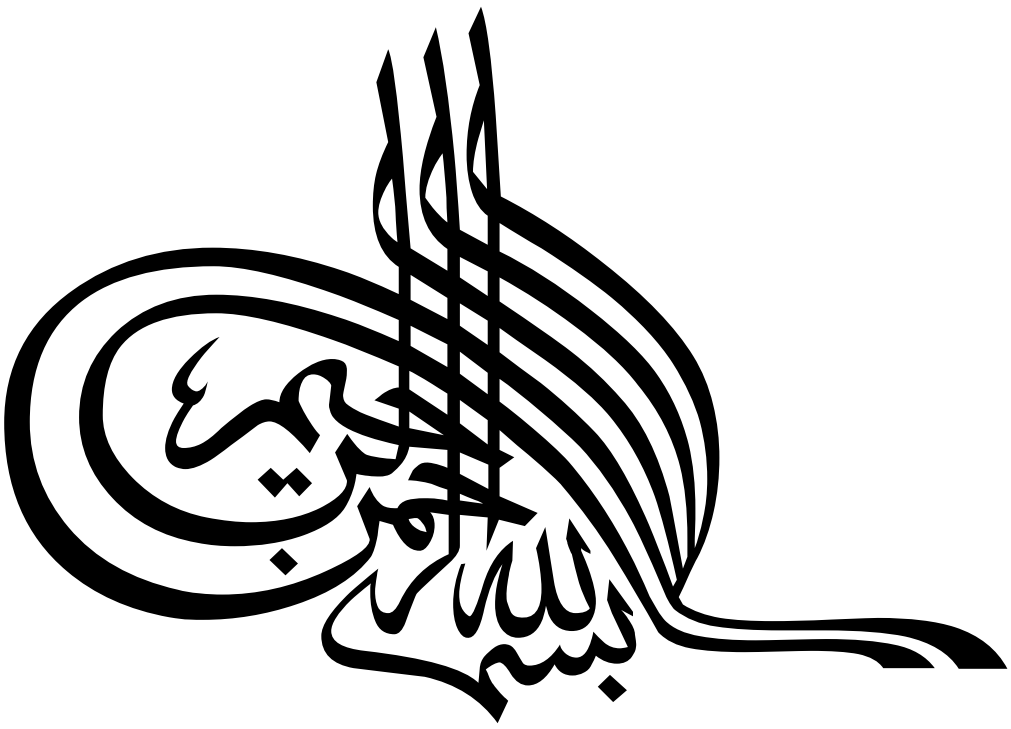
بسم الله الرحمن الرحيم

پروژه کارشناسی ارشد

دانشکده مهندسی شیمی

عنوان پروژه:

مدلسازی و شبیه سازی دینامیکی مبدل های حرارتی پوسته و لوله ای

تحقیق ونگارش:

امیر شیرازی

پایان نامه برای دریافت کارشناسی ارشد

پروژه کارشناسی ارشد

دانشکده مهندسی شیمی

عنوان پروژه:

مدلسازی و شبیه سازی دینامیکی مبدل های حرارتی پوسته و لوله ای

استاد راهنما:

آقای دکتر شیروانی

تحقیق ونگارش:

امیر شیرازی

تقدیم به پدر

و مادر مهربانم

چکیده

در این تحقیق دیدگاه مختلف مدلسازی دینامیکی مبدلهای حرارتی پوسته و لوله ای بررسی شده است. این مدلها قابلیت استفاده در کنترل دمای مبدل حرارتی را دارا می باشند. مدلسازی انجام شده مبتنی بر سه روش مختلف می باشد. این روش ها عبارتند از مدل فضای حالت، مدل تابع تبدیل لاپلاس و مدل عددی. مدلسازی فضای حالت مبدل حرارتی براساس موازنه انرژی بر روی هر نود از مبدل انجام شده است. در این مدل معادلات بصورت مدل شبکه ای بر روی مبدل حرارتی همسو و غیرهمسو بدست آمده است. این مدل رفتار دینامیکی قابل قبولی را برای مبدل های حرارتی پوسته ولوله در حالت همسو و غیرهمسو نشان داده است. توابع تبدیل لاپلاس در دو حالت مختلف مدلسازی ارائه شده اند. این دو مدل براساس تعریف پروفایل دمای دو سیال در مبدلهای حرارتی متمایز می گردند. در مدل اول پروفایل های دما علاوه بر جریان دو سیال شامل دیواره پوسته و لوله نیز می باشند. در حالی که در مدل دوم پروفایل دما فقط شامل جریان های سیال بوده و از ظرفیت حرارتی پوسته و لوله صرفنظر می شود. در روش عددی مدلسازی براساس معادلات دیفرانسیل لامپ در هر قسمت از مبدل انجام شده است. روش حل این معادلات از طریق عددی با شرایط اولیه می باشد. نتایج برای یک شرایط عملیاتی معین برای تمامی مدلها بدست آمده و با داده آزمایشگاهی مقایسه صورت گرفته است. خطای مدل همراه با اثر پوسته ولوله و بدون آن بدست آمده وتاثیر آن بررسی شده است. در پایان نرم افزاری ارائه شده که قابلیت شبیه سازی دینامیکی مبدل حرارتی همسو وغیر همسو را دارد. این نرم افزار پروفایل دمای حالت پایا و گذرای سیستم را برای مدل های مختلف نشان می دهد. علاوه بر این قادر به پیش بینی دمای خروجی برحسب زمان را دارد.

فهرست مطالب

مقدمه..... ۱

فصل اول: بررسی مدلسازی در مبدل های حرارتی پوسته ولوله

۱-۱- بررسی مختصر مدلسازی دینامیکی مبدلهای حرارتی پوسته ولوله..... ۴

۱-۲-بررسی مدلسازی دینامیکی مبدلهای حرارتی پوسته و لوله..... ۱۰

۱-۳-مدل دینامیکی مبدل حرارتی همسو وغیرهمسو با جریان پلاگ..... ۱۰

۱-۳-۱-توسعه معادلات مدل..... ۱۰

۱-۳-۲-پاسخ حالت گذرا..... ۱۳

۱-۳-۳-نتایج مدل..... ۱۵

۱-۴-مدل دینامیکی مبدل حرارتی همسو وغیرهمسو با جریان پراکندگی..... ۱۷

۱-۴-۱-توسعه معادلات مدل..... ۱۷

۱-۴-۲-توزیع دمای اولیه..... ۲۲

۱-۴-۳-پاسخ گذرا..... ۲۳

۱-۴-۴-نتایج مدل..... ۲۶

۱-۴-۵- نتایج آزمایشگاهی..... ۲۸

۱-۵-مدل دینامیکی مبدل حرارتی پوسته ولوله با چندین پاس در لوله با جریان پلاگ..... ۳۱

۱-۵-۱-توسعه معادلات مدل..... ۳۱

۱-۵-۲-پاسخ حالت گذرا..... ۳۵

۱-۵-۳-نتایج مدل..... ۳۸

۱-۶- مدل دینامیکی مبدل حرارتی پوسته ولوله با چند پاس لوله با جریان پراکندگی در پوسته..... ۴۲

۱-۶-۱-توسعه معادلات مدل.....۴۳
۱-۶-۲-روش حل تئوری.....۴۶
۱-۶-۳شرایط اولیه ناهمگن.....۴۹
۱-۶-۴-نتایج مدل.....۵۱
۱-۷- مدل دینامیکی مبدل حرارتی پوسته ولوله با چند پاس در لوله با جریان پراکندگی.....۵۶
۱-۷-۱-توسعه معادلات مدل.....۵۶
۱-۷-۲-شرایط اولیه.....۶۵
۱-۷-۳-پاسخ گذرا.....۶۹
۱-۷-۴-نتایج مدل.....۷۰

فصل دوم : مدل های ارائه شده برای مبدل های حرارتی همسو وغیر همسو

۲-۱-مدل فضای حالت برای مبدلهای حرارتی بدون اثر ظرفیت حرارتی دیواره پوسته.....۷۵
۲-۱-۱- حالت ویژه مدل برای نود $\mathbf{N = 2}$.....۸۰
۲-۱-۲-حالت عمومی مدل فضای حالت در مبدل های حرارتی بدون اثر ظرفیت پوسته.....۸۱
۲-۲-مدل فضای حالت برای مبدلهای حرارتی همراه با اثر ظرفیت حرارتی دیواره پوسته.....۸۳
۲-۲-۱- حالت ویژه مدل برای نود $\mathbf{N = 2}$.....۸۶
۲-۲-۲-حالت عمومی مدل فضای حالت در مبدل های حرارتی بدون اثرظرفیت حرارتی پوسته.....۸۷
۲-۳-مدل برای مبدل های همسو وغیر همسو به کمک توابع تبدیل لاپلاس.....۸۹
۲-۳-۱-مدل توابع تبدیل لاپلاس برای مبدل حرارتی همراه با اثر ظرفیت حرارتی پوسته و لوله.....۹۰
۲-۳-۲-مدل توابع تبدیل لاپلاس برای مبدل حرارتی بدون اثر ظرفیت حرارتی پوسته و لوله.....۹۳
۲-۴-روش عددی مدلسازی دینامیکی مبدل های حرارتی همسو و غیر همسو.....۹۳
۲-۵-راندمان مبدل حرارتی همسو وغیر همسو.....۹۴

فصل سوم :بررسی نتایج شبیه سازی مدل های ارائه شده با داده های آزمایشگاهی

۳-۱-شرایط عملیاتی و فیزیکی مبدل حرارتی آزمایشگاهی.....۹۶

۳-۱-۱- ضریب کلی انتقال حرارت U.....۹۸

۳-۱-۲- ضریب انتقال حرارت جابجایی در درون لوله، h_t.....۹۸

۳-۱-۳- ضریب انتقال حرارت جابجایی در درون پوسته، h_s.....۹۹

۳-۲-بررسی پاسخ فرکانسی.....۱۰۰

۳-۳-داده های آزمایشگاهی برای پاسخ فرکانسی.....۱۰۲

۳-۴-نتایج پاسخ فرکانسی مدل فضای حالت.....۱۰۳

۳-۵-نتایج پاسخ فرکانسی مدل تبدیل لاپلاس.....۱۰۴

۳-۶-مقایسه میان نتایج آزمایشگاهی و مدلهای مختلف.....۱۰۵

۳-۷- بررسی اثر ظرفیت حرارتی دیواره پوسته ولوله بر رفتار دینامیکی مبدل حرارتی.....۱۰۶

۳-۸- نتیجه گیری و پیشنهادات.....۱۰۹

فصل چهارم :تهیه نرم افزار برای شبیه سازی دینامیکی مبدل های حرارتی همسو وغیر همسو

۴-۱-محیط اصلی.....۱۱۰

۴-۱-۱-ورودی ها.....۱۱۱

۴-۱-۲-خروجی ها.....۱۱۱

۴-۱-۳-نمودارها.....۱۱۱

۴-۲-محیط فرعی.....۱۱۲

پیوست۱- نتایج شبیه سازی مبدل حرارتی همسو وغیر همسو.....۱۱۶

پیوست۲- برنامه کامپیوتری.....۱۳۳

مراجع.....۱۴۵

فهرست علائم واختصارات

سطح انتقال حرارت$[m^2]$	A
سطح مقطع جریان$[m^2]$	A_q
ظرفیت حرارتی$[JK^{-1}]$	c
نسبت U_sبه U_1	$coef$
ضریب پراکندگی هدایت حرارتی مناسب$[Wm^{-1}K^{-1}]$	D
تغییر دمای ورودی	$f_1(z), f_2(z)$
تبدیل لاپلاس $f_1(z), f_2(z)$	$F_1(s), F_2(s)$
شرایط اولیه	$g_j(x)$
ضریب انتقال حرارت$[Wm^{-2}K^{-1}]$	h
فاصله جریان لوله و پوسته از ورودی سیال پوسته$[m]$	l
طول کل مسیر جریان$[m]$	L
تعداد پاس در سمت لوله	N
تعداد واحد انتقال	Ntu
عدد پکلت	pe
پارامتر تبدیل لاپلاس	s
دمای$[K]$	T
تبدیل لاپلاس دمای	$\overline{T}$
بار جریان حرارتی(ظرفیت حرارتی سرعت جریان)$[WK^{-1}]$	$\dot{W}$
مختصات فضایی بی بعد l/L	$x or x$
زمان بی بعد t/t_{r1}	z

حروف یونانی

Eigen value	b

هدایت حرارتی و همچنین eigen value	l
نسبت سرعت جریان قبل وبعد از تغییر پله ای سرعت جریان	s
زمان	t
زمان اقامت سیال در مبدل حرارتی	t_r

زیر نویس

حالت اولیه	0
سیال سمت پوسته	$1 or s$
سیال سمت لوله	$2 \ or t$
خروجی	e
دیواره پوسته	s
دیواره لوله	w
فلز لوله	mt
فلز پوسته	ms

فهرست اشکال و نمودارها

نمودار۱: ساختار مدلسازی دینامیکی در مبدل های حرارتی پوسته ولوله ۹

شکل۱: شماتیک مبدلهای حرارتی همسو وغیر همسو ۱۰

شکل۲: پاسخ دمای خروجی سمت پوسته به یک تغییر پله ای دما ورودی در مبدلهای حرارتی همسو ۱۶

شکل۳: پاسخ دمای خروجی سمت لوله به یک تغییر سینوسی دما $f_1(z)=\sin(z)$ در ورودی مبدلهای حرارتی غیرهمسو ۱۶

شکل۴: شماتیک یک مبدل حرارتی همسو وغیر همسو ۱۸

شکل۵: پاسخ خروجی به تغییر پله ای در سرعت های جریان در دو طرف یک مبدل حرارتی غیرهمسو ۲۷

شکل۶: پاسخ خروجی به تغییر دما خطی و اغتشاشات جریان بطور همزمان بر دو طرف یک مبدل حرارتی همسو ۲۷

شکل۷: پاسخ دمای خروجی به کاهش سرعت جریان درسمت پوسته مبدل حرارتی غیرهمسو $d=0.25mm$ ۲۸

شکل۸: پاسخ دمای خروجی به افزایش سرعت جریان درسمت پوسته مبدل حرارتی غیرهمسو $d=2.45mm$ ۲۹

شکل۹: پاسخ دمای خروجی به کاهش سرعت جریان درسمت پوسته مبدل حرارتی همسو $d=2.45mm$ ۲۹

شکل۱۰: شماتیک مبدلهای حرارتی پوسته ولوله ای با چندین پاس در لوله ۳۲

شکل۱۱: پاسخ خروجی به یک تغییر پله ای در دمای ورودی پوسته درمبدل حرارتی ۲-۱ با نوع جریان I ۳۹

شکل۱۲: پاسخ خروجی به یک تغییر ramp در دمای ورودی پوسته درمبدل حرارتی ۴-۱ با نوع جریان I ۳۹

شکل۱۳: پاسخ خروجی به یک تغییراکسپونسیالی در دمای ورودی پوسته درمبدل حرارتی۶-۱ با نوع جریان II ۴۰

شکل۱۴: پاسخ خروجی به یک تغییر پله ای در دمای ورودی پوسته درمبدل حرارتی۸-۱ با نوع جریان I ۴۰

شکل۱۵: پاسخ خروجی به یک تغییر سینوسی در دمای ورودی پوسته درمبدل حرارتی ۳-۱ با نوع جریان I ۴۱

شکل۱۶: پاسخ خروجی به یک تغییر پله ای در دمای ورودی پوسته درمبدل حرارتی غیر همسو ۵۲

شکل۱۷: ترکیب پاسخ خروجی به یک تغییراکسپونسیالی در دمای ورودی پوسته و تغییر پله ای دردمای ورودی لوله درمبدل حرارتی۶-۱ با نوع جریان II ۵۲

شکل۱۸: تاثیر پارامتر U_sبر پاسخ خروجی در حالت تغییر پله ای در دمای ورودی به پوسته مبدل حرارتی ۴-۱ با نوع جریان I ۵۳

شکل۱۹: تاثیر ظرفیت حرارتی دیواره پوسته بر پاسخ خروجی در حالت تغییر پله ای در دمای ورودی به پوسته مبدل حرارتی ۴-۱ با نوع جریان I ۵۳

شکل۲۰: مقایسه دو مدل پراکندگی وجریان پلاگ در مبدل حرارتی۲-۱ با نوع جریان I ۵۴

شکل۲۱: اختلاف میان پاسخ خروجی دو مدل پراکندگی و جریان پلاگ در مبدل حرارتی۲-۱ با نوع جریان I ۵۵

شکل۲۲: توزیع دما پوسته$t_2(x,z)$به تغییر پله ای دما در یک مبدل حرارتی غیر همسو ۷۱

شکل۲۳: ترکیب پاسخ خروجی به تغییرات دما در ورودیها مبدل حرارتی ۲-۱بانوع جریان I ۷۳

شکل۲۴: پاسخ خروجی به تغییر پله ای در سرعت جریان در یک مبدل حرارتی۴-۱با نوع جریان II ۷۳

شکل۲۵: اثر عددپکلتpe_1 بر رفتار گذرایک مبدل حرارتی غیر همسو ۷۴

شکل۲۶: شماتیک مبدل حرارتی (الف) همسو و (ب) غیر همسو ۷۵

شکل۲۷: شماتیک مقاومت ها در مبدل حرارتی همسو وغیر همسو ۷۷

شکل۲۸: شماتیک مقاومت ها در مبدل حرارتی همسو وغیر همسو ۸۳

شکل۲۹: مبدل حرارتی همسو وغیر همسو آزمایشگاهی ۹۶

شکل۳۰: مدار حرارتی برای مبدل های همسو و غیر همسو ۹۸

شکل۳۱: پاسخ فرکانسی برای یک سیستم خطی ۱۰۰
شکل۳۲: دیاگرام بد برای تغییر سینوسی در ورودی لوله در مبدل حرارتی غیر همسو (داده آزمایشگاهی) ۱۰۲
شکل۳۳: دیاگرام بد برای تغییر سینوسی در ورودی لوله در مبدل حرارتی همسو (داده آزمایشگاهی) ۱۰۲
شکل۳۴: دیاگرام بد برای تغییر سینوسی در ورودی لوله در مبدل حرارتی غیر همسو (مدل فضای حالت) ۱۰۳
شکل۳۵: دیاگرام بد برای تغییر سینوسی در ورودی لوله در مبدل حرارتی همسو (مدل فضای حالت) ۱۰۳
شکل۳۶: دیاگرام بد برای تغییر سینوسی در ورودی لوله در مبدل حرارتی غیر همسو (مدل تبدیل لاپلاس) ۱۰۴
شکل۳۷: دیاگرام بد برای تغییر سینوسی در ورودی لوله در مبدل حرارتی همسو(مدل تبدیل لاپلاس) ۱۰۴
شکل۳۸: خطای مطلق ونسبی مدل فضای حالت برای مبدل حرارتی غیر همسو ۱۰۶
شکل۳۹: خطای مطلق ونسبی مدل فضای حالت برای مبدل حرارتی همسو ۱۰۷
شکل۴۰: خطای مطلق ونسبی مدل تبدیل لاپلاس برای مبدل حرارتی غیر همسو ۱۰۷
شکل۴۱: خطای مطلق ونسبی مدل تبدیل لاپلاس برای مبدل حرارتی همسو ۱۰۸
شکل۴۲: محیط اصلی نرم افزار شبیه سازی دینامیکی مبدلهای حرارتی همسو وغیر همسو ۱۱۰
شکل۴۳: شبیه سازی دینامیکی مبدل حرارتی غیر همسو با شرایط عملیاتی مورد نظر ۱۱۲
شکل۴۴: شبیه سازی دینامیکی مبدل حرارتی همسو با شرایط عملیاتی مورد نظر ۱۱۳
شکل۴۵: منو انتخاب مدل برای پاسخ پله ای واحد ۱۱۳
شکل۴۶: منو انتخاب مدل برای دیاگرام بد ۱۱۳
شکل۴۷: پاسخ پله ای واحد در مبدل حرارتی غیر همسو با شرایط عملیاتی مورد نظر ۱۱۴
شکل۴۸: دیاگرام بد در مبدل حرارتی غیر همسو با شرایط عملیاتی مورد نظر ۱۱۴
شکل۴۹: پاسخ پله ای واحد در مبدل حرارتی همسو با شرایط عملیاتی مورد نظر ۱۱۵
شکل۵۰: دیاگرام بد در مبدل حرارتی همسو با شرایط عملیاتی مورد نظر ۱۱۵

مقدمه:

مدلسازی دینامیکی مبدل های حرارتی پوسته ولوله مورد توجه زیادی در صنایع وتحقیقات میباشد. مدلسازی دینامیکی مبدل های حرارتی در بیشتر مقالات به عنوان رفتار گذرا مبدل حرارتی پوسته و لوله[1] بررسی شده است. بیشتر تحقیقات انجام شده در آنالیز دینامیکی مبدل های حرارتی پوسته ولوله،ازاطلاعات مشخصه دینامیکی دستگاه به عنوان داده های اولیه برای طراحی سیستم های کنترل بکار می برد و برای رسیدن به عملیات وطراحی بهینه استفاده میشود. بطور کلی برای کنترل فرآیند یا تعیین ضرایب انتقال حرارت میانگین مبدل های حرارتی پوسته ولوله، مدلسازی دینامیکی مبدل حرارتی مورد نیاز می باشد. عملکرد دینامیکی یک مبدل حرارتی پوسته و لوله نتیجه اصلی از تغییر دما وسرعت جریان های ورودی می باشد. این تغییرات ممکن است بر روی دو طرف پوسته و لوله بطور همزمان یا مجزا رخ دهد.

بطور کلی مدلسازی مبدل های حرارتی به دو نوع مختلف تقسیم میشود ۱-مبدل های حرارتی همسو و غیر همسو ۲- مبدل های حرارتی پوسته ولوله با چندین پاس در لوله.

مقالات زیادی برای پاسخ دینامیکی مبدل های حرارتی همسو و غیر همسو موجود می باشد. روشهای مدلسازی در این مقالات مبتنی بر موازنه انرژی و نوع جریان مختلف در مبدل حرارتی می باشد. روش های مختلفی برای حل این معادلات در نظر گرفته شده است. روش حل این معادلات بطور معمول بصورت تبدیل لاپلاس ولاپلاس معکوس عددی یا لاپلاس معکوس تحلیلی و یا بصورت اختلاف محدود می باشد.

مقالات خیلی کمی برای پاسخ دینامیکی مبدل های حرارتی پوسته ولوله با چندین پاس در لوله موجود می باشد. در این مقالات مدلسازی مبتنی بر موازنه انرژی و نوع جریان مختلف در پاس های لوله و جریان پوسته در این مبدل ها میباشد. روش های عددی برای حل این دستگاه معادلات بکار گرفته می شوند روش حل این معادلات بصورت لاپلاس معکوس عددی ویا اختلاف محدود می باشد.

در این پروژه سعی بر آن شده تا حد ممکن این مدل ها بیان گردد. در فصل اول به بررسی پیشرفت در مدلسازی مبدلهای حرارتی پوسته ولوله پرداخته می شود و به بررسی جزئی مدل های مختلف در مبدل های

۱-Transient of shell and tube heat exchanger

حرارتی پوسته و لوله می پردازد. مدلهای بررسی شده براساس نوع جریان در مبدل و نوع مبدل متمایز می گردند. در این مدلها دو نوع جریان پلاگ[۱] و پراکندگی[۲] برای مدلسازی بکار گرفته شده است.

در تمامی مدل هایی که در فصل اول ذکر گردید مدلسازی براساس موازنه انرژی در مبدل حرارتی صورت گرفته و دستگاه معادلات دیفرانسیل جزئی بدست آمده است. این دستگاه معادلات به کمک تبدیل لاپلاس به معادلات دیفرانسیل معمولی تبدیل می شود و سپس به وسیله الگوریتم لاپلاس معکوس عددی حل نهایی از این دستگاه معادلات بدست می آید. در حل لاپلاس معکوس این معادلات دیفرانسیل مشکلاتی از نظیر همگرایی،سختی[۳] و پایداری وجود دارد.

در فصل دوم مدلهایی برای مبدل های حرارتی پوسته ولوله ارائه شده است. مدلسازی دینامیکی در این فصل براساس سه روش مختلف می باشد. این روش ها عبارتند از مدل فضای حالت، توابع تبدیل لاپلاس و روش عددی. مدلسازی فضای حالت مبدل حرارتی مبتنی بر موازنه انرژی بر روی هر نود از مبدل حرارتی می باشد. در این مدل معادلات بصورت مدل شبکه ای بر روی مبدل حرارتی همسو و غیرهمسو بدست می آید. این مدل رفتار دینامیکی قابل قبولی را برای مبدل های حرارتی پوسته ولوله در حالت همسو و غیر همسو نشان می دهد.در این مدل پروفایل دمای هر دو سیال لوله و پوسته در حالت پایا و گذرا بدست آمده است. توابع تبدیل لاپلاس در دو حالت مختلف مدلسازی ارائه شده اند. این دو مدل براساس تعریف پروفایل دمای دو سیال در مبدلهای حرارتی متمایز می گردند. در مدل اول پروفایل های دما علاوه بر جریان دو سیال شامل دیواره پوسته و لوله نیز می باشند. در حالی که در مدل دوم پروفایل دما فقط شامل جریان های سیال بوده و از ظرفیت حرارتی پوسته و لوله صرفنظر می شود. در روش عددی مدلسازی براساس معادلات دیفرانسیل لامپ در هر قسمت از مبدل می باشد. روش حل این معادلات از طریق عددی با شرایط اولیه می باشد. با حل این معادلات پروفایل دما بر حسب زمان ومکان بدست می آید.

در فصل سوم نتایج مدل های مختلف با داده های تجربی مقایسه شده است. در این فصل دیاگرام بد برای

۱-Plug flow

۲-Dispersion flow

۳-Stiffness

تغییر سینوسی در ورودی لوله مبدل بدست آمده و با داده های آزمایشگاهی مقایسه شده است.علاوه بر این خطا مدل برای تاثیر پارامتر ظرفیت حرارتی پوسته و لوله در مدل فضای حالت و مدل توابع تبدیل مبدل حرارتی بدست آمده است.

در فصل چهارم نرم افزاری برای شبیه سازی دینامیکی ارائه شده است. این نرم افزار قابلیت شبیه سازی حالت پایا و گذرا را برای مبدل حرارتی همسو و غیر همسو را دارد. علاوه بر این به کمک این نرم افزار می توان پاسخ پله ای واحد و دیاگرام بد برای مدل های مختلف بدست آورد.

در پیوست۱ نتایج مدل های مختلف برای شرایط عملیاتی مختلف بدست آمده است.

در پیوست۲ برنامه کامپیوتری مدل های مختلف آورده شده است

فصل اول

بررسی مدلسازی دینامیکی در مبدل های حرارتی پوسته و لوله

این فصل به بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه مدلسازی دینامیکی مبدل های حرارتی پوسته ولوله ای می پردازد. در ابتدا به بررسی مختصر پیشرفت مدلسازی دینامیکی مبدلهای حرارتی می پردازیم. مدلهای بررسی شده براساس نوع مبدل و پدید آورنده آن می باشد. در قسمت بعد به بررسی جزئی برخی از مدل های مختلف می پردازیم. مدلهای ارائه شده بهترین مدل از مدلسازی انجام شده می باشد.

۱-۱-بررسی مختصر مدلسازی دینامیکی مبدلهای حرارتی پوسته ولوله

مدل[1]Tan,Spinner(1978)(مبدل حرارتی همسو و غیر همسو)

حل تحلیلی برای دینامیک یک مبدل حرارتی همسو وغیر همسو به همراه ظرفیت حرارتی دیواره لوله ثابت و مقاومت انتقال حرارت پوسته ثابت بدست آمده است. پاسخ گذرا به تغییر پله ای سرعت جریان برای تعیین ضریب انتقال حرارت سمت لوله وابسته سرعت بدون استفاده تقریب نوسان بدست آمده است. نتایج برای اغتشاشات دما سمت پوسته وسمت لوله بدست آمده است. مشخصه های پاسخ گذرا در این مدل،نسبت ظرفیت حرارتی دیواره لوله به ظرفیت حرارتی سیال سمت لوله و مقاومت انتقال حرارت بر روی سمت پوسته می باشد که اثر زیادی بر فرایند گذرا دارد.

مدل[2]Romie(1984)(مبدل حرارتی غیر همسو)

پاسخ دما در سیال های خروجی برای یک افزایش پله ای دما در ورودی سیال های یک مبدل حرارتی غیر همسو بدست آمده است. پاسخ دمای خروجیها توابعی از چهار پارامتر می باشند که سه پارامتر آن برای تعریف توزیع دما حالت پایا در مبدل حرارتی به کار رفته است. پاسخ بوسیله یک روش اختلاف محدود بدست آمده و بوسیله معادلات تجربی ساده برای یک محدوده از چهار پارامتر نمایش داده شده است. این مدل مناسب برای بسیاری از کاربردهای تکنیکی می باشد.

مدل Romie(1984)[3] (مبدل حرارتی همسو)

هدف این مدل بدست آوردن یک پاسخ دینـامیکی بـه ازای افـزایش پلـه ای در دمـای ورودی هـر کـدام از سیالهای یک مبدل حرارتی همسو می باشد. محاسبات انجام شده مختص مبدل های حرارتی می باشـد کـه زمان اقامت هر دو سیال آنها برابر است یا برای مبدل های حرارتی که هر دو سیال آنها گاز می باشد.

مدل Correa, Marcheti(1987)[4] (مبدل حرارتی پوسته و لوله با چندین پاس در لوله)

فرایند گذرا یک مبدل حرارتی پوسته ولوله با چند پاس در لوله به همراه بافل، به وسیله یک مدل دینامیکی شبکه ای توصیف شده است که هر شبکه نمایانگر قسمتی از مبدل می باشد. تکنیک مدلسازی این مدل می تواند برای شبیه سازی دینامیکی با هر نوع از مبدل های پوسته و لوله بکار رود. مدل شامل شرایط اولیه وابسته به زمان برای جریان های سرد و گرم می باشد. بوسیله مدل، چندین حالت شبیه سازی شده و در تمامی این حالت ها سیستم به یک حالت پایا رسیده است. اغتشاشات در این مدل می تواند دما ورودی یا سرعت جریان باشد. این مدل برای طراحی و آنالیز حالت گذرا مبدل های حرارتی و طراحی سیستم کنترل مناسب می باشد.

مدل Tan, Spinner(1991)[5] (مبدل حرارتی همسو وغیرهمسو)

حل تقریبی برای پاسخ گذرا یک مبدل حرارتی پوسته و لوله به یک تغییر پله ای در دمای سیال پوسته وسرعت سیال لوله توسعه یافته است. حل تقریبی از حل تحلیلی بدست آمده است. در این مدل دیواره بین لوله وپوسته در نظر گرفته نمی شود و پاسخ برای تغییرات دما سیال پوسته وسرعت سیال لوله از حل یک ثابت زمانی معین دیواره لوله بدست می آید. برخی از نتایج تقریبی به وسیله استفاده از شکلهای توابع اکسپونسیالی ساده می باشد که قادر به تخمین سریع زمان لازم برای رسیدن به یک درجه نزدیکی به حالت پایا نهایی را دارد. خطا میان شکل اکسپونسیالی تقریبی وحل صحیح در بیشتر حالتها کمتر از ۲٪است.

مدل Roetzel(1992)[6](مبدل حرارتی همسو و غیرهمسو)

در این مدل پاسخ های گذرا برای یک مبدل حرارتی همسو و غیرهمسو نسبت به تغییر پله ای در دمای ورودی بدست آمده است. در این مدل جریان در لوله وپوسته بصورت پلاگ در نظر گرفته شده است. روش حل در این مدل براساس تبدیل لاپلاس معادلات در نظر گرفته شده و سپس تبدیل معکوس لاپلاس عددی این معادلات برای پاسخ گذرا سیستم می باشد. این مدل صحت خوبی را نسبت به مدل Romie رانشان می دهد. این مدل در بخش بعدی آورده شده است.

مدل Roetzel(1992)[7](مبدل حرارتی پوسته ولوله با چندین پاس در لوله)

یک روش برای پیش بینی رفتار دینامیکی و گذرا به تغییر دمای ورودی مختلف در مبدل های حرارتی پوسته و لوله با تعداد مختلف پاس در لوله توسعه یافته است. ضریب انتقال حرارت سطوح پوسته و لوله میتواند از پاسی به پاسی دیگر مختلف باشد. ظرفیت حرارتی دو سیـال و دیواره ودو نوع جریان مختلف در نظر گرفته شده است. تغییر دما ورودی ممکن است در هر طرف مبدل بطور همزمان یا مجزا صورت گیرد. این مدل در بخش بعدی آورده شده است.

مدل Roetzel(1992)[8](مبدل حرارتی پوسته ولوله با چندین پاس در لوله)

اثر توزیع نامناسب جریان پوسته در محاسبات در نظر گرفته شده است. مدل پراکندگی برای پیش بینی رفتار گذرا به تغییر دما ورودی مختلف در مبدل حرارتی پوسته و لوله ای با چند پاس در لوله بکار رفته است. در این مدل دو نوع جریان مختلف در مبدل حرارتی در نظر گرفته شده است. تعداد پاس و اندازه لوله می تواند متغیر باشد. ظرفیت حرارتی دو سیال و دیواره لوله وظرفیت حرارتی دیواره پوسته درمدل بکار رفته است. نتایج نهایی بوسیله تبدیل لاپلاس معکوس عددی بدست آمده و اثر توزیع نامناسب جریان سمت پوسته و ظرفیت حرارتی دیواره پوسته بر رفتار دینامیکی مبدل بحث شده است. این مدل در بخش بعدی آورده شده است.