تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در مهندسی شیمی – فرآیندهای جداسازی

عنوان:

اندازه‌گیری ضرایب انتقال جرم و افت فشار در برج رطوبت زنی با آکنه‌های نامنظم

اساتید راهنما:

دکتر مرتضی زیودار

دکتر فرشاد فرشچی تبریزی

تحقیق و نگارش:

مسعود خراسانی

اسفند ۱۳۹۰

تقدیم به

پدر بزرگواروعزیز

و

مادر مهربان و دلسوزم

که ذره ذره وجودم آکنده از محبت ایشان است.

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب مسعود خراسانی تأیید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: مسعودخراسانی

امضاء

سپاسگزاری

هم اکنون که به یاری خداوند سبحان، پایان نامه کارشناسی ارشد خود را به پایان می‌رسانم بر خود لازم می‌دانم، از راهنمایی‌ها و زحمات اساتید ارجمندم، دکتر مرتضی زیودار و دکتر فرشاد فرشچی، تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از دوستان عزیزم آقایان خلیل اسفندیارپور و میثم خسروی به جهت حمایت‌های همه جانبه و هم‌فکری‌هایشان در انجام این پژوهش کمال تشکر را دارم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲ اهداف کلی پروژه ۳

۱-۳- نوآوریهای ارائه شده در این تحقیق ۳

۱-۴- ساختار پروژه ۳

فصل دوم: مروری بر برج‌های آکنده و آکنه‌های نامنظم ۵

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- برجهای سینی دار ۶

۲-۳- برجهای آکنده ۷

۲-۴- آکنه‌های نامنظم ۱۰

۲-۴-۱- جنس آکنه های نامنظم ۱۲

۲-۴-۲- ویژگیهای آکنه‌های نامنظم ۱۴

۲-۵- مقایسه ستونهای سینی دار و آکنده ۱۷

۲-۶- آکنه‌های ساختاریافته ۱۷

۲-۶-۱- ویژگیهای آکنه‌های ساختاریافته ۱۸

۲-۶-۲- مشخصات هندسی آکنه‌های ساختاریافته ۱۹

۲-۶-۳- انواع آکنه های ساختاریافته ۲۱

۲-۷- نتیجه‌گیری ۲۶

فصل سوم: پارامترهای مؤثر در عملکرد برجهای آکنده و بررسی مدلهای افت فشار ۲۷

۳-۱- مقدمه ۲۸

۳-۲- مفاهیم و پارامترهای مورد اهمیت در ستونهای پرشده ۲۸

۳-۲-۱-**پدیده** Entrainment ۲۸

۳-۲-۲- افت فشار خشک(یک فازی) ۲۹

۳-۲-۳- افت فشار تر(دوفازی) ۲۹

۳-۲-۴- انباشتگی و طغیان در برجهای پرشده ۲۹

۳-۲-۵- ماندگی مایع ۳۱

۳-۳- اهمیت افت فشار پایین ۳۱

۳-۴- مدلهای افت فشار ۳۲

۳-۴-۱- مدل (۱۹۹۲) Kister ۳۲

۳-۴-۲- مدل (۱۹۸۹) Stichlmair –Bravao –Fair ۳۴

۳-۴-۳- مدل (۱۹۹۵ , ۲۰۰۶) Locket ۳۵

۳-۴-۴- مدل (۱۹۶۹) Wallis ۳۵

۳-۵- نتیجه گیری ۳۶

فصل چهارم:مروری بر روابط انتقال جرم ومدلهای مربوط به سطح مشترک مؤثر در آکنه های نامنظم ۳۷

۴-۱- مقدمه ۳۸

۴-۲- مدل پایه در روابط انتقال جرم ۳۸

۴-۳- روابط انتقال جرم فاز گاز و مایع ۳۹

۴-۴-سطح تماس موثر انتقال جرم ۴۱

۴-۵- نتیجه گیری ۴۴

فصل پنجم: اندازه‌گیری ضرایب انتقال جرم و افت فشار ۴۵

۵-۱- مقدمه ۴۶

۵-۲- وسایل آزمایشگاهی ۴۶

۵-۳- منحنی عمومی افت فشار ۴۸
۵-۴- مقایسه با مدل Kister(1992) ۴۹
۵-۵- منحنی SLE ۵۱
۵-۶- مقایسه با رابطه Wallis ۵۱
۵-۷- مقایسه با رابطه Lockett ۵۲
۵-۸- منحنی افت فشار در برج به قطر ۰/۱ متر ۵۳
۵-۹- ضرایب انتقال جرم ۵۷
۵-۹-۱- روش اندازه‌گیری ضرایب انتقال جرم ۵۷
۵-۹-۲- اندازه‌گیری ضرایب انتقال جرم فاز گاز ۶۲
۵-۹-۳- مقایسه ضرایب انتقال جرم در برج‌هایی به قطر ۰/۱ و ۰/۲ متر ۷۰
۵-۱۰- نتیجه‌گیری ۷۶
فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۷۸
۶-۱- نتیجه‌گیری ۷۹
۶-۲- پیشنهادات ۸۱
مراجع ۸۲
پیوست ها ۸۹
پیوست (الف): نحوه بدست آوردن شتاب جاذبه مؤثر ۹۰
پیوست (ب) : نتایج آزمایشگاهی افت فشار و نقاط طغیان ۹۳
پیوست (ج) : نتایج آزمایشگاهی انتقال جرم ۹۷
پیوست (د) : نتایج آزمایشگاهی ماندگی مایع ۱۰۱
پیوست (ز) : محاسبات عددی مدل‌های انتقال جرم و افت فشار ۱۰۴

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل۲-۱. شماتیکی از یک سینی برج تقطیر ۷

شکل ۲-۲- انواع مختلف سیستمهای توزیع‌کننده مایع ۸

شکل ۲-۳- سیستمهای ورودی گاز به برجهای آکنده ۹

شکل ۲-۴. صفحه نگهدارنده ۱۰

شکل۲-۵. انواع مختلف آکنه‌های نامنظم ۱۱

شکل ۲-۶. اکنه ی پال رینگ پلاستیکی مورد استفاده در آزمایش ۱۲

شکل ۲-۷.ابعاد مشخصه کانالها [۱۶] ۱۹

شکل ۲-۸. نحوه ی قرار گرفتن المانها و زاویه کانالها [۱۶] ۲۰

شکل ۳-۱. نمونه ای از نمودارهای افت فشار در برجهای پرشده[۱] ۳۰

شکل۳-۲. منحنی عمومیت یافته افت فشار GPDC برای آکنه‌های نامنظم [۴۹] ۳۴

شکل ۵-۱. عکس برج مورد آزمایش. ٤٦

شکل ۵-۲. بادسنج ۴۷

شکل ۵-۳. مانومتر ۴۷

شکل۵-۴. منحنی عمومی افت فشار با قطر برج ۰/۲ متر ۴۸

شکل۵-۵. مقایسه داده‌های آزمایشگاهی با منحنی عمومیت یافته و ضریب آکنه ۵۱۷، قطر برج ۰/۲ متر ۴۹

شکل ۵-۶. مقایسه داده‌های آزمایشگاهی با منحنی‌های عمومیت یافته قطر برج ۰/۲متر ۵۰

شکل ۵-۷. نمودار SLE، قطر برج ۰/۲ متر ۵۱

شکل ۵-۸. نمودار Wallis بر اساس نقاط طغیان، m=-0. 5632، قطر برج ۰/۲ متر ۵۲

شکل ۵-۹. مقادیر آزمایشگاهی و مقادیر پیش‌بینی شده توسط Lockett در نقاط طغیان، قطر برج ۰/۲ متر ۵۳

شکل ۵-۱۰. منحنی عمومی افت فشار با قطر برج ۰/۱ متر ۵۴

شکل ۵-۱۱. مقایسه بین مقادیر افت فشار خشک در برج‌هایی به قطر ۰/۲ متر و ۰/۱ متر ۵۴

شکل ۵-۱۲. مقایسه بین مقادیر افت فشار تر در برج‌هایی به قطر ۰/۲ متر و ۰/۱ متر، $L= 10\ m^3/hr$ ۵۵

شکل ۵-۱۳. مقایسه بین مقادیر افت فشار تر در برج‌هایی به قطر ۰/۲ متر و ۰/۱ متر، $L= 30\ m^3/hr$ ۵۵

شکل ۵-۱۴. مقایسه بین مقادیر افت فشار تر در برج‌هایی به قطر ۰/۲ متر و ۰/۱ متر، $L= 30\ m^3/hr$ ۵۶

شکل ۵-۱۵. مقایسه بین مقادیر افت فشار تر در برج‌هایی به قطر ۰/۲ متر و ۰/۱ متر، $L= 30\ m^3/hr$ ۵۶

شکل ۵-۱۶. شماتیکی از برج رطوبت زنی برای اندازه‌گیری انتقال جرم ۵۸

شکل ۵-۱۷. مسیر اشباع آدیاباتیک هوا [۱] ۵۹

شکل ۵-۱۸. روش اندازه‌گیری دمای مرطوب هوا [۲] ۵۹

شکل ۵-۱۹. شماتیکی از برج آکنده ۶۰

شکل ۵-۲۰. نمودار HTU_g بر حسب F_s ضریب ظرفیت گاز، قطر برج ۰/۲ متر ۶۳

شکل ۵-۲۱. نمودار $K_g a_e$ بر حسب F_s ضریب ظرفیت گاز، قطر برج ۰/۲ متر ۶۴

شکل ۵-۲۲. a_e محاسبه شده با روابط Nakajima et.al ، قطر برج ۰/۲ متر ۶۵

شکل ۵-۲۳. مقادیر Kg آزمایشگاهی، قطر برج ۰/۲ متر ۶۷

شکل ۵-۲۴. مقایسه ضرایب انتقال جرم با مدل‌های مختلف، قطر برج ۰/۲ متر و $L= 10\ m^3/hr$ ۶۸

شکل ۵-۲۵. مقایسه ضرایب انتقال جرم با مدل‌های مختلف، قطر برج ۰/۲متر و $L= 30\ m^3/hr$ ۶۸

شکل ۵-۲۶. مقایسه ضرایب انتقال جرم با مدل‌های مختلف، قطر برج ۰/۲ متر و $L= 50\ m^3/hr$ ۶۹

شکل ۵-۲۷. مقایسه ضرایب انتقال جرم با مدل‌های مختلف، قطر برج ۰/۲ متر و $L= 70\ m^3/hr$ ۶۹

شکل ۵-۲۸. مقادیر ماندگی برحسب F_s، قطر برج ۰/۲ متر ۷۱

شکل ۵-۲۹. مقایسه مقادیر ماندگی برحسب F_s در برج‌هایی **به** قطر ۰/۱ و ۰/۲متر ۷۱

شکل ۵-۳۰. نمودار HTU_g بر حسب F_s ضریب ظرفیت گاز، قطر برج ۰/۱ متر ۷۲

شکل ۵-۳۱. نمودار $K_g a_e$ بر حسب F_s ضریب ظرفیت گاز، قطر برج ۰/۱ متر **۷۳**

شکل ۵-۳۲. مقایسه Kg.ae در برج‌هایی **به** قطر ۰/۱ و ۰/۲متر، L=10 (m3/hr) ۷۴

شکل ۵-۳۳. مقایسه Kg.ae در برج‌هایی **به** قطر ۰/۱و ۰/۲متر، L=30 (m3/hr) ۷۴

شکل ۵-۳۴. مقایسه Kg.ae در برج‌هایی **به** قطر ۰/۱ و ۰/۲ متر، L=50 (m3/hr) ۷۵

شکل ۵-۳۵. مقایسه Kg.ae در برج‌هایی **به** قطر ۰/۱ و ۰/۲ متر، L=70 (m3/hr) ۷۵

شکل ۱-الف. جریان فیلم مایع ریزان بر روی سطح آکنه‌های ساختار یافته [۳۵] ۹۱

فهرست جدول‌ها

عنوان جدول	صفحه
جدول ۲-۱- مشخصات برخی آکنه های نامنظم	۱۵
جدول ۲-۲. مشخصات هندسی برخی آکنه های ساختار یافته	۲۵
جدول ۴-۱. روابط انتقال جرم فاز گاز و مایع	۳۹
جدول۴-۲. مدل های مربوط به سطح مشترک موثر در آکنه های نامنظم	۴۳
جدول ۵-۱. مقادیر HTU_g در دبی‌های مختلف مایع و گاز	۶۲
جدول ۵-۲. a_e محاسبه شده با روابط Nakajima et. al	۶۵
جدول ۵-۳. مقادیر Kg آزمایشگاهی، قطر برج ۰/۲ متر	۶۶
جدول ۵-۴. درصد خطای نسبی میانگین مدل‌های مختلف انتقال جرم با نتایج آزمایشگاهی	۷۰
جدول ۱-ب. نتایج افت فشار، قطر برج ۰/۲ متر	۹۴
جدول ۲-ب. نتایج افت فشار، قطر برج ۰/۱ متر	۹۴
جدول ۳-ب. نتایج آزمایشگاهی در افت فشار ثابت، قطر برج ۰/۲ متر	۹۵
جدول ۴-ب. نتایج آزمایشگاهی نقاط طغیان، قطر برج ۰/۲ متر	۹۶
جدول ا-ج. نتایج آزمایشگاهی ا نتقال جرم فاز گاز، قطر برج ۰/۲ متر	۹۸
جدول۲-ج. نتایج آزمایشگاهی انتقال جرم فاز گاز، قطر برج ۰/۱متر	۹۹
جدول ۱-د. مقادیر ماندگی مایع برج بر حسب میلی‌لیتر، قطر برج ۰/۲ متر	۱۰۲
جدول ۲-د. مقادیر ماندگی مایع برج بر حسب میلی‌لیتر، قطر برج ۰/۱متر	۱۰۳
جدول ۱-ز. مشخصات فیزیکی آب و هوا	۱۰۵

فهرست علائم

علامت	نشانه
$Cs(m/s)$	سرعت ظاهری تصحیح شده گاز
A	عدد ثابت
B	عدد ثابت
$a_e\left(m^2/m^3\right)$	سطح موثر آکنه
$a_H\left(m^2/m^3\right)$	سطح انتقال حرارت
$a_m\left(m^2/m^3\right)$	سطح انتقال جرم
$a_p\left(m^2/m^3\right)$	سطح ویژه آکنه
$b\left(m\right)$	قاعده کانال مثلثی
$C_S(j/g.c)$	گرمای مرطوب
$d_{eq}\left(m\right)$	قطر معادل آکنه
$d_{hg}(m)$	قطر هیدرودینامیکی کانال
$D_\upsilon(m^2/s)$	پخشندگی
$F_S\left(m/s\left(kg/m^3\right)^{0.5}\right)$	فاکتور ظرفیت جریان گاز
f	ضریب اصطکاک
$g\left(m/s^2\right)$	شتاب جاذبه زمین
$G(kg/m^2.s)$	سرعت جرمی گاز
$H(j/g)$	آنتالپی (رابطه 5-9)
$h\ (m)$	ارتفاع کانال در آکنه

h_L	ماندگی فاز مایع
h_{pb}	ارتفاع بستر آکنده
h_{pe}	ارتفاع المان آکنه ساختار یافته
$HETP\,(m)$	ارتفاع معادل یک واحد تئوری
HTU_{OG}	ارتفاع یک واحد کلی انتقال فاز گاز
HTU_{OL}	ارتفاع یک واحد کلی انتقال فاز مایع
$K_G(m/s)$	ضریب انتقال جرم در فاز گاز
$K_L(m/s)$	ضریب انتقال جرم در فاز مایع
$L(kg/m^2.s)$	سرعت جرمی مایع
m	شیب خط تبادل
M_F	ضریب توزیع ناقص فاز گاز
n_{pe}	تعداد المان‌های بستر آکنده
$\Delta p\ (Pa)$	افت فشار
$S(m)$	ضلع مجاور قاعده در کانال مثلثی
$t(s)$	زمان
$T(^{\circ}C\ )$	دما
$U_{Ge}(m/s)$	سرعت موثر فاز گاز
$U_{Gs}(m/s)$	سرعت ظاهری فاز گاز
$U_{Le}(m/s)$	سرعت مؤثر فاز مایع
$U_{Ls}(m/s)$	سرعت ظاهری فاز مایع

علائم یونانی

θ(deg)	زاویه کانال با محور افق

$\lambda(deg)$	زاویه کانال با محور قائم
ε	تخلخل بستر آکنده
$\delta(m)$	ضخامت فیلم مایع
ζ	ضریب مقاومت جریان
λ	مشخصه خیس شدن کانال مثلثی
$\mu(Kg/m.s)$	ویسکوزیته
ξ	ضریب مشخصه نیروی دراگ
$\rho(kg/m^3)$	چگالی
$\tau(N/m^2)$	تانسور تنش
ψ	نسبت تعداد کانال‌های آکنه ختم شده به دیواره، به کانال‌های سطح مقطع المان
$\sigma(N/m)$	کشش سطحی
Ω	کسر خالی سطح آکنه

اعداد بدون بعد

$Fr = \frac{U^2 a_P}{S}$	عدد فرود
$\mathrm{Re} = \frac{°U_L}{a_P«}$	عدد رینولدز
$Sc = \mu/(\rho D_υ)$	عدد اشمیت
$We = \frac{°U^2}{a_P±}$	عدد وبر

چکیده:

برج‌های آکنده، قسمت مهمی از تجهیزات وسیع انتقال جرم و حرارت هستند. امروزه، استفاده از برج‌های پر شده به دلیل افت فشار کمتر، ظرفیت و انتقال جرم بالاتر نسبت برج‌های سینی‌دار، در حال افزایش است.

در این تحقیق پارامترهای مؤثر بر عملکرد برج مانند افت فشار خشک، افت فشار دو فازی، ماندگی مایع و ضرایب انتقال جرم فاز گاز در برج رطوبت‌زنی با استفاده از آکنه‌های نامنظم در برج‌هایی به قطر ۰/۲ و ۰/۱ متر و ارتفاع ۱ متر، اندازه‌گیری شد. در آزمایشات، از آب و هوا برای فاز گاز و مایع استفاده شد. دبی هوا بین ۱/۳۲تا ۳/۹۳مترمکعب بر ساعت و دبی مایع ۱۰ تا ۷۰ مترمکعب بر ساعت می‌باشد.

نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری افت فشار، با مدل‌های مختلفی مقایسه گردید.دربرج به قطر۰/۲ماکزیمم افت فشار در دبی های مایع ۷۰,۵۰,۳۰,۱۰به ترتیب برابر۱۰۱,۸۹,۷۸,۶۷ میلیمتر آب بر متر می باشد که این مقادیر به ترتیب برای دبی های گاز:۲/۹۶,۳/۳۷, ۲/۶۵و۲/۳۹ متر مکعب بر ساعت بدست آمده است. برای پیش‌بینی نقاط طغیان مدل Locket نتایجی بسیار نزدیک به مقادیر آزمایشگاهی دارد و مقدار خطا ۸٪ می‌باشد.. همچنین، نتایج نشان داد که با کاهش قطر برج، در دبی‌های یکسان مایع و گاز، افت فشار افزایش می‌یابد. به طور متوسط افت فشار در قطر ۰/۲متر، ۹٪ نسبت به قطر ۰/۱ متر کاهش می‌یابد.

یکی از پارامترهاای تاثیر گذار بر انتقال جرم سطح تماس موثر است. در این تحقیق از مدل Nakajima جهت محاسبه سطح تماس موثر استفاده شد، سپس مقادیر آزمایشگاهی ضرایب انتقال جرم فاز گاز با مدل‌های,Onda, Billet, Shulman, Zech Grouff, Shi مقایسه شد. درصد خطای نسبی میانگین این مدل‌ها با نتایج آزمایشگاهی به ترتیب ۷٪، ۱۵٪، ۲۹٪، ۲۱٪، ۴۵٪ و ۱۹۵٪ می‌باشد. برای پیش‌بینی ضرایب انتقال جرم مقادیر بدست آمده از مدل Zech نزدیک‌تر به مقادیر آزمایشگاهی می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که با کاهش قطر برج، ضریب انتقال جرم فاز گاز (Kg.ae) افزایش می‌یابد.که این افزایش در دبی های بالاتر مایع محسوس تر است.همچنین مقادیر ماندگی بدست امده نشان داد که ماندگی در برج به قطر ۰/۱بیشتر از برج به قطر ۰/۲متر می باشد.

کلمات کلیدی: برج آکنده - آکنه‌های نامنظم- ضرایب انتقال جرم- افت فشار- سطح موثر- ماندگی مایع- برج رطوبت زنی

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

برج‌های پر شده قسمت مهمی از تجهیزات وسیع انتقال جرم و حرارت هستندو در فرآیندهای جداسازی نظیر تقطیر و جذب کاربرد فراوانی دارند . از جمله مزایای برجهای آکنده نسبت به برجهای سینی دار می‌توان به افت فشار کمتر و بازده بالاتر این برج‌ها اشاره کرد با وجود این در موارد بسیاری استفاده از برج‌های سینی‌دار ارزانتر و پیش‌بینی عملکرد آن‌ها دقیق‌تر است[۱].

آکنه‌ها به دو دسته کلی نامنظم[1] و ساختاریافته[2] تقسیم می‌شوند. آکنه‌های نامنظم به صورت معمولی داخل برج ریخته می‌شوند، تا پس از سقوط بطور نامنظم بر روی هم انباشته شوند. آکنه‌های ساختاری به صورت صفحات شیبدار ساخته می‌شوند و هر لایه درون برج نسبت به لایه بالایی خود معمولا نود درجه چرخانده می‌شود. آکنه‌های ساختاریافته نسبت به آکنه‌های نامنظم دارای بازده و ظرفیت بالاتر، افت فشار کمتر و قیمت بالاتری می‌باشند.. برای طراحی بهینه برج‌های آکنده پارامترهای زیادی باید مورد توجه قرار گیرند، مثل پارامترهای مربوط به انتقال جرم و پارامترهای هیدرودینامیکی برج از جمله پارامترهای مؤثر بر عملکرد برج می‌توان به افت فشار خشک، ماندگی مایع، افت فشار دو فازی و بازده انتقال جرم اشاره نمود.[۲].

روابط زیادی در مقالات بر مبنای کارهای تجربی و نیمه تجربی وجود دارد، با این وجود رابطه‌ای مناسب که در شرایط عملیاتی مختلف از دقت خوبی برخوردار باشد وجود ندارد همچنین تا کنون مدل‌ها و روابط بسیاری برای پیش-بینی افت فشار و انتقال جرم در برج‌های پر شده با آکنه‌های ساختار یافته بیان شده است که دقت‌ها، محدودیت‌ها و محدوده‌های عملیاتی متفاوتی دارند، با این وجود رابطه‌ای مناسب که در شرایط عملیاتی مختلف از دقت خوبی برخوردار باشد وجود ندارد و باید تحقیقات بیشتری در این زمینه انجام شود.

۱-۲- اهداف کلی پروژه

1. Random packing
2. Structured packing

در این تحقیق پارامترهای مؤثر بر عملکرد برج مانند افت فشار خشک، افت فشار دو فازی، ماندگی مایع و ضرایب انتقال جرم فاز گاز در برج رطوبت‌زنی با استفاده از آکنه‌های نا منظم اندازه‌گیری شده، سپس این پارامترها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و با روابط و مدل‌های ارائه شده در مقالات مقایسه شده‌اند و بهترین مدل که نزدیکترین نتایج را به داده های آزمایشگاهی داشته انتخاب و ارائه شده است .

۱-۳- نوآوریهای ارائه شده در این تحقیق

تا کنون تحقیقات کمی در مورد تاثیر قطر برج بر افت فشار و ضرایب انتقال جرم انجام شده است. در این تحقیق تاثیر قطر برج بر افت فشار، ماندگی مایع و ضرایب انتقال جرم فاز گاز مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است. البته در برج پر شده با آکنه های نامنظم .

۱-۴- ساختار پروژه

ساختار نوشتاری این پروژه در قالب شش فصل و به صورت زیر تنظیم شده است:

پس از ارائه مقدمه در فصل اول، توضیحاتی در خصوص برج‌های آکنده و ویژگی‌های آن در فصل دوم ارائه گردیده است. در بخش‌های ابتدایی این فصل، جزئیات بیشتری از ساختار برج‌های آکنده و آکنه‌های نامنظم بیان شده است. انواع آکنه‌های نامنظم ، مزایای آکنه‌های نامنظم نسبت به سینی‌ها و مشخصات هندسی آکنه‌ها در این فصل ارائه شده است.

در فصل سوم، پس از ارائه پارامترهای مؤثر بر عملکرد برج مانند افت فشار خشک، افت فشار دو فازی و ماندگی مایع، چند نمونه از مدل‌های مربوط به منحنی‌های عمومیت یافته افت فشار، مدل‌های نیمه تجربی و مدل‌هایی که بر مبنای برج‌های دیواره مرطوب هستند، ارائه شده است.

در فصل چهارم ، روابط انتقال جرم و پارامترهای وابسته به این روابط مانند سطح موثر انتقال جرم، ارائه و مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند.

در فصل پنجم نتایج آزمایشگاهی افت فشارخشک، افت فشار دو فازی، نقاط طغیان برج و ضرایب انتقال جرم فاز گاز در برج‌هایی به قطر ۰/۱و ۰/۲ متر ارائه شده و این نتایج با مدل‌های مختلف مورد مقایسه و بررسی قرار گرفته‌اند.

نتیجه‌گیری کلی از این تحقیق و ارائه برخی از پیشنهادات جهت انجام تحقیقات بعدی در این زمینه نیز در فصل ششم ارائه شده است.

فصل دوم

مروری بر برج‌های آکنده و آکنه‌های نامنظم

۲-۱- مقدمه