١٤٠٦١٧

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شاهرود

دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی شیمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد ((M. Sc.))

گرایش : مهندسی شیمی

عنوان:

مدلسازی ریاضی و شبیه سازی برجهای جذب گازهای اسیدی با آمینها در حالت پایا

استاد راهنما :

دکتر اکبر شاهسوند

استاد مشاور:

دکتر حسن زارع علی آبادی

نگارش :
امین اکبری

۱۳۸۹/۶/۲

زمستان ۱۳۸۸

۱۴۰۶۱۶

دانشگاه آزاد اسلامی
واحد شاهرود

دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی شیمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

عنوان :

مدلسازی ریاضی و شبیه سازی برجهای جذب گازهای اسیدی با آمین ها در حالت پایا

نگارش :

امین اکبری

اسفند ۱۳۸۸

هیئت داوران:
۱- دکتر اکبر شاهسوند
۲- دکتر حسن زارع علی آبادی
۳- دکتر مهدی پورافشاری چنار
۴- دکتر محمد حسین غضنفری

با سپاس فراوان از اساتید عزیز

جناب آقای دکتر اکبر شاهسوند و جناب آقای دکتر حسن زارع علی آبادی که با راهنمائیهای ارزشمندشان مرا در انجام این پروژه یاری نمودند. همچنین لازم می دانم از جناب دکتر گوهررخی نیز به واسطه کمک ارزشمندشان در بخش ترمودینامیک این تحقیق تشکر و قدردانی نمایم.

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم، آنان که همواره زمینه مناسبی را برای رسیدن به اهداف و خواستهایم چه درسی و چه زندگی فراهم آورده اند.

«فهرست مطالب»

عنوان صفحه

چکیده ۱

مقدمه ۳

فصل اول : کلیات

۱-۱. اهداف تحقیق ۵

۱-۲. پیشینیه تحقیق ۵

۱-۳. روش کار ۶

فصل دوم: آشنائی با مبانی فرآیند جذب گازهای اسیدی با آلکانول آمینها

۲-۱. فرآیند جذب ۸

۲-۲ Process Alternatives ۹

۲-۳. شیرین سازی گاز ۱۱

۲-۳-۱. ساختار یک واحد شیرین سازی ۱۳

۲-۴. مشخصات گاز ۱۵

۲-۵. انتخاب حلال برای عمل جذب ۱۶

۲-۵-۱. حلالهای شیمیایی آلکانول آمین ها در فرآیند تصفیه گاز ۱۷

۲-۵-۲. حلال های فیزیکی ۲۳

۲-۵-۳ برای افزایش کارایی واحدهای آمین، چند پیشنهاد عمده وجود ۲۴

۲-۵-۴. مخلوط آمین ها ۲۶

۲-۶. انتخاب پذیری جذب ۲۶

۲-۷. احیاء آمین ۲۸

فصل سوم: مروری بر تحقیقات روی محلولهای آبی گازاسیدی–آلکانول آمینها

۳-۱. نمودارهای تجربی جذب گازهای اسیدی در آمینهای پر کاربرد در صنعت تصفیه گاز ۳۱

۳-۲. مروری بر تحقیقات انجام گرفته در زمینه ترمودینامیک سیستمهای گازاسیدی–آلکانول آمینها ۳۹

۳-۳. مروری بر تحقیقات در زمینه حلالیت هیدرو کربن های سبک در آلکانول آمینها ۸۱

۳-۴ مروری بر تحقیقات در زمینه آنتالپی جذب حلالیت گازهای اسیدی در آلکانول آمینها ۸۶

فصل چهارم: ترمودینامیک محلولهای الکترولیتی جذب گازهای اسیدی در آلکانول آمین ها

۴-۱. مقدمه ای بر ترمودینامیک محلولهای الکترولیتی حاصل از جذب گازهای اسیدی در آمین ها ۹۳

۴-۱-۱. مفاهیم ترمودینامیکی ۹۳

۴-۱-۲ انواع مدلهای ترمودینامیکی محلولهای الکترولیتی. ۹۷

۴-۲. مکانیزم جذب گازهای اسیدی CO_2 و H_2S در محلولهای آبی آمینها ۱۰۹

فصل پنجم: مدلسازی و شبیه سازی ترمودینامیکی و ستونهای جذب گازهای اسیدی با آمین ها

۵-۱. نتایج مدلسازی ترمودینامیکی..... ۱۱۳

۵-۱-۱. نتایج مدلسازی با M-KH..... ۱۱۳

۵-۱-۱-۱ نمودارهای حاصل از مدلسازی با M-KH..... ۱۱۶

۵-۱-۲. نتایج مدلسازی با E-DH..... ۱۲۴

۵-۱-۳. تصحیح مدل M-KH:..... ۱۲۷

۵-۱-۴. New E-UNIQUAC Model..... ۱۳۱

۵-۲. مبانی مدلسازی و شبیه سازی ستونهای جذب..... ۱۳۵

۵-۲-۱. روشهای معمول برای حل مسائل جذب..... ۱۳۵

۵-۲-۲. مفاهیم اساسی در مدلسازی و شبیه سازی ستونهای جذب..... ۱۳۶

۵-۲-۳. روش 2N- نیوتن رافسون..... ۱۳۸

۵-۲-۳-۱. ساختار معادلات در روش 2N- نیوتن رافسون..... ۱۳۹

۵-۲-۳-۱-۱ برج های جذب ساده..... ۱۴۰

۵-۲-۳-۱-۲ جذب کننده های دارای جوش آور..... ۱۴۴

۵-۲-۳-۲. الگوی حل 2N- نیوتن رافسون..... ۱۴۶

۵-۲-۳-۳. نتایج شبیه سازی با 2N- نیوتن رافسون..... ۱۵۰

۵-۲-۴. روش Tray by Tray..... ۱۵۵

۵-۲-۴-۱. الگوی حل روش Tray by Tray..... ۱۵۶

۵-۲-۴-۲. روابط و معادلات مربوط به مدلسازی برجهای آمین ۱۶۰
۵-۲-۴-۳. شبیه سازی ستونهای جذب گازهای اسیدی با آمین ها با روش Tray by Tray ۱۶۱
۵-۲-۴-۳-۱ ستون جذب H_2S با محلول آبی MDEA ۱۶۲
۵-۲-۴-۳-۲ ستون جذب CO_2 با محلول آبی MDEA ۱۷۵
۵-۲-۴-۳-۳ سیستم جذب مخلوط گازهای CO_2 و H_2S با محلول آبی MDEA ۱۹۱
۵-۲-۴-۴ مقایسه نتایج شبیه سازی های ستونهای جذب با مدلهای ترمودینامیکی ۱۹۶
۵-۳ اصلاحیه روابط ۱۹۸

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

نتیجه گیری ۲۰۰
پیشنهادات ۲۰۲

پیوست الف: روابط وروشهای مدلسازی ترمودینامیکی سیستم گاز اسیدی با محلول آبی آمین

پ-۱. روشهای مدلسازی بر مبنای M-KH ۲۰۴
پ-۱-۱. آمین های نوع اول یا دوم در حضور CO_2 ..... ۲۰۴
پ-۱-۲. آمین های نوع سوم یا مخلوط چند آمین نوع سوم در حضور CO_2 ..... ۲۰۷
پ-۱-۳. آمین های نوع اول، دوم، سوم یا مخلوط چند آمین در حضور H_2S ۲۱۱
پ-۱-۴. آمین های نوع اول یا دوم در حضور CO_2 و H_2S ۲۱۴

پ-۱-۵. آمین های نوع سوم یا مخلوط آنها در حضور CO_2 و H_2S ۲۱۸

پ-۱-۶. مخلوط آمین های نوع اول یا دوم در حضور CO_2 ..... ۲۲۳

پ-۱-۷. مخلوط آمین های نوع اول یا دوم همراه با آمین های نوع سوم در حضور CO_2 ..... ۲۲۶

پ-۱-۸. مخلوط آمین های نوع اول یا دوم در حضور CO_2 و H_2S ۲۳۱

پ-۱-۹. مخلوط آمین های نوع اول یا دوم با نوع سوم در حضور CO_2 و H_2S ۲۳۵

پ-۲. روشهای مدلسازی بر مبنای مدلهای ضرایب فعالیت ۲۴۰

پ-۲-۱. آمین های نوع اول یا دوم در حضور CO_2 ..... ۲۴۰

پ-۲-۲. آمین های نوع سوم یا مخلوط چند آمین نوع سوم در حضور CO_2 ..... ۲۴۳

پ-۲-۳. آمین های نوع اول، دوم، سوم یا مخلوط چند آمین در حضور H_2S ۲۴۶

پ-۲-۴. آمین های نوع اول یا دوم در حضور CO_2 و H_2S ۲۴۸

پ-۲-۵. آمین های نوع سوم یا مخلوط آنها در حضور CO_2 و H_2S ۲۵۲

پ-۲-۶. مخلوط آمین های نوع اول یا دوم در حضور CO_2 ..... ۲۵۶

پ-۲-۷. مخلوط آمین های نوع اول یا دوم همراه با آمین های نوع سوم در حضور CO_2 ..... ۲۶۰

پ-۲-۸. مخلوط آمین های نوع اول یا دوم در حضور CO_2 و H_2S ۲۶۴

پ-۲-۹. مخلوط آمین های نوع اول یا دوم با نوع سوم در حضور CO_2 و H_2S ۲۶۹

پ-۳. الگوریتم تعیین غلظت اجزاء و روش مدلسازی در این مدلها. ۲۷۴

پ-۳-۱. الگوریتم مدلسازی در مدلهای ضرایب اکتیویته ۲۷۴

پ-۳-۲. محاسبات اجزاء یونی و مولکولی بخش B ۲۷۵

منابع و مآخذ

فهرست منابع فارسی..... ۲۷۷

فهرست منابع غیر فارسی..... ۲۷۸

چکیده انگلیسی..... ۲۹۴

«فهرست جداول»

عنوان صفحه

۵-۱. جدول: ضرایب ثوابت واکنش های آمین های MEA، DEA، MDEA در مدل M-KH..... ۱۱۴

۵-۲. جدول: نتایج مدلسازی و منابع مورد استفاده برای MEA با مدل M-KH..... ۱۱۵

۵-۳. جدول: نتایج مدلسازی و منابع مورد استفاده برای DEA با مدل M-KH ۱۱۵

۵-۴. جدول: نتایج مدلسازی و منابع مورد استفاده برای MDEA با مدل M-KH..... ۱۱۶

۵-۵. جدول: نتایج مدلسازی با مدل E-DH در دمای $100\ ^0C$ برای سیستم آبی $MDEA+CO_2+H_2S$..۱۲۵

۵-۶. جدول: مقایسه نتایج مدل پیشنهادی ما (E-KH) با M-KH..... ۱۲۸

۵-۷. جدول: ضرایب ثابت واکنش آمین MDEA در حضور گاز H_2S از مدل E-KH..... ۱۲۸

۵-۸. جدول: برهم کنش های New E-UNIQUAC..... ۱۳۴

۵-۹. جدول: شرایط مساله: جذب هیدروکربنهای سبک با هیدروکربنهای سنگین درروش نیوتن.....۱۴۹

۵-۱۰. جدول: نتایج دمای سینی ها توسط Holland، برای چند مرحله متوالی..... ۱۵۰

۵-۱۱. جدول: نتایج دمای سینی ها توسط برنامه..... ۱۵۰

۵-۱۲. جدول: نتایج θ_j برای سینی ها توسط Holland، برای چند مرحله متوالی بالا..... ۱۵۱

۵-۱۳. جدول: نتایج θ_j برای سینی ها توسط برنامه..... ۱۵۱

۵-۱۴. جدول: نتایج نرخ جریانهای خروجی گاز و مایع از برج توسط Holland..... ۱۵۲

۵-۱۵. جدول: نتایج نرخ مولی جریانهای خروجی گاز و مایع از برج توسط برنامه..... ۱۵۲

۵-۱۶. جدول: ثوابت هنری گازهای اسیدی در آب خالص..... ۱۶۰

۵-۱۷. جدول: ثوابت واکنش واکنش ها R1–R8..... ۱۶۰

۵-۱۸. جدول: شرایط جریانهای ورودی به برج جذب H_2S..... ۱۶۲

۵-۱۹. جدول: شرایط جریانات ورودی به برج جذب CO_2 با آمین MDEA..... ۱۷۶

۵-۲۰. جدول: شرایط جریانات ورودی به برج جذب مخلوط گازهای CO_2 و H_2S با آمین MDEA. ۱۹۲

۵-۲۱. جدول: مقایسه نتایج شبیه سازی ها روی سیستم های گازهای CO_2 و H_2S بامحلول آبی آمین....۱۹۷

«فهرست نمودارها»

عنوان صفحه

۲-۲. نمودار: انتخاب نوع حلال بر اساس خاصه های کسر CO_2 در محصول ۱۵
و کسر CO_2 در مخلوط گاز ورودی در غیاب H_2S و دیگر ناخالصیها

۲-۳. نمودار: انتخاب نوع حلال بر اساس خاصه های کسر H_2S در محصول ۱۵
و کسر H_2S در مخلوط گاز ورودی در غیاب CO_2 و دیگر ناخالصیها.

۲-۴. نمودار: انتخاب نوع حلال بر اساس خاصه های کسر CO_2 و H_2S در محصول ۱۶
و کسر CO_2 و H_2S در مخلوط گاز ورودی در غیاب CO_2 و دیگر ناخالصیها.

۳-۱. نمودار: حلالیت CO_2 در ۳۰% wt MEA از نتایج Jou et al.(۱۹۹۵)..... ۳۱

۳-۲. نمودار: حلالیت H_2S در ۴/۹۵ MEA مولار از نتایج Li et al. (۱۹۹۳)..... ۳۲

۳-۳. نمودار: حلالیت CO_2 در ۲ DEA مولار از نتایج Jou et al.(۱۹۷۲) ۳۲

۳-۴. نمودار: حلالیت H_2S در ۲ DEA مولار از نتایج Lee et al.(۱۹۷۳)..... ۳۳

۳-۵. نمودار: حلالیت H_2S در ۴۱/۷۸% DEA وزنی از نتایج Sidi et al.(۲۰۰۴)..... ۳۳

۳-۶. نمودار: حلالیت CO_2 در ۱۹/۸% MDEA وزنی از نتایج Kuranov et al.(۲۰۰۱) ۳۴

۳-۷. نمودار: مولالیته H_2S در ۳۳/۷% MDEA وزنی از نتایج Kuranov et al.(۱۹۹۶) ۳۵

۳-۸. نمودار: مقایسه حلالیت CO_2 در مخلوطهای MDEA و MEA از نتایج Shen et al.(۱۹۹۲) ۳۵

۳-۹. نمودار: حلالیت CO_2 در ۳۰% wt AMP از نتایج Li et al.(۱۹۹۳) ۳۶
دماهای (○ ۴۰, □ ۶۰, △ ۸۰ °C) و Li & Chang (۱۹۹۴) در
دماهای (● ۴۰, ■ ۶۰, ▲ ۸۰°C)

۳-۱۰. نمودار: حلالیت CO_2 در ۳۰ % wt AMP در دماهای (○ ۴۰, □ ۶۰ △ ۸۰ و ◇ ۱۰۰°C) ۳۶
از نتایج Li & Chang.(۱۹۹۴)

۳-۱۱. نمودار: مقایسه حلالیت H_2S در حضور CO_2 در محلول DIPA ۲/۵ مولار در دمای..... ۳۷
^0C ۴۰ از نتایج Isacc et al.(۱۹۷۷)

۳-۱۲. نمودار: مقایسه حلالیت CO_2 در حضور H_2S در محلول DIPA ۳/۵ مولار در دمای..... ۳۷
^0C ۴۰ از نتایج Isacc et al.(۱۹۷۷)

۳-۱۳. نمودار: مقایسه حلالیت H_2S در محلول TEA ۳/۵ مولاراز نتایج Jou et al.(۱۹۸۵) ۳۸

۳-۱۴. نمودار: مقایسه حلالیت CO_2 در محلول TEA ۳/۵ مولاراز نتایج Jou et al.(۱۹۸۵) ۳۸

۳-۱۵. نمودار: حلالیت CO_2 در محلولهای آبی مخلوط های AMP+DEA در دمای ^0C۸۰..... ۶۰
○ AMP(0)+DEA(۳۰%) ..... ،□ DEA(۱۲%)+AMP(۱۸%)
، △ DEA(۱۸%)+AMP(۱۲%) ..... ،▽ DEA(۲۴%)+AMP(۶%)
.◇ DEA(۳۰%)+AMP(0)

۳-۱۶. نمودار: مقایسه نرخ حرارت حاصل از جذب CO_2 نسبت به میزان مولی جذب گاز آن در ۸۸
محلول آبی MDEA از مرجع Pawlak et al.(۲۰۰۷).

۳-۱۷. نمودار: حرارت دیفرانسیلی حاصل از جذب CO_2 نسبت به کسر وزنی آمین..... ۹۱
MDEA از مرجع Pawlak et al.(۲۰۰۷)

۳-۱۸. نمودار: آنتالپی حلالیت CO_2 در مخلوطهای MEA+MDEA نسبت به حلالیت ۹۲
CO_2 از Jou et al.(۱۹۹۴)

۴-۱. نمودار: نتایج حلالیت H_2S در MDEA Jou et al.(۱۹۹۳) (■،○)..... ۱۱۱
، (●،▼،▽) Jou et al.(۱۹۸۲) ، (□) Jou et al.(۱۹۹۳) در دمای
^0C ۴۰ برای غلظتهای مختلف از مرجع Jou et al.(۱۹۹۳)

۴-۲. نمودار: مقایسه نتایج حلالیت CO_2 در آزمایشات تجربی به ترتیب (۱۹۹۳)Jou et al. (○) ،....۱۱۲
(▲) Shen & Li (۱۹۹۲)، (●،▽) Jou et al.(۱۹۸۲)، (△)Ho & Eguren (۱۹۸۸)،
(▼،□) Austgen et al.(۱۹۹۱)،(■) Mac Gregor & Mather (۱۹۹۱)، در دمای
۴۰^{0}C برای MDEA با غلظتهای مختلف از مرجع (۱۹۹۳)Jou et al.

(۵-۱)[a]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه MEA ۱۱۷
در حضور گاز CO_2 از مدل M-KH با نتایج تجربی

(۵-۱)[b]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه در حضورMEA ۱۱۷
گاز CO_2 از مدل M-KH با نتایج تجربی. در حلالیتهای پائین

(۵-۱)[c]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی فشار جزئی CO_2 در MEA.....۱۱۸
از مدل M-KH با نتایج تجربی.

(۵-۲)[a]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه MEA ۱۱۸
در حضور گازH_2S از مدل M-KH با نتایج تجربی

(۵-۲)[b].نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه MEA در حضور گاز.....۱۱۹
H_2S در حلالیتهای کم تا متوسط از مدل M-KH با نتایج تجربی.

(۵-۳)[a]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه DEA ۱۱۹
در حضور گاز CO_2 از مدل M-KH با نتایج تجربی

(۵-۳)[b]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه DEA در حضور گاز.....۱۲۰
CO_2 در حلالیتهای کم تا متوسط از مدل M-KH با نتایج تجربی.

(۵-۳)[c]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی فشار جزئی CO_2 در DEA.....۱۲۰
از مدل M-KH با نتایج تجربی

۵-۴. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه DEA در حضور.....۱۲۱
گاز H_2S در حلالیتهای متوسط از مدل M-KH با نتایج تجربی.

(۵-۵)[a]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه MDEA..... ۱۲۱
در حضور گاز CO_2 از مدل M-KH با نتایج تجربی

(۵-۵)[b]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه MDEA در حضور..... ۱۲۲
گاز CO_2 در حلالیتهای متوسط از مدل M-KH با نتایج تجربی

(۵-۵)[c]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه MDEA در حضور..... ۱۲۲
گاز CO_2 در حلالیتهای پائین از مدل M-KH با نتایج تجربی

(۵-۶)[a]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه MDEA ۱۲۳
در حضور گاز H_2S از مدل M-KH با نتایج تجربی

(۵-۶)[b]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه MDEA در حضور..... ۱۲۳
گاز H_2S در حلالیتهای کم تا متوسط از مدل M-KH با نتایج تجربی.

۵-۷. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت تجزیه MDEA درحضور..... ۱۲۴
گازهای $H_2S + CO_2$ از مدل M-KH با نتایج تجربی

۵-۸. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی فشار CO_2 در سیستم مخلوط دو گاز اسیدی در ۱۲۶
محلول آبی MDEA با مدل E-DH

۵-۹. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی فشار H_2S در سیستم مخلوط دو گاز اسیدی در ۱۲۶
محلول آبی MDEA با مدل E-DH

(۵-۱۰)[a]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه MDEA ۱۲۸
در حضور گاز H_2S از مدل E-KH با نتایج تجربی

(۵-۱۰)[b]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه MDEA ۱۲۹
در حضور گاز H_2S از مدل E-KH با نتایج تجربی

(۵-۱۱)[a]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه MDEA ۱۲۹
در حضور گاز H_2S از مدل M-KH با نتایج تجربی

(۵-۱۱)[b]. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی ثابت واکنش تجزیه MDEA ۱۳۰
در حضور گاز H_2S از مدل M-KH با نتایج تجربی

۵-۱۲. نمودار: مقایسه نتایج مدلسازی فشار CO_2 در محلول آبی MDEA ۱۳۳
با مدل جدید E-UNIQUAC.

۵-۱۳. نمودار: مقایسه نتایج دما روی سینی ها در این تحقیق با نتایج Mc. Holland..... ۱۵۳

۵-۱۴. نمودار: مقایسه نتایج دما روی سینی ها از مدل Kamps et al.(۲۰۰۱) در محلول آبی شامل.. ۱۶۴
$MDEA+H_2S$ در فشارهای ۵۰، ۵۵ و ۶۰ bar برای روش Tray by Tray با HYSYS

۵-۱۵. نمودار: مقایسه نتایج دما روی سینی ها از مدل Kamps et al.(۲۰۰۱) در محلول آبی ۱۶۴
$MDEA+H_2S$ در فشارهای ۴۰ و ۴۵ bar برای روش Tray by Tray با HYSYS °°

۵-۱۶. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی ها از مدل ،..... ۱۶۵
Kamps et al.(۲۰۰۱) در محلول آبی $MDEA+H_2S$ در فشارهای ۵۰
۵۵ و ۶۰ bar برای Tray by Tray با HYSYS

۵-۱۷. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی های پائین برج از مدل..... ۱۶۵
Kamps(۲۰۰۱) در محلول آبی $MDEA+H_2S$ در فشارهای ۵۰، ۵۵ و ۶۰ bar برای
Tray by Tray با HYSYS.

۵-۱۸. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی ها از مدل..... ۱۶۶
Kamps et al.(۲۰۰۱) در محلول آبی $MDEA+H_2S$ در فشارهای ۴۰ و
۴۵ bar برای Tray by Tray با HYSYS.

۵-۱۹. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی های پائین ۱۶۶
برج از مدل Kamps(۲۰۰۱) در محلول آبی $MDEA+H_2S$ در فشارهای
۴۰، ۴۵ و ۵۰ bar برای Tray by Tray با HYSYS

۵-۲۰. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی ها از مدل.....۱۶۷
Kamps et al.(۲۰۰۱) در محلول آبی $MDEA+H_2S$ برای ناحیه فشارهای
۴۰ تا ۶۰ bar در روش Tray by Tray

۵-۲۱. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی های پائین برج از مدل.....۱۶۷
Kamps (۲۰۰۱) در محلول آبی $MDEA+H_2S$ برای ناحیه فشارهای ۴۰ تا ۶۰ bar
در روش Tray by Tray

۵-۲۲. نمودار: مقایسه نتایج دما روی سینی ها از مدل Kuranov et al.(۱۹۹۶) در سیستم.....۱۶۸
$MDEA+H_2S$ در فشارهای ۵۰، ۵۵ و ۶۰ bar برای روش Tray by Tray با HYSYS

۵-۲۳. نمودار: مقایسه نتایج دما روی سینی ها از مدل Kuranov et al.(۱۹۹۶) در محلول آبی.....۱۶۹
$MDEA+H_2S$ در فشارهای ۴۰ و ۴۵ bar برای روش Tray by Tray با HYSYS

۵-۲۴. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی ها از مدل.....۱۶۹
Kuranov et al. (۱۹۹۶) محلول آبی $MDEA+H_2S$ در فشارهای ۵۰، ۵۵
و ۶۰ bar برای روش Tray by Tray با HYSYS

۵-۲۵. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی های پائین برج از ۱۷۰
Kuranov et al.(۱۹۹۶) در سیستم $MDEA+H_2S$ در فشارهای ۵۰، ۵۵ و ۶۰ bar
برای روش Tray by Tray با HYSYS

۵-۲۶. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی ها از مدل.....۱۷۰
Kuranov et al.(۱۹۹۶) در محلول آبی $MDEA+H_2S$ در فشارهای ۴۰
و ۴۵ bar برای روش Tray by Tray با HYSYS

۵-۲۷. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی های پائین برج از مدل ۱۷۱
Kuranov et al.(۱۹۹۶) در محلول آبی $MDEA+H_2S$ در فشارهای ۴۰ و ۴۵ bar
برای روش Tray by Tray با HYSYS.

۵-۲۸. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی ها از مدل.....۱۷۱
(۱۹۹۶)Kuranov et al. در محلول آبی $MDEA+H_2S$ برای ناحیه فشارهای
۴۰ تا ۶۰ bar در روش Tray by Tray

۵-۲۹. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی های پائین برج.....۱۷۲
از مدل (۱۹۹۶)Kuranov et al. در محلول آبی $MDEA+H_2S$ برای ناحیه
فشارهای ۴۰ تا ۶۰ bar در روش Tray by Tray

۵-۳۰. نمودار: مقایسه نتایج دما روی سینی ها از مدل (۲۰۰۶)Ermatchkov et al. در.....۱۷۳
سیستم $MDEA+H_2S$ در فشارهای ۴۰، ۵۰ و ۶۰ bar برای روش Tray by Tray
با HYSYS

۵-۳۱. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی ها از مدل ۱۷۳
(۲۰۰۶)Ermatchkov et al. محلول آبی $MDEA+H_2S$ در فشارهای ۴۰،
۵۰ و ۶۰ bar برای روش Tray by Tray با HYSYS

۵-۳۲. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی های پائین برج.....۱۷۴
از (۲۰۰۶)Ermatchkov et al. در سیستم $MDEA+H_2S$ در فشارهای ۴۰،
۵۰ و ۶۰ bar برای روش Tray by Tray با HYSYS.

۵-۳۳. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی ها از مدل.....۱۷۴
(۲۰۰۶)Ermatchkov et al. در محلول آبی $MDEA+H_2S$ برای ناحیه
فشارهای ۴۰ تا ۶۰ bar در روش Tray by Tray.

۵-۳۴. نمودار: مقایسه نتایج غلظت گاز H_2S در جریان گاز روی سینی های پائین برج از مدل ۱۷۵
(۲۰۰۶)Ermatchkov et al. در محلول آبی $MDEA+H_2S$ برای ناحیه فشارهای
۴۰ تا ۶۰ bar در روش Tray by Tray