اویل ایندستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

افت فشار مخزن در یکی از میادین گازی جنوب ایران و لزوم احداث ایستگاه تقویت فشار جهت نگهداشت تولید گاز

حمید عباسی عبدلی*، پریسا جعفری، محمد حسین برزگر ● شرکت نفت مناطق مرکزی ایران

چکیده

مخزن مورد مطالعه از مخازن گازی جنوب ایران است. با توجه به افت فشار زیاد این مخزن و کم بودن ضریب بهره‌دهی چاه‌های آن و همچنین نزدیک شدن فشار سرچاهی و خط تولید به یکدیگر، ضروری است راهکارهایی جهت افزایش توان تولید این چاه‌ها ارائه گردد. در این مقاله پس از ارائه‌ی نمودارهای عملکرد چاه و مخزن و تحلیل نمودارهای گره‌ای در یکی از چاه‌ها از طریق حساسیت‌سنجی آن نسبت به فشار مخزن، پتانسیل تولید گاز چاه در آینده نشان داده شده است. همچنین بر اساس پیش‌بینی تولید مخزن در سال‌های آینده و در نتیجه پیش‌بینی فشار مخزن در آن سال‌ها، راهکارهایی از قبیل کاهش فشار ورودی پالایشگاه، طراحی و نصب ایستگاه تقویت فشار جهت افزایش بازیافت گاز مخزن ارائه شده است.

اطلاعات مقاله

* دریافت:
۹۴/۹/۴
* پذیرش:
۹۴/۱۰/۷
* ارسال برای چاپ:
۹۴/۱۱/۶

واژگان کلیدی

افت فشار زیاد
عملکرد چاه و مخزن
ایستگاه تقویت فشار

مقدمه

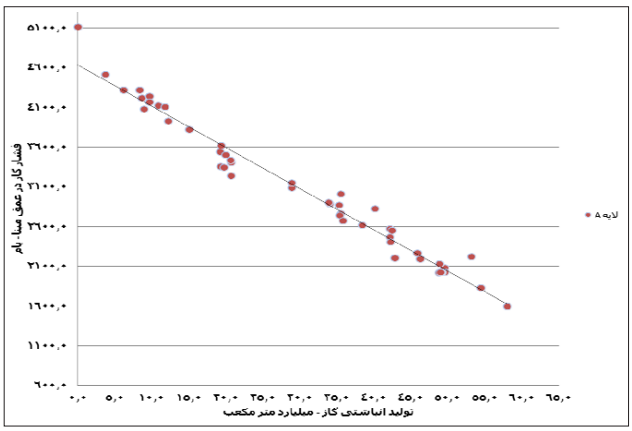
مخازن گازی طی تولید، به مرور زمان با افت فشار مواجه می‌شوند که در مواردی با نزدیک شدن فشار سرچاهی و فشار خط تولید به یکدیگر، استفاده از راهکارهایی جهت جبران افت فشار مخزن و استمرار تولید ضرورت خواهد بود [۱]. جهت تصمیم گیری و انتخاب راهکار مناسب می‌توان با شبیه‌سازی چاه و بررسی حساسیت‌سنجی تولید نسبت به فشار مخزن، بازده تولیدی مخزن را تا سال‌های آتی پیش‌بینی و کنترل کرد [۳]. کاهش فشار ورودی پالایشگاه یا استفاده از ایستگاه تقویت فشار راهکارهایی هستند که می‌توانند منجر نگهداشت نرخ گاز تولیدی گردند. در این بررسی از نمودارها و شبیه‌سازی ستون چاه و تأسیسات سطح‌الارضی به کمک نرم‌افزار PIPESIM استفاده شده است.

۱- شرایط مخزن تولیدی مورد مطالعه

مخزن تحت بررسی از مخازن تولیدی گاز کربناته‌ی جنوب ایران است که دو لایه‌ی تولیدی A و B دارد. بر اساس آخرین مطالعه حدود ۸۰ درصد تولید گاز مخزن از لایه‌ی A است و اکثر چاه‌های تکمیل شده‌ی لایه‌ی B به‌دلیل تولید بیش از حد آب، قابلیت تولید و ارسال گاز به پالایشگاه را ندارند. در این مطالعه روند افت فشار لایه‌ی A بررسی شده است. فشار اولیه‌ی گاز این لایه ۵۱۰۰ پام (عمق مبنا: ۲۴۰۰ م.ز.س.د) بوده است. بر اساس آخرین فشار استاتیک اندازه گیری شده در خرداد ۱۳۹۴ میانگین فشار گاز لایه‌ی A حدود ۱۵۹۲ پام بوده است. تا آن زمان از این لایه ۵۸ میلیارد مترمکعب گاز تولید شده که شامل حدود ۷۵ درصد بازیافت گاز است. طی این مدت افت فشاری معادل ۳۵۰۸ پام در این لایه ایجاد شده است. به‌عبارت دیگر هر میلیارد مترمکعب گاز تولیدی سبب ۶۰/۴۸ پام افت فشار شده است (شکل-۱).

۲- شبیه‌سازی چاه تولیدی از لایه‌ی A

طی مراحل شبیه‌سازی در ابتدا با استفاده از اطلاعات حاصل از آزمایش بهره‌دهی چاه و فشارهای جریانی و استاتیک[۱]، چاه با نرم‌افزار Pipesim شبیه‌سازی شد. بر اساس اطلاعات جدول-۱ و با استفاده از رابطه‌ی تجربی Gray در ستون چاه‌های گازی و نتایج حاصل از شاخص بهره‌دهی[۲] به میزان c و n به ترتیب برابر $۶/۵\times۱۰^{-۵}$ MMscf/d/psi^2 و ۱، نمودار عملکرد چاه و مخزن (فشار سر چاه نسبت به نرخ تولیدی) در شکل-۲ نشان داده شده است [۲]. در این شکل منحنی قرمزرنگ و خاکستری‌رنگ عملکرد مخزن و منحنی سبزرنگ



شکل ۱ | نمودار فشار گاز مخزن در لایه‌ی A در مقابل تولید انباشتی

*نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (esfahan.abdoli@gmail.com)

عملکرد ستون چاه را بیان می کند که محل برخورد آنها منحنی فشار و نرخ چاه را نشان می‌دهد [۳]. بر اساس داده‌های واقعی چاه (جدول-۱) با افت فشار مخـزن از ۱۸۳۰ به ۱۵۹۲ پام (از سال ۹۳ تـا ۹۴) نرخ تولیدی از ۰/۸۵ به ۰/۶ کاهش یافته که این واقعیت در خروجی نرم‌افزار هم مشاهده می‌شود. بنابراین با توجه به تطابق مناسب خروجی نرم‌فزار با اطلاعات واقعی در سال‌های ۹۳ و ۹۴ می‌توان شرایط تولید چاه در سال‌های آینده را به خوبی شبیه‌سازی کرد.

۳- افت فشار مخزن و پیش‌بینی تولید چاه

شکل-۳ نمودار پروفایل فشـار جریانی سرچاهی و نرخ گاز با کاهنده‌ی ۱۲۸/۶۴ با حسـاسیت‌سنجی نسبت به فشـار مخزن در مقادیر ۱۵۹۲، ۱۵۰۰، ۱۴۰۰، ۱۳۰۰، ۱۲۰۰، ۱۱۰۰ و ۱۰۰۰ پام را نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار با فرض عدم تغییر فشار ورودی پالایشگاه و شاخص بهره‌دهی، چاه مذکور با فشار جریانی ۱۰۰۰ پام تنها تا زمانی قادر به تولید است که فشار مخزن کمتر از ۱۳۰۰ پام نشود.

۴- تخمین فشـار مخزن در سال‌های آینده بر اساس نرخ تولیدی پیش‌بینی شده‌ی آن

از آنجا که چاه در شـرایط فشار استاتیک مخزن (کمتر از ۱۳۰۰ پام) قادر به تولید نیست در این بخش زمان رسیدن به فشار استاتیک مذکور پیش‌بینی شده است. جهت پیش‌بینی فشـار مخزن در آینده از آخرین گزارش منتشر شده درباره‌ی پیش‌بینی تولید گاز در مخزن مذکور طی پنج سال آینده استفاده شد. بنابراین بر اساس نرخ پیش‌بینی‌شده از مخزن برای پنج سال آینده، طبق جدول-۲ نرخ تولید روزانه و انباشـتی سالیانه‌ی لایه‌ی مورد مطالعه محاسبه شـد. طبق جدول-۳ با محاسبه‌ی تولید انباشتی سالیانه و افت فشار به‌ازای هر میلیارد مترمکعب، افت فشار سالیانه و در نهایت فشار مخزن طی پنج سال آینده به‌دست می آید. همان‌طور که در شـکل-۴ مشـاهده می‌شود بر اساس نرخ تولیدی پیش‌بینی‌شده و افت فشار به‌ازای هر میلیارد مترمکعب، فشار لایه‌ی تولیـدی A از ابتدای سال ۹۴ تا ابتدای سال ۹۹ محاسبه شـده است. بنابراین با توجه به عدم تولید در شرایط فشـار مخزن کمتر از ۱۳۰۰ پام، در صورت تحقق نرخ‌های پیش‌بینی‌شده و عدم کاهش فشار ورودی پالایشگاه، چاه تنها تا حدود دو سال دیگر قادر به تولید است.

لازم به‌ذکر است که فشار پیش‌بینی‌شده‌ی مخزن بر اساس نرخ پیش‌بینی‌شده در سال‌هـای آینده محاسبه گردیده کـه در صورت عدم تحقق این نرخ‌ها، ممکن است فشارهای مخزن کمتر یا بیشتر شود.

جدول ۱ | اطلاعات چاه شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار

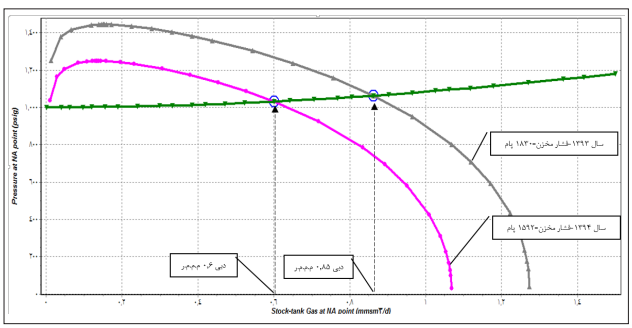
اطلاعات	ابتدای سال ۹۳	خرداد ۹۴
عمق چاه مخزن در مدل (متر حفار)	۲۴۴۰	۲۴۴۰
فشار استاتیک مخزن (Psia)	۱۸۳۰	۱۵۹۲
دمای مخزن ته چاه (^{o}F)	۲۱۱	۲۱۱
اندازه‌ی کاهنده (اینچ)	۱۲۸/۶۴	۱۲۸/۶۴
فشار سرچاهی قبل از کاهنده (Psi)	۱۰۷۵	۱۰۴۰
فشار سرچاهی بعد از کاهنده (Psi)	۱۰۴۴	۱۰۲۰
نرخ تولید گاز (MMm^3/d)	۰/۸۵	۰/۶

۵- روش‌های نگهداشت نرخ گاز تولیدی از مخزن

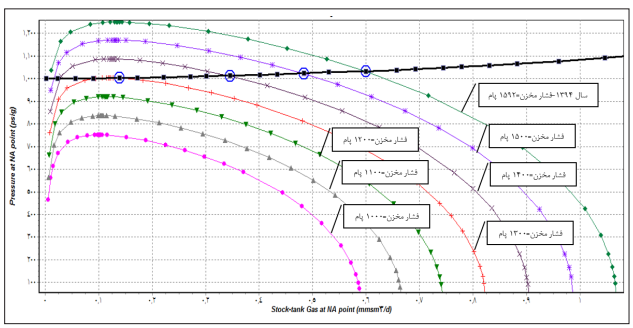
مخزن مورد مطالعه با افت فشار شدیدی مواجه است که جهت جبران این افت فشار می‌توان با تغییر در نمودارهای عملکرد مخزن و چاه و بهبود شرایط، تولید مستمرتری را انتظار داشت. در ادامه به تأثیر بهبود عملکرد مخزن و چاه در نگهداشت تولید اشاره شده است.

۵-۱- بهبود عملکرد مخزن

یکی از راه‌های بهبود شرایط تولید، کاهش افت فشار درون سنگ مخزن و در نتیجه افزایش شاخص بهره‌دهی چاه است. عملیات‌هایی مثل اسیدکاری[۳]، شکاف هیدرولیکی[۴] و .... می‌توانند سبب افزایش شاخص بهره‌دهی چاه شوند. اما در این مورد خاص با توجه به افت فشار شدید مخزن این راهکارها نمی‌توانند اثر مطلوب مستمری در نگهداشت تولید داشته باشد. شکل-۵ تأثیر افزایش شاخص بهره‌دهی در تولید را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود اگر فشار مخزن به ۱۲۵۰ پام کاهش یابد با افزایش شاخص بهره‌دهی چاه هم نمی‌توان تولیدی از چاه انتظار داشـت. به‌عبارت دیگر تأثیر افت فشار مخزن به مراتب شدیدتر از بهبود شرایط سنگ مخزن از طریق کاهش افت فشار در سنگ است.



شکل ۲ | نمودار پروفایل فشـار جریانی سـرچاهی و نـرخ گاز با کاهنده‌ی ۱۲۸/۶۴ در سال‌های ۹۳ و ۹۴



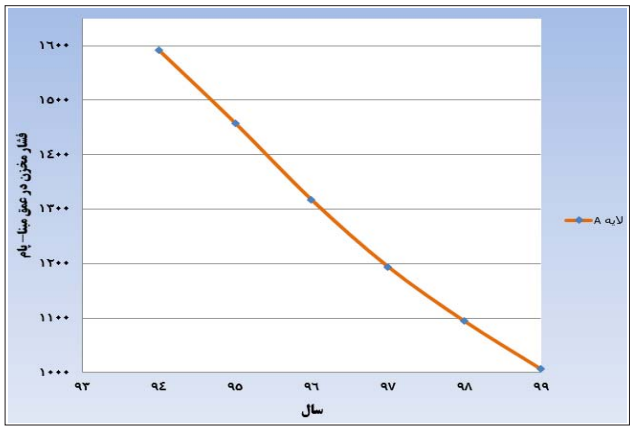
شکل ۳ | پروفایل فشار جریانی سرچاهی و نرخ گاز با کاهنده‌ی ۱۲۸/۶۴ و حساسیت‌سنجی نسبت به فشار مخزن

۵-۲- بهبود عملکرد چاه

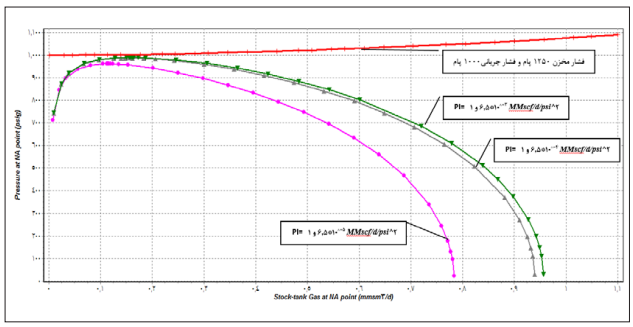
از دیگر راهکارهای نگهداشت تولید، بهبود عملکرد چاه از طریق کاهش فشار ورودی پالایشگاه یا نصب ایستگاه تقویت فشار است. نکته‌ی قابل توجه آنست که سیال تولیده شده از چاه‌های این منطقه مستقیماً از طریق خطوط لوله به پالایشگاه ارسال می‌شود که فشار محدود کننده‌ی سر چاه، ناشی از فشار تفکیک گرهای داخل پالایشگاه است. با توجه به اینکه فشار ورودی پالایشگاه ۱۰۰۰ پام تنظیم شده، کاهش این فشار توسط پالایشگاه تأثیر به‌سزایی در نگهداشت تولید خواهد داشت.

۵-۲-۱- کاهش فشار ورودی پالایشگاه

در شرایط فعلی با فشار ورودی پالایشگاه (۱۰۰۰ پام) امکان تولید از چاه تا فشار مخزن ۱۳۰۰ پام وجود دارد. با کاهش این تنظیمات تا ۷۰۰ پام و کمتر از آن، امکان استمرار تولید از چاه‌های منطقه فراهم می‌شود. شکل-۶ نمودار پروفایل فشار جریانی سرچاهی و نرخ گاز با کاهنده‌ی ۱۲۸/۶۴ و حساسیت‌سنجی نسبت به فشار خط و فشار مخزن در سال‌های آینده برای چاه مذکور را نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار می‌توان مشاهده کرد که با کاهش فشار خط تا ۷۰۰ پام، امکان تولید از این چاه برای سال‌های بیشتری (تا فشار مخزن حدود ۱۰۰۰ پام) ایجاد می‌شود.



شکل ۴ | پیش‌بینی فشار مخزن در سال‌های آینده (بر اساس نرخ تولیدی پیش‌بینی‌شده و مقدار افت فشار به‌ازای هر میلیارد مترمکعب تولید)

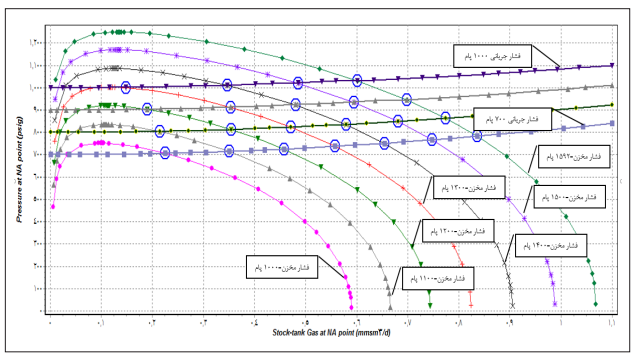


شکل ۵ | نمودار پروفایل فشار جریانی سرچاهی و نرخ گاز با کاهنده‌ی ۱۲۸/۶۴ و حساسیت‌سنجی نسبت به شاخص بهره‌دهی چاه در فشار مخزن ۱۲۵۰ پام

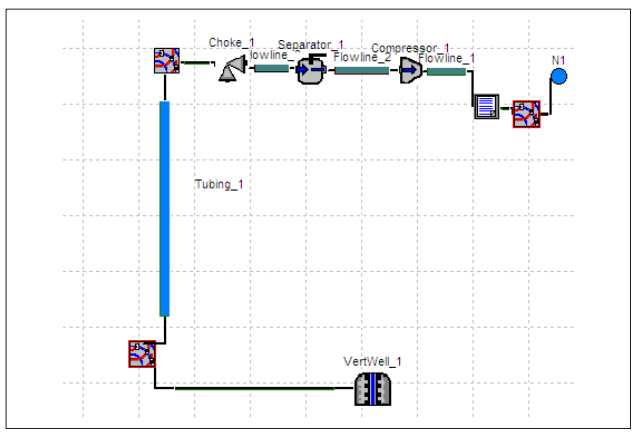
۵-۲-۲- به‌کارگیری ایستگاه تقویت فشار[۵]

بر اساس برنامه‌ی تولید و شرایط مخزن، با ادامه‌ی تولید گاز، فشار سرچاهی این مخزن در سال‌های آتی کاهش خواهد یافت و این در حالی است که تداوم سطح تولید نرمال ۱۰ mmm و افزایش ضریب بازیافت گاز مخزن مدنظر است. بر اساس شرایط ذکر شده احداث ایستگاه تقویت فشار در مخزن مورد مطالعه مورد نیاز است [۴]. مطابق نتایج ارائه شده با توجه به روند افت فشار مخزن در سال‌های آینده، در صورت عدم کاهش فشار ورودی پالایشگاه، تولید گاز از مخزن پس از حدود دو سال به دلیل افت فشار سرچاهی متوقف خواهد شد.

بر اساس جدول-۳ پس از دو سال فشار مخزن تقریباً ۱۳۰۰ پام خواهد شد که برای چاه‌های تولیدی از لایه‌ی A با فشار خط ۱۰۰۰ پام دیگر مخزن پتانسیل تولید ندارد. اما در صورت استفاده از ایستگاه تقویت فشار با حداقل فشار ورودی ۵۰۰ پام و فشار خروجی ۱۱۰۰ پام می‌توان برای چند سال دیگر هم از مخزن تولید کرد (البته ممکن است در آغاز تولید توسط تقویت فشار، فشار ورودی مخزن روی ۷۰۰ پام تنظیم گردد و به مرور زمان و با افت بیشتر فشار مخزن، فشار ورودی به ۵۰۰ پام کاهش یابد).

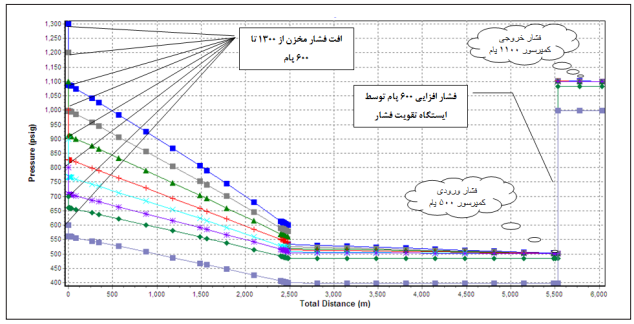


شکل ۶ | نمودار پروفایل فشار جریانی سرچاهی و نرخ گاز با کاهنده‌ی ۱۲۸/۶۴ و حساسیت‌سنجی نسبت به فشار خط و فشار مخزن در سال‌های آینده



شکل ۷ | شکل چاه پس از نصب تفکیک‌گر و ایستگاه تقویت فشار در نرم‌افزار

نمودار عملکرد چاه مذکور پس از نصب ایستگاه تقویت فشار و در شرایط فشار مخزن ۱۳۰۰ پام، با فشارافزایی ۶۰۰ پام (فشار ورودی و خروجی ایستگاه به‌ترتیب ۵۰۰ و ۱۱۰۰ پام است) و حساسیت‌سنجی نسبت به افت فشار بیشتر مخزن از ۱۳۰۰ به ۶۰۰ پام (شکل‌های ۸-و۷) قابل مشاهده است. بر اساس این نمودار با نصب ایستگاه تقویت فشار، چاه تا فشار مخزن ۸۰۰ پام توانایی تولید



شکل ۸ | نمودار فشار نسبت به مسافت پس از نصب ایستگاه تقویت فشار با فشارافزایی ۶۰۰ پام و حساسیت‌سنجی نسبت به افت فشار مخزن در آینده از ۱۳۰۰ تا ۶۰۰ پام

جدول ۳ | پیش‌بینی فشار مخزن در سال‌های آینده (واحد فشار: پام)

افت فشار به‌ازای یک میلیارد مترمکعب					
سال	۹۴	۹۵	۹۶	۹۷	۹۸
کل مخزن	۶۰/۴۸	۶۰/۴۸	۶۰/۴۸	۶۰/۴۸	۶۰/۴۸
افت فشار سالیانه‌ی مخزن					
سال	۹۴	۹۵	۹۶	۹۷	۹۸
لایه‌ی A	۱۳۴	۱۴۱	۱۲۳	۱۰۰	۸۸
تخمین فشار سالیانه‌ی مخزن در سال‌های آینده					
سال	از خرداد ۹۵	اول ۹۶	اول ۹۷	اول ۹۸	اول ۹۹
لایه‌ی A	۱۴۵۸	۱۳۱۷	۱۱۹۴	۱۰۹۴	۱۰۰۶

جدول ۲ | اتولید پیش‌بینی شده‌ی گاز طی پنج سال آینده‌ی مخزن

نرخ روزانه‌ی پیش‌بینی پنج سال آینده‌ی کل مخزن (mmscfd)					
سال	۹۴	۹۵	۹۶	۹۷	۹۸
کل مخزن	۹/۲	۸	۷	۵/۷	۵
نرخ روزانه‌ی پیش‌بینی (mmscfd)					
سال	۹۴	۹۵	۹۶	۹۷	۹۸
لایه‌ی A	۷/۳۶	۶/۴	۵/۶	۴/۵۶	۴
تولید انباشتی سالیانه (میلیارد مترمکعب)					
سال	از خرداد ۹۵	اول ۹۶	اول ۹۷	اول ۹۸	اول ۹۹
لایه‌ی A	۲/۲۱	۲/۳۴	۲/۰۴	۱/۶۶	۱/۴۶

نتیجه‌گیری

- مطالعه‌ی انجام شده نشان می‌دهد که با توجه به افت فشار شدید مخزن و نزدیک شدن فشار جریانی چاه‌ها به فشار ورودی پالایشگاه، تولید طبیعی از این مخزن تنها تا حدود دو سال دیگر امکان‌پذیر است.
- بررسی روند افت فشار مخزن نشان می‌دهد که کاهش فشار ورودی پالایشگاه‌ها نخستین راه مقابله با افت فشار و نگهداشت تولید مخزن است. این کار، تمهیدی لازم اما ناکافی است و تنها برای مدتی می‌تواند پاسخگوی شرایط باشد. همچنین به‌دلیل افت فشار شدید مخزن انجام عملیات‌هایی مثل اسیدکاری و شکاف هیدرولیکی و ... (که سبب افزایش شاخص بهره‌دهی چاه می‌شوند) تأثیر چندانی در استمرار تولید گاز نخواهد داشت.
- بر اساس نتایج حاصل از نمودارهای عملکرد چاه، نصب ایستگاه تقویت فشار و در نتیجه کاهش فشار جریانی تولید می‌تواند بهره‌برداری از مخزن را برای چند سال آتی تضمین کند.

دارد و در صورت افت فشار بیشتر از این مقدار با وجود تقویت فشار هم چاه توان تولید ندارد.

پانویس‌ها

1. Static & Flowing Test
2. Productivity Index
3. Acidizing
4. Hydraulic Fracturing
5. Compressor Station

منابع

[1] Mohan Kelkar, "Natural gas Production Engineering" Technology Books,2007: 445507-

[2] Boyun Guo, William C.lyons and Ali Ghalambor., "Petroleum Production Engineering" Elsevier Science & Technology Books,1991

[3]- H. Dale Beggs , "production Optimization using Nodal Analysis" OGCI Publications, Oil & Gas Consultants International Inc. Tulsa,2007

[4] Jandjel, D. Gregory, "select the right compressor" chemical engineering progress (july 2000): 1529-

Reservoir Pressure Drop in one of Gas Fields in south of Iran and it is necessary to install a compressor station to maintain gas production rate