۸۰
- شکل ۵-۳۸ اثر دما و رطوبت هوای محیط بر میزان آب مصرفی سیکل‌های دسیکنت ۸۱
- شکل ۵-۳۹ نقاطی که در آن آسایش برای سیستم‌های تبخیری بدون چرخ دسیکنت فراهم می‌شود ۸۳
- شکل ۵-۴۰ نقاطی که در آن شرایط آسایش با سیستم‌های تبخیری و دسیکنت فراهم می‌شود ۸۴
- شکل ۵-۴۱ دمای ورودی به فضای تهویه برای شهرها و سیکل‌های مختلف ۸۶

فصل اول

مقدمه

۱ مقدمه

خنک‌کننده‌های تبخیری از جمله سیستم‌هایی هستند که امروزه به وفور در کشور ایران و دیگر کشورهای جهان در مناطق گرم و خشک به منظور سرمایش آب و هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد. که از آن میان می‌توان به تجهیزاتی نظیر کولرهای آبی، ایرواشرها، برج‌های خنک‌کننده اشاره نمود. سیستم‌های سرمایش تبخیری در مقایسه با سیستم‌های سرمایش تراکمی دارای مزایای زیر هستند:

- ۱- این سیستم‌ها دارای کارایی بالا و هزینه ساخت و نصب پایین‌تری در مقایسه با سیستم‌های سرمایش تراکمی هستند.

- ۲- مصرف انرژی الکتریکی این سیستم‌ها پایین‌تر است.

- ۳- به دلیل عدم استفاده از گازهای کلروفلوروکربن این سیستم‌ها اثرات مخرب زیست محیطی ندارند.

- ۴- این سیستم‌ها دارای تکنولوژی ساده و هزینه نگهداری پایینی هستند.

در کنار این مزایا این سیستم‌ها دارای محدودیت‌ها و معایبی نیز هستند. محدودیت اصلی سیستم‌های تبخیری مربوط به شرایط محیطی می‌باشد. در مناطقی که رطوبت هوا بالا باشد، ظرفیت هوا برای جذب رطوبت پایین‌تر است. هوای با رطوبت بالا گرمای نهان کمتری را می‌تواند جذب کند و در نتیجه گرمای محسوس کمتری را می‌تواند به گرمای نهان تبدیل نماید. به عبارتی دیگر هنگامی که رطوبت هوا بالا باشد دمای مرطوب هوا افزایش می‌یابد و دستیابی به شرایط ایده‌آل به کمک فرآیند سرمایش تبخیری محدود می‌شود. همچنین در سیستم‌های تبخیری کنترل رطوبت هوا مقدور نمی‌باشد و این سیستم‌ها برای مکان‌هایی که رطوبت زیاد هوا مجاز نمی‌باشد، مناسب نیستند. بر اساس تحقیقات صورت گرفته توسط مانترز^۱ به طور کلی بهترین استفاده از سرمایش تبخیری زمانی است که دمای تر محیط کمتر از 25°C باشد تا شرایط آسایش فراهم شود. همچنین بازده سیستم‌های سرمایش تبخیری مستقیم تا ۹۵ درصد و سیستم‌های سرمایش تبخیری غیرمستقیم ۸۰-۷۰ درصد می‌تواند باشد [۱].

محدودیت‌های ذکر شده زمینه را برای تحقیق پیرامون روش‌هایی که بتوان با کمک آنها از مزایای این نیروی طبیعی بهره برد و معایب آن را کاهش داد فراهم کرد. کارایی اشباع (عملکرد) سیستم‌های سرمایش تبخیری به دمای تر محیط وابسته است. حال اگر بتوان دمای تر محیط را کاهش داد، در فرآیند سرمایش تبخیری دستیابی به دمای پایین‌تر امکان‌پذیر است. برای کاهش دمای تر هوا می‌بایست رطوبت موجود در هوا را کم نمود. برای رطوبت زدایی از هوا سه روش عمده وجود دارد.

^۱ Munters

۱- سرد کردن هوا تا زیر دمای نقطه شبنم؛ در این روش هوا باید تا دمایی پایین‌تر از دمای نقطه شبنم کاهش یابد تا رطوبت موجود در آن تقطیر شود.

۲- فشرده کردن هوا؛ هر چه فشار هوا افزایش یابد ظرفیت هوا برای نگهداری رطوبت کاهش می‌یابد.

۳- استفاده از مواد شیمیایی جاذب رطوبت؛

دو روش اول مصرف انرژی بالایی دارند و برای مصارف تهویه مطبوع اقتصادی نمی‌باشند. اولین بار نیل پنینگتن^۱ مخترع چرخ دسیکنت^۲ در سال ۱۹۵۲ استفاده از ماده جاذب کلرید کلسیم را برای رطوبت زدایی از هوا جهت کاهش دمای تر آن و استفاده در سرمایش تبخیری برای دستیابی به دمای پایین‌تر پیشنهاد کرد. از آن زمان تحقیقات فراوانی بر روی سیکل سرمایشی دسیکنت و اجزای آن صورت گرفته است [۲]. پیش از آنکه سیکل‌های سرمایشی دسیکنت معرفی شوند، لازم است نحوه عملکرد دسیکنت‌ها و چگونگی بکارگیری آنها در تهویه مطبوع توضیح داده شود.

۱-۱ دسیکنت

دسیکنت‌ها موادی هستند که توانایی بالایی برای جذب بخار آب (رطوبت) دارند، بسیاری از نمک‌ها می‌توانند این خاصیت را داشته باشند. اما آنچه دسیکنت را متمایز می‌کند توانایی بالای آن برای جذب رطوبت می‌باشد. دسیکنت‌های جامد ساختاری متخلخل شبیه اسفنج دارند. از دسیکنت‌های جامد معمول که امروزه کاربرد فراوانی دارند می‌توان به سیلیکاژل^۳، غربال ملکولی^۴، زئولیت‌ها^۵ و... اشاره کرد، سیلیکاژل از پر کاربردترین دسیکنت‌ها می‌باشد که نسبت سطح به حجم بالایی (تقریباً $250\text{m}^2/\text{cm}^3$) دارد [۳]. میزان جذب رطوبت توسط این مواد متفاوت است و به شرایط کارکرد و خواص هر یک بستگی دارد. بر اساس نوع ماده دسیکنت و میزان رطوبت موجود در هوا این مواد ۱۰ تا ۱۱۰۰ برابر وزن خشک خود قادر به جذب رطوبت هستند [۴]. پس از جذب رطوبت توسط دسیکنت‌ها با توجه به ظرفیت آنها این مواد اشباع می‌شوند و دیگر توانایی جذب بیشتر رطوبت را ندارند و برای ادامه رطوبت‌گیری باید احیا شوند. در ادامه به بررسی عملکرد آنها و چگونگی احیا آن می‌پردازیم.

۱-۲ نحوه عملکرد دسیکنت

دسیکنت‌ها رطوبت موجود در هوا را بر اساس اختلاف فشار جزئی بخار بین سطح دسیکنت و فشار جزئی بخار هوا جذب می‌کنند. هنگامی که فشار جزئی بخار سطح دسیکنت پایین‌تر از فشار جزئی

¹ Penington

² Desiccant Wheel

³ Silica gel

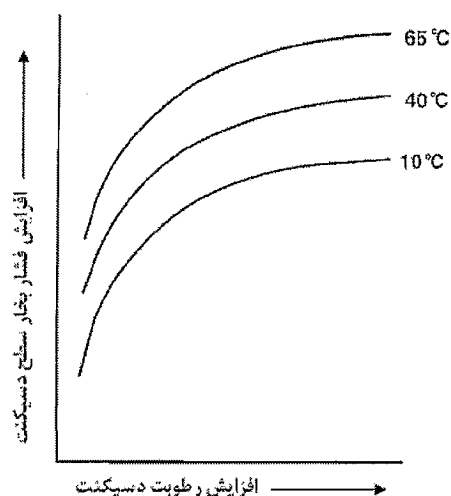
⁴ Molecular Sieve

⁵ Zeolites

بخار هوای عبوری از آن باشد برای برقراری تعادل فشار بین این دو سطح رطوبت موجود در هوا توسط دسیکنت جذب می‌شود، تا آنجا که فشار جزئی بخار دسیکنت و هوا با هم برابر شود. پس توجه شود که دسیکنت در حقیقت رطوبت را در فاز بخار جذب می‌کند و هیچ‌گونه تقطیر شدنی در این فرآیند رخ نمی‌دهد [۵].

از طرفی دسیکنت‌ها پس از اشباع شدن کارایی خود را از دست می‌دهند و دیگر قادر به جذب رطوبت بیشتری از هوا نیستند. به این ترتیب برای ادامه فرآیند رطوبت‌گیری باید احیا شوند. برای احیا این مواد از هوایی با دمای بالا که فشار جزئی بخار آن پایین‌تر از فشار جزئی بخار سطح دسیکنت است استفاده می‌شود. این اختلاف فشار منجر به انتقال رطوبت از مواد جاذب اشباع شده به هوای گرم و در نهایت احیا شدن دسیکنت می‌شود [۴].

در شکل ۱-۱ منحنی فشار بخار سطح دسیکنت بر حسب میزان رطوبت موجود در آن نشان داده شده است. با افزایش رطوبت موجود در دسیکنت فشار بخار سطح آن افزایش می‌یابد. همچنین این شکل فشار بخار سطح دسیکنت بر حسب تابعی از میزان رطوبت موجود در آن و دمای سطح آن را نیز نشان می‌دهد. با توجه به نمودار افزایش دمای سطح دسیکنت باعث افزایش فشار بخار سطح آن نیز می‌شود.



شکل ۱-۱ منحنی رطوبت موجود در دسیکنت - فشار بخار دسیکنت [۴]

۳-۱ چرخ دسیکنت

دسیکنت‌ها با تکنولوژی‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای آنکه عمل جذب رطوبت و احیای آن متناوباً در یک سیکل صورت گیرد از دسیکنت‌ها در ساختاری موسوم به چرخ دسیکنت استفاده می‌شود. در شکل ۱-۲ الف ساختار کلی چرخ دسیکنت نشان داده شده است.

مقطع چرخ دسیکنت متشکل از کانال‌های کوچکی است که به شکل لانه زنبوری، سینوسی (مطابق شکل ۱-۲ ب و ج) و... ساخته می‌شوند و مواد جاذب در روی دیواره‌های کانال‌های کوچک قرار دارد.