

طراحی مشبک کاری چاه با استفاده از نرم افزار شبیه ساز در یکی از میادین نفتی جنوب ایران

دکتر بهرام حبیب‌نیا  دانشگاه صنعت نفت اهواز، دانشکده نفت
دکتر علی امیری  دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرنند کرمان، معاونت پژوهشی

سروش میرزاقرچه  کارشناسی ارشد زمین شناسی نفت دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرنند کرمان،
دانشکده علوم پایه

چکیده

مشبک کاری به عنوان بهترین روش برای ایجاد ارتباط بین چاه و مخزن برای تولید نفت دارای ویژگی‌های مهمی مانند تراکم گلوله‌ها، زاویه مشبک کاری، عمق نفوذ و اندازه حفرات ایجاد شده دارد که به طور قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد چاه تاثیر گذار می‌باشد. بنابراین در زمان طراحی مشبک کاری برای چاه ابتدا باید تاثیر هر یک از این پارامترها شناخته شود و سعی گردد که برنامه مشبک کاری بر اساس مطالعات تئوری و آزمایشگاهی قبل از مشبک کاری چاه بهینه شود که کمترین آسیب را به سازند تولیدی برساند.

در هنگام بهینه‌سازی برنامه مشبک کاری باید به توان به سوالات پیش آمده جواب داد. برای مثال (۱) آیا مشبک کاری تحت تعادل با تفنگ‌های لوله مغزی بهتر است یا مشبک کاری بالای تعادل با تفنگ‌های لوله جداری؟ (۲) کدام تفنگ داخل لوله مغزی از لحاظ هزینه‌ای موثر است؟ جواب‌ها تحت تاثیر فاکتورهایی مثل زاویه مشبک کاری، تراکم گلوله‌ها، عمق مشبک کاری، سطح تحت تعادل، هزینه‌ها، قابل اعتماد بودن، فشار و دمای ته چاه، ضایعات گلوله‌ها و قرارگیری تفنگ در چاه می‌باشد و همچنین هر کدام از روش‌های مشبک کاری کمترین آسیب را به سازند تولیدی وارد می‌کند. بهینه‌سازی عملیات مشبک کاری توسط نرم افزار رایانه‌ای SPAN انجام می‌گیرد. در این مقاله سعی می‌گردد که برنامه مشبک کاری برای دو چاه در میدان نفتی مارون با استفاده از برنامه فوق بهینه شود.

واژه‌های کلیدی مشبک کاری، اشباع هیدروکربن، تخلخل، نفوذپذیری، SPAN

مقدمه

هر یک از این ۳ روش، سیستم تفنگ مخصوص به خود را دارند که با توجه به ویژگی‌های اندازه و خصوصیات مشبک کاری متفاوت هستند. اما در رابطه با محاسبه روش مشبک کاری ابتدا باید نوع تکمیلی که برای چاه مورد نظر مناسب باشد مشخص گردد. با مقایسه خصوصیات سه روش ذکر شده و همچنین خصوصیات چاه A و سازند آسماری میدان مورد مطالعه که در جنوب غرب ایران قرار گرفته تخلخل آن ۲۵ درصد و نفوذپذیری ۲۳۵ میلی داریسی ارزیابی شده است. با توجه به شرایط یاد شده برای میدان مورد نظر تولید ماسه وجود ندارد لذا می‌توان نتیجه گرفت که نیازی به استفاده از تکمیل کنترل ماسه یا تحریک سازی نیست. قبل از انجام این تحقیق ممکن است این سوال پیش آید که کدام تفنگ و با چه زاویه شلیک و چه تعداد گلوله می‌تواند بهترین گزینه جهت اجرای برنامه مشبک کاری برای میدان نفتی مورد مطالعه باشد.

هدف از انجام این تحقیق طراحی برنامه مشبک کاری مناسب جهت کاهش آسیب سازند تولیدی در میدان مورد نظر و در نتیجه افزایش توان تولید و بهره‌دهی بیشتر از چاه‌های مورد مطالعه است.

یکی از بخش‌های تکمیل چاه، مشبک کردن لایه تولیدی آن می‌باشد و هدف ایجاد ارتباط مؤثر بین سازند و چاه و برقراری جریان سیال با سوراخ کردن جداره پوششی چاه است. با این عمل ارتباط بین لایه تولیدی و چاه برقرار می‌شود و در انجام آن بخصوص از نظر عمق بایستی بسیار دقت نمود زیرا در صورت اشتباه و یا نقص در عمل مشکلات عدیده‌ای بروز خواهد کرد. فاکتورهای مهمی که بر مشبک کاری چاه تأثیر می‌گذارند، تکمیل، خصوصیات سازند، نوع سیال و هندسه مخزن می‌باشند. عوامل دیگر، فاکتورهایی از قبیل اشباع هیدروکربن، تخلخل، نفوذپذیری، خصوصیات سیال می‌توانند تأثیر گذار باشند که این عوامل معمولاً کنترل نمی‌شوند.

نقطه شروع طراحی مشبک کاری بررسی تکنیک‌های مشبک کاری موجود برای تکمیل است که معمولاً یک یا چند روش زیر خواهد بود: مشبک کاری داخل لوله جداری، مشبک کاری تفنگ لوله جداری و مشبک کاری حمل شده توسط لوله مغزی (TCP)!



۱- انتخاب تکنیک مشبک کاری برای چاه A

اولین موردی که باید محاسبه شود مشبک کاری فروتعدالی یا فراتعدالی می باشد. در این مطالعه مشبک کاری تحت فشار بالای تعادل را به علت حفره های مشبک کاری شده تمیز و کاهش آسیب سازندی و بهبود توان تولید چاه انتخاب شده است. با استفاده از مشبک کاری فروتعدالی نمی توان از تفنگ های لوله جداری استفاده کرد. بنابراین دو روش باقی می ماند: ۱- مشبک کاری داخل لوله مغزی یا ۲- منتقل شده توسط لوله مغزی. با توجه به اینکه فشار مخزن بالاست (۳۷۲۰ psi) بنابراین نیازی به استفاده از لوله مغزی برای بهبود اجرای مشبک کاری چاه نیست. از آنجا که چاه بدون لوله مغزی تکمیل شده بنابراین، عملیات مشبک کاری توسط وایرلاین انجام خواهد شد.

۲- انتخاب تکنیک بهینه سازی

در این تحقیق تکنیک مشبک کاری با استفاده از نرم افزار SPAN بهینه سازی می شود. انتخاب بهترین نوع تفنگ برای سازند بستگی به عملکرد تفنگ در شرایط ته چاه دارد. بنابراین شناخت عملکرد همه تفنگ ها در شرایط ته چاه بدون آزمایش آنها در چاه واقعی ضروری است. بعد از اجرای برنامه SPAN نیاز به ارزیابی نتایج و انتخاب بهترین تفنگ با توجه هدف تکمیل وجود دارد. بنابراین در این مرحله باید همه تفنگ های وایرلاین با خصوصیات مختلف مشبک کاری، تراکم گلوله ها و زاویه بررسی گردید تا مشخص شود کدام یک از تفنگ ها، با چه تراکم گلوله و چه زاویه ای کمترین آسیب به سازند تولیدی و در نهایت بهترین توان تولید را با محاسبه

خواهند داشت [۴،۳،۱].

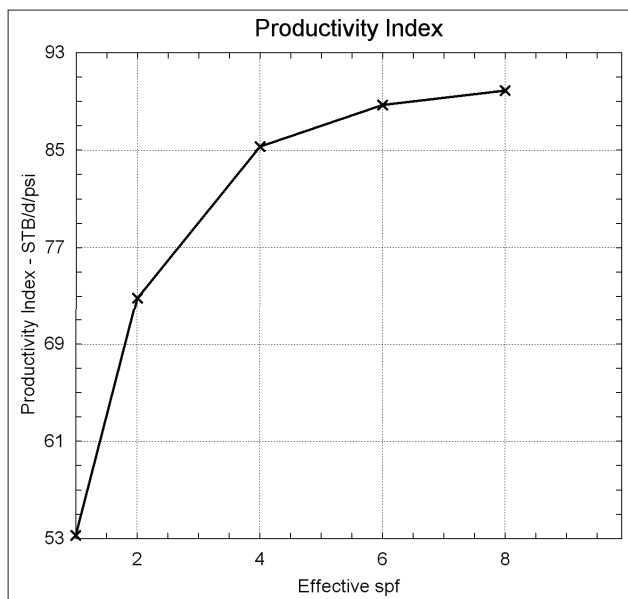
۳- داده های ورودی به SPAN

گام اول برای آنالیز SPAN آماده سازی داده های ورودی است. داده های ورودی این نرم افزار در جدول ۱ درج شده است [۴،۳،۱].

۴- خروجی SPAN

کاهش آسیب سازند و افزایش توان تولید چاه برای تفنگ های مختلف داخل لوله مغزی که قابل اجرا برای این چاه هستند تحت تراکم گلوله ها و زاویه های مشبک کاری بررسی گردید و با توجه به نتایج آنها مشخص شد که مناسب ترین گزینه برای مشبک کاری چاه که کمترین آسیب سازند و بالاترین ضریب بهره دهی را بدهد گزینه استفاده از تفنگ های داخل لوله مغزی مانند تفنگ Pivot ۱۸۰ یا Enerjet ۴۵ درجه است. در شکل ۱ خروجی SPAN برای مشبک کاری نشان داده شده است. [۴،۳،۱].

با توجه به مشخصات چاه A از تفنگ های داخل لوله مغزی استفاده می شود. بنابراین تفنگ های موجود را با نرم افزار SPAN مورد تحلیل قرار می گیرد تا بهترین بازدهی چاه بدست آید. ابتدا شاخص تولید برای تفنگ Enerjet با زاویه صفر درجه نسبت به تفنگ و برای تراکم های مختلف گلوله ها در واحد عمق آورده شده است. لازم به ذکر است که در تمامی تفنگ ها به علت دمای متوسط چاه از گلوله RDX استفاده شده است (شکل ۲). این تفنگ با زاویه



شکل ۱ | خروجی نرم افزار SPAN برای ضریب بهره دهی چاه

جدول ۱: داده های ورودی به SPAN [۳]

واحد	چاه B	چاه A	پارامترها
	نفت	نفت	نوع چاه
	۷	۷	قطر چاه
Lb/gal	۵/۷۵	۵/۷۵	دانسیته سیال
درجه	۰	۰	انحراف چاه
bbbl/STP	۱/۴۲	۱/۴۲	FVF(bbbl/STB)
سانتی پواز	۰/۷	۰/۷	ویسکوزیته
	N۸۰	N۸۰	نوع لوله
lb/ft	۲۹	۲۹	وزن رشته ها
هم مرکز، غیر مرکزی	هم مرکز	هم مرکز	موقعیت مرکز لوله نسبت به مرکز چاه
۰/۸	-	۰/۲۴	۱/۴
میلی داریسی	۹۹۰	۲۳۵	نفوذپذیری سازند
هم مرکز، غیر مرکزی	هم مرکز، غیر مرکزی	هم مرکز، غیر مرکزی	هم مرکز، غیر مرکزی
	۱۰	۶	K _v /K
فوت	۱۱۱	۱۳۲	ضخامت
g/cc	۲/۱	۲/۱	دانسیته سازند
psi	۵۴۰۰	۵۴۰۰	مقاومت فشاری سازند

که در آن از گلوله های RDX استفاده می گردد. لازم به ذکر است که این چاه با تفنگ Enerjet با زاویه صفر و با تراکم ۴ گلوله در فوت مشبک کاری شده است. بنابراین با توجه به مطالعات صورت گرفته مشاهده می شود که مشبک کاری این چاه بهینه نبوده است زیرا در صورتی که با زاویه ۴۵ درجه مشبک کاری انجام می گرفت ضریب بهره دهی ۲۰ درصد افزایش می یافت [۵].

برای ارزیابی دقیق مشبک کاری بهینه لازم است مطالعات اقتصادی و عوامل دیگر مانند پیچیدگی عملیاتی و شرایط محیطی نیز در نظر گرفته شوند [۲].

۵- مطالعات مشبک کاری برای چاه B

چاه B نیز در مخزن آسماری همین میدان حفاری شده و دارای نفوذپذیری بالا (۹۹۰ میلی داری) می باشد و تقریباً شرایطی مشابه چاه A دارد (جدول ۱). در اینجا نیز از تفنگ های لوله مغزی که به صورت

و ایرلاین در لوله جداری اجرا شده اند، استفاده می شود [۴،۳،۱]. پس از آنکه داده های مورد نیاز برای آنالیز در نرم افزار SPAN وارد شد، نتایج برای تفنگ های مختلف با تراکم مختلف گلوله و زاویه مشبک کاری نسبت دیواره چاه به دست آمد. در شکل ۴ شبیه سازی نتایج تفنگ های بکار رفته توسط برنامه SPAN برای چاه B با زوایای مختلف مشبک کاری در تراکم های گلوله متفاوت ارزیابی و نمودار نسبت بهره دهی برای آنها نشان داده شده است [۵].

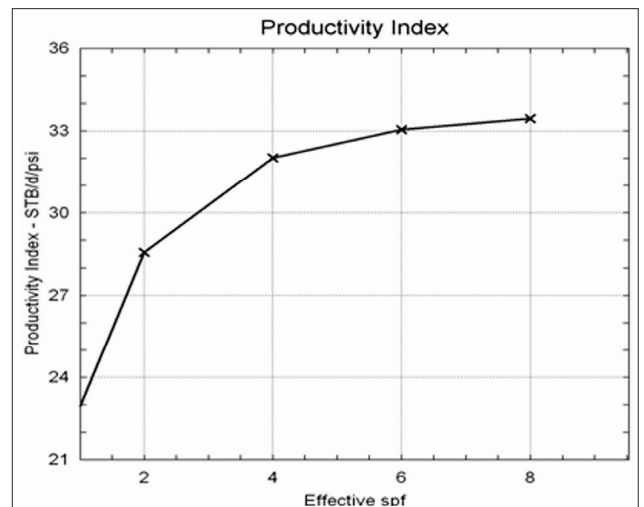
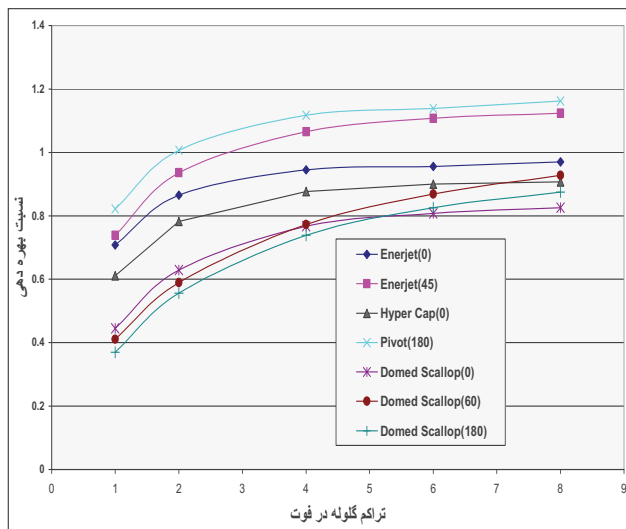
برای چاه B نیز تفنگ Pivot دارای بهترین بازدهی در مقایسه با سایر تفنگهاست و پس از آن تفنگ Enerjet که با زاویه ۴۵ درجه

صفر درجه و با تراکم ۴ گلوله در فوت برای مشبک کاری چاه A استفاده شده که بر اساس شکل ۲ حداکثر ضریب بهره دهی برابر با ۲۷ bbl/day/psi را خواهد داشت [۴،۳،۱].

در اینجا انواع تفنگ های بکار رفته در چاه A را با زوایای مختلف مشبک کاری در تراکم های گلوله متفاوت توسط نرم افزار SPAN ارزیابی و نمودار ضریب بهره دهی بر حسب تراکم گلوله در فوت در شکل ۳ نشان داده شده است [۵].

با مقایسه تفنگ های مورد استفاده، مشاهده می شود که تفنگ Pivot دارای بهترین بازدهی در مقایسه با سایر تفنگهاست و پس از آن تفنگ Enerjet دارای زاویه ۴۵ درجه می باشد که با توجه به قیمت بالای تفنگ های Pivot، مشکلات عملیاتی از قبیل چسبندگی تفنگ بعد از مشبک کاری، استفاده از این تفنگ پیشنهاد نمی شود. همچنین تفنگ های Domed Scallop برای دماها و فشارهای بالاتر بکار می روند که در این چاه که دمای ۱۷۵ درجه فارنهایت دارد، کاربرد ندارد. همچنین تفنگ های Hyper Cap و Domed Scallop دارای ضریب بهره دهی کمتری نسبت به تفنگ Enerjet دارای زاویه ۴۵ درجه می باشند. با توجه به اینکه تراکم گلوله بیشتر از ۶ فوت تأثیر چندانی در ضریب بهره دهی نخواهد داشت، تراکم گلوله ها نیز SPF ۶ خواهد بود. همچنین به علت اینکه دمای چاه ۱۷۵ درجه فارنهایت است و گلوله های RDX برای دماهای تا ۳۰۰ درجه فارنهایت بکار می روند، بنابراین از گلوله های RDX استفاده می شوند.

با استفاده از مطالبی که گفته شد در مورد چاه A تفنگ Enerjet با زاویه ۴۵ درجه با تراکم ۶ گلوله در فوت انتخاب می شود



شکل ۳ | نسبت بهره دهی چاه A برای تفنگ های مختلف بر حسب تراکم گلوله ها

شکل ۲ | ضریب بهره دهی برای تفنگ Enerjet برای چاه A در زاویه صفر در تراکم مختلف گلوله ها [۵].

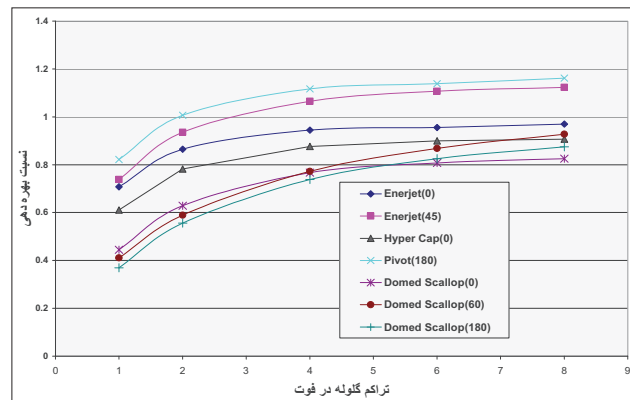


چاه با تفنگ Enerjet با زاویه صفر و با تراکم ۴ گلوله در فوت مشبک کاری شده است. بنابراین با توجه به مشبک کاری این چاه بهینه نبوده زیرا در صورتی که با زاویه ۴۵ درجه مشبک کاری انجام می گرفت، ضریب بهره دهی ۲۰/۱ درصد افزایش می یافت [۵].

۶- نتیجه گیری

استفاده از نرم افزار مشبک کاری SPAN کمک بسیاری به مشبک کاری بهینه چاه می کند. با توجه به نوع تکمیل چاه ها، الگوریتم های متناسب اجرا شد و بر حسب اینکه مشبک کاری از نوع فروت عادل یا فراتعادل است و با در نظر گرفتن مزایا و معایب هر کدام، یکی از سه روش مشبک کاری داخل لوله مغزی، داخل لوله جداری یا مشبک کاری حمل شده توسط لوله مغزی (TCP) انتخاب گردید. پس از انتخاب روش، قابلیت کاربرد تفنگ هایی توسط نرم افزار SPAN تحلیل شد تا تفنگ مناسب، نوع گلوله ها و زاویه مشبک کاری مناسب برای اجرا در چاه با ضریب بهره دهی بالا انتخاب شوند. لازم به ذکر است که برای بهینه کردن دقیق مشبک کاری باید ملاحظات دیگری مثل هزینه ها و پیچیدگی کار و سایر عوامل اتخاذ شود.

با توجه به اینکه چاه های بررسی شده در این پروژه، از نوع تکمیل طبیعی بودند پیشنهاد می شود در کارهای آینده عملیات مشبک کاری چاه هایی که تکمیل آنها با کنترل ماسه یا با تحریک سازی صورت گرفته است، با کاربرد الگوریتم های مخصوص این تکمیل ها بهینه شوند. داشتن اطلاعات دقیق که از آزمایش های مختلف بدست آمده باشد برای ورودی نرم افزار SPAN و همچنین محاسبه اقتصادی عملیات مشبک کاری با تفنگ های مختلف، برای ارزیابی بهتر چاه ها مفید خواهد بود.



نمودار نسبت بهره دهی در چاه B برای انواع مختلف تفنگها

نسبت به دیواره چاه (سازند هدف) قرار دارد. با توجه به قیمت بالای تفنگ های Pivot و مشکلاتی که قبلاً ذکر شد، استفاده از این تفنگ پیشنهاد نمی شود. همچنین تفنگ های Domed Scallop برای دماها و فشارهای بالاتر بکار می روند که با توجه به دمای چاه (۱۷۵ درجه فارنهایت) کاربرد ندارد. همچنین تفنگ های Hyper Cap و Domed Scallop دارای ضریب بهره دهی کمتری نسبت به Enerjet دارای زاویه ۴۵ درجه می باشند. بنابراین تفنگ Enerjet با زاویه ۴۵ مفیدتر خواهد بود. همچنین با توجه به اینکه در تراکم گلوله بیشتر از ۶ فوت تأثیر چندانی در ضریب بهره دهی نخواهد داشت، تراکم گلوله ها نیز ۶ SPF انتخاب می شود. به علت اینکه چاه B نزدیک به دمای چاه A است در اینجا نیز از گلوله های RDX استفاده می شوند [۵].

با استفاده از مطالبی که گفته شد در مورد چاه B نیز تفنگ Enerjet با زاویه ۴۵ درجه از دیواره تفنگ نسبت به سازند مورد هدف با تراکم ۶ گلوله در فوت انتخاب می گردد که در آن از گلوله های RDX استفاده می شود. خاطر نشان می شود که این

پی نوشتها

¹.soroush.gharacheh@gmail.com

². Tubing Conveyed Perforating

³. Shot Per Foot

منابع

- [1] Schlumberger. D, "Completion Design and Engineering," December 1996.
 [2] Spurlock, J.W. and Demski, D.B.: "A new approach to the sand control problem-A multi-layer, wire-wrapped sand screen," SPE 4014, prepared for the 47th annual fall meeting of the society of petroleum engineers of AIME, San Antonio, Texas, Oct.8-11, 1972.
 [3] Beggs, Howard Dale, "Production optimization using

- NODAL analysis", OGI Publications, 2003.
 [4] Mukherjee, H., Schlumberger, D., "Well Completion and Production", June 1991.

[۵] میرزا قراچه، سروش، ۱۳۹۰، بهینه سازی و جلوگیری از آسیب دیدگی سازندگی از طریق عملیات مشبک کاری در میدان نفتی مارون، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرنند کرمان، ص ۱۰۱ - ۱۲۴