



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران جنوب
دانشکده تحصیلات تكمیلی

پایانمه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد "M.Sc"
مهندسی شیمی - فرآیند

عنوان :

شبیه سازی نرخ اتلاف انرژی در سیستم اختلاط مایع - مایع امتزاج ناپذیر

استاد راهنما :

استاد مشاور :

نگارش:

فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۱	چکیده
۲-۴	مقدمه
۵-۸	فصل اول : کلیات
۶	(۱-۱) هدف
۶-۷	(۲-۱) پیشینه تحقیق
۷-۸	(۳-۱) روش کار و تحقیق
۹-۲۱	فصل دوم: اختلاط
۱۰	(۱-۲) اختلاط
۱۰-۱۱	(۱-۱-۲) کیفیت اختلاط
۱۱	(۲-۱-۲) اختلاط آشفته
۱۱-۱۲	(۲-۲) تانکهای بهمن مکانیکی
۱۲	(۱-۲-۲) هندسه
۱۳-۱۴	(۱-۱-۲-۲) انواع پروانه
۱۴	(۱-۱-۱-۲-۲) پروانه های جریان محوری
۱۵-۱۶	(۲-۱-۱-۲-۲) پروانه های جریان شعاعی
۱۶	(۲-۱-۲-۲) بافلهای دیواری
۱۷-۲۰	(۳-۲) الگوهای جریان در تانکهای بهمن زن
۲۰	(۴-۲) دینامیکهای جریان محاسباتی
۲۱	(۵-۲) کدهای محاسباتی
۲۲-۴۵	فصل سوم: مروری بر کارهای گذشته
۲۳-۲۴	(۱-۳) کاربرد CFD در شبیه سازی جریان در مخازن همزن دار
۲۴	(۱-۱-۳) روشهای CFD مورد استفاده برای شبیه سازی ظروف همزن دار
۲۴-۲۷	(۱-۱-۱-۳) سیستمهای مختصات ثابت
۲۷-۳۴	(۲-۱-۱-۳) سیستمهای مختصات چرخان

فهرست مطالب

عنوان مطالب

شماره صفحه

۳۴-۳۵	(۳-۱-۱-۳) مقایسه روش‌های مختلف
۳۶	(۲-۳) بررسی اثر پارامترهای مختلف بر روی میدان جریان در مخازن همزن دار
۳۶-۳۸	(۱-۲-۳) مخازن همزن دار بدون بافل
۳۸-۴۰	(۲-۲-۳) مخازن همزن دار بافل دار
۴۰-۴۴	(۳-۲-۳) مدل‌های کوپه ای
۴۵-۵۶	فصل چهارم: فرمول بندی مساله و رسیدن حل نهایی
۴۶	۱-۴) معادله های مدل
۴۶-۴۷	۱-۱-۴) معادله های بقاء
۴۷	۱-۱-۱-۴) پیوستگی
۴۷	۲-۱-۱-۴) مومنتوم
۴۸-۴۹	۲-۴) توربولنس
۴۹-۵۰	۱-۲-۴) مدل استاندارد $k-\varepsilon$
۵۰	۲-۲-۴) مدل $k-\varepsilon$
۵۰-۵۱	۴-۲-۴) مدل RSM
۵۱	۵-۲-۴) مدل شبیه سازی ادیهای بزرگ
۵۲	۳-۴) شرایط مرزی و فرضیات در این پروژه
۵۲	۴-۴) مدل‌های کوپه ای
۵۲-۵۴	۱-۴-۴) فرمول بندی مدل دو کوپه ای
۵۴-۵۵	۲-۴-۴) تعیین پارامترهای دو کوپه ای
۵۵	۳-۴-۴) روش کلی برای تعیین پارامترهای دو کوپه ای
۵۵-۵۶	۱-۳-۴-۴) توزیع دانسیته حجمی نرخ اتلاف انرژی
۵۶	۲-۳-۴-۴) اتلاف انرژی تراکمی
۵۶	۳-۴-۴) تعیین نرخ اتلاف انرژی جدا کننده
۵۷-۶۸	فصل پنجم: طراحی عددی

فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۵۸-۶۰	(۱-۵) شبکه بندی سیستم
۶۰	(۱-۱-۵) فواید استفاده از عناصر چهار وجهی
۶۰	(۲-۱-۵) مضرات استفاده از عناصر چهار وجهی
۶۰	(۳-۱-۵) مزایای استفاده از سلولهای شش وجهی
۶۰-۶۱	(۲-۵) خلاصه ای از روش‌های عددی
۶۱-۶۳	(۱-۲-۵) روش حل تفکیکی
۶۳-۶۴	(۲-۲-۵) روش حل پیوسته
۶۵-۶۶	(۳-۵) مجزا سازی
۶۷-۶۸	(۴-۵) مراحل حل مساله
۶۹-۸۱	فصل ششم : صحت مدل
۷۰	(۱-۶) مدل آلكسوپولوس
۷۱	(۲-۶) هندسه مدل استفاده شده در این پروژه
۷۲-۷۳	(۳-۶) تولید شبکه
۷۳	(۴-۶) معادله های حاکم
۷۴-۷۵	(۵-۶) تکنیک MFR برای شبیه سازی CFD
۷۵	(۶-۶) مقایسه با نتایج آلكسوپولوس
۷۵-۷۹	(۱-۶-۶) آنالیز جریان
۸۰-۸۱	(۲-۶-۶) مقایسه نتایج بدست آمده
۸۲-۱۲۲	فصل هفتم : بحث و نتایج
۸۳-۸۵	(۱-۷) انتخاب مقدار ϵ_{cut}
۸۶-۹۳	(۲-۷) تاثیر قطر پروانه بر تقسیم بندی
۹۴-۱۰۱	(۳-۷) تاثیر سرعت چرخش
۱۰۲-۱۰۷	(۴-۷) تاثیرات فاصله پروانه از انتهای تانک
۱۰۸-۱۱۲	(۵-۷) تاثیر بافل

فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۱۱۳-۱۲۲	۶-۷) استفاده از پروانه های مختلف
۱۲۳-۱۲۵	فصل هشتم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۲۴	نتیجه گیری
۱۲۵	پیشنهادات
۱۲۶-۱۲۸	پیوست ها
۱۲۹-۱۳۰	فهرست علائم
۱۳۱-۱۳۸	منابع و مأخذ
۱۳۱-۱۳۸	فهرست منابع لاتین
۱۳۸	سایت های اطلاع رسانی
۱۳۹	چکیده انگلیسی

فهرست جدول ها

شماره صفحه

عنوان مطالب

۱۴	جدول ۱-۲: دسته بندی پروانه ها و انواع ویژه آنها
۴۴	جدول ۳-۱: تخمین پارامترهای کوپه ای
۸۱	جدول ۶-۲: پارامترهای دو کوپه ای بدست آمده از نتایج CFD: تاثیر سرعت چرخش
۸۷	جدول ۷-۱: پارامترهای دو کوپه ای بدست آمده از نتایج CFD: تاثیر قطر پروانه
۹۶	جدول ۷-۲: تاثیر سرعت چرخش ($D = T/2$ & $C = T/3$)
۱۰۳	جدول ۷-۳: تاثیر فاصله پروانه از انتهای تانک
۱۰۴	جدول ۷-۴: تاثیر بافل
۱۱۴	جدول ۷-۵: تاثیر پروانه
۱۱۹	جدول ۷-۶: تاثیر نوع پروانه

فهرست شکل‌ها

شماره صفحه

عنوان مطالب

۱۳	شکل ۲-۱: تانک اختلاط به همراه پروانه، بافل و شفت
۱۶	شکل ۲-۲: پروانه‌های جریان محوری (پل و همکارانش (۲۰۰۴))
۱۶	شکل ۳-۲: پروانه‌های جریان شعاعی (پل و همکارانش (۲۰۰۴))
۱۸	شکل ۴-۲: الگوی جریان محوری: (الف) شماتیک، (ب) مثال CFD
۱۹	شکل ۵-۲: الگوی جریان شعاعی: (الف) شماتیک، (ب) مثال CFD
۳۳	شکل ۱-۳: نمای ناحیه قاب مرجع چرخان در یک تانک اختلاط
۵۳	شکل ۴-۱: مدل دو کوپه‌ای معرف تانک اختلاط غیر هموزن
۵۹	شکل ۱-۵: انواع سلولهای سه بعدی در گمبیت
۶۲	شکل ۲-۵: نگاهی به روش حل تفکیکی
۶۴	شکل ۳-۵: نگاهی اجمالی به حل پیوسته
۶۶	شکل ۴-۵: حجم کنترلی که برای مجزاسازی معادله اسکالر انتقال استفاده می‌شود.
۷۰	شکل ۶-۱: تانک اختلاط استفاده شده توسط آلكسوپولوس
۷۱	شکل ۶-۲: تانک اختلاط به همراه پروانه، بافل، شفت استفاده شده در این پژوهه.
۷۳	شکل ۶-۳: نمای کلی تانک به همراه مش
۷۷	شکل ۶-۴: بردارهای سرعت در صفحه افقی گذرنده از وسط پروانه با استفاده از روش MFR
۷۷	شکل ۶-۵: کانتورهای سرعت در صفحه افقی گذرنده از وسط پروانه با استفاده از روش MFR
۷۸	شکل ۶-۶: کانتورهای سرعت در مرکز تانک اختلاط با استفاده از روش MFR
۷۸	شکل ۶-۷: کانتورهای سرعت در مرکز تانک اختلاط با استفاده از روش MFR
۷۹	شکل ۶-۸: کانتورهای نرخ اتلاف انرژی در صفحه افقی گذرنده از وسط پروانه با استفاده از روش MFR

فهرست شکل‌ها

شماره صفحه

عنوان مطلب

۸۵	شکل ۱-۷: کوپه پروانه برای مقدارهای متفاوت نرخ اتلاف انرژی $\epsilon_{\text{cut-off}}$
۸۷	شکل ۲-۷ نمودارهای تاثیر قطر بر میانگین جرم وزنی اتلاف انرژی در دو ناحیه
۹۰	شکل ۳-۷ توزیع دانسته حجمی نرخ اتلاف انرژی در $D = T/2.5$
۹۰	شکل ۴-۷ توزیع دانسته حجمی نرخ اتلاف انرژی در $D = T/2$
۹۱	شکل ۵-۷ توزیع دانسته حجمی نرخ اتلاف انرژی در $D = T/1.5$
۹۱	شکل ۶-۷ نمودار اتلاف انرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی
۹۲	شکل ۷-۷ نمودار اتلاف انرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی
۹۲	شکل ۸-۷: نمودار اتلاف انرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی
۹۳	شکل ۹-۷: کوپه پروانه برای قطرهای مختلف
۹۷	شکل ۱۰-۷: نرخ اتلاف انرژی بر حسب سرعت
۹۷	شکل ۱۱-۷: توزیع دانسیته حجمی نرخ اتلاف انرژی در 100 rpm
۹۷	شکل ۱۲-۷: توزیع دانسیته حجمی نرخ اتلاف انرژی در 300 rpm
۹۸	شکل ۱۳-۷: توزیع دانسیته حجمی نرخ اتلاف انرژی در 400 rpm
۹۹	شکل ۱۴-۷: نرخ اتلاف نرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی 100 rpm
۹۹	شکل ۱۵-۷: نرخ اتلاف نرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی 300 rpm
۱۰۰	شکل ۱۶-۷: نرخ اتلاف نرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی 400 rpm
۱۰۰	شکل ۱۷-۷: نرخ اتلاف نرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی 800 rpm
۱۰۱	شکل ۱۸-۷: کوپه پروانه برای مقدارهای مختلف سرعت
۱۰۴	شکل ۱۹-۷: توزیع دانسیته حجمی بر اساس نرخ اتلاف انرژی در $C = T/3$
۱۰۴	شکل ۲۰-۷: توزیع دانسیته حجمی بر اساس نرخ اتلاف انرژی در $C = T/2$

فهرست شکل‌ها

شماره صفحه

عنوان مطلب

- شکل ۲۱-۷: توزیع دانسیته حجمی بر اساس نرخ اتلاف انرژی $C = T/1.22$ ۱۰۵
- شکل ۲۲-۷: نرخ اتلاف انرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی ۱۰۵
- شکل ۲۳-۷: نرخ اتلاف انرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی ۱۰۶
- شکل ۲۴-۷: نرخ اتلاف انرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی ۱۰۶
- شکل ۲۵-۷: کوپه پروانه برای فاصله‌های مختلف ۱۰۷
- شکل ۲۶-۷: توزیع دانسیته حجمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی ۱۱۰
- شکل ۲۷-۷: توزیع دانسیته حجمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی ۱۱۰
- شکل ۲۸-۷: نرخ اتلاف انرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی ۱۱۱
- شکل ۲۹-۷: نرخ اتلاف انرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی ۱۱۱
- شکل ۳۰-۷: کوپه پروانه برای تانکهای بافل دار و بدون بافل ۱۱۲
- شکل ۳۱-۷: توزیع دانسیته حجمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی در راشتون توربین ۱۱۵
- شکل ۳۲-۷: توزیع دانسیته حجمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی در ۶ تیغه‌ای صاف ۱۱۵
- شکل ۳۳-۷: نرخ اتلاف انرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی راشتون توربین ۱۱۶
- شکل ۳۴-۷: نرخ اتلاف انرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی ۶ تیغه‌ای صاف ۱۱۶
- شکل ۳۵-۷: کوپه پروانه برای انواع پروانه ۱۱۷
- شکل ۳۶-۷: توزیع دانسیته حجمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی برای پروانه تیغه‌ای ۱۲۰
- شکل ۳۷-۷: توزیع دانسیته حجمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی برای پروانه ۴ تیغه‌ای صاف ۱۲۰
- شکل ۳۸-۷: نرخ اتلاف انرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی برای پروانه تیغه‌ای ۱۲۱
- شکل ۳۹-۷: نرخ اتلاف انرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف انرژی برای پروانه ۴ تیغه‌ای صاف ۱۲۱
- شکل ۴۰-۷: کوپه پروانه برای انواع پروانه ۱۲۲

چکیده

اختلاط در تانک بهمن با استفاده از دینامیک محاسباتی جریان (CFD) (شبیه سازی شد. هدف اصلی در این پژوهه بررسی امکان تقسیم بندی تانک به دو یا تعداد بیشتری کوپه بر اساس مقادیر نرخ اتلاف انرژی توربولنسی ϵ می باشد. متدهای قاب مرجع چند گانه (MFR) برای مدل کردن پروانه مورد استفاده قرار گرفت. این روش در مقایسه با متدهای قاب چرخان (RF) روشی به روزتر می باشد. نتایج عددی بدست آمده با نتایج آلسکوپولوس (Alexopoulos) (۲۰۰۲) مقایسه شد و توافقات خوبی به دست آمد. تانک به کوپه هایی بر اساس مقدار نرخ اتلاف انرژی جنبشی توربولنسی، ϵ_{cut} تقسیم بندی شد. این ϵ_{cut} قبل از نمودار رسم نمودار نرخ اتلاف انرژی تراکمی بر حسب نرخ اتلاف بدست می آمد. اما در این پژوهه استدلال شد که این روش توام با درصدی از خطای مشاهداتی بوده و ملأک واضحی برای انتخاب نرخ اتلاف انرژی برشی نمی باشد، در عوض بجای آن ϵ_{cut} بر اساس توزیع دانسیته حجمی انتخاب شد که واضحتر و قابل رویت تر می باشد. تانک به دو کوپه، ناحیه پروانه و ناحیه بالک بر اساس ϵ_{cut} تقسیم بندی شد. تاثیر فاکتورهایی شامل، نوع پروانه، قطر پروانه، سرعت چرخش، حضور بافل، و فاصله پروانه از انتهای تانک بررسی شد. اینطور به دست آمد که نوع و قطر پروانه، سرعت چرخش، حضور بافل تاثیر مهمی بر روی سطح نرخ اتلاف انرژی و سایز کوپه پروانه دارند ولی فاصله پروانه از انتهای تانک تاثیر قابل ملاحظه ای ندارد.