

بهینه‌سازی رشته تکمیلی چاه و تأثیر آن بر افزایش فشار جریان سرچاهی و دبی تولیدی

محسن مرادی^۱، دکتر محمدرضا عادل زاده^۲ | شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب

چکیده

یکی از مهم‌ترین مشکلات موجود در تولید، افت فشار سرچاهی است. این مشکل که باعث عدم جریان مناسب چاه و در اغلب موارد قطع کامل جریان به واحدهای فرآورش می‌شود، بسیاری از چاه‌های ایران و میادین نفتی دنیا را در بر می‌گیرد. عدم توجه به این مسأله موجب خارج شدن بسیاری از چاه‌ها (در لایه‌های کم فشار مخزن) از مدار تولید گردیده است. افت فشار سرچاهی ناشی از دو عامل اصلی است؛ عامل اول، مشکلات مربوط به عملکرد مخزن و عامل دیگر، مشکلات مربوط به عملکرد خود چاه است. در این مقاله تنها عوامل ایجادکننده افت فشار ستون چاه و راه کارهای مناسب برای به حداقل رساندن آن از طریق تغییر در ساختار تکمیل چاه با استفاده از نتایج نمودارنگار تولید، آزمایش‌های ممیزی فشار جریانی و ساکن و سایر اطلاعات فنی چاه‌ها با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز pipesim مورد بررسی قرار گرفته است. با مقایسه نتایج حاصل از نرم‌افزار یاد شده با شرایط واقعی تولید و حصول اطمینان از صحت نتایج خروجی آن، چاه شبیه‌سازی شد. تغییر در پارامترهای مورد نظر موجب دستیابی به نتایجی شده است که این نتایج باعث افزایش فشار جریانی و بهینه‌سازی تولید از چاه در مقطع زمان کنونی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی | بهینه‌سازی تولید، شبیه‌سازی چاه، رشته تکمیلی

مقدمه

بنابراین لازم است که فرد پیشنهاددهنده، کلیه سؤالات مطرح شده در این زمینه را مورد توجه قرار داده و با تجزیه و تحلیل ابعاد مختلف طرح، سؤالات را با ارایه یک منطق قوی و قابل قبول توجیه نماید. بدیهی است که هر نرم‌افزار با استفاده از داده‌های ورودی، نتایجی را به عنوان خروجی نمایش می‌دهد؛ اما در این میان، صحت اطلاعات ورودی و انتخاب روش یا الگوی مناسب برای شبیه‌سازی می‌تواند در دست‌یابی به نتایج مطلوب نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای ایفا نماید. مهم‌ترین قسمت یک پروژه، جمع‌آوری اطلاعات صحیح و انتخاب راه‌کار مناسب برای رسیدن به هدف مورد نظر است.

۱- عوامل ایجاد افت فشار در ستون چاه

۱-۱- عوامل ایجاد افت فشار جریانی در سیال تک فازی

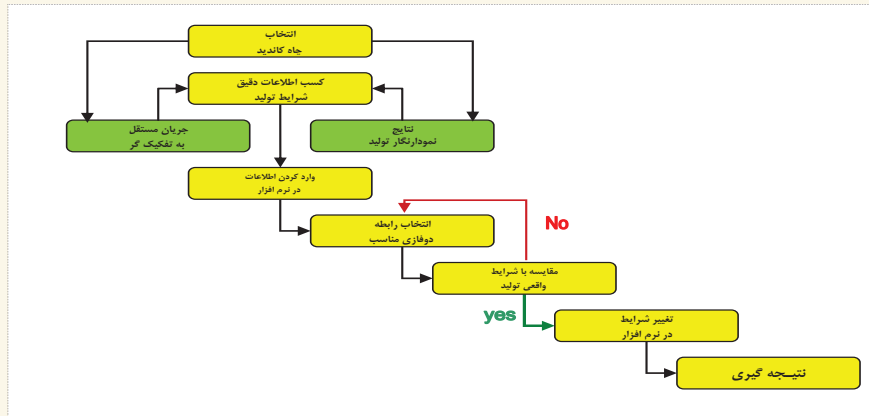
در سیال تک فازی، عوامل ایجاد افت فشار جریانی به شرح ذیل می‌باشند [۱]:

- (الف) افت فشار ناشی از تغییرات ارتفاع (انرژی پتانسیل)
- (ب) افت فشار ناشی از تغییرات سرعت (انرژی جنبشی)
- (ج) افت فشار ناشی از اثر اصطکاک

امروزه به دلیل افزایش بهای نفت، امکان ایجاد تغییر در شرایط فیزیکی چاه و توقف تولید از چاه در حین تعمیر به حدی دشوار شده است که پس از اتمام عملیات حفاری و شروع تولید از چاه، تا زمانی که چاه در حال تولید می‌باشد، تفکر ایجاد تغییر یا بهینه ساختن شرایط تولید، کم‌تر به مرز عمل یا اجرا می‌رسد. از این‌رو بهتر است مهندسان به جای ایجاد تغییر در ساختار فیزیکی چاه و تجربه عملی گزینه‌های مد نظر، با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی چاه که هر روز در حال توسعه و تکمیل می‌باشند، شرایطی را که باید در عمل با صرف هزینه‌های بالا بر روی چاه پیاده نمایند، شبیه‌سازی کرده و با ایجاد شرایط مختلف و مقایسه نتایج به دست آمده، بهترین گزینه را انتخاب و به اجرا درآورند.

نرم‌افزار PIPESIM یکی از نرم‌افزارهای موجود در شبیه‌سازی چاه و تأسیسات سطح‌الارضی است که امروزه در بخش تولید و بهره‌برداری، کمک بسیار زیادی در ارتقای سطح دانش و فن‌آوری نموده است. اما مهم‌ترین سؤالی که پس از شبیه‌سازی و نتیجه‌گیری از آن پیش می‌آید این است که چگونه باید به نتایج به دست آمده از نرم‌افزار اعتماد کرد؟ یا چه تضمینی وجود دارد که پس از صرف هزینه بالای انجام تغییرات و اجرای طرح پیشنهادی، به هدف مورد نظر نزدیک شد؟

1 mohsenmoradi2@gmail.com
2 adelzadeh.m@nisoc.ir

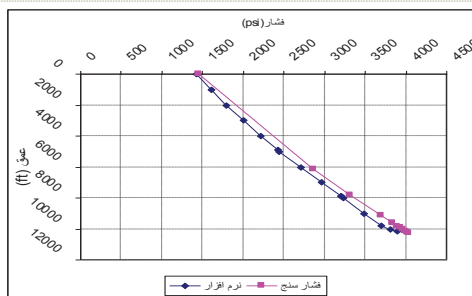


۱ | الگوریتم چگونگی شبیه‌سازی و نتیجه‌گیری در نرم‌افزار

برای بالا بردن دقت محاسبات در شبیه‌سازی شرایط چاه باید از یک رابطه دو فازی مناسب استفاده کرد؛ چون در غیر این صورت نرم‌افزار از یک رابطه پیش‌فرض استفاده خواهد نمود. محاسبات انجام شده در تعدادی از چاه‌های میدانی نفتی مارون نشان می‌دهد که استفاده از رابطه پیش‌فرض نرم‌افزار، خطای قابل ملاحظه‌ای دارد. بنابراین قبل از انجام هر اقدامی، مهم‌ترین کار انتخاب رابطه دو فازی مناسب است. شکل ۲ اهمیت دقت در انتخاب رابطه دو فازی را نشان می‌دهد. در این شکل، فشار ثبت شده توسط فشارسنج در اعماق مختلف با خروجی نرم‌افزار مقایسه شده است. در این جا نرم‌افزار از رابطه Original Beggs & Brill پیروی می‌نماید. در این نرم‌افزار می‌توان به سایر رابطه‌های دوفازی از جمله Duns & Ros, Hagedron & Brown, Aziz, Govier & Forgasi, Mukherjee & Brill نیز اشاره کرد.

۲-۱ چگونگی انتخاب رابطه دو فازی مناسب در نرم‌افزار شبیه‌سازی PIPESIM

۱-۲ استفاده از نتایج نمودارنگار تولید برای شبیه‌سازی چاه یکی از روش‌های مناسب برای محاسبه کمی و کیفی دبی تولیدی چاه، استفاده از نمودارهای تولید می‌باشد. این نمودارها با راندن ابزارهای ویژه‌ای که بر روی یکدیگر چیده شده و در چاه رانده می‌شوند، به‌دست می‌آیند.



۳ | مقایسه فشار ثبت شده توسط فشار سنج در اعماق مختلف چاه mn-148 با خروجی نرم‌افزار

۲-۱ عوامل به‌وجود آورنده افت فشار جریان در سیال دو فازی

آزمایش‌های مختلفی که Gilbert بر سیالات دو فازی انجام داد، منجر به ابداع یک روش گرافیکی برای محاسبه میزان افت فشار در ستون چاه گردید [۲،۳]. علاوه بر موارد یاد شده در سیالات تک‌فازی، عواملی که باعث ایجاد افت فشار سیالات دو فازی در ستون چاه می‌گردند عبارتند از:

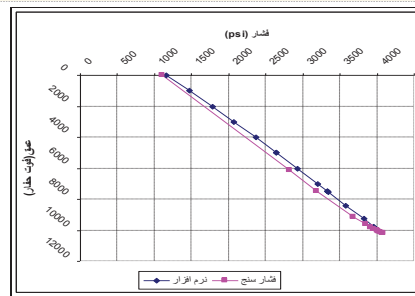
الف) نسبت گاز به مایع تولیدی^۱

ب) دبی تولیدی

ج) قطر داخلی لوله مغزی^۲

۲-۲ چگونگی شبیه‌سازی چاه و نتیجه‌گیری در نرم‌افزار PIPESIM

قبل از انجام شبیه‌سازی باید چاهی را انتخاب نمود که اطلاعات دقیق شرایط تولیدی آن موجود باشد. روشن است که هر قدر این اطلاعات دقیق‌تر باشند، مقایسه و نتیجه‌گیری نیز به واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود. از این‌رو در این‌جا برای انتخاب رابطه دو فازی، از نتایج عملیات نمودارنگار تولید چاه mn-346 استفاده شده و پس از انتخاب رابطه، برای مقایسه در چاه‌های دیگر میدان، به کار گرفته شده است. در شکل ۱، الگوریتم چگونگی شبیه‌سازی و نتیجه‌گیری نشان داده شده است [۴].



۲ | مقایسه فشار ثبت شده توسط فشار سنج در اعماق مختلف با خروجی نرم‌افزار

- 1 GLR
- 2 Inner Diameter

۳- تغییر در شرایط لوله مغزی و تأثیر آن بر فشار سر چاهی

۱-۳- تغییر در قطر لوله مغزی

در این قسمت تأثیر قطرهای مختلف لوله مغزی بر فشار جریانی سر چاهی، شبیه‌سازی شده و نتایج آن بر روی منحنی رسم گردیده است. در این صورت می‌توان محدوده مناسب برای انتخاب قطر لوله مغزی که بیش‌ترین فشار سر چاهی را به‌وجود می‌آورد، پیدا نمود. همان‌طور که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود، تغییر در قطر لوله مغزی می‌تواند فشار جریانی سرچاهی (برای چاه mn-346) را از حالت واقعی (۱۱۵۰ پام) به ۱۵۵۰ پام افزایش دهد که این افزایش فشار معمولاً افزایش دبی را نیز در پی خواهد داشت [۵].

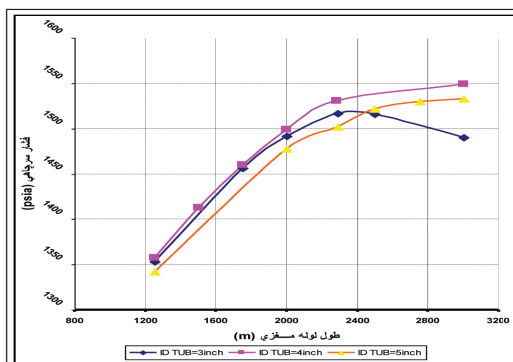
همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، قطر داخلی بهینه لوله مغزی برای این چاه در محدوده ۳ تا ۴ اینچ می‌باشد.

۲-۳- تغییر در طول لوله مغزی

همان‌طور که قطر لوله مغزی بر فشار جریانی سرچاهی تأثیر می‌گذارد، طول این لوله نیز می‌تواند بر پارامتر فشار سر چاهی تأثیر به‌سزایی داشته باشد. البته طول لوله مغزی از بعد اقتصادی نیز حایز اهمیت است. بدین ترتیب که هر چقدر طول کوتاه‌تری از لوله مغزی به‌کار برده شود، هزینه‌هایی مانند خرید، نصب و خارج ساختن آن از چاه در هنگام تعمیر، کاهش خواهد یافت.

همان‌طور که در شکل ۵ پیداست، عملکرد طول لوله مغزی در قطرهای متفاوت یکسان نیست، لوله مغزی با قطر ۴ اینچ، روند صعود فشار را با افزایش طول لوله مغزی حفظ کرده ولی در لوله مغزی ۳ اینچی با افزایش طول، فشار سر چاهی روندی صعودی - نزولی دارد.

در این قسمت برای بیان واضح‌تر موضوع، دو لوله مغزی با قطرهای متفاوت ۳ و ۵ اینچ که یک درجه از حالت بهینه قطر (۴ اینچ) در چاه mn-346 تفاوت دارند، انتخاب نموده و با نرم‌افزار شبیه‌سازی شدند تا اثر افزایش طول در قطرهای کم‌تر یا بیش‌تر از حالت بهینه قابل توجه باشد.



۵ | روند تغییرات فشار سرچاهی نسبت به طول لوله مغزی در سه قطر متفاوت

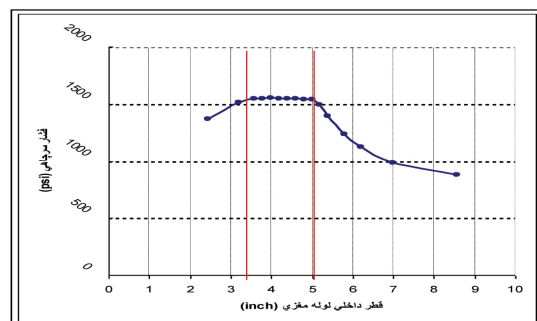
پس از ثبت اطلاعات هر ابزار در اعماق مختلف چاه و انجام محاسبات مهندسی و پردازش اطلاعات، می‌توان به شرایط واقعی تولید که مهم‌ترین آن‌ها، دبی نفت و گاز تولیدی و سهم هر لایه از کل تولید است، دست یافت [۶]. نتایج حاصل از نمودارنگار تولید را می‌توان به عنوان اطلاعات ورودی به شبیه‌ساز وارد نموده و پس از شبیه‌سازی و نتیجه‌گیری از نرم‌افزار، رابطه دو فازی مناسب را انتخاب کرد. همچنین برای محاسبه دبی نفت، گاز و احیاناً آب تولیدی از چاه، می‌توان از روش دیگری که همان جریان دادن چاه به شکل مستقل به تفکیک سه فازی است، استفاده نمود و پس از آن، مقدار هر فاز را جداگانه با جریان سنج اندازه‌گیری کرد. تجربه نشان داده است که دقت اندازه‌گیری دبی سیالات در نمودارهای تولید نسبت به جریان چاه به شکل مستقل به تفکیک‌گر بیش‌تر بوده است.

۲-۱-۲- استفاده از نتایج آزمایش ممیزی فشار جریانی چاه با خروجی نرم‌افزار

پس از شبیه‌سازی شرایط چاه توسط نرم‌افزار و انتخاب رابطه دو فازی مناسب، باید نتایج را با وضعیت واقعی چاه مقایسه کرد. شرایط واقعی چاه در حالت جریانی را می‌توان با ارسال فشارسنج الکترونیکی یا Amerada به درون چاه و ثبت فشار جریانی در اعماق مختلف به‌دست آورد. پر واضح است، رابطه‌ای که در آن، شرایط ستون چاه با شرایط واقعی تولید که از اعداد ثبت شده فشارسنج در اعماق مختلف چاه به‌دست می‌آید، هم‌پوشانی کند بهترین رابطه دو فازی است.

۲-۱-۳- استفاده از نتایج آزمایش ممیزی فشار جریانی چاه دیگر میدان با خروجی نرم‌افزار

پس از آن‌که در چاه یاد شده، رابطه Original Beggs & Brill به عنوان الگو پذیرفته شد، می‌توان این رابطه را در چاه دیگری در همین میدان (mn-148) مورد بررسی قرار داد و بار دیگر خروجی نرم‌افزار را با شرایط واقعی مقایسه کرد. باید توضیح داد که آیا رابطه دو فازی انتخاب شده در این چاه که شرایط تولیدی آن از نظر دبی و فشار متفاوت بوده و نسبت گاز به نفت آن نیز به هم نزدیک است، دقت لازم را دارد یا خیر؟ اگر مقایسه صورت گرفته همانند مثالی که در شکل ۳ آورده شده است، همدیگر را تأیید کنند، می‌توان به این نتیجه رسید که رابطه انتخاب شده برای استفاده در نرم‌افزار و شبیه‌سازی سایر چاه‌ها در این میدان قابل اعتماد بوده و از خطای حداقلی برخوردار است.



۴ | پیدا کردن محدوده مناسب انتخاب قطر لوله مغزی با کم‌ترین افت فشار ایجاد شده



- ۳- کاهش میزان گازهای ارسالی به مشعل و جلوگیری از سوختن آنها (اثر زیست محیطی)
- ۴- تولید نفت بیش تر در طول مدت زمان عمر چاه
- ۵- بالابردن ضریب بازیافت نفت از چاه

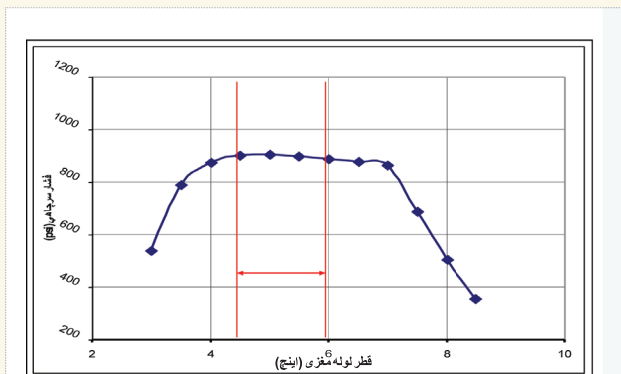
◆ نتیجه گیری میدانی

نتیجه مهمی که از تحقیق بر روی چاه های کم فشار این میدان به دست آمد، بیانگر این است که افت فشار سیال دو فازی هنگام حرکت در لوله جداری $9 \frac{5}{8}$ بسیار زیاد بوده و همین امر باعث کاهش فشار جریان سرچاهی می گردد. این مسأله در بسیاری از موارد باعث عدم جریان مناسب چاه به تأسیسات فرآوری و در نهایت از دست رفتن یک لایه تولیدی در اثر عدم دانش کافی و تصمیم گیری ناصحیح گردیده است.

همچنین تکمیل چاه با لوله مغزی (قطر داخلی $3/5$ تا 4 اینچ) و مجراند می تواند در به حداقل رساندن افت فشار درون چاهی، حالت بهینه ایجاد نماید.

◆ منابع

- [1] Boyun, Guo., William. Lyons, Ali Ghalambor, "Petroleum Production Engineering", ISBN: 0750682701, Elsevier Science & Technology Books, February 2007.
- [2] Michael Golan., "well performance", second Edition, Norwegian university of science & Technology, NUST, 1996.
- [3] H.Dale Beggs., "Production Optimization Using Nodal Analysis Oil & Gas Consultants", Tulsa, Oklahoma 74153-0448, 1991.
- [4] "PIPESIM Fundamentals", Schlumberger training course & exercise guide, 2006.
- [5] Jansen J.D., Currie P.K., "Modelling and Optimization of Oil and Gas Production Systems", Petroleum Engineering Department of Geo technology in the Netherlands (j.d.jansen@citg.tudelft.nl), March 2004.
- [6] Bahrami H., "The PSP Tool", Schlumberger Presentation, Ahwaz, Iran, Desember 2004.
- [7] Tarek Ahmad., "Hydrocarbon Phase Behavior", Gulf publishing company, Houston, Texas, 1989.



۶ | تاثیر تغییر قطر لوله مغزی در روند فشار سرچاهی در چاه کم فشار و تشخیص محدوده مناسب انتخاب قطر

۴- افزایش فشار جریان چاه های کم فشار

در چاه هایی که فشار سرچاهی پایینی دارند و بنا به دلایلی از قبیل طولانی بودن بعد مسافت یا ناهموار بودن مسیر خط لوله جریانی، امکان جریان به تأسیسات فرآوری را پیدا نمی کنند، اگر بتوان از طرف مخزن، فشار ورودی به دهانه چاه (P_{wf}) را در شرایطی به سطح رساند که میزان افت فشار در ستون چاه حداقل ممکن باشد، آن گاه می توان با ایجاد تغییر در طول و قطر رشته تکمیلی، بسیاری از چاه هایی که در این محدوده از مدار تولید خارج می شوند را دوباره به مدار تولید بازگرداند.

شکل ۶ نتیجه شبیه سازی چاه کم فشاری است که فشار سرچاهی آن 660 پام می باشد. با ایجاد تغییر در قطر (کاهش) و راندن لوله مغزی در آن، فشار جریانی سرچاهی چاه تا سقف 900 پام افزایش یافته و امکان جریان یافتن چاه به مرحله اول تفکیک فراهم می آید. در این چاه، فشار تفکیک گر در مرحله اول جداسازی روی 600 پام تنظیم شده است. همان طور که در شکل ۶ مشاهده می شود، قطر داخلی بهینه لوله مغزی برای چاه کم فشار مورد مطالعه در محدوده $3/5$ تا $4/5$ اینچ می باشد.

◆ نتیجه گیری

با بهینه سازی تکمیل چاه و استفاده از اطلاعات دقیق شرایط تولید، می توان دبی تولیدی چاه را افزایش داد. همچنین می توان در برخی موارد، مشکل افت فشار سرچاهی چاه های کم فشار را حل کرده و با ارتقای فشار جریانی سرچاهی، امکان تولید بیش تر از مخزن را توسط همان چاه فراهم آورد. اجرای این کار، نتایج ذیل را در پی خواهد داشت:

- ۱- کم کردن میزان گازهای تولیدی در مراحل پایین دستی و کاهش سرمایه گذاری در بخش تأسیسات جمع آوری و تقویت فشار گاز (کاهش هزینه)
- ۲- بالا رفتن میزان کمیت و کیفیت (درجه API) نفت تولیدی و به دنبال آن افزایش درآمد اقتصادی در صورت مهیا نمودن شرایط فرآوری ورود به مرحله اول (افزایش درآمد) [۷]