

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی شیمی
پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی
گرایش مخازن هیدروکربوری

تشخیص پدیده انسداد میعانی در مخازن گاز میعانی با استفاده از چاه آزمایشی

استادان راهنما :

دکتر مهین شفیعی

دکتر امیر صرافی

استاد مشاور :

دکتر عبدالنبی هاشمی

استاد مشاور صنعتی :

مهندس اقبال مطاعی

مؤلف :

ایمان قاضی نیا

شهریور ماه ۱۳۹۰



این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

گروه مهندسی شیمی

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: ایمان قاضی نیا

استادان راهنما: دکتر مهین شفیعی – دکتر امیر صرافی

استاد مشاور: دکتر عبدالنبی هاشمی

داور ۱: دکتر محمد رنجبر

داور ۲: دکتر علی محبی

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده:

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

تقدیریم به

تمام کسانی که در قلبم جاودانه‌اند.

و

زنده یاد مهندس افضل‌ی پور بنیانگذار دانشگاه شهید باهنر کرمان.

تشکر و قدردانی

سپاس خدایی را که در گذر از تمام مراحل و مشکلات زندگی یار و یاور ماست و بهترین هدایت گر اوست. در اینجا قبل از هرکس از استادان دلسوز، سخت کوش و پرتلاشم سرکار خانم دکتر مهین شفیعی، آقای دکتر امیر صرافی، آقای دکتر عبدالنبی هاشمی و آقای مهندس اقبال مطاعی که افتخار شاگردی ایشان را دارم و طی انجام این مجموعه با راهنمایی‌های روشن‌گرانه خود مدد رسان اینجانب در حل بسیاری از مشکلات بوده‌اند، کمال قدردانی و تشکر را دارم.

با تشکر از دکتر محمد رنجبر و دکتر علی محبی که زحمت مطالعه و داوری این پایان نامه را بر خود هموار نمودند.

همچنین بر خود لازم می‌دانم از کمک‌ها و زحمات آقایان مهندس ظهراب دستخوان، مهندس صادق فتح الهی، مهندس بهمن ماسوری، مهندس محمود گودرزی و مهندس مجید اندایش که در انجام این تحقیق از هیچگونه کمکی به اینجانب دریغ نرزیده‌اند تشکر و قدردانی نمایم.

چکیده

آنالیزهای منتشر شده از چاه آزمایشی در مخازن گاز میعانی، هنگامی که فشار کمتر از فشار نقطه شبنم می باشد معمولاً بر مبنای یک مدل شعاعی دو فازی مطرح می شوند که عبارت است از ناحیه تشکیل توده میعانی در اطراف چاه و ناحیه دورتر از چاه که همان ترکیب اولیه گاز را داراست. از طرفی مطالعات آزمایشگاهی مویید وجود سه ناحیه با حرکت^۱ مختلف است: (۱) ناحیه بسیار دور از چاه با درجه اشباع اولیه مایع. (۲) ناحیه نزدیکتر به چاه با افزایش ناگهانی درجه اشباع مایع و کاهش قابلیت حرکت گاز. (۳) ناحیه اطراف دیواره چاه که دارای ثابت مویینگی^۲ بالا و در نتیجه تراوایی نسبی بالای گاز است که باعث جبران قسمت اعظم کاهش قابلیت حرکت گاز بدلیل پدیده انسداد میعانی می شود. در این تحقیق وجود این نواحی بوسیله شبیه سازی و چاه آزمایشی بررسی و تفسیر نتایج آزمایشات چاه آزمایشی حاصل از شبیه سازی و نتایج آزمایشات واقعی چند چاه تولیدی گاز میعانی ارایه شد که مویید مشکل بودن تشخیص این نواحی بدلیل تاثیر توزیع دوباره فازی^۳ در آزمایشات خیز فشار^۴ و کاهش فشار^۵ است. بدین منظور پس از ساختن یک مدل مخزن گاز میعانی بوسیله نرم افزار Eclipse 300 و شبیه سازی چند آزمایش کاهش فشار و خیز فشار، از نتایج این آزمایشات در نرم افزار Pansys استفاده شد تا رفتار شبیه سازی شده یک مخزن گاز میعانی بررسی شود. سپس از نتایج حاصل از آزمایشات چاه آزمایشی واقعی در چاههای یکی از مخازن گاز میعانی کشور استفاده و بوسیله نرم افزار Pansys تفسیر گردید.

بدین ترتیب مقایسه ای میان نتایج چاه آزمایشی در یک مخزن شبیه سازی شده و یک مخزن واقعی انجام و رفتار فازی نزدیک دیواره چاه در مخازن گاز میعانی بوسیله چاه آزمایشی و شبیه سازی بررسی گردید. میزان تراوایی مخزن در مدل، چاه آزمایشی حاصل از شبیه سازی، چاه آزمایشی چاه شماره ۱ و ۲ بترتیب ۵، ۴/۷۰۱، ۴/۸۵۲ و ۵/۱۰۲ می باشد که تطابق مناسبی بین نتایج مشاهده می شود. در نتیجه نتایج آزمایشات واقعی مخزن، نتایج حاصل از شبیه سازی را تایید نمود.

واژه های کلیدی: چاه آزمایشی، مخازن گاز میعانی، انسداد میعانی، توزیع دوباره فازی

¹ Mobility

² Capillary number

³ Phase redistribution

⁴ Build up

⁵ Draw down

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول : مقدمه
۲	(۱-۱) مقدمه
۳	(۲-۱) تاریخچه
۸	(۳-۱) تاثیر دینامیک ستون چاه
۹	(۴-۱) هدف از انجام پایان نامه
۱۰	فصل دوم : مبانی نظری
۱۱	(۱-۲) مقدمه
۱۱	(۲-۲) رفتار فازی مخازن گاز میعانی
۱۱	(۱-۲-۲) خصوصیات سیال گاز میعانی
۱۴	(۲-۲-۲) مدل کردن سیالات گاز میعانی
۱۵	(۳-۲) رفتار جریان مخازن گاز میعانی
۱۵	(۱-۳-۲) پارامترهای مؤثر بر جریان در مخازن گاز میعانی
۱۶	(۲-۳-۲) تراوایی نسبی نزدیک بحرانی
۱۷	(۳-۳-۲) تاثیر عدد موئینگی
۱۸	(۱-۳-۳-۲) روش تابع کوری
۱۹	(۲-۳-۳-۲) روش میانمایی
۲۰	(۴-۳-۲) تاثیر جریان غیر داری
۲۱	(۵-۳-۲) ترکیب اثر عدد موئینگی و جریان غیر داری بر رفتار نزدیک چاه در مخازن گاز میعانی
۲۲	(۴-۲) چاه آزمایشی در مخازن گاز میعانی
۲۳	(۱-۴-۲) شبه فشار تک فازی
۲۴	(۲-۴-۲) رژیم های جریانی
۲۷	(۳-۴-۲) شبه فشار دو فازی
۲۸	(۱-۳-۴-۲) شبه فشار پایدار برای آزمایشات کاهش فشار
۲۹	(۲-۳-۴-۲) شبه فشار پایدار برای آزمایشات خیز فشار
۲۹	(۳-۳-۴-۲) شبه فشار سه ناحیه ای برای آزمایشات کاهش فشار
۳۲	(۴-۳-۴-۲) شبه فشار سه ناحیه ای برای آزمایشات خیز فشار

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۳	۲-۴-۴) تأثیر ضریب پوسته.....
۳۶	۲-۴-۵) مشکلات چاه آزمایشی مخازن گاز میعانی.....
۴۱	فصل سوم: روش تحقیق
۴۲	۳-۱) استفاده از داده‌های تولید شده توسط شبیه‌ساز.....
۴۶	۳-۲) آنالیز چاه آزمایشی داده‌های واقعی در یکی از مخازن گاز میعانی کشور.....
۴۷	فصل چهارم: ارائه نتایج و تحلیل یافته‌ها
۴۸	۴-۱) نتایج شبیه‌سازی.....
۵۲	۴-۱-۱) نمودار تغییر پارامترهای چاه در طول شبیه‌سازی.....
۵۸	۴-۱-۲) شرایط اولیه مخزن.....
۶۰	۴-۱-۳) شماتیک تغییر پارامترهای مخزن در طول شبیه‌سازی.....
۶۵	۴-۱-۴) تفسیر چاه آزمایشی نتایج حاصل از شبیه‌سازی.....
۶۹	۴-۲) تفسیر چاه آزمایشی نتایج آزمایشات واقعی.....
۷۰	۴-۲-۱) تفسیر چاه آزمایشی آزمایش چاه شماره یک.....
۷۳	۴-۲-۲) تفسیر چاه آزمایشی آزمایش چاه شماره دو.....
۷۶	۴-۳) جمع بندی.....
۷۷	فصل پنجم: نتیجه گیری نهایی و پیشنهادات
۷۹	منابع و مآخذ

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۴.....	شکل ۱-۱: پروفایل اشباع میعانات در مخزن.....
۸.....	شکل ۲-۱: آنالیز چاه آزمایشی تک فازی و دوفازی در مخازن گاز میعانی.....
۱۲.....	شکل ۱-۲: نمودار دما/فشار برای سیال گاز میعانی با ترکیب ثابت.....
۱۳.....	شکل ۲-۲: اثر تغییر در ترکیب سیال گاز میعانی به مرور زمان بر روی نمودار فازی.....
۲۵.....	شکل ۳-۲: شماتیک رفتار جریان‌ی یک سیستم گاز میعانی.....
۲۶.....	شکل ۴-۲: مدل‌های چاه آزمایشی دو ناحیه‌ای و سه ناحیه‌ای ترکیبی شعاعی چاه‌های عمودی.....
۳۴.....	شکل ۵-۲: شماتیک ضریب پوسته مثبت.....
۳۴.....	شکل ۶-۲: شماتیک ضریب پوسته منفی.....
۳۸.....	شکل ۷-۲: تاثیر نیروی موینگی در یک گاز سبک.....
۳۸.....	شکل ۸-۲: تاثیر نیروی موینگی در یک گاز غنی.....
۳۹.....	شکل ۹-۲: تاثیر نوع سیال.....
۳۹.....	شکل ۱۰-۲: تاثیر درجه اشباع بحرانی بر یک گاز غنی بدون در نظر گرفتن نیروی موینگی.....
۴۰.....	شکل ۱۱-۲: تاثیر دبی تولید بر یک گاز سبک بدون در نظر گرفتن نیروی موینگی.....
۴۰.....	شکل ۱۲-۲: تاثیر دبی تولید بر یک گاز سبک با در نظر گرفتن نیروی موینگی.....
۴۴.....	شکل ۱-۳: داده‌های میعان تولید شده در برابر فشار در آزمایش انبساط اجزاء ثابت.....
۴۴.....	شکل ۲-۳: داده‌های میعان تولید شده در برابر فشار در آزمایش تخلیه در حجم ثابت.....
۴۵.....	شکل ۳-۳: داده‌های تراکم‌پذیری دوفازی.....
۴۵.....	شکل ۴-۳: منحنی نفوذپذیری نسبی میعان و گاز در مخزن همگن.....
۵۴.....	شکل ۱-۴: تغییرات فشار در بلوک (۱ ۱ ۱).....
۵۴.....	شکل ۲-۴: تغییرات اشباع میعان در بلوک (۱ ۱ ۱).....
۵۵.....	شکل ۳-۴: تغییرات فشار در بلوک (۸۰ ۱ ۱).....
۵۵.....	شکل ۴-۴: تغییرات اشباع میعان در بلوک (۸۰ ۱ ۱).....
۵۶.....	شکل ۵-۴: تغییرات فشار چاه.....

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۴-۶: تغییرات دبی چاه	۵۶
شکل ۴-۷: تولید انباشتی چاه	۵۷
شکل ۴-۸: تغییرات دبی میعان تولیدی چاه	۵۷
شکل ۴-۹: اندازه بلوک‌ها در جهت شعاع	۵۸
شکل ۴-۱۰: توزیع تراوایی در جهت شعاع	۵۹
شکل ۴-۱۱: توزیع تخلخل در جهت شعاع	۵۹
شکل ۴-۱۲: تراوایی نسبی گاز در ابتدای شبیه‌سازی	۶۲
شکل ۴-۱۳: تراوایی نسبی گاز در انتهای شبیه‌سازی	۶۲
شکل ۴-۱۴: تراوایی نسبی میعان در ابتدای شبیه‌سازی	۶۳
شکل ۴-۱۵: تراوایی نسبی میعان در انتهای شبیه‌سازی	۶۳
شکل ۴-۱۶: اشباع میعان در ابتدای شبیه‌سازی	۶۴
شکل ۴-۱۷: اشباع میعان در انتهای شبیه‌سازی	۶۴
شکل ۴-۱۸: تغییرات فشار و دبی تولید در آزمایشات شبیه‌سازی شده	۶۷
شکل ۴-۱۹: تغییرات فشار-زمان در آزمایش خیز فشار چهارم شبیه‌سازی شده	۶۸
شکل ۴-۲۰: نمودار semi log در آزمایش خیز فشار چهارم شبیه‌سازی شده	۶۸
شکل ۴-۲۱: نمودار log-log در آزمایش خیز فشار چهارم شبیه‌سازی شده	۶۹
شکل ۴-۲۲: تغییرات فشار و دبی تولید در آزمایش چاه شماره یک	۷۱
شکل ۴-۲۳: تغییرات فشار-زمان در آزمایش کاهش فشار چاه شماره یک	۷۲
شکل ۴-۲۴: نمودار semi log در آزمایش کاهش فشار چاه شماره یک	۷۲
شکل ۴-۲۵: نمودار log-log در آزمایش کاهش فشار چاه شماره یک	۷۲
شکل ۴-۲۶: تغییرات فشار و دبی تولید در آزمایش چاه شماره دو	۷۴
شکل ۴-۲۷: تغییرات فشار-زمان در آزمایش کاهش فشار چاه شماره دو	۷۵
شکل ۴-۲۸: نمودار semi log در آزمایش کاهش فشار چاه شماره دو	۷۵
شکل ۴-۲۹: نمودار log-log در آزمایش کاهش فشار چاه شماره دو	۷۵

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۴۶.....	جدول ۳-۱ پارامترهای مورد نیاز برای ارزیابی مدل.....
۵۱.....	جدول ۴-۱ ترکیب نهایی سیال استفاده شده در شبیه سازی.....
۶۵.....	جدول ۴-۲: مشخصات مخزن در آزمایش شبیه سازی شده.....
۶۶.....	جدول ۴-۳: مشخصات لایه در آزمایش شبیه سازی شده.....
۶۶.....	جدول ۴-۴: مشخصات چاه در آزمایش شبیه سازی شده.....
۶۶.....	جدول ۴-۵: مشخصات سیال در آزمایش شبیه سازی شده.....
۶۶.....	جدول ۴-۶: تغییرات دبی و فشار با زمان در آزمایش شبیه سازی شده.....
۷۰.....	جدول ۴-۷: مشخصات مخزن در آزمایش چاه شماره یک.....
۷۰.....	جدول ۴-۸: مشخصات لایه در آزمایش چاه شماره یک.....
۷۰.....	جدول ۴-۹: مشخصات چاه در آزمایش چاه شماره یک.....
۷۰.....	جدول ۴-۱۰: مشخصات سیال در آزمایش چاه شماره یک.....
۷۱.....	جدول ۴-۱۱: تغییرات دبی و فشار با زمان در آزمایش چاه شماره یک.....
۷۳.....	جدول ۴-۱۲: مشخصات مخزن در آزمایش چاه شماره دو.....
۷۳.....	جدول ۴-۱۳: مشخصات لایه در آزمایش چاه شماره دو.....
۷۳.....	جدول ۴-۱۴: مشخصات چاه در آزمایش چاه شماره دو.....
۷۳.....	جدول ۴-۱۵: مشخصات سیال در آزمایش چاه شماره دو.....
۷۴.....	جدول ۴-۱۶: تغییرات دبی و فشار با زمان در آزمایش چاه شماره دو.....
۷۶.....	جدول ۴-۱۷: تراوایی بکار رفته در شبیه‌ساز و محاسبه شده در آزمایشات.....

فصل اول

مقدمه



۱-۱ مقدمه

مخازن گاز میعانی رفتار پیچیده ای از خود نشان می دهند که بدلیل وجود دو فاز گاز و توده میعانی می باشد. با تشکیل توده میعانی (هنگامی که فشار چاه تولیدی زیر فشار نقطه شبنم می افتد) مشکلات زیر پیش خواهد آمد [۱]:

- کاهش جبران ناپذیر توان تولیدی چاه

- تولید گاز کم ارزش تر

- انسداد میعانی در خطوط لوله.

در نتیجه طی چهل سال گذشته تعداد زیادی پروژه های آزمایشگاهی، مطالعاتی و میدانی بمنظور شناخت رفتار جریان میعانی انجام شده است. بر اساس این تحقیقات، هنگامی که فشار جریان درون چاهی از فشار نقطه شبنم کمتر شود، پدیده میعان معکوس رخ می دهد که باعث تشکیل سه ناحیه با درجه اشباع مایع متفاوت در اطراف چاه می گردد. ناحیه بسیار دور از چاه، دارای درجه اشباع اولیه مایع می باشد. در ناحیه نزدیکتر، افزایش ناگهانی درجه اشباع مایع و کاهش قابلیت حرکت گاز مشاهده می شود. مایع موجود در این ناحیه ساکن است. با نزدیکتر شدن به چاه، درجه اشباع مایع از یک نقطه بحرانی بیشتر شده و هر دو فاز گاز و مایع جریان دارند (میعان تشکیل شده در اثر افت فشار، به سمت چاه جریان می یابد). همچنین ممکن است ناحیه چهارمی نیز در مجاورت چاه وجود داشته باشد که بدلیل وجود نیروهای کشش سطحی پایین در دبی تولیدی بالا، درجه اشباع مایع کاهش و قابلیت حرکت گاز افزایش می یابد. نواحی اول، سوم و چهارم بصورت نواحی با تراوایی متفاوت در چاه آزمایی دیده می شوند. وجود ناحیه چهارم از آنجا اهمیت دارد که کاهش توان تولیدی بدلیل تشکیل میعانات گازی، در این ناحیه تا حدودی جبران می شود. این پدیده که باریکه سرعت^۶ نام دارد را می توان از داده های آزمایشگاهی و یا شبیه سازی عددی اقتباس نمود اما تاکنون هرگز چنین مشاهداتی از داده های چاه آزمایی به چاپ نرسیده است [۱].

⁶ Velocity Stripping

۲-۱ تاریخچه

تاکنون مطالعات زیادی در خصوص بهره دهی چاه ها در مخازن گاز میعانی صورت گرفته است. در مخازن گاز میعانی با افت فشار اطراف چاه به زیر نقطه شبنم و تشکیل میعانات در اطراف آنها، ضریب بهره دهی کاهش می یابد [۱].

موسکات^۷ در سال ۱۹۴۹ بازگردانی گاز را برای حل مشکل تشکیل میعانات در اطراف چاه مطرح کرد. وی روش ساده ای را برای تخمین شعاع توده میعانی به صورت تابعی از زمان، دبی گاز تولیدی و خواص سنگ و سیال معرفی کرد [۲].

ناویل^۸ و نیازف^۹ در سال ۱۹۶۵ اولین کسانی بودند که به صورت عددی به مدلسازی چاه های گاز میعانی پرداختند. آنها نشان دادند که تشکیل میعانات در اطراف چاه باعث کاهش تولید چاه می شود. آنها بیان کردند موقعی که درصد اشباع میعانات تشکیل شده به مقدار بحرانی خود می رسد سه ناحیه در اطراف چاه در مخزن پدید می آید [۳].

هنگامی که فشار ته چاهی به زیر فشار نقطه شبنم برسد سه ناحیه با قابلیت تحرك متفاوت در اطراف چاه تولیدی به صورت زیر وجود خواهد داشت [۴]:

ناحیه ۳: ناحیه بیرونی (دور از چاه) که در آن فشار بالاتر از فشار نقطه شبنم است. در این ناحیه گاز به صورت تک فاز حضور خواهد داشت.

ناحیه ۲: ناحیه میانی که در آن فشار مخزن به فشار نقطه شبنم رسیده و دو فاز شامل گاز و مایع در کنار یکدیگر حضور خواهد داشت، اما میزان درصد اشباع مایع کمتر از درصد اشباع بحرانی آن است. بنابراین مایع در این ناحیه غیر متحرك است. در قسمت انتهایی و بیرونی این ناحیه، اولین قطرات کوچک مایع تشکیل می شوند. درصد اشباع مایع تشکیل شده در این ناحیه به سرعت افزایش می یابد و تراوایی نسبی گاز مطابق با آن رو به کاهش می نهد. اما در این ناحیه فقط فاز گاز متحرك است. اجزای سنگین تر و متوسط در فاز مایع در طول محدوده این ناحیه تجمع می یابند و در نتیجه ترکیب گاز تغییر یافته و گاز تولیدی رقیق و رقیقتر میگردد.

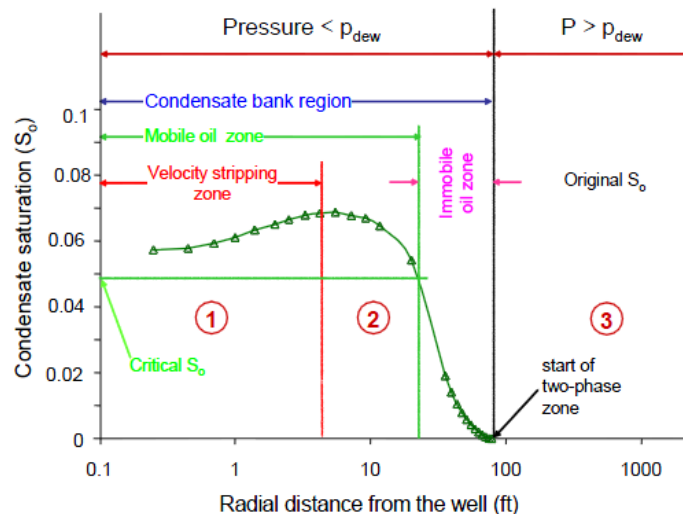
ناحیه ۱: این ناحیه در واقع درونی ترین ناحیه اطراف چاه و نزدیکترین ناحیه به چاه است که در آن درصد اشباع مایع بیشتر از درصد اشباع بحرانی است و هر دو فاز مایع و گاز متحركند. در این ناحیه

⁷ Muskat

⁸ Naville

⁹ Kniazeff

جریان کلی مایع و گاز در هر نقطه و تحت شرایط فشار کمتر از فشار نقطه شبنم معادل جریان تک فازی سیال در ناحیه دو است. یعنی ترکیب مجموع سیالات جریانی در کل این ناحیه ثابت است. شکل ۱-۱ شماتیکی از این سه ناحیه را نمایش می دهد:



شکل ۱-۱: پروفایل اشباع میعانات در مخزن [۴]

اودل^{۱۰} و میلر^{۱۱} در سال ۱۹۶۵ نظریه حالت پایا را برای رفتار جریانی گاز و میعانات در اطراف چاه های مخازن گاز میعانی پیشنهاد نمودند که مبتنی بر معادله دبی گاز با استفاده از تابع شبه فشار بوده است. بر اساس همین نظریه، در درصد مشخصی از اشباع میعانات، مجموع دبی گاز و مایع در هر نقطه در فشار کمتر از فشار نقطه شبنم در ناحیه ۱ معادل دبی جریان تک فازی خروجی از ناحیه ۲ است و سرعت دو فاز مایع و گاز تحت این شرایط برابرند. در این وضعیت، رابطه بین تراوایی نسبی گاز و مایع به صورت زیر تعریف میشود [۵]:

$$\frac{K_{rv}}{K_{rl}} = \frac{v_v \mu_v}{v_l \mu_l} \quad (1-1)$$

در معادله فوق K_{rl} و K_{rv} تراوایی نسبی مربوط به فازهای گاز و مایع هستند. V_l و V_v کسرهای گاز و مایع مربوط به انبساط هم دما با ترکیب ثابت هستند و μ_l و μ_v نیز به ترتیب گرانیوی فاز گاز و مایع هستند. معادله فوق معادله پایه برای محاسبه شبه فشار دو فازی است.

اودل و میلر با فرض مساوی بودن سرعت دو فاز مایع و گاز در شرایط حالت پایا و رابطه اصلاح شده دارسی برای جریان شعاعی، رابطه زیر را برای محاسبه جریان دو فازی بر حسب جریان فاز گاز

¹⁰ Odell
¹¹ Miller

مطرح کردند [۵]:

$$q = \frac{Ckh(K_{rv}/V_v z \mu)(P_e^2 - P_w^2)}{T \ln \frac{r_e}{r_{we}}} \quad (2-1)$$

در این معادله q معرف دبی کلی جریان، k تراوایی مطلق، h ضخامت مفید لایه، P_e فشار در مرز خارجی، P_w فشار ته چاه، Z ضریب انحراف گاز از حالت ایده ال، T دمای مخزن، μ گرانیوی، C ضریب تبدیل، r_e شعاع مرز خارجی مخزن، r_{we} شعاع موثر چاه، V_v کسر حجمی مایع مربوط به انبساط هم دما با ترکیب ثابت و K_{rv} تراوایی نسبی مربوط به فاز گاز می باشد.

گاندوین^{۱۲} و همکاران در سال ۱۹۶۷ سهم مهمی در درک باز دهی چاه های گاز میعانی ایفاد کردند. آنها تحقیقات انجام شده توسط ناویل و نیازف را با استفاده از شبیه سازی جریان شعاعی نفت سیاه توسعه داده و اهمیت تشکیل میعانات در اطراف چاه و اثر جریان غیر داری را در عملکرد مخزن گاز میعانی نشان دادند. آنها همچنین روش های اندازه گیری آزمایشگاهی برای تعیین کمیتهای اثر تراوایی نسبی و جریان چند فازی غیر داری ارائه دادند [۶].

روبوک^{۱۳} و همکاران در سال ۱۹۶۹ اولین مدل های مربوط به جریان یک بعدی خطی، یک بعدی شعاعی و دو بعدی ترکیبی را که به بررسی جریان تک جزئی مبتنی بر انتقال جرم بین فازها (که بوسیله تعادل فازی مطرح شده بود) توسعه دادند. مدل آنها جریان هر جزء هیدروکربنی و آب را به عنوان تابعی از زمان و مکان محاسبه می کرد. مدل دو بعدی ترکیبی برای محاسبه عملکرد چاه های مخازن گاز میعانی با ترکیب سیال غنی استفاده می شد. البته مدت پیش بینی در مدل مذکور بسیار کوتاه بود (حدود ۶ ساعت) و از این رو نتایج غیر واقعی از این مطالعه استنباط می شد. نتایج، تجمع میعانات تشکیل شده در اطراف چاه را موقعی که فشار به زیر فشار نقطه شبنم می رسید نشان نمی داد [۷].

فوسل^{۱۴} در سال ۱۹۷۳ از مدل یک بعدی شعاعی توسعه یافته توسط روبوک و همکاران در سال ۱۹۶۹ برای مطالعه عملکرد سیستم تک چاهی برای مدت زمان طولانی در سه نوع مخازن گاز میعانی استفاده کرد. وی متوجه شد که در معادله موازنه مواد هنگامی که فاصله شبکه ها نامساوی باشد خطای بزرگی در مدل روبوک اتفاق می افتد. او مدل را به یک مدل قابل کاربرد برای حالتی که فاصله شبکه ها یکسان نباشد تبدیل کرد. او سپس مدل ترکیبی اصلاح شده خود را با استفاده از حلهای تحلیلی

¹² Gondouin

¹³ Roebuck

¹⁴ Fussel

برای سیستم تک چاهی موقعی که سیستم همگن و حاوی گاز خشک باشد چک نمود. او به این نتیجه رسید که مدل اصلاح شده به طور موفقیت آمیزی تجمع میعانات تشکیل شده را در موقعی که فشار در اطراف چاه به زیر فشار نقطه شبنم می رسد نشان می دهد. او بیان کرد که درصد اشباع میعانات تشکیل شده در اطراف چاه بسیار بیشتر از مقدار اندازه گیری شده از طریق آزمایش تخلیه در حجم ثابت است. او نیز مقادیر محاسبه شده توسط مدل مذکور را با مقادیر محاسبه شده توسط روش وضعیت پایدار پیشنهاد شده بوسیله اودل و میلر مقایسه کرد. مقایسه ها نشان داد که روش وضعیت پایدار امکان محاسبه دقیق فاصله در مخزن را موقعی که درصد بالا از اشباع میعانات تشکیل شده وجود داشته باشد ندارد [۸].

هینچمان^{۱۵} و باری^{۱۶} در سال ۱۹۸۵ از شبیه ساز یک بعدی برای مطالعه درصد اشباع میعانات تشکیل شده در نزدیکی چاه و نیز تراوایی نسبی استفاده کردند. آنها نتیجه گرفتند تراوایی نسبی پارامتر بسیار حساسی برای بهره دهی چاه های گاز میعانی است و همچنین داده های تراوایی نسبی حاصل از تخلیه طبیعی منجر به محاسبه بسیار بدبینانه بهره دهی می شود. بنابراین نمودار های تراوایی نسبی آشام باید در شبیه سازهای ترکیبی مخازن گاز میعانی استفاده شوند. آنها همچنین ادعا کردند شرایط سطحی سیال گاز میعانی اثری بر روی تشکیل مایع در مخزن تا زمانی که فشار به کمتر از نقطه شبنم نرسیده، ندارد [۹].

فیوانگ^{۱۷} و ویتسون^{۱۸} در سال ۱۹۹۵ وجود یک، دو یا سه ناحیه جریانی پیشنهاد شده توسط ناویل و نیازف را تایید کردند. آنها نشان دادند که وجود این نواحی بستگی به مقدار فشار جریانی ته چاه و فشار مخزن دارد و اندازه هر ناحیه در مخزن در حال تخلیه با تابعی از زمان تغییر می کند. آنها خواص رفتار فازی در هر ناحیه را مورد بحث قرار دادند. آنها بیان کردند که رفتار ناحیه یک شبیه به رفتار سیال در آزمایش انبساط با ترکیب ثابت بوده در حالیکه که ناحیه دو رفتاری شبیه به آزمایش تخلیه در حجم ثابت را دارد. آنها استدلال کردند که چاه تولیدی دارای ترکیب مشابه جریان تک فازی ورودی به ناحیه یک و خروجی از ناحیه دو را دارا می باشد. بنابراین نسبت گاز به نفت تولیدی باید در سراسر ناحیه یک ثابت بماند [۱۰].

در سال ۲۰۰۰، گرینگارتن^{۱۹} و همکارانش مطالعه ای جامع درباره مخازن گاز میعانی و روش های

¹⁵ Hinchman

¹⁶ Barree

¹⁷ Fevang

¹⁸ Whitson

¹⁹ Gringarten

تفسیر چاه آزمایشی در این مخازن انجام دادند [۱].

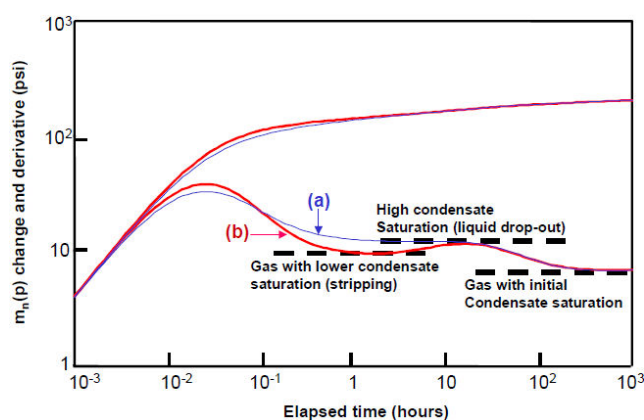
در مخازن گاز میعانی، تفاسیر چاه آزمایشی معمولاً بر روی داده های آزمایش خیز فشار انجام شده است، چون داده های آزمایش کاهش فشار، متاثر از نوسانات دبی تولیدی می باشند (در حالت خاص، دبی تولیدی چاه های گاز میعانی با نوسانات ناشی از جریان میعانات گازی در ستون چاه نیز همراه است). در آنالیزهای چاه آزمایشی از فشار و شبه فشار برای حالت جریانی تک فاز یا دوفازی استفاده می شود. در حالت استفاده از شبه فشار دوفازی که مستلزم اندازه گیری دقیق تراوایی نسبی است (که برای مخازن گاز میعانی به ندرت یافت می شود)، نمودارهای مشتق مشابهی بدست می آید که تنها گویای ضریب پوسته مکانیکی هستند. از طرفی شبه فشار تک فاز در زیر نقطه شبنم، اغلب دارای مشتق های مربوط به مدل های ترکیبی^{۲۰} است. بر این اساس در منحنی a در شکل ۱-۲ وجود دو ناحیه تحرک پذیر نشان داده شده است: ناحیه اول در مجاورت دیواره چاه با تراوایی موثر پایین گاز بخاطر تشکیل میعانات و ناحیه دیگر که دور از چاه است و تنها فاز گاز را شامل می شود و فشار این ناحیه در بالای فشار شبنم می باشد. آنالیز این آزمایشات خیز فشار با مدل ترکیبی دو ناحیه ای، ضریب پوسته کلی و دوفازی (بخاطر انسداد میعانی) را مشخص می سازد. ضریب ناآرام^{۲۱} اغلب با انطباق داده های دبی تولیدی یا آزمایش کاهش فشار با یک شبیه ساز که شامل جریان ناآرام می باشد، تخمین زده می شود (پارامتر β در معادله فورشیمر^{۲۲} بایستی مشخص گردد) [۱].

هیچ داده چاه آزمایشی که نشانگر افزایش تحرک گاز در اطراف چاه (ناحیه چهارم) باشد (نمودار b در شکل ۱-۲) تاکنون انتشار نیافته است. تنها در یک مورد احتمال وجود چنین ناحیه ای در داده های میدانی گزارش شده است. جایی که نویسندگان پدیده باریکه سرعت مایع را در شبیه ساز با داده های آزمایش کاهش فشار میدان بریتانیا انطباق دادند [۱].

²⁰ Composite Model

²¹ Non-Darcy

²² Forcheimer



شکل ۱-۲: آنالیز چاه آزمایشی تک فازی و دوفازی در مخازن گاز میعانی [۱]

۳-۱ تاثیر دینامیک ستون چاه

بررسی داده های میدانی مشخص می کند که یکی از دلایل فقدان چاه آزمایشی های نشان دهنده ناحیه ی چهارم عدم تشخیص دقیق و با اطمینان داده های مربوط به این ناحیه است. حتی اگر چنین داده هایی نیز وجود داشته باشد، باز هم متاثر از توزیع دوباره فازها^{۲۳} خواهند بود. توزیع دوباره فازی هنگامی رخ می دهد که فازهای مختلف در چند جهت مختلف در ستون چاه جریان پیدا کنند. برای مثال می توان به فازهای آب-نفت، گاز-آب، گاز-میعانات گازی و یا نفت-گاز اشاره کرد. این پدیده که در آزمایشات کاهش فشار و خیز فشار وجود دارد، باعث افزایش ضریب ذخیره سازی ستون چاه^{۲۴} می شود. این پدیده با پدیده تغییر فاز متفاوت است که در آزمایش خیز فشار باعث کاهش و در آزمایش کاهش فشار باعث افزایش ضریب ذخیره سازی ستون چاه می شود. تاثیر تغییر فاز در رفتار فشاری معمولاً به زمان های اولیه محدود می شود، در حالی که تاثیر توزیع دوباره فازی در افزایش ذخیره سازی ستون چاه، ممکن است ساعت ها طول بکشد [۱۱].

²³ Phase Redistribution

²⁴ Wellbore Storage Coefficient

۴-۱ هدف از انجام پایان نامه

مخازن گاز میعانی به صورت پایه ای رفتاری متفاوت از مخازن گازی دارند و بهینه سازی تولید هیدروکربنها در اینگونه مخازن، نیازمند آنالیز دقیقی از مخزن می باشد. چاه آزمایشی یکی از روشهای مهندسی در صنعت نفت است که برای فهم بهتری از مخزن می تواند مورد استفاده قرار گیرد. با گذشت مدتهای فراوان از اولین استفاده چاه آزمائی در مهندسی نفت، متاسفانه همچنان در بعضی موارد کمبودهایی در مراجع علمی به چشم می خورد. یکی از این گونه موارد، چاه آزمائی در مخازن گاز میعانی است که تئوری چاه آزمائی در اینگونه مخازن به پیچیدگی هائی همراه است. این مطلب در برخی از حالات مربوط به مخازن میعانی، همانند مخازن شکافدار طبیعی، مخازن با چاه های شکافدار مصنوعی، مخازن با چاه های افقی و مشبک کاری شده و غیره بسیار محسوس تر است. کشور ایران بخش اعظمی از مخازن گازی جهان را دارا می باشد که قسمت عمده ای از آنها بصورت مخازن گاز میعانی هستند. در همین راستا سعی می شود که نتایج چاه آزمائی این مخازن بررسی و مقایسه شوند و به یک نتیجه گیری کلی در مورد رفتار جریانی آنها دست پیدا کرد. بدین منظور پس از ساختن یک مدل مخزن گاز میعانی بوسیله نرم افزار Eclipse 300 و شبیه سازی چند آزمایش کاهش فشار و خیز فشار، از نتایج این آزمایشات در نرم افزار Pansys استفاده می شود تا رفتار شبیه سازی شده یک مخزن گاز میعانی بررسی شود. سپس از نتایج حاصل از آزمایشات چاه آزمائی واقعی در چاههای یکی از مخازن گاز میعانی کشور استفاده شده و بوسیله نرم افزار Pansys تفسیر می شود.

بدین ترتیب مقایسه ای میان نتایج چاه آزمائی در یک مخزن شبیه سازی شده و یک مخزن واقعی انجام می گیرد و رفتار فازی نزدیک دیواره چاه در مخازن گاز میعانی بوسیله چاه آزمائی و شبیه سازی بررسی می گردد.