بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی شیمی

مدلسازی فرایند تزریق بخار در یکی از مخازن کربناته شکافدار نفت سنگین

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی

شیرین محمدی

استاد راهنما

دکتر محمدرضا احسانی

زمستان ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی شیمی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی خانم شیرین محمدی

تحت عنوان

مدلسازی فرایند تزریق بخار در یکی از مخازن کربناته شکافدار نفت سنگین

در تاریخ۹۰/۱۱/۲۴توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱.استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر محمدرضا احسانی
۲.استاد مشاور	دکتر محمد نیکوکار
۳.استاد داور	دکتر نسرین اعتصامی
۴.استاد داور	دکتر مسعود حق‌شناس‌فرد
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکترحمیدزیلویی

تشکر و قدردانی

در اینجا بر خود لازم می دانم از زحمات استاد راهنما و استاد مشاور جناب آقای دکتر احسانی و جناب آقای دکتر نیکوکار که با راهنمایی های خود مرا در پیشبرد این پروژه یاری دادند تشکر و قدردانی کنم. همچنین برخود لازم می-دانم که از سرکار خانم مهندس صحرانورد که همواره مرا در انجام پروژه همراهی کردند،تشکر کنم

تقدیم به مادر و پدر و همسر عزیزم

به خاطر عشق و حمایتشان

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه
(رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست مطالب	هشت
فهرست اشکال	سیزده
فهرست جداول	پانزده
فهرست علائم و اختصارات	هفده
چکیده	۱
فصل اول: مروری بر تحقیقات	
مقدمه	۲
۱-۱-بررسی مخازن شکافدار	۴
۱-۲-مدلسازی مخازن شکافدار	۵
۱-۳-بررسی مکانیسم انتقال نفت در مخازن شکافدار	۹
۱-۴-مطالعه آزمایشگاهی تزریق بخار در مخازن شکافدار	۱۰
۱-۵-مدلسازی ریاضی تزریق بخار در مخازن شکافدار	۱۲
۱-۶-تعیین روابط در مخازن شکافدار	۱۵
۱-۶-۱-تاثیر دما بر تراوایی مخزن	۱۵
۱-۶-۲-تاثیر دما بر فشار موئینگی مخزن	۱۷
۱-۶-۳-تاثیر دما بر ویسکوزیته نفت	۱۷
۱-۶-۴-تولید دی اکسید کربن در مخازن کربناته	۱۸
۱-۷-مدل های تعیین بازده مکانیسم تقطیر بخار	۱۹
۱-۸-مطالعات اخیر در مورد مخازن شکافدار	۲۲
فصل دوم: مکانیسم های تولید در فرآیند تزریق بخار در مخازن شکافدار	
مقدمه	۲۴
۲-۱- فرآیند های ازدیاد برداشت از مخازن نفت سنگین	۲۴
۲-۱-۱-مفاهیم فرآیند ازدیاد برداشت	۲۶
۲-۱-۲-مخازن شکافدار نفت سنگین	۲۷
۲-۲-روش های حرارتی	۲۹
۲-۲-۱-تزریق بخار	۲۹
۲-۲-۲-تزریق متناوب بخار	۲۹
۲-۲-۳- تزریق مداوم بخار	۳۰
۲-۲-۴- روش ریزش ثقلی با بخار	۳۱

۲-۲-۵-احتراق درجا ۳۲
۲-۳-روش های شیمیایی ۳۳
۲-۳-۱-تزریق پلیمر ۳۳
۲-۳-۲-تزریق مواد فعال/پلیمر ۳۴
۲-۳-۳-تزریق مواد آلکالینی ۳۵
۲-۴-تزریق بخارحلال ۳۶
۲-۵-تزریق غیر امتزاجی دی اکسید کربن ۳۸
۲-۶- تزریق امتزاجی دی اکسید کربن ۳۸
۲-۷- تزریق نیتروژن و گاز احتراق ۳۹
۲-۸-تاثیر حرارت بر تغییرات شیمیایی سنگ مخزن و نفت، طی فرآیند تزریق بخار ۳۹
۲-۸-۱-دما ۴۰
۲-۸-۲-ترکیبات معدنی تشکیل دهنده ماتریس ۴۱
۲-۸-۳-اجزای تشکیل دهنده نفت خام ۴۱
۲-۹-تاثیر دما بر خواص فیزیکی سنگ و سیال مخزن ۴۲
۲-۹-۱-ویسکوزیته ۴۲
۲-۹-۲-دانسیته ۴۳
۲-۹-۳-آنتالپی و ظرفیت حرارتی ۴۴
۲-۹-۴-هدایت حرارتی ۴۴
۲-۹-۵-کشش سطحی، ترشوندگی و فشار موئینگی ۴۵
۲-۹-۶-تخلخل و تراوایی سنگ مخزن ۴۵
۲-۱۰-مکانیسم های موثر در تولید نفت در فرآیند تزریق بخار در مخازن غیر شکافدار ۴۶
۲-۱۰-۱-کاهش ویسکوزیته ۴۶
۲-۱۰-۲-تقطیر با بخار ۴۶
۲-۱۰-۳-انبساط حرارتی ۴۷
۲-۱۰-۴-رانش از طریق فاز امتزاج پذیر ۴۷
۲-۱۰-۵ -رانش با گاز محلول ۴۸
۲-۱۰-۶-رانش با امولسیون ۴۸
۲-۱۱-مکانیسم های تولید در فرآیند تزریق بخار در مخازن شکافدار ۴۸
۲-۱۲--مکانیسم های موثر در خروج نفت از میان شبکه ماتریس در طی فرآیند تزریق بخار ۴۹
۲-۱۲-۱-انبساط حرارتی ۴۹
۲-۱۲-۲--نیروی موئینگی ۴۹

۲-۱۲-۳-تولید گاز ۵۰
۲-۱۲-۴-واکنش های شیمیایی ۵۱
۲-۱۲-۵-ریزش ثقلی ۵۱
۲-۱۲-۶-کاهش فشار متناوب ۵۱
۲-۱۲-۷-تولید درجای بخار ۵۲
۲-۱۲-۸-دگرگونی شبکه ماتریس سنگ ۵۲
۲-۱۲-۹-تولید نفت ۵۲
۲-۱۲-۱۰-تقطیرنفت ۵۲
۲-۱۲-۱۱-رانش با گاز محلول ۵۳
۲-۱۲-۱۲-تراکم سنگ مخزن ۵۳
۲-۱۳-مکانیسم های موثر در جابه جایی نفت از میان شبکه شکاف ها به سمت چاه تولید ۵۳
۲-۱۳-۱-کاهش ویسکوزیته μ_o/μ_w ۵۴
۲-۱۳-۲-تغییر تراوایی مطلق و نسبی ۵۴
۲-۱۳-۳-تقطیر بخار ۵۵

فصل سوم:ارزیابی اقتصادی

مقدمه ۵۷
۳-۱-اهمیت ارزیابی اقتصادی ۵۷
۳-۲-بررسی ارزیابی اقتصادی سه مخزن در منطقه ی خاورمیانه ۵۸
۳-۲-۱-تزریق دی اکسید کربن ۵۸
۳-۲-۲- تزریق پلیمر ۵۹
۳-۲-۳-تزریق چرخه ای بخار ۶۰
۳-۲-۴-نتایج برآورد اقتصادی منطقه ی خاورمیانه ۶۰
۳-۳-ارزیابی اقتصادی مخازن نفت درمنطقه ی غرب کانادا ۶۳
۳-۳-۱-اهمیت تولید از مخازن غرب کانادا ۶۳
۳-۳-۲- نتایج برآورد اقتصادی منطقه ی غرب کانادا ۶۷
۳-۳-۳- هزینه های سرمایه گذاری و میزان تولید در پروژهای نفت سنگین کانادا ۶۸
۳-۴-جمع بندی ۷۰

فصل چهارم:بررسی بازده مکانیسم تقطیر بخار با استفاده از شبکه عصبی

مقدمه ۷۱
۴-۱-شبکه عصبی ۷۱
۴-۲- سبک های معماری شبکه های عصبی ۷۳

۴-۳- قواعدیادگیری درشبکه های عصبی..... ۷۵
۴-۴- الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا..... ۷۵
۴-۴-۱- نحوه ی محاسبات ریاضی این الگوریتم پس انتشار خطا..... ۷۶
۴-۵-پیش بینی بازده مکانیسم مکانیسم تقطیر بخار در فرآیند تزریق بخار با استفاده از شبکه عصبی..... ۷۸

فصل پنجم:مدلسازی فرآیند تزریق بخار در مخزن شکافدار

مقدمه..... ۸۳
۵-۱- معادلات اصلی حاکم بر سیستم..... ۸۳
۵-۱-۱ معادله ی موازنه جرم..... ۸۴
۵-۱-۲- معادله ی موازنه انرژی..... ۸۴
۵-۱-۳-معادله ی دارسی..... ۸۴
۵-۱-۴-معادله ی تعادل..... ۸۷
۵-۱-۵-درجه ی اشباع سیالات..... ۸۷
۵-۱-۶-فشار موئینگی..... ۸۸
۵-۲-معادلات کمکی –خواص سنگ و سیال..... ۸۸
۵-۲-۱-دمای اشباع بخار..... ۸۸
۵-۲-۲-وابستگی گرانروی سیالات به دما..... ۸۸
۵-۲-۳-وابستگی چگالی سیال به فشار و دما..... ۹۰
۵-۲-۴-وابستگی ضریب رسانایی گرمایی سازند..... ۹۰
۵-۲-۵-وابستگی انرژی درونی به دما..... ۹۱
۵-۲-۶-وابستگی آنتالپی به دما..... ۹۱
۵-۲-۷-وابستگی تخلخل به فشار..... ۹۱
۵-۲-۸-وابستگی تراوایی های نسبی به درجه ی اشباع سیالات..... ۹۱
۵-۳-روش حل..... ۹۲
۵-۳-۱-گسسته سازی و خطی سازی معادلات..... ۹۳
۵-۳-۲-خطی سازی معادله ی تعادل..... ۹۳
۵-۳-۳-گسسته سازی زمانی..... ۹۴
۵-۳-۴-گسسته سازی مکانی..... ۹۶
۵-۳-۵-ترم تولید و مصرف..... ۹۸
۵-۴-الگوریتم حل..... ۹۹

فصل ششم : بحث و نتیجه گیری

مقدمه..... ۱۰۴

۶-۱-مدلسازی فرآیند تزریق بخار ۱۰۴
۶-۱-۱-مدلسازی تزریق بخار در مخزن غیر شکافدار ۱۰۴
۶-۱-۲-مدلسازی تزریق بخار در مخزن شکافدار ۱۱۱
۶-۱-۳-آنالیز حساسیت در مخزن غیر شکافدار و شکافدار ۱۱۶
۶-۲-مدلسازی فرآیند تزریق بخار درمخزن کوه موند ۱۲۲
۶-۳-مقایسه ی نتایج مدل و نتایج حاصل از ***CMG*** ۱۲۳
۶-۴-شبکه عصبی ۱۲۵
۶-۴-۱-شبکه عصبی تک لایه ۱۲۵
۶-۴-۲-شبکه عصبی دو لایه ۱۳۰
فصل هفتم:نتیجه گیری و پیشنهادات
۷-۱-نتیجه گیری ۱۳۸
۷-۲-پیشنهادات ۱۴۰
مراجع ۱۴۱
پیوست۱-تبدیل واحد ۱۵۵

فهرست اشکال

شکل۲-۱-فرآیندهای ازدیاد برداشت ۲۴
شکل۲-۲-سنگ مخزن شکافدار ۲۶
شکل ۲-۳-روش تزریق پیوسته بخار ۲۸
شکل ۲-۴-شماتیک فرآیند ریزش ثقلی بخار ۳۰
شکل ۲-۵-شماتیک فرایندتزریق بخارحلال ۳۵
شکل۲-۶-تغییرات ویسکوزیته نفت سنگین بر حسب دما ۴۱
شکل۲-۷-مکانیسم های موثر در تولید نفت در فرآیند تزریق بخار ۴۴
شکل۲-۸-تغییر اشباع نفت باقیمانده و اشباع آب همزاد با تغییرات دما ۵۳
شکل۲-۹-مکانیسم تقطیر بخار در فرایند تزریق بخار ۵۴
شکل۳-۱- تقاضای جهانی و اکتشافات میادین نفتی ۵۵
شکل۳-۲-مقایسه روشهای تولید IOR/EOR در جهان ۵۶
شکل۳-۳-تولید نفت از مخازن کانادا ۶۲
شکل۳-۴- میزان تولید از مخازن نفت سنگین بر حسب زمان ۶۴
شکل ۴-۱-شبکه ی عصبی پیش خور چند لایه ۷۱
شکل ۴-۲-شبکه *Multi-Layer Perceptron*تک لایه ۷۲
شکل ۴-۳-نمای کلی شبکه عصبی ۷۶
شکل۵-۱-الگوریتم حل مسئله ۹۸
شکل۵-۲- مخزن غیر شکافدار ۹۹
شکل۵-۳- مخزن شکافدار افقی ۹۹
شکل۶-۱-نتایج حاصل از مدل فوق با نتایج تجری و مدل شاتلر ۱۰۲
شکل۶-۲-مقایسه توزیع دما حاصل از مدل فوق با نتایج تجری و مدل شاتلر ۱۰۲
شکل۶-۳-مقایسه تغییرات میزان بازیافت نفت وSORبر حسب زمان ۱۰۶
شکل۶-۴-میزان نفت و بخار تولیدی از زمان شروع تزریق بخار تا لحظه ی مشخص ۱۰۶
شکل۶-۵-تغییرات اشباع نفت بر حسب پس از تزریق بخار ۱۰۷
شکل۶-۶-مخزن شکافدار افقی ۱۰۸
شکل ۶-۷-تغییرات میزان بازیافت نفت وSORبرحسب زمان در مخزن شکافدار ۱۱۰
شکل ۶-۸-مقایسه میزان بخار و نفت تولیدی بر حسب زمان در مخزن شکافدار ۱۱۱
شکل۶-۹-تغییرات اشباع نفت بر حسب زمان پس از تزریق بخار در مخزن شکافدار ۱۱۱
شکل ۶-۱۰-اثر تغییر فشار تزریق بر برداشت نفت در مخزن عیر شکافدار ۱۱۲
شکل ۶-۱۱-اثر تغییر فشار تزریق بر برداشت نفت درمخزن شکافدار افقی ۱۱۳

شکل ۶-۱۲-اثر تغییر کیفیت بخار بر تولید نفت در مخزن غیر شکافدار..... ۱۱۳
شکل ۶-۱۳-اثر تغییر کیفیت بخار بر تولید نفت در مخزن شکافدار..... ۱۱۴
شکل۶-۱۴-مقایسه تغییرات نفت تولیدی در دو روش تزریق آب گرم و تزریق بخار در مخزن غیر شکافدار.... ۱۱۵
شکل۶-۱۵-مقایسه تغییرات نفت تولیدی در دو روش تزریق آب گرم و تزریق بخار در مخزن شکافدار..... ۱۱۵
شکل ۶-۱۶-اثر تغییر دمای مخزن برتولید نفت در مخزن غیر شکافدار..... ۱۱۶
شکل۶-۱۷-اثر تغییر دمای مخزن برتولید نفت در مخزن شکافدار..... ۱۱۶
شکل۶-۱۸-اثر تغییر موقعیت شکاف بر برداشت نفت در مخزن شکافدار..... ۱۱۷
شکل۶-۱۹-اثر تغییر تراوایی شکاف افقی بر برداشت نفت..... ۱۱۸
شکل۶-۲۰-مقایسه میزان تولید نفت از مخزن کوه موند و مخزن شکافدار افقی ۱۲۱
شکل۶-۲۱-مقایسه ی روش های مختلف تزریق بخار در مخزن کوه موند بر میزان تولید نفت..... ۱۲۲
شکل۶-۲۲-مقایسه تغییرات اشباع نفت باقیمانده در مخزن شکافدار و غیر شکافدار..... ۱۲۳
شکل۶-۲۳-مقایسه نتایج حاصل ازمدل با شبیه ساز CMG در مخزن غیر شکافدار..... ۱۲۴
شکل۶-۲۴-مقایسه نتایج حاصل از مدل با شبیه ساز CMG در مخزن شکافدار..... ۱۲۴
شکل۶-۲۵-مقایسه نتایج شبکه تک لایه با ۴ نرون با نتایج آزمایشگاهی در نرخ های تزریق متفاوت..... ۱۲۶
شکل۶-۲۶-مقایسه نتایج شبکه دو لایه با ۵ نرون با نتایج آزمایشگاهی در نرخ های تزریق متفاوت..... ۱۳۱

فهرست جداول

جدول۱-۱-مقایسه میانگین خطای نسبی میان داده های آزمایشگاهی بازده تقطیر بخار و نتایج شبیه سازی برای ۲۰ نقطه از ۱۸ میدان نفتی ۲۰

جدول۳-۱-خصوصیات مخزن اول ۵۷

جدول۳-۲-هزینه اکتشاف در نواحی مختلف(دلار به ازای هر بشکه نفت) ۵۸

جدول۳-۳-هزینه فرازآوری نفت(دلار به ازای هر بشکه نفت تولید شده) ۵۹

جدول۳-۴-سودآوری پروژه های ازدیاد برداشت در مقایسه با روش های اولیه و ثانویه ۶۰

جدول ۳-۵- میزان نفت درجا و درصد بازیافت از مخازن غرب کانادا ۶۱

جدول ۳-۶- مشخصات مخازن نفت سنگین آلبرتا ۶۲

جدول ۳-۷-هزینه های عملیاتی فرآیند ازدیاد برداشت در مخازن نفت سنگین کانادا در سال ۱۹۹۱ ۶۴

جدول۳-۸-برآورد هزینه ها و میزان تولید از مخازن نفت سنگین کانادا ۶۵

جدول ۴-۱-داده های ورودی آزمایشگاهی ۱۶میدان نفت خام ۷۷

جدول۴-۲-داده های خروجی آزمایشگاهی بازده تقطیر بخار در نرخ های متفاوت تزریق بخار ۷۸

جدول۶-۱- داده های تجربی ویلمن ۱۰۰

جدول۶-۲-خصوصیات مخزن غیر شکافدار و مشخصات بخار تزریقی ۱۰۳

جدول ۶-۳-داده های تراوایی نسبی دوفازی و فشار مویینگی نفت-آب ۱۰۴

جدول۶-۴- داده های تراوایی نسبی دوفازی و فشار مویینگی نفت-گاز ۱۰۵

جدول۶-۵-خصویات مخزن شکافدار افقی و مشخصات بخار تزریقی ۱۰۸

جدول۶-۶-خصوصیات مخزن شکافدار افقی و مشخصات بخار تزریقی کوه موند ۱۱۹

جدول۶-۷-مقایسه مدل و نتایج CMG ۱۲۳

جدول۶-۸-شبکه تک لایه با نرون های متفاوت ۱۲۵

جدول۶-۹-مقادیر یادگیری شبکه عصبی تک لایه ۱۲۷

جدول۶-۱۰-مقادیر یآزمایش شبکه عصبی تک لایه ۱۲۸

جدول۶-۱۱-مقادیر ی اعتباری شبکه عصبی تک لایه ۱۲۹

جدول۶-۱۲-مقادیر عددی وزن ها در لایه خروجی و میانی ،شبکه تک لایه با ۴ نرون ۱۳۰

جدول۶-۱۳-شبکه دو لایه با نرون های متفاوت ۱۳۰

جدول۶-۱۴-مقادیر ی ادگیری شبکه عصبی دو لایه ۱۳۱

جدول۶-۱۵-مقادیر ی آزمایش شبکه عصبی دو لایه ۱۳۲

جدول۶-۱۶-مقادیر ی اعتباری شبکه عصبی دو لایه ۱۳۲

جدول۶-۱۷-مقادیر عددی وزن ها در لایه پنهانی اول..... ۱۳۴
جدول ۶-۱۸-مقادیر عددی وزن ها در لایه پنهانی دوم..... ۱۳۵
جدول ۶-۱۹-مقادیر عددی وزن لایه خروجی..... ۱۳۵
جدول۶-۲۰-مقایسه نتایج آزمایشگاهی و نتایج مدل در نرخ تزریق $V_w/V_{oi} = 10$..... ۱۳۶
جدول۶-۲۱-مقایسه نتایج حاصل از مدل با سایر مدل های ارائه شده..... ۱۳۷

فهرست علائم و اختصارات

مساحت بلوک (ft^2)	A
آنتالپی (Btu/lbm)	H
آنتالپی گاز(بخار) (Btu/lbm)	H_g
آنتالپی نفت (Btu/lbm)	H_o
آنتالپی آب (Btu/lbm)	H_w
فشار (psi)	P
ضریب بهره دهی	PI
دبی حجمی سیال	Q
اشباع فاز i	S_i
اشباع نفت	S_o
اشباع گاز(بخار)	S_g
اشباع آب	S_w
دما $(°F)$	T
دمای سنگ مخزن $(°F)$	T_R
دمای بخار $(°F)$	T_g
انرژی درونی (Btu/lbm)	U
انرژی درونی نفت (Btu/lbm)	U_o
انرژی درونی سنگ مخزن (Btu/lbm)	U_R
انرژی درونی گاز(بخار) (Btu/lbm)	U_g
انرژی درونی آب (Btu/lbm)	U_w
حجم بلوک (ft^3)	V_b
ضریب تبدیل واحد	α_c
ظرفیت گرمایی فاز i	c_i
تراکم‌پذیری سنگ مخزن	c_R
دیفرانسیل $x(ft)$	dx
دیفرانسیل $y(ft)$	dy
دیفرانسیل $z(ft)$	dz
شتاب گرانشی زمین (ft/s^2)	g
ارتفاع (ft)	h

..

تراوایی $(Darcy)$ ..... k

تراوایی نسبی فازi ..... k_{ri}

تراوایی نسبی گاز(بخار) ..... k_{rs}

تراوایی نسبی نفت ..... k_{ro}

نفوذپذیری نسبی آب ..... k_{rw}

ضریب رسانایی گرمایی سازند$(Btu/°\mathrm{F}.ft.day)$ ..... k_H

ضریب رسانایی گرمایی سنگ های مخزن$(Btu/°\mathrm{F}.ft.day)$ ..... $k_{H\ over-burden}$

فشار

فاز$i(psi)$ ..... p_i

فشارموئینگی (psi) ..... p_c

فشار گاز(بخار)(psi) ..... p_s

فشار نفت(psi) ..... p_o

فشار ته چاه(psi) ..... p_{wf}

دبی تبدیل آب به بخار(bbl/day) ..... q_{conv}

دبی گرمایی(Btu/day) ..... q_H

دبی سیال$i(bbl/day)$ ..... q_i

دبی گرمای تلف شده(Btu/day) ..... q_L

زمان(Day) ..... t

سرعت سیال i ..... u_i

یونانی:

ضریب تبدیل واحد ..... β_c

ضریب انبساط گرمایی سیال iدر فشار ثابت$(°\mathrm{F}^{-1})$ ..... β_i

وزن مخصوص$\gamma = \rho g, (psi/ft)$ ..... γ

وزن مخصوص گاز(بخار)(psi/ft) ..... γ_g

وزن مخصوص نفت(psi/ft) ..... γ_o

وزن مخصوص آب(psi/ft) ..... γ_w

عملگر تفاضل زمانی$(\delta T = T^{n+1} - T^n)$ ..... δ

عملگر تفاضل ..... Δ

چگالی فاز$i(lbm/ft^3)$ ..... ρ_i

چگالی فاز iدر دما و فشار مرجع(lbm/ft^3) ..... ρ_{ref}

چگالی گاز(بخار)(lbm/ft^3) ..... ρ_g

چگالی نفت (lbm/ft^3) ..... ρ_o

چگالی سنگ مخزن (lbm/ft^3) ..... ρ_R

چگالی آب (lbm/ft^3) ..... ρ_w

گرانروی فاز $i(cp)$ ..... μ_i

گرانروی گاز(بخار) (cp) ..... μ_g

گرانروی نفت (cp) ..... μ_o

گرانروی آب (cp) ..... μ_w

تخلخل ..... φ

تخلخل اولیه ..... φ_o

پتانسیل $(psi)(\Phi = p - \gamma h)$ ..... Φ

تحرک‌پذیری آب ..... λ_w

تحرک‌پذیری نفت ..... λ_o

تحرک‌پذیری گاز ..... λ_g

گرانروی سینماتیک نفت، $\left(\nu = \frac{\mu}{\rho}\right)$ ..... ν_o

گرانروی سینماتیک نفت در دمای مخزن ..... ν_{oR}

گرانروی سینماتیک نفت در دمای بخار ..... ν_{os}

تراکم‌پذیری همدمای سیال i (psi^{-1}) ..... ζ_i

چکیده

افزایش میزان مصرف نفت، افزایش قیمت جهانی نفت و کاهش منابع عظیم نفتی در چند سال اخیر باعث توجه روزافزون به روشهای تولید از مخازن نفت سنگین و بسیار سنگین شده است. از آنجا که میزان قابل توجهی از این مخازن از نوع شکافدار است وهمچنین برداشت از این مخازن با استفاده از تکنولوژی های متداول به آسانی قابل بهره برداری نمی باشند ونیازمند صرف انرژی،زمان و هزینه ی بالاست، از این رو، شناخت هر چه بیشتر روشهای ازدیاد برداشت از مخازن شکافدار ودست یافتن به جزئیات مربوط به هر کدام از روشها و خصوصا" درک صحیح مکانیسم های موثر در تولید نفت، در انتخاب یک روش مناسب و اقتصادی بسیار موثر است. بنابراین در این پژوهش مدلسازی عددی سه بعدی فرآیند تزریق بخار در یکی از مخازن کربناته شکافدار نفت سنگین انجام شده است. ابتدا مدلسازی مخزن غیر شکافدارانجام شده است سپس صحت مدل بررسی شده است. این مدل اثرات موئینگی و گرانش را در معادله ی انرژی وتخلخل متغیر را در نظر گرفته است. نتایج نشان داد که تزریق بخار میزان برداشت در مخزن غیر شکافدار را تا ۷۰٪ افزایش می دهد. در مرحله بعد ،مدلسازی مخزن شکافدار انجام شدو میزان برداشت این مخزن به ۴۰٪ رسید. سپس آنالیز حساسیت برای شناخت و بررسی فرآیند تزریق بخار در مخازن شکافدار و غیر شکافدار انجام شده است. نتایج حاصل از آنالیز حساسیت نشان می دهد که پارامترهایی مانند فشار و کیفیت بخار تزریقی، پیش گرمایش و تراوایی و موقعیت شکاف برروی میزان برداشت از این مخازن اثر داشته و در مخازن کربناته ی شکافدار زمان میان شکنی[۱] نسبت به مخازن غیر شکافدار زودتر اتفاق می افتد و نفت کمتری نیز تولید می کنند. خصوصیات مخزن شکافدار کوه موند مورد ارزیابی قرار گرفته است و روش تزریق بخار، پیش گرمایش تزریق بخار و همچنین روش تزریق بخار متناوب در مورد این مخزن به کمک مدل بررسی شده است. نتایج نشان می دهد که پیش گرمایش و تزریق منجر به افزایش بازده تولید از این مخزن می گردد. سپس نتایج حاصل از مدل با نتایج شبیه ساز CMG، مقایسه شده است. میزان برداشت در مخزن شکافدار افقی با استفاده از مدل ارائه شده در اینکار، با خطای ۱/۶۷٪در مقایسه با شبیه ساز CMG، برآورد شده است . همچنین، مکانسیم تقطیر بخاردر طی فرآیند تزریق بخار مطالعه شده است و بازده مکانیسم تقطیر بخار به عنوان یکی از مکانیسم های موثر در تولید نفت با استفاده از شبکه عصبی برآورد شده است . شبکه عصبی بررسی شده، از نوع چند لایه پرسپترون[۲] انتخاب شده است. بهترین نوع شبکه عصبی با کمترین مقدار خطای نسبی در مقایسه با سایر مدل ها انتخاب شده است. بررسی ها نشان داد که شبکه عصبی تک لایه کمترین خطا را داراست . خطای نسبی مدل در برآورد بازده تقطیر بخار ۲٪ تخمین زده شد.

واژگان کلیدی: ازدیاد برداشت ، تزریق بخار، مدلسازی،مخزن شکافدار، شبکه عصبی، مکانیسم تقطیر بخار.

---

[۱] Breakthrough time

[۲] Multi-Layer Perceptron