

بهینه سازی و شبیه سازی کوره واحد کاهش گرانیوی پالایشگاه

نویسندگان

محمد نوری

محمد رشید جهانگیری



انتشارات آریان قلم

سرشناسه: نوری، محمد، ۱۳۶۸-

عنوان و نام پدیدآور: بهینه سازی و شبیه سازی کوره واحد کاهش گرانروی بالایشگاه/ محمد نوری
مشخصات نشر: تهران: آریان قلم، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهری: ۱۷۰ ص

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۳۴۶-۹۴-۵

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

موضوع: نفت- بالایشگاه ها-- شبیه سازی کامپیوتری موضوع: کوره ها

رده بندی کنگره: ۱۳۹۳ ب۹۴/ن۶۹۰/TP شناسه افزوده: جهانگیری، محمد رشید، ۱۳۶۳

شماره کتابشناسی ملی: ۶۶۵/۵۳

رده بندی دیویی: ۳۶۶۲۴۵۹



بهینه سازی و شبیه سازی کوره واحد کاهش گرانروی بالایشگاه

ناشر: آریان قلم

مؤلفین: محمد نوری، محمد رشید جهانگیری

ناظر کیفی: نخستین پایگاه مشاوره پژوهشی دانشگاهی (نیسکان)

ناظر فنی: محمد سعید زینلیان

چاپ متن: چاپ برگ

صحافی: برگ

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: ۱۳۹۳

تیراژ: ۱۰۰۰

قیمت: ۱۰۵۰۰۰ ریال

فهرست مطالب

پیشگفتار ۱۳

فصل اول: مقدمه ۱۵

۱-۱- مقدمه ۱۷

۱-۲- تقسیم‌بندی کوره بر مبنای هدف عملیاتی آن ۱۷

۱-۲-۱- کوره‌های تولید حرارتی ۱۸

۱-۲-۲- کوره‌های خشک کن ۱۹

۱-۲-۳- کوره‌های فرآیندی ۲۲

۱-۳- دسته‌بندی کوره‌ها به لحاظ شکل ظاهری ۲۲

۱-۳-۱- کوره‌های اتاقی ۲۳

۱-۳-۲- کوره‌های سیلندری ۲۴

۱-۴- دسته‌بندی کوره‌ها به لحاظ آرایش مشعل‌ها ۲۴

۱-۴-۱- کوره‌های Top Fire ۲۴

۱-۴-۲- کوره‌های Side Fire ۲۵

۱-۴-۳- کوره‌های Bottom Fire ۲۶

۱-۵- کوره کاهش گرانشی ۲۶

فصل دوم: بررسی پیشینه ۲۹

۱-۲- مقدمه ۳۱

۱-۱-۲- فرایندهای شکست حرارتی ۳۱

۱-۲-۲- فرآیند کاهش گرانشی ۳۲

۱-۲-۳- خوراک فرآیند کاهش گرانشی ۳۳

۱-۲-۴- واکنش‌ها ۳۴

۱-۲-۵- پارامترهای عملیاتی ۳۴

۱-۲-۶- محصولات ۳۵

۱-۲-۷- اجزاء فرآیند کاهش گرانشی ۳۵

۱-۲-۸- فرایندهای کاهش گرانشی ۳۵

۳۸	۸-۲- کوره کاهش گرانروی
۳۸	۱-۸-۲- مقدمه
۳۹	۲-۸-۲- کوره‌های فرآیند کاهش گرانروی
۴۰	۳-۸-۲- مقایسه دو روش کوره و سوکر
۴۳	فصل سوم: سینتیک فرآیند کاهش گرانروی
۴۵	۱-۳- مقدمه
۴۵	۲-۳- روش فاکتور حجم خیساننده (SVF)
۴۵	۱-۲-۳- شرح روند طراحی
۴۶	۲-۲-۳- محاسبه فاکتور حجم خیساننده
۴۸	۳-۲-۳- بیان بارده فرآیند کاهش گرانروی با استفاده از S.V.F
۵۰	۴-۲-۳- شبیه‌سازی یک نمونه کوره از روش SVF
۵۳	۳-۳- مدل سینتیکی
۵۳	۱-۳-۳- مقدمه
۵۵	۲-۳-۳- مدل castellanous
۵۷	۳-۳-۳- انتخاب مدل سینتیکی
۵۹	فصل چهارم: شبیه‌سازی کوره فرآیند کاهش گرانروی
۶۱	۱-۴- مقدمه
۶۱	۲-۴- خلاصه روند محاسبات برنامه شبیه‌ساز
۶۱	۱-۲-۴- هدف از شبیه‌سازی فرآیند
۶۲	۲-۲-۴- مراحل شبیه‌سازی
۶۵	۳-۴- تقسیم خوراک به شبه اجزاء براساس تعداد اتم کربن
۶۵	۱-۳-۴- مقدمه
۶۶	۲-۳-۴- مراحل قدم به قدم تبدیل خوراک به شبه اجزاء اشباع
۷۲	۳-۳-۴- محاسبه خواص اجزاء سنگین‌تر از C_{45}
۷۶	۴-۳-۴- مقایسه خواص محاسبه شده مذکور با Hysys
۷۸	۵-۳-۴- محاسبه خواص الفین‌های تولیدی
۸۰	۴-۴- موازنه جرم و انرژی
۸۳	۵-۴- محاسبه گرمای واکنش
۸۳	۶-۴- حل دستگاه معادلات از روش رانجی - کوتا (R-K)
۸۶	۷-۴- محاسبات ترمودینامیکی

۸۶	۱-۷-۴- شکل کلی معادله‌ی حالت Peng-Robinson
۸۸	۲-۷-۴- محاسبه‌ی خواص ترمودینامیکی جسم خالص
۸۸	۱-۲-۷-۴- محاسبه‌ی آنتالپی جسم خالص
۸۹	۲-۲-۷-۴- محاسبه‌ی فوگاسیته جسم خالص
۸۹	۳-۷-۴- قوانین اختلاط در مورد مخلوط‌ها
۹۰	۴-۷-۴- محاسبه‌ی خواص مخلوط‌ها
۹۰	۱-۴-۷-۴- محاسبه‌ی آنتالپی مخلوط‌ها
۹۰	۲-۴-۷-۴- محاسبه‌ی ضریب فوگاسیته‌ی مخلوط‌ها
۹۱	۵-۷-۴- محاسبه‌ی خواص ترموفیزیکی
۹۱	۱-۵-۷-۴- تعیین آنتالپی تبخیر
۹۲	۲-۵-۷-۴- تعیین ظرفیت حرارتی
۹۳	۸-۴- محاسبات تبخیر آنی (flash)
۹۵	۹-۴- محاسبه‌ی ثابت تعادل اجزاء از معادله‌ی حالت
۹۹	۱۰-۴- محاسبات افت فشار
۹۹	۱-۱۰-۴- مقدمه
۹۹	۲-۱۰-۴- محاسبات افت فشار از روی وایلی (بر روی یک المان)
۱۰۱	۱۱-۴- بازده
۱۰۱	۱-۱۱-۴- تعریف برش‌های معروف بر مبنای فاصله‌ی نقطه‌ی جوش
۱۰۱	۲-۱۱-۴- مراحل قدم به قدم تبدیل شبه اجزاء به برش‌های مرسوم و تعیین بازده
۱۰۳	فصل پنجم: نتایج شبیه‌سازی
۱۰۵	۱-۵- مقدمه
۱۰۵	۲-۵- مشخصات کوره
۱۰۵	۱-۲-۵- بخش جابه‌جایی
۱۰۶	۲-۲-۵- بخش تشعشع
۱۰۷	۳-۲-۵- داده‌های ورودی و خروجی کوره کاهش گرانروی پالایشگاه
۱۰۸	۳-۵- فلوچارت برنامه
۱۰۸	۱-۳-۵- کلیات و فرضیات
۱۰۸	۲-۳-۵- فلوچارت قسمت اول
۱۰۹	۳-۳-۵- فلوچارت قسمت دوم
۱۱۳	۴-۳-۵- بررسی اثر تغییر دما بر محصولات تولیدی
۱۲۹	۵-۳-۵- جمع بندی

۱۲۹	۴-۵- شبیه‌سازی واحد با نرم‌افزار Petro-Sim
۱۳۹	۴-۵-۱- مقدمه
۱۳۱	۴-۵-۲- شبیه‌سازی واحد با Petro-Sim
۱۳۹	۴-۵-۳- شرح فرآیند کاهش گرانیوی در پالایشگاه مورد مطالعه
۱۵۴	۴-۵-۴- کالبراسیون
۱۶۵	۵-۵- نتیجه‌گیری
۱۶۵	۵-۶- پیشنهادات
۱۶۷	منابع

www.ketab.ir

فهرست جداول

جدول ۱-۲	خلاصه فرآیند کاهش گرانشی	۳۳
جدول ۱-۳	اطلاعات کوره	۵۱
جدول ۲-۳	درصد وزنی مواد	۵۲
جدول ۳-۳	میزان محصولات خوراک	۵۲
جدول ۱-۴	ضرائب معادله (۱-۴)	۷۰
جدول ۲-۴	داده‌های تقطیر TBP همانند برج خلاء با IBP برابر با ۱۰۸۵ درجه رانکین	۷۰
جدول ۳-۴	برش همانند برج خلاء، که به شبه اجزای فرضی تقسیم شده است	۷۱
جدول ۴-۴	ضرائب معادله (۵-۴) برای محاسبه نقطه جوش نرمال P.N.A ها	۷۵
جدول ۵-۴	نمونه‌ای از خواص محاسبه شده برای برش‌های سنگین تر C_{12}	۷۶
جدول ۶-۴	مقایسه داده‌های محاسبه شده با Hysys	۷۷
جدول ۷-۴	خواص ترموفیزیکی الفین‌های تولیدی از شبه اجزاء اشباع (O2-O8) از کتب مرجع	۷۸
جدول ۸-۴	خواص ترموفیزیکی الفین‌های تولیدی از شبه اجزاء اشباع (O9-O63) از روابط گفته شده	۷۹
جدول ۹-۴	ضرائب افت فشار دو فازی	۱۰۰
جدول ۱-۵	مشخصات لوله‌های بخش جابه‌جایی	۱۰۶
جدول ۲-۵	مشخصات لوله‌های بخش تشعشع	۱۰۷
جدول ۳-۵	داده‌های کوره کاهش گرانشی پالایشگاه	۱۰۷
جدول ۴-۵	نتایج محاسباتی مدل براساس مشخصات خوراک ورودی	۱۰۹
جدول ۵-۵	مقادیر دما و فشار درون لوله‌های کوره	۱۰۹
جدول ۶-۵	نتایج محاسباتی براساس مشخصات خوراک در دمای 440°C	۱۱۳
جدول ۷-۵	مقادیر دما و فشار درون لوله‌های کوره در دمای 440°C	۱۱۳
جدول ۸-۵	نتایج محاسباتی براساس مشخصات خوراک در دمای 450°C	۱۱۷
جدول ۹-۵	مقادیر دما و فشار درون لوله‌های کوره در دمای 450°C	۱۱۷
جدول ۱۰-۵	نتایج محاسباتی براساس مشخصات خوراک در دمای 460°C	۱۲۱
جدول ۱۱-۵	مقادیر دما و فشار درون لوله‌های کوره در دمای 460°C	۱۲۱
جدول ۱۲-۵	نتایج محاسباتی براساس مشخصات خوراک در دمای 470°C	۱۲۵
جدول ۱۳-۵	مقادیر دما و فشار درون لوله‌های کوره در دمای 470°C	۱۲۵
جدول ۱۴-۵	مقادیر محصولات اصلی واحد و مشخصات آن	۱۴۹
جدول ۱۵-۵	مقادیر محصولات اصلی واحد و مشخصات آن	۱۵۰

فهرست نمودارها و شکل‌ها

۱۸	شکل ۱-۱- کوره حرارتی غیرمستقیم
۱۹	شکل ۲-۱- کوره حرارتی مستقیم
۲۱	شکل ۳-۱- کوره خشک کن
۲۳	شکل ۴-۱- کوره اتافی
۲۴	شکل ۵-۱- کوره سیلندری
۲۵	شکل ۶-۱- کوره Top Fire
۲۶	شکل ۷-۱- کوره Side Fire
۳۷	شکل ۱-۲- فرآیند کاهش گرانیروی
۳۸	شکل ۲-۲- فرآیند کاهش گرانیروی در کنار یک تبخیرکننده ناگهانی تحت خلاء
۴۱	شکل ۳-۲- نمودار عمومی روش کوره
۴۱	شکل ۴-۲- نمودار عمومی روش سوکر
۴۶	شکل ۱-۳- پروفایل عمومی دمای کوئل ($^{\circ}\text{F}$) بر حسب K_0/K_1
۴۷	شکل ۲-۳- پروفایل عمومی دما بر حسب حجم کوئل
۴۸	شکل ۳-۳- حجم کوئل بر حسب K_0/K_1
۴۹	شکل ۴-۳- درصد تبدیل محصولات فرآیند کاهش گرانیروی بر حسب S.V.F
۴۹	شکل ۵-۳- درصد محصولات تولیدی از مواد موجود در خوراک با محدوده جوش زیر 1022°F
۵۰	شکل ۶-۳- درصد محصولات تولیدی از مواد موجود در خوراک با محدوده جوش بالای 1022°F
۵۵	شکل ۷-۳- راکتور Batch آزمایشگاهی برای پیرولیز مواد
۶۸	شکل ۱-۴- منحنی تقطیر TBP (بر حسب رانکین) ته ماند برج خلا
۶۹	شکل ۲-۴- فلوجارت تبدیل خوراک به شبه اجزاء
۸۰	شکل ۳-۴- نمونه‌ای از یک المان در طول لوله
۹۸	شکل ۴-۴- نمودار جریانی تعیین ثابت تعادل توسط معادله حالت
۱۱۲	نمودار ۱-۵- تغییرات فشار در لوله‌ها بر حسب تعداد لوله‌ها
۱۱۲	نمودار ۲-۵- تغییرات دما در لوله‌ها بر حسب تعداد لوله‌ها
۱۱۶	نمودار ۳-۵- تغییرات فشار در لوله‌ها بر حسب تعداد لوله‌ها با دمای ورودی 440°C
۱۱۶	نمودار ۴-۵- تغییرات دما در لوله‌ها بر حسب تعداد لوله‌ها با دمای ورودی 440°C
۱۲۰	نمودار ۵-۵- تغییرات فشار در لوله‌ها بر حسب تعداد لوله‌ها با دمای ورودی 450°C
۱۲۰	نمودار ۶-۵- تغییرات دما در لوله‌ها بر حسب تعداد لوله‌ها با دمای ورودی 450°C
۱۲۴	نمودار ۷-۵- تغییرات فشار در لوله‌ها بر حسب تعداد لوله‌ها با دمای ورودی 460°C
۱۲۴	نمودار ۸-۵- تغییرات دما در لوله‌ها بر حسب تعداد لوله‌ها با دمای ورودی 460°C

- نمودار ۵-۹- تغییرات فشار در لوله‌ها برحسب تعداد لوله‌ها با دمای ورودی 470°C ۱۲۸
- نمودار ۵-۱۰- تغییرات دما در لوله‌ها برحسب تعداد لوله‌ها با دمای ورودی 470°C ۱۲۸
- شکل ۵-۱- تعریف یک مدل پایه و انتخاب مدل ترمودینامیکی برای شبیه‌سازی ۱۲۳
- شکل ۵-۲- صفحه Oil Manager ۱۲۵
- شکل ۵-۳- صفحه Oil Characterization برای تعریف برش‌های نفتی ۱۳۵
- شکل ۵-۴- تعیین مشخصات عمومی خوراک پیش فرض توسط نرم‌افزار ۱۳۶
- شکل ۵-۵- بهینه‌سازی مشخصات خوراک ۱۳۶
- شکل ۵-۶- وارد شدن به محیط شبیه‌سازی ۱۳۷
- شکل ۵-۷- ایجاد جریان جرمی به عنوان خوراک ۱۳۸
- شکل ۵-۸- PFD واحد کاهش گرانیروی پالایشگاه ۱۳۸
- شکل ۵-۹- وارد کردن مشخصات جریان خوراک و ترکیب درصد پیش فرض توسط نرم‌افزار ۱۴۰
- شکل ۵-۱۰- انتخاب مشخصات واحد کاهش گرانیروی در نرم‌افزار ۱۴۱
- شکل ۵-۱۱- وارد کردن اطلاعات لوله‌های کوره کاهش گرانیروی ۱۴۳
- شکل ۵-۱۲- وارد کردن متغیرهای عملیاتی و ظاهر شدن پیام خطا ۱۴۵
- شکل ۵-۱۳- قرار دادن شیر فشار شکن در مسیر راه خوراک ورودی به کوره ۱۴۶
- شکل ۵-۱۴- بروز خطا در محاسبات به دلیل وارد کردن فشار جریان بخار ورودی به کوره ۱۴۶
- شکل ۵-۱۵- پیام خطا در نرم‌افزار برای جریان بخار ورودی به کوره ۱۴۷
- شکل ۵-۱۶- نتایج محاسبات نرم‌افزار ۱۴۹
- شکل ۵-۱۷- انتقال مشخصات محصولات خروجی از کوره به جریان جدید ۱۵۲
- شکل ۵-۱۸- نتایج محاسبات نرم‌افزار برای جریان جرمی جدید ۱۵۳
- شکل ۵-۱۹- تعریف هر یک از محصولات به عنوان یک برش ۱۵۴
- شکل ۵-۲۰- ایجاد جریان کالیراسیون در محیط شبیه‌سازی ۱۵۵
- شکل ۵-۲۱- انجام محاسبات کالیراسیون توسط نرم‌افزار ۱۵۶
- شکل ۵-۲۲- نتایج محاسبات مربوط به جریان کالیراسیون ۱۵۷
- شکل ۵-۲۳- برخی نتایج محاسبات مربوط به کالیراسیون ۱۵۸
- شکل ۵-۲۴- وارد کردن ضریب K برای لوله سوم به بعد ۱۵۸
- شکل ۵-۲۵- مشاهده نتایج حاصل از تغییر ضریب K ۱۵۹
- شکل ۵-۲۶- مشاهده مشخصات مربوط به جریان خوراک و اضافه کردن خاصیت Wax Content ۱۶۱
- شکل ۵-۲۷- تغییر روش نرم‌افزار برای محاسبه بالاترین درصد تبدیل ۱۶۲
- شکل ۵-۲۸- مشاهده نتایج نهایی ۱۶۳
- شکل ۵-۲۹- مدل نهایی واحد در محیط شبیه‌سازی ۱۶۴

پیشگفتار

کوره کاهش گرانشی، کوره‌ای است که با هدف کاهش ویسکوزیته‌ی باقیمانده‌های برج خلاء و اتمسفری، جهت اختلاط محصول تولید شده با نفت سوخت، در برخی از پالایشگاه‌های ایران همانند تهران، اراک و آبادان نصب و در حال فعالیت می‌باشد. در این کوره، گرمای گازهای حاصل از احتراق سوخت در مشعل، در بخش جابه‌جایی خوراک را گرم کرده و به دمای واکنش می‌رساند و در بخش تشعشع صرف واکنش تجزیه حرارتی (Thermal Decomposition) زنجیره‌های بلند پارافینی که دارای ویسکوزیته‌ی بالا می‌باشند، شده و آن را به محصولات سبک‌تر تبدیل می‌کند.

در این واحد شدت کراکینگ زیاد نیست، زیرا شدت زیاد باعث ایجاد ترکیبات ناپایدار در فرآورده می‌شود. در واقع هدف این عملیات کاهش گرانشی سوخت است بی‌آنکه تغییر محسوسی در ثبات سوخت ایجاد شود. همین امر سبب شده در مورد بیشتر خوراک‌ها شدت شکست حرارتی را پایین بیاورند که در نتیجه تولید بنزین و مواد سبک‌تر به کمتر از ۱۰٪ کاهش می‌یابد.

با توجه به علاقه‌ی روزافزون مهندسين شیمی به شبیه‌سازی فرآیندهای شیمیایی، این پروژه خوراک و ساختمان کوره مذکور را مورد بررسی قرار داده و کوره را شبیه‌سازی کرده است. در این شبیه‌سازی پروفایل دما، فشار، محصولات، مواد اولیه و دیگر پارامترهای عملیاتی موثر در طول لوله به دست آمده است. این نتایج با انتخاب یک مدل سینتیکی بهینه که توسط Castellanos و همکارانش و براساس تقسیم خوراک به مجموعه‌ای از شبه اجزا با تعداد اتم کربن معین ارائه شده است و حل عددی موازنه‌ی جرم و انرژی از روش‌های عددی مرسوم (R-K) در المان‌هایی با طول معین در لوله‌های بخش جابه‌جایی و تشعشع کوره به عنوان یک راکتور ایده‌آل، حاصل شده است.

داده‌های این شبیه‌سازی با داده‌های تجربی کوره واحد کاهش گرانشی پالایشگاه مقایسه و نتایج حاصله سازگاری قابل قبولی دارد.