

## عنوان مقاله:

تکنولوژی چاه های هوشمند در تکمیل چاه های نفت و گاز

نویسنده:

محسن حائری نژاد

شرکت راه اندازی و بهره برداری صنایع نفت (OICO)

کارشناس مهندسی نفت (بهره برداری از منابع نفت و گاز)

### چکیده:

برطبق آمارهای جهانی تقاضای منابع نفتی و گازی در دنیا به شدت در حال افزایش است به طوری طبق پیش بینی ها تقاضای روزانه نفت و گاز جهان در سال ۲۰۳۰ به ۱۰۰ میلیون بشکه و ۳۵۰ میلیارد فوت مکعب خواهد رسید. لذا نیاز به اکتشاف بیشتر و همچنین افزایش بازیافت از مخازن کشف شده بیشتر احساس می شود و در نتیجه نقش پیدایش فناوری های نوین از اهمیت بیشتری برخوردار است. از طرفی بسیاری از میدان های عمده نفت و گاز جهان چندین دهه است که به طور مداوم بهره برداری قرار گرفته اند، از این رو استخراج نفت و گاز بیشتر از میدان ها، مقوله ای بس پیچیده و دشوار می نماید، علاوه بر این انتظار می رود آن دسته از میدانهایی که در دست اکتشاف قرار دارند یا بناست توسعه یابند استحصال و خروجی کمتری داشته باشد، برای افزایش بهره وری در زنجیره بالادستی صنایع نفت و گاز شامل شناسایی، اکتشاف، حفاری، توسعه و تولید و بهره برداری شمار زیادی از فناوری ها وجود دارد که یکی از این فناوری ها «استخراج هوشمند نفت و گاز» و چاه های هوشمند است،

چاه های هوشمند نه تنها باعث کاهش هزینه ها، بلکه عملکرد و اثر و بخشی بیشتری دارد و در خصوص تولید نیز با گرفتن بازخورد های پی در پی محتوای تولید نرخ تولید فشار و دمای سیالات مخزن می تواند تصمیمات آنی را در سطح چاه اعمال کند و از طرفی باعث بازدهی بیشتر مخازن نفت و گاز و افزایش عمر چاه و نیز مخزن می شود. در این مقاله ابتدا به تعریف و اهمیت چاه های هوشمند پرداخته می شود و سپس نشان داده می شود که چگونه با استفاده از فناوری های هوشمند می توان بهره برداری از میادین نفتی را نسبت به روش های سنتی برداشت از مخازن بهبود بخشید و در نتیجه روش های تکمیل سنتی چاه های نفت و گاز و چاه های هوشمند مورد ارزیابی قرار می گیرد. پس به توانایی چاه های هوشمند در مخازن شکاف دار، چاه های افقی، مخازن حاشیه ای و بهبود تولید، افزایش بازیافت نهایی و ارتقا مدیریت مخزن پرداخته می شود. در نهایت سعی شده است با توجه به معایب و محاسن روش های تکمیل چاه، بهترین روش پیشنهاد گردد.

واژه های کلیدی: چاه های هوشمند<sup>۱</sup>، مخازن شکافدار<sup>۲</sup>، چاه های افقی<sup>۳</sup>، مخازن حاشیه ای<sup>۴</sup>

---

1 Smart wells  
2 Fractured reservoirs  
3 Horizontal wells  
4 Marginal reservoir

## تکنولوژی چاه های هوشمند در تکمیل چاه های نفت و گاز

### مقدمه :

امروزه در صنعت نفت عملیاتی موفقیت آمیز نامیده می شود که طی آن بتوان با کمترین هزینه به بالاترین تولید و کمترین درصد ریسک و خسارت رسید و به جرأت در آینده نه چندان دور ارزش فناری مدرن بیشتر از خود نفت خواهد شد. [۱] یکی از فن آوری های نوین در حال توسعه در صنایع نفت و انرژی جهان چاه های هوشمند است. استخراج هوشمند نفت و گاز و چاه های هوشمند، مبحث جدیدی به نام چاه های مجهز به وسایل سنجش اندازه گیری و کنترل درون چاهی که قابلیت دریافت و انتقال اطلاعات و در نتیجه کنترل پذیری بیشتری نسبت به چاه های معمولی دارند. در چاه های هوشمند، عملیاتی مانند کنترل دما، فشار و مقدار جریان پیوسته انجام می شود. [۲] در نتیجه چاه های هوشمند باعث کاهش احتمال بروز مشکلات و حوادث در سرچاه می شود. این چاه ها کلیه امور اکتشاف، حفاری و بهره برداری و انتقال سیال را به صورت مداوم بررسی می کند.

در تحقیق حاضر ابتدا به تعریف از چاه های هوشمند و توانایی و کاربرد آنها پرداخته می شود و سپس تجهیزات تکمیل چاه هوشمند معرفی می گردد و در نهایت مزیت ها و کاربرد چاه های هوشمند مورد بررسی قرار می گیرد و سپس مؤثرترین روش معرفی می گردد.

#### ۱- چاه های هوشمند

با وجود این چاه می توان به صورت آنلاین دما، فشار و دبی سیستم را در مکانی دورتر از سر چاه مشاهده نمود. تجهیزات تکمیل چاه هوشمند، به طور کلی شامل شیرهای کنترل جریان<sup>۱</sup>، گیج هایی دائمی درون چاهی<sup>۲</sup> و حسگرهای اندازه گیری دما<sup>۳</sup> است. این چاه ها باعث بهبود تولید از چاه و افزایش برداشت نهایی از مخزن و کاهش هزینه های سرمایه ای و عملیاتی در بلند مدت می شود.

### ۲- بررسی و مقایسه تکمیل چاه به روش سنتی و تکمیل چاه هوشمند

در تکمیل چاه به روش سنتی نظارت به صورت پیوسته نیست، در این روش برای بدست آوردن داده ها، لاگ های تولیدی را به داخل چاه می فرستند. این عمل به صورت ناپیوسته و هرچند وقت یکبار انجام می شود. اما در چاه های هوشمند اطلاعات توسط حسگرها به صورت پیوسته به دست می آیند. [۵] [۶]

#### ۱-۲: در جریان به هم آمیخته

تولید آمیخته به صورت همزمان از همه لایه ها امکان دستیابی به پتانسیل کامل تولید در چاه را امکان پذیر می کند. در هنگام تولید متوالی از لایه ها، ظرفیت تاسیسات زیرزمینی و سطح الارسی باید کاملاً بررسی شود و تغییر ترکیب سیال تولیدی زیاد نباشد.

در تولید به روش سنتی، در جریان به هم آمیخته<sup>۴</sup> زمانی که دو سازند از لحاظ نوع سیال با هم سازگاری داشته باشند، برای کنترل سازند می توان از (Single Tubing) و دو دریچه کشویی استفاده کرد. در این روش اگر آب به سازند پایینی برسد، جهت بستن دریچه کشویی ناحیه ای که تولید آب دارد باید چاه به طور کامل بسته شود. به این ترتیب تولید از سازند بالایی که تولید آب بالایی ندارد نیز متوقف می شود. این در حالی است که در تکمیل چاه به روش هوشمند این مسئله رخ نخواهد داد. استفاده از روش تولید آمیخته در چاه های هوشمند همچنین با کنترل جریان لایه ها با توجه به مقدار جریان گاز یا آب، تولید نفت را به حداکثر برساند.

[۸]

#### ۲-۲ در مخازن شکاف دار

در مخازن شکاف دار، اطلاعات حقیقی از سازند مخزنی وجود ندارد و ممکن است، به دلایلی جهت حفاری نادرست در حین تولید، تولید آب در درون چاه به سرعت اتفاق می افتد. این در حالی است که در چاه هوشمند، بعد از کار گذاشتن شیرهای کنترل جریان (ICV) نصب شده در چاه مواقع بروز مشکلات بسته می شود.

1 In Flow control valves

2 Permanent Down Hole Gauge

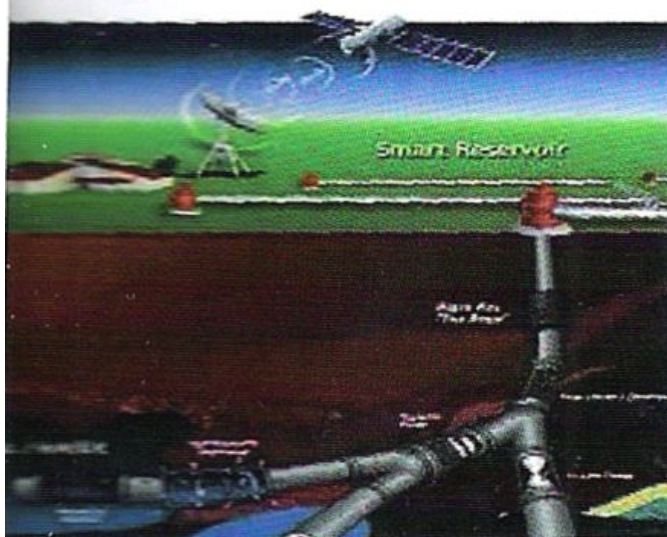
3 Distributed Temperature Sensing

4 Commingled Flow

عملکرد آن به طور خلاصه این گونه است، که در این نوع چاه ها، حسگر دما از طریق اختلاف دما، ورود آب را تشخیص می دهد. در چنین و عیّتی شیر کنترل (ICV) مربوط به سازند تولید کننده آب بسته می شود و تولید به راحتی از سایر نقاط ادامه می یابد. [۹]

۲-۳ در چاه های افقی

در چاه های افقی برای برقراری جریان از قسمت افقی، باید اختلاف فشار در تمام نقاط آن وجود داشته باشد. به این معنی که انتهای بخش افقی دارای فشار بیشتر و ابتدای آن دارای فشار کمتر باشد. در نقاطی که تولید آب از پایین و تولید گاز از بالا، نفت را به دام می اندازد، غیر از بخش ابتدا، سایر بخش ها از لحاظ تولید نفت متوقف می شوند. با نصب چند شیر کنترل از مکان ابتدا تا کمی قبل از انتها می توان رژیم یکنواختی را در قسمت افقی برقرار کرد، که این مطلب در قالب بستن جزئی شیرهای کنترل امکان پذیر است. و در حقیقت با افت فشاری که به سیال اعمال می شود اختلاف فشار در قسمت افقی چاه یکسان می شود، و از تمام قسمت های آن تولید خواهیم داشت. [۳]



شکل ۱: طراحی و ساخت اولین چاه مصنوعی هوشمند خاور میانه در ایران [۲]

### ۳- مزیت های چاه هوشمند

این چاه ها برای مشاهده حلقه ارزش فن آوری مخزن هوشمند و کسب فهم و درک بهتر از فن آوری، طراحی و ساخته شده است. با وجود این چاه می توان به صورت آنلاین دما، فشار و دبی سیستم را در مکانی دورتر از سرچاه مشاهده نمود و در صورتی که کاربر تشخیص دهد، می تواند هر یک از این عوامل را کنترل و تنظیم نماید، سپس به سیستم ها اعمال کند. من آن که می توان تمام فرآیندهای مربوط به چاه هوشمند را به صورت یک حلقه بسته مشاهده کرد.

در چاه های هوشمند، عمیاتی مانند کنترل دما، فشار و مقدار جریان پیوسته انجام می شود. به این ترتیب کاربر می تواند شرایط چاه را پیش نماید. همچنین در این فن آوری مدیریت چاه براساس اطلاعات جمع آوری شده، نصب سامانه کنترلی و شیرهای کنترل بازه ای موسوم به (ICV) و بهینه کردن فرایند تولید یا تزریق ممکن است. [۲]

### ۴- کاربرد چاه های هوشمند

۴-۱ تکنولوژی چاه های هوشمند تأثیر مثبت و چشمگیری در سلامت محیط زیست و ایمنی دارد، به کمک جداسازی درون چاهی نفت و گاز می توان میزان تولید گازهای نامطلوب را تا حد چشمگیری کاهش داد. گازهایی مثل سولفید هیدروژن  $H_2S$  علاوه بر تأثیر منفی در سلامت تنفس محیط عملیات، باعث ایجاد خوردگی در تأسیسات نیز می باشد. ۴-۲ در مخازن شکاف دار، به ویژه هنگام تزریق آب جهت افزایش بازدهی استفاده می شود. استفاده از چاه هوشمند در این مخازن میزان برداشت را بسیار بالاتر خواهد برد.

۴-۳ چاه های هوشمند در برداشت اولیه<sup>۱</sup> و برداشت ثانویه<sup>۲</sup> عملکرد بهتری دارند.

۴-۴ در چاه های افقی

۴-۵ چاه های چند شاخه ای هوشمند

1 Primary recovery  
2 Second recovery

در چاه های چند شاخه ای هوشمند به جای اینکه تنها یک ورودی از چاه به مخزن وجود داشته باشد، پس از ورود به مخزن در قسمت انتهایی چاه را چند شاخه می کنند و از لایه های مختلف، هیدروکربور تولید می شود. با استفاده از این تکنیک سطح تماس چاه با سنگ مخزن افزایش پیدا می کند. همچنین در صورتی که اتفاق ناخواسته ای در یکی از این شاخه ها بیفتد با تنظیم شیر های ICV نصب شده بر روی هر شاخه، می توان جریان از هر شاخه را کنترل کرد و مشکل پیش آمده را حل کرد بدون اینکه در شاخه های دیگر مشکلی به وجود بیاید.

۴-۶ در مخازن حاشیه ای

از آنجا که میزان نفت درون مخازن حاشیه ای بسیار کم است در گذشته بهره برداری از این مخازن توجیه اقتصادی نداشت، اما با استفاده از چاه هوشمند با حفر يك چاه و چند شاخه کردن آن به مخازن حاشیه ای متصل می شویم و از این نوع مخازن نیز تولید کنترل شده خواهیم داشت.

۴-۷ افزایش تولید

با استفاده از تکنولوژی چاه های هوشمند می توان به صورت همزمان و جدا از لایه های دیگر بهره برداری و تولید کرد، که سرعت و نرخ تولید را افزایش می دهد و هم زمان تولید را کاهش می دهد.

۴-۸ امکان تولید از لایه ها با شرایط متفاوت

در تولید چاه های هر لایه دارای فشار متفاوتی است که امکان تولید از همه لایه را فراهم می سازد و هنگامی ما قصد داشته باشیم از لایه های مختلف تولید داشته باشیم با توجه به افت فشار، عمده تولید از لایه های با فشار بالاتر است اما با استفاده از چاه های هوشمند می توان از همه لایه تولید انجام داد.

نتیجه گیری :

با توجه به اینکه بسیاری از میدان های نفت و گاز دچار کاهش بازدهی شدند ارزش فناوریهای چاه هوشمند بسیار نمایانگر است. به طور کلی ارزش افزوده در چاه های هوشمند اغلب با کاهش هزینه های درون چاهی، کم کردن یا به تأخیر انداختن تولید سیالات ناخواسته، شتاب دادن به تولید سیالات دلخواه و قابلیت انعطاف برای رویارویی با مشکلات عملیاتی حاصل می شود. در این صورت عملیات تولید از يك چاه، بدون نیاز به عملیات درون چاهی امکان پذیر است. در چاه های هوشمند با توجه به مزایای فنی که دارد می تواند به تولید صیانتی از مخازن کمک کند. این درحالی است که در چاه های سنتی نظارت به صورت پیوسته نیست و ما با مشکلات فراوانی مواجه می شویم.

پیشنهاد

با توجه به اینکه بیش از ۸۰ درصد تولید نفت کشور از میدان هایی است که در نیمه دوم عمر خود قرار دارند. [ ۱ ] می توان با بهره گیری آخرین فناوری های همانند استفاده از چاه های هوشمند تولید چاه ها را بالا برد. با شرایط تولید نفت کشور ما اگر خواهیم که این منبع عظیم خدادادی به عاملی برای ایجاد ثروت، رشد دانش و صنعت و در نهایت پیشرفت و آبادانی کشور منجر شود باید این صنعت را بر مدار فناوری های جدید بنگریم.

منابع :

- [۱] ویژه صنعت نفت به مناسبت هفته دولت، شهریور ۱۳۸۹، اداره کل روابط عمومی وزارت نفت
- [۲] ماهنامه فنی و تخصصی اکتشاف و تولید، شماره ۷۵. مرداد ۱۳۸۹، اخبار تکنولوژی، صفحه ۴۲
- [3] K.Furui, D.zhu and A.D Hill "A comprehensive skin-Factor model of horizontal -well completion performance", SPE production and Facilities, August 2005.
- [4] <http://www.SPE.org>
- [5] A Non – Technical Guide to petroleum Exploration, Drilling and production, c2003, برگردان از ، مهندس سیدجواد طباطبایی، دکتر ابراهیم حسینی، نگارش علوم، ۱۳۸۴
- [۶] عادل زاده، محمدر ا، "اصول مهندسی بهره برداری و تولید (جلد سوم)"، انتشارات ستایش، چاپ اول، ۱۳۸۸
- [۷] ابراهیم زاده، کاوه- زمانی، علی- قسامی پور، مهدی، "سری کتابهای مهندسی نفت، اصول مهندسی حفاری"، نشر صناعی شهیزاردي، تهران، ۱۳۸۷
- [8] GLOBAL EXPLORATION & PRODUCTION NEWS TECHNOLOGY UPDATES. ANALYSIS, MARCH 2010, WWW. Epmag. Com

[۹] ندی، مهدی – توانایی چاه های هوشمند، پترو گروپ