بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی شیمی

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از رساله دکتری

آقای امیرحسین سعیدی دهاقانی رساله ۲۴ واحدی خود را با عنوان **بررسی آزمایشگاهی ومدلسازی رسوب آسفالتین و رزین درمخازن نفتی با استفاده از معادله حالت تجمعی جدید در تزریق گاز CO_2** در تاریخ ۱۳۹۱/۴/۱۸ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه دکتری مهندسی شیمی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	*نام و نام خانوادگی*	*رتبه علمی*	*امضا*
استاد راهنما	دکتر محسن وفایی سفتی	استاد	
استاد ناظر	دکتر مهرداد منطقیان	استاد	
استاد ناظر	دکتر عبدالصمد زرین قلم مقدم	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر ولی احمد سجادیان	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر حمید مدرس	استاد	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر عبدالصمد زرین قلم مقدم	دانشیار	

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، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً 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 رساله دکتری نگارنده در رشته **مهندسی شیمی** است که در سال **۱۳۹۱** در دانشکده **مهندسی شیمی** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای **دکتر محسن وفایی سفتی** از 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.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

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 منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **امیر حسین سعیدی دهاقانی** دانشجوی رشته **مهندسی شیمی** مقطع **دکتری** تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:

امیر حسین سعیدی دهاقانی

تاریخ و امضا:۱۳۹۱/۴/۱۸

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد 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، دانش آموختگان 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 دانش آموختگی 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 می‌شود.

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 شود.

نام و نام خانوادگی:
امیر حسین سعیدی دهاقانی
تاریخ و امضا: ۱۳۹۱/۴/۱۸

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی شیمی

گروه مهندسی شیمی

رساله دکتری مهندسی شیمی

بررسی آزمایشگاهی و مدلسازی رسوب آسفالتین و رزین در مخازن نفتی با استفاده از معادله حالت تجمعی جدید در تزریق گاز CO_2

امیر حسین سعیدی دهاقانی

استاد راهنما:

دکتر محسن وفایی سفتی

تیرماه ۱۳۹۱

صبحگاهان ایستادم به تماشای افق
مرغکانی همه با بال سفید، می نوشتند بر آن لوح کبود
که قلم های شما ای هنرآموختگان ساقه های پر ماست

پر افتاده ما باعث پرواز شماست

... و این لحظه، لحظه ای است که عمری انتظارها را به دنبال خود کشیده، انتظاری که از شور و شعف گریه های نوزادی آغاز گشته، در خنده های معصومانه و نشاط رویایی کودکی رشد نموده، از خون دل و سوز درون بالنده شده و اکنون یکی از میوه هایش بر شاخه های فراوان زندگی به ثمر نشسته است. پدر و مادر عزیزم این لحظه را مدیون شما هستم.

تقدیم به ارزشمندترین گوهر گیتی، پدر عزیزم، و سبزترین روح گیتی، مادر مهربانم

که وجودشان روشنی بخش حیاتم، کلامشان رهگشای طریقم و مهرشان تسلای وجودم است. آنان که عشق و امید را در حاصل سال ها زحمت بی پایان معنی کردند. آموزگارانی که جلوه زیبای مهر محبت و مفهوم بی نظیر عشق و دوستی هستند. خداوندا به من فرصت و توانایی آن ده که ذره ای از زحمات ایشان را جبران کنم.

پدر و مادر مهربانم، از ابتدای راه مشوقم بودید و در پیمودن مسیر یاریم رساندید و سختی ها را به دوش کشیدید تا از رنج من بکاهید. زحماتتان را ارج می نهم و سپاس می گویم که صبورانه موفقیت مرا به انتظار نشستید. تقدیم به خواهرهای عزیزم و برادر کوچک و مهربانم محمد حسین که از نعمت شنوایی محروم است و به جای امیر حسین یاور پدر گشته و جور برادر می کشد.

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس خدای را که به انسان جان بخشید و با زینت عشق جان را مزین نمود. اکنون که مدد لطف جمیلش به بار نشسته است و همای سعادت بواسطه موهبتش بر سرم بال و پر گسترانیده است، دست به قلم نیایش بردم و به شکرانه لطفش جبین به سجده شکر می سایم و از لطف پر کرامتش سپاسگذاری می کنم.

لازم میدانم که از محبت و بذل بی شائبه استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر محسن وفایی سفتی که در تمامی مراحل انجام این رساله راهنمایی اینجانب را بر عهده گرفتند و در سایه راهنمایی ها و حمایت های ایشان، تلاش هایم به بار نشست، کمال تشکر و قدردانی نموده و برای ایشان و خانواده محترمشان آرزوی توفیق روزافزون و سلامت، از خداوند منان می نمایم.

از تمامی دوستان خوبم که در این مدت از راهنمایی‌های سودمندانه خویش دریغ نکردند و با اینجانب همکاری داشتند تشکر و قدردانی می نمایم.

امیدوارم آنچه در قالب رساله حاضر ارائه می شود، در راه گسترش علم موثر بوده و راهگشای ادامه تحقیقات و بررسی‌های بیشتر در مسیر رفع مشکلات و کاستی‌های موجود در صنعت نفت کشور باشد.

چکیده

رسوب اجزای نفتی سنگین، بویژه آسفالتین و رزین در مخازن نفتی ، یکی از مشکل های بسیار مهم در تولید از مخازن است. تغییر خیس شوندگی سنگ، انسداد در محیط متخلخل سازند نفتی، دهانه چاه و سامانه های فرآورشی از مشکل های جدی تولید نفت های آسفالتینی است. از این رو بررسی رفتار فازی رسوب و مشخص نمودن این امر که آسفالتین و رزین تحت چه شرایط و در هر شرایط چه مقدار رسوب می‌کند از اهمیت خاصی برخوردار است. تزریق گاز به عنوان یکی از متداولترین و مناسبترین روش های ازدیاد برداشت در صنعت نفت محسوب می شود. از رایج ترین گاز های تزریقی می توان به گازهای دی اکسید کربن، نیتروژن و متان اشاره کرد. گاز دی اکسیدکربن به دلیل تأثیر مطلوب تر بر بازیافت نفت، به طور گسترده ای در صنعت نفت مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از مسایل مهم در تزریق امتزاجی دی اکسیدکربن، رسوب آسفالتین و رزین و اثر آن بر روی تولید است. عدم انحلال آسفالتین و رزین در مایع های پارافینی سبک و بقیه سیال های ناسازگار مثل دی اکسیدکربن منبع ایجاد مشکل هایی در عملیات تولید بعضی از انواع نفت خام است. مقدار رزین نفت خام و قدرت بازدارنده های رزینی نیز پارامتر تاثیرگذار بر جلوگیری از رسوب آسفالتین است. برای کمّی کردن همه این عوامل باید مدل پیش بینی کننده ای ارایه شود که همه این اثرها را دخالت دهد.

در این کار با طراحی، نصب و راه اندازی سامانه آزمایشگاهی عوامل موثر بر رسوب، در شرایط مخزن و تزریق گاز بصورت آزمایشگاهی شبیه سازی شدند. این سامانه توانایی کار در شرایط مخزن و شبیه سازی فرآیندهای تزریقی را دارد. در بخش مدلسازی با ارایه مدل معادله حالت تجمعی جدید، میزان رسوب آسفالتین و رزین در فرآیند تزریق دی اکسید کربن مدلسازی شد. نتایج مدلسازی و داده های آزمایشگاهی تطابق خوب و قابل قبولی دارند.

کلمه های کلیدی: آسفالتین، رزین، تزریق گاز، قدرت بازدارندگی، معادله حالت تجمعی، رسوب.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست جداول	خ
فهرست اشکال	ذ
علایم و نشانه ها	س
پیشگفتار	۱
فصل اول	۳
طبیعت آسفالتین و رزین و عوامل موثر بر رسوب	
مقدمه	۴
۱-۱ اجزای تشکیل دهنده نفت خام	۵
۱-۲ آسفالتین ها، پارامتر حلالیت، قطبیت و آروماتیسیته	۷
۱-۳ عناصر تشکیل دهنده آسفالتین ها	۹
۱-۴ آسفالتین و ساختار آن	۱۰
۱-۵ رزین و ساختار آن	۱۲
۱-۶ ارتباط آسفالتین و رزین	۱۳
۱-۷ جرم ملکولی و اندازه ذره ها	۱۴
۱-۸ روش های مختلف جداسازی آسفالتین ها و رزین ها	۱۷
۱-۸-۱ جداسازی آسفالتین ها	۱۷
۱-۸-۲ جداسازی رزین ها	۱۸

۱-۸-۲-۱ روش رسوب دادن ۱۸
۱-۸-۲-۲ جذب سطحی ۱۸
۱-۸-۳ جداسازی $SARA$ ۱۸
۱-۹ رسوب آسفالتین و رزین ۱۹
۱-۱۰ ماهیت آسفالتین و رزین در نفت ۲۳
۱-۱۱ عوامل موثر در رسوب آسفالتین از نفت خام ۲۴
۱-۱۱-۱ اثر فشار بر روی رسوب ۲۴
۱-۱۱-۲ اثر دما بر رسوب ۲۵
۱-۱۱-۳ بررسی نقش ترکیب های نفتی بر رسوب ۲۷
۱-۱۱-۴ اثر میزان و نوع گاز تزریقی بر روی رسوب ۲۷
۱-۱۱-۴-۱ تزریق CO_2 ۲۷
۱-۱۱-۴-۲ سیلاب زنی امتزاج پذیر ۲۸
۱-۱۱-۵ ارتقاء PH و اثر آن بر روی رسوب ۲۹
۱-۱۱-۶ اختلاط جریان های خام و اثر آن بر روی رسوب ۲۹
۱-۱۱-۷ مواد شیمیایی ناقص کننده و اثر آن بر روی رسوب ۲۹
۱-۱۱-۸ انگیزش چاه و اثر آن بر روی رسوب ۲۹
۱-۱۱-۹ تزریق آب و اثر آن بر روی رسوب ۳۰
۱-۱۱-۱۰ شرایط میدان برای رسوب ۳۲
۱-۱۲ روش های جلوگیری از رسوب آسفالتین ۳۳
۱-۱۲-۱ روش های شیمیایی ۳۳

۱-۱۲-۱-۱ استفاده از شوینده های آسفالتین ۳۳
۱-۱۲-۱-۲ کریستال های تعدیل کننده ۳۳
۱-۱۲-۲ روش های مکانیکی ۳۴
۱-۱۲-۳ روش های حرارتی ۳۴
۱-۱۲-۳-۱ تزریق نفت داغ ۳۴
۱-۱۲-۳-۲ استفاده از هیترهای ته چاهی ۳۴
۱-۱۲-۳-۳ استفاده از مواد شیمیایی گرمازا ۳۴
۱-۱۲-۳-۴ استفاده از بخار آب یا آب داغ ۳۴
۱-۱۲-۴ استفاده از پدیده مافوق صوت ۳۴
۱-۱۴ بازدارنده های رزینی و ممانعت از رسوب ۳۵
۱-۱۵ رزین ها و شاخص ناپایداری کلوییدی ۳۵
۱-۱۶نقش بازدارنده های رزینی و دیگر مواد فعال سطحی در رسوب آسفالتین ۳۶
۱-۱۷ نسبت رزین به آسفالتین در نفت خام ۴۰
۱-۱۸ ویژگی های کلی بازدارنده های رزینی ۴۱
۱-۱۹ مدل سازی رفتار بازدارنده ها ۴۳

فصل دوم ۴۶

مدل های پیش بینی رفتار فازی و نظریه معادله حاالت تجمعی

مقدمه ۴۷
۲-۱ توابع توزیع جرم ملکولی آسفالتین ها ۴۷
۲-۲ مدل های ترمودینامیکی و انواع توابع توزیع ۴۸

۲-۳ مدل های پیش بینی رفتار فازی ۵۱
۲-۳-۱ مدل حلالیت پلیمری ۵۱
۲-۳-۲ مدل کلوییدی ۵۴
۲-۳-۳ مدل معادله حالت ۵۷
۲-۳-۴ مدل *Micellization* ۵۷
۲-۳-۵ مدل های خوشه ای شدن فرکتال ۵۸
۲-۴ پیشینه استفاده از نظریه معادله حالت تجمعی ($AEOS$) در مدل سازی رسوب آسفالتین ۶۰
۲-۵ دلیل استفاده از نظریه معادله حالت تجمعی ۶۲
۲-۶ استفاده از معادله های حالت در حضور مولکول های تجمعی ۶۳
۲-۷ کارهای انجام شده بر روی نظریه $AEOS$ ۶۴
۲-۸ مدل مکا – کمپتر (MK) ۶۷
۲-۹ مدل کرتسمر – ویب (KW) ۶۹
۲-۱۰ مدل منومر-دیمر(MD) ۷۰
۲-۱۱ بسط معادله حالت تجمعی به مخلوط ها ۷۰
۲-۱۲ دیگر مدل های ارایه شده تجمعی ۷۲

فصل سوم ۷۶

به دست آوردن معادله حالت تجمعی برای مدلسازی رسوب آسفالتین- رزین

مقدمه ۷۷

۳-۱ بدست آوردن ضریب تراکم پذیری شیمیایی برای چندین جزء تجمعی (Z^{ch}) ۷۷
۳-۲ مخلوط های حاوی بیش از یک جزء تجمعی ۷۸

۳-۳ مدلسازی رسوب آسفالتین و رزین ۸۵

۳-۴ الگوریتم انجام محاسبه ها ۸۵

۳-۴-۱ الگوریتم محاسبه (P_{Bubble}) ۸۵

۳-۴-۲ الگوریتم محاسبه های فازی مایع- مایع ۸۹

فصل چهارم ۹۴

ساخت دستگاه سیلاب زنی، نمونه های مورد استفاده و تحلیل نمونه ها

مقدمه ۹۵

۴-۱ آزمایش های مقدماتی ۹۵

۴-۱-۱ ساخت دستگاه اندازه گیری $SARA$ ۹۶

۴-۱-۲ طریقه اندازه گیری $SARA$ ۹۷

۴-۱-۳ اندازه گیری گرانروی ۱۰۱

۴-۱-۴ محاسبه های مربوط به فشار امتزاجی ۱۰۲

۴-۱-۴-۱ تزریق غیر امتزاجی ۱۰۲

۴-۱-۴-۲ تزریق امتزاجی تماس اولیه ۱۰۳

۴-۱-۴-۳ تزریق امتزاجی چند تماسی ۱۰۳

۴-۲ آزمایش های تزریق گاز دی اکسید کربن ۱۰۴

۴-۲-۱ ساخت دستگاه سیلاب زنی ۱۰۴

۴-۳ اندازه گیری آسفالتین و رزین خروجی از دستگاه تزریق گاز ۱۰۹

۴-۴ تجزیه $SARA$ نمونه های نفتی و داده های حاصل از تزریق گاز ۱۰۹

فصل پنجم ۱۲۰

نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی

مقدمه ۱۲۱

۵-۱ مدلسازی رسوب آسفالتین و رزین نمونه نفتی اول ۱۲۱

۵-۱-۱ مدلسازی اثر بازدارنده ها بر روی توزیع اندازه ذره ها ۱۲۶

۵-۲ مدلسازی رسوب آسفالتین و رزین برای نمونه دوم ۱۳۰

۵-۳ مدلسازی رسوب آسفالتین و رزین برای نمونه سوم ۱۳۳

۵-۴ مدلسازی رسوب آسفالتین و رزین برای نمونه چهارم ۱۳۴

۵-۵ پیش بینی رسوب آسفالتین و رزین برای نمونه پنجم ۱۳۶

۵-۶ نمودارهای فازی نمونه ها در هنگام تزریق گاز ۱۳۸

فصل ششم

۱۴۱

نتیجه گیری و پیشنهادها

نتیجه گیری ۱۴۲

پیشنهادها ۱۴۳

مراجع ۱۴۴

ضمیمه الف ۱۵۳

ضمیمه ب ۱۵۸

ضمیمه ج ۱۵۹

ضمیمه د ۱۶۰

ضمیمه ه ۱۶۱

ضمیمه و ۱۶۲

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱- ۱ اجزای عناصر تشکیل دهنده آسفالتین میادین مختلف نفتی جهان ۹

جدول ۱- ۲ فرمول های مولکولی ارایه شده برای آسفالتین ۱۰

جدول ۱-۳ جرم مولکولی متوسط آسفالتین از روش های گوناگون ۱۷

جدول۱-۴ داده های نقطه شروع رسوب ۲۶

جدول ۱-۵شاخص ناپایداری کلوییدی نفت ۳۶

جدول ۲-۱ پارامترهای مورد نیاز در معادله (۲-۷۳) ۷۴

جدول ۴-۱ تجزیه $SARA$ و شاخص ناپایداری برای نمونه نفتی اول ۱۱۰

جدول ۴-۲ ترکیب بر حسب درصد مولی و وزن مولکولی اجزاء نمونه اول ۱۱۱

جدول ۴-۳ مشخصه های بحرانی اجزای نفت خام نمونه اول ۱۱۱

جدول ۴-۴ نتایج رسوب بر اساس گاز تزریق شده به نمونه اول در دمای ($^{\circ}f$) ۱۷۰ و فشار ($psia$) ۲۴۵۲,۲ ۱۱۲

جدول ۴-۵ نتایج رسوب بر اساس گاز تزریق شده به نمونه اول حاوی ۶,۸٪ بازدارنده رزینی (کوکونات دی اتانول آمید) در دمای ($^{\circ}f$) ۱۷۲ و فشار ($psia$) ۲۴۶۵ ۱۱۲

جدول ۴-۶ تجزیه $SARA$ و شاخص ناپایداری برای نمونه نفتی دوم ۱۱۳

جدول ۴-۷ ترکیب بر حسب درصد مولی و وزن مولکولی اجزاء نمونه دوم ۱۱۳

جدول ۴-۸ نتایج رسوب بر اساس گاز تزریق شده به نمونه دوم در دمای ($^{\circ}f$) ۱۹۰,۵ و فشار ($psia$) ۲۰۰۵ ۱۱۴

جدول ۴-۹ نتایج رسوب بر اساس گاز تزریق شده به نمونه دوم حاوی ۵٪ بازدارنده رزینی (کوکونات دی اتانول آمید) در دمای ($^{\circ}f$) ۱۸۵ و فشار ($psia$) ۲۰۵۵ ۱۱۴

جدول ۴-۱۰ تجزیه $SARA$ و شاخص ناپایداری برای نمونه نفتی اول ۱۱۴

جدول ۴-۱۱ ترکیب بر حسب درصد مولی و وزن مولکولی اجزاء نمونه دوم ۱۱۵

جدول ۴-۱۲ نتایج رسوب بر اساس گاز تزریق شده به نمونه دوم در دمای ($^{\circ}f$) ۱۹۰,۵ و فشار ($psia$) ۲۰۰۵ ۱۱۵

جدول ۴-۱۳ تجزیه $SARA$ و شاخص ناپایداری برای نمونه نفتی چهارم ۱۱۶

جدول ۴-۱۴ ترکیب بر حسب درصد مولی و وزن مولکولی اجزاء نمونه چهارم ۱۱۶

جدول ۴-۱۵ نتایج رسوب بر اساس گاز تزریق شده به نمونه دوم در دمای ($\overset{\circ}{f}$) ۱۸۱ و فشار ($psia$) ۲۶۵۰ ۱۱۷

جدول ۴-۱۶ ترکیب بر حسب درصد مولی و وزن مولکولی اجزاء واکسی، رزین و آسفالتین نمونه پنجم ۱۱۷

جدول ۴-۱۷ مشخصه های بحرانی اجزای نفت خام نمونه پنجم ۱۱۸

جدول ۴-۱۸ درصد مولی های جدید بعد از تزریق گاز CO_2 به نمونه پنجم ۱۱۹

جدول ۴-۱۹ نتایج رسوب بر اساس گاز تزریق شده به نمونه پنجم در دمای ($\overset{\circ}{f}$) ۱۳۸/۲ و فشار ($psia$) ۲۳۲۱/۲۴ ۱۱۹

جدول ۵-۱ پارامترهای بدست آمده معادله حالت تجمعی شماره یک برای نمونه اول ۱۳۶ ۱۲۲

جدول ۵-۲ نقطه جذب موثر بازدارنده های مورد استفاده ۱۲۶

جدول ۵-۳ مقادیر ثوابت C_1،C_2 و C_3 برای مخلوط نفت خام حاوی ۸,۶ درصد وزنی تولوئن و بازدارنده ۱۲۷

جدول ۵-۴ پارامترهای بدست آمده معادله حالت تجمعی شماره یک برای نمونه دوم ۱۳۰

جدول ۵-۵ پارامترهای بدست آمده معادله حالت تجمعی شماره یک برای نمونه سوم ۱۳۳

جدول ۵-۶ پارامترهای بدست آمده معادله حالت تجمعی شماره یک برای نمونه چهارم ۱۳۵

جدول ۵-۷ پارامترهای معادله حالت تجمعی بدست آمده برای نمونه پنجم ۱۳۶

جدول ه-۱ ضرایب تقابل دوتایی اجزای نفتی محاسبه شده، مربوط به معادله حالت تجمعی را نشان می دهد ۱۶۱

جدول و-۱ ویژگی های بازدارنده های مورد مطالعه ۱۶۲

جدول و-۲ ساختار شیمیایی بازدارنده های مورد مطالعه ۱۶۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ ساختار یک نمونه هیدروکربن اشباع ۶

شکل۱ -۲ تجمع ملکول های آسفالتین و حل شدن آن ها در حلال های آروماتیکی ۸

شکل ۱- ۳ ناحیه مربوط به آسفالتین بر حسب افزایش وزن ملکولی و قطبیت اجزای تشکیل دهنده نفت ۸

شکل۱-۴ ساختمان ملکولی آسفالتین پیشنهاد شده برای نفت خام مکزیک ۱۱

شکل۱-۵ ساختمان ملکولی آسفالتین پیشنهاد شده برای نفت خام ونزوئلا ۱۱

شکل۱-۶ ساختار فضایی آسفالتین پیشنهاد شده برای نفت خام ونزوئلا ۱۱

شکل ۱-۷ ساختار رزین ۱۳

شکل ۱-۸ آسفالتین و رزین مجزا شده از نفت خام ۱۴

شکل ۱-۹ توزیع وزن مولکولی رسوب آسفالتین با نرمال آلکان های مختلف ۱۶

شکل ۱-۱۰ اثر رقیق کننده های مختلف بر روی رسوب از قیردر دمای ۲۰ درجه سانتیگراد ۲۱

شکل ۱-۱۱ اندازه گیری دمای نقطه ابری شدن بر حسب فشار برای سه نوع نفت تانک ذخیره ۲۲

شکل ۱-۱۲ روند تغییرهای رسوب آسفالتین با فشار ۲۵

شکل ۱-۱۳ حد بالایی و پایینی فشار در دماهای مختلف ۲۷

شکل ۱-۱۴ تغییرهای رسوب آسفالتین با تزریق CO_2 ۲۸

شکل ۱-۱۵ نمودار اثر سورفکتانت های مختلف روی نقطه شروع رسوب ۳۸

شکل ۱-۱۶ تغییر های رسوب با مقدار رزین ۳۹

شکل۱-۱۷ غلظت بالای رزین مانع از تجمع آسفالتین ها می شود ۴۰

شکل ۱-۱۸ کمبود رزین در نفت خام باعث تجمع آسفالتین ها می شود ۴۱

شکل ۱-۱۹ سامانه نفت به همراه بازدارنده ۴۴

شکل ۲-۱ مقایسه مدل سیال تجمعی با نتایج تجربی برکه و همکاران ۶۱

شکل ۴-۱ سامانه هیدرولیک طراحی شده ۱۰۴

شکل ۴-۲ جک های هیدرولیک طراحی شده ۱۰۶

شکل ۴-۳ حمام روغن برای تنظیم دمای سامانه ۱۰۷

شکل ۴-۴ سامانه کنترل دما و فشار ۱۰۸

شکل ۴-۵ طرح کلی آزمایش های تزریق گاز دی اکسید کربن ۱۰۸

شکل ۴-۶ دستگاه تزریق گاز ساخته شده برای آزمایش ۱۰۹

شکل ۵-۱ مدلسازی رسوب آسفالتین و رزین بر حسب درصد مولی دی اکسید کربن تزریق شده (نمونه اول) ۱۲۳

شکل ۵-۲ منحنی تغییرهای گرانروی سینماتیک بر حسب غلظت بازدارنده های استفاده شده در نمونه اول ۱۲۴

شکل ۵-۳ تغییرهای کسر حجمی موثر ذره های پراکنده با اضافه کردن بازدارنده به نمونه نفت ۱۲۸

شکل ۵-۴ مدلسازی رسوب آسفالتین و رزین بر حسب درصد مولی دی اکسید کربن تزریق شده (نمونه اول) به همراه ۶٫۸٪ وزرنی بازدارنده کوکونات دی اتانول آمید ۱۲۹

شکل ۵-۵ مدلسازی رسوب کلی بر حسب درصد مولی دی اکسید کربن تزریق شده (نمونه اول) به همراه ۶٫۸٪ وزرنی بازدارنده کوکونات دی اتانول آمید ۱۲۹

شکل ۵-۶ مدلسازی رسوب آسفالتین و رزین بر حسب درصد مولی دی اکسید کربن تزریق شده (نمونه دوم) ۱۳۱

شکل ۵-۷ توزیع اندازه ذره ها در غلظت های مشخص بازدارنده برای نفت دوم ۱۳۱

شکل ۵-۸ مدلسازی رسوب آسفالتین و رزین بر حسب درصد مولی دی اکسید کربن تزریق شده (نمونه دوم) به همراه ۵٪ وزرنی بازدارنده کوکونات دی اتانول آمید ۱۳۲

شکل ۵-۹ مقایسه میزان رسوب در حضور و عدم حضور بازدارنده را نشان می دهد ۱۳۳

شکل ۵-۱۰ مدلسازی رسوب آسفالتین و رزین بر حسب درصد مولی دی اکسید کربن تزریق شده (نمونه سوم) ۱۳۴

شکل ۵-۱۱ مدلسازی رسوب آسفالتین و رزین بر حسب درصد مولی دی اکسید کربن تزریق شده (نمونه چهارم) ۱۳۵

شکل ۵-۱۲ مدلسازی رسوب آسفالتین و رزین بر حسب درصد مولی دی اکسید کربن تزریق شده (نمونه پنجم) ۱۳۷

شکل ۵- ۱۳ مدلسازی رسوب کل بر حسب درصد مولی دی اکسید کربن تزریق شده (نمونه پنجم) ۱۳۷

شکل ۵-۱۴ نمودار فازی و تغییرهای نقطه بحرانی در هنگام تزریق گاز (نمونه نفت دوم) ۱۳۹

شکل ۵-۱۵ نمودار فازی و تغییرهای نقطه بحرانی در هنگام تزریق گاز (نمونه نفت سوم) ۱۳۹

شکل ۵-۱۶ نمودار فازی و تغییرهای نقطه بحرانی در هنگام تزریق گاز (نمونه نفت چهارم) ۱۴۰

شکل الف-۱ مقایسه نمودار ترسیم شده ضریب تراکم پذیری در $N_A = 5$ و مقدار تخمین زده شده برای ثابت $C = 0.57$ در معادله تخمینی ۱۷۰ ۱۵۶

شکل الف-۲ مقایسه نمودار ترسیم شده ضریب تراکم پذیری در $N_A = 100$ و مقدار تخمین زده شده برای ثابت $C = 0.46$ در معادله تخمینی ۱۵۶

علایم و نشانه ها

P	فشار
V	حجم
T	دما
P_c	فشار بحرانی
V_c	حجم بحرانی
T_c	دمای بحرانی
ω	ضریب بی مرکزی
R	ثابت گازها
Γ	تابع توزیع
ω	معرف قانون رسوب
ξ	تعداد کاهیده ذره های موجود در شبکه
s	تعداد ذره ها
α, β	پارامترهای توابع توزیع
M_{ai}	جرم ملکولی زیر گروه i ام آسفالتین
C	ثابت نرمالیزاسیون
a, c	ثوابت تابع توزیع
$\overline{M}_A$	جرم ملکولی متوسط آسفالتین ها
M_{A_0}	جرم ملکولی مینیمم آسفالتین