

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



عنوان:

شبیه‌سازی برج تقطیر اتمسفریک نفت خام و بررسی استراتژی کنترل

دانشجو:

مهبد مهدور

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی شیمی

خرداد ماه 1386



عنوان:

شبیه‌سازی برج تقطیر اتمسفریک نفت خام و بررسی استراتژی کنترل

دانشجو:

مهبد مهدور

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی شیمی

استاد راهنما:

دکتر منصور شیروانی

خرداد ماه 1386

تقدیم به:

پدر و مادر بزرگوارم

تقدیر و تشکر:

از جناب آقای دکتر شیروانی که راهنمایی‌های ارزنده ایشان همواره
راهگشایی در حل مشکلات بوده، و همینطور کلیه عزیزانی که مرا در تهیه این
پایان‌نامه یاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

چکیده:

تقطیر اتمسفریک نخستین عمل مهمی است که در پالایشگاه بر روی نفت خام انجام می‌شود. طی این عمل، نفت خام به فرآورده‌های مختلف نفتی تفکیک می‌شود. تحقیق حاضر مشتمل بر سه بخش می‌باشد. بخش اول در مورد شبه اجزاء و نحوه تعیین خواص برشهای نفتی است. بخش دوم شبیه سازی برج تقطیر اتمسفریک است که خود شامل سه فصل می‌باشد. در ابتدا روابط ترمودینامیکی مورد استفاده در شبیه‌سازی معرفی شده و در ادامه مروری بر تاریخچه مدل‌های ارائه شده برای برج تقطیر و انواع روش‌های حل ریاضی برج تقطیر انجام شده و در نهایت نرم‌افزار برج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. بخش سوم در رابطه با کنترل برج می‌باشد، در این فصل با استفاده از متد آرایه بهره نسبی، استراتژی کنترل برای برج تقطیر مشخص شده است. در پایان مقایسه‌ای بر روی نتایج بدست آمده از نرم‌افزار و Hysys، انجام گرفته و نتایج و پیشنهادات ارائه شده است.

کلمات کلیدی: تقطیر اتمسفریک، نفت خام، شبه اجزاء، خواص برشها، مدل‌های برج تقطیر، آرایه بهره نسبی.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

بخش اول: برشهای نفتی

فصل اول: مقدمه

- 1-1-1- مقدمه 3
- 2-1-2- شرح فرآیند 3
- 1-2-1- ستون تقطیر اتمسفریک 3
- 2-2-1- تجهیزات جانبی 6
- 3-2-1- فرآورده‌های تقطیر 8

فصل دوم: روش‌های تعیین مشخصات فیزیکی برش‌های نفتی

- 1-2-1- مقدمه 12
- 2-2-2- خواص بحرانی 12
- 1-2-2-1- رابطه‌های تعمیم یافته برای تخمین خواص فیزیکی برشهای هیدروکربنی 15
- 1-1-2-2- رابطه‌های Kesler-Lee 15
- 2-1-2-2- روابط Cavett 17
- 3-1-2-2- روابط Riazi-Daubert 17
- 4-1-2-2- روابط TWU 18
- 3-2-3- منحنی تقطیر 19
- 1-3-2- تقطیر کامل یا T.B.P 19
- 2-3-2- تقطیر ASTM 21
- 3-3-2- تبخیر تدریجی ساده 21
- 4-3-2- تبخیر آبی 22
- 5-3-2- مقایسه منحنی‌های مختلف تقطیر 23
- 4-2-4- برنامه کامپیوتری 24
- 1-4-2- شرح برنامه 24
- 2-4-2- الگوریتم برنامه 27
- 3-4-2- قابلیت‌های برنامه 29

بخش دوم: شبیه‌سازی برج تقطیر اتمسفریک

فصل سوم: بررسی روابط ترمودینامیکی برج تقطیر اتمسفریک

- 32..... 1-3 معادلات حالت
- 33..... 1-1-3 معادله حالت Peng-Robinson
- 34..... 2-3 محاسبات آنتالپی
- 35..... 1-2-3 آنتالپی مایع
- 35..... 2-2-3 آنتالپی بخار
- 35..... 1-2-2-3 گرمای ویژه گازها
- 38..... 2-2-2-3 آنتالپی ویژه یک گاز
- 41..... 3-3 محاسبه ثابت تعادل با استفاده از ضرایب فوگاسیته و اکتیویته
- 41..... 1-3-3 ثابت تعادل
- 42..... 1-1-3-3 روابط تجربی
- 42..... 2-1-3-3 استفاده از ضریب فوگاسیته برای هر دو فاز
- 43..... 3-1-3-3 استفاده از ضریب فوگاسیته برای فازبخار و ضریب اکتیویته برای فازمایع
- 43..... 2-3-3 ضریب فوگاسیته
- 44..... 3-3-3 ضریب اکتیویته
- فصل چهارم: تاریخچه مدل‌های موجود برای برج تقطیر و ارائه الگوریتم‌های متداول حل
- 47..... 1-4 مقدمه
- 47..... 2-4 تاریخچه
- 47..... 1-2-4 مدل کلی
- 49..... 2-2-4 مدل Rein Luss
- 51..... 3-2-4 مدل C.G-Morris
- 51..... 1-3-2-4 مدل ساده تعادلی
- 53..... 2-3-2-4 مدل غیرتعادلی
- 55..... 4-2-4 مدل Skogested & Morari
- 57..... 5-2-4 مدل تئوری برای یک مرحله تعادلی و به‌دست آوردن معادلات MESH
- 61..... 3-4 الگوریتم‌های حل ریاضی معادلات برج تقطیر
- 66..... 1-3-4 روش نقطه حباب برای تقطیر
- 70..... 2-3-4 روش مجموع نرخ‌ها

74	3-3-4- روش مجموع نرخ‌ها - همدم
76	4-3-4- روش تصحیح همزمان
77	5-3-4- روش درون و برون
فصل پنجم: شبیه‌سازی پایای برج تقطیر اتمسفریک نفت خام	
80	1-5- مقدمه
80	2-5- محاسبات دمای نقطه جوش و شبنم
80	1-2-5- مقدمه
81	2-2-5- محاسبه دمای نقطه حباب
81	3-2-5- محاسبه دمای نقطه شبنم
82	3-5- تبخیر ناگهانی
82	1-3-5- مقدمه
83	2-3-5- محاسبات تبخیر ناگهانی
85	3-3-5- الگوریتم حل تبخیر ناگهانی
86	4-5- مدلسازی پایای برج تقطیر
86	1-4-5- مقدمه
86	2-4-5- معادلات MESH
87	1-2-4-5- موازنه جرم جزئی
87	2-2-4-5- موازنه انرژی
88	3-2-4-5- موازنه جرم کلی
88	3-4-5- الگوریتم حل انتخاب شده در پروژه حاضر
92	5-5- برنامه کامپیوتری
92	1-5-5- مقدمه
92	2-5-5- قسمت‌های مختلف برنامه
99	3-5-5- انجام دو مثال با استفاده از نرم‌افزار
99	1-3-5-5- مثال اول: برنامه Light-end
100	2-3-5-5- مثال دوم: برنامه برج تقطیر اتمسفریک نفت خام پالایشگاه تهران
100	6-5- قابلیت‌های نرم‌افزار حاضر

بخش سوم: کنترل

فصل ششم: بررسی استراتژی کنترل

103	1-6_ مقدمه
103	2-6_ آرایه بهره نسبی
105	3-6_ تعیین استراتژی کنترل در پروژه حاضر
فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات	
109	1-7_ مقدمه
110	2-7_ خروجیهای برنامه Light end
111	1-2-7_ تحلیل نمودارهای غلظت اجزاء مربوط به مثال 1
112	3-7_ خروجیهای برنامه برج نفت خام
112	1-3-7_ تحلیل نمودارهای غلظت اجزاء مربوط به مثال 2
117	2-3-7_ تحلیل نمودارهای دما، فشار و دبی مایع و بخار
118	4-7_ مقایسه نتایج نرم افزار حاضر با نتایج واقعی و نتایج Hysys
120	5-7_ نتیجه گیری کلی
120	6-7_ پیشنهادات

فهرست ضمائم

صفحه	ضمیمه
	ضمیمه الف: تعیین خواص برشهای نفتی
123	الف-1- فشار بخار برشهای نفتی
123	الف-2- فشار بخار مخلوط هیدروکربنها و برشها
128	الف-3- چگالی
134	الف-4- مشخصات گرمایی
148	الف-5- گرانروی
152	منابع و مآخذ

فهرست اشکال

صفحه

شکل

فصل اول:

شکل (1-1): ستون تقطیر اتمسفریک 4

شکل (2-1): تقطیر خلاء 7

فصل دوم:

شکل (1-2): نقاط بحرانی و شبه بحرانی یک مخلوط 13

شکل (2-2): دمای بحرانی یا شبه بحرانی و فشار شبه بحرانی برشهای نفتی 14

شکل (3-2): فشار بحرانی حقیقی برشهای نفتی که به وسیله P_C/P_{P_C} برحسب T_C/T_{P_C} 15

مشخص شده است 15

شکل (4-2): منحنی T.B.P. یک مخلوط با 4 سازنده 20

شکل (5-2): منحنی T.B.P. یک نفت خام 20

شکل (6-2): قابلیت افزایش منحنی های تقطیر T.B.P. 21

شکل (7-2): منحنی ASTM 22

شکل (8-2): دستگاه تبخیر تدریجی 22

شکل (9-2): منحنی تبخیر آبی یک مخلوط پیچیده 23

شکل (10-2): تبخیر آبی 24

شکل (11-2): منحنی های مختلف تقطیر 24

فصل چهارم:

شکل (1-4): نمای یک مرحله تعادلی 58

شکل (2-4): نمای کلی یک جداکننده چند مرحله ای 59

شکل (3-4): نمای یک مجموعه N مرحله ای موازی و غیرهمسو 61

شکل (4-4): روش Wang-Henke, BP برای تقطیر 67

شکل (5-4): روش Otto-Burningham, SR برای عملیات جذب و دفع 71

شکل (6-4): روش Tsuboka-Katayama, JSP برای استخراج مایع - مایع 75

شکل (7-4): روابط خواص ترمودینامیکی با حلقه های مرتبط 78

فصل پنجم:

شکل (1-5): نمایی از برج تقطیر همراه با جریانهای حول سینی زام 86

شکل (2-5): Flowchart برنامه Column Total 96

- 98..... شکل (3-5): Flowchart برنامه Total
- فصل هفتم:
- 110..... شکل (1-7): نمودار غلظتهای اجزاء مربوط به مثال 1 با استفاده از نرم افزار Hysys
- شکل (7-2-a تا d): نمودارهای غلظتهای «پروپان، ایزوبوتان، نرمال بوتان و پنتان» با استفاده از نرم افزار حاضر
- 110.....
- 113 شکل (7-3-a تا l): نمودارهای غلظتهای اجزاء 1 الی 6 و 25 الی 30 در فاز مایع
- 116 شکل (7-4-a تا j): نمودارهای غلظتهای اجزاء 1 الی 6 و 55 الی 57 و آب در فاز بخار
- شکل (7-5-a تا d): نمودارهای دما، فشار، دبی گاز و مایع در طول برج مربوط به مثال 2 در مقایسه با Hysys
- 117.....
- ضمیمه الف:
- 125 شکل (الف-1). ارتباط مابین فشار بخار رد و فشار بخار حقیقی
- شکل (الف-2). فشار بخار و تصحیح‌های نقطه جوش برای هیدروکربن‌های نرمال
- 126 پارافینی و برشهای نفتی
- 129 شکل (الف-3). تغییرات چگالی هیدروکربن‌ها یا برشهای پارافینی برحسب دما
- 130 شکل (الف-4). ضریب انبساط مایعات برحسب مختصات نقصانی
- 133 شکل (الف-5). ضریب تراکم‌پذیری گازها
- 135 شکل (الف-6). ظرفیت گرمایی هیدروکربن‌ها و برشهای نفتی مایع
- شکل (الف-7). ظرفیت گرمایی هیدروکربن‌های گازی و چندین گاز دیگر در فشار
- 137 اتمسفری
- 138 شکل (الف-8). ظرفیت گرمایی برشهای نفتی گازی در فشار 0 تا 1 اتمسفر
- 139 شکل (الف-9). تصحیح ظرفیت گرمایی مولکولی برحسب فشار
- 140 شکل (الف-10). ضریب تراکم آدیاباتیک γ برای تعدادی از هیدروکربن‌ها
- 142 شکل (الف-11). گرمای نهان تبخیر هیدروکربنهای پارافینی
- 144 شکل (الف-12). نمودار عمومی آنتالپی برشهای نفتی
- 145 شکل (الف-13). آنتالپی برشهای نفتی
- 146 شکل (الف-14). حرارتی گازها در فشار اتمسفری
- 147 شکل (الف-15). اثر فشار بر هدایت حرارتی گازها
- 147 شکل (الف-16). هدایت حرارتی هیدروکربن‌های مایع
- 149 شکل (الف-17) گرانیوی سینماتیک (در $50^{\circ}C$) برشهای نفتی مایع برحسب چگالی و kuop ...

شکل (الف-18). گرانروی مطلق هیدروکربن‌های گازی در فشار 1 اتمسفر 150

شکل (الف-19). گرانروی هیدروکربن‌های گازی تحت فشار 151

فهرست جداول

صفحه	جدول
8	جدول (1-1): بیان کمی و کیفی پس از تقطیر اولیه نفت خام
17	جدول (1-2): مقادیر ثابت رابطه Riazi-Daubert
25	جدول (2-2 الف): اطلاعات TBP خوراک پالایشگاه تهران
26	جدول (2-2 ب): اطلاعات TBP خوراک پالایشگاه تهران
	جدول (1-7): مقایسه Sp.Gr محصولات خروجی برج واقعی در مقایسه با Hysys و نرم افزار حاضر
119	
127	جدول (الف-1): مقادیر اندیس اختلاط فشار بخار رد برای بنزینها

فهرست علامات اختصاری

- F: نقطه اشتعال فرآورده‌های نفتی، °k
- T_{Pc} : دمای شبه بحرانی، °k
- P_{Pc} : فشار شبه بحرانی، KPa
- γ : چگالی نسبی
- T_b : نقطه جوش، °k
- P_c : فشار بحرانی، KPa
- T_c : دمای بحرانی، °k
- MW: جرم مولکولی، kgmole
- K: ضریب مشخصه واتسون
- θ : نقطه جوش کاهش یافته
- w: ضریب بی مرکزی
- API: دانسیته برحسب API
- R: ثابت عمومی گازها، 8/314kj/kmol.k
- V: حجم m^3
- a, b, c: ضرایب معادله PR
- Z_C : ضریب تراکم‌پذیری بحرانی
- V_C : حجم بحرانی
- H_L : آنتالپی ویژه جرمی مایع، kj/kg
- H_{Lref} : آنتالپی مرجع در دمای مرجع، kj/kg
- S: وزن مخصوص استاندارد
- C_{Pgm} : C_p مخلوط گاز در T و P، kj/kg.k
- dC_{pr} : تصحیح نقصانی برای C_p
- M_m : جرم مولکولی مخلوط، kg/kmol
- H_{gm} : آنتالپی ویژه مخلوط در حالت گاز ایده‌آل در T، [kj/kg]
- H_{gpm} : آنتالپی ویژه مخلوط در حالت گاز ایده‌آل در T، [kj/kg]
- T_{Cm} : دمای به بحرانی مخلوط، °k
- dH_r : تصحیح نقصانی آنتالپی

$X_{\omega i}$: درصد وزنی جزء i
 V_r : حجم نقصانی
 t : زمان، S
 L : دبی جرمی جریان مایع، kg/s
 V : دبی جرمی جریان بخار، kg/s
 Q_n : شار حرارتی داده شده به سینی n kJ/s
 F : دبی جرمی جریان خوراک، kg/s
 H_F : آنتالپی خوراک، kJ/kg
 X_F : جزء مولی خوراک
 Y_i : جزء مولی بخار
 δ_n : دانسیته جزء n kg/m^3
 D : دبی محصول بالای برج، kg/s
 ω : دبی محصول پایین برج، kg/s
 Q_R : گرمای Reboiler، kJ/s
 Q_C : گرمای Condenser، kJ/s
 $K_{i,j}$: ثابت تعادل بخار و مایع
 f_i : فوگاسیته جزء i
 d : قطر حباب، mm
 N_p : تعداد حبابها
 π : عدد پی، $3/14$
 α : ضریب فرآریت نسبی بخار و مایع
 ε : مقدار ناچیز
 $\hat{\Phi}_i^L$: ضریب فوگاسیته مایع
 $\hat{\Phi}_i^V$: ضریب فوگاسیته بخار
 γ_i : ضریب اکتیویته جزء i
 $v_k^{(i)}$: تعداد گروههای اتمی نوع k در مولکول i
 Γ_K : ضریب فعالیت باقیمانده گروه k در مخلوط واقعی
 θ_m : تابع سطح گروه m
 R_k : حجم واندروالس گروه k

Q_k : حجم واندروالس گروه k

n_V : درصد فاز بخار

n_L : درصد فاز مایع

m_1 و m_2 : متغیرهای دستکاری شونده

y_1 و y_2 : متغیرهای دستکاری شونده

بخش اول:

برشهای نفتی

فصل اول

مقدمه
