





دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی مکانیک

گروه حرارت و سیالات

عملکرد اجکتور در سیستم سرمایش تبخیری

دانشجو: سعید زارع نژاد

استاد راهنما:

دکتر محمد حسن کیهانی

استاد مشاور:

دکتر سید مجید هاشمیان

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

دی ماه ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : مهندسی مکانیک

گروه : حرارت و سیالات

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای سعید زارع نژاد

تحت عنوان: عملکرد اجکتور در سیستم سرمایه‌ش تبخیری

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۰/۲۸ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	دکتر سید مجید هاشمیان		دکتر محمد حسن کیهانی

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	دکتر علی جباری مقدم		دکتر محمود فرزانه گرد
			دکتر علی عباس نژاد

تعهد نامه

اینجانب سعید زارع نژاد دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه عملکرد اجکتور در سیستم سرمایش تبخیری تحت راهنمایی دکتر محمد حسن کیهانی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

تقدیم بہ

پدر و لوز
۴

و

مادر فداکارم

خداوندا:

نیک می دانم که نمی توانستم به تنهایی و بدون یاری تو قدمی بردارم؛

تورا سپاس.

بر خود لازم می دانم که از تمامی بزرگوارانی که در این راه مرا یاری نموده اند، پاس گزاری و قدر دانی نمایم:

جناب آقای دکتر کیهانی،

جناب آقای دکتر هاشمیان،

جناب آقای دکتر گلزیان،

خانواده عزیزم که با تشویق و حمایتشان از ابتدای تحصیل تا کنون، همواره در کنارم بودند و

دوستان مهربان و خوبم در دانشگاه صنعتی شاهرود به پاس لطف، همیشگی شان.

چکیده

یکی از پرکاربردترین روش‌های خلاءسازی در بخش تحقیقات و صنعت، استفاده از اجکتورها می‌باشد. علاوه بر مزایایی چون عملکرد ساده اجکتور و در دسترس بودن سیال عامل (معمولاً آب)، استفاده از انرژی‌های با ارزش گرمایی پایین و همچنین انرژی‌های بلااستفاده، موجب برتری سیستم‌های سرمایه‌گذاری تبخیری نسبت به سیستم‌های تبرید تراکمی شده است. در این پایان‌نامه، با حذف کمپرسور از سیستم‌های تبرید تراکمی و جایگزینی مجموعه اجکتور، به بررسی عملکرد اجکتور سیستم سرمایه‌گذاری تبخیری پرداخته می‌شود. به این ترتیب، هزینه‌های اولیه و جاری ایجاد سرمایه‌گذاری کاهش می‌یابد. در ابتدا با استفاده از مدل‌سازی ریاضی و حل یک‌بعدی معادلات حاکم بر جریان داخل اجکتور، به محاسبه فشار بحرانی کندانسور، تأثیر شرایط مرزی و برخی خواص جریان پرداخته می‌شود. در ادامه جزئیات بیشتری از جریان و همچنین تأثیر هندسه اجکتور روی ضریب عملکرد سیکل سرمایه‌گذاری، با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) محقق می‌شود. در پایان با مدل‌سازی پدیده‌ی چگالش در شیپوره همگرا-واگرا که مشابه نازل اولیه اجکتور است، به بررسی تأثیر شوک چگالش بر خواص جریان گذر صوتی داخل شیپوره مذکور پرداخته می‌شود. نتایج حاصله از روش‌های ارائه شده در این پایان‌نامه در مقایسه با داده‌های تجربی، از تطابق خوبی برخوردار است. بررسی جریان چگالشی دوفازی، تغییرات چشمگیری را در شرایط خروجی نازل، نسبت به جریان تک‌فاز نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی:

اجکتور، سیستم سرمایه‌گذاری تبخیری، دینامیک سیالات محاسباتی، جریان چگالشی.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست اشکال	ک
فهرست جداول	ن
فهرست علائم	س
فصل اول - مقدمه‌ای بر اجکتور و سیستم‌های سرایش تبخیری	
۱-۱- پیشگفتار	۲
۲-۱- اجکتور چیست؟	۲
۱-۲-۱- انواع اجکتورها	۳
۲-۲-۱- کاربردهای اجکتور	۴
۳-۱- سیستم سرایش تبخیری	۴
۱-۳-۱- تاریخچه	۴
۲-۳-۱- ساختار یک واحد سیستم سرایش تبخیری	۵
۳-۳-۱- مبرد	۱۰
۱-۳-۳-۱- ویژگی‌های مبرد	۱۰
۲-۳-۳-۱- استفاده از آب به عنوان مبرد	۱۱
۴-۳-۱- مزایا و معایب استفاده از اجکتور در سیستم‌های سرایش تبخیری	۱۲
۱-۴-۳-۱- مزایا	۱۳
۲-۴-۳-۱- معایب	۱۳
۴-۱- طرح مسأله	۱۴
۱-۴-۱- دما و فشار در نقاط مختلف سیکل سرایش تبخیری	۱۴
۲-۴-۱- مبرد مورد استفاده در سیستم سرایش تبخیری	۱۵
۳-۴-۱- هندسه و ساختمان اجکتور	۱۶
فصل دوم - مروری بر کارهای انجام شده	
۱-۲- مقدمه	۱۷
۲-۲- بیان عملکرد اجکتور	۱۸
۳-۲- مدل ریاضی	۱۹
۴-۲- مروری بر کارهای گذشته	۲۰
فصل سوم - معادلات حاکم بر جریان داخل اجکتور	
۱-۳- مقدمه	۲۷
۲-۳- تحلیل یک بعدی جریان داخل اجکتور	۲۸

۲۸	۱-۲-۳	فرضیات مورد استفاده در حل یک بعدی
۲۹	۲-۲-۳	معادلات حاکم بر جریان
۳۰	۱-۲-۳	نازل اولیه
۳۱	۲-۲-۳	بخش اختلاط
۳۳	۳-۲-۳	ناحیه توزیع شوک (گلوگاه)
۳۳	۴-۲-۳	دیفیوزر
۳۵	۳-۲-۳	ضریب عملکرد سیستم سرمایه‌ش تبخیری
۳۶	۳-۳	جریان دو فاز داخل اجکتور
۳۶	۱-۳-۳	مقدمه
۳۷	۲-۳-۳	جریان چگالشی
۳۹	۳-۳-۳	آثار نامطلوب پدیده چگالش در جریان بخار
۳۹	۱-۳-۳	تشکیل یخ
۴۰	۲-۳-۳	تلفات ناشی از چگالش
۴۱	۴-۳-۳	معادلات حاکم بر جریان چگالشی
۴۱	۱-۴-۳	جوانه‌زایی همگن و تشکیل قطرات مایع
۴۳	۲-۴-۳	رشد قطرات مایع
۴۴	۳-۴-۳	معادله حالت و خواص ترمودینامیکی بخار

فصل چهارم - شبیه‌سازی و حل جریان داخل اجکتور

۴۵		
۴۶	۱-۴	مقدمه
۴۶	۲-۴	روش حل یک بعدی جریان داخل اجکتور
۴۶	۳-۴	روش حل عددی جریان داخل اجکتور
۴۸	۱-۳-۴	مدل‌سازی
۵۰	۲-۳-۴	حل عددی جریان داخل اجکتور به صورت تک‌فاز
۵۰	۱-۲-۳-۴	معادلات عمومی جریان
۵۲	۳-۳-۴	حل عددی جریان دوفاز داخل شیپوره همگرا-واگرا
۵۲	۱-۳-۳-۴	مقدمه
۵۲	۲-۳-۳-۴	مدل‌سازی
۵۳	۳-۳-۳-۴	فرضیات مسأله
۵۴	۴-۳-۳-۴	معادلات حاکم بر حل عددی جریان دوفاز داخل اجکتور

فصل پنجم - بحث و نتیجه‌گیری

۵۷		
۵۸	۱-۵	نتایج شبیه‌سازی اجکتور بخار در حالت یک بعدی
۶۰	۱-۱-۵	تأثیر دمای بویلر روی نسبت جرمی اجکتور
۶۱	۲-۱-۵	تأثیر دمای اواپراتور روی نسبت جرمی اجکتور
۶۱	۳-۱-۵	تأثیر دمای کندانسور روی نسبت جرمی اجکتور
۶۳	۲-۵	نتایج شبیه‌سازی عددی جریان تک‌فاز داخل اجکتور
۶۴	۱-۲-۵	شبیه‌سازی جریان برای یک هندسه ثابت از اجکتور

۶۵	..... اثر تغییر فشار کندانسور بر نسبت جرمی اجکتور	۱-۲-۵
۶۷	..... اثر تغییر فشار محرک بر نسبت جرمی اجکتور	۲-۱-۵
۶۹	..... اثر تغییر فشار مکش بر نسبت جرمی اجکتور	۳-۱-۵
۷۲	..... شبیه‌سازی جریان برای هندسه‌های مختلف از اجکتور	۲-۲-۵
۷۲	..... نازل اولیه	۱-۲-۵
۷۴	..... زاویه همگرایی بخش اختلاط	۲-۲-۵
۷۵	..... نسبت طول به قطر بخش سطح مقطع ثابت (گلوگاه)	۳-۲-۵
۷۷	..... دیفیوزر	۴-۲-۵
۷۸	..... موقعیت خروجی نازل	۵-۲-۵
۸۰	..... جریان دوفازی داخل شیپورهی همگرا-واگرا	۳-۵
۸۰	..... جریان بخار با فشار پایین	۱-۳-۵
۸۱	..... بررسی شعاع قطرات حاصله	۱-۱-۳-۵
۸۱	..... بررسی جزئیات بیشتری از جریان چگالشی در شیپوره	۲-۱-۳-۵
۸۴	..... جریان بخار با فشار بالا	۲-۳-۵
۸۶	..... جمع بندی نتایج	۴-۵
۸۸	..... پیشنهادات	۵-۵
۸۹	..... مراجع	

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: شماتیک یک نمونه اجکتور.	۲
شکل ۲-۱: سیستم اجکتور بخار سه مرحله‌ای همراه با کندانسور میانی.	۳
شکل ۳-۱: منحنی خط اشباع آب در دیاگرام فشار-دما.	۵
شکل ۴-۱: یک سیستم تبرید ساده بخار-آب [۴].	۶
شکل ۵-۱: سیکل ترمودینامیکی یک سیستم تبرید ساده بخار-آب [۴].	۶
شکل ۶-۱: شماتیکی از یک اجکتور بخار [۴].	۷
شکل ۷-۱: نمودار تغییرات فشار در طول یک اجکتور [۴].	۸
شکل ۸-۱: فرآیند ترمودینامیکی در طول اجکتور [۴].	۸
شکل ۹-۱: نمودار مولیر در یک اجکتور [۵].	۹
شکل ۱۰-۱: فرآیند انبساط مبرد با گذشتن از نازل اولیه (a) مبرد مرطوب (b) مبرد خشک [۵].	۱۵
شکل ۱-۲: شماتیک یک نمونه اجکتور [۸].	۱۸
شکل ۲-۲: طبقه بندی اجکتورها: (a) اجکتور با اختلاط فشار ثابت (b) اجکتور با اختلاط مقطع ثابت [۸].	۲۱
شکل ۳-۲: ایجاد سطح موثر در اجکتور به عنوان گلوگاهی برای جریان ثانویه [۹].	۲۱
شکل ۴-۲: هندسه جت پمپ CRMC [۱۵].	۲۴
شکل ۵-۲: اجکتور مبدل فشار با روتور پره دار [۱۶].	۲۴
شکل ۶-۲: هندسه نازل Petal در مرجع [۱۷].	۲۵
شکل ۷-۲: شماتیک اجکتور مورد استفاده مرجع [۱۹].	۲۵
شکل ۸-۲: (a) دیاگرام شماتیک از مقطع A-A (b) توزیع سرعت شعاعی در مقطع A-A [۱۹].	۲۶
شکل ۱-۳: شماتیکی از یک اجکتور بخار [۴].	۲۸
شکل ۲-۳: حجم کنترل برای محفظه انتقال.	۳۱
شکل ۳-۳: حالات مختلف عملکرد یک اجکتور [۱۹].	۳۴
شکل ۴-۳: شماتیک سیستم سرمایه‌ش با اجکتور بخار.	۳۵
شکل ۵-۳: تغییرات محوری فشار برای انبساط بخار در نازل لاوال همراه با چگالش ناگهانی [۲۲].	۳۷
شکل ۶-۳: مسیر تغییر حالت برای انبساط بخار همراه با چگالش ناگهانی در نازل لاوال [۲۲].	۳۸

- شکل ۳-۷: تشکیل یخ در نازل‌های بخار با فشار پایین‌تر از ۰/۶۱ kPa : (a) بدون حرارت دادن نازل (b) نازل حرارت داده شده [۲۵]. ۴۰
- شکل ۳-۸: نمودار شماتیک تغییرات انرژی آزاد گیبز بر حسب شعاع برای بخار سوپرکریستال ($S < 1$) و بخار مافوق‌سرد ($S > 1$) [۲۷]. ۴۲
- شکل ۴-۱: دو اجکتور جت بخار برای بخشی از سیستم برگشت فشار. ۴۷
- شکل ۴-۲: شماتیک هندسه اجکتور در کار آزمایشگاهی مرجع [۳۰]. ۴۸
- شکل ۴-۳: نمودار استقلال از مش برای حل جریان تک‌فاز داخل اجکتور. ۴۹
- شکل ۴-۴: شبکه‌بندی انجام شده برای حل جریان تک‌فاز داخل اجکتور. ۴۹
- شکل ۴-۵: شبکه‌بندی شیپوره B منسوب به مور و همکاران. ۵۳
- شکل ۵-۱: نتایج مربوط به حل یک بعدی از یک نمونه محاسبه انجام شده. ۵۸
- شکل ۵-۲: مقایسه نسبت جرمی آزمایشگاهی با نتایج حل یک بعدی، در یک نسبت فشار بویلر به کندانسور. ۵۹
- شکل ۵-۳: نمودار تغییرات نسبت جرمی با دمای بویلر. ۶۰
- شکل ۵-۴: نمودار تغییرات نسبت جرمی با دمای اوپراتور. ۶۱
- شکل ۵-۵: نمودار تغییرات نسبت جرمی با دمای کندانسور. ۶۲
- شکل ۵-۶: نمودار تغییرات ضریب عملکرد سیکل، نسبت به فشار و دمای کندانسور در دماهای بویلر و اوپراتور. ۶۳
- شکل ۵-۷: (a) کانتور عدد ماخ جریان داخل اجکتور (b) توزیع عدد ماخ و فشار استاتیک روی خط مرکزی و دیواره اجکتور. ۶۴
- شکل ۵-۸: نمودار تغییرات نسبت جرمی بر حسب فشار کندانسور در مقایسه با نتایج مرجع [۳۰]. ۶۵
- شکل ۵-۹: تأثیر فشار کندانسور روی خفگی جریان و محل شوک توسط کانتور عدد ماخ در دمای ثابت بویلر و اوپراتور. ۶۶
- شکل ۵-۱۰: نمودار توزیع فشار استاتیک روی خط محور اجکتور در دمای ثابت بویلر و اوپراتور. ۶۶
- شکل ۵-۱۱: تأثیر شرایط عملکرد اجکتور از قبیل دمای بویلر روی نسبت جرمی و فرآیند اختلاط [۳۲]. ۶۷
- شکل ۵-۱۲: تأثیر دمای بویلر روی زاویه انبساط جریان خروجی از نازل اولیه در فشار ثابت اوپراتور و کندانسور. ۶۸
- شکل ۵-۱۳: نمودار توزیع عدد ماخ روی خط محور اجکتور در فشار ثابت اوپراتور و کندانسور. ۶۸
- شکل ۵-۱۴: تغییرات نسبت جرمی بر حسب فشار کندانسور در دماهای مختلف بویلر. ۶۹
- شکل ۵-۱۵: نمودار توزیع فشار استاتیک روی دیواره و محور اجکتور در فشار ثابت بویلر و کندانسور. ۷۰
- شکل ۵-۱۶: تأثیر افزایش دمای اشباع اوپراتور روی زاویه و تعداد امواج انبساطی توسط کانتور عدد ماخ. ۷۰
- شکل ۵-۱۷: تغییرات نسبت جرمی بر حسب فشار کندانسور در دماهای مختلف اوپراتور. ۷۱
- شکل ۵-۱۸: تغییرات نسبت جرمی بر حسب فشار کندانسور در دماهای مختلف بویلر و اوپراتور. ۷۱
- شکل ۵-۱۹: تغییرات نسبت جرمی بر حسب زاویه واگرایی نازل همگرا-واگرا. ۷۳

- شکل ۵-۲۰: تغییرات نسبت جرمی بر حسب زاویه واگرایی نازل همگرا- واگرا تحت شرایط مرزی مختلف. ۷۳.....
- شکل ۵-۲۱: تغییرات نسبت جرمی بر حسب زاویه همگرایی بخش اختلاط. ۷۴.....
- شکل ۵-۲۲: تأثیر زاویه همگرایی محفظه اختلاط روی مومنتوم سیال مخلوط توسط کانتور عدد ماخ. ۷۵.....
- شکل ۵-۲۳: تغییرات نسبت جرمی بر حسب نسبت طول به قطر گلوگاه. ۷۶.....
- شکل ۵-۲۴: تأثیر نسبت طول به قطر گلوگاه اجکتور روی جابجایی سطح موثر توسط کانتور عدد ماخ. ۷۷.....
- شکل ۵-۲۵: تغییرات نسبت جرمی بر حسب زاویه واگرایی دیفیوزر. ۷۸.....
- شکل ۵-۲۶: تغییرات نسبت جرمی بر حسب NXP. ۷۹.....
- شکل ۵-۲۷: تأثیر NXP روی تغییر سطح موثر جریان ثانویه توسط کانتور عدد ماخ. ۷۹.....
- شکل ۵-۲۸: توزیع نسبت فشار در طول خط میانی شیپوره B مور و مقایسه آن با جریان آیزنتروپیک بخار آب و داده‌های تجربی مور [۳۱]. ۸۰.....
- شکل ۵-۲۹: توزیع شعاع قطرات و مقایسه آن با داده‌های تجربی مور [۳۱]. ۸۱.....
- شکل ۵-۳۰: توزیع عدد ماخ و مقایسه آن با نتایج جریان آیزنتروپیک بخار آب. ۸۲.....
- شکل ۵-۳۱: برخی جزئیات جریان چگالشی روی خط تقارن شیپوره: (a) کسر جرمی مایع تولید شده، (b) نرخ تولید جرم مایع، (c) نرخ جوانه‌زایی قطرات مایع، (d) نسبت فوق اشباع و بیشترین درجه فوق اشباع. ۸۳.....
- شکل ۵-۳۲: توزیع دمای جریان چگالشی در طول شیپوره و مقایسه آن با دمای جریان آیزنتروپیک و دمای اشباع مرتبط با فشار جریان. ۸۴.....
- شکل ۵-۳۳: توزیع نسبت فشار در طول خط میانی شیپوره ۲ کرول با استفاده از دو معادله حالت ویریل و گاز کامل و مقایسه آنها با جریان آیزنتروپیک بخار آب و داده‌های تجربی [۳۴]. ۸۵.....

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۰	جدول ۱-۱: مشخصه‌های چند مبرد نمونه برای اجکتور مرجع [۵].
۵۹	جدول ۱-۵: مقایسه نتایج حل یک بعدی حاضر با داده‌های آزمایشگاهی مرجع [۱].
۸۷	جدول ۲-۵: تأثیر پارامترهای مختلف روی نسبت جرمی اجکتور.

فهرست علائم

شعاع قطره	r	عدد ماخ	M	دما ($^{\circ}C$)	T
حجم متوسط قطره	V_d	ثابت گاز ($kJ/kg.K$)	R	فشار (kPa)	P
نسبت فوق اشباع	S	دمای سکون (K)	T_0	نسبت جرمی	R_m
ضریب تبخیر	q_c	فشار سکون (kPa)	P_0	سرعت جریان (m/s)	V
نرخ جوانه‌زایی	I	آنتالپی (kJ/kg)	h	مساحت مقطع جریان (m^2)	A
جرم مولی	M_m	طول گلوگاه اجکتور	L	ظرفیت گرمایی ویژه ($kJ/kg.K$)	C_p
ثابت بولتزمن	K_b	قطر گلوگاه اجکتور	D	گرمای مبادله شده (w)	Q
		ضریب ویربال	B	تغییرات انرژی آزاد گیبز	ΔG

نماد های یونانی

کسر رطوبت	β	چگالی (kg/m^3)	ρ
نرخ تولید جرم	Γ	نسبت گرماهای ویژه	γ
ضریب تصحیح غیر همدم	θ	راندمان آیزنتروپیک	η
خاصیت مخلوط	Φ	کشش سطحی (N/m)	σ
نیم‌زاویه همگرایی بخش اختلاط	α	ویسکوزیته ($kg/m.s$)	μ

زیرنویس

0, 1, 2, 3, 4	موقعیت‌هایی در طول اجکتور	e	اوپراتور
p	جریان اولیه	c	کندانسور
s	جریان ثانویه	t	گلوگاه نازل اولیه
n	نازل اولیه	L	فاز مایع
m	مخلوط جریان	G	فاز گازی
d	دیفیوزر	S	حالت اشباع
b	بویلر		

بالانویس

*	موقعیت بحرانی	-	حالت متوسط
---	---------------	---	------------

فصل اول

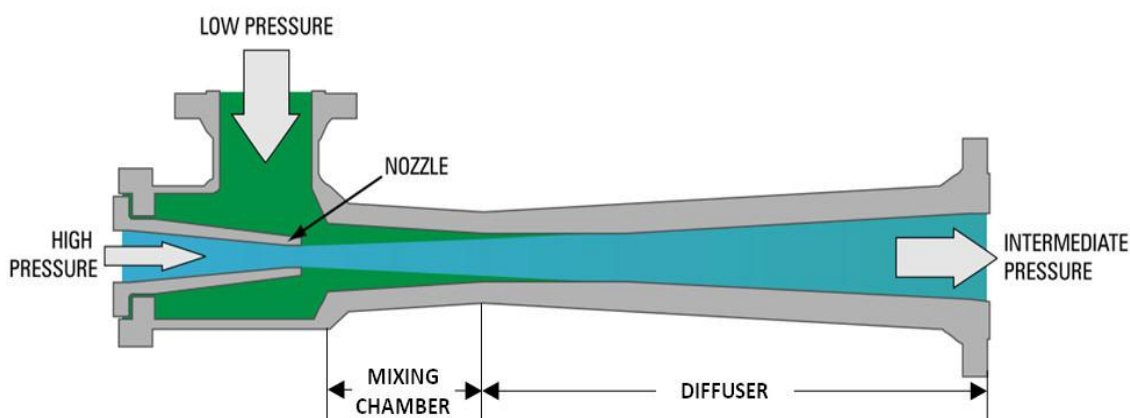
مقدمه ای بر اجکتور و سیستم های سرپایش تجزیه

۱-۱- پیشگفتار

با توجه به کاربرد روز افزون انرژی در زندگی انسان، استفاده بهینه از انرژی به قدری اهمیت پیدا کرده است که این مقوله تبدیل به یک علم شده است. در این میان، تجهیزات و ساز و کارهایی که انرژی در حال هدر رفت سیکل‌ها و مولدهای قدرت را بازیابی می‌کنند و باعث افزایش راندمان سیکل می‌شوند از اهمیت خاصی برخوردارند. با توجه به گستردگی محدوده کاری اجکتور^۱، می‌توان آن را ابزاری دانست که برای نیل به این هدف، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۲- اجکتور چیست؟

ایجاد خلأ یکی از پدیده‌های مهم و کاربردی است که در زندگی روزمره، فعالیت‌های تحقیقاتی و خصوصاً صنعت به کار گرفته می‌شود. فرآیند خلأ سازی، توسط انواع پمپ‌های خلأ و یا اجکتور صورت می‌گیرد. اجکتور، تجهیزاتی است که با ایجاد خلأ توسط یک جریان پرفشار اولیه، قادر است یک جریان کم‌فشار ثانویه مانند جریان گاز، مایع و یا جامد را انتقال دهد و اساس کار آن بر پایه‌ی تبدیل انرژی فشاری و سرعتی به یکدیگر می‌باشد. شکل ۱-۱، شماتیک یک اجکتور را نشان می‌دهد. یک اجکتور با نام‌های دیگری از قبیل اینجکتور^۲، جت اجکتور^۳، جت پمپ^۴ و پمپ خلأ^۵ نیز شناخته می‌شود.



شکل ۱-۱: شماتیک یک نمونه اجکتور.

- ¹ Ejector
- ² Injector
- ³ Jet Ejector
- ⁴ Jet Pump
- ⁵ Vacuum Pump

اجزای اساسی یک اجکتور عبارتند از: نازل اولیه^۱، محفظه اختلاط^۲ (که شامل بخش اختلاط و گلوگاه می‌شود) و دیفیوزر^۳. جریان پرفشار اولیه با گذشتن از نازل، شتاب گرفته و سرعتش افزایش می‌یابد؛ در نتیجه، یک افت فشار در انتهای نازل به وجود می‌آید که به موجب آن سیال ثانویه از محل خود مکیده شده و پس از مخلوط شدن با سیال اولیه از اجکتور خارج می‌شوند.

۱-۲-۱- انواع اجکتورها

اجکتورها بر اساس اینکه در آنها از چه سیالی به عنوان سیال محرک استفاده می‌شود، به سه دسته اجکتورهای هوایی، مایع و بخار تقسیم می‌شوند. برای تأمین خلأ به نسبت زیاد و نیز حفظ خلأ در یک سیستم، از اجکتورهای بخار استفاده می‌کنند به طوری که می‌توان برای ایجاد خلأهای بالاتر، از چند مرحله اجکتور بخار استفاده کرد. علت انتخاب اجکتورهای بخار نسبت به اجکتورهای هوایی، علاوه بر کاهش کار انجام شده برای متراکم کردن سیال عامل در بویلر، در دسترس نبودن هوای فشرده و قیمت بالای کمپرسورها می‌باشد. در شکل ۱-۲ یک سیستم اجکتور سه مرحله‌ای مشاهده می‌شود.



شکل ۱-۲: سیستم اجکتور بخار سه مرحله‌ای همراه با کندانسور میانی.

¹ Primary Nozzle
² Mixing Chamber
³ Diffuser

۱-۲-۲- کاربرد های اجکتور

با توجه به اینکه نقطه جوش، تابع مستقیمی از فشار محیط است لذا کاهش فشار محیط، کاهش نقطه جوش را به همراه دارد. با توجه به این مطلب، اهمیت اجکتور به عنوان وسیله‌ای برای تولید خلأ در صنایع مختلف مشخص می‌شود که به طور خلاصه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

صنایع غذایی و شیمیایی، صنایع نفت و گاز و پتروشیمی، انتقال و جابجایی مواد خورنده و زیان‌آور، تهویه محیط و خارج کردن گازهای غیر قابل چگالش از کندانسورها، ایجاد تلاطم در سیالات، راه‌اندازی

پمپ‌های سانتریفوژ، افزایش راندمان پمپ خلأ رینگ مایع، سیستم‌های جلو برنده و افزایش ترست، انتقال حرارت، سیستم‌های نم‌زدایی، افزایش فشار سیالات، سیستم‌های سرمایش و تهویه مطبوع و... .

با توجه به اینکه در این پروژه به بررسی اجکتور سیستم سرمایش تبخیری پرداخته می‌شود، بیان مختصری از تاریخچه و مقدمات سیستم‌های سرمایش تبخیری ضروری می‌نمود که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.

۱-۳-۱- سیستم سرمایش تبخیری

۱-۳-۱-۱- تاریخچه

در سال ۱۹۰۱ میلادی برای خارج کردن هوا از کندانسور موتور بخار، اجکتور توسط چارلز پانسز^۱ اختراع شد و سیستم تبرید با اجکتور، اولین بار در سال ۱۹۱۰ میلادی توسط شخصی به نام موريس لی بلانک^۲ ساخته شد [۱]. سیستم سرمایش تبخیری (تبرید اجکتوری)، از انرژی‌هایی که دارای ارزش گرمایی بالایی نیستند مانند انرژی خورشیدی، زمین گرمایی، انباشته‌های سوختی و همچنین انرژی‌های بلااستفاده در صنایع و موتورهای حمل و نقل، به عنوان انرژی محرک استفاده می‌کند. از

¹ Charles Pansis

² Maurice Le Blanc