



دانشگاه منتهی‌الشریفات بابل

دانشکده مهندسی شیمی

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی

موضوع:

مدل‌سازی فرآیند ترکیبی هوادهی - تراوش بخار در پالایش آبهای
آلوده به VOC's

استاد راهنما:

آقای دکتر قریشی

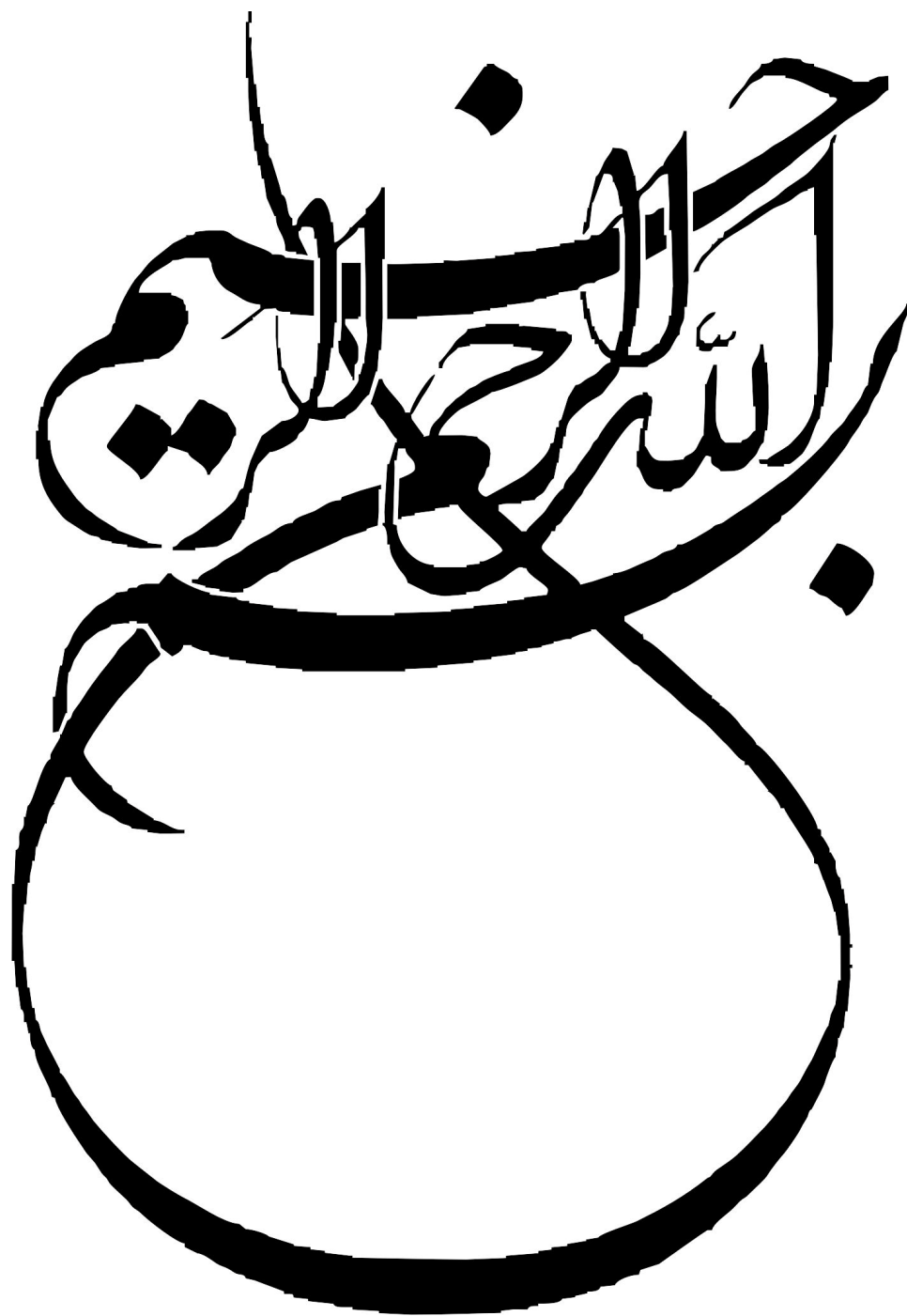
استاد مشاور:

آقای دکتر موقرنژاد

دانشجو:

فرهاد زارعی

تابستان ۱۳۹۰



تقدیم به

روح پاک پدر که عالمانه به من آموخت تا چگونه

در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه کنم

و به مادرم، دریای بیکران فداکاری و عشق

وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر

با تشکر و قدردانی از

استاد بزرگوارم جناب آقای **دکتر قریشی** که با زحمات بی دریغ و

دلسوزانه خویش راهنمایی پایان نامه را بر عهده داشتند و جناب

آقای **دکتر موقرنژاد** که مشاوره پایان نامه را تقبل فرمودند.

«این پایان نامه با حمایت و پشتیبانی شرکت ملی پالایش و پخش

فرآورده های نفتی ایران اجرا شده است»

چکیده:

ترکیب فرآیند هوادهی در برجهای آکنده با فرآیند غشایی تراوش گاز می تواند ضمن حذف آلاینده های فرار از آب، از طریق بازیابی آلاینده های دفع شده از آب توسط غشا از تبدیل آلودگی آب به هوا جلوگیری کند. در این تحقیق مدل ریاضی مناسب برای فرآیند ترکیبی هوادهی- تراوش گاز جهت حذف ترکیبات آلی فرار VOC از آبها و پسابهای صنعتی و تاثیر پارامتر های موثر همچون دما، غلظت آلاینده در خوراک ورودی و دبی جریان در آن بررسی شده است. ارائه مدل فرآیند برج هوادهی بر مبنای تئوری دو فیلمی و تئوری نفوذ مولکولی در سرتاسر دو فیلم ساکن می باشد که فرآیند انتقال کلی را ترکیبی از مقاومت های فازهای گاز و مایع بیان می کند و حل معادلات توسط نرم افزار MATLAB جهت به دست آوردن راندمان حذف در شرایط معینی از خوراک ورودی و برج انجام شده است. مدل ارائه شده در فرآیند غشایی بر مبنای تئوری " انحلال-نفوذ " و مدل مقاومت های سری در غشا و فازهای مجاور غشا می باشد. پارامتر های مرتبط با انتقال بر اساس داده های تغییرات فلاکس عبوری از غشا با شدت جریان و ضخامت غشا تعیین گردیده است.

در این تحقیق دفع سه ترکیب آلی فرار، CHCl_3 ، $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3$ و CH_2Cl_2 تری کلرو اتان، $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3$ ، کلروفرم (CHCl_3) و دی کلرو متان (CH_2Cl_2) از آب بوسیله فرآیند هیبرید تحت شرایط عملیاتی زیر مدل سازی گردید: شدت جریان آب = $40-80 \text{ L/h}$ ، غلظت VOC در خوراک = $1000-100 \text{ ppm}$ ، ارتفاع ستون آکنده برابر 90 سانتی متر، شدت جریان گاز = $40-1000 \text{ L/h}$ ، غشای استفاده شده PDMS با مساحت $14/7 \text{ cm}^2$. در پایان برخی از نتایج بدست آمده از مدل با مقادیر تجربی مقایسه شده است که نتایج به دست آمده در فرآیند ترکیبی نشان می دهد؛ در غلظت های پایین خوراک راندمان حذف کمتر می باشد و با افزایش غلظت، راندمان حذف اندکی افزایش می یابد؛ به طوری که دو برابر کردن غلظت ورودی، افزایش $10-5\%$ راندمان را برای هر سه ترکیب در پی دارد. همچنین افزایش شدت جریان گاز، نسبت هوا به آب در برج را زیاد کرده و سبب سهولت جداسازی آلاینده می شود؛ به طوری که با افزایش شدت جریان گاز از 200 به 800 L/h راندمان حذف برای دی کلرو متان تقریباً از 17% به 75% و برای کلروفرم از 60% تا 82% و برای تری کلرو اتان از 50% تا 75% افزایش می یابد. از آنجایی که دمای زیاد در برج هوادهی به علت تاثیر افزایش بر ضریب هنری آلاینده بازده

حذف را بالا می برد، اما تاثیر دما در سیستم های غشایی وابسته به نوع غشا و ماده آلی و تاثیر بر دو پارامتر ضریب حلالیت و ضریب هنری است که ممکن است سبب افزایش یا کاهش راندمان در فرآیند غشایی شود؛ به طوریکه برای تری کلرو اتان افزایش دما از ۳۵ تا ۶۵ °C راندمان در برج هوادهی را از ۶۴٪ به ۸۰٪ افزایش داده اما راندمان فرآیند غشایی را به علت کاهش ضریب حلالیت و در نتیجه کاهش ضریب تراویدگی از ۹۳٪ تا ۶۲٪ کاهش می دهد و در فرآیند هیبرید با توجه به تاثیر پذیری بیشتر از راندمان حذف در برج هوادهی، راندمان کل حذف آلاینده از ۶۳٪ تا ۷۵٪ افزایش می یابد. لذا دمای دو فرآیند باید بهینه در نظر گرفته شود.

واژه های کلیدی :

تصفیه آب، برج هوادهی، تراوش گاز، سیستم هیبرید، ترکیبات آلی فرار

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: مقدمه
۱	مقدمه
۱	۱-۱- معرفی VOC's
۲	۱-۲- منابع انتشار ترکیبات آلی فرار
۲	۱-۲-۱- VOC's و آلودگی آب
۳	۱-۲-۲- VOC's و آلودگی هوا
۴	۱-۳- آثار و عوارض ترکیبات آلی فرار
۴	۱-۳-۱- آثار مستقیم
۴	۱-۳-۲- آثار غیر مستقیم
۴	۱-۳-۳- واکنش مه دود
۵	۱-۳-۳-۲- تقلیل قطر لایه‌ی ازن استراسفریک
۶	۱-۳-۳-۳- گرم شدن تدریجی زمین
۶	۱-۴- مقررات وضع شده جهت کاهش انتشار ترکیبات آلی فرار
۶	۱-۵- راههای کنترل آلودگی
۷	۱-۶- فناوری های متداول حذف VOC's
۹	۱-۶-۱- جذب سطحی

- ۱۰-۱-۶-۲- فرآیند اکسیداسیون بیولوژیکی
- ۱۲-۱-۶-۳- سیستم های غشایی
- ۱۴-۱-۶-۴- روش های ترکیبی
- ۱۵-۱-۶-۴-۱- هوادهی - جذب سطحی
- ۱۵-۱-۶-۴-۲- اکسیداسیون بیولوژیکی - تراوش تبخیری
- ۱۷-۱-۶-۴-۳- هوادهی - تراوش تبخیری
- ۱۸-۱-۶-۴-۴- هوادهی - تراوش گاز
- ۲۰-۱-۷- اهداف تحقیق

فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده

- ۲۱-۲-۱- فرآیند هوادهی
- ۲۲-۲-۱-۱- عوامل مؤثر در زدایش با هوا در برج آکنده
- ۲۴-۲-۱-۲- تحقیقات انجام شده در زمینه فرآیند هوادهی
- ۲۸-۲-۲- فرآیند تراوش گاز
- ۲۸-۲-۲-۱- مقدمه ای بر فرآیند های غشایی
- ۳۰-۲-۲-۲- انواع غشا از نظر ساختار
- ۳۲-۲-۳- جنس غشا
- ۳۳-۲-۴- تاریخچه فرآیند جداسازی گاز بوسیله غشا

۳۴	۲-۲-۵- تئوری انتقال جرم در فرآیند تراوش گاز
۳۵	۲-۲-۵-۱- تراوش گاز در غشاهای حفره دار
۳۶	۲-۲-۵-۲- تراوش گاز در غشاهای متراکم
۴۰	۲-۲-۶- تحقیقات انجام شده در زمینه تراوش گاز
۴۶	۲-۳- فرآیند هیبرید هوادهی- تراوش گاز
۴۷	۲-۳-۱- فرآیند هوادهی- تراوش تبخیری
۴۸	۲-۳-۲- فرآیند هوادهی- تراوش با بخار
۴۹	۲-۳-۳- تحقیقات انجام شده در زمینه هوادهی- تراوش گاز
۴۹	۲-۳-۳-۱- نسبت هوا به آب
۵۱	۲-۳-۳-۲- غلظت ورودی VOC's
۵۳	۲-۳-۳-۳- مزایا و هزینه‌های فرآیند هوادهی / جداسازی غشا

فصل سوم: ارائه مدل و پارامترهای مربوط به آن

۵۶	۳-۱- فرآیند هوادهی
۵۶	۳-۱-۱- تشریح معادلات انتقال جرم در برج های آکنده
۵۷	۳-۱-۲- تئوری انتقال جرم در برج های هوادهی آکنده
۵۷	۳-۱-۳- مدل سازی فرآیند هوادهی و حل معادلات مدل
۶۰	۳-۱-۴- انتخاب ترکیبات
۶۱	۳-۱-۵- فرضیات مدل

- ۶۱- ۳-۱-۶- برآورد پارامترهای اصلی در برج
- ۶۲- ۳-۱-۶-۱- ضریب هنری
- ۶۳- ۳-۱-۶-۲- ضریب ویسکوزیته
- ۶۳- ۳-۱-۶-۳- کشش سطحی
- ۶۴- ۳-۱-۶-۴- ضرایب انتقال جرم
- ۶۷- ۳-۱-۷- حل الگوریتم
- ۶۹- ۳-۲- فرآیند تراوش گاز
- ۷۰- ۳-۲-۱- داده های مربوط به تغییرات فلاکس با شدت جریان
- ۷۳- ۳-۲-۲- داده های مربوط به تغییرات فلاکس با ضخامت غشا

فصل چهارم: نتایج مدل فرآیند تراوش گاز

- ۷۵- ۴-۱- نتایج مدل فرآیند هوادهی
- ۷۵- ۴-۱-۱- نتایج کمی حاصل از مدل فرآیند هوادهی
- ۷۵- ۴-۱-۱-۱- تاثیر دما
- ۷۷- ۴-۱-۱-۲- تاثیر فشار
- ۷۹- ۴-۱-۱-۳- تاثیر نسبت هوا به آب
- ۸۱- ۴-۱-۱-۴- تاثیر ارتفاع آکنه
- ۸۲- ۴-۱-۱-۵- تاثیر نوع پرکن
- ۸۴- ۴-۱-۱-۶- تاثیر اندازه پرکن

۸۶	۴-۱-۱-۷- تاثیر غلظت ورودی
۸۸	۴-۱-۲- نتایج کلی حاصل از مدل فرآیند هوادهی
۹۰	۴-۲- فرآیند تراوش گاز
۹۰	۴-۲-۱- تخمین پارامترهای انتقال جرم با تغییرات فلاکس
۹۷	۴-۲-۲-۱- تخمین پارامترهای انتقال جرم با تغییرات ضخامت غشا
۱۰۰	۴-۲-۲-۲- محاسبه ضرایب انتقال جرم در فاز های منفرد بخار و غشا
۱۰۲	۴-۳- بررسی پارامترهای موثر در فرآیند تراوش بخار بوسیله غشا
۱۰۲	۴-۳-۱- تاثیر فشار فاز تراویده بر راندمان حذف
۱۰۴	۴-۳-۲- تاثیر بازده حذف VOC's بر سطح مورد نیاز غشا در دبی ثابت
۱۰۶	۴-۴- نتایج مدل فرآیند هیبرید هوادهی- تراوش گاز
۱۰۷	۴-۴-۱- بررسی تاثیر غلظت ورودی
۱۰۸	۴-۴-۲- بررسی تاثیر دبی ورودی
۱۱۰	۴-۴-۳- بررسی تاثیر مساحت غشا روی راندمان حذف در دبی ثابت خوراک
۱۱۱	۴-۴-۴- بررسی تاثیر دما
۱۱۳	نتیجه گیری
۱۱۴	پیشنهادات
۱۱۵	منابع و مراجع
۱۲۰	Abstract

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱۲	شکل ۱-۱- تصویر سیستم حذف آلاینده بوسیله بیوفیلتر
۱۷	شکل ۲-۱- فرآیند جداسازی ترکیبی هوادهی- تراوش تبخیری
۱۹	شکل ۳-۱- فرآیند جداسازی ترکیبی هوادهی- تراوش گاز
۲۲	شکل ۱-۲- تصویر فرآیند هوادهی با برج آکنده
۳۱	شکل ۲-۲- تصویری از غشاهای متراکم و حفره دار
۳۳	شکل ۳-۲- خلاصه ای از توسعه فرآیندهای مختلف غشایی در جداسازی گازها
۳۴	شکل ۴-۲- مکانیزم نفوذ گاز در غشاهای حفره دار و متراکم
۳۵	شکل ۵-۲- چگونگی نفوذ گاز در غشا در فرآیند تراوش گاز
۳۶	شکل ۶-۲- نفوذ در غشا و قانون فیک
۴۴	شکل ۷-۲- تصویری از مدل مقاومت برای غشای کامپوزیت
۴۷	شکل ۸-۲- فرآیند ترکیبی هوادهی- تراوش تبخیری
۴۸	شکل ۹-۲- فرایند هیبرید هوادهی- تراوش گاز به منظور دفع VOC از پساب های آب
۵۰	شکل ۱۰-۲- حداقل نسبت هوا به آب در مقابل ضریب هنری برای دفع VOC's از آب
۵۱	شکل ۱۱-۲- میزان دفع TCE در مقابل نسبت هوا به آب بوسیله برج عریان ساز و سیستم غشا
۵۲	شکل ۱۲-۲- دفع VOC's بوسیله سیستم هیبریدی به عنوان تابعی از غلظت آلاینده

- شکل ۲-۱۳- هزینه‌های فراورش تکنولوژی‌های رقابتی به عنوان تابعی از غلظت
۵۴
- شکل ۲-۱۴- هزینه‌های فراورش به عنوان تابعی از شدت جریان پساب
۵۴
- شکل ۳-۱- تصویری از برج هوادهی آکنده و مشخصات آن
۵۶
- شکل ۳-۲- تئوری دوفیلمی در انتقال جرم بین دو فاز
۵۸
- شکل ۳-۳- پروفایل غلظت VOC در غشا و لایه مرزی در فرآیند نفوذ
۷۰
- شکل ۳-۴- تخمین ضریب انتقال جرم کل بوسیله گرادیان فشار
۷۴
- شکل ۳-۵- تخمین ضرایب انتقال جرم منفرد بر حسب ضخامت غشا
۷۴
- شکل ۴-۱- تاثیر دما بر حذف تری کلرواتیلن
۷۶
- شکل ۴-۲- تاثیر دما بر حذف تولوئن در دو حالت مدل و تجربی
۷۶
- شکل ۴-۳- تاثیر دما بر حذف کلروفرم در دو حالت مدل و تجربی
۷۷
- شکل ۴-۴- تاثیر فشار بر حذف تری کلرواتیلن
۷۸
- شکل ۴-۵- تاثیر فشار برای بر حذف تولوئن
۷۸
- شکل ۴-۶- تاثیر فشار بر حذف کلروفرم
۷۹
- شکل ۴-۷- تاثیر نسبت هوا به آب بر حذف تری کلرواتیلن
۸۰
- شکل ۴-۸- تاثیر نسبت هوا به آب بر حذف تولوئن در دو حالت مدل و تجربی
۸۰
- شکل ۴-۹- تاثیر نسبت هوا به آب بر حذف کلروفرم در دو حالت مدل و تجربی
۸۱
- شکل ۴-۱۰- تاثیر ارتفاع آکنه برای رسیدن به ۹۹٪ حذف ۳ ترکیب آلی
۸۲
- شکل ۴-۱۱- تاثیر نوع پرکن بر راندمان حذف تری کلرواتیلن
۸۳

- شکل ۴-۱۲- تاثیر نوع پرکن بر راندمان حذف تولوئن ۸۳
- شکل ۴-۱۳- تاثیر نوع پرکن بر راندمان حذف کلروفرم ۸۴
- شکل ۴-۱۴- تاثیر قطر آکنه بر راندمان حذف تری کلرو اتیلن ۸۵
- شکل ۴-۱۵- تاثیر قطر آکنه بر راندمان حذف تولوئن ۸۵
- شکل ۴-۱۶- تاثیر قطر آکنه بر راندمان حذف کلروفرم ۸۶
- شکل ۴-۱۷- تاثیر غلظت ورودی بر راندمان حذف تری کلرو اتیلن ۸۷
- شکل ۴-۱۸- تاثیر غلظت ورودی بر راندمان حذف تولوئن ۸۷
- شکل ۴-۱۹- تاثیر غلظت ورودی بر راندمان حذف کلرو فرم ۸۸
- شکل ۴-۲۰- داده های تجربی نفوذ کل در غشا برحسب درصد مولی ۹۰
- شکل ۴-۲۱- مقاومت غشا به مقاومت کل برحسب شدت جریان سیستم شامل CHCl_3 ،
 $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3$ و $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ ۹۲
- شکل ۴-۲۲- داده های تجربی تغییرات شدت نفوذ با شدت جریان خوراک برای متانول، تولوئن
و استون ۹۳
- شکل ۴-۲۳- مقاومت غشا به مقاومت کل بر حسب شدت جریان برای سیستم شامل متانول،
استون و تولوئن ۹۶
- شکل ۴-۲۴- طرح کلی نمودار جهت جداسازی VOC / N_2 بوسیله غشای کامپوزیت ۹۷
- شکل ۴-۲۵- محاسبه K_t با استفاده از شیب خط در ضخامت غشای کامپوزیت = $2/5 \mu\text{m}$ ۹۸
- شکل ۴-۲۶- محاسبه K_t با استفاده از شیب خط در ضخامت غشای کامپوزیت = $5/2 \mu\text{m}$ ۹۹
- شکل ۴-۲۷- محاسبه K_t با استفاده از شیب خط در ضخامت غشای کامپوزیت = $7/5 \mu\text{m}$ ۹۹
- شکل ۴-۲۸- مقاومت کل در مقابل ضخامت غشا برای متانول ۱۰۱

- شکل ۴-۲۹- نسبت مقاومت لایه مرزی به مقاومت کل در مقابل ضخامت غشا برای متانول ۱۰۱
- شکل ۴-۳۰- نسبت مقاومت غشا به مقاومت کل در مقابل ضخامت غشا برای متانول ۱۰۲
- شکل ۴-۳۱- تاثیر فشار فاز تراویده روی بازده حذف استون ۱۰۳
- شکل ۴-۳۲- تاثیر راندمان حذف متانول بر مساحت غشا ۱۰۴
- شکل ۴-۳۳- تاثیر راندمان حذف تولوئن بر مساحت غشا ۱۰۵
- شکل ۴-۳۴- تاثیر غلظت ورودی در سیستم هیبرید روی بازده حذف سه ترکیب آلی ۱۰۷
- شکل ۴-۳۵- تاثیر دبی گاز ورودی در سیستم هیبرید روی بازده حذف دی کلرو متان در دو حالت مدل و تجربی ۱۰۸
- شکل ۴-۳۶- تاثیر دبی گاز ورودی در سیستم هیبرید روی بازده حذف کلروفرم و تری کلرو اتان ۱۰۹
- شکل ۴-۳۷- راندمان حذف فرآیند غشایی در حذف آلاینده در مقابل سطح غشا در فرآیند هیبرید ۱۱۰
- شکل ۴-۳۸- راندمان کل در حذف آلاینده در مقابل سطح غشا در فرآیند هیبرید ۱۱۱
- شکل ۴-۳۹- تاثیر درجه حرارت روی درصد حذف VOC در فرآیند هیبرید ۱۱۲

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۸	جدول ۱-۱- فناوری های رایج برای حذف VOC's از هوا و آبهای آلوده
۹	جدول ۲-۱- انواع جاذب، روش تولید، کاربرد و احیای آنها
۲۴	جدول ۱-۲- تاثیر کیفی پارامترهای موثر در برج زدایش با هوا
۲۹	جدول ۲-۲- فرآیند های رایج جداسازی غشایی و خصوصیات آنها
۳۷	جدول ۳-۲- ضرایب تراوایی و گزینش پذیری برای چند نوع ماده
۳۹	جدول ۲-۴- ضریب تراوایی برای چندین گاز مختلف
۶۲	جدول ۳-۱- ثوابت هنری مطابق معادله آنتوان
۶۶	جدول ۳-۲- خصوصیات اصلی تعدادی از آکنه ها
۹۱	جدول ۴-۱- داده های لازم برای تخمین مقاومت کل بر حسب شدت جریان برای $CHCl_3 / N_2$
۹۱	جدول ۴-۲- داده های لازم برای تخمین مقاومت کل بر حسب شدت جریان برای $C_2H_4Cl_2 / N_2$
۹۱	جدول ۴-۳- داده های لازم برای تخمین مقاومت کل بر حسب شدت جریان برای $C_2H_3Cl_3 / N_2$ و CH_2Cl_2 / N_2
۹۲	جدول ۴-۴- پارامترهای بدست آمده از رگرسیون غیرخطی برای کلروفرم، دی کلرواتان، تری کلرواتان و دی کلرومتان

- جدول ۴-۵- شرایط آزمایش انجام شده توسط obuskovic برای متانول، استون و تولوئن ۹۳
- جدول ۴-۶- داده های لازم برای تخمین ضریب انتقال جرم کل برای متانول، استون و تولوئن ۹۴
- جدول ۴-۷- ضرایب انتقال جرم کل غشا برای متانول و استون و تولوئن ۹۵
- جدول ۴-۸- پارامترهای به دست آمده از رگرسیون غیر خطی برای متانول، استون و تولوئن ۹۵
- جدول ۴-۹- داده های آزمایشگاهی برای تخمین مقاومت کل بر حسب K_t برای متانول در
ضخامت غشای کامپوزیت = $2/5 \mu m$ ۹۸
- جدول ۴-۱۰- داده های آزمایشگاهی برای تخمین مقاومت کل بر حسب K_t برای متانول در
ضخامت غشای کامپوزیت = $5/2 \mu m$ ۹۸
- جدول ۴-۱۱- داده های آزمایشگاهی برای تخمین مقاومت کل بر حسب K_t برای متانول در
ضخامت غشای کامپوزیت = $7/5 \mu m$ ۹۹
- جدول ۴-۱۲- مقادیر K_t برای انتقال متانول در غشای کامپوزیت در ضخامت های مختلف ۱۰۰
- جدول ۴-۱۳- مقاومت کل در ضخامت های مختلف برای متانول ۱۰۰
- جدول ۴-۱۴- اندازه گیری پارامتر های مدل از رگرسیون خطی برای متانول ۱۰۱
- جدول ۴-۱۵- داده های لازم برای بررسی تاثیر فشار فاز تراویده بر راندمان حذف (Acetone) ۱۰۳

مقدمه

هر ماده‌ای که وارد محیط شود و خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی آن را تغییر دهد تا حدی که بتواند اثرات مضر ایجاد کند، آلودگی نامیده می‌شود [۱]. امروزه افزایش روز افزون جمعیت، رشد صنایع و کشاورزی و در نتیجه بالا رفتن سطح زندگی موجب افزایش مصرف آب در سطح دنیا گردیده است. گذشته از کمیت آب مورد نیاز، کیفیت آب بویژه در مصارف شرب از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. آلودگی آب به انواع آلاینده ها که به طور طبیعی یا بواسطه فعالیت های انسانی رخ می دهد، استفاده از روش های کنترل و تصفیه آب را الزامی نموده است. کنترل آلودگی آب آشامیدنی از لحاظ مواد آلی موضوعی است که در چند دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. آبهای سطحی همواره مقادیر زیادی از ترکیبات حاصل از تجزیه گیاهان، جلبک ها و پلانکتون ها می باشند، که در صورت ترکیب با کلر می توانند ترکیباتی به نام هالو متان ها را بوجود آورند که امروزه از مشکلات مهم کیفیت آب آشامیدنی محسوب می شود [۲]. ترکیبات آلی فرار از جمله موادی هستند که به مقدار زیاد در اتمسفر یافت شده و در منابع طبیعی و مصنوعی گوناگونی همچون بنزین، گلها و گیاهان وجود دارند [۳].

۱-۱- معرفی VOC's^۱

براساس تعریف سازمان بهداشت جهانی ترکیبات آلی فرار (VOC) مایعات یا جامداتی هستند که دارای کربن آلی (کربن متصل به کربن، هیدروژن، نیتروژن یا گوگرد) بوده و با سرعت قابل توجهی تبخیر شده و فشار بخار آنها در دمای عادی، از حدود ۰/۰۱ psi بزرگتر است. بنابراین تحت شرایط عادی فشار بخار مناسب برای تبخیر و وارد شدن به اتمسفر را دارا هستند. نقطه جوش اتمسفری آنها تا حدود C ۲۶۰^۰ می باشد که اکثر ترکیبات آلی دارای ۱۲ اتم کربن و پایین تر را شامل می‌شوند. البته CO₂، CO، اسیدهای آلی و ترکیبات فلزی آلی از این تقسیم بندی مستثنی هستند [۳].

^۱ Volatile organic compound

۱-۲- منابع انتشار ترکیبات آلی فرار

ترکیبات آلی فرار به طور کلی از دو منبع به محیط انتشار می‌یابند. تعدادی از این ترکیبات منشأ بیولوژیکی دارند، این گونه ترکیبات به طور طبیعی و در نتیجه فعل و انفعالات بیولوژیکی ارگانیسم‌های زنده به وجود می‌آیند و تعدادی نیز از طریق منابعی غیر از منابع بیولوژیکی در محیط منتشر می‌شوند. به استثنای تعداد بسیار کمی از صنایع در اغلب صنایع این گونه ترکیبات وارد سیستم‌های آبی شده، تبخیر شده و وارد هوا می‌شوند و یا درون خاک فرو می‌روند. علاوه بر راه‌های متداول انتشار ترکیبات آلی فرار، حوادثی از قبیل غرق شدن کشتی‌های نفتکش، سوراخ شدن لوله‌های انتقال نفت، نشت این مواد به هنگام بار زدن و تخلیه از تانک‌های نقل و انتقال آن و غیره نیز در انتشار دامنه‌ی وسیعی از این ترکیبات مؤثر هستند [۱].

بسیاری از VOCها که در رنگها، پلاستیک‌ها و لوازم آرایشی وجود دارند، نیز موجب آلودگی هوا در محیط‌های بسته می‌شوند. بر اساس تحقیقات انجام شده توسط آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (EPA) میزان VOC یافت شده در محیط‌های بسته، ۲ تا ۵ برابر بیشتر از فضاهای باز است که در اثر فعالیت‌های خاص در این محیط‌ها، این میزان حتی به ۱۰۰۰ برابر نیز می‌رسد. علت دیگر بالاتر بودن میزان VOC در فضاهای بسته این است که بسیاری از این ترکیبات آلی به اندازه کافی فرار نبوده و در نتیجه در محیط‌های بسته (که دما بالاتر است) نسبت به محیط‌های باز بیشتر تبخیر می‌شوند [۴].

۱-۲-۱- VOC's و آلودگی آب

آلاینده‌های اصلی در صنعت آب و فاضلاب ترکیبات آلی می‌باشند. مقادیر فراوان ماده آلی (آفت کشته، دترجنتها، حلالها و ...) در منابع آبی وجود دارند. در میان این ترکیبات آلی، ترکیبات آلی فرار با