دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی شیمی

گرایش فرایندهای جداسازی

عنوان:

بررسی هیدرودینامیک سینی آکنده با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی

اساتید راهنما:

دکتر رهبر رحیمی

دکتر مرتضی زیودار

تحقیق و نگارش:

ریحانه اکبرزاده

مهر ۱۳۸۹

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان بررسی هیدرودینامیک سینی آکنده با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - فرایندهای جداسازی توسط دانشجو ریحانه اکبرزاده تحت راهنمایی اساتید پایان نامه دکتر رهبر رحیمی و دکتر مرتضی زیودار تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

ریحانه اکبرزاده

این پایان نامه ۸ واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	**امضاء**	**تاریخ**
استاد راهنما:	دکتر رهبر رحیمی		
استاد راهنما:	دکتر مرتضی زیودار		
داور ۱:	دکتر حسین آتشی		
داور ۲:	دکتر عبدالرضا صمیمی		
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر قدرت الله رودینی		

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب ریحانه اکبرزاده 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: ریحانه اکبرزاده

امضاء

تقدیم به:

پدر فداکار، مادر دلسوز

و

همسر مهربان وعزیزم

که در تمامی لحظات همواره یار و پشتیبان من بوده‌اند.

سپاسگزاری

شکر و سپاس خداوند قادر متعال را که مهربان و حامی همه‌ی بندگان است و بی مدد حق تعالی هیچ کاری به انجام نمی‌رسد. در انجام این پایان‌نامه قدردان راهنمایی‌های اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر رهبر رحیمی و جناب آقای دکتر مرتضی زیودار می‌باشم که با راهنمایی‌های ارزشمندشان مرا در طی نمودن این مسیر دشوار یاری نمودند.

در طول زندگی، تحصیل و انجام پایان نامه همیشه سپاسگزار پدر، مادر، خواهر، برادران و همسر عزیزم دکتر سید مسعود سیدی که با لطف و محبت خویش همواره یاورم بوده‌اند، می‌باشم. همچنین از زحمات و تلاش های اساتید محترم گروه مهندسی شیمی دانشگاه سیستان و بلوچستان سپاسگزارم.

در پایان از دوستانم خانم‌ها مهندس الهه بهرامی فر، مریم مزارعی ستوده، نرجس ستوده و مهندس علی زارعی و محمد دربندی کمال تشکر را دارم.

چکیده:

برج‌های سینی‌دار و برج‌های آکنده حاوی آکنه‌های ساختاریافته مهمترین نوع برج‌هایی هستند که در پالایشگاه‌ها و صنایع شیمیایی از آنها استفاده می‌شود. مطالعه سینی‌ها یکی از گسترده‌ترین مسائل مربوط به برج است که طی سالهای اخیر محققان را بر آن داشته تا به منظور افزایش ظرفیت و راندمان، سینی‌هایی با شکلها و کاربردهای مختلف طراحی کنند. یکی از انواع سینی‌ها، سینی‌های غربالی جریان دو سویه (Dualflow sieve tray (DS tray)، می‌باشد که سینی‌های بدون ناودانی با پروفیل جریان ناهمسو هستند. سینی‌های جریان دو سویه با آکنه‌های منظم (Structured Packing Tray(SP Tray)) نیز نوع جدیدی از DS tray است که شامل لایه نازکی از آکنه ساختار یافته می‌باشد. این سینی‌ها در فرایندهای تقطیر، جذب و دفع استفاده می‌شود. طراحی بهینه سینی در برجها نقش بسیار بالایی در کارایی و عملکرد برجها و در نتیجه کاهش هزینه‌ها خواهد داشت. افت فشار و پارامترهای هیدرولیکی برج جزء پارامترهای مهم طراحی هستند که به صورت مستقیم بر روی راندمان و ظرفیت برج تاثیر می‌گذارند.

در این تحقیق مدل‌های سه بعدی دینامیک سیالات محاسباتی(CFD)، برای پیش بینی هیدرودینامیک SP Tray وDS tray مورد بررسی قرار گرفته اند. برای انجام این کار از نرم افزار Gambit برای رسم هندسه و شبکه بندی آن و از نرم افزار تجارتی CFX11 برای حل عددی استفاده شده است. مقادیر افت فشار خشک، افت فشار دو فازی و ارتفاع سرکف SP tray با دو ضخامت و DS tray که توسط آنالیز CFD محاسبه شده‌اند، با داده های تجربی و آزمایشگاهی مقایسه شده و در مجموع، مطابقت خوبی بین نتایج حاصل از شبیه سازی و داده‌های تجربی مشاهده شد و این تطابق، نشان دهنده کارآیی خوب مدلهای پیشنهاد شده جهت شبیه سازی پارامترهای هیدرودینامیکی در این سینی‌ها می باشد.

کلمات کلیدی: سینی جریان دو سویه با آکنه‌های منظم، آکنه‌های ساختار یافته، سینی جریان دو سویه، افت فشار، دینامیک سیالات محاسباتی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ۱
مقدمه ۲
ضرورت انجام پروژه ۲
اهداف و نوآوری تحقیق ۳
ساختار پروژه ۳
فصل اول: مروری بر برج‌های سینی دار و برج‌های آکنده **۵**
۱-۱- مقدمه ۶
۱-۲- برج های تقطیر(Distillation Columns) ۶
۱-۲-۱- برج های سینی دار ۶
۱-۲-۱-۱- انواع سینی ۷
۱-۲-۲-برج‌های آکنده ۱۶
۱-۲-۲-۱-بسترآکنده ۱۸
۱-۲-۲-۲- آکنه‌های نامنظم ۱۹
۱-۲-۲-۳- آکنه‌های ساختاریافته ۲۱
۱-۳- نتیجه گیری ۳۰
فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده **۳۱**
۲-۱- مقدمه ۳۲
۲-۲- مروری بر کارهای انجام شده ۳۲
۲-۲-۱- بخش اول(سینی آکنده) ۳۲
۲-۲-۲- بخش دوم (سینی جریان دو سویه) ۳۸
۲-۳- نتیجه گیری ۴۰
فصل سوم: مدل‌سازی سیستم با استفاده از ابزار دینامیک سیالات محاسباتی **۴۲**
۳-۱- مقدمه ۴۳
۳-۲- دینامیک سیالات محاسباتی(CFD) ۴۳
۳-۳- روشهای حل در دینامیک سیالات محاسباتی ۴۴
۳-۴- مراحل مدلسازی ۴۵
۳-۵- فرضیات مورد استفاده ۴۶
۳-۶- تولید هندسه مدل ۴۷
۳-۷- شبکه بندی مدل ۴۹
۳-۸- شرایط مرزی ۵۲
۳-۸-۱- شرایط مرزی مورد استفاده جهت تحلیل افت فشار یک فازی ۵۲

۳-۸-۲- شرایط مرزی مورد استفاده جهت تحلیل افت فشار دو فازی ۵۳
۳-۹- تخمین مقادیر اولیه ۵۴
۳-۱۰- مدل‌های ارائه شده برای بررسی جریان چند فازی ۵۵
۳-۱۰-۱- روش حجم سیال (VOF) ۵۵
۳-۱۰-۲- روش اولر – لاگرانژ ۵۵
۳-۱۰-۳- روش اولری- اولری یا چند سیالی ۵۶
۳-۱۱- معادلات حاکم بر جریان سیال ۵۷
۳-۱۱-۱- معادلات حاکم بر جریان سیال در حالت یک فازی ۵۷
۳-۱۱-۲- معادلات حاکم بر جریان سیال در حالت دو فازی ۵۸
۳-۱۲- نیروهای بین فازی ۶۰
۳-۱۲-۱-نیروی درگ ۶۰
۳-۱۲-۲- نیروی جرم مجازی (اضافی) ۶۲
۳-۱۲-۳- نیروی بالابرنده ۶۲
۳-۱۲-۴- نیروی شناوری ۶۳
۳-۱۳- مدلهای جریان مغشوش ۶۳
۳-۱۴- روش های کلی حل عددی معادلات ۶۵
۳-۱۵- سخت افزار به کار رفته برای شبیه سازی‌ها ۶۵
۳-۱۶- نتیجه گیری ۶۶
فصل چهارم: تحلیل نتایج ۶۷
۴-۱- مقدمه ۶۸
۴-۲- تحلیل نتایج حاصل از آنالیز CFD افت فشار تکفازی در سینی جریان دوسویه ۶۸
۴-۲-۱- استقلال از شبکه بندی ۷۰
۴-۲-۲-تحلیل نتایج افت فشار خشک در سینی جریان دو سویه ۷۱
۴-۲-۲-۱- توزیع سرعت در سوراخ‌های سینی ۷۳
۴-۲-۲-۲- روند تغییرات افت فشار خشک در سینی جریان دو سویه ۷۴
۴-۳- تحلیل نتایج حاصل از آنالیز CFD افت فشار تکفازی در سینی جریان دو سویه با آکنه منظم ۷۷
۴-۴- نتایج مربوط به افت فشار دو فازی در سینی جریان دو سویه ۸۴
۴-۵- تحلیل نتایج شبیه سازی افت فشاردو فازی در سینی جریان دو سویه با آکنه منظم ۹۱
۴-۵-۱- نتایج شبیه سازی افت فشاردو فازی در سینی جریان دو سویه با آکنه منظم با ضخامت ۳۸ میلیمتر ۹۱
۴-۵-۲- نتایج شبیه سازی افت فشاردو فازی در سینی جریان دو سویه با آکنه منظم با ضخامت ۷۶ میلیمتر ۹۵
۴-۶- نتیجه گیری ۱۰۳
فصل پنجم: نتیجه‌گیری وپیشنهادات ۱۰۵
۵-۱- مقدمه ۱۰۶
۵-۲- خلاصه نتایج حاصل از آنالیز CFD افت فشار خشک ۱۰۶

۵-۳- خلاصه نتایج حاصل از آنالیز CFD افت فشار دو فازی و ارتفاع سرکف..... ۱۰۷
۵-۴- پیشنهادات..... ۱۰۸
مراجع..... ۱۰۹
پیوست‌ها..... ۱۱۲
پیوست(الف): کدهای خروجی نرم افزار CFX..... ۱۱۳
پیوست (ب): چکیده مقالات حاصل از پایان نامه ۱۳۳

فهرست جدول‌ها

عنوان جدول صفحه

جدول۱-۱. مزایا و معایب سینی جریان دو سویه در مقایسه با انواع سینی[۱۲]..... ۱۱

جدول ۱-۲. مزایا و معایب آکنه‌های ساختاریافته و نامنظم در مقایسه با انواع سینی[۲۷]..... ۲۲

جدول۳-۱. مشخصات هندسی SP tray و DS tray [۹]..... ۴۷

جدول۳-۲. مشخصات اصلی سخت افزار مورد استفاده برای انجام شبیه‌سازی‌ها ۶۶

جدول ۴-۱. نتایج افت فشار خشک حاصل از شبیه سازی در مقایسه با داده های تجربی درسینی جریان دو سویه..... ۷۶

جدول ۴-۲. نتایج افت فشار خشک حاصل از شبیه سازی در مقایسه با داده های تجربی درسینی جریان دو سویه با آکنه منظم با ضخامت ۳۸..... ۸۰

جدول ۴-۳. نتایج افت فشار خشک حاصل از شبیه سازی در مقایسه با داده های تجربی درسینی جریان دو سویه با آکنه منظم با ضخامت ۷۶ میلیمتر..... ۸۰

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۱-۱. شماتیکی از یک سینی برج تقطیر[۶] ۷

شکل۱-۲. سینی غربالی[۸] ۸

شکل۱-۳.سینی دریچه ای [۸] ۹

شکل ۱-۴. سینی کلاهکی[۸] ۱۰

شکل ۱-۵. سینی جریان دو سویه[۹] ۱۰

شکل۱-۶. شماتیکی از نواحی انتقال جرم در سینی جریان دو سویه[۱۱] ۱۲

شکل۱-۷. سینی جریان دو سویه با آکنه منظم(SP tray)[۹] ۱۶

شکل۱-۸. قسمتهای مختلف یک برج آکنده[۲۲] ۱۷

شکل۱-۹. انواع مختلف سیستمهای توزیع کننده مایع[۲۲] ۱۸

شکل۱-۱۰. انواع مختلف آکنه های نامنظم[۲۲] ۱۹

شکل۱-۱۱. انواع مختلف صفحات نگهدارنده بستر در برجهای آکنده[۲۲] ۲۰

شکل ۱-۱۲. طرز قرار گرفتن صفحات و شکل کانالها در آکنه های ساختار یافته[۲۴] ۲۳

شکل ۱-۱۳. مشخصات هندسی و جهت جریان فاز گاز و مایع در آکنه‌های ساختار یافته [۲۴] ۲۴

شکل۱-۱۴. انواع مختلف آکنه‌های ساختاریافته[۲۴] ۲۵

شکل ۱-۱۵.آکنه ساختار یافته Sulzer BX[۲۴] ۲۶

شکل ۱-۱۶. آکنه ساختار یافته Mellapak[۲۴] ۲۶

شکل۱-۱۷. مقایسه آکنه‌های Mellapak, Mellapakplus[۲۸] ۲۷

شکل۱-۱۸. آکنه ساختار یافته Flexipak[۲۴] ۲۸

شکل ۱-۱۹. آکنه ساختار یافتهGempak[۲۴] ۲۸

شکل۱-۲۰. آکنه ساختاریافتهMontzB1[۲۴] ۲۹

شکل۱-۲۱. آکنه ساختار یافته Optiflow[۲۴] ۳۰
شکل ۱-۲۲. آکنه ساختاریافته KATAPAK[۲۸] ۳۰
شکل۲-۱. مدل هیدرولیکی پخش حباب‌ها بالای سینی آکنده[۳۴] ۳۵
شکل۲-۲. سینی غربالی ذوزنقه ای و سینی غربالی [۳۵] ۳۷
شکل ۳-۱. هندسه‌ی سینی جریان دو سویه شبیه سازی شده ۴۸
شکل۳-۲. هندسه‌ی سینی جریان دو سویه با آکنه منظم شبیه سازی شده با ضخامت ۳۸ میلیمتر ۴۸
شکل ۳-۳. هندسه‌ی سینی جریان دو سویه با آکنه منظم شبیه سازی شده با ضخامت ۷۶ میلیمتر ۴۹
شکل۳-۴. انواع المانهای قابل قبول در نرم افزار CFX ۵۰
شکل ۳-۵. شبکه بندی هندسه‌های به کار رفته در تحقیق حاضر ۵۱
شکل ۴-۱. کانتور فشار در DS tray ۶۹
شکل ۴-۲. کانتور سرعت درDS tray ۶۹
شکل ۴-۳. هندسه سینی جریان دو سویه برای بررسی افت فشار خشک ۷۰
شکل ۴-۴. نتایج شبیه‌سازی برای افت فشار خشک بر اساس دبی گاز ورودی برای سینی جریان دو سویه در تعداد شبکه های مختلف ۷۱
شکل ۴-۵. کانتورسرعت در DS tray ۷۲
شکل ۴-۶ کانتورفشار در DS tray ۷۲
شکل ۴-۷. بردارهای سرعت هوا در DS tray ۷۲
شکل ۴-۸. توزیع سرعت ظاهری گاز در سوراخ‌های سینی در امتداد (الف) خط افقی ۱ (ب) خط افقی ۲. ..... ۷۳
شکل ۴-۹. نمایش خطوط افقی روی سوراخ‌های سینی ۷۴
شکل۴-۱۰. نتایج شبیه‌سازی برای افت فشار خشک بر اساس دبی گاز ورودی برای سینی جریان دو سویه برای دو دسته معادلات آرام و آشفتگی با مدلk- ε ۷۵
شکل ۴-۱۱. مقایسه بین افت فشار خشک حاصل از نتایج تجربی[۹] و نتایج شبیه سازی در DS tray ۷۵
شکل ۴-۱۲. کانتور فشاردرSP tray با ضخامت ۳۸ میلیمتر در سرعت ۰/۶۸۷ متر بر ثانیه ۷۷

شکل ۴-۱۳. کانتور فشار در SP tray با ضخامت ۳۸ میلیمتر در سرعت ۲/۷۱ متر بر ثانیه..... ۷۸
شکل ۴-۱۴. کانتور فشار در SP tray با ضخامت ۷۶ میلیمتر در سرعت۱/۳ متر بر ثانیه ۷۸
شکل ۴-۱۵. کانتور فشار در SP tray با ضخامت ۷۶ میلیمتر در سرعت ۲/۷ متر بر ثانیه..... ۷۹
شکل ۴-۱۶. کانتور سرعت گاز بر روی یک صفحه افقی در SP tray ۷۹
شکل۴-۱۷. نتایج شبیه‌سازی برای افت فشار خشک بر اساس دبی گاز ورودی برایSP tray با ضخامت ۳۸ میلیمتر برای دو دسته معادلات آرام و آشفتگی با مدل$k-\varepsilon$ ۸۱
شکل ۴-۱۸. مقایسه بین افت فشار خشک حاصل از نتایج تجربی[۹] و نتایج شبیه سازی در SP tray با ضخامت ۳۸ میلی متر..... ۸۲
شکل۴-۱۹. نتایج شبیه‌سازی برای افت فشار خشک بر اساس دبی گاز ورودی برای SP tray با ضخامت ۷۶ میلی متربرای دو دسته معادلات آرام و آشفتگی با مدل$k-\varepsilon$ ۸۲
شکل ۴-۲۰. مقایسه بین افت فشار خشک حاصل از نتایج تجربی[۹] و نتایج شبیه سازی درSP tray با ضخامت ۷۶ میلی متر..... ۸۳
شکل ۴-۲۱. مقایسه بین افت فشار خشک در DS tray و دو ضخامت SP tray ۸۴
شکل ۴-۲۲. کانتور جز حجمی مایع روی صفحه افقی به فاصله ۰/۰۰۱ - متر از کف سینی در F-factor=۱/۱۲۸ ..... ۸۵
شکل ۴-۲۳. کانتور جز حجمی مایع روی صفحه افقی به فاصله ۰/۰۰۱ - متر از کف سینی در F-factor=۲/۰۲۸ ..... ۸۵
شکل ۴-۲۴. کانتور جز حجمی مایع روی صفحه افقی به فاصله ۰/۰۰۱ - متر از کف سینی در F-factor=۲/۴۹۷ ..... ۸۶
شکل ۴-۲۵. بردارهای مولفه افقی سرعت مایع روی صفحه افقی روی سینی ۸۶
شکل ۴-۲۶. کانتورهای جزء حجمی مایع روی سینی برای $F_S = ۰/۹۳۱ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ و$Q_L=۴۹/۷ m^3\ h^{-1}\ m^{-2}$..... ۸۷
شکل۴-۲۷. کانتورهای جزء حجمی مایع روی سینی برای $F_S = ۱/۲۸۱ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ و $Q_L=۴۹/۷ m^3\ h^{-1}\ m^{-2}$ ۸۷

شکل ۴-۲۸. کانتورهای جزء حجمی مایع روی سینی برای $F_S = ۲/۰۲۸\ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ و $Q_L=۴۹/۷\ m^3\ h^{-1}\ m^{-2}$ ۸۸

شکل ۴-۲۹. کانتور فشار در DS tray برای $Fs = ۰/۹۳۱ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ ۸۹

شکل ۴-۳۰. کانتور فشار در DS tray برای $F_S = ۱/۲۸۱ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ ۸۹

شکل ۴-۳۱. بردارهای (الف) سرعت هوا (ب)سرعت آب در DS tray برای $F_S = ۰/۹۳۱\ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ ۹۰

شکل ۴-۳۲. مقایسه بین افت فشار کل حاصل از نتایج تجربی[۹] و نتایج شبیه سازی در DS tray ۹۱

شکل ۴-۳۳. مقایسه بین ارتفاع سرکف حاصل از نتایج تجربی[۹] و نتایج شبیه سازی در DS tray ۹۱

شکل ۴-۳۴. کانتور فشار در SP tray با ضخامت ۳۸ میلیمتر در $F_S = ۳/ ۱۴۳\ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ ۹۲

شکل ۴-۳۵. کانتور فشار در SP tray با ضخامت ۳۸ میلیمتر در $F_S = ۳/۸۲۱ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ ۹۲

شکل ۴-۳۶. کانتورجز حجمی مایع در SP tray با ضخامت ۳۸ میلیمتر در $F_S =۳/۱٤۳ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ ۹۳

شکل ۴-۳۷. کانتور جز حجمی مایع در SP tray با ضخامت ۳۸ میلیمتر در $F_S = ۳/۸۲۱ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ ۹۳

شکل ۴-۳۸. کانتور جز حجمی مایع در SP tray با ضخامت ۳۸ میلیمتردر $F_S = ۳/٤۲۱ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ ۹۴

شکل ۴-۳۹. بردارهای سرعت فاز گاز در SP tray با ضخامت ۳۸ میلیمتر در $F_S = ۳/۴۸۱ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ ۹۴

شکل ۴-۴۰. کانتور فشار در SP tray با ضخامت ۷۶ میلیمتر در $F_S = ۲/۵۳ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ ۹۵

شکل ۴-۴۱. کانتور فشار در SP tray با ضخامت ۷۶ میلیمتر در $F_S = ۲/۲۱۲۱ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ ... ۹۶

شکل ۴-۴۲. بردارهای سرعت فاز گاز در SP tray با ضخامت ۷۶ میلیمتردر $F_S = ۲/ ۵۳ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ ۹۷

شکل ۴-۴۳. بردارهای سرعت فاز مایع در SP tray با ضخامت۷۶میلیمتر در $F_S = ۲/۵۳ m/s(kg/m^3)^{0.5}$ ۹۸

شکل ۴-۴۴. کانتور جز حجمی مایع در SP tray با ضخامت ۷۶ میلیمتر در F_S = ۳/۲۰۳m/s(kg/m^3)$^{0.5}$ ۹۹

شکل ۴-۴۵. کانتور جز حجمی مایع در SP tray با ضخامت ۷۶ میلیمتر در F_S = ۳/۴۲۱m/s(kg/m^3)$^{0.5}$ ۹۹

شکل ۴-۴۶. کانتور جز حجمی مایع در SP tray با ضخامت ۷۶ میلیمتر در F_S = ۳/۵۱۷m/s(kg/m^3)$^{0.5}$ ۱۰۰

شکل ۴-۴۷. مقایسه افت فشار دو فازی SP tray با ضخامت ۳۸ میلیمتر حاصل از آنالیزCFD با نتایج تجربی[۹] ۱۰۰

شکل ۴-۴۸. مقایسه ارتفاع سرکف SP tray با ضخامت ۳۸ میلیمتر حاصل از آنالیز CFD با نتایج تجربی[۹]..... ۱۰۱

شکل ۴-۴۹. مقایسه افت فشار دو فازی SP tray با ضخامت ۷۶ میلیمتر حاصل از آنالیز CFD با نتایج تجربی[۹] ۱۰۱

شکل ۴-۵۰. مقایسه ارتفاع سرکف SP tray با ضخامت ۷۶ میلیمتر حاصل از آنالیز CFD با نتایج تجربی[۹] ۱۰۲

شکل ۴-۵۱. مقایسه ارتفاع سرکف در سه نوع سینی ۱۰۳

شکل ۴-۵۲. مقایسه افت فشار دو فازی در سه نوع سینی ۱۰۳

فهرست علائم

علامت	نشانه
A_B	سطح فعال سینی (m^2)
A_H	سطح مقطع سوراخ‌های سینی (m^2)
B	جمله‌ی نیروی بدنی
C_D	ضریب درگ
$C_{V,d}$	ضریب جرم اضافی
d_h	قطر سوراخ (m)
$F_{L,d}$	نیروی بالا برنده
$F_{V,d}$	نیروی جرم اضافی
F_S	F-factor = $V_S\sqrt{\rho_G}$ $(m/s(kg/m^3)^{0.5})$
g	شتاب گرانش (m/s^2)
h_{dt}	افت فشار خشک
h_F	ارتفاع سرکف
Q_G	دبی حجمی گاز (m^3/hr)
Q_L	دبی حجمی مایع (m^3/s)
x, y, z	جهت‌های محورهای مختصات
ρ_l	چگالی مایع (kg/m^3)
ρ_g	چگالی گاز (kg/m^3)
τ	تانسور تنش
$\mu_{eff,G}$	لزجت موثر گاز
$\mu_{eff,L}$	لزجت موثر مایع
a_p	سطح ویژه آکنه (m^2/m^3)
b	قاعده کانال مثلثی (m)

E	خطای نسبی ٪
h	ارتفاع کانال در آکنه (m)
Δp	افت فشار (Pa)
S	ضلع مجاور قاعده در کانال مثلثی (m)
α	زاویه راس کانال آکنه (درجه)
θ	زاویه کانال آکنه (درجه)
γ	زاویه کانال آکنه با محور قائم (درجه)
ε	تخلخل بستر آکنده
μ	ویسکوزیته $(kg/m.s)$
σ	کشش سطحی (N/m)

اعداد بدون بعد:

عدد فرود: $$Fr = \frac{U^2 a_P}{S}$$

عدد رینولدز: $$\mathrm{Re} = \frac{\rho U_L}{a_P \mu}$$

عدد اوتووس: $$Eo = \frac{g\Delta\rho.d_P^2}{\sigma}$$

عدد مورتون: $$M = \frac{\mu_C^2 g\Delta\rho}{\rho^2\sigma^3}$$

عدد شروود: $$Sh = \frac{k.d_{eq}}{D}$$

پیشگفتار

مقدمه

امروزه از برجهای سینی دار و برجهای آکنده در فرآیندهای مختلف جداسازی نظیر تقطیر، جذب و استخراج در طیف وسیعی استفاده می شود. از جمله مزایای برجهای آکنده نسبت به برجهای سینی دار می‌توان به افت فشار کمتر و راندمان بالاتر این برجها اشاره کرد. نقش بستر آکنده در این برجها ایجاد سطح تماس بیشتر برای انجام عمل انتقال جرم بین فازهای مایع و بخار می باشد[۱-۲]. آکنه‌ها به دو دسته کلی نامنظم[۱] و ساختار یافته[۲] تقسیم می شوند. آکنه‌های ساختار یافته نسبت به آکنه‌های نامنظم دارای راندمان و ظرفیت بالاتر، افت فشار کمتر و قیمت زیادتر می باشند. بحث سینی‌ها یکی از گسترده‌ترین مباحث مربوط به برج است که طی سالهای اخیر محققان را بر آن داشته تا سینی‌هایی با شکلها و کاربردهای مختلف طراحی کنند. یکی از انواع سینی‌ها، سینی‌های غربالی جریان دو سویه ((Dualflow sieve tray (DS tray)، می‌باشدکه سینی‌های بدون ناودانی با پروفیل جریان ناهمسو هستند. سینی‌های جریان دو سویه با آکنه‌های منظم ((Structured Packing Tray(SP Tray) نیز نوع جدیدی از DS tray است که شامل لایه نازکی از آکنه ساختار یافته می‌باشد. طراحی بهینه سینی در برجها نقش بسیار بالایی در کارایی و عملکرد برجها و در نتیجه کاهش هزینه‌ها خواهد داشت. جهت طراحی بهینه سینی‌ها پارامترهای زیادی باید مورد توجه قرار گیرند، مانند پارامترهای مربوط به انتقال جرم و پارامترهای هیدرودینامیکی برج. معمولاً اولین پارامتری که جهت تحلیل رفتار هیدرودینامیکی سینی‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد افت فشار خشک یا افت فشار جریان فاز گاز در طول بستر می‌باشد. این پارامتر جهت تعیین موجودی مایع در برج و نیز جهت بدست آوردن افت فشار جریان دو فازی در طول بستر، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ضرورت انجام پروژه

در این پروژه سعی شده است تا با ابزار CFD به بررسی هیدرودینامیک جریان دو فازی در سینی جریان دو سویه و سینی جریان دو سویه با آکنه‌های منظم پرداخته شود. آزمایشات برای سینی‌ها به هزینه و زمان زیادی نیاز دارد، به همین علت تعداد آزمایش‌های انجام شده بر روی سینی‌های جریان دو سویه برای بررسی هیدرودینامیک سینی کم است. CFD این محدودیت را برطرف می‌کند. نتایج شبیه سازی‌ها با کار تجربی

1. Random packing
2. Structured packing

مقایسه شده و اعتبار و توانایی مدل CFD ارزیابی می‌شود. توانایی مهم دیگر CFD، پیش بینی کلیه‌ی پارامترهای هیدرودینامیکی است. همان‌گونه که مشاهده خواهد شد کلیه‌ی پارامترها از قبیل افت فشارخشک، افت فشار کل و ارتفاع سرکف روی سینی پیش بینی شده است. از دیگر مزایای مهم CFD، تغییر هندسه‌ی سینی و شرایط مرزی آن، به سادگی و بدون هزینه‌ی قابل توجه است.

با توجه به گستردگی سینی‌ها در صنایع شیمیایی، نفت، گاز و پتروشیمی کشور به نظر می‌رسد این تحقیق می‌تواند مورد استفاده‌ی شرکت‌های داخلی تولیدکننده‌ی سینی و پروژه‌های پالایشگاهی کشور قرار گیرد.

اهداف و نوآوری تحقیق

مجموعه اهداف مدنظر در این پایان نامه عبارتند از:

- درک بهتر و عمیق‌تر از هیدرودینامیک سینی جریان دو سویه و سینی جریان دو سویه باآکنه‌های منظم
- بدست آوردن افت فشار خشک برای سینی‌ها
- بدست آوردن مدل سه بعدی که هیدرودینامیک سینی‌ها را پیش بینی کند.

برای رسیدن به اهداف ذکر شده، در بخش شبیه سازی، معادلات پیوستگی و اندازه حرکت در حالت پایا جهت محاسبه توزیع فشار و سرعت فازها توسط نرم افزار CFX11 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند.

با توجه به کارهای آزمایشگاهی صورت گرفته روی این سینی‌ها، نوآوری این تحقیق درشبیه سازی سینی‌ها با استفاده از CFD می‌باشد. مدل دینامیکی توسعه داده شده در کار حاضر توانایی ابزار CFD را برای تحلیل رفتار سینی به نمایش می‌گذارد.

ساختار پروژه

ساختار نوشتاری این پروژه بصورت زیر طبقه بندی گردیده است.

این تحقیق شامل پنج فصل می‌باشد. پس از ارائه پیشگفتار، توضیحاتی در خصوص سینی‌های جریان دو سویه و سینی‌های جریان دو سویه با آکنه منظم و ویژگیهای آنها در فصل اول ارائه گردیده است.

در فصل دوم مروری بر پژوهشهای انجام گرفته در زمینه سینی‌های جریان دو سویه و سینی‌های جریان دو سویه با آکنه‌های منظم صورت گرفته است. در فصل سوم، مدلسازی سیستم توسط آنالیز CFD توضیح داده