Archive of SID

مقایسه و آنالیز حساسیت تابع انتقال در شبیه‌سازی تخلخل و تراوایی دوگانه مخازن طبیعی شکاف دار

سینا باسلی زاده[1]، غزل کوتی[2]، سعید کوتی[3]

[1] تهران خیابان حافظ روبروی خیابان سمیه، دانشکده مهندسی نفت دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)؛
s.baselizadeh@aut.ac.ir ،

۱-۳- چکیده

اهمیت مخازن هیدروکربوری شکاف دار بر کسی پوشیده نیست و نیاز به شبیه‌سازی این مخازن امری ضروری می-باشد؛ در مخازن شکاف دار، از آنجا که ما دو محیط مجزا داریم یکی ماتریکس با تخلخل بسیار بالا و تراوایی کم و یکی شبکه شکاف‌ها با تراوایی بسیار بالا، امروزه ترجیحاً از مدل تخلخل دوگانه برای مدل کردن این مخازن استفاده می‌کنیم که این معادلات دارای پارامتری کلیدی به نام تابع انتقال می‌باشد که ضریب شکل هم در قلب این تابع حضور دارد که میزان نفوذ سیال از محیط ماتریکس به شکاف‌ها را مدل می‌کند.

در این مقاله با مقایسه مدل های تخلخل دوگانه مختلف که با استفاده از نرم‌افزار تجاری شبیه‌سازی جریان بین شکاف‌ها و بلاک‌های ماتریکس با اندازه مناسب و متفاوت یک بررسی و آنالیز حساسیت روی ضریب شکل انجام گرفت و رابطه ضرایب شکل در مدل‌های متفاوت با تولید تجمعی نفت و نسبت گاز به نفت بررسی شد.

واژه‌های کلیدی: مخزن شکافدار، تابع انتقال، ضریب شکل، تخلخل دوگانه، شبیه سازی مخازن شکافدار، شبکه شکاف

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر(پلی تکنیک نهران)

۲- دانشجوی کارشناسی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر(پلی تکنیک نهران)

۳-مدیریت تولید، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب ایران

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی

۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما

مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱

www.Reservoir.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

حال نگاهی به گستره توزیع مخازن شکافدار طبیعی در جهان داریم. حدود ۵۰٪ نفت قابل برداشت در مخازن شکافدار وجود دارد (مخازن تولیدکننده خاورمیانه و خلیج مکزیک و مخازن کم تراوای آمریکای شمالی قبلاً به عنوان مخازن غیرمتعارف در نظر گرفته می‌شدند و حالا بسیار مورد توجه هستند)[1].

یک مخزن شکاف دار طبیعی را می‌توان به عنوان مخزنی تعریف کرد که در آن شبکه‌ای از شکاف‌های متصل به هم در اثر فرایندهای طبیعی مانند تحولات ارضی زمین و کاهش حجم، به وجود آمده است [۲]. بیش‌تر از ۲۰ درصد ذخایر نفت و گاز جهان در مخازن شکاف دار تشکیل شده است [۳] و این مخازن در میان پیچیده‌ترین گروه از مخازن قرار دارند. چالش‌های خاصی که در توصیف، مدل‌سازی و شبیه‌سازی مخازن شکاف دار وجود دارد آن‌ها را از مخازن معمولی متمایز می‌سازد. یک سنگ شکاف دار از منافذ و بلوک‌های تراوایی تشکیل‌شده که این بلوک‌های تراوای معروف به ماتریکس، توسط سیستم شکاف‌ها از هم جداشده‌اند. ابعاد ماتریکس‌ها وابسته به میزان توسعه‌ی شکاف‌ها در سنگ، در محدوده‌ی گسترده‌ای قرار می‌گیرد. پهنای شکاف‌ها به طور قابل‌توجهی بزرگ‌تر از ابعاد منافذ ماتریکس است؛ بنابراین تراوایی سیستم شکاف بیش‌تر از تراوایی منافذ ماتریکس است و شکاف‌ها مسیرهای اصلی عبور جریان به سمت چاه تولیدی به حساب می‌آیند. در مقابل، شکاف‌ها سهم کوچکی از حجم فضاهای خالی مخزن را بر عهده‌دارند و بخش عمده‌ی هیدروکربن در ماتریکس وجود دارد. در این مخازن نه تنها ویژگی‌های ذاتی شکاف و ماتریکس باید مشخص شود بلکه ارتباط میان ماتریکس و شکاف نیز باید به طور صحیح مدل شود.

به دلیل نقش عمده‌ای که ماتریکس‌ها در ذخیره‌ی سیال مخزن دارند انتقال سیال بین ماتریکس و شکاف نقش اصلی را در تولید از یک مخزن شکاف دار ایفا می‌کند. یکی از اجزای مهم در تابع انتقال ماتریکس-شکاف ضریب شکل نام دارد که یک پارامتر هندسی است و جریان سیال از ماتریکس به شکاف را به شکل هندسی ماتریکس مربوط می‌سازد [۴].

ضریب شکل انتقال ماتریکس-شکاف برای شبیه‌سازی مخازن شکاف دار با روش تخلخل دوگانه استفاده می‌شود بیش از پنج دهه است که به عنوان یک موضوع فعال برای تحقیق و بررسی محسوب می‌شود. علیرغم این که وارن و روت[5] رابطه‌ای برای ضریب شکل ارائه کردند، بعد از آن‌ها محققان بسیاری در این زمینه تلاش کردند و رابطه‌های جدیدتری را جایگزین نمودند. ضریب شکل‌های مختلف از لحاظ روش حل معادلات، تعداد دسته شکاف، نوع جریان، تعداد فازها و نوع نیروی رانش جریان متفاوت هستند [6]

با توجه به اینکه در نرم‌افزار شبیه‌ساز امکان تغییر تابع انتقال موجود نیست و فقط از تابع انتقال گیلمن و کاظمی بهره گرفته‌شده و فقط امکان تغییر ضریب شکل موجود در این تابع مهیا شده است پس در واقع آنالیز و بررسی ما روی ضریب شکل موجود در قلب این تابع صورت می‌گیرد.

در این پژوهش سعی شده تا با مقایسه ضریب شکل‌های متفاوت که هر کدام در یک رژیم جریانی تعریف‌شده‌اند و مقایسه آن‌ها برای سه مشخصه میزان تولید تجمعی نفت، نسبت گاز به نفت و نرخ تولید نفت وم دل کردن جریان سیال درم دل تراوایی

www.SID.ir

Archive of SID

دوگانه بتوان برای استفاده از ضریب شکل با اطمینان و دقت بیشتر و زمان پردازش کمتر نسبت به مدل تراوایی دوگانه کمک قابل‌توجهی کرد.

۲- مدل‌سازی مخازن شکاف دار

دسته‌بندی‌های مختلفی برای مدل کردن سنگ‌های ترک‌دار وجود دارد که شامل موارد زیر می‌شود.

روش‌های قطعی یا احتمالی، روش‌های مکانیکی و ژئومکانیکی و مدل های پیوسته (که در آن دو سیستم پیوسته مستقل از هم برای شکست‌ها و زمینه فرض می‌کند.) یا مدل های شبکه شکست‌های جداگانه (که در آن شکست‌ها را به صورت جداگانه در یک زمینه‌ی ناتراوا وارد می‌کند). مدل شبکه شکاف‌های جدا از هم معمولاً به نقشه‌های نامنظم جدا از هم نیاز دارد. این دو روش هم از نظر حجم محدود هستند و هم اینکه اجزای محدودی دارند (زمینه (ماتریکس) و شکست را به صورت جداگانه بررسی می‌کنند و از روش‌های برهم نهی استفاده می‌کنند تا سهم هر سیستم را در انتقال جریان به مدل وارد کند).

انتخاب روش پیوسته یا شبکه شکاف‌های جداگانه بستگی به تفاوت بین تراوایی شکست و ماتریکس دارد:

۲-۱- روش‌های پیوسته (چند تخلخلی)

اولین مدل پیوسته را برن بلت در سال ۱۹۶۰ ارائه داد که دو سیستم جدا از هم در نظر گرفته بود که این دو محیط شامل ماتریکس با درجه تخلخل بالا و نفوذپذیری کم و شکست‌ها با درجه تخلخل کم اما نفوذپذیری زیاد بودند که امکان تبادل سیال بین آن‌ها وجود دارد.

یک مدل ساده‌ی تخلخلی دوگانه اولین بار توسط وارن و روتدر سال ۱۹۶۳ معرفی شد. این مدل به این شکل بود که شامل شکست‌های مرتبط منظم بود که در ماتریکس متخلخل گنجانده شده بود و مدل تخلخل دوگانه‌ی مکعبی شکل نامیده شد.

یک نوع تعمیم این مدل ها که در آن شکست‌ها به طور یکنواخت درون سیستم توزیع یافته بودند بعدها توسط کاظمی در سال ۱۹۶۹ پیشنهاد شد. بعدها هم برای سنگ کربناته مدل های سه نوع تخلخلی پیشنهاد شدند که دارای دو نوع ماتریکس بود که شامل ماتریکس با خواص سیال خوب و ماتریکس با خواص سیال ضعیف بود که از تبادل سیال بین آن‌ها چشم‌پوشی شده بود. این روش‌های چند تخلخلی ویژگی مثبت و منفی هم دارند که از آن جمله:

_ اگر چه یک محیط پیوسته به مدل اضافه می‌شود تا ویژگی‌های ذخیره و نفوذپذیری را منعکس کند اما به طور دقیق ارتباط شکست‌ها، زبری سطح شکست‌ها یا ویژگی‌های فرکتالی را مشخص نمی‌کند.

_ این روش‌ها برای شرایط چند فازی‌های پیچیده و اثرات گرمایی مناسب است که سرعت محاسبات را در طول شبیه‌سازی زیاد می‌کند.

۲-۲- مدل ناهمگن یا شبکه شکاف‌های جدا

در این مدل این اجازه به تخلخل و نفوذپذیری داده‌شده که به صورت ناهمگن و با سرعت زیاد در مخزن تغییر کند. در این روش با شبکه شکاف‌ها مثل یک شبکه غیرقابل تراکم و ناهمگن برخورد می‌شود. در این روش ما تمام شکاف‌ها رو به صورت جداگانه مدل می‌کنیم و ازان جایی که تعداد شکاف‌ها زیاد می‌شود مدل حاصل خیلی پیچیده خواهد شد. این روش برای مواردی خوب است که ما تنها می‌خواهیم چند شکاف یا چند منطقه شکاف را بررسی کنیم اما برای مواردی

www.SID.ir

Archive of SID

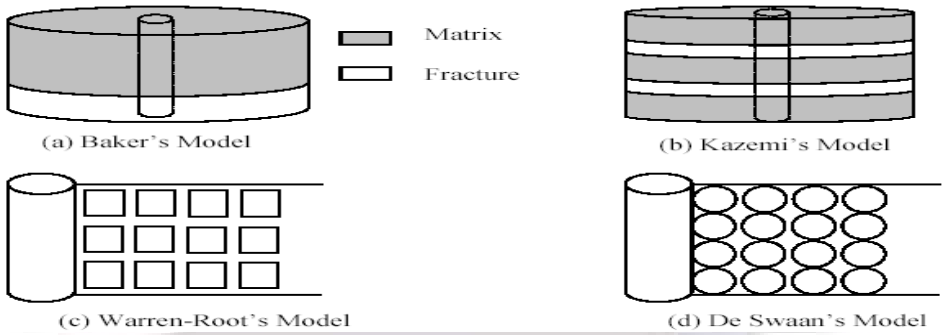
که تعداد شکاف‌ها زیاد می‌شود چون نیاز به پردازنده‌های قوی و اطلاعات زیادی دارد، این روش خیلی کاربردی نمی‌باشد.[7]

۲-۳- جریان به سمت چاه در یک سنگ شکسته غیر متخلخل

توصیف جریان سیال به سمت یک چاه در یک مخزن به خصوص در تحلیل چاه آزمایی همیشه مورد توجه است. تجربیات میدانی مخازن شکافدار نشان می‌دهد که برخی از چاه‌ها بسته به شبکه شکستگی نرخ‌های بالایی را تجربه می-کنند. ما می‌توانیم این چاه‌ها را در قالب مدل‌های ساده ایده‌آل مخازن شکافدار مطالعه کنیم.

مدل‌های ایده‌آل

به منظور ساده‌سازی پیچیدگی‌های مربوط به شبکه شکستگی برخی **مدل‌های ایده‌آل** ساده ارائه‌شده‌اند. مدل‌های جریانی این‌گونه که برای مطالعه جریان به سمت یک چاه استفاده می‌شوند فرض می‌کنند که یک جریان شعاعی بین مرز خارجی که توسط یک استوانه شکل می‌گیرد و چاه که توسط سطح جانبی یک استوانه هم مرکز در داخل استوانه اول شکل می‌گیرد وجود دارد. مثال‌های این مدل های ساده مدل بیکر ، مدل کاظمی، وارن و روت، اده و دی سوان می‌باشند.



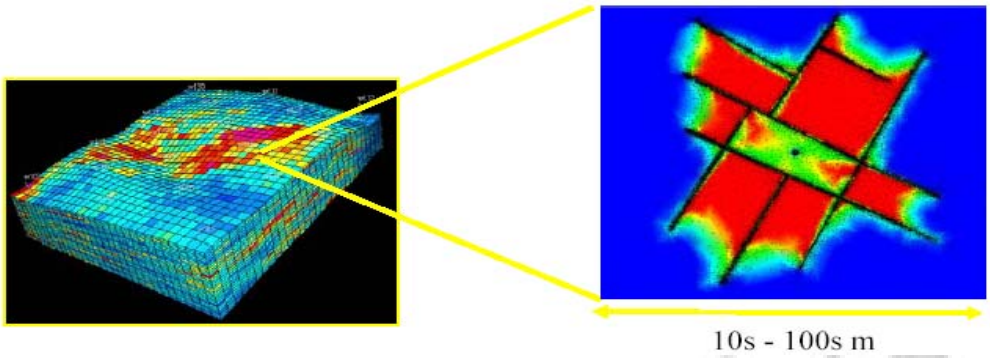
شکل 1- مدل های شبیه‌سازی مخازن شکاف دار

۲-۴- مدل تخلخل دوگانه سنگ‌های شکسته متخلخل:

مدل‌های تخلخل دوگانه ابتدا توسط ورن و روت و برن بلت در دهه ۱۹۶۰ مورد استفاده قرار گرفتند. برن بلت تراکم پذیری سنگ و شکستگی را نادیده گرفت اما ورن - روت تراکم پذیری شکستگی را در نظر گرفتند اما جریان در بلوک‌ها را ناچیز فرض کردند. از لحاظ مفهومی مخزن با دو جزء دیده می‌شود- قسمت جریانی (شکستگی‌ها) و یک ناحیه ساکن (ماتریکس)، همراه با مقداری انتقال سیال بین این دو. هر بلوک شبکه‌ای که برای شبیه‌سازی استفاده می‌شود همان طور که در زیر نشان داده‌شده، ممکن است یک الگوی پیچیده شکستگی را معرفی کند.[8]

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 2- الگوی پیچیده شکستگی بلوک شبکه‌ای برای شبیه‌سازی

در کل مدل تخلخل دوگانه که برای مخازن شکسته کاربرد دارد. فرض می‌کند که دو دامنه با اثر متقابل / هم پوشانی با تخلخل و تراوایی ذاتاً متفاوت وجود دارد که تنها یکی از آن‌ها در جریان چاه سهیم است (ناحیه با تراوایی بالا). سیالی که در بلوک‌های ماتریکس کم تراوا ذخیره‌شده به داخل شکستگی تغذیه می‌شود و نه به داخل چاه. مکانیسم اصلی تولید انبساط سیال می‌باشد.

می‌بایست دو حجم بنیادی نماینده برای بلوک‌ها و شکستگی‌ها وجود داشته باشد که شامل تعداد زیادی از محیط‌های مورد نظر باشد به نحوی که هر نقطه با دو فشار مشخص شود، هر حجم بنیادی نماینده یک اندازه دارد که به مقیاس مسئله و خواص هیدرولیکی و هندسه شکستگی یا بلوک‌ها دارد. اختلاف میان دو ارتفاع میانگین هیدرولیکی در حجم بنیادی نماینده حاصلش شارش از بلوک‌های ماتریکس به شکستگی می‌شود. علاوه بر این هر حجم بنیادی نماینده روابط دیفرانسیلی مربوط به خودش را بر دبی جریان دارد که می‌بایست حل شود،که ، که، آن فراهم بودن شرایط اولیه و مرزی ویژه نیاز است.[۹]

۲-۵- ضرایب شکلی برای مدل های تخلخل دوگانه

این ضریب یک پارامتر کلیدی در کنترل نرخ انتقال سیال بین ماتریکس و شکستگی‌های اطراف آن است و به هندسه ماتریکس و تغییرات و نوسانات فشاری شکستگی‌های اطراف آن بستگی دارد. برای یک بلوک مکعبی با ضلع a ،ورن-روت (۱۹۶۳) پیشنهاد کردند که $\alpha=60/a^2((4n(n+2))/L^2$ با تعریف طول مشخصه به شکل $L=$ حجم/سطح = ۳ .$abc/(ab+bc+ac))$ اما کاظمی و همکارانش (۱۹۷۶) از یک تقریب اختلاف محدود استفاده کردند و $\alpha=12/a^2$ را به دست آوردند. بعد از آن در سال ۱۹۹۳ زیمرمن و همکارانش در دامنه زمانی، $(\pi^2)/a^23$ را به دست آوردند که بعدها توسط زیبرمن و ماتیاس در سال ۲۰۰۴ در دامنه لاپلاس هم تایید شد.

www.SID.ir

Archive of SID

۳. شبیه‌سازی مخازن شکاف دار

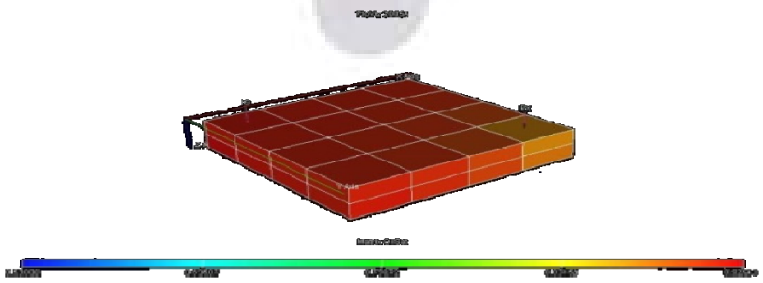
یکی از مشکل‌ترین فن‌آوری‌ها در اکتشاف میدان‌ها نفتی توسعه‌ی مخازن شکاف دار است. شبیه‌سازی عددی مخازن شکافدار سخت تر از مخازن معمولی است، زیرا پارامترهای غیرمطمئن بیشتری در مدل استاتیک و دینامیک آن وجود دارد. در شبیه‌سازی مخازن شکاف دار تعدادی مسائل پیچیده به شیوه‌ای سازگار گرد هم می آیند. در حقیقت اغلب شکاف‌ها به طور صریح در شبیه سازی وارد نمی‌شوند زیرا توصیف و شبیه‌سازی آن‌ها مشکل است. در مخازن شکاف دار طبیعی، وجود مسائل منحصربه‌فرد، قابل توجه است و پیش‌بینی عدم قطعیت دشوارتر از مخازن معمولی می‌باشد[۲]

شکاف‌ها اثر قابل‌توجهی روی مکانیزم تولید مخازن شکاف دار دارند. آب و گاز آزاد با حرکت درون شکاف‌های تراوا خیلی زود به چاه‌های تولید می‌رسند و موجب میان شکنی زودرس و کاهش بازیافت می‌شوند. فرآیندهای تولید که در مخازن معمولی فعال هستند در مخازن شکاف دار هم وجود دارند. این سازوکارها عبارت‌اند از: انقباض سنگ، انبساط سیال، جابجایی ویسکوز، جابجایی ثقلی و آشام. البته حالت، نیروهای موئینه و ثقلی اهمیت بیشتری می‌یابند. برای شبیه‌سازی و بررسی عملکرد یک مخزن باید از نتایج مطالعات زمین‌شناسی مخزن، خواص سنگ و سیال مخزن، چاه پیمایی، آزمایش‌های مکانیک سنگ و ارزیابی سازند استفاده کنیم. در مخازن شکاف دار به دست آوردن داده‌های صحیح و پیش‌بینی عملکرد مخزن پیچیده‌تر از مخازن معمولی است و برای تعیین یک طرح توسعه‌ی مناسب باید ویژگی‌های شکاف مانند اندازه و توزیع شکاف و نحوه‌ی انتقال سیال در شکاف مشخص شود[۴] .

در رویکرد تخلخل دوگانه مخزن به حجم‌های نماینده ۴ یا به سلول‌های شبیه‌سازی تقسیم می‌شود که هر کدام از آن‌ها تعداد زیادی از ماتریکس‌های هم اندازه تشکیل‌شده‌اند که شبکه‌ای از شکاف‌های به هم پیوسته آن‌ها را از هم جدا می‌کند. در مدل تخلخل دوگانه هیچ ارتباط جریانی بین ماتریکس‌ها وجود ندارد و ماتریکس‌ها از طریق شکاف به هم مرتبط می‌شوند[۲] .

۲-۱- مشخصات مدل مصنوعی

یک ناحیه‌ای از مخزن شکاف دار معروف به ناحیه آغشته به گاز در نظر گرفته‌شده که در مقیاس کارتزین به ۴*۴*۴ در جهت Z، دو سلول اول متعلق به ماتریکس و دو سلول دوم نماینده‌ی شکاف می‌باشند. ابعاد سلول‌ها در جهت X، Y و Z به ترتیب برابر با (۱۵۰،۱۵۰، ۱۵۰) فوت است. یک چاه تولیدی در سلول (۳،۱،۱) یعنی در پایین‌ترین نقطه‌ی مخزن در سلول شکاف و یک چاه تزریق گاز در گوشه‌ی مخالف در سلول (۴،۴،۴) حفر شده است.



شکل 3 - شماتیک کلی مخزن

www.SID.ir

Archive of SID

در شکل بالا هر سلول از ماتریکس های هم اندازه با ویژگی‌های یکسان و شکاف‌هایی تشکیل‌شده که ویژگی‌هایشان نه تنها در سلول بلکه در کل مخزن ثابت است در واقع مخزن همگن فرض شده است. در این ناحیه بلوک‌های ماتریکس که ۱۰۰ درصد اشباع‌شده‌اند توسط شکاف‌های پر از گاز احاطه می‌شوند.

۳- مدل‌سازی و آنالیز حساسیت

۳-۱- اکلیپس، نرم‌افزار شبیه‌سازی مخزن

اکلیپس، نرم‌افزار شبیه‌سازی مخازن نفت و گاز، بیش از سی سال پیش توسط شرکت انگلیسی شلمبرژه ساخته شده است. این نرم‌افزار قادر است انواع مخازن نفت سیاه، ترکیبی و نفت سنگین تخت بازیافت حرارتی را شبیه‌سازی کند و با توجه به امکاناتی که در این نرم‌افزار تعبیه شده است شبیه‌ساز قدرتمندی محسوب می‌شود که می‌تواند موجب کاهش احتمال ضرر، افزایش بازده اقتصادی و تولید حداکثری از ذخایر نفت و گاز شود[۶].

۳-۲- ضریب شکل جریان ماتریکس- شکاف در شبیه‌سازی تخلخل دوگانه

با توجه به توضیحاتی که در فصل‌های پیش گفته شد مقدار شکل جریان در فرایند ریزش ثقلی با فرایندهای دیگر از جمله انبساط سیال و آشام موئینه تفاوت عمده‌ای دارد. در جدول زیر تعدادی از این ضریب شکل‌ها آورده شده است.

جدول ۳-۱- ضریب شکل تابع انتقال جریان ماتریکس- شکاف

محقق	ضریب شکل	فرایند تولید
وارون- روت	$60/L_c^2$	انبساط سیال
کاظمی	$4(1/L_x^3+ 1/L_y^2+ 1/L_z^2)$	آشام موئینه
توماس	$2/L_z^2$	ریزش ثقلی
لیم- عزیز	$\pi^2(1/L_x^3+ 1/L_y^2+ 1/L_z^2)$	انبساط سیال
کتس	$\pi^2/3L_z^2$	آشام موئینه
کوییننتارد- ویتاکرد	$50/L_c^2$	انبساط سیال

برای شبیه‌سازی تخلخل دوگانه با توجه به ابعاد بلوک‌های ماتریکس که یکبار (۱۵*۱۰*۱۰) و یک‌بار (۱۵*۱۵*۱۵) فوت گرفته‌شده مقدار عددی ضریب شکل محاسبه‌شده و در جدول ذیل آمده است؛ و در شبیه‌ساز لحاظ شده است؛ و شبیه‌سازی برای هر ضریب شکل انجام شده است.

جدول ۳-۲- مقدار ضریب شکاف برای محققین مختلف

محقق	ضریب شکل برای ۱۵*۱۰*۱۰	ضریب شکل برای ۱۵*۱۵*۱۵

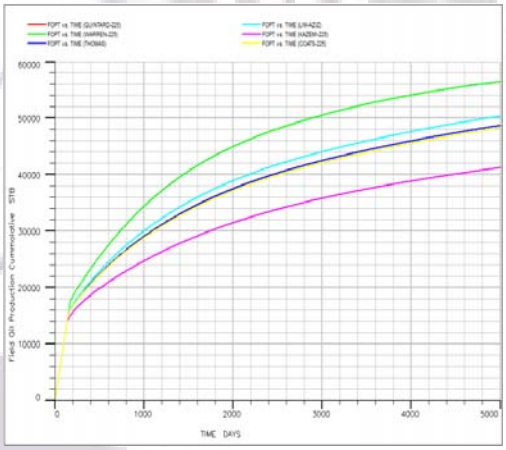
www.SID.ir

Archive of SID

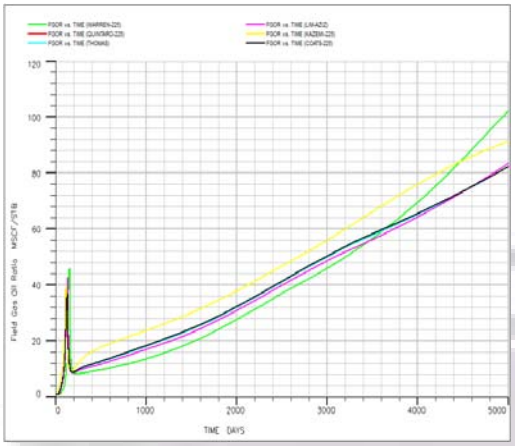
وارون- روت	۰,۴۸۸۹	۰,۲۶۷
کاظمی	۰,۰۹۷۸	۰,۰۲۴۴
توماس	۰,۲۰۳۷	۰,۱۱۱۱
لیم- عزیز	۰,۲۴۱۳	۰,۱۳۱۶
کتس	۰,۱۹۵۶	۰,۱۰۶۷
کوییننتارد- ویتاکرد	۰,۴۰۴۱	۰,۲۲۰۴

در ادامه نمودارهای میزان نسبت گاز به نفت، تولید تجمعی نفت میدانی برای تمام ضریب شکل‌ها در یک نمودار برای بلاک های کوچک و در دیگری برای بلوک بزرگ‌تر آورده شده است.

لازم به ذکر است عدد ۱۰۰ اسم خط های هر نمودار مربوط به مدل با سایز بلوک بزرگ‌تر یعنی (۱۵*۱۵*۱۵) است و عدد ۲۲۵ مربوط به مدل با سایز بلوک کوچک یعنی (۱۰*۱۰*۱۰) می‌باشد.



شکل 4 -نمودار تولید نفت تجمعی بر حسب زمان برای مدل‌های تخلخل دوگانه سایز کوچک بلوک

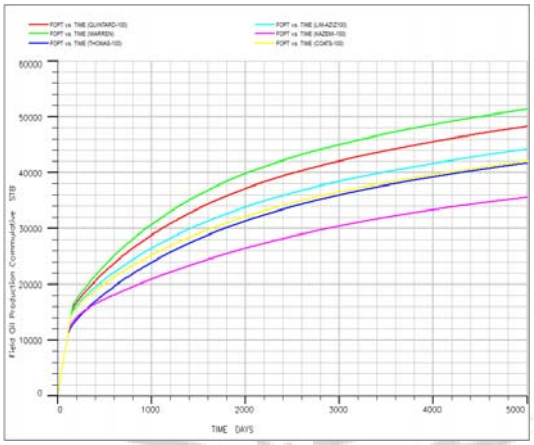


شکل 5- نمودار نسبت گاز به نفت میدانی بر حسب زمان برای مدل‌های تخلخل دوگانه سایز کوچک بلوک

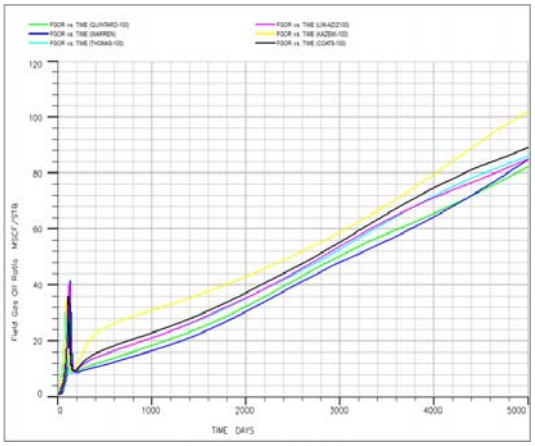
در نمودارهای فوق دیده می‌شود که مدل‌سازی برای مدل هندسی ورن- روت ومدل عددی و ابتدایی کاظمی مقادیر بیشینه و کمینه را در بر می‌گیرد و سایر ضرایب شکلی در بین این بازه حرکت می‌کنند و همگرا می‌شوند که نشان‌دهنده همگرا شدن این ضرایب در تحقیقات جدید است و از آنجایی که مکانیسم رانش در این ضرایب متفاوت است. نشان می-دهد مثلاً برای ضرایب شکلی توماس و کتس در این مدل کاملاً نتایج برهم منطبق شده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶- نمودار تولید نفت تجمعی بر حسب زمان برای مدل‌های تخلخل دوگانه سایز بزرگ بلوک



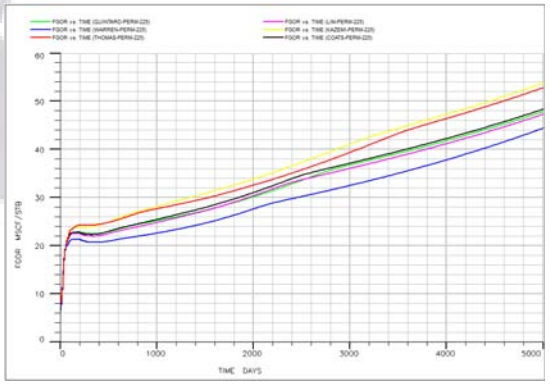
شکل ۷- نمودار نسبت گاز به نفت میدانی بر حسب زمان برای مدل‌های تخلخل دوگانه سایز بزرگ بلوک

همچنین در اینجا شاهدیم که با افزایش مقدار ضریب شکلی از آنجایی که سطح تماس بین محیط ماتریکس و شکاف افزایش یافته است میزان تولید تجمعی نفت و در نتیجه ضریب بازیافت افزایش یافته است.

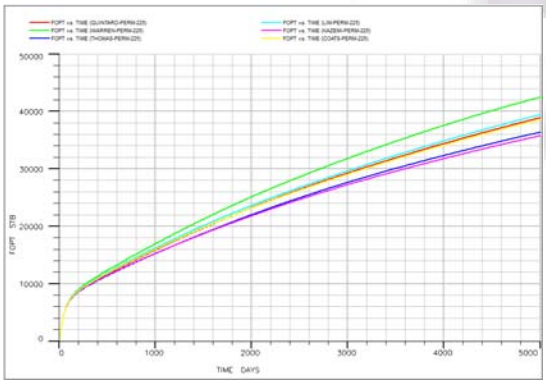
نکته دیگر آنکه برای هردو سایز بلوک‌های ماتریکس فارغ از اندازه این روند تکرار شده و صحت نتایج را نشان می‌دهد؛ و در آخر باید گفت میزان نسبت گاز به نفت با افزایش ضریب شکل کاهش یافته است.

۴- ۴ شبی‌ه سازی تراوای‌ی دوگانه

در این مدل علاوه بر شکستگی، در ماتریکس هم یک توزیع جریان را داریم. چون نیاز داریم تا به روش عددی معادلات فشار ماتریکس و شکستگی را حل کنیم این مدل از لحاظ محاسباتی کندتر است. ودر نمودار های زیر متشابه شبیه سازی تخلخل دوگانه می‌توان روند نسبت گاز به نفت، نرخ تولید نفت و تولید تجمعی نفت به زمان برای ضریب شکل های متفاوت مشاهده کرد.



شکل 8- نمودار نسبت گاز به نفت بر حسب زمان برای مدل تراوایی دوگانه



شکل ۹- نمودار تولید نفت تجمعی بر حسب زمان برای مدل تراوایی دوگانه

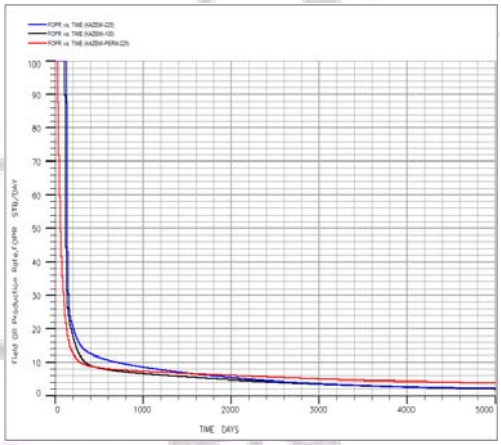
www.SID.ir

Archive of SID

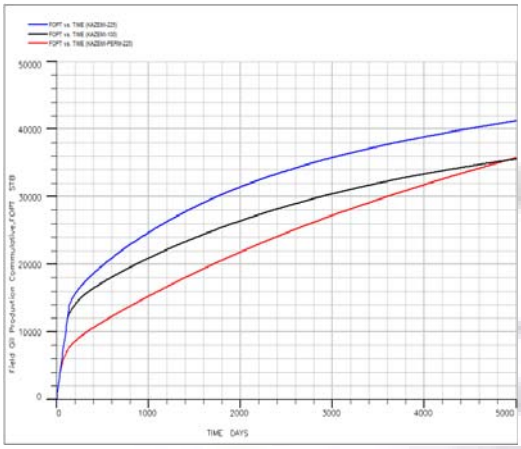
از تمودارهای فوق متشابه شبیه سازی تخلخل دوگانه دیده می‌شود با افزایش ضریب شکل میزان نرخ تولید نفت و تولید تجمعی افزایش یافته است و نسبت گاز به نفت کاهش داشته است.
یک تفاوت عمده اختلاف ناچیز در تولید تجمعی نفت میدانی برای ضریب شکل های متفاوت است که با توجه به تاثیر ناچیزتر تابع انتقال در شبیه سازی تراوایی دوگانه به دلیل حضور جریان در ماتریکس قابل توجیه می‌باشد.

۵- مقایسه نتایج شبیه سازی تخلخل دوگانه و تراوایی دوگانه

۵-۳- مدل کاظمی در مکانیسم اشام مویینه برای دو روش شبیه سازی



شکل ۱۰ -نمودار نرخ تولید نفت برحسب زمان برای شبیه سازی تخلخل دوگانه و تراوایی دوگانه



شکل 11 – مودار تولید نفت تجمعی برحسب زمان برای شبیه سازی تخلخل دوگانه و تراوایی دوگانه

از نمودار فوق دریافت می‌شود تا روز۲۰۰ اختلاف یکسانی در نرخ نولید نفت بین مدل تراوایی دوگانه و دو مدل تخلخل دوگانه با سایز بلوک های متفاوت وجود دارد و تا ۱۰۰۰روز بعد به مدل با سایز برزرگ هماهنگ می‌شود ولی تا روز ۲۰۰۰(یعنی ۸۰۰روز بعد) به مدل سایز ریز نزدیک و سپس مانند اول فاصله یکسانی می‌گیرد. که به دلیل تفاوت اساسی در مکانیسم شبیه‌سازی در دو روش قابل توجیه است.
تولید تجمعی نفت در مدل تراوایی دوگانه طبق نمودار فوق به مدل سایز بزرگ نزدیک‌تر می‌باشد که در پایان ۵۰۰۰روز به این مدل رسیده اما با توجه به شیب احساس می‌شود در روزهای آینده مخزن این مقدار به مقدار قایل پیش‌بینی در مدل تخلخل دوگانه سایز کوچک می‌رسد که به نوعی می‌توان علت را شروع به کار مکانیسم‌های متفاوت رانش در مخازن شکاف‌دار طبیعی دانست.
دقیقا مشاهدات فوق برای دو مکانیسم دیگر انبساط سیال و ریزش ثقلی هم قابل رویت می باشد و تکرار شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

- ✓ با افزایش مقدار ضریب شکلی از آنجایی که سطح تماس بین محیط ماتریکس و شکاف افزایش‌یافته، میزان تولید تجمعی نفت و در نتیجه ضریب بازیافت افزایش یافته است؛ و به طور یکسان برای هر سه مکانیسم نشان می‌دهد که با افزایش سایز بلوک‌ها میزان نرخ بهره‌دهی نفت افزایش می‌یابد.
- ✓ میزان نسبت گاز به نفت با افزایش ضریب شکل کاهش‌یافته و میزان نسبت گاز به نفت برای هر ضریب شکل‌های متفاوت با افزایش سایز بلوک‌های ماتریکس افزایش یافته است. میزان تفاوت این نسبت برای مدل لیم- عزیز که از مکانیسم رانش انبساط سیال محاسبه می‌شود بیشتر از مکانیسم های ریزش ثقلی و آشام موئینه است.
- ✓ در شبیه سازی تراوایی دوگانه مشابه شبیه سازی تخلخل دوگانه دیده می شود با افزایش ضریب شکل میزان نرخ تولید نفت و تولید تجمعی افزایش یافته و نسبت گاز به نفت کاهش داشته است.
- ✓ یک تفاوت عمده اختلاف ناچیز در تولید تجمعی نفت میدانی برای ضریب شکل های متفاوت است که با توجه به تاثیر ناچیزتر تابع انتقال در شبیه سازی تراوایی دوگانه به دلیل حضور جریان در ماتریکس قابل توجیه می باشد

۷- پی‌شنهادات

- ✓ در پژوهش‌های آتی پیش نهاد می‌شود یک اعتبارسنجی با تاریخچه تولید مخزن برای مدل دقیق تر تراوایی دوگانه انجام شود. و به عنوان مرجع برای مقایسه شبیه‌سازی‌های تخلخل دوگانه با ضریب شکل‌های مختلف انجام شود. تا بتوان یکی ازین ضریب شکل‌ها را عمومی‌سازی کرد یا یک ضریب شکل جدید ارائه نمود.
- ✓ همچنین در پژوهش‌هایی قوی آتی با توجه به اینکه در شبیه‌ساز تجاری Eclipse تنها تابع انتقال گیلمن کاظمی مطرح است با نوشتن کد مخزن دقیق‌تر و علمی‌تر مدل شود و نتایج مقایسه شود؛ و این آنالیز حساسیت و بررسی به طور جداگانه برای هر یک از مکانیسم های رانش انجام گیرد.
- ✓ با توجه به اینکه در این تز تولید تحت تزریق غیر امتزاجی گاز بررسی شد پیش نهاد می‌شود برای فرآیند تزریق امتزاجی هم لحاظ گردد.
- ✓ آنالیز حساسیت بر روی تراوایی ماتریکس، نرخ تزریق گاز، تخلخل ماتریکس و شکاف و... هم انجام گیرد.

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانیم از جناب آقای پرفسور رشیدی، وخانواده عزیز و همیشه همراهمان کمال تشکر را داشته باشم.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

1. S. E. Samimi, M. Masihi, S. Gerami, and M. G. Ghazvini, “An Improvement on Modeling of Forced Gravity Drainage in Dual Porosity Simulations Using a New Matrix-Fracture Transfer Function,” Transport in Porous Media, vol. Volume 94, pp, 207-223, August 2012.
2. E. Ranjbar and h. Hassanzadeh, “Matrix-Fracture transfer Shape factor for modeling flow of a compressible fluid in dual porosity media,” Advances in Water Resources, vol. Volume 34, pp. Page 627-639, May 2011.
3. J. J. D. L. Porte, C. A. Kossack, and R. W. Zemmerman, “The Effect of Fractured Relative Permeabilities and Capillary Pressures on the Numerical Simulation of naturally fractured Reservoirs,” presented at the SPE Annual Technical Conference an Exhibition,dallas, Texas
4. H. Golghandashti, “A new analytical derived shape factor for gas-oil gravity drainage mechanism,” Journal of Petroleum science and Engineering, vol. Volume 77, pp. Pages 18-26, April 2011.
5. P. Sarma and K. Aziz, “New Transfer function for Simulation of Naturally Fractured Reservoirs with Dual Prosity Models,” SPE 90231, 2014.
6. 2013)ECLIPSE Industry Reference Reservoir Simulator.
7. F. Civan and M. L. Rasmussen, “Determining Parameters of Matrix- fracture interface fluid Transfer from Laboratory Tests,” Presented at the first international oil conference and Exhibition Mexico, Cancun, Mexic.
8. M. L. Rasmussen and F. Civan, “Full, Short-, and Long-Time Analytical Fractured Petroleum Reservoirs,” presented at the SPE Production and Operations Symposium, Oklahama City, Oklahama.
9. H. Hassanzadeh, M. Pooladi-Darvish, and S. Ataby, “shape factor in the dradown solution for Well testing of dual-porosity systems,” Advances in water Resources, vol. 32,pp.1652-1663, November 2009.
10. P. Royer, J. L. Auriault, J. Lewandowska, and C. Serres, “Continuum Mediling of Containment Transport in fractured Porous Media,” 2012.
11. J. R. Gilman and H. Kazemi, “Improvements in Simulation of Naturally Fractured Reservoirs,” SPE9305.

www.SID.ir