Archive of SID

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

بررسی تاثیر کیفیت تطابق تاریخچه در پیش بینی عملکرد مخزن

۱- مرتضی شگفت فرد*، فوق لیسانس مهندسی مخازن، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب
m.shegeftfard@gmail.com

۲- محمود خردو، فوق لیسانس مهندسی مخازن، شرکت نفت فلات قاره
m.khordoo@yahoo.com

چکیده:
یکی از ابزارهای مهم در حوزه مدیریت مخازن هیدروکربوری، شبیه سازی است که در آن تطابق تاریخچه[1] از مهمترین مراحل این فرایند می‌باشد. برای داشتن پیش بینی قابل اعتماد از عملکرد آینده مخزن انجام تطابق تاریخچه ضروری خواهد بود. اساس فرایند تطابق تاریخچه، تنظیم و تطابق فاکتورها و پارامترهای مخزنی است که با کمینه کردن خطا بین داده‌های ثبت شده واقعی و نتایج حاصل از شبیه سازی می‌باشد. این فرایند عموماً به دو صورت متعارف دستی و خودکار انجام می‌شود. در این مقاله تأثیر دقت بالای تطابق تاریخچه در پیش بینی عملکرد آینده مخزن با اعمال چندین سناریوی تزریق گاز و تخلیه طبیعی بر روی دو مدل مخزنی متفاوت معمولی و شکاف‌دار به صورت مجزا بررسی شده است. لازم به ذکر است که هر دو مدل مخزنی به روش خودکار با استفاده از نرم افزار SimOpt مورد تطابق تاریخچه قرار گرفته است. در هر مدل با انتخاب دو حالت از تطابق تاریخچه (با دقت‌های متفاوت)، شبیه سازی سناریوهای مختلف روی هر دو حالت انجام شده است. در نهایت، نتایج سناریوها با توجه به میزان دقت دو حالت تطابق تاریخچه، مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته است.

کلمات کلیدی:
تطابق تاریخچه، شبیه سازی، پارامترهای دارای عدم قطعیت، سناریو تزریق گاز، مدل مخزنی

1.History Matching

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

یکی از اهداف مهم شبیه سازی، تعریف یک مدل مخزنی است که اطلاعات دینامیکی و استاتیکی مخزن را نشان دهد. اصولاً بعد از ساخت مدل مخزنی، می‌بایست با اطلاعات و مدل‌های تفسیری موجود تطبیق نمود. این بدان معناست که مدل مخزنی باید قادر به بازتولید کلیه اطلاعات مورد استفاده در فرآیند شبیه سازی همچون داده‌های مغزه، اطلاعات لرزه‌نگاری، چاه‌آزمایی و اطلاعات تولید (در صورت وجود) باشد. اگر مدل شناسایی شده صحیح باشد، اطلاعات میدانی و پاسخ‌های مدل بر هم منطبق خواهد شد در غیر این صورت مدل باید بازبینی شود تا اشکالات موجود در آن شناسایی و رفع گردد [۱] , [۲].

پس از اینکه مدل تأیید شد، می‌تواند برای پیش‌بینی عملکرد آینده مخزن تحت سناریوهای مختلف توسعه مورد استفاده قرار گیرد. رفتار مخزن با محاسبه پارامترهایی از قبیل درصد اشباع سیالات، فشار و دبی جریان توسط شبیه‌ساز بدست می‌آید. لازم بذکر است که برای پیش‌بینی رفتار میدان، می‌بایست کل سیستم (مخزن، چاه‌ها و تجهیزات سرچاهی) را در نظر گرفت. این موارد باید با یکدیگر بررسی شوند چرا که آنها به طور متقابل بر هم تأثیر می‌گذارند. بعد از این که مدل مخزن ساخته شد، بررسی می‌شود که آیا این مدل با تاریخچه فشار یا تولید مخزن مطابقت دارد یا خیر. برای تطابق مدل با تاریخچه مخزن معمولاً تغییراتی در مدل در محدوده زمین شناسی و مهندسی مخزن انجام می‌شود. عموماً مدلی که ارائه می‌گردد باید کمترین پیچیدگی و از طرفی کمترین عدم قطعیت در پارامترهای مخزنی را داشته باشد و هم زمان بهترین اطلاعات را در اختیار قرار دهد. لازم به ذکر است که در تطابق تاریخچه، لزومی بر تطبیق تمام چاه‌های مدل با تولید واقعی نیست، بلکه روند[۲] تطابق مهم است. در واقع فرآیند شبیه سازی شامل مدل-سازی استاتیک و دینامیک مخزن، تعیین و تطابق تاریخچه عملکرد مخزن و پیش بینی رفتار آینده مخزن تحت سناریوهای مختلف است [۱] , [۲].

۲- تطابق تاریخچه

به طور کلی یک سیستم شامل قسمت‌های ورودی، خروجی و پردازش است که مشخص کننده خصوصیات آن سیستم می‌باشد. واحد پردازش یک سیستم با انجام یک‌سری اعمال و محاسبات بر روی ورودی، خروجی سیستم را آماده می‌نماید. در مسائل معمولی، با معلوم بودن ورودی و پردازش، هدف محاسبه خروجی سیستم است؛ امّا در مورد تطابق تاریخچه باید گفت که برعکس موارد یاد شده است. بدین ترتیب که ورودی و خروجی را داشته و به دنبال بهترین پردازشگر برای سیستم مورد نظر خواهیم بود؛ طوری که در صورت یکسان بودن ورودی‌ها، در تطابق تاریخچه همان خروجی از سیستم به دست آید. مبنای حل مسائل معکوس، استفاده از روش سعی و خطا است بدین ترتیب که یک حدس در مورد حالت سیستم در نظر گرفته می‌شود و با ورودی معلوم، خروجی محاسبه و با خروجی واقعی سیستم مقایسه می‌شود. این فرایند تا زمانی که قدر مطلق تفاوت بین خروجی واقعی محاسبه شده در یک محدوده قابل قبولی باشد ادامه خواهد

2. Trend

www.SID.ir

Archive of SID

یافت. به این فرایند در اصطلاح تطابق تاریخچه گویند. قانون عمومی در تطابق تاریخچه بدین صورت بیان می‌شود که پارامترهایی که بیشترین عدم قطعیت و حداکثر تأثیر را بر روی تطابق دارند، تغییر یابند. به عبارت دیگر برای انجام یک شبیه سازی کامل، نیاز به تطابق مدل ساخته شده با مدل واقعی (مخزن) از طریق تاریخچه تولید مخزن است. برنامه شبیه سازی از زمان شروع تولید مخزن تا حال حاضر، برای مقایسه نتایج حاصل از شبیه سازی با داده‌های واقعی به اجرا گذاشته می‌شود. در صورتی که اختلاف نتایج زیاد باشد، باید با تغییر پارامترهایی که در ادامه توضیح داده می‌شود، مدل را به مدل واقعی نزدیک کرد. این فرایند تا جایی که تطابق تاریخچه قابل قبولی حاصل شود، ادامه خواهد یافت [۶] , [۷].

باید توجه کرد که هر چه اطلاعات در خروجی سیستم بیشتر باشد، انتخاب یک پردازشگر مناسب برای سیستم محدودتر است و تعداد سعی و خطاهای لازم کمتر خواهد شد. ورودی و خروجی‌ها در یک برنامه کامپیوتری را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد [۵]:

$$Input=\begin{cases} Data\left(d_1,...,d_i,...,d_n\right) \\ Parameter\left(X_1,...,X_i,...,X_n\right) \end{cases} \qquad Output=\begin{cases} \mathrm{Re}\,sult\left(d_1,...,d_{is},...,d_{ns}\right) \\ Outcome \end{cases}$$

$\left(d_i\right)$ داده‌های واقعی هستند که مستقیماً در دوران تولید چاه اندازه گرفته و یا محاسبه می‌شوند و پارامترهای $\left(x_i\right)$داده‌هایی هستند که مقادیر آنها بین دو مقدار حداقل و حداکثر تغییر می‌کند. هرگاه x، حداقل بر یک d تأثیر گذارد، یعنی تغییر یک x باعث تغییر حداقل یک d شود، در اینحالت d_i و x_i وارد برنامه خواهند شد. خروجی‌های برنامه عبارتند از نتایج[۳] و d_{is}. d_{is} باید برابر با d_i گردد و یا اختلاف آنها حداقل شود؛ در این‌حالت x_i آنقدر تغییر داده می‌شود تا d_i-d_{is} حداقل شود (d_i-d_{is}=minimum). این فرایند تطابق تاریخچه نامیده می‌شود. قانون عمومی در تطابق تاریخچه بدین صورت بیان می‌شود که پارامترهایی که بیشترین عدم قطعیت و حداکثر تأثیر را بر روی تطبیق دارند، تغییر یابند. به عبارت دیگر برای انجام یک شبیه سازی کامل، نیاز به تطابق مدل ساخته شده با مدل واقعی (مخزن) از طریق تاریخچه تولید مخزن است. برنامه شبیه سازی از زمان شروع تولید مخزن تا حال حاضر، برای مقایسه نتایج حاصل از شبیه سازی با داده‌های واقعی به اجرا گذاشته می‌شود. در صورتی که اختلاف نتایج زیاد باشد، باید با تغییر پارامترهایی که در ادامه توضیح داده می‌شود، مدل را به مدل واقعی نزدیک کرد. این فرایند تا جائیکه تطابق تاریخچه قابل قبولی حاصل شود، ادامه خواهد یافت [۶] , [۷].

لازم به ذکر است که تطابق تاریخچه به دو روش متعارف دستی و خودکار قابل انجام است. به طور کلی اولین مرحله تطابق تاریخچه، یافتن پارامترهایی است که در آنها عدم قطعیت وجود دارد. عموماً در هر اجرا به روش متعارف، مقدار یکی از پارامترهای دارای عدم قطعیت تغییر داده می‌شود و سپس اثر آن بر تولید و فشار مشاهده می‌گردد. بر اساس میزان تغییر فشار شبیه سازی شده با تغییر یک پارامتر می‌توان به میزان حساسیت مدل به آن پارامتر پی برد. این فرایند کمک می‌کند تا پارامترهایی که بیشترین اثر را بر تاریخچه تولید می‌گذارند، مشخص شوند. بعد از اینکه این پارامترها با ضرایب بزرگی تغییر داده شد و نتایج آنها مورد

3. Outcome

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی قرار گرفت، نوبت به تغییرات کوچک و محلی است تا پارامترها را به مقدار جزئی تغییر داده و تطابق قابل قبولی از مدل بدست آید. در طول فرایند تطابق، باید تغییر پارامترها بر مبنای واقعیت و در محدوده منطقی و معینی صورت پذیرد؛ در این حالت، معمولاً نیاز به آزمون و خطا برای تنظیم پارامترهای مخزنی مختلف است. آزمون و خطا تا زمانی که تطابق قابل قبولی بین عملکرد محاسبه شده و عملکرد واقعی میدان حاصل شود، ادامه می‌یابد که می‌تواند بسیار وقت‌گیر هم باشد. روش خودکار همانند تطابق تاریخچه متعارف است جز اینکه در این روش از منطق و الگوریتم‌های کامپیوتری به جای دخالت مستقیم مهندسی برای تنظیم داده‌های مخزن استفاده می‌شود [۶] , [۷].

در فرایند تطابق تاریخچه برای اینکه خطای مدل ساخته شده ($d_i - d_{is}$) با مدل واقعی به حداقل برسد، می‌توان پارامترهای (x_i) همچون: تخلخل، تراوایی، تراکم پذیری، نسبت خالص به کل[4]، خواص سفره آبی، داده های سیال و همچنین خواص شکاف و ماتریس مخازن شکافدار را تغییر داد. این موارد، تعدادی از پارامترهای دارای عدم قطعیت هستند که حساسیت سنجی بر روی آنها جهت رسیدن به تطابق تاریخچه مطلوب انجام می‌شود. اطلاعاتی همچون نرخ تولید، نسبت گاز به نفت و یا نسبت آب به نفت تولیدی، اطلاعات فشاری مخزن و چاهها و همچنین سطوح تماس سیالات بعنوان مبنای مقایسه در فرایند حساسیت سنجی روی پارامترهای دارای عدم قطعیت بکار می‌روند [۵].

در ادامه، بررسی اهمیت کیفیت تطابق تاریخچه روی عملکرد آینده مخزن برای هر دو مدل مورد مطالعه با چندین سناریو تزریق گاز آورده شده است.

۳- مدل شماره ۱

مخزن شکافدار مورد مطالعه، مرکب از دو سازند سروک و ایلام از گروه بنگستان است و در جنوب غربی ایران واقع شده است. فشار اولیه مخزن ۴۱۰۰ پام و دمای آن ۱۵۰ درجه فارنهایت است.

چنانچه برای مخزن شکاف‌داری مطالعه‌ای برای شکاف انجام نشده باشد، در شبیه سازی، مقدار یکسانی برای خصوصیات شکاف در همه گریدها تعمیم داده می‌شود. در نتیجه عدم تجانس شکاف‌های مخزن نادیده گرفته می‌شود و به این ترتیب نتایج بدست آمده با استفاده از روش متعارف و سنتی تطبیق نمی‌تواند با دقت زیاد، عملکرد آینده مخزن را پیش بینی کند. بنابراین برای مدل دینامیکی مخزن شکاف‌دار مورد مطالعه، تطابق تاریخچه خودکار بوسیله نرم افزار SimOpt انجام می‌شود تا برای پارامترهای شکاف مقادیر متفاوتی در گریدهای مختلف اختصاص دهد و نقشه خصوصیت[5] آن پارامتر نیز حاصل گردد. این نرم افزار با استفاده از الگوریتم بهینه سازی نه تنها باعث کاهش مدت مورد نیاز برای رسیدن به یک تطبیق قابل قبول نسبت به روش متعارف می‌شود، بلکه دقت پارامترهای تخصیص داده شده به مدل را نیز افزایش می‌دهد. در این روش صرف‌نظر از جزئیات روند بهینه سازی، پارامترهای مدل مخزن به طور سیستماتیک تا زمانی که

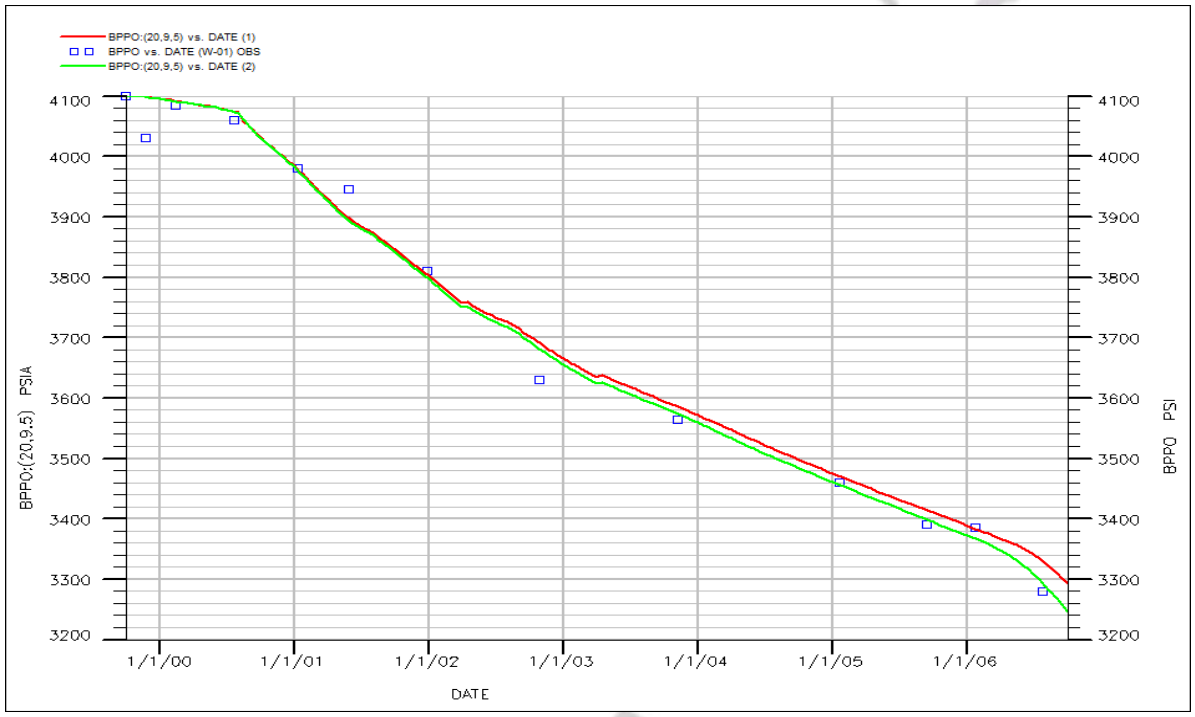
4. Net to Gross (NTG)
6. Property map

www.SID.ir

Archive of SID

تطابق مطلوبی بدست آید، تغییر می‌کنند. به طور خلاصه در این نرم افزار، تطابق تاریخچه در سه فرایند ارزیابی[6]، گرادیان[7] و رگرسیون[8] انجام می‌شود.

با توجه به اطلاعات موجود میدان، فرایند شبیه سازی و ساخت مدل دینامیکی بوسیله نرم افزار اکلیپس ۱۰۰ انجام شد. با آنالیز حساسیت سنجی بر روی پارامترهای دارای عدم قطعیتِ این مدل (پارامترهایی همچون تراوایی و تخلخل شکاف، ارتفاع شکاف و ماتریکس و عرض شکاف)، تطابق تاریخچه برای فشارهای استاتیک اندازه‌گیری شده واقعی بدست آمد. دو حالت از تطابق تاریخچه‌هایی که صورت پذیرفت (با توجه به کمترین RMS[9])، انتخاب شد که نتایج مقایسه آن در شکل ۱ آورده شده است. در حالت اول، تطابق با دقتی در حدود ٪۹۰ و در حالت دوم تطابقی با دقت بالای ٪۹۵ انتخاب گردید.



شکل-۱ مقایسه دقت تطابق تاریخچه میزان افت فشار شبیه سازی شده با افت فشار تجربی مخزن

۳-۱ بررسی سناریوهای مختلف تزریق گاز و مقایسه نتایج نسبت به کیفیت تطابق تاریخچه

بعد از انجام تطابق تاریخچه، چندین سناریو تزریق گاز تعریف گردید که روی هر دو حالت تطابق تاریخچه اجرا می‌شود. لازم به ذکر است که مخزن مورد مطالعه در طی یک دوره هفت ساله تحت تخلیه طبیعی قرار داشته است. برای پیش بینی آینده مخزن و مقایسه نتایج، کلیه مطالعات در یک دوره ثابت ده ساله انجام می‌شود. در مرحله اول هر دو مدل مورد مطالعه، سناریو پیش‌بینی تولید طبیعی اجرا می‌گردد؛ سپس

7. Evaluation
8. Gradient
9. Regression
10. Root mean square

www.SID.ir

Archive of SID

سناریوهای مربوط به فرایند تزریق گاز در کلاهک گازی بررسی می‌شود و بعد از آن با چند نمونه گازی سناریو تزریق گاز درون لایه نفتی به صورت غیر امتزاجی انجام خواهد شد. در نهایت از نتایج سناریوهای تزریق در ارزیابی تأثیر دقت تطابق تاریخچه در هر مدل استفاده می‌گردد.

۳-۱-۱پیش بینی تولید طبیعی مخزن

هدف از اجرای این سناریو، بررسی حداکثر میزان تولید مخزن بواسطه انرژی طبیعی مخزن است که نمودارهای مربوط به این حالت نشان می‌دهد که با تولید طبیعی، افت فشار بالایی در مخزن ایجاد می‌گردد که نشان دهنده غیر صیانتی بودن برداشت است. در حالت اول تطابق با دقت ٪۹۰، میزان تولید تجمعی نفت که برابر است با $۱,۸۸\times۱۰^{۷}$ بشکه، کمتر از حالت دوم که میزان آن $۱,۹۹\times۱۰^{۷}$ بشکه است، می‌باشد. همچنین میزان افت فشاری که در حالت اول نتیجه شده، از حالت دوم تطابق که دارای دقتی بالای ٪۹۵ است، بیشتر می‌باشد. لازم به ذکر است که فشار در حالت اول و دوم تطابق به ترتیب ۳۱۱۲ و ۳۱۶۰ پام می‌باشد.

۳-۱-۲ تزریق گاز همراه به منظور تثبیت فشار

یکی از دلایل تزریق مجدد گاز همراه می‌تواند برای بررسی حداقل میزان تزریق گاز در مخزن باشد. جهت آگاهی از میزان تزریق در مخازنی که هیچ منبع تأمین گاز برای تزریق ندارند، این روش می تواند مفید باشد و تا حد امکان از افت فشار مخزن جلوگیری کند. در این حالت گاز تفکیک شده مخزن با نصب کمپرسور تحت فشار قرار می‌گیرد و دوباره به مخزن تزریق می‌گردد. در این سناریو با یکسان در نظر گرفتن محدوده دبی تولیدی با حالت تخلیه طبیعی، فشار مخزن نسبت به حالت تخلیه طبیعی کمتر افت می‌کند که این کاهش افت فشار در بازیافت نهایی تأثیرگذار است. در این سناریو نیز میزان تولید تجمعی حالت اول تطابق تاریخچه نسبت به حالت دوم کمتر و افت فشار مخزن در این حالت نیز بیشتر است. این در حالی است که میزان تولید تجمعی حالت اول و دوم به ترتیب $۲,۰۰\times۱۰^{۷}$ و $۲,۰۵\times۱۰^{۷}$ بشکه و فشار مخزن در حالت اول ۳۱۵۲ و در حالت دوم ۳۱۸۶ پام می‌باشد.

۳-۱-۳ تزریق گاز همراه به منظور افزایش ضریب بازیافت

در این سناریو هم‌زمان با تزریق گاز همراه درون مخزن، میزان تولید افزایش می‌یابد تا محدوده افت فشار مخزن با افت فشار در حالت تخلیه طبیعی یکسان باشد. در این حالت میزان ضریب بازیافت نسبت به حالت تخلیه طبیعی افزایش یافته است. در این سناریو نیز با توجه به اینکه میزان تولید تجمعی در حالت اول تطابق تاریخچه $۲,۱۵\times۱۰^{۷}$ بشکه است، نسبت به حالت دوم که مقدار آن $۲,۲۸\times۱۰^{۷}$ بشکه می‌باشد، کمتر است. در این سناریو نیز مانند دو سناریو قبل، افت فشار حالت اول تطابق بیشتر از حالت دوم است. مقادیر فشار در حالت اول و دوم تطابق به ترتیب ۳۱۱۴ و ۳۱۵۹ پام می‌باشد.

۳-۱-۴ شبیه سازی تزریق گاز درون لایه نفتی

www.SID.ir

Archive of SID

برای بررسی تزریق گاز در لایه نفتی، دو نمونه گاز C_1 و Lean Gas برای تزریق غیر امتزاجی انتخاب شدند. همچنین با شبیه سازی دینامیکی مدل مخزن، الگوی پنج نقطه‌ای که شامل یک چاه تولیدی و چهار چاه تزریقی و الگوی پنج نقطه‌ای معکوس که شامل یک چاه تزریقی و چهار چاه تولیدی است مورد بررسی قرار گرفت که نهایتاً اُلگوی پنج نقطه‌ای معکوس برای بررسی در مدل واقعی مخزن انتخاب گردید. به دو دلیل این اُلگو برای مخزن انتخاب شد؛ اولاً هزینه عملیاتی یک چاه تولیدی کمتر از هزینه عملیاتی یک چاه تزریقی است و ثانیاً گاز به علت دانسیته کم سریعاً به چاه‌های تولیدی رسیده و میزان گاز به نفت تولیدی را افزایش می‌دهد؛ بنابراین بهتر است تعداد چاه‌های تزریقی کمتر از تعداد چاه‌های تولیدی باشد. با توجه به فشارهای بدست آمده از شبیه سازی آزمایش لوله قلمی[11]، دو گاز C_1 و Lean Gas در فشارهای بسیار بالایی با سیال مخزن حالت امتزاج پیدا می‌کنند. فشار امتزاج پذیری متان با سیال مخزن حدود ۸۱۰۰Psia است؛ بنابراین متان عملاً یک سیال امتزاج ناپذیر با سیال این مخزن است. عمده مزیت استفاده از این گاز برای تزریق، بازیافت مجدد آن است و همچنین با استفاده از این گاز مشکل خوردگی برای تجهیزات ایجاد نمی-گردد.

ترکیب درصد Lean Gas برای تزریق در مخزن به صورت ٪۸۰ متان، ٪۱۵ اتان و ٪۵ پروپان می‌باشد. فشار امتزاج پذیری این ترکیب با سیال مخزن نیز در حدود ۶۰۰۰ پام است. بنابراین در فشار ۴۱۰۰ پام مخزن، این دو سیال عملاً امتزاج ناپذیر خواهند بود؛ لذا می‌توان از این دو گاز برای تزریق در لایه نفتی به صورت غیر امتزاجی استفاده کرد. طبق نتایج جدول-۱، در این سناریو نیز میزان تولید تجمعی حالت دوم تطابق تاریخچه نسبت به حالت اول بیشتر و افت فشار مخزن در این حالت کمتر است.

جدول- ۱ نتایج سناریو تزریق گاز درون لایه نفتی برای مدل۱

حالت اول تطابق (با دقت ٪۹۰)	تولید تجمعی نفت (Stb/d)	فشار مخزن (Psia)
C_1	۱,۸۸×۱۰^۷	۳۱۷۸
Lean Gas	۲,۰۴×۱۰^۷	۳۲۰۰
حالت دوم تطابق (با دقت ٪۹۵)	تولید تجمعی نفت (Stb/d)	فشار مخزن (Psia)
C_1	۲,۱۰×۱۰^۷	۳۲۰۰
Lean Gas	۲,۲۰×۱۰^۷	۳۳۳۶

۴- مدل شماره ۲

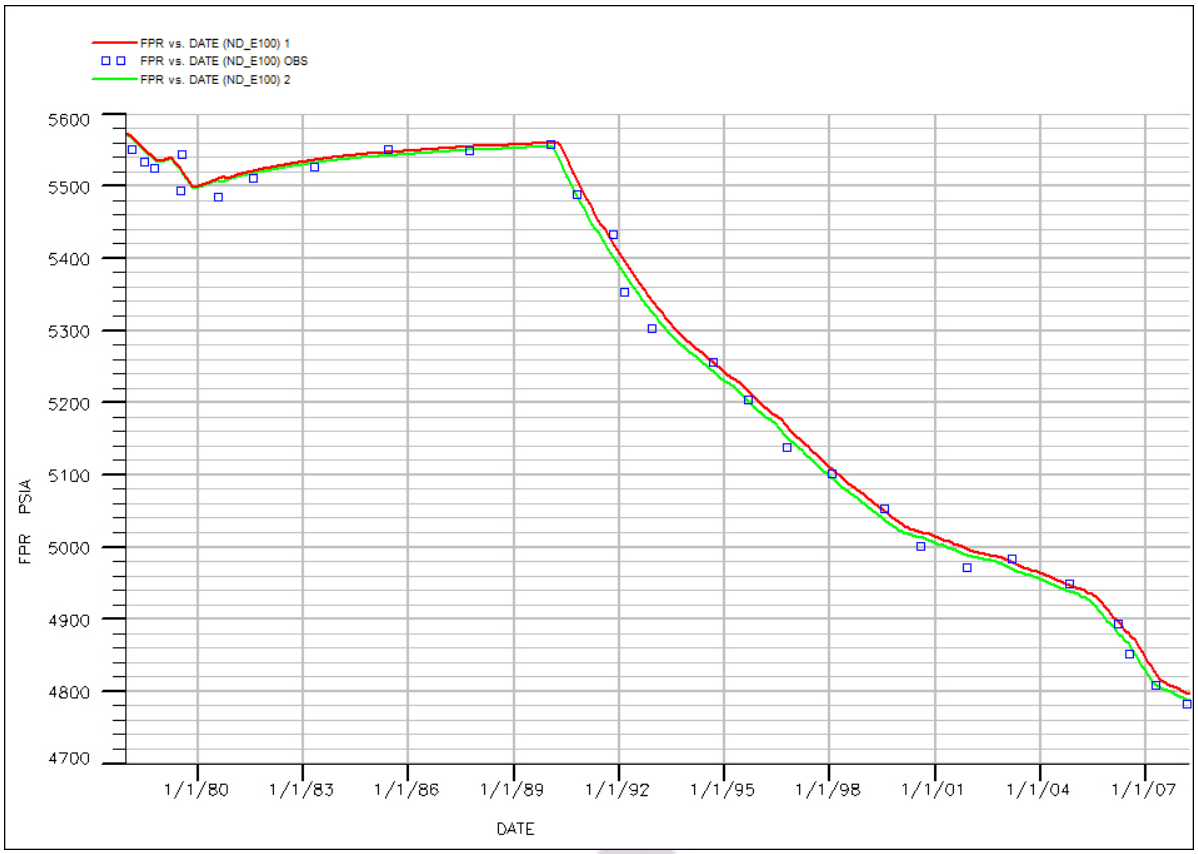
مخزن مورد مطالعه در سازند آسماری و در جنوب غرب ایران در منتهی الیه ناحیه فروافتادگی دزفول قرار گرفته است. فشار اولیه مخزن ۵۵۰۰ پام و دمای مخزن ۲۱۰ درجه فارنهایت می‌باشد.

11. Slim tube

www.SID.ir

Archive of SID

در اینجا نیز بعد از انجام حساسیت سنجی بر روی پارامترهای دارای عدم قطعیت (که عمدتاً پارامترهایی چون خواص سفره آبی، تراوایی در جهت افقی و عمود است) تطابق تاریخچه برای فشارهای استاتیک میدان به صورت خودکار توسط نرم افزار SimOpt انجام شد. سپس دو حالت از مدل‌های تطابق تاریخچه انتخاب و بررسی‌ها روی آنها انجام شد. در حالت اول تطابق تاریخچه با دقتی در حدود ٪۹۰ و در حالت دوم تطابق تاریخچه با دقتی بالای ٪۹۵ انتخاب گردید.



شکل-۲ مقایسه دقت تطابق تاریخچه میزان افت فشار شبیه سازی شده با افت فشار تجربی مخزن در هر دو حالت تطابق

۴-۱ بررسی سناریوهای مختلف تزریق گاز بر روی مدل

مخزن مورد مطالعه در طی یک دوره سی ساله تحت تخلیه طبیعی خود قرار داشته است و برای پیش بینی آینده مخزن و مقایسه نتایج، کلیه مطالعات در یک دوره ده ساله انجام شده است.

۴-۱-۱ پیش بینی تولید طبیعی مخزن

در حالت اول تطابق (با دقت ٪۹۰)، میزان تولید تجمعی نفت این سناریو که بیانگر حداکثر تولید مخزن به واسطه انرژی طبیعی مخزن می‌باشد، از حالت دوم بیشتر است. همچنین افت فشاری که در حالت اول بدست آمده، از حالت دوم تطابق (با دقت بالای ٪۹۵) کمتر است. لازم به ذکر است که مقدار تولید تجمعی

www.SID.ir

Archive of SID

نفت حالت اول و دوم تطابق به ترتیب $۴,۰۰\times۱۰^{۸}$ و $۳,۸۰\times۱۰^{۸}$ بشکه می‌باشد. همچنین فشار در حالت اول و دوم تطابق به ترتیب ۴۵۰۴ و ۴۴۵۶ پام است.

۴-۱-۲ تزریق گاز همراه به منظور تثبیت فشار

با توجه به توضیحات قبل، این سناریو در این مدل نیز به اجرا گذاشته شد که در اینجا نیز میزان تولید تجمعی حالت اول تطابق نسبت به حالت دوم بیشتر و افت فشار مخزن کمتر است. این در حالی است که مقدار تولید تجمعی حالت اول و دوم به ترتیب $۴,۰۸\times۱۰^{۸}$ و $۳,۹۰\times۱۰^{۸}$ بشکه و فشار مخزن در حالت اول ۴۵۴۴ و در حالت دوم ۴۴۹۸ پام می‌باشد.

۴-۱-۳ تزریق گاز همراه به منظور افزایش ضریب بازیافت

در این سناریو نیز از آنجا که مقدار تولید تجمعی در حالت اول تطابق تاریخچه برابر با $۴,۳۰\times۱۰^{۸}$ بشکه است، نسبت به حالت دوم که $۴,۱۰\times۱۰^{۸}$ بشکه می‌باشد، بیشتر است. همچنین افت فشار حالت اول تطابق کمتر از حالت دوم می‌باشد. مقادیر فشار در حالت اول و دوم تطابق به ترتیب ۴۵۰۵ و ۴۴۵۷ پام است.

۴-۱-۴ تزریق غیر امتزاجی گاز در لایه نفتی

فشار امتزاج پذیری نیتروژن با سیال مخزن مورد مطالعه طبق نتایج شبیه سازی آزمایش لوله قلمی حدود ۷۱۰۰ پام است. بنابراین با توجه به فشار مخزن، نیتروژن عملاً امتزاج ناپذیر با سیال مخزن می‌باشد. عمده مزیت استفاده از این گاز برای تزریق، دسترسی آسان و ارزان بودن آن است.

ترکیب درصد Lean Gas برای تزریق در مخزن به صورت ٪۸۵ متان، ٪۱۲ اتان و ٪۳ پروپان است. فشار امتزاج پذیری این ترکیب با سیال مخزن حدود ۶۳۰۰ پام می‌باشد. بنابراین در فشار ۵۶۰۰ پام مخزن، این دو سیال عملاً امتزاج ناپذیر خواهند بود؛ لذا می‌توان از این دو گاز برای تزریق در لایه نفتی به صورت غیر امتزاجی بهره برد. مطابق نتایج جدول-۲، در این سناریو نیز میزان تولید تجمعی حالت دوم تطابق نسبت به حالت اول کمتر و افت فشار مخزن در این حالت بیشتر است.

جدول- ۲ نتایج سناریو تزریق گاز درون لایه نفتی برای مدل۲

حالت اول تطابق (با دقت ٪۹۰)	تولید تجمعی نفت (Stb)	فشار مخزن (Psia)
N_2	$۴,۳۸\times۱۰^{۸}$	۴۶۳۵
Lean Gas	$۴,۶۱\times۱۰^{۸}$	۴۶۹۶
حالت دوم تطابق (با دقت ٪۹۵)	**تولید تجمعی نفت (Stb)**	**فشار مخزن (Psia)**
N_2	$۴,۲۱\times۱۰^{۸}$	۴۵۹۸
Lean Gas	$۴,۴۰\times۱۰^{۸}$	۴۶۵۸

www.SID.ir

Archive of SID

۵- نتیجه‌گیری

۵-۱ مهم‌ترین مزیت روش خودکار نسبت به روش دستی فرایند تطابق تاریخچه بدین صورت است که: بعد از ساخت مدل مخزنی، با نرم افزار Simopt می‌توان چندین اجرای تطابق تاریخچه که دارای خطای پایینی هستند را انتخاب کرد. با این کار می‌توان مدل شبیه سازی شده را ابتدا از لحاظ صحت ساخت آن مورد بررسی قرار داد. این بررسی از طریق مقایسه روند رفتار واقعی گذشته مخزن با مدل‌های حاصل شده از اجراهای مختلف تطابق صورت می‌گیرد. در صورتی که رفتار تمام حالت‌های تطابق از یک روند مشابه‌ای تبعیت کند، مدل مخزنی موجود دارای ساختاری صحیح و منطقی است. بعد از این مرحله، برای افزایش دقت و اعتماد به نتایج شبیه سازی، می‌توان حساسیت سنجی را تا زمانی که خطا (RMS) به حداقل ممکن برسد، ادامه داد. انجام این مراحل از طریق نرم افزارهایی همچون Simopt که به صورت خودکار تطابق تاریخچه را انجام می دهند، میّسر است و به روش دستی بسیار زمان‌بر می‌باشد.

۵-۲ نتیجه گرفته شد که در مدل ۱ (مخزن شکاف‌دار)، در حالت اول تطابق (دقت ٪۹۰)، نتایج میزان نفت تولیدی تجمعی همه سناریوهای تزریق از حالت دوم تطابق (دقت ٪۹۵)، کمتر بوده است. همچنین افت فشار مخزن حالت اول نیز در تمام سناریوها نسبت به حالت دوم تطابق بیشتر بود. این در حالی است که در مدل دوم مورد مطالعه، عکس رفتار مدل اول رخ داد؛ به طوری که نتایج میزان تولید تجمعی نفت همه سناریوهای تزریق حالت اول (دقت ٪۹۰) بیشتر از حالت دوم که دقت آن بالای ٪۹۵ است، می‌باشد. افت فشار مخزن این مدل نیز در همه سناریوهای تزریق در حالت اول کمتر از حالت دوم است. با حساسیت سنجی روی پارامترهای دارای عدم قطعیت در دو مدل مخزنی متفاوت که سناریوهای مشابهی روی آنها اعمال شد، نتیجه گرفته شد که افزایش دقت در تطابق تاریخچه، تأثیر مستقیمی بر روی کیفیت پیش بینی عملکرد آینده مخزن می‌گذارد؛ به طوری که در مدل اول هر قدر که دقت تطابق افزایش می‌یابد تولید تجمعی نیز بیشتر و افت فشار مخزن کمتر می‌گردد؛ در حالی که در مدل دوم، با افزایش دقت تطابق، تولید تجمعی کمتر و افت فشار مخزن نیز بیشتر می‌شود. این بدین معنی است که صرف‌نظر از نوع مخزن، هر چقدر تطابق تاریخچه مدل مخزنی دقیق‌تر باشد اعتماد ما به نتایج شبیه سازی بیشتر خواهد بود و عدم دقت کافی تطابق تاریخچه می‌تواند در مدیریت و محاسبات مربوط به مطالعات مخازن خطاهای بزرگی ایجاد نماید.

۶- تقدیر و تشکر

بدینوسیله از شرکت ملی نفت ایران و همچنین شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب جهت حمایت‌های مربوطه سپاسگزاری می‌گردد.

منابع:

www.SID.ir

Archive of SID

1. A. Satter, J.Varnon, and M. Hoang, "Integrated Reservoir Management", paper SPE 22350 presented at the 1992 SPE International Meeting on Petroleum Engineering, Beijing, March 24–27, (1992).
2. A.C. Gringarten, "Evolution of Reservoir Management Techniques: from Independent Methods to an Integrated Methodology, Center for Petroleum Studies, Imperial College of Science, Technology & Medicine, London, uk, Paper spe No39713.
3. C. Maschio, C. P. Viegas de Carvalho, D. J. Schiozer, "A new methodology to reduce uncertainties in reservoir simulation models using observed data and sampling techniques", Journal of Petroleum Science and Engineering 72 (2010).
4. E. Peters, R. J. Arts, G. K. Brouwer et al., "Results of the brugge benchmark study for flooding optimization and history matching," SPE Reservoir Evaluation and Engineering, vol. 13, no. 3, pp. 391–405, (2010).
5. GeoQuest, "Simopt Manual", Schlumberger, 2005A Version.
6. K. Aziz. and A. Settari, "Petroleum Reservoir Simulation", Blitzprint Ltd Alberta (2002).
7. K. A. Bishop and et al, "An Approach to the Problem of Slow Convergence for Automatic History Matching Procedures", SPE 5424 (1975).

Investigation of history matching precision affection on reservoir performance prediction

1. Morteza Shegeftfard*, Senior Reservoir Engineer at National Iranian South Oil Company (NISOC), Address: National Iranian South Oil Company, Ahwaz, Tel:+989121902864, m.shegeftfard@gmail.com

2. Mahmood Khordoo, Senior Reservoir Engineer at Iranian Offshore Oil Company (IOOC), Address: Iranian Offshore Oil Company, Tehran, Tel:+989126993328, m.khordoo@yahoo.com

Abstract:
Simulation process is one of the important tools in hydrocarbon reservoir management. History match is one of the most important issues in simulation. To achieve a reliable prediction of future operation of the reservoir via different scenarios, it is necessary to carry out a history match. History match is usually done in two forms: automatic and manual. In this paper, the effect of high precision history match in prediction of reservoir future operation via applying several gas injection scenarios is investigated on two different usual and fractured reservoir models separately. Both reservoir models were history matched by SimOpt software. In both models, with selecting two forms of history match (based on least RMS), simulation of different scenarios were carried out on both forms. Finally, according to the precision of two forms in history match, the results were compared and evaluated.

Keywords:
History match, simulation, uncertainty parameters, gas injection scenarios, reservoir model

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir