بسم الله الرحمن الرحيم

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 :

بهینه سازی مصرف آب با استفاده از تکنولوژی پینچ آبی

استاد راهنما :

دکتر مهدی گوهررخی

استاد مشاور :

دکتر محمود ترابی انگجی

نگارش :

حمید رضا بابائی

تابستان 1388

پروردگارا ؛
چون توانستم ندانستم و چون
دانستم نتوانستم
آه از این علم نا آموخته
گاه در غم او ... گاه سوخته

تقدیم به وجود پاک و مقدس ولی امر مسلمین جهان و یگانه منجی عالم بشریت حضرت
قائم (عج) صاحب عصر و زمان روحی و ارواحنا فدا.
به امید آنکه مورد عنایت حضرتش قرار گیرد.

« اَینَ الْمُعَدُّ لِقَطْعِ دابِرِ الظَّلَمَهِ »

تقدیم به :

پدر و مادر عزیزم که من خود را مدیون گوهر وجودشان می دانم و اگر امروزبه این درجه رسیده ام تنها به واسطه حمایتهای بیدریغ آنهاست.گرچه گهواره ام سالهاست از تاب افتاده ولی میدانم که تاب اضطرابشان همیشه با من است.حضورشان را برای همیشه از خداوند متعال خواستارم و این نوشته را که هر چند ناچیز است به جبران زحمات بی شائبه شان به وجود پاکشان تقدیم می کنم.

تقدیم به پدر عزیزم که هرچند گرد گذر زمان بر چهره دارد ولی باز هم یگانه حامی و پشتیبانم بوده و مرا درس زندگی آموخت.

به وجود نازنین مادر مهربانم که با ایثار خود به من درس محبت و گذشت آموخت ، پدر و مادر عزیز امیدوارم که شاگرد خوبی برایتان باشم.

به خواهر عزیز که غمخوار روزهای تنهاییم بود و برادران گرامیم که به من دلگرمی و امید دادند.

سپاسگذاری :

با تشکر و قدردانی از استاد گرامی جناب آقای دکتر گوهررخی که مرا در انجام این رساله یاری رسانید وهمچنین جناب آقای دکتر ترابی که صبورانه راهنمای من بودند.

همچنین از دوست خوبم جناب آقای مهندس اکبری هم که زحمات بسیار زیادی برای انجام این رساله کشیدند سپاسگذارم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ۱

مقدمه ۲

فصل اول

۱-۱. بحران آب ۳

۱-۲. مصرف بهینه آب ۳

۱-۳. فرایندهای مصرف کننده آب ۴

۱-۴. منابع مصرف آب و تولید پساب ۵

۱-۵. آلودگی آب‌ها ۶

۱-۶. پساب‌های صنعتی ۸

۱-۷. منابع تامین آب ۹

۱-۸. تصفیه آب و پساب‌ها ۱۰

۱-۹. انتگراسیون فرآیند ۱۰

۱-۱۰. تکنولوژی پینچ ۱۲

۱-۱۱. تکنولوژی پینچ آبی ۱۳

۱-۱۲. مروری بر کارهای انجام شده ۱۶

فصل دوم

۲-۱. روشهای کاهش مصرف آب و تولید پساب ۲۵

۲-۱-۱. تغییر فرآیند ۲۵

عنوان **صفحه**

۲ـ۱ـ۲. استفاده مجدد ۲۶

۲ـ۱ـ۳. احیا ـ استفاده مجدد ۲۷

۲ـ۱ـ۴. احیا ـ باز چرخانی ۲۷

۲-۲. روشهای تعیین حداقل آب مصرفی موردنیاز(تابع هدف) ۲۸

۲-۳. روش گرافیکی(نموداری) ۳۱

۲ـ۴. روش وانگ واسمیت ۳۸

۲ـ۴ـ۱. استفاده مجدد ۳۸

۲ـ۴ـ۲. احیا پساب و مصرف مجدد آن ۴۲

۲-۴-۲-۱. احیای کامل ۴۴

۲-۴-۲-۱-۱. احیای کامل و نقطه پینچ آب تازه(FWP) ۴۵

۲-۴-۲-۱-۲. احیای کامل و نقطه پینچ آب احیا شده (RWP) ۴۸

۲-۴-۲-۲. احیای جزئی ۵۰

۲-۴-۲-۲-۱. احیا جزئی و نقطه پینچ آب تازه(FWP) ۵۰

۲-۴-۲-۲-۲. احیا جزئی و پینچ آب احیا شده(RWP) ۵۲

۲-۴-۳. احیا ـ بازچرخانی ۵۳

۲-۴-۳-۱. احیا ـ بازچرخانی و پینچ آب تازه ۵۵

۲-۴-۳-۲. بازچرخانی آب احیا شده و پینچ آب احیا شده ۵۶

۲-۴-۴. تعیین مقدار هدف برای جریانهای مقید ۵۷

۲ـ۴ـ۴ـ۱ جریانات با دبی ثابت ۵۸

۲ـ۴ـ۴ـ۲. منابع مختلف آب تازه ۶۴

عنوان **صفحه**

۲ـ۴ـ۴ـ۳. جریانات با اتلاف دبی ۶۴

۲ـ۴ـ۵. تعیین مقدار هدف برای مسائل شامل چند آلاینده ۷۰

۲ـ۴ـ۵ـ۱. استفاده مجدد ۷۰

۲ـ۴ـ۵ـ۲. احیا ـ استفاده مجدد ۷۶

۲ـ۵. روش کائو و اسمیت ۷۸

۲ـ۵ـ۱. احیا ـ استفاده مجدد ۷۸

۲ـ۵ـ۱ـ۱. مرحله اول تعیین نقطه پینچ ۸۱

۲ـ۵ـ۱ـ۲. مرحله دوم گروه بندی عملیاتها ۸۱

۲ـ۵ـ۱ـ۳.مرحله سوم انتقال جریانهای عملیاتی ۸۳

۲-۵-۱-۳-۱. مکانیزم اول انتقال ۸۳

۲-۵-۱-۳-۲. مکانیزم دوم انتقال ۸۹

۲ـ۵ـ۲. احیا ـ بازچرخانی ۹۱

۲ـ۵ـ۲ـ۱. تعیین نقطه پینچ ۹۲

۲ـ۵ـ۲ـ۲. گروه‌بندی عملیات ۹۲

۲ـ۵ـ۲ـ۳. انتقال جریانها ۹۴

۲ـ۵ـ۳. بررسی مسائل شامل چند آلاینده ۹۵

۲ـ۵ـ۴. تعداد واحدها ۹۶

۲ـ۵ـ۴ـ۱. کاهش تعداد واحدهای تصفیه ۹۷

۲ـ۵ـ۴ـ۲. کاهش تعداد واحدهای احیا ۹۹

۲ـ۵ـ۴ـ۳. کاهش تعداد واحدهای عملیاتی کلی ۹۹

عنوان **صفحه**

۲-۶. همزمانی کمینه سازی آب و انتگراسیون حرارتی ۱۰۲

۲-۷. الگوریتم شبکه غلظت ۱۰۵

فصل سوم

۳-۱. روش ریاضی وعددی ۱۰۸

۳-۱-۱. گردآوری اطلاعات ۱۰۹

۳-۲. روش ریاضی LP ۱۱۱

۳- ۳. روش برنامه ریزی ریاضی NLP ۱۱۴

۳-۴. روابط MILP ۱۱۷

۳-۴-۱. شرایط لازم برای بهینه سازی ۱۱۸

۳-۴-۲. شرایط لازم برای بهینه سازی همراه با احیا ۱۲۱

۳-۵. استفاده از نواقص ۱۲۲

۳-۶. سیستمهای چند جزیی ۱۲۳

۳-۷. قانون بیشترین مقدار استفاده مجدد ۱۲۵

۳-۸. شرایط کافی و الگوریتم ۱۲۶

۳-۹. روش طراحی بوسیله خطوط میانی ۱۲۸

۳-۱۰. همزمانی کمینه سازی آب و انتگراسیون حرارتی ۱۳۱

فصل چهارم

۴-۱. روشهای طراحی شبکه‌های مصرف کننده آب ۱۳۷

۴ـ۲. حداکثر کردن نیرو محرکه ۱۴۰

۴ـ۲ـ۱. طراحی اولیه ۱۴۲

عنوان **صفحه**

۴ـ۲ـ۲. ساده سازی طراحی ۱۴۵

۴-۳. حداقل کردن تعداد منابع آب ۱۴۸

۴-۳-۱. استفاده مجدد ۱۴۸

۴-۳-۲. فرآیندهای شامل احیا ۱۵۱

۴-۳-۳. فرآیندهای شامل چند آلاینده ۱۵۱

۴-۴-۴. فرآیندهای با جریان ثابت ۱۵۲

فصل پنجم

۵-۱. تصفیه آب ۱۵۸

۵-۲. تصفیه پساب ۱۵۹

۵-۲-۱. خواص فیزیکی پساب ۱۵۹

۵-۲-۲. خواص شیمیایی پساب ۱۵۹

۵-۲-۳. پساب و ترکیبات آلی ۱۶۰

۵-۳. مراحل تصفیه پساب ۱۶۰

۵-۳-۱. تصفیه اولیه ۱۶۰

۵-۳-۲. تصفیه ثانویه پساب ۱۶۳

۵-۳-۳. تصفیه نهایی پساب ۱۶۷

۵-۴. روشی برای افزایش تصفیه فرایند ۱۶۸

۵-۴-۱. تصفیه بهینه پساب ۱۷۱

۵-۴-۲. روش طراحی مفهومی ۱۷۱

۵-۵. طراحی سیستم‌های تصفیه پساب توزیع یافته ۱۷۳

عنوان **صفحه**

۵-۵-۱. جداسازی آلاینده تک جزیی توسط یک سیستم تصفیه ۱۷۳

۵-۶. طراحی شبکه سیستمهای تصفیه پساب ۱۷۷

۵-۷. جداسازی آلاینده تک جزئی توسط چندین سیستم تصفیه ۱۷۸

۵-۸. جداسازی آلاینده‌های چند جزئی توسط چندین سیستم تصفیه ۱۸۲

فصل ششم

۶-۱. مقایسه روشهای کمینه سازی مصرف آب ۱۹۰

۶-۱-۱. بررسی به روش Wang & Smith ۱۹۲

۶-۱-۲. بررسی به روش Kau & Smith ۲۰۴

۶-۱-۳. بررسی به روش برنامه ریزی خطی (LP) ۲۱۲

۶-۱-۳-۱. روش عمومی برنامه ریزی خطی ۲۱۳

۶-۱-۳-۲. روش اختصاصی برنامه ریزی خطی ۲۱۶

۶-۱-۴. بررسی به روش برنامه ریزی مختلط خطی (MILP) ۲۲۰

۶-۱-۴-۱. روش عمومی برنامه ریزی مختلط خطی ۲۲۱

۶-۱-۴-۲. روش خصوصی برنامه ریزی مختلط خطی ۲۲۳

۶-۱-۵. بررسی به روش برنامه ریزی غیرخطی (NLP) ۲۲۶

۶-۲. بهترین روش بهینه سازی مصرف آب ۲۳۲

۶-۳. واحد کاغذ سازی ۲۳۳

۶-۳-۱. ریشه لغوی ۲۳۳

۶-۳-۲. تاریخچه ۲۳۳

۶-۳-۳. مواد اولیه تهیه کاغذ ۲۳۴

عنوان **صفحه**

۶-۳-۴. ترکیب شیمیایی کاغذ ۲۳۵

۶-۳-۵. مراحل تهیه کاغذ ۲۳۶

۶-۴. جمع آوری اطلاعات ۲۳۸

۶-۵. تعیین نقطه پینچ ۲۴۱

۶-۶. طراحی شبکه توزیع آب ۲۴۳

۶-۷. طراحی شبکه توزیع آب با احیا ۲۴۶

۶-۸. بحث و نتیجه گیری ۲۴۶

۶-۹. پیشنهادات ۲۴۸

پیوست

پ –۱. نحوه رسم منحنی ترکیب حدی LCC ۲۴۹

پ -۲. متن برنامه حل مثال ۳ بروش MILP خصوصی توسط نرم افزار GAMS ۲۵۷

پ -۳. مثال ۲ بروش LP عمومی توسط نرم افزار GAMS ۲۵۹

پ -۴. متن برنامه حل مثال ۲ بروش LP خصوصی توسط نرم افزار GAMS ۲۶۰

پ -۵. متن برنامه حل مثال ۲ بروش LP خصوصی با احیا توسط نرم افزار GAMS ۲۶۱

پ -۶. متن برنامه حل مثال ۲ بروش NLP توسط نرم افزار GAMS ۲۶۳

پ -۷. متن برنامه حل متن برنامه رسم منحنی حدی و تعیین نقطه پینچ ۲۶۶

پ -۸. متن برنامه حل متن برنامه برای رسم منحنی حدی با ۲ آلاینده ۲۶۷

منابع و مراجع ۲۷۰

چکیده انگلیسی ۲۷۸

فهرست شکلها و نمودارها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ نمایی از مصرف آب در صنایع ۷

شکل ۲-۱ فرایند استفاده مجدد ۲۶

شکل ۲-۲ مصرف آب در فرآیندهای احیا-استفاده مجدد ۲۷

شکل ۲-۳ فرایند احیا بازچرخانی ۲۸

شکل ۲-۴ شبیه سازی سیستم مصرف آب با واحد عملیات انتقال جرمی ۲۹

شکل ۲-۵ ساده ترین حالت استفاده از آب در فرایندها ۲۹

شکل ۲-۶ استفاده از پساب برای کاهش مصرف آب ورودی ۳۰

شکل ۲-۷ استفاده از جریانات تصفیه شده برای کاهش هزینه ۳۰

شکل ۲-۸ طراحی بهینه مصرف آب در فرایندها و واحدهای تصفیه ۳۱

شکل ۲-۹ نمودار غلظت ماده آلاینده مقابل بار جرمی ۳۲

شکل ۲-۱۰ انتقال بار جرمی یکسان ۳۳

شکل ۲-۱۱ نمودار حدی آب برای هر فرایند ۳۵

شکل ۲-۱۲ نمای کلی از فرآیند مثال ۲-۱ ..... ۳۷

نمودار ۲-۱۳ نمایش فرایند استفاده کننده از آب ۳۹

شکل ۲-۱۴ منحنی ترکیب حدی برای مثال ۲-۱ ..... ۴۱

شکل ۲-۱۵ منحنی ترکیب حدی و خط آب تغذیه برای مثال ۲-۱ ..... ۴۱

شکل ۲-۱۶ فرایند احیا واستفاده مجدد ۴۲

شکل ۲-۱۷ منحنی مرکب خط آب تغذیه قبل و بعد از احیا ۴۳

نمودار ۲-۱۸ رسم خط آب تغذیه در نمودار غلظت ـ جرم برای مثال ۲-۱ ..... ۴۵

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱۹ احیاء آب در زیر غلظت پینچ ۴۶

شکل ۲-۲۰ احیاء آب در غلظت پینچ ۴۷

شکل ۲-۲۱ احیاء آب در بالای غلظت پینچ ۴۷

شکل ۲-۲۲ منحنی ترکیب غلظت وفرایند احیا ۴۹

شکل ۲-۲۳ اصلاح فرایند احیا ۴۹

شکل ۲-۲۴ رسم فرایند احیا-بازچرخانی مثال ۲-۳ ..... ۵۱

شکل ۲-۲۵ طراحی نهایی فرایند احیا مثال۲-۳ ..... ۵۱

شکل ۲-۲۶ نمودار اولیه فرایندهای جدول ۲-۶ ..... ۵۲

شکل ۲-۲۷ نمودار نهایی احیا در مثال جدول ۲-۶ ..... ۵۳

شکل ۲-۲۸ نمودار کلی فرایند احیا-بازچرخانی ۵۳

شکل ۲-۲۹ رسم نمودار غلظت-جرم برای فرایند احیا-بازچرخانی و خط آب مورد نیاز ۵۴

شکل ۲-۳۰ نمودار احیا-بازچرخانی برای مثال ۲-۱ ..... ۵۴

شکل ۲-۳۱ ارتباط بین احیا-بازچرخانی و پینچ آب تازه ۵۵

شکل ۲-۳۲ رسم داده های مثال جدول ۲-۵ ..... ۵۶

نمودار۲-۳۳ رسم داده های مثال ۲-۴ ..... ۵۷

شکل ۲-۳۴ فرایند با دبی ثابت ۵۸

شکل ۲-۳۵ خطوط مختلف آب تغذیه ۵۸

شکل ۲-۳۶ حداکثر غلظتهای ورودی وخروجی فرایند ۵۹

شکل ۲-۳۷ نمای کلی یک واحد با دبی ثابت ۶۰

شکل ۲-۳۸ نمای تقسیم فرایند وتغذیه توسط آب ۶۱

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۳۹ نواحی مختلف غلظت ۶۲

شکل ۲-۴۰ توالی تغذیه آب در فرایند ۶۳

شکل ۲-۴۱ فرایند استفاده کننده از چند منبع آ.ب ۶۵

شکل ۲-۴۲ نمودار فرایند با اتلاف آب ۶۵

شکل ۲-۴۳ رسم منحنی ترکیب وخط آب تغذیه مثال جدول ۲-۸ ..... ۶۸

شکل ۲-۴۴ رسم داده های مثال ۲-۷ بدون جریان اتلافی ۶۹

شکل ۲-۴۵ رسم داده های مثال ۲-۷ با جریان اتلافی ۶۹

شکل ۲-۴۶ رسم نمودار ترکیب برای داده های جدول ۲-۱۱ ..... ۷۲

شکل ۲-۴۷ رسم منحنی ترکیب و خط تغذیه برای مثال ۲-۹ ..... ۷۴

شکل ۲-۴۸ اصلاح منحنی ترکیب و خط تغذیه برای مثال ۲-۹ ..... ۷۵

شکل ۲-۴۹ رسم LCC و WSL برای مثال ۲-۹ ..... ۷۷

شکل ۲-۵۰ رسم منحنی ترکیب و آب تغذیه برای مثال ۲-۹ ..... ۷۹

شکل ۲-۵۱ اصلاح مثال جدول ۲-۱۲ بوسیله احیا-استفاده مجدد ۸۰

شکل ۲-۵۲ رسم نمودار حدی وتعیین گروه های IوII ۸۲

شکل ۲-۵۳ تغییر شیب خط تغذیه برای مثال ۲-۹ ..... ۸۴

شکل ۲-۵۴ بررسی امکان انتقال فرایندها ۸۶

شکل ۲-۵۵ ادامه انتقال فرایندهای مثال ۲-۹ ..... ۸۷

شکل ۲-۵۶ طراحی مثال ۲-۹ پس از انتقال ۸۸

شکل ۲-۵۷ بررسی مکانیزم دوم انتقال برای مثال ۲-۹ ..... ۹۰

شکل ۲-۵۸ رسم منحنی مثال ۲-۹ پس از انتقال دوم ۹۱

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۵۹ رسم منحنی ترکیب وخط تغذیه آب پس از احیا وبازچرخانی ۹۲

شکل ۲-۶۰ رسم منحنی ترکیب در دو گروه ۹۳

شکل ۲-۶۱ نمودار فرایندی مثال ۲-۹ با احیا ۹۳

شکل ۲-۶۲ آرایش دیگری از فرایندی مثال ۲-۹ ..... ۹۴

شکل ۲-۶۳ آرایش مثال ۲-۹ پس از اصلاح نهایی ۹۵

شکل ۲-۶۴ نمودار احیا استفاده مجدد ۹۶

شکل ۲-۶۵ استفاده از آب تازه ۹۷

شکل ۲-۶۶ رسم داده های جدول ۲-۴ بامرز غلظت ۹۸

شکل ۲-۶۷ تعداد واحدهای تصفیه برای مثال جدول ۲-۴ ..... ۹۹

شکل ۲-۶۸ افزایش آب تازه ۱۰۰

شکل ۲-۶۹ طراحی نهایی شبکه توزیع آب ۱۰۱

شکل ۲-۷۰ شبکه انتقال حرارت بین فرایندها ۱۰۳

شکل ۲-۷۱ شبکه آب طراحی شده توسط باگاجیس وهمکاران ۱۰۳

شکل ۲-۷۲ شبکه طراحی شده توسط باگاجیس ۱۰۴

شکل ۲-۷۳ شبکه حرارتی طراحی شده پس از بهینه سازی ۱۰۴

شکل ۲-۷۴ نحوه اختصاص داخلی آب تازه برای مثال جدول ۲-۱۳ ..... ۱۰۶

شکل ۲-۷۵ طراحی نهایی شبکه آب برای مسئله پولی و اولسن ۱۰۶

شکل ۲-۷۶ شبکه پیشنهاد شده توسط اولسن وپولی ۱۰۷

شکل ۳-۱ شبکه ساده در معادلات ریاضی ۱۱۰

شکل ۳-۲ نمای کلی وروش نامگذاری برای یک فرایند ۱۱۱

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۳ حل شبکه برای مسئله ۳-۱ ..... ۱۱۳

شکل ۳-۴ حداقل تعداد اتصلات داخلی برای مثال ۳-۱ ..... ۱۱۷

شکل ۳-۵ نمودار ساده روش NLP ۱۱۸

شکل ۳-۶ شبکه طراحی شده مثال ۳-۲ ..... ۱۲۰

شکل ۳-۷ شبکه ساده برای حالت احیا ۱۲۱

شکل ۳-۸ شبکه ارائه شده توسط پولی و اولسن ۱۲۲

شکل ۳-۹ طراحی شبکه توزیع آب برای مثال ۳-۳ ..... ۱۲۳

شکل ۳-۱۰ طراحی شبکه برای مثال ۳-۴ ..... ۱۲۵

شکل ۳-۱۱ الگوی بهینه استفاده مجدد ۱۲۶

شکل ۳-۱۲ شبکه بهینه ارائه شده برای مثال ۲-۲ ..... ۱۲۸

شکل ۳-۱۳ طراحی نهایی شبکه مثال ۳-۶ ..... ۱۳۳

شکل ۳-۱۴ شبکه ارائه شده مثال۳-۷ ..... ۱۳۶

شکل ۴-۱ نمودار میله ای جهت طراحی شبکه ۱۳۸

شکل ۴-۲ نمودار میله ای وطراحی اولیه شبکه ۱۴۰

شکل ۴-۳ نمودار میله ای به همراه حلقه ها ۱۴۱

شکل ۴-۴ طراحی ساده شده شبکه آب ۱۴۱

شکل ۴-۵ منحنی مرکب حدی ونمودار پنجره ای اولیه ۱۴۳

شکل ۴-۶ طراحی اولیه شبکه توزیع آب ۱۴۵

شکل ۴-۷ شبکه پس از شکسته شدن حلقه اول ۱۴۶

شکل ۴-۸ طراحی نهایی ۱۴۷

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۹ منحنی حدی و نمودار پنجره ای و طراحی اولیه بروش حداقل کردن منابع آب ۱۴۹

شکل ۴-۱۰ طراحی نهایی شبکه ۱۵۰

شکل ۴-۱۱ طراحی شبکه برای مثال ۲-۱ در حالت احیا-مصرف مجدد ۱۵۱

شکل ۴-۱۲ طراحی نهایی برای مثال ۲-۱ در حالت احیا-بازچرخانی ۱۵۲

شکل ۴-۱۳ رسم نمودار پنجره ای و استفاده از بازچرخانی محلی ۱۵۳

شکل ۴-۱۴ نمودار پنجره ای ابتدایی برای مثال ۲-۱ بوسیله جداسازی جریانها ۱۵۴

شکل ۴-۱۵ نمودار پنجره ای بدون استفاده از جداسازی جریانها و بازچرخانی محلی ۱۵۵

شکل ۴-۱۶ طراحی شبکه توسط باز چرخانی محلی ۱۵۵

شکل ۴-۱۷ طراحی شبکه توسط جداسازی جریان ۱۵۶

شکل ۴-۱۸ طراحی نهایی شبکه ۱۵۷

شکل ۵-۱ طرح کلی از تصفیه آب خام ۱۵۸

شکل ۵-۲ نمای کلی از تصفیه اولیه ۱۶۲

شکل ۵-۳ نمای واحد تصفیه پساب ۱۶۴

شکل ۵-۴ نمای واحد ثانویه در تصفیه خانه ۱۶۵

شکل ۵-۵ نمای واحد تصفیه نهایی ۱۶۸

شکل ۵-۶ واحد تصفیه پساب پالایشگاه تبریز ۱۶۹

شکل ۵-۷ ساده ترین حالت در تصفیه واحد ۱۷۰

شکل ۵-۸ تصفیه ساده در فرایندهای پیچیده ۱۷۰

شکل ۵-۹ شبکه سری و موازی تصفیه ۱۷۰

شکل ۵-۱۰ تمرکز زدایی شبکه تصفیه ۱۷۱

عنوان **صفحه**

شکل ۵-۱۱ جریان احیای بهینه ۱۷۲

شکل ۵-۱۲ منحنی مرکب حدی برای مثال ۵-۲ ..... ۱۷۴

شکل ۵-۱۳ تعین نقطه حدی تصفیه ۱۷۵

شکل ۵-۱۴ حداقل دبی و غلظت ورودی برای مثال ۵-۱ ..... ۱۷۶

شکل ۵-۱۵ نمودار میله ای برای مثال ۵-۱ ..... ۱۷۸

شکل ۵-۱۶ نمودار مثال ۵-۲ ..... ۱۸۰

شکل ۵-۱۷ منحنی نهایی مثال ۵-۲ ..... ۱۸۱

شکل ۵-۱۸ نمودار تصفیه مرکزی و توزیع یافته مثال ۵-۲ ..... ۱۸۱

شکل ۵-۱۹ نمودار تصفیه ابتدایی مثال ۵-۳ ..... ۱۸۴

شکل ۵-۲۰ نمودار تصفیه نهایی مثال ۵-۳ ..... ۱۸۴

شکل ۵-۲۱ نمودار میله ای ابتدایی برای مثال ۵-۳ ..... ۱۸۶

شکل ۵-۲۲ شبکه طراحی شده نهایی مثال ۵-۳ ..... ۱۸۷

شکل ۵-۲۳ نحوه توزیع و تصفیه آب در صنایع ۱۸۹

شکل ۶-۱ رسم نمودار حدی برای مثال ۶-۱ ..... ۱۹۳

شکل ۶-۲ طراحی شبکه توزیع آب برای مثال ۶-۱ بروش حد اکثر کردن نیرو محرکه ۱۹۳

شکل ۶-۳ طراحی شبکه توزیع آب برای مثال ۶-۱ بروش حد اقل کردن منابع آب ۱۹۴

شکل۶-۴ منحنی حدی و احیای کلی برای مثال۶-۱ ..... ۱۹۵

شکل ۶-۵ منحنی حدی و احیای جزیی برای مثال ۶-۱ ..... ۱۹۵

شکل ۶-۶ منحنی حدی و خط آب تغذیه احیای کلی برای مثال۶-۱ ..... ۱۹۶

شکل ۶-۷ منحنی حدی و خط آب تغذیه احیای جزیی برای مثال ۶-۱ ..... ۱۹۶