بسم الله الرحمن الرحیم

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

خانم سمیرا کریمی پور پایان نامه ٦ واحدی خود را با عنوان طراحی مبدل حرارتی چند جریانه صفحه و پره در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۱ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - مهندسی شیمی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر محمدرضا امیدخواه نسرین	استاد	
استاد ناظر	دکتر رامین کریم زاده	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر مجتبی صدر عاملی	استاد	
استاد ناظر	دکتر داود رشتچیان	استاد	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر مجتبی صدر عاملی	استاد	

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به این‌که چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین‌بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی دانشگاه است، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلا به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده سوده تذرو در رشته مهندسی شیمی است که در سال ۱۳۹۰ در دانشکده‌فنی ومهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر مهردادمنطقیاناز آن دفاع شده است. »

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس تادیهکند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظوراستیفای حقوق خود ، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ از محل توقیف کتاب‌های عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶:اینجانب **سمیرا کریمی‌پور** دانشجوی رشته **مهندسی شیمی- مهندسی فرآیند** مقطع**کارشناسی ارشد**تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: سمیرا کریمی‌پور

تاریخ و امضا:

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسان‌ها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه/رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می باشد.

نام و نام خانوادگی: سمیرا کریمی‌پور

امضا:

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی شیمی

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی

طراحی مبدل حرارتی چند جریانه صفحه و پره

نگارش

سمیرا کریمی‌پور

استاد راهنما

دکتر محمد رضا امید خواه نسرین

بهمن ۱۳۹۰

تقدیم به:

پدرم، بزرگ استادم که درس تلاش و زندگی را از او آموختم؛

مادرم، بلند تکیه گاهم، مظهر صبر و مهربانی که هرچه دارم از اوست؛

دو وجود مقدسی که توانشان رفت تا من به توانایی رسم؛

همسرم، همیشه همگامم، به پاس دلگرمی و صبرش در تمام لحظات؛

آموزگارانم، راه نمایانم، که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنا کردند. . . .

تقدیر و تشکر

سپاس بی انتها یکتای بی‌همتایی را سزاست که سرچشمه انوار دانش است و الطاف مستدامش راهگشای همیشگی اصحاب علم. این پایان نامه بدون تردید حاصل راهنمایی‌های استاد فاضل و گرانقدری است که افتخار شرکت در حلقه درس ایشان را داشته‌ام. خداوند بزرگ را بر این سعادت سپاس می‌گویم و مراتب تشکر و قدردانی خود را به این سرور ابراز می‌دارم.

استاد گرانقدر، آقای دکتر محمدرضا امیدخواه نسرین زحمت زیادی در انجام این تحقیق کشیدند و راهنمایی‌های ایشان در به سرانجام رسیدن این کار و نیز در طول ایام تحصیل موثر بود. سپاس فراوان خود را پیشکش این عزیز می‌کنم و برایشان آرزوی بهروزی دارم. آقای دکتر داوود رشتچیان، آقای دکتر مجتبی صدرعاملی و آقای دکتر رامین کریم زاده متن اولیه را با دقت مطالعه کرده و پیشنهادات خوبی ارایه نمودند. از این سه بزرگوار به دلیل نکته‌سنجی‌های دقیقشان کمال تشکر را دارم.

بسیار مایلم از دوستان عزیزم که هر کدام به گونه‌ای در انجام این کار به من کمک کردند به خصوص خانم مهندس فاطمه جدا ، خانم مهندس گل‌سن ناظریان و آقای مهندس هادی سلطانی تقدیر و تشکر به عمل آورم.

در پایان شایان ذکر است که اتمام تحصیلات و انجام این پژوهش بدون شک در سایه حمایت‌های سخاوتمندانه و بدون توقع پدر و مادر زحمتکش و مهربانم و تشویق‌های عالمانه همسر عزیزم و برادر بزرگوارم ممکن گردید. سپاس و تشکر قلبی خود را به همه آنها تقدیم می‌کنم و موفقیت و بهروزی آنها را از پیشگاه یگانه عالم خواستارم.

چکیده

در الگوریتم‌های موجود برای طراحی مبدل‌های حرارتی چند جریانه صفحه و پره، معمولا از خواص فیزیکی ثابت جریان‌ها در دمای متوسط ورودی و خروجی استفاده شده است. ثابت گرفتن خواص می‌تواند سبب کاهش دقت طراحی و ایجاد خطاهای قابل توجه در تعیین ابعاد چنین مبدل‌هایی شود. در این تحقیق روش جدیدی بر اساس ملاحظه تغییرات خواص فیزیکی ارایه شده است. در این الگوریتم، وابستگی خواص فیزیکی از جمله ظرفیت گرمایی، ویسکوزیته، دانسیته و هدایت حرارتی نسبت به دما در نظر گرفته شده است. این روش طراحی جدید بر اساس تکنولوژی پینچ با در نظر گرفتن تغییر ظرفیت گرمایی جریان‌ها در تمام نمودارهای مربوطه از جمله نمودار دما-آنتالپی است. منحنی مرکب به بازه‌های دمایی کوچک تقسیم شده و طراحی برای هر یک از این بازه‌ها انجام می‌شود. بعد از تعیین ابعاد مبدل حرارتی، برای یکسان سازی ارتفاع مبدل، اصلاحاتی روی افت فشار صورت می‌گیرد.

به دلیل اهمیت افت فشار در طراحی مبدل‌های حرارتی چند جریانه پره و صفحه در مرحله بعد تحقیق به منظور یافتن افت فشار بهینه، ترکیبی از تکنولوژی پینچ و الگوریتم ژنتیک با تابع هدف حداقل سازی هزینه کلی سالیانه (TAC) مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین در این روش بهینه سازی، بهترین نوع پره برای هر جریان به دست می‌آید. در ادامه، یک الگوریتم جدید بهینه سازی افت فشار جریان‌ها با ملاحظه تغییرات خواص فیزیکی نسبت به دما ارایه شده است. بررسی دقت و کیفیت الگوریتم‌های پیشنهادی در مثال‌های مطالعاتی با جریان‌های مایع و گازی انجام گرفته است. نتایج حاصل از روش‌های جدید نسبت به روش ارایه شده توسط پیکون دقیق‌تر هستند.

کلمات کلیدی: مبدل‌های حرارتی چند جریانه صفحه و پره، تکنولوژی پینچ، منحنی مرکب، الگوریتم ژنتیک، هزینه کلی سالیانه

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱. مقدمه **۲**

۱-۲. اهداف و ضرورت انجام تحقیق **۳**

۱-۳. چگونگی تنظیم پایان نامه **۳**

فصل دوم: معرفی مبدل‌های حرارتی چند جریانه

۲-۱. مقدمه **۵**

۲-۲. مبدل‌های حرارتی چند جریانه **۵**

۲-۲-۱. کاربرد مبدل‌های حرارتی چند جریانه ۵

۲-۲-۲. مزایای استفاده از مبدل‌های حرارتی چند جریانه ۶

۲-۳. انواع مبدل‌های حرارتی چند جریانه **۶**

۲-۳-۱. مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله مارپیچ ۷

۲-۳-۲. مبدل‌های حرارتی مدار چاپی ۸

۲-۳-۳. مبدل‌های حرارتی قاب و صفحه ۹

۲-۳-۴. مبدل‌های حرارتی صفحه و پره ۱۰

۲-۳-۴-۱. اجزای تشکیل دهنده مبدل‌های حرارتی صفحه و پره ۱۱

۲-۳-۴-۲. مزایای استفاده از مبدل‌های حرارتی صفحه و پره ۱۷

۲-۳-۴-۳. محدودیت‌های استفاده از مبدل‌های حرارتی صفحه و پره ۱۸

۲-۴. انواع روش‌های طراحی مبدل‌های حرارتی چند جریانه **۱۸**

۲-۴-۱. روش ریاضی ۱۹

۲-۴-۱-۱. روش انتگرالی ۱۹

۲-۴-۱-۲. روش دیفرانسیلی ۱۹

۲-۴-۲. روش مفهومی ۲۰

فصل سوم: ملاحظه تغییرات خواص فیزیکی در طراحی مبدل‌های حرارتی صفحه و پره

۳-۱. مقدمه ۲۹

۳-۲. اهمیت در نظر گرفتن تغییرات خواص فیزیکی ۲۹

۳-۳. انتخاب روش مناسب برای پیش بینی خواص فیزیکی سیال ۳۰

۳-۴. منحنی مرکب با ظرفیت حرارتی متغیر ۳۲

۳-۵. الگوریتم جدید طراحی مبدل‌های حرارتی چند جریانه صفحه و پره با در نظر گرفتن تغییرات خواص فیزیکی ۳۴

۳-۶. کاربرد الگوریتم جدید در دو مثال مطالعاتی ۳۶

۳-۶-۱. مثال اول، جریان‌های مایع ۳۶

۳-۶-۲. مثال دوم، جریان‌های گازی ٤٦

۳-۷. نتیجه گیری ۵۵

فصل چهارم: بهینه سازی افت فشار مبدل حرارتی چند جریانه صفحه و پره

۴-۱. مقدمه ۵۷

۴-۲. لزوم بهینه سازی افت فشار در طراحی مبدل حرارتی چند جریانه صفحه و پره ۵۷

۴-۳. روش‌های بهینه سازی افت فشار در مبدل‌های حرارتی چند جریانه صفحه و پره ۵۸

۴-۴. مطالعات انجام شده در زمینه بهینه سازی مبدل‌های حرارتی صفحه و پره ۵۹

۴-۵. الگوریتم‌های ژنتیکی ۶۰

۴-۵-۱. مقدمه ٦٠

۴-۵-۲. بهینه سازی بیولوژیکی و انتخاب طبیعی ٦٢

۴-۵-۳. الگوریتم ژنتیک دوتایی ٦٣

۴-۶. روش جدید طراحی و بهینه سازی مبدل‌های حرارتی چند جریانه صفحه و پره ۷۷

۴-۶-۱. معادله اقتصادی به کار رفته ۷۸

۴-۶-۲. تابع هدف و متغیرهای بهینه سازی ۸۰

۴-۶-۳. قیدهای مساله ۸۲

۴-۶-۴. روش تخمین افت فشار طولی جریان بر اساس افت فشار مجاز جریان ۸۳

۴-۶-۵. مراحل الگوریتم ژنتیک ۸۵
۴-۷. کاربرد الگوریتم جدید در سه مثال مطالعاتی ۸۸
۴-۷-۱. مثال اول، جریان‌های به کار رفته در مقاله پیکون ۸۸
۴-۷-۲. مثال دوم، جریان‌های مایع ۹۵
۴-۷-۳. مثال سوم، جریان‌های گازی ۱۰۰
۴-۸. نتیجه گیری ۱۰۶

فصل پنجم: بهینه سازی افت فشار مبدل حرارتی چند جریانه صفحه و پره با ملاحظه تغییرات خواص فیزیکی
۵-۱. مقدمه ۱۰۸
۵-۲. الگوریتم جدید بهینه سازی مبدل‌های حرارتی چند جریانه صفحه و پره با ملاحظه تغییرات خواص فیزیکی ۱۰۸
۵-۳. کاربرد الگوریتم جدید در دو مثال مطالعاتی ۱۰۸
۵-۳-۱. مثال اول، جریان‌های مایع ۱۱۰
۵-۳-۲. مثال اول، جریان‌های گازی ۱۱۵
۵-۴. نتیجه گیری ۱۲۱

فصل ششم: جمع بندی و پیشنهادها
۶-۱. جمع بندی ۱۲۳
۶-۲. پیشنهادها ۱۲۵
مراجع ۱۲۶

فهرست علایم:

a: ضریب رابطه ضریب کالبرن و عدد رینولدز

A: سطح کلی انتقال حرارت (m^2)

A_c: سطح آزاد جریان (m^2)

A_{fr}: سطح روبروی جریان (m^2)

AH: مدت عملیات در یک سال (hr/year)

b: توان رابطه ضریب کالبرن و عدد رینولدز

Cp: ظرفیت حرارتی ویژه

CP: نرخ ظرفیت حرارتی($W/^{\circ}C$)

d: فاصله بین دو صفحه مجاور (m)

d_h: قطر هیدرولیکی (m)

E: توان پمپاژ (W)

f: ضریب اصطکاک

fc: هزینه‌های ثابت ($)

fe: هزینه‌های الکتریکی ($/kWh)

f_s: نسبت سطح پره به سطح کل

H: آنتالپی (kW)

HT: ارتفاع مبدل(m)

ΔH: تغییر آنتالپی (kW)

h: ضریب انتقال حرارت جابجایی ($W/m^2.K$)

IC: هزینه‌های سرمایه گذاری اولیه ($)

K_h: ثابت در معادله ضریب انتقال حرارت جابجایی

K_p: ثابت در معادله افت فشار

L: طول مبدل (m)

m: دبی جریان (kg/s)

N_p: تعداد گذرگاه‌های جریان

OMC: هزینه‌های عملیات و نگهداری ($)

Pr: عدد پرانتل

ΔP: افت فشار (Pa)

Q: بار حرارتی (W)

R: ضریب مقاومت حرارتی ($m^2\ ^\circ C/W$)

Re: عدد رینولدز

R_w: مقاومت حرارتی دیواره ($m^2\ ^\circ C/W$)

s: گام پره (1/m)

T: دما (K)

TAC: هزینه‌های کلی سالیانه ($/year)

tp: دوره عملیاتی (year)

ΔT: اختلاف دما

uc: هزینه هر واحد مبدل به ازای واحد سطح مبدل ($/m^2$)

$\bar{v}$: سرعت متوسط جریان در کانال (m/s)

V_T: حجم کلی مبدل (m^3)

w: عرض مبدل (m)

x: ضریب رابطه ضریب اصطکاک و عدد رینولدز

y: توان رابطه ضریب اصطکاک و عدد رینولدز

زیر نویس ها و بالا نویس ها:

i: شماره جریان

s: شرایط اولیه

t: شرایط نهایی

w: دیواره

LM: اختلاف دمای لگاریتمی متوسط

حروف یونانی:

α: نسبت سطح انتقال حرارت کلی یک جریان به حجم کل مبدل (m^2/m^3)

β: نسبت سطح کل انتقال حرارت یک جریان بر حجم بین صفحات عبور دهنده آن جریان (m^2/m^3)

δ: فاصله بین دو صفحه مجاور (m)

ε: ضخامت صفحه (m)

η: راندمان دمایی پره

κ: ضریب هدایت حرارتی پره $(W/m\ ^{\circ}C)$

λ: ضریب هدایت حرارتی سیال $(W/m.K)$

μ: ویسکوزیته سیال $(N.s/m^2)$

ρ: دانسیته سیال $(kg/\ m^3)$

τ:ضخامت پره (m)

فهرست شکل‌ها:

عنوان **صفحه**

شکل (۲-۱): مبدل حرارتی پوسته و لوله مارپیچ ۷

شکل (۲-۲): مبدل حرارتی مدار چاپی ۸

شکل(۲-۳): مقایسه ابعاد مبدل حرارتی مدار چاپی با مبدل پوسته و لوله ۹

شکل(۲-۴): مبدل حرارتی قاب و صفحه ۱۰

شکل(۲-۵): کانال در مبدل حرارتی صفحه و پره ۱۰

شکل(۲-۶): پره Plain ۱۲

شکل(۲-۷): پره Louvered ۱۳

شکل(۲-۸): پره Strip ۱۴

شکل(۲-۹): پره Wavy ۱۴

شکل(۲-۱۰): پره سوراخ شده Plain ۱۵

شکل(۲-۱۱): پره Pin ۱۶

شکل(۲-۱۲): اجزای مبدل حرارتی چند جریانه صفحه و پره ۱۷

شکل(۲-۱۳): تقسیم بندی طول هر جریان در روش پراساد ۲۰

شکل(۲-۱۴): منحنی‌های مرکب بیان کننده موازنه انرژی فرآیند ۲۱

شکل(۲-۱۵): قطعات طراحی شده مبدل قبل از انجام اصلاحات ۲۶

شکل (۳-۱): منحنی‌های مرکب با C_p ثابت جریان‌ها ۳۲

شکل (۳-۲): الگوریتم طراحی مبدل حرارتی چند جریانه صفحه و پره با ملاحظه تغییرات خواص فیزیکی با دما ۳۵

شکل (۳-۳): منحنی‌های مرکب جریان‌ها در مثال اول، جریان‌های مایع ۴۰
شکل (۳-۴): منحنی‌های مرکب جریان‌ها در مثال دوم، جریان‌های گازی ۴۹
شکل (۴-۱): تشابه الگوریتم ژنتیک دوتایی و تکامل بیولوژیکی ۶۴
شکل (۴-۲): نمونه‌ای از الگوریتم ژنتیک ۶۷
شکل (۴-۳): چرخ رولت مربوط به داده‌های جدول (۴-۱) ۷۱
شکل (۴-۴): تقاطع تک نقطه‌ای ۷۲
شکل (۴-۵): تقاطع دو نقطه‌ای ۷۲
شکل (۴-۶): بررسی کارآیی الگوریتم ژنتیک ۷۵
شکل (۴-۷): نسخه‌های دیگری از الگوریتم ژنتیک ۷۶
شکل(۴-۸): الگوریتم طراحی و بهینه سازی مبدل حرارتی چند جریانه صفحه و پره با خواص فیزیکی ثابت ۸۷
شکل(۴-۹): منحنی‌های مرکب جریان‌ها در مثال اول، جریان‌های مقاله پیکون ۸۹
شکل(۴-۱۰): جواب بهینه به دست آمده بخش اول در مقابل تعداد نسل‌ها ۹۰
شکل(۴-۱۱): جواب بهینه به دست آمده بخش دوم در مقابل تعداد نسل‌ها ۹۱
شکل(۴-۱۲): جواب بهینه به دست آمده بخش سوم در مقابل تعداد نسل‌ها ۹۲
شکل(۴-۱۳): جواب بهینه به دست آمده بخش اول در مقابل تعداد نسل‌ها ۹۵
شکل(۴-۱۴): جواب بهینه به دست آمده بخش دوم در مقابل تعداد نسل‌ها ۹۶
شکل(۴-۱۵): جواب بهینه به دست آمده بخش سوم در مقابل تعداد نسل‌ها ۹۷
شکل(۴-۱۶): جواب بهینه به دست آمده بخش اول در مقابل تعداد نسل‌ها ۱۰۱
شکل(۴-۱۷): جواب بهینه به دست آمده بخش دوم در مقابل تعداد نسل‌ها ۱۰۲
شکل(۴-۱۸): جواب بهینه به دست آمده بخش سوم در مقابل تعداد نسل‌ها ۱۰۳

شکل(۵-۱): الگوریتم طراحی و بهینه سازی مبدل حرارتی چند جریانه صفحه و پره با خواص فیزیکی متغیر ۱۰۹
شکل(۵-۲): جواب بهینه به دست آمده بخش اول در مقابل تعداد نسل‌ها ۱۱۰
شکل(۵-۳): جواب بهینه به دست آمده بخش دوم در مقابل تعداد نسل‌ها ۱۱۱
شکل(۵-۴): جواب بهینه به دست آمده بخش سوم در مقابل تعداد نسل‌ها ۱۱۲
شکل(۵-۵): جواب بهینه به دست آمده بخش اول در مقابل تعداد نسل‌ها ۱۱۶
شکل(۵-۶): جواب بهینه به دست آمده بخش دوم در مقابل تعداد نسل‌ها ۱۱۷
شکل(۵-۷): جواب بهینه به دست آمده بخش سوم در مقابل تعداد نسل‌ها ۱۱۸

فهرست جدول‌ها:

عنوان **صفحه**

جدول (۳-۱): اطلاعات جریان‌ها در مثال اول، جریان‌های مایع ۳۷

جدول (۳-۲): تابعیت دمایی ظرفیت حرارتی جریان‌ها در مثال اول، جریان‌های مایع ۳۷

جدول (۳-۳): ضرایب در تابعیت دمایی ظرفیت حرارتی جریان‌ها در مثال اول، جریان‌های مایع ۳۷

جدول (۳-۴): تابعیت دمایی دانسیته جریان‌ها در مثال اول، جریان‌های مایع ۳۸

جدول (۳-۵): ضرایب در تابعیت دمایی دانسیته جریان‌ها در مثال اول، جریان‌های مایع ۳۸

جدول (۳-۶): تابعیت دمایی ضریب هدایت حرارتی جریان‌ها در مثال اول، جریان‌های مایع ۳۸

جدول (۳-۷): ضرایب در تابعیت دمایی ضریب هدایت حرارتی جریان‌ها در مثال اول، جریان‌های مایع ۳۸

جدول (۳-۸): تابعیت دمایی ویسکوزیته جریان‌ها در مثال اول، جریان‌های مایع ۳۹

جدول (۳-۹): ضرایب در تابعیت دمایی ویسکوزیته جریان‌ها در مثال اول، جریان‌های مایع ۳۹

جدول (۳-۱۰): خواص فیزیکی متوسط جریان‌ها در مثال اول، جریان‌های مایع ۴۰

جدول (۳-۱۱): طراحی تفصیلی بخش اول مثال اول، جریان‌های مایع ۴۰

جدول (۳-۱۲): طراحی تفصیلی بخش دوم مثال اول، جریان‌های مایع ۴۱

جدول (۳-۱۳): طراحی تفصیلی بخش سوم مثال اول، جریان‌های مایع ۴۱

جدول (۳-۱۴): ابعاد مبدل در طراحی تفصیلی مثال اول، جریان‌های مایع ۴۱

جدول (۳-۱۵): طراحی نهایی بخش اول مثال اول، جریان‌های مایع ۴۲

جدول(۳-۱۶): طراحی نهایی بخش دوم مثال اول، جریان‌های مایع ۴۲

جدول(۳-۱۷): طراحی نهایی بخش سوم مثال اول، جریان‌های مایع ۴۲

جدول (۳-۱۸): ابعاد نهایی مبدل مثال اول، جریان‌های مایع ۴۲
جدول (۳-۱۹): طراحی تفصیلی بخش اول مثال اول، جریان‌های مایع ۴۳
جدول (۳-۲۰): طراحی تفصیلی بخش دوم مثال اول، جریان‌های مایع ۴۳
جدول (۳-۲۱): طراحی تفصیلی بخش سوم مثال اول، جریان‌های مایع ۴۳
جدول (۳-۲۲): ابعاد مبدل در طراحی تفصیلی مثال اول، جریان‌های مایع ۴۴
جدول (۳-۲۳): طراحی نهایی بخش اول مثال اول، جریان‌های مایع ۴۴
جدول (۳-۲۴): طراحی نهایی بخش دوم مثال اول، جریان‌های مایع ۴۴
جدول (۳-۲۵): طراحی نهایی بخش سوم مثال اول، جریان‌های مایع ۴۵
جدول (۳-۲۶): ابعاد نهایی مبدل مثال اول، جریان‌های مایع ۴۵
جدول (۳-۲۷): مقایسه نتایج حاصل از روش جدید و روش پیکون-نونز ۴۵
جدول (۳-۲۸): مقایسه افت فشارهای جریان‌ها در روش جدید و روش پیکون-نونز ۴۶
جدول (۳-۲۹): اطلاعات جریان‌ها در مثال دوم، جریان‌های گازی ۴۶
جدول (۳-۳۰): تابعیت دمایی ظرفیت حرارتی جریان‌ها در مثال دوم، جریان‌های گازی ۴۶
جدول (۳-۳۱): ضرایب در تابعیت دمایی ظرفیت حرارتی جریان‌ها در مثال دوم، جریان‌های گازی... ۴۷
جدول (۳-۳۲): تابعیت دمایی دانسیته جریان‌ها در مثال دوم، جریان‌های گازی ۴۷
جدول (۳-۳۳): ضرایب در تابعیت دمایی دانسیته جریان‌ها در مثال دوم، جریان‌های گازی ۴۷
جدول (۳-۳۴): تابعیت دمایی ضریب هدایت حرارتی جریان‌ها در مثال دوم، جریان‌های گازی ۴۷
جدول (۳-۳۵): ضرایب در تابعیت دمایی ضریب هدایت حرارتی جریان‌ها در مثال دوم، جریان‌های گازی ۴۸
جدول (۳-۳۶): تابعیت دمایی ویسکوزیته جریان‌ها در مثال دوم، جریان‌های گازی ۴۸
جدول (۳-۳۷): ضرایب در تابعیت دمایی ویسکوزیته جریان‌ها در مثال دوم، جریان‌های گازی ۴۸

جدول (۳-۳۸): خواص فیزیکی متوسط جریان‌ها در مثال دوم، جریان‌های گازی ۴۹
جدول (۳-۳۹): طراحی تفصیلی بخش اول مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۰
جدول (۳-۴۰): طراحی تفصیلی بخش دوم مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۰
جدول (۳-۴۱): طراحی تفصیلی بخش سوم مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۰
جدول (۳-۴۲): ابعاد مبدل در طراحی تفصیلی مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۰
جدول (۳-۴۳): طراحی نهایی بخش اول مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۱
جدول (۳-۴۴): طراحی نهایی بخش دوم مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۱
جدول (۳-۴۵): طراحی نهایی بخش سوم مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۱
جدول(۳-۴۶): ابعاد نهایی مبدل مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۲
جدول (۳-۴۷): طراحی تفصیلی بخش اول مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۲
جدول (۳-۴۸): طراحی تفصیلی بخش دوم مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۲
جدول (۳-۴۹): طراحی تفصیلی بخش سوم مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۳
جدول (۳-۵۰): ابعاد مبدل در طراحی تفصیلی مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۳
جدول (۳-۵۱): طراحی نهایی بخش اول مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۳
جدول (۳-۵۲): طراحی نهایی بخش دوم مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۴
جدول (۳-۵۳): طراحی نهایی بخش سوم مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۴
جدول(۳-۵۴): ابعاد نهایی مبدل مثال دوم، جریان‌های گازی ۵۴
جدول (۳-۵۵): مقایسه نتایج حاصل از روش جدید و روش پیکون ۵۵
جدول (۳-۵۶): مقایسه افت فشارهای جریان‌ها در روش جدید و روش پیکون ۵۵
جدول (۴-۱): نمونه‌ای از احتمالات تجمعی شش کروموزوم ۷۱
جدول (۴-۲): پارامترهای هزینه ۸۰