

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра нафтогазової інженерії та технологій
Спеціальність 185 Нафтогазова інженерія та технології

До захисту

Гарант освітньої програми

Завідувач кафедри

В.о. ректора
Товриєв

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему Удосконалення процесу низькотемпературної абсорбції

Пояснювальна записка

Керівник

к.т.н., доц. Педченко М.М.

посада, наук. ступінь, ПІБ

[Signature]

підпис, дата,

Виконавець роботи

Макаренко Анастасія Володимирівна

студент, ПІБ

група 2 ММН

[Signature] 14.01.25

підпис, дата

Консультант за 1 розділом

к.т.н., доц. Педченко М.М.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом

к.т.н., доц. Каруцька Н.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом

а.в.н. Зор.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту

23.01.25

Полтава, 2024

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут нафти і газу

Кафедра нафтогазової інженерії та технологій

Освітньо-кваліфікаційний рівень: Магістр

Спеціальність 185 Нафтогазова інженерія та технології

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

14 30 2014 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Макаренко Анастасія Володимирівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення процесу низькотемпературної абсорбції

Керівник проекту (роботи) к.т.н., доц. Педченко М.М.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навч. закладу від "09" _08_ 2024 року №_8118-ф.а_2.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15. 01. 2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) 1. Науково-технічна література 2. Звіт про науково-дослідну роботу: „Аналіз пропозицій по реконструкції установки НТА ГС „Солоха“, визначення сировинної бази, проведення промислових технологічних досліджень на установці з метою встановлення ефективного режиму її експлуатації“. Тема 35. 424 / 2001 – 2001. УкрНДІГазу, 2001, - 185 с. 3. Бучинський А. К., Коваленко В. С. Основи технології та техніки абсорбційних процесів. Дніпропетровськ, УДХТУ, 2004, 156 с..

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз джерел інформації.



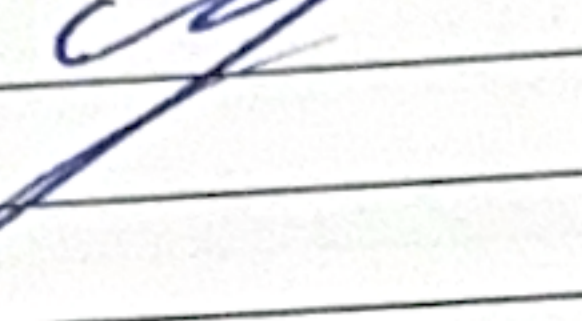
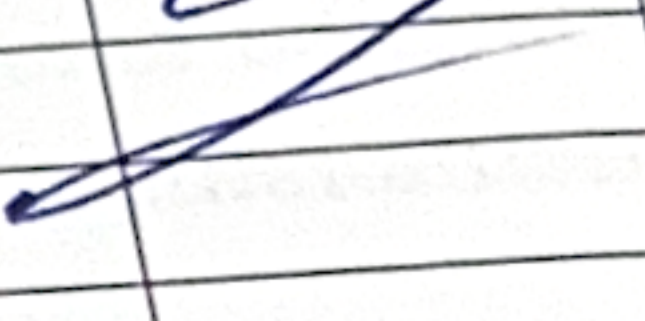
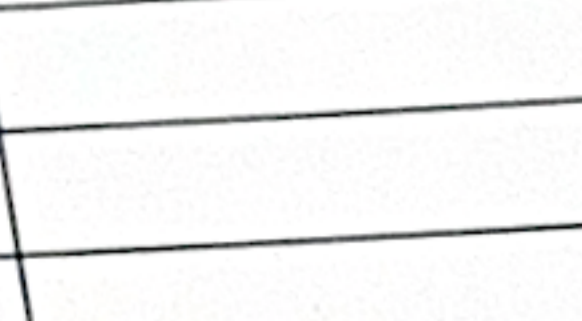
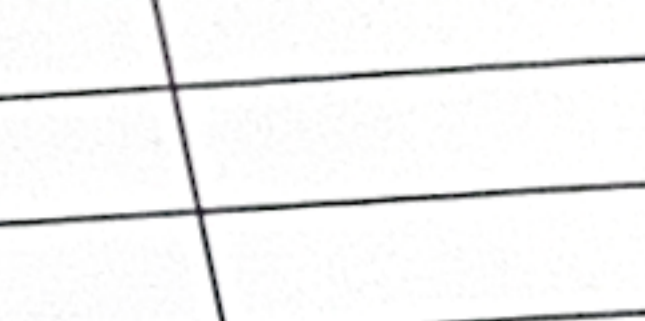
2. Аналіз способів вдосконалення установки низькотемпературної абсорбції

3. Удосконалення установки низькотемпературної абсорбції.

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу

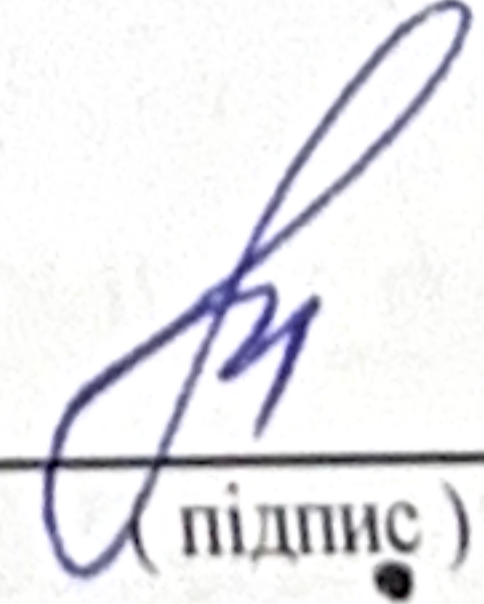
6. Консультанти розділів роботи

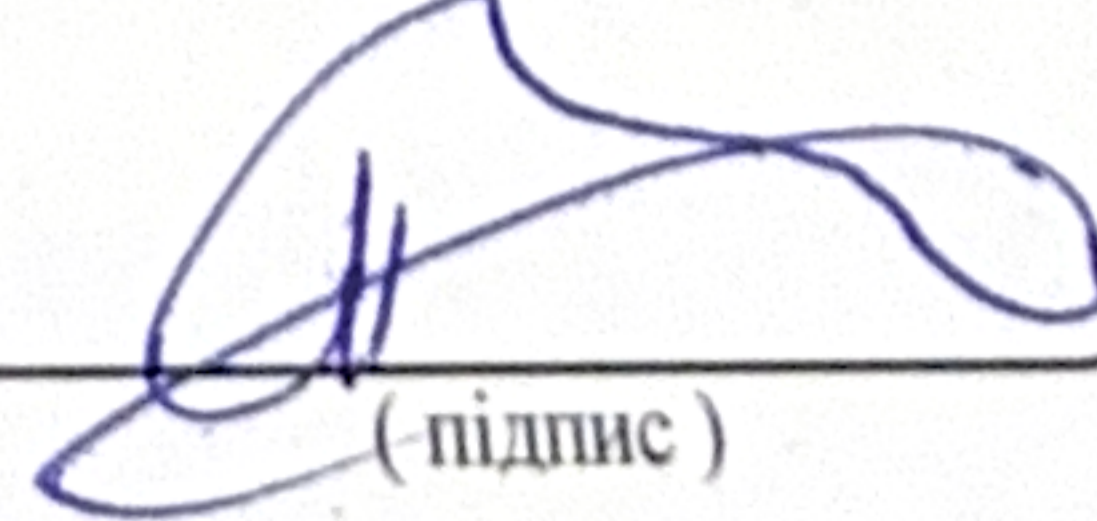
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	к.т.н. Педченко М.М.		
2	к.т.н., доц. Ларчівська І.І.		
3	к.т.н., доц. Макушко М.М.		

7. Дата видачі завдання 14.10.24

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Етапи підготовки	Термін виконання
1	Інформаційно-оглядова частина	24.10.24
2	Експериментальна частина	14.11.24
3	Теоретична частина (Аналітика. Статистика. Моделювання)	05.12.24
4	Впровадження результатів досліджень	01.12.24
5	Оформлення та узгодження роботи	12.12.24
6	Попередні захисти робіт	16.12.24
7	Захист магістерської роботи	

Студент  Макаренко А.В.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  Педченко М.М.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Вступ

Розділ I. Аналіз джерел інф

1.1. Класифікація метод

1.2. Вилучення важки

сепарації

1.3. Варіанти схем

абсорбції

1.4. Технологічні сх

1.5. Принципи роз

1.6. Області засто

1.7. Висновки до

Розділ II. А

низькотемпер

2.1. Основні

2.2. Удоско

2.3. Спо

низькотемпер

2.4. Впли

2.5. Вис

Розділ III.

3.1. Ха

3.2. О

3.3. С

3.4.

абсор

3.

МО

Н

ЗМІСТ

Вступ	4
Розділ I. Аналіз джерел інформації	6
1.1. Класифікація методів відбензинювання газів	7
1.2. Вилучення важких вуглеводнів методом низькотемпературної сепарації	8
1.3. Варіанти схем технологічного процесу низькотемпературної абсорбції	12
1.4. Технологічні схеми установок	27
1.5. Принципи розрахунку абсорберів та десорберів	28
1.6. Області застосування процесів підготовки природного газу	31
1.7. Висновки до розділу I	35
Розділ II. Аналіз способів вдосконалення установки низькотемпературної абсорбції ...	36
2.1. Основні закономірності процесу	36
2.2. Удосконалення вузла абсорбції	45
2.3. Способи вдосконалення вузла десорбції схеми низькотемпературної абсорбції	48
2.4. Вплив факторів, що впливають на ефективність абсорбції	50
2.5. Висновки до розділу II	60
Розділ III. Удосконалення установки низькотемпературної абсорбції	62
3.1. Характеристика об'єкту	62
3.2. Обґрунтування технологічної схеми УНТА	67
3.3. Опис удосконаленої технологічної схеми УНТА	70
3.4. Розрахунок попереднього насичення регенерованого абсорбенту і абсорбції модернізованої установки	74
3.5. Розрахунок ефективності роботи УНТА ГС «Солоха» після модернізації	84
3.6. Моделювання струминного змішувача блоку попереднього насичення регенерованого абсорбенту	94
3.7. Висновки до розділу III	96
Загальні висновки	98
Література	99

ВСТУП

Актуальність роботи. Більшість газових і газоконденсатних родовищ України на даний момент знаходиться на стадії зниження пластового тиску. У зв'язку з цим виникає необхідність вжиття заходів щодо забезпечення заходів по підтриманню ефективної роботи промислових систем його збору і підготовки. Введення дотисних потужностей для компенсації зниження пластової енергії призводить до підвищення собівартості газу, а поступова зміна складу видобутого флюїду вимагає постійної зміни технологічних параметрів експлуатації установок його збору, підготовки і переробки.

Однак, незважаючи на те, що в складі природного і супутнього нафтового газу переважає метан (до 97%) його гомологи (етан і вищі) є цінною (і суттєво дорожчою) сировиною для нафтохімічної промисловості, виробництва рідкого палива або безпосереднього використання як паливо двигунів внутрішнього згорання чи комунального господарства. Отже, організація максимально глибокого вилучення гомологів метану на об'єктах підготовки і переробки природного і супутнього нафтового газів є незмінно актуальною, а відповідні виробництва – високорентабельними. Це актуально для всіх країн, у тому числі і для України.

У той же час, згідно діючих вимог точка роси підготовленого до подачі в магістральні трубопроводи природного газу складає 0°C протягом всього року. Крім того не існує вимог і обмежень щодо компонентного складу вуглеводнів у товарного природного газу, який направляється трубопровідною системою споживачам. Обмеженням є тільки нижня межа його калорійності.

У зв'язку з цим на сьогодні актуальною проблемою є адаптація технологічних процесів і обладнання збору, підготовки видобутих вуглеводневих газів загалом до умов зниження пластових тисків.

Типовою у цьому плані є проблема підтримання ефективної роботи установок низькотемпературної абсорбції вуглеводневих компонентів природного газу.

Метою роботи є аналіз сучасних технологічних рішень інтенсифікації абсорбційних процесів за умови обмеженості енергетичних ресурсів та розроблення принципової схеми реконструкції установки низькотемпературної абсорбції та її елементів на прикладі УНТА ГС «Солоха» ГПУ «Полтавагазвидобування»

Об'єкт дослідження. Технологія абсорбційного виділення компонентів природного газу.

Предмет дослідження. Процеси абсорбції і десорбції гомологів метану вуглеводневим абсорбентом.

Основні завдання досліджень:

- провести аналіз сучасних технологічних і технічних рішень стосовно підвищення ефективності масообмінних процесів низькотемпературної абсорбції вуглеводневих компонентів природного газу в період зниження тиску сировинного газу;

- обґрунтувати вибір технологічного рішення щодо підвищення ефективності роботи установки низькотемпературної абсорбції компонентів природного газу;

- розробити принципову технологічну схему реконструкції установки низькотемпературної абсорбції ГС «Солоха» ГПУ «Полтавагазвидобування»;

- розробити конструкцію одного із елементів обладнання, передбаченого запропонованою реконструкцією і провести його комп'ютерне моделювання;

- зробити порівняльний розрахунок процесу абсорбції за існуючою схемою і запропонованою;

- обґрунтувати ефективність запропонованої реконструкції.

Наукова новизна.

Запропоновано удосконалення технологічного процесу низькотемпературної абсорбції природного газу шляхом організації попереднього насичення регенованого абсорбенту інертними компонентами зі складу низьконапірних газів вивітрювання.

Практична цінність.

1. Запропоновано і обґрунтовано спосіб підвищення ефективності роботи УНТА ГС «Солоха» ГПУ «Полтавагазвидобування» який передбачає

доповнення технологічної схеми процесу блоком попереднього насичення регенерованого абсорбенту метаном.

2. Розроблено і обґрунтовано принципову технологічну схему реконструкції УНТА ГС «Солоха».

3. Розроблено конструкцію і здійснено комп'ютерне моделювання вузла попереднього насичення регенерованого абсорбенту.

Структура і обсяг роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 98 сторінок, із них основного тексту 94 сторінки, 19 рисунків за текстом, 21 таблиця за текстом, список використаних джерел із 57 найменувань на 4 сторінках.

ЛІТЕРАТУРА

1. Топільський Н.М. Переробка нафтових і природних газів. – Львів: Львівська політехніка, 2001, 212 с.
2. Фик М. І., Хріпко О. І., Раєвський Я. О., Варавіна О. П. Розробка та експлуатація нафтових та нафтогазових родовищ: посібник для студ. ВНЗ / під ред. д-ра. техн. наук, проф. І. М. Фика. – Харків, 2019. – 149 с.
3. Caballero, J. A. & Grossmann, I. E. (2004) Design of distillation sequences: and Chemical Engineering, 28, 2307-2329.
4. Floudas, C. A. & Gounaris, C. E. (2009) A review of recent advances in global optimization. Journal of Global Optimization, 45, 3-38.
5. Li, X. & Kraslawski, A. (2004) Conceptual process synthesis: Past and current trends. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 43, 589-600.
6. Eyert, V. (1996) A Comparative Study on Methods for Convergence Acceleration of Iterative Vector Sequences. Journal of Computational Physics, 124, 271-285.
7. Julka, V. & Doherty, M. F. (1990) Geometric behaviour and minimum flows for non-ideal multicomponent distillation. Chemical Engineering Science, 45, 1801-1822.
8. Konukman, A. E. S. & Akman, U. (2005) Flexibility and operability analysis of a HEN-integrated natural gas expander plant. Chemical Engineering Science, 60, 7057-7074.
9. Floudas, C. A., Aggarwal, A. & Ciric, A. R. (1989) Global optimum search for nonconvex NLP and MINLP problems. Computers & Chemical Engineering, 13, 1117-1132.
10. Бучинський А. К., Коваленко В. С. Основи технології та техніки абсорбційних процесів. Дніпропетровськ, УДХТУ, 2004, 156 с.
11. Duran, M. & Grossmann, I. (1986) An outer-approximation algorithm for a class of mixed-integer nonlinear programs. Mathematical Programming, 36, 307-339.
12. Elliot, D. G., Chen, J. J., Brown, T. S., Sloan, E. D. & Kidnay, A. J. (1996) The economic impact of fluid properties research on expander plants. Fluid Phase Equilibria, 116, 27-38.
13. Farkas, T., Avramenko, Y., Kraslawski, A., Lelkes, Z., Nyström, L. & Andrzej Kraslawski and Ilkka, T. (2003) Selection of MINLP model of distillation column synthesis by case-based reasoning. Computer Aided Chemical

- Engineering. Elsevier.
14. Bandoni, J. A., Eliceche, A. M., Mabe, G. D. B. & Brignole, E. A. (1989) Synthesis and optimization of ethane recovery process. *Computers & Chemical Engineering*, 13, 587-594.
 15. Попадюк, Р. М. Збір і підготовка нафтопромислової продукції : навч. посіб. / Р. М. Попадюк, Я. В. Соломчак. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ Факел, 2009. - 184 с.
 16. Farry, M. (1998) Ethane from associated gas still the most economical. *Oil and Gas Journal*, 96, 115-117.
 17. Fletcher, R. & Leyffer, S. (1994) Solving mixed integer nonlinear programs by outer approximation. *Mathematical Programming*, 66, 327-349.
 18. Balat, M. (2009) Global trends on production and utilization of natural gas. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, 4, 333-346.
 19. Grossmann, I. E. & Biegler, L. T. (2004) Part II. Future perspective on optimization. *Computers & Chemical Engineering*, 28, 1193-1218.
 20. Бучинський А.К., Коваленко В.С. Основи технології та техніки абсорбційних процесів. Дніпропетровськ, УДХТУ, 2004, 156 с.
 21. Barnicki, S. D. & Fair, J. R. (1990) Separation system synthesis: a knowledgebased approach. 1. Liquid mixture separations. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 29, 421-432.
 22. Fasullo, P. (2008) US Ethane Outlook: Ethane: It's Available and For Sale. 15th Annual Petrochemical Feedstock Association of the Americas (PFAA). Austin, Texas.
 23. Звіт про науково-дослідну роботу: «Аналіз пропозицій по реконструкції установки НТА ГС «Солоха», визначення сировинної бази, проведення промислових технологічних досліджень на установці з метою встановлення ефективного режиму її експлуатації» Тема 35. 424 / 2001 – 2001. УкрНДІГазу, 2001, - 185 с.
 24. Bausa, J., Watzdorf, R. v. & Marquardt, W. (1998) Shortcut methods for nonideal multicomponent distillation: 1. Simple columns. *AIChE Journal*, 44, 2181-2198.
 25. Biegler, L. T. & Grossmann, I. E. (2004) Retrospective on optimization. *Computers & Chemical Engineering*, 28, 1169-1192.
 26. Floquet, P., Pibouleau, L. & Domenech, S. (1994) Separation sequence synthesis: How to use simulated annealing procedure? *Computers and Chemical Engineering*, 18, 1141-1148.
 27. Glasser, D., Crowe, C. & Hildebrandt, D. (1987) A geometric approach to

- Distillation Columns: Integration of Disjunctive Programming and Process Simulators. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 44, 6760-6775.
40. Yiqing, L., Xigang, Y. & Fenglian, D. (2009) Synthesis and heat integration of thermally coupled complex distillation system. *International Journal of Energy Research*, 34, 626-634.
 41. Zhong, W. A. & Gang, X. Y. (2009) A simulated annealing-based approach to the optimal synthesis of heat-integrated distillation sequences. *Computers and Chemical Engineering*, 33, 199-212.
 42. Andrecovich, M. J. & Westerberg, A. W. (1985) MILP Formulation for heat integrated distillation sequence synthesis. *AIChE Journal*, 31, 1461-1474.
 43. Athier, G., Floquet, P., Pibouleau, L. & Domenech, S. (1997) Synthesis of Heat Exchanger Network by Simulated Annealing and NLP Procedures. *AIChE Journal*, 43, 3007-3020.
 44. Hewitt, G. F. & Pugh, S. J. (2007) Approximate design and costing methods for heat exchangers. *Heat Transfer Engineering*, 28, 76 - 86.
 45. Lu, M. D. & Motard, R. L. (1985) Computer-aided total flowsheet synthesis. *Computers and Chemical Engineering*, 9, 431-445.
 46. Castillo, F. J. L., Thong, D. Y. C. & Towler, G. P. (1998) Homogeneous azeotropic distillation. 1. Design procedure for single-feed columns at nontotal reflux. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 37, 987-997.
 47. Ishii, Y. & Otto, F.D. (2011) An alternate computational architecture for advanced process engineering. *Computers and Chemical Engineering*, 35, 575-594.
 48. Jaksland, C. & Gani, R. (1996) An integrated approach to process/product design and synthesis based on properties-process relationship. *Computers and Chemical Engineering*, 20, S151-S156.
 49. Jaworski, Z. & Zakrzewska, B. (2011) Towards multiscale modelling in product engineering. *Computers and Chemical Engineering*, 35, 434-445.
 50. Chebbi, R., Al-Amoodi, N. S., Abdel Jabbar, N. M., Hussein, G. A. & Al Mazroui, K. A. (2010) Optimum ethane recovery in conventional turboexpander process. *Chemical Engineering Research and Design*, 88, 779-787.
 51. Kisala, T. P., Trevino-Lozano, R. A., Boston, J. F., Britt, H. I. & Evans, L. B. (1987) Sequential modular and simultaneous modular strategies for process flowsheet optimization. *Computers & Chemical Engineering*, 11, 567-579.
 52. Caballero, J. A. & Grossmann, I. E. (2006) Structural considerations and modeling in the synthesis of heat-integrated-thermally coupled distillation

- sequences. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 45, 8454-8474.
53. Thong, D. Y. C. & Jobson, M. (2001) Multicomponent homogeneous azeotropic distillation 2. Column design. *Chemical Engineering Science*, 56, 4393-4416.
54. Ulrich, G. D. & Vasudevan, P. T. (2006) How to estimate utility costs. *Chemical Engineering*, 113, 66-69.
55. Wang, J. & Smith, R. (2005) Synthesis and optimization of low-temperature gas separation processes. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 44, 2856-2870.
56. Jibril, K. L., Al-Humaizi, A. I., Idriss, A. A. & Ibrahi, A. A. (2005) Simulation of turbo-expander processes for recovering of natural gas liquids from natural gas. *Saudi Aramco Journal of Technology*, 9-14.
57. Carlson, E. C. (1996) Don't gamble with physical properties for simulations. *Chemical Engineering Progress*, 92, 35-46.
58. Diaz, S., Serrani, A., Bandoni, A. & Brignole, E. A. (1996) A study on the capital and operating alternatives in an ethane extraction plant. *Computers & Chemical Engineering*, 20, S1499-S1504.
59. Chen, H.-S. & Stadtherr, M. A. (1985) Simultaneous-modular approach to process flowsheeting and optimization. Part i: theory and implementation. *AIChE Journal*, 31, 1843-1856.
60. Levy, S. G. & Doherty, M. F. (1986) Design and synthesis of homogeneous azeotropic distillations. 4. Minimum reflux calculations for multiple-feed columns. *Industrial and Engineering Chemistry Fundamentals*, 25, 269-279.
61. Choong, K. L. & Smith, R. (2004) Optimization of batch cooling crystallization. *Chemical Engineering Science*, 59, 313-327
62. Barnicki, S. D. & Fair, J. R. (1992) Separation system synthesis: a knowledgebased approach. 2. Gas/vapor mixtures. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 31, 1679-1694.
63. Koehler, J., Poellmann, P. & Blass, E. (1995) A review on minimum energy calculations for ideal and nonideal distillations. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 34, 1003-1020.
64. Leboreiro, J. & Acevedo, J. (2004) Processes synthesis and design of distillation sequences using modular simulators: a genetic algorithm framework. *Computers & Chemical Engineering*, 28, 1223-1236.
65. Mokhatab, S., Poe, W. A., Speight, J. G., Saeid, M., William, A. P. & James, G. S. (2006) Natural gas liquids recovery. *Handbook of Natural Gas Transmission and Processing*. Burlington, Gulf Professional Publishing.

66. Siirola, J. J. (1996) Strategic process synthesis: Advances in the hierarchical approach. *Computers and Chemical Engineering*, 20, S1637-S1643.
67. Montolio-Rodriguez, D. & Linke, P. (2011) Conceptual screening of reactive extraction processing options. *Chemical Product and Process Modeling*, 5. Ohara, S., Yamaguchi, S., Yamamori, Y. & Evelyne, J. (2008) Process and apparatus for separation of hydrocarbons. US Patent, 7,357,003.
68. Chebbi, R., Al Mazroui, K. A. & Abdel Jabbar, N. M. (2008) Study compares C2-recovery for conventional turboexpander. *Oil & Gas Journal*, 106, 50-54.
69. Doherty, M. F. & Malone, M. F. (2001) *Conceptual Design of Distillation Systems*, McGraw Hill.
70. Paules, G. E. & Floudas, C. A. (1992) Stochastic programming in process synthesis: A two-stage model with MINLP recourse for multiperiod heatintegrated distillation sequences. *Computers and Chemical Engineering*, 16, 189-210.
71. Barttfeld, M. & Aguirre, P. (2002) Optimal synthesis of multicomponent zeotropic distillation processes. 1. Preprocessing phase and rigorous optimization for a single unit. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 41, 5298-5307.
72. Shah, P. B. & Kokossis, A.C. (2002) New synthesis framework for the optimization of complex distillation systems. *AIChE Journal*, 48, 527-550.
73. Douglas, J. M. (1985) Hierarchical decision procedure for process synthesis. *AIChE Journal*, 31, 353-362.
74. Fissore, D. & Sokeipirim, D. (2011) Simulation and energy consumption analysis of a propane plus recovery plant from natural gas. *Fuel Processing Technology*, 92, 656-662.
75. Barnicki, S.D. & Siirola, J. J. (2004) Process synthesis prospective. *Computers and Chemical Engineering*, 28, 441-446.