



پیشنهاد پروژه تحصیلات تکمیلی

(کارشناسی ارشد)

۱- مشخصات دانشجو

نام و نام خانوادگی: محمدحسین وفایی غفت پناه
رشته تحصیلی: مهندسی شیمی - طراحی فرایند
آدرس: تهران - تهرانپارس - میدان پروین - کوچه زرغامی - پ ۸ - واحد ۱
شماره دانشجویی: ۴۰۰۱۲۲۰۳۰
دانشکده: مهندسی شیمی
تلفن: ۰۹۱۹۸۰۳۰۲۶۴-۷۷۲۹۷۸۲۰

۲- مشخصات اساتید راهنما

نام و نام خانوادگی: احمدرضا رئیسی
آدرس: تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی شیمی
سمت، مرتبه علمی و محل خدمت: عضو هیئت علمی، دانشیار، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
تلفن: ۰۲۱-۶۴۵۴۳۱۲۵

۳- مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی: -
سمت، مرتبه علمی: -
تلفن: -

۴- عنوان پایان نامه:

فارسی: مدلسازی، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی فرایند جداسازی گازی غشایی چند مرحله‌ای برای خالص‌سازی گاز طبیعی
انگلیسی: Modeling, simulation and optimization of multi-stage membrane gas separation process for: purification of natural gas

نوع پروژه: ☐ کاربردی ☒ بنیادی ☒ توسعه ای ☐ تعداد واحد: ۶

۵- خلاصه پایان نامه: (مسئله، فرضیات، هدف از اجراء، توجیه ضرورت انجام طرح)

امروزه فرآیندهای غشایی جداسازی گاز نسبت به سایر فرآیندهای رقیب نظیر تقطیر حرارتی یا تبریدی و جداسازی جذبی یا غربالی که دارای سهم عمده‌ای در بین فرآیندهای جداسازی گاز هستند از ارجحیت بالاتری برخوردار می‌باشند. ایران در سال ۲۰۱۹ با رتبه سوم بعد از آمریکا و روسیه به بیشترین میزان تولید گاز طبیعی خشک بالغ بر ۸/۴ تریلیون متر مکعب در ۲۰ سال گذشته رسیده است. این آمار بر ضرورت و اهمیت پالایش و خالص‌سازی گاز طبیعی با کمترین هزینه تاکید دارد. فناوری‌های موثر زیادی برای جداسازی گاز اسیدی دی‌اکسیدکربن ارائه شده‌اند اما در حال حاضر فناوری جذب آمین در بیشتر پالایشگاه‌های کشور استفاده می‌شود. با توجه به مزایای فن آوری جداسازی غشایی نسبت به واحد جذب آمین از جمله هزینه عملیاتی پایین‌تر و راحتی در کنترل فرایند، کاربرد این فناوری در صنعت مورد توجه زیادی قرار گرفته است. در یک فرایند غشایی، غشاء مورد استفاده نقش کلیدی ایفا می‌کند و امروزه تحقیقات گسترده‌ای در زمینه ساخت و اصلاح غشاهای پلیمری به منظور افزایش تراوی و گزینش‌پذیری آنها انجام گرفته است. در حال حاضر از غشاهای گزینش‌پذیر نیتروژن و گزینش‌پذیر دی‌اکسیدکربن و همچنین غشاهای گزینش‌پذیر متان به منظور جداسازی نیتروژن و دی‌اکسید کربن از گاز طبیعی استفاده می‌شود. اما از آنجائیکه غالباً با یک مرحله جداسازی نمی‌توان به محصول با خلوص بالا و میزان بازیابی بالا دست یافت، استفاده از فرایندهای چند مرحله‌ای پیشنهاد می‌شود. در یک فرایند جداسازی گازی غشایی با استفاده از چند غشاء با قابلیت جداسازی متفاوت می‌توان محصول با خلوص و بازیابی بالا تولید کرد. در این پروژه هدف اصلی مدلسازی انتقال جرم و بهینه سازی فرایند غشایی چند مرحله‌ای با استفاده از غشاهای مختلف (غشاهای لاستیکی و شیشه‌ای) برای جداسازی دی‌اکسیدکربن و نیتروژن از متان به منظور خالص‌سازی گاز طبیعی می‌باشد. بدین منظور با استفاده از معادلات بنیادین انتقال جرم و مونتوم و مکانیزم‌های انتقال جرم در غشاهای غیرمتخلخل نظیر مکانیزم جذب-نفوذ (Solution-Diffusion) یک مدل ریاضی برای فرایند غشایی جداسازی گاز ارائه می‌شود. میزان تراوی گازهای نیتروژن، دی‌اکسیدکربن و متان و گزینش‌پذیری با استفاده از مدل ارائه شده پیش‌بینی می‌شود و نتایج مدل با داده‌های آزمایشگاهی موجود مقایسه می‌شود. در ادامه به منظور طراحی و شبیه‌سازی فرایند غشایی جداسازی گاز با استفاده از قابلیت نرم‌افزار شبیه‌ساز، فرایند غشایی جداسازی گاز با غشاهای مختلف نظیر غشاهای گزینش‌پذیر نیتروژن، غشاهای گزینش‌پذیر دی‌اکسیدکربن و غشاهای گزینش‌پذیر متان شبیه‌سازی می‌شود. سپس بمنظور بهینه‌سازی فرایند غشایی جداسازی گاز با هدف حداقل کردن هزینه و حداکثر کردن خلوص و بازیابی از الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود. در این پروژه، چیدمان‌های مختلفی برای فرایند غشایی چند مرحله‌ای با هدف رسیدن به خلوص و بازیابی متان مشخص و حداقل کردن هزینه، ارائه و بررسی می‌شود. همچنین تاثیر پارامترهای عملیاتی نظیر فشار خوراک، غلظت دی‌اکسیدکربن و

نیترژن در خوراک و دمای خوراک بر عملکرد فرایند بررسی می‌شود. در این روش طراحی‌های موجود برای جداسازی‌های مدنظر، شبیه‌سازی خواهند شد و بهترین عملکرد هر کدام بعد از بهینه‌سازی توابع هدف بررسی خواهد شد. این طراحی‌ها می‌توانند شامل نحوه چیدمان مراحل مختلف فرایند غشایی یا ترکیب غشاهای مختلف باشد.

*توضیحات: به ضمیمه مراجعه شود

۶- کلمات کلیدی فارسی:

جداسازی گازی، فرایند غشائی چند مرحله‌ای، مدلسازی، بهینه سازی، خالص سازی، گاز طبیعی

کلمات کلیدی انگلیسی:

Gas separation, Multi-stage membrane process, Modeling, Optimization, Purification, Natural gas

۷- مدت زمان اجرای پایان نامه به ماه: ۱۶

تاریخ شروع: ۱۴۰۱/۰۵/۰۱

۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴	۸- مراحل اجرای پایان نامه
												۱- مروری بر کارهای انجام شده
												۲- مدلسازی فرایند غشائی و اعتبارسنجی مدل
												۳- شبیه‌سازی (همانگ کردن مدل با شبیه‌سازی)
												۴- بهینه‌سازی فرایند و بررسی چیدمان‌های مختلف فرایند چند مرحله‌ای
												۵- جمع بندی و تهیه پایان نامه

۹- روش پژوهش و تکنیک‌های اجرایی:

- ابتدا مطالعات کتابخانه‌ای انجام می‌شود و پژوهش‌ها و کاری‌های انجام شده پیشین بررسی می‌شود.
- به کمک قوانین بقای جرم، انرژی، مومنتوم و قوانین ترمودینامیک یک مدل برای پیش بینی کردن رفتار غشاء توسعه داده می‌شود.
- تعریف مدل بدست آمده در مرحله پیشین به نرم‌افزار شبیه‌ساز.
- تعیین توابع هدف و متغیرهای تصمیم‌گیری موثر
- بهینه‌سازی و بدست آوردن بهترین حالت برای واحد غشائی و چیدمان فرایند
- تحلیل نتایج و تغییرات لازم در فرمولاسیون بهینه‌سازی
- جمع‌بندی و نگارش پایان‌نامه و مقاله

۱۰- سابقه علمی و فهرست منابع

Spillman [۱] در سال ۱۹۹۵ اقتصاد فرایند جداسازی گازی غشائی را با در نظر گرفتن خوراک در فاز گاز مورد مطالعه قرار داده و سپس آن را با فرایند های معمول جداسازی مقایسه کرده است. Datta و Sen [۲] در سال ۲۰۰۶ در مطالعه‌ای برای جداسازی غشائی نامتقارن دی‌اکسیدکربن از گاز طبیعی متغیرهای طراحی و تنظیمات فرایند را برای رسیدن به استاندارد خطوط لوله (کمتر از ۲٪ دی‌اکسیدکربن) بهینه‌سازی کردند. Kim و همکاران [۳] در سال ۲۰۱۷، در مطالعه‌ای به بررسی فرایند جداسازی دی‌اکسیدکربن با استفاده از فرایند غشایی پرداختند. برای رسیدن به این هدف، یک مدل بهینه‌سازی با استفاده از تکنیک برنامه‌نویسی غیرخطی (NLP) و بکارگیری نرم‌افزار GAMS، برای طراحی و پیوسته‌سازی جداسازی دی‌اکسیدکربن با استفاده از فرایند غشایی چند مرحله‌ای به وسیله حداکثر کردن سود کل، توسعه داده شد. هورفر و همکاران [۴] در سال ۲۰۱۸ با توسعه ابزاری به نام MEMCAL برای شبیه‌سازی جداسازی غشائی گاز با استفاده از نرم افزار ASPEN HYSYS فرایند جداسازی CO_2/CH_4 را بهینه‌سازی کرده اند. تا کنون مطالعاتی بر روی بهینه‌سازی فرایند غشایی جداسازی گاز انجام شده است. بطور مثال، سامعی و رئیسی [۵] در سال ۲۰۲۲ با تاکید بر مقایسه غشاء های شیشه ای و لاستیکی در فرایند جداسازی گازی چند مرحله ای CO_2/CH_4 را مدلسازی و شبیه سازی کردند.

- 1) Spillman, R. (1995). *Economics of gas separation membrane processes*. In Membrane Science and Technology, Vol. 2, pp. 589-667. [https://doi.org/10.1016/S0927-5193\(06\)80015-X](https://doi.org/10.1016/S0927-5193(06)80015-X)
- 2) Datta, A. K., & Sen, P. K. (2006). Optimization of membrane unit for removing carbon dioxide from natural gas. *Journal of Membrane Science*, 283(1–2), 291–300. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2006.06.043>
- 3) Kim, M., Kim, S., & Kim, J. (2017). Optimization-based approach for design and integration of carbon dioxide separation processes using membrane technology. *Energy Procedia*, 136, 336–341. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.284>
- 4) Hoorfar, M., Alcheikhhamdon, Y., & Chen, B. (2018). A novel tool for the modeling, simulation and costing of membrane based gas separation processes using Aspen HYSYS: Optimization of the CO₂/CH₄ separation process. *Computers and Chemical Engineering*, 117, 11–24. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2018.05.013>
- 5) Samei, M., & Raisi, A. (2022). Multi-stage gas separation process for separation of carbon dioxide from methane: Modeling, simulation, and economic analysis. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 170, 108676. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2021.108676>
- 6) Shoghl, S. N., Raisi, A., & Aroujalian, A. (2017). Modeling of gas solubility and permeability in glassy and rubbery membranes using lattice fluid theory. *Polymer*, 115, 184–196. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2017.03.032>
- 7) Zhao, L., Riensche, E., Blum, L., & Stolten, D. (2010). Multi-stage gas separation membrane processes used in post-combustion capture: Energetic and economic analyses. *Journal of Membrane Science*, 359(1–2), 160–172. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2010.02.003>
- 8) Zhang, X., Singh, B., He, X., Gundersen, T., Deng, L., & Zhang, S. (2014). Post-combustion carbon capture technologies: Energetic analysis and life cycle assessment. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 27, 289–298. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2014.06.016>
- 9) Rajagopalan, A. K., Avila, A. M., & Rajendran, A. (2016). Do adsorbent screening metrics predict process performance? A process optimisation based study for post-combustion capture of CO₂. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 46, 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.12.033>
- 10) Haghpanah, R., Majumder, A., Nilam, R., Rajendran, A., Farooq, S., Karimi, I. A., & Amanullah, M. (2013). Multiobjective optimization of a four-step adsorption process for postcombustion CO₂ capture via finite volume simulation. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 52(11), 4249–4265. <https://doi.org/10.1021/ie302658y>

۱۱- وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

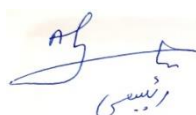
کامپیوتر با سرعت محاسبات بالا

همچنین از آنجایی که این پروژه مدل سازی و شبیه سازی می باشد، به تجهیزات آزمایشگاهی چندانی نیاز ندارد. تنها در صورت لزوم می توان از تجهیزات آزمایشگاه ساخت و مشخصه یابی غشا استفاده نمود.

۱۲- اعتبار اجرای پایان نامه و نحوه تامین آن (ریالی و ارزی)

عنوان هزینه	ریالی	ارزی
هزینه پرسنلی		
وسایل و مواد		
مسافرت (داخل و خارج)		
سایر هزینه ها		
جمع کل	*	*

۱۳- نظریه استاد راهنما:



امضاء

۱۴- نظریه مسئول تحصیلات تکمیلی دانشکده:

امضاء

۱۵- رئیس دانشکده :

امضاء

۱۶- تعهدنامه دانشجو:

اینجانب محمدحسین وفائی عفت پناه متعهد می شوم که در مدت اجرای پروژه بطور تمام وقت انجام وظیفه نموده و بدون اطلاع معاونت پژوهشی دانشگاه از مرخصی تحصیلی استفاده ننمایم و همچنین اطلاع دارم که کلیه نتایج و حقوق حاصله از این پروژه متعلق به دانشگاه بوده و مجاز نیستم بدون موافقت دانشگاه اطلاعاتی را در رابطه با پروژه به دیگری واگذار نمایم.



نام و امضاء دانشجو:

محمدحسین وفائی عفت پناه

۱۷- نظریه شورای تحصیلات تکمیلی دانشگاه :

امضاء

تاریخ: