

بسم الله الرحمن الرحيم

اصول شبیه سازی مخازن هیدروکربوری

تألیف

مهندس صادق قاسمی

پائیز ۱۳۸۶

سرشناسه	قاسمی، صادق، ۱۳۵۸ -
عنوان نام پدیدآور: اصول شبیه سازی مخازن هیدروکربوری / تألیف صادق قاسمی.	
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ۱۳۸۶.
مشخصات ظاهری: ۱۶، ۲۰۰ ص.: مصور، جدول، نمودار.	
شابک	978-964-463-334-8
وضعیت فهرست نویسی: فیلد	
یادداشت	ص.ع. به انگلیسی: Sadegh Ghasemi. Fundamentals of reservoir simulation.
یادداشت	واژه نامه.
یادداشت	کتابنامه: ص. [۱۸۱] - ۱۸۳.
موضوع	مخزن های هیدروکربنی -- شبیه سازی.
موضوع	مخزن های هیدروکربنی -- الگوهای ریاضی.
موضوع	نفت -- مهندسی مخازن زیرزمینی.
موضوع	نفت -- مهندسی مخازن زیرزمینی -- شبیه سازی.
شناسه افزوده	دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران).
رده بندی کنگره	۶الف ۲ق / ۵۷ / TN۸۷۰
رده بندی دیویی	۶۲۲ / ۳۳۸۲
شماره کتابشناسی ملی	۱۱۱۸۷۳۴

این کتاب در جلسه مورخ ۸۵/۱۱/۱۷ شورای چاپ و
نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسید



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	اصول شبیه سازی مخازن هیدروکربوری
تألیف	مهندس صادق قاسمی
ناشر	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	پائیز ۱۳۸۶
تیراژ	۵۰۰ نسخه
قیمت	۳۲۰۰ تومان
شابک	978-964-463-334-8
تلفن مرکز پخش:	۶۶۴۹۸۸۶۸

آدرس: خیابان ولی عصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

حق چاپ برای ناشر محفوظ است

پیش گفتار

کتاب حاضر یکی از معدود کتاب‌های نگاشته شده در زمینه مدل کردن مخازن هیدروکربوری به زبان فارسی است. با توجه به نیاز کشور به رشته مهندسی نفت، اخیراً این رشته از انحصار دانشگاه صنعت نفت خارج شده و اکثر دانشگاه‌های کشور در این رشته دانشجوی پذیرفته‌اند. بدین خاطر نیاز به متون فارسی در زمینه مهندسی نفت بیش از پیش آشکار می‌شود. مولف سعی کرده است گرهی از مشکلات این بخش را باز کند و بر این باور است که این کتاب خالی از اشکال نیست و چشم به مساعدت بزرگان صنعت نفت دوخته است و مشتاق انتقادهای سازنده برای رفع اشکالات موجود در متن است.

در پایان وظیفه خود می‌دانم از کلیه عزیزانی که در اتمام این اثر به این جانب یاری رسانده‌اند، خصوصاً مدیریت عامل و مدیریت امور فنی شرکت نفت فلات قاره ایران و همکاران محترم در قسمت مهندسی مخازن این شرکت، صمیمانه تشکر نمایم.

صادق قاسمی

۱۳۸۵/۷/۱

فهرست

ii	پیشگفتار
۱	فصل اول
۱	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ جریان خطی
۲	۳-۱ معادله دیفرانسیل جزئی (PDE)
۲	۴-۱ عبور جریان سیال در حالت پایدار در محیط متخلخل
۳	۵-۱ راه حل تحلیلی PDE خطی
۴	۶-۱ جریان شعاعی (معادله مورد استفاده در آزمایش های فشار)
۵	۷-۱ راه حل عددی
۶	۱-۷-۱ گستره سازی
۶	۲-۷-۱ تقریب سریهای تیلور
۷	۳-۷-۱ تقریب مشتق فضایی مرتبه دوم
۸	۴-۷-۱ تقریب مشتق زمان
۱۰	۸-۱ معادله اختلاف صریح
۱۱	۹-۱ شرایط مرزی
۱۱	۱-۹-۱ شرط مرزی فشار
۱۳	۲-۹-۱ شرط مرزی دبی جریان
۱۴	۱۰-۱ شرط اولیه
۱۵	۱۱-۱ حل معادله اختلافی
۱۵	۱-۱۱-۱ روش صریح
۱۶	۲-۱۱-۱ روش ضمنی

۱۷	۱-۱۱-۳ فرمول کرنک - نیکلسون
۱۸	۱-۱۲ اعتبار روش ها
۱۹	۱-۱۲-۱ آنالیز پایداری روش صریح
۲۱	۱-۱۲-۲ آنالیز پایداری روش ضمنی
۲۲	۱-۱۲-۳ آنالیز پایداری روش کرنک - نیکلسون
۲۳	فصل دوم
۲۳	۲-۱ مقدمه
۲۴	۲-۲ قانون بقای جرم
۲۵	۲-۳ قانون بقای مومنتم (اندازه حرکت)
۲۶	۲-۴ معادله مقدماتی برای محیط متخلخل
۲۶	۲-۵ معادلات مقدماتی برای سیالات
۲۹	۲-۶ معادله جریان
۲۹	۲-۶-۱ شرایط مرزی
۲۹	۲-۶-۱-۱ شرایط دیریخت
۳۰	۲-۶-۱-۲ شرط نیومن
۳۰	۲-۶-۱-۳ شرط اولیه (IC)
۳۱	۲-۷ جریان چند فازي
۳۲	۲-۷-۱ شرایط مرزی سیستم های چند فازي
۳۳	۲-۷-۲ شرایط اولیه سیستم های چند فازي
۳۳	۲-۸ جریان غیر افقی
۳۴	۲-۹ جریان چند بعدی
۳۵	۲-۱۰ سیستم های مختصاتی
۳۷	فصل سوم

۳۷	۱-۳ مقدمه
۳۷	۲-۳ گسسته‌سازی فضایی
۳۷	۱-۲-۳ اندازه‌های بلوک ثابت
۳۸	۲-۲-۳ اندازه‌های بلوک متغیر
۴۰	۳-۲-۳ شرایط مرزی
۴۳	۴-۲-۳ گسسته‌سازی زمان
۴۴	۳-۳ روش صریح
۴۵	۴-۳ روش ضمنی
۴۵	۵-۳ روش کرنک-نیکلسون
۴۷	فصل چهارم
۴۷	۱-۴ سیستم‌های سیال
۴۸	۱-۱-۴ گاز تک فاز
۴۸	۲-۱-۴ آب تک فاز
۴۹	۳-۱-۴ نفت تک فاز
۴۹	۲-۴ حالت دیفرانسیل جزئی معادله جریان تک فازی
۵۲	۳-۴ شکل اختلافی معادله جریان
۵۶	۴-۴ شرایط مرزی و ترمهای تولید و تزریق
۵۶	۱-۴-۴ مرزهای نفوذناپذیر بدون جریان
۵۷	۵-۴ چاههای تولیدی و تزریقی
۵۷	۱-۵-۴ دبی ثابت تولیدی چاه (Q_i)
۵۷	۲-۵-۴ فشار ته چاهی ثابت چاه
۵۹	۶-۴ حل معادله اختلاف
۶۰	۱-۶-۴ دبی تعیین شده در یک چاه در بلوک ا.ام

۶۰	۲-۶-۴ فشار ته چاهی تعیین شده در یکی چاه در بلوک i ام
۶۱	۳-۶-۴ فشار سر چاهی تعیین شده برای یک چاه در بلوک i ام
۶۳	فصل پنجم
۶۳	۱-۵ حل مستقیم دسته‌های خطی معادلات
۶۵	۲-۵ روش ماتریس ضرایب مرکب برای سیستمهای شبکه‌ای منظم
۷۰	۳-۵ ماتریس ضرایب برای شبکه‌های دایره‌ای
۷۲	۴-۵ تأثیر چاهها روی ماتریس ضرایب
۷۵	فصل ششم
۷۵	۱-۶ شبیه سازی سیستم‌های نفت- آب
۷۶	۲-۶ مروری بر نفوذپذیری‌های نسبی و فشار موئینگی نفت - آب
۷۸	۳-۶ گسسته‌سازی معادلات جریان
۸۵	۴-۶ شرایط مرزی
۸۶	۱-۴-۶ دبی ثابت تزریق آب
۸۷	۲-۴-۶ تزریق در فشار ته چاهی
۸۸	۳-۴-۶ دبی ثابت تولید نفت
۸۹	۴-۴-۶ دبی ثابت تولید سیال مایع
۸۹	۵-۴-۶ تولید در دبی ثابت بی‌اثر مخزن (Voidage Rate)
۹۰	۶-۴-۶ تولید تحت فشار ته چاهی ثابت
۹۱	۵-۶ حل بروش IMPES
۹۲	۱-۵-۶ حل IMPES فشار
۹۳	۲-۵-۶ اصلاحاتی روی شرایط مرزی
۹۴	۳-۵-۶ حل IMPES درجه اشباع
۹۶	۴-۵-۶ دایره کاربرد روش IMPES

فصل هفتم.....	۹۷
۱-۷ مقدمه.....	۹۷
۲-۷ مروری بر فشار موئینگی و نفوذپذیری‌های نسبی سیستم نفت - گاز.....	۱۰۰
۳-۷ گسسته‌سازی معادلات جریان.....	۱۰۱
۲-۳-۷ طرف سمت چپ معادله گاز.....	۱۰۲
۳-۳-۷ طرف سمت راست معادله گاز.....	۱۰۴
۴-۷ شرایط مرزی.....	۱۰۵
۱-۴-۷ دبی ثابت تزریق گاز.....	۱۰۶
۲-۴-۷ تزریق تحت فشار ته چاهی ثابت.....	۱۰۷
۳-۴-۷ دبی ثابت تولید نفت.....	۱۰۸
۴-۴-۷ تولید با دبی ثابت بی‌اثر مخزن.....	۱۰۹
۵-۴-۷ تولید تحت فشار ته چاهی ثابت.....	۱۱۰
۵-۷ حل معادلات به روش <i>IMPES</i>	۱۱۱
۱-۵-۷ حل <i>IMPES</i> فشار.....	۱۱۲
۲-۵-۷ اصطلاحاتی روی شرایط مرزی.....	۱۱۳
۳-۵-۷ حل <i>IMPES</i> درجه اشباع.....	۱۱۴
۴-۵-۷ دایره کاربرد روش <i>IMPES</i>	۱۱۶
فصل هشتم.....	۱۱۷
۱-۸ مقدمه.....	۱۱۷
۲-۸ گسسته‌سازی معادلات جریان.....	۱۲۰
۱-۲-۸ ترمهای جریان.....	۱۲۰
۲-۲-۸ ترم انباشت نفت (<i>Oil Storage Term</i>).....	۱۲۱
۳-۲-۸ ترم انباشت گاز (<i>Gas Storage Term</i>).....	۱۲۲

۱۲۳	 ۴-۸ شرایط مرزی
۱۲۴	 ۱-۴-۸ دبی ثابت تزریق گاز
۱۲۵	 ۲-۴-۸ تزریق تحت یک فشار ته چاهی ثابت
۱۲۵	 ۳-۴-۸ دبی ثابت تولید نفت
۱۲۶	 ۴-۴-۸ تولید با دبی ثابت بی اثر مخزن
۱۲۶	 ۵-۴-۸ تولید تحت فشار ته چاهی ثابت
۱۲۷	 ۵-۸ حل بوسیله روش <i>IMPES</i>
۱۲۷	 ۱-۵-۸ حل <i>IMPES</i> فشار نفت
۱۲۸	 ۲-۵-۸ اصطلاحاتی روی شرایط مرزی
۱۲۹	 ۳-۵-۸ حل <i>IMPES</i> فشار نقطه حباب
۱۳۲	 ۴-۵-۸ دایره کاربرد روش <i>IMPES</i>
۱۳۳	 فصل نهم
۱۳۳	 ۱-۹ مقدمه
۱۳۴	 ۲-۹ سیستمهای زیر اشباع
۱۳۵	 ۱-۲-۹ فشارهای موئینگی و نفوذپذیریهای نسبی
۱۳۶	 ۲-۲-۹ شرایط مرزی
۱۳۶	 ۳-۲-۹ گسسته سازی معادلات
۱۳۸	 ۴-۲-۹ حل <i>IMPES</i>
۱۴۰	 ۳-۹ سیستمهای اشباع
۱۴۰	 ۱-۳-۹ منحنیهای فشار موئینگی و نفوذپذیریهای نسبی سه فازی
۱۴۳	 ۲-۳-۹ شرایط مرزی
۱۴۴	 ۳-۳-۹ گسسته سازی معادلات
۱۴۶	 ۴-۳-۹ حل <i>IMPES</i>

۱۴۹.....	فصل دهم.....
۱۴۹.....	۱-۱۰ مقدمه.....
۱۴۹.....	۲-۱۰ سیستمهای زیر اشباع.....
۱۵۱.....	۳-۱۰ سیستمهای اشباع.....
۱۵۳.....	فصل یازدهم.....
۱۵۳.....	۱-۱۱ مقدمه.....
۱۵۳.....	۲-۱۱ مختصات خطی.....
۱۵۶.....	۳-۱۱ مختصات استوانه‌ای.....
۱۶۳.....	فصل دوازدهم.....
۱۶۳.....	۱-۱۲ مقدمه.....
۱۶۴.....	۲-۱۲ حل معادلات غیر خطی.....
۱۶۴.....	۱-۲-۱۲ روش <i>IMPES</i>
۱۶۴.....	۲-۲-۱۲ روش حل همزمان.....
۱۶۵.....	۳-۲-۱۲ روش‌های تکرار.....
۱۷۱.....	فصل سیزدهم.....
۱۷۱.....	۱-۱۳ مقدمه.....
۱۷۲.....	۲-۱۳ شبیه‌سازی سیستم متخلخل دوگانه.....
۱۷۹.....	فصل چهاردهم.....
۱۷۹.....	۱-۱۴ شبیه‌سازی کمپوزیشنال (<i>Compositional Simulation</i>).....
۱۸۳.....	مراجع.....
۱۸۷.....	فهرست راهنما.....