

معرفی روش‌های فرازآوری با پمپ و بررسی شرایط عملیاتی

پمپ‌های درون‌چاهی

رحیم عباسی پور آتشگاه، مدیریت برنامه‌ریزی تلفیقی شرکت ملی نفت ایران¹

چکیده

امروزه با توجه به افت فشار مخازن ایران و کاهش تولید نفت و گاز از میداین کشورمان، استفاده از روش‌های برداشت ثانویه و فرازآوری مصنوعی امری ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از روش‌های فرازآوری مصنوعی یا برای به جریان انداختن چاه‌هایی که تولید آن‌ها متوقف شده است بکار می‌رود یا برای افزایش دبی تولیدی چاه‌هایی که تولید آن‌ها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست. تاکنون روش‌های گوناگونی از فرازآوری مصنوعی در جهان معرفی شده است که یکی از مهمترین بحث‌ها در این زمینه انتخاب روش مناسب فرازآوری مصنوعی می‌باشد؛ روشی که با کمترین هزینه عملیاتی منجر به بیشترین دبی تولیدی از چاه و در نتیجه افزایش سود گردد. برای رسیدن به این هدف باید روش مناسب برای فرازآوری چاه مورد نظر تعیین گردد. الگوریتم‌های مختلفی برای تعیین روش مناسب فرازآوری برای یک چاه موجود می‌باشد که استفاده از آن‌ها مستلزم داشتن شناخت کافی از تمام روش‌های فرازآوری مصنوعی می‌باشد. بنابراین اهمیت طبقه‌بندی اطلاعاتی در خصوص مزایا، معایب و محدوده عملیاتی هریک از روش‌های فرازآوری مصنوعی از دید فنی و اقتصادی بیش از پیش مشخص می‌گردد.

¹ abbasspour@aut.ac.ir

در این مقاله تمامی روش‌های فرازآوری با پمپ معرفی و نحوه عملکرد آن‌ها و تجهیزات هریک به تفکیک تشریح شده است. همچنین مزایا، معایب و محدوده عملیاتی هر روش نسبت به سایر روش‌های فرازآوری با پمپ بیان شده است. بنابراین با استفاده از اطلاعات طبقه‌بندی شده در این مقاله می‌توان به مقایسه روش‌های مختلف فرازآوری با پمپ پرداخته و جهت انتخاب روش مناسب فرازآوری در میداین کشور از این اطلاعات استفاده نمود.

کلمات کلیدی: فرازآوری مصنوعی، برداشت ثانویه، پمپ‌های درون‌چاهی

۱- مقدمه

عملیات حفاری چاه اکتشافی در یک میدان نفتی بعد از اتمام عملیات اکتشافی اولیه صورت می‌پذیرد و اگر چاه اکتشافی به نتیجه برسد و مشخص شود که میدان نفتی در آن منطقه موجود است، عملیات توسعه میدان با حفاری چاه‌های جدید شروع می‌شود و سپس تولید از چاه‌های توسعه‌ای پس از حفاری و تکمیل آن‌ها آغاز می‌گردد.

ابتدا چاه‌ها با فشار طبیعی خود شروع به تولید می‌کنند. البته میزان تولید به پارامترهای مختلف از جمله خصوصیات و پارامترهای چاه و مخزن بستگی دارد. یک مخزن، تولید طبیعی خود را تا زمانی ادامه می‌دهد که فشار خود مخزن، میزان دبی مطلوب را تامین کند. اگر به همین ترتیب تولید طبیعی از مخزن ادامه پیدا کند سه مشکل اساسی پیش خواهد آمد:

- ۱- دبی تولیدی نفت به میزانی کاهش می‌یابد که دیگر تولید از آن چاه اقتصادی نباشد.
- ۲- اگر افت فشار شدید باشد، سیال فشار کافی برای رسیدن به سرچاه را نخواهد داشت. در این حالت سیال ممکن است فشار لازم برای ورود از مخزن به چاه را داشته باشد ولی فشار کافی برای رسیدن از ته چاه به سرچاه را ندارد.
- ۳- در چاه‌های دریایی به علت افت فشار، گاز زیادی از نفت آزاد شده و جریان تولیدی به صورت چندفازی خواهد بود که بیشتر جریان را گاز تشکیل می‌دهد که برای تولید اقتصادی نمی‌باشد [۱].

در این حال لزوم استفاده از روش‌های مصنوعی برای بهبود دبی و وضعیت تولید از مخزن بیش از پیش احساس می‌شود. به همین دلیل استفاده از روش‌های فراآوری مصنوعی روز به روز در دنیا افزایش می‌یابد.

اساس روش‌های فراآوری مصنوعی بر این است که با کاهش گرادیان فشار در چاه و همچنین کم کردن مقدار فشار جریان‌ی ته چاه و جابجایی نمودار OPR^2 برای قطع نمودار IPR^3 در دبی‌های بزرگتر باعث افزایش دبی تولیدی می‌شود [۲].

پس از این مقدمه برای معرفی فراآوری مصنوعی و لزوم استفاده از آن، انواع روش‌های فراآوری مصنوعی در ادامه معرفی می‌شود. روش‌های فراآوری مصنوعی را در کل می‌توان به دو بخش دسته‌بندی کرد:

- فراآوری با گاز
- فراآوری با پمپ [۳]

هدف این مقاله معرفی روش‌های فراآوری با پمپ بوده و به بررسی مزایا، معایب و محدوده عملیاتی این روش‌ها می‌پردازد.

فراآوری با پمپ به وسیله شش نوع پمپ انجام‌پذیر می‌باشد که عبارتند از :

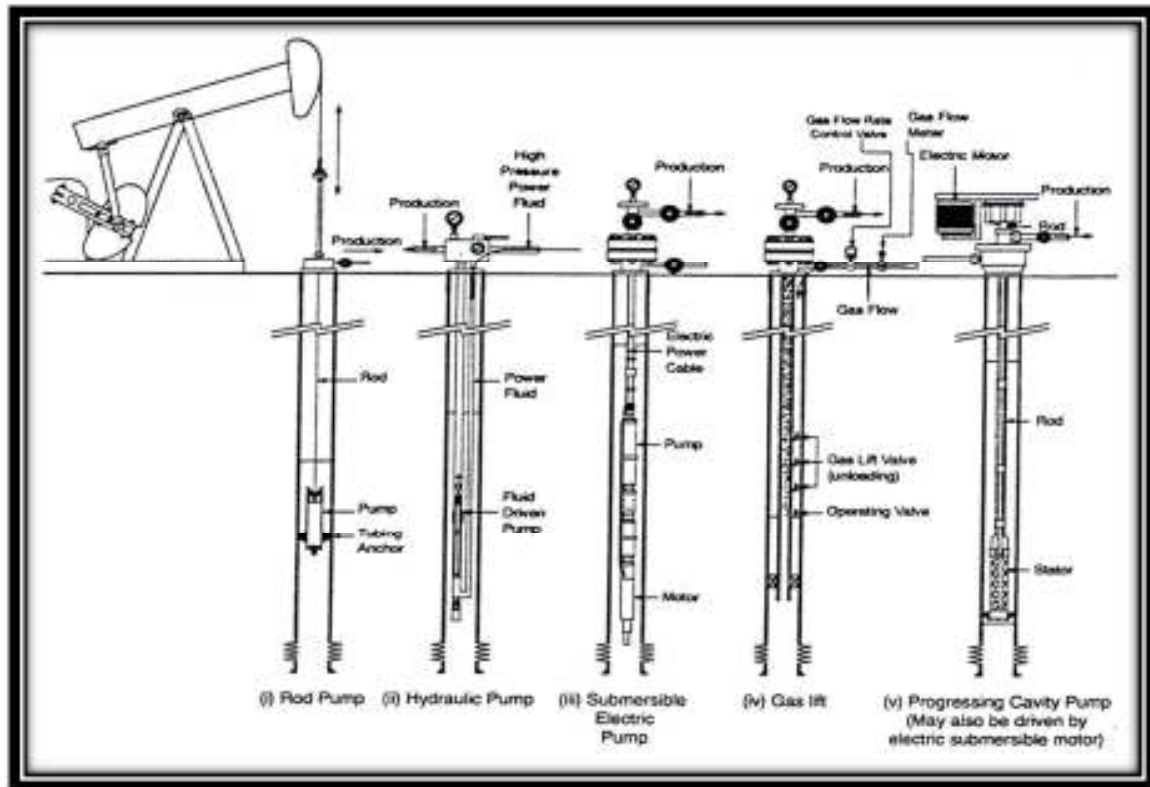
- پمپ میله‌ای (Sucker Rod Pump)
- پمپ هیدرولیکی (Hydraulic Pump)
- پمپ خلأ پیشرو (Progressive Cavity Pump)
- پمپ الکتریکی شناور (Electrical Submersible Pump)
- پمپ چندفازی (Multiphase Pump)
- ترکیبی از پمپ‌های فوق [۲]

^۲ Outflow Performance Relationship

^۳ Inflow Performance Relationship

لازم به ذکر است دو روش آخر جدید هستند و کمتر مورد توجه قرار می‌گیرند. شکل ۱

نشان‌دهنده انواع روش‌های فراآوری مصنوعی می‌باشد.



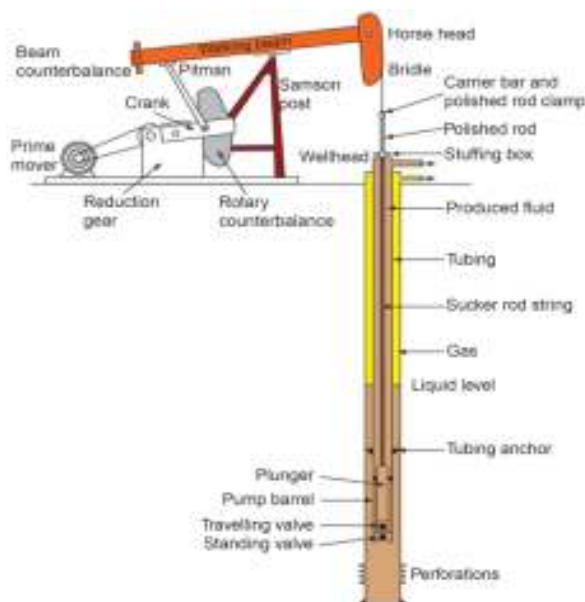
شکل ۱- متداول ترین روش‌های فراآوری مصنوعی [۱]

۲- پمپ میله‌ای

پمپ میله‌ای انرژی مکانیکی برای بالا آوردن نفت از ته چاه به سرچاه را فراهم می‌کند. این پمپ دارای یک سیستم مکانیکی در سطح و یک پیستون شناور در داخل چاه می‌باشد. سیستم مکانیکی سرچاه ممکن است یک موتور الکتریکی یا یک موتور درون‌سوز باشد. اما استفاده از موتورهای الکتریکی بهتر است چون کنترل و اتوماتیک کردن آن راحت‌تر می‌باشد. فرایند کار این پمپ به این ترتیب است که حرکت چرخشی موتور با استفاده از *walking beam* به حرکت نوسانی قائم تبدیل می‌شود.

با توجه به شکل ۲ حرکت نوسانی *walking beam* به یک میله طویل به نام *sucker rod* منتقل می‌شود. *Horse head* که در سطح مشاهده می‌شود برای جلوگیری از انحراف کابل و *sucker rod* تعبیه شده و باعث حرکت مستقیم آن‌ها می‌شود. میله *sucker rod* به یک پیستون شناور که در ته چاه قرار دارد وصل شده و با حرکت نوسانی قائم *sucker rod* این پیستون نیز در داخل یک سیلندر به نام *pump barrel* حرکت نوسانی قائم انجام می‌دهد.

در داخل *pump barrel* دو شیر عملیاتی به نام‌های *travelling valve* و *standing valve* تعبیه شده‌است. وقتی *sucker rod* و پیستون به سمت بالا حرکت می‌کنند، *standing valve* باز می‌شود. در این حالت *travelling valve* بسته می‌باشد. حرکت رو به بالای پیستون باعث مکش سیال به داخل *pump barrel* می‌شود. وقتی *barrel* پر از سیال شد و پیستون تا حد انتهایی بالا رفت، شروع به پایین آمدن می‌کند، در این حالت *standing valve* بسته و *travelling valve* باز می‌شود و با حرکت پیستون رو به پایین، سیال ناگزیر از *travelling valve* به سمت بالا می‌رود. این فرایند چندین مرحله ادامه پیدا می‌کند تا سیال به سطح برسد [۲].



شکل ۲- اجزای پمپ میله‌ای [۲]

۲-۱- مزایای استفاده از پمپ‌های میله‌ای

- راندمان نسبتاً خوبی دارند.
- در اندازه‌ها و جنس‌های مختلف بسته به نوع سیال و دبی تولید موجود هستند.
- هزینه تعمیر و نگهداری پایینی دارند.
- از نظر تکنیکی پیچیده نیستند و نصب آنها سریع است.
- طول عمر زیادی دارند.

۲-۲- محدودیت‌های استفاده از پمپ‌های میله‌ای

- محدودیت عمقی و دبی تولید به علت نیروی وارد بر میله
- فرسایش زیاد لوله مغزی و میله در چاه‌های انحرافی
- محدودیت برای نسبت‌های بالای گاز به نفت [۲]

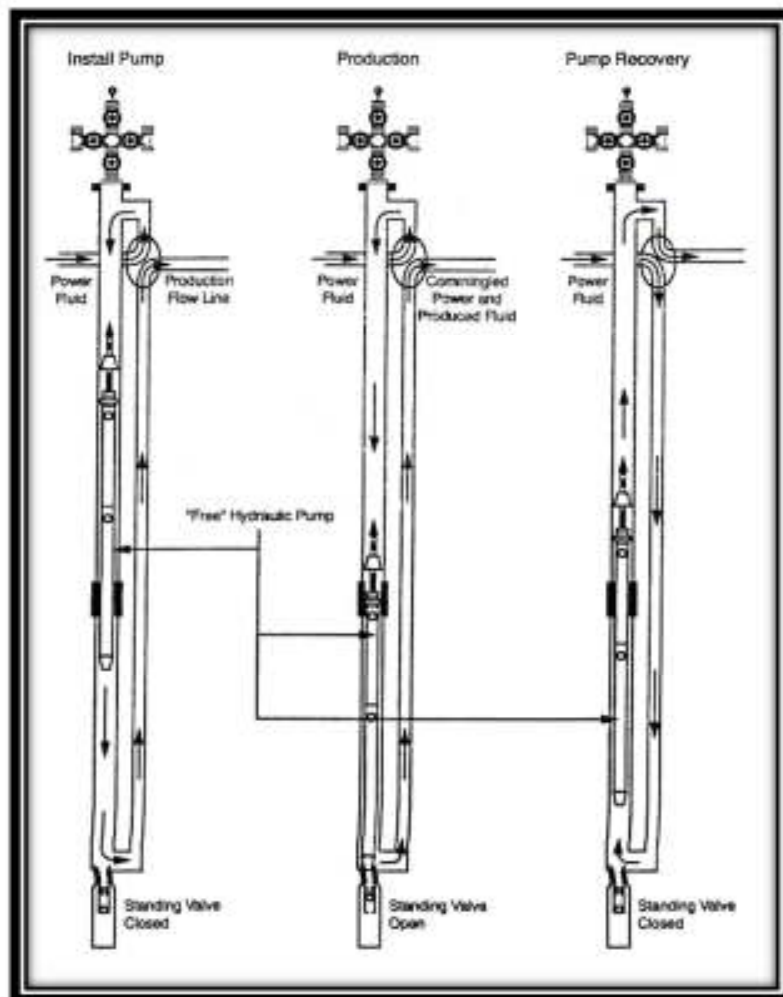
۳- پمپ‌های هیدرولیکی

سیستم این نوع پمپ‌ها شامل سیال نیرو دهنده سطحی، واحد تمیز کننده سطحی و پمپ هیدرولیکی پیستونی و یا جت می‌باشد. در واقع پمپ‌های استفاده شده در این نوع سیستم می‌تواند از نوع پمپ‌های هیدرولیکی رفت و برگشتی و یا پمپ‌های جت باشد.

اصول کار این پمپ‌ها استفاده از سیال با فشار بالا که از سطح زمین تزریق می‌شود، می‌باشد. این سیال، سیال محرک نامیده می‌شود [۴].

طبق شکل ۳ ابتدا با استفاده از تزریق سیال محرک با فشار بالا به درون چاه پمپ در داخل چاه نصب می‌شود. در این حالت چون *standing valve* در انتهای سیستم بسته است پس فشار ناشی از تزریق سیال محرک باعث پایین رفتن و نصب پمپ در جای خود می‌شود. بعد از نصب پمپ در

محل خود، *standing valve* باز می‌شود. با ادامه تزریق سیال محرک با فشار بالا و حرکت پیستون، سیال مخزن به سطح آورده می‌شود.



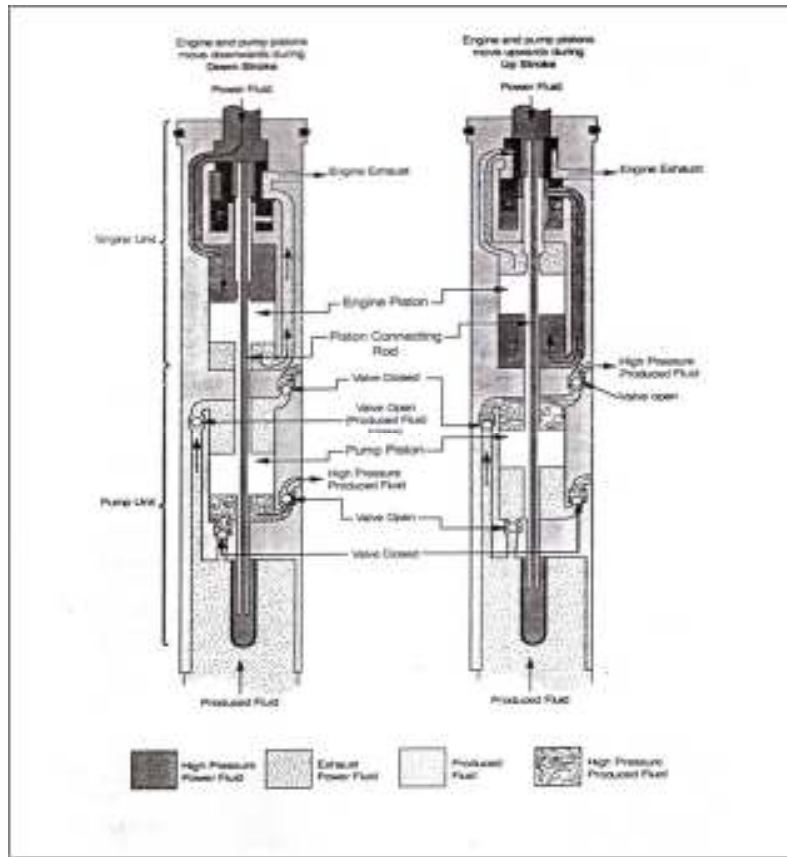
شکل ۳- نصب و بازیابی پمپ هیدرولیکی [۱]

سیال محرک مورد استفاده در این نوع پمپ‌ها آب یا نفت تولیدی می‌باشد و لازم به ذکر است که یک هیدروسیکلون جداکننده ماسه برای حذف مواد جامد از سیال محرک در سیستم پیش‌بینی شده است.

در این سیستم تزریق سیالات محرک به تجهیزات درون چاهی از طریق یک لوله مجزا صورت می‌گیرد. فشار نمونه برای سیال محرک بین $4000 - 1500 \text{ psi}$ می‌باشد که این فشار با استفاده از یک پمپ شارژ که در سطح قرار دارد، تامین می‌شود. پمپ شارژ می‌تواند از نوع پمپ چند مرحله‌ای و یا سانتریفیوژی باشد. نرخ پمپ شارژ توسط قطر و سرعت پمپ درون چاهی مشخص می‌شود.

وقتی سیال محرک از سطح توسط پمپ شارژ با فشار بالا تزریق شد این سیال باعث حرکت پمپ درون چاهی جابجایی مثبت می‌شود و یا اگر پمپ از نوع پمپ جت باشد با عبور سیال محرک از نازل یا مجرای پمپ جت انرژی فشاری به سرعت تبدیل می‌شود. در این حالت جریان کم فشار و پرسرعت سیال محرک با جریان سیال تولیدی در پمپ مخلوط می‌شوند و جریان سیالات ترکیب‌شده به سطح می‌رسند.

شکل ۴ عملکرد یک سیستم فراآوری با استفاده از پمپ هیدرولیکی جابجایی مثبت را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، تزریق سیال محرک با فشار بالا از سطح باعث حرکت بالا و پایین پیستون بالایی می‌شود. چون دائماً جهت تزریق سیال محرک تغییر می‌کند پس حرکت نوسانی قائم پیستون قطع نمی‌شود. با توجه به اینکه پیستون دیگری با استفاده از یک میله به پیستون بالایی وصل شده‌است، پس با حرکت پیستون بالایی، پیستون پایینی نیز حرکت خواهد داشت و با نوبتی باز و بسته شدن شیرهای تعبیه شده روی پمپ، عمل مکش و تولید از یک لوله مجزا صورت می‌گیرد [۲].



شکل ۴- نحوه عملکرد پمپ هیدرولیکی جابجایی مثبت [۱]

۳-۱- مزایای استفاده از پمپ‌های هیدرولیکی

- توانایی کار کردن در عمق‌های زیاد
- دبی حجمی بالا
- مناسب برای چاه‌های انحرافی
- انعطاف پذیری بالا
- توانایی حمل مواد جلوگیری کننده از خوردگی به درون چاه
- مقاومت زیاد در مقابل فرسایش (نوع جت)
- اندازه‌های پمپ و نسبت موتور/ پمپ متعدد (تنوع مدل)

۳-۲- معایب استفاده از پمپ‌های هیدرولیکی

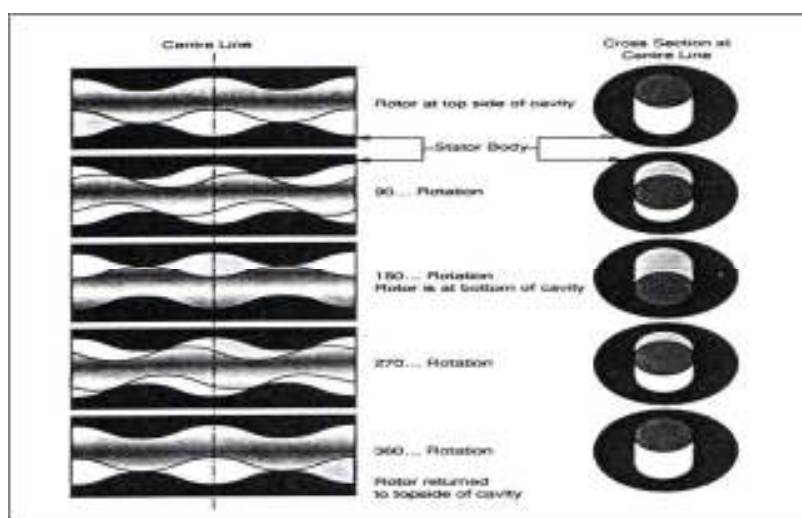
- عمر کوتاه پمپ‌های دارای اجزای متحرک و در معرض سیال حاوی ذرات جامد (نوع پیستونی)
- محدودیت پمپ‌های جت در فشارهای ته چاهی خیلی پایین
- محدودیت در نسبت‌های گاز به مایع بالا
- بازدهی بین ۳۰ تا ۴۰ درصد برای نسبت گاز به مایع بیشتر از ۱۰۰

۳-۳- محدوده عملیاتی پمپ‌های هیدرولیکی

- عمق عملیاتی این پمپ‌ها تا ۱۰۰۰۰ فوت
- ماکزیمم عمق برای نوع پیستونی تا ۱۷۰۰۰ و برای نوع جت تا ۲۰۰۰۰ فوت
- دبی حجمی عملیاتی نوع پیستونی بین ۵۰۰ تا ۴۰۰۰ و برای نوع جت ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ بشکه در روز
- محدوده دمای عملیاتی برای هر دو نوع پیستونی و جت ۲۵۰-۱۰۰ درجه فارنهایت [۲]

۴- پمپ‌های خلا پشرو

سیستم این نوع پمپ‌ها شامل پمپ درون چاهی، میله مکنده معمولی و یا پیوسته و گرداننده (محرک) سطحی می‌باشد. این نوع پمپ‌ها به دو دسته *PCP* و *ESPCP* تقسیم می‌شوند. این نوع پمپ‌ها نیز همانند پمپ‌های هیدرولیکی دارای سیستم پیچیده محرک سطحی هستند. همان‌طور که شکل ۵ نشان می‌دهد، این پمپ‌ها که نوع جابجایی مثبت هستند دارای یک روتور بوده که در داخل استاتور گردش می‌کند. روتور معمولاً از فولاد سخت و استاتور از مواد الاستیکی ساخته می‌شود. مکانیسم عملکرد این پمپ‌ها این چنین است که با انتقال نیرو توسط رشته میله‌های مکش به روتور، روتور شروع به چرخش درون استاتور ماریپیچی شکل می‌کند و با این عمل فضای بیضوی شکلی مابین روتور و استاتور در هر مقطع ایجاد می‌شود و با استفاده از این فضا سیال تولیدی به سطح منتقل می‌شود [۴].

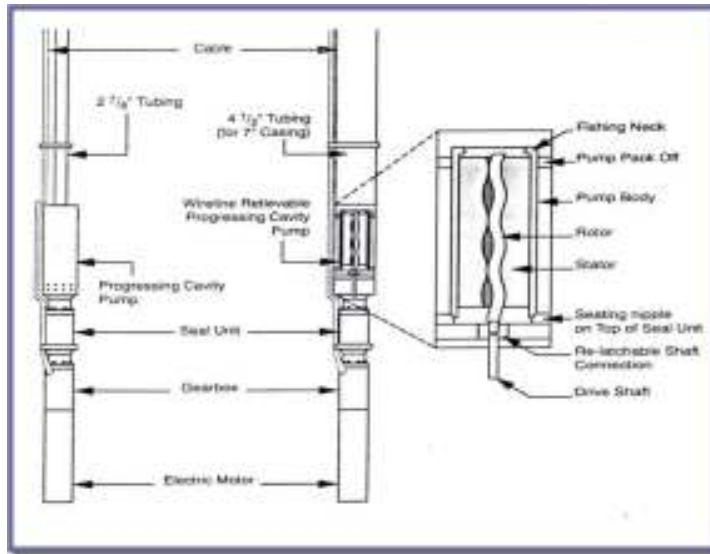


شکل ۵- عملکرد پمپ خلاء پیشرو [۱]

نوع دوم این پمپها *ESPCP* است که به پمپ شناور الکتریکی *PCP* معروف می‌باشد. برای نصب این پمپها باید سرچاه و لوله مغزی به اندازه کافی بزرگ باشد تا مجموعه استاتور و موتور *PCP* بتوانند از آن عبور کنند. یک اتصال جفت‌شدنی در انتهای مجموعه به منظور اتصال و قطع موتور و جعبه دنده و همچنین یک گردن جهت بازیابی پمپ توسط عملیات سیم بکسلی ۴ در مجموعه تعبیه شده‌اند.

شکل ۶ نمایی از یک پمپ شناور الکتریکی *PCP* را نمایش می‌دهد.

^۴ Wireline



شکل ۶- پمپ ESPCP [۱]

۴-۱- مزایای پمپ خلا پشرو

- هزینه‌های سرمایه‌ای کم
- بازده عالی: در حالت ایده‌آل برابر بازده پمپ میله‌ای
- انعطاف پذیری بالا (با تغییر سرعت)
- مقاومت زیاد در مقابل سایش
- توانایی پمپ کردن سیالات با ویسکوزیته‌های مختلف
- مصرف انرژی کم

مهم‌ترین محدودیت این نوع پمپ‌ها عمق عملیاتی کم (حداکثر تا ۷۰۰۰ فوت) می‌باشد. این پمپ‌ها در ابتدا فقط برای نفت‌های سنگین مملو از ماسه استفاده می‌شدند اما امروزه کاربرد گسترده‌ای برای چاه‌های با دبی تولیدی زیاد و تولید آب بالا پیدا کرده‌اند.

۴-۲- محدوده عملیاتی پمپ‌های خلا پشرو

- عمق عملیاتی ۶۰۰۰-۲۰۰۰ فوت

➤ دبی حجمی عملیاتی ۴۵۰۰-۵ بشکه در روز

➤ دمای عملیاتی ۲۵۰-۷۰ درجه فارنهایت

➤ گراویتی سیال $API < 35$ [۴]

۵- پمپ شناور الکتریکی (ESP)

این پمپ‌ها همانند پمپ‌های قبلی در داخل چاه نصب شده و از نوع سانتریفیوژ چند مرحله‌ای می‌باشند. با توجه به جدید بودن تکنولوژی آن‌ها، تنها توسط چند شرکت معدود تولید می‌شوند. موتور این پمپ‌ها تامین کننده نیروی محرکه سیستم می‌باشد. همچنین یک محافظت کننده برای تعادل فشارهای بیرون و درون موتور و همچنین جلوگیری از ورود سیال داخل چاه به موتور در این سیستم تعبیه شده‌است. با توجه به حساسیت بالای پمپ‌های الکتریکی شناور به گاز تولیدی، این مجموعه دارای جداکننده فازها به منظور حذف گاز همراه نفت قبل از ورود به پمپ می‌باشد.

لازم به ذکر است که این پمپ‌ها علاوه بر تابلو کنترل، کنترل کننده از راه دور از نوع فرکانسی برای کنترل دور موتور پمپ دارا می‌باشند. از دیگر تجهیزات این پمپ‌ها می‌توان به سنسورهای دما و فشار برای دریافت اطلاعات از وضعیت سیال داخل چاه، سیستم جمع‌آوری اطلاعات، ترانسفورماتور جهت تبدیل ولتاژ شبکه به ولتاژ مورد نیاز پمپ، کابل قدرت جهت تامین برق پمپ و تجهیزات سرچاهی اشاره کرد. شکل ۷ نمایی از این نوع پمپ‌ها را نشان می‌دهد [۲].



شکل ۷- تجهیزات ESP [۱]

موتورهای استفاده شده در این سیستم از انواع موتورهای ویژه سه فاز بوده و تحمل دماهای بالا را نیز دارند. این موتورها با نوعی روغن تصفیه شده جهت روغن کاری مناسب یاتاقان‌ها و انتقال گرمای حاصل از سیم‌پیچ‌ها به بیرون، پر می‌شوند. بنابراین با انتقال حرارت ایجاد شده به بیرون و در نتیجه خنک شدن دائمی موتور عمر آن افزایش می‌یابد.

پمپ این سیستم همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد از نوع سانتریفیوژ چندمرحله‌ای بوده و از جنس آلیاژ نیکل ساخته می‌شود که در مقابل خوردگی کاملاً مقاوم می‌باشد.

سنسورهای دما و فشار برای جلوگیری از گرم شدن بیش از حد موتور، اندازه‌گیری دما و فشار سیال ورودی و همچنین ارسال اطلاعاتی از دمای سیم‌پیچ‌های موتور، در این سیستم نصب می‌شوند.

یکی دیگر از اجزای مهم این سیستم ترانسفورماتور می‌باشد. ترانسفورماتور سه فاز برای تبدیل ولتاژ تغذیه به ولتاژ مورد نیاز در سیستم قرار داده می‌شود. از خصوصیات بارز این ترانسفورماتور این است که در هر شرایط آب و هوایی عملکرد خوبی دارد.

کابل‌های انتقال برق نیز برای انتقال نیروی محرکه موتور از سطح مورد استفاده قرار می‌گیرند.

انتخاب نوع کابل استفاده شده در سیستم به عواملی بستگی دارد که عبارتند از:

- میزان خوردگی سیال داخل چاه
- درصد عایق بودن براساس میزان ولتاژ موتور
- دمای چاه
- میزان گاز سیال تولیدی
- انتخاب نوع مدور یا تخت براساس فضای موجود در چاه
- اندازه کابل براساس بار جریان موتور

۵-۱- مزایای پمپ‌های شناور الکتریکی (ESP)

- ظرفیت و عمق استخراج بالا
- قابل نصب در چاه‌های انحرافی ($80^\circ <$ شیب)
- مناسب برای چاه‌های با تولید آب بالا
- راندمان بالا در ظرفیت‌های زیاد
- تجهیزات سطحی کم
- هزینه نگهداری کم

۵-۲- معایب پمپ‌های شناور الکتریکی (ESP)

- نامناسب برای چاه‌های با دبی کم ($150 bpd <$)
- مشکل کنترل گاز در نسبت‌های گاز به نفت بالا
- کاهش بازدهی پمپ برای نفت‌های ویسکوز
- مستعد آسیب‌دیدگی در هنگام تکمیل چاه

۵-۳- محدوده عملیاتی پمپ‌های شناور الکتریکی (ESP)

- عمق عملیاتی بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ فوت
- دبی حجمی عملیاتی بین ۶۰۰ تا ۸۰۰۰ بشکه در روز
- محدوده دمایی بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ درجه فارنهایت [۲]

۶- پمپ چندفازی (Multiphase Pump)

همانطور که پیش‌تر ذکر گردید پمپ‌های شناور الکتریکی به میزان گاز تولیدی به‌شدت حساس می‌باشند بنابراین با ظهور پمپ‌های چندفازی تکنولوژی جدیدی از پمپ‌های شناور الکتریکی در صنعت نفت ارائه شد که امکان استفاده از پمپ‌های الکتریکی درون‌چاهی در نسبت گاز به نفت بسیار زیاد در چاه‌های نفتی فراهم گردید. با معرفی این پمپ‌ها خسارات ناشی از توقف ناگهانی پمپ‌های شناور الکتریکی (*Shut Down*) در اثر نسبت گاز به نفت بالا کاهش پیدا کرد.

سیستم پمپ‌های چندفازی به‌گونه‌ای طراحی شده است که قابلیت استفاده در نسبت گاز به سیال تولیدی تا ۷۰٪ را نیز دارا می‌باشد. البته این پمپ‌ها در نسبت گاز به سیال تولیدی بالای ۷۰٪ نیز کارایی داشته و کارکرد آن‌ها متوقف نمی‌شود اما راندمان عملکرد در این میزان گاز کاهش پیدا می‌کند. لازم به ذکر است در صورتی که همراه این پمپ‌ها از تفکیک‌گر درون‌چاهی رایج به‌صورت ترکیبی استفاده شود عملکرد این سیستم تا میزان گاز ۹۰٪ نیز مناسب ارزیابی می‌گردد. همچنین این سیستم دارای سنسورهای درون‌چاهی پیشرفته جهت پایدار نمودن جریان خروجی پمپ می‌باشد.

پمپ‌های چندفازی برای دو هدف فرازآوری چاه‌ها با تولید گاز بالا و انتقال جریان چندفازی در خطوط انتقال زیردریایی (*Subsea*) در صنعت نفت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

لازم به ذکر است کلیه مراحل عملیاتی نصب و بازیابی پمپ‌های چندفازی مشابه پمپ‌های شناور الکتریکی می‌باشد. نیروی محرکه لازم برای این نوع پمپ‌ها می‌تواند به وسیله موتور درون چاهی و یا از سطح (Top Drive) تأمین گردد [۵].

۶-۱- مزایای پمپ‌های چندفازی (Multiphase Pump)

- افزایش دبی تولیدی چاه‌ها با صرف هزینه کم
- طراحی بهینه جهت تولید در چاه‌های با نسبت گاز بالای ۹۰٪ و جلوگیری از تجمع گاز در *Impeller* پمپ
- ایجاد گشتاور زیاد در گاز خروجی از *Impeller* جهت افزایش سرعت
- ایجاد جریان آشفته در داخل پمپ جهت از بین بردن حباب‌های گازی موجود در سیال تولیدی و جلوگیری از پدیده محبوس شدن گاز در آن (*Gas Locking*)
- طول عمر بیش‌تر از پمپ شناور الکتریکی
- امکان استفاده مجدد از گاز تولیدی تحت پروژه بازگردانی گاز (*Gas Recycle*) جهت افزایش راندمان سیستم با استفاده از فرازآوری با گاز
- کارکرد پایدار موتور و پمپ و در نتیجه کاهش پالس‌های جریانی احتمالی در سیال تولیدی
- استحکام بالای تجهیزات پمپ در مقابل فرسایش و خوردگی در مقایسه با پمپ‌های الکتریکی رایج
- امکان استفاده در چاه‌های با دما و فشار کاری بالا

۶-۲- معایب پمپ‌های چندفازی

- نامناسب برای چاه‌های با دبی کم ($< 150 \text{ bpd}$)
- مستعد آسیب دیدگی در هنگام تکمیل چاه

۶-۳- محدوده عملیاتی پمپ‌های چندفازی

- دبی حجمی عملیاتی ۱۵۰ تا ۵۶۰۰۰ بشکه در روز

- فشار کاری تا ۵۰۰۰ پام
- دمای عملیاتی تا ۵۵۰ درجه فارنهایت
- محدوده مجاز اندازه آخرین رشته جداری درون چاهی "۱/۲ تا ۳/۸" ۱۳
- حداکثر توان عملیاتی ۸۵۰ اسب بخار و حداکثر دور موتور پمپ تا ۶۰۰۰ دور در دقیقه [۶]

۷- نتیجه گیری

انتخاب روش فرازآوری مناسب برای یک چاه برای داشتن تولیدی ماکزیمم با حداقل هزینه امری ضروری می باشد. به عبارت دیگر اجرای عملیات فرازآوری برای یک چاه زمانی به نتیجه می رسد که با صرف کمترین هزینه بیشترین افزایش تولید میسر گردد. برای رسیدن به این هدف باید روش مناسب برای فرازآوری چاه موردنظر تعیین گردد. تاکنون روش های متعددی جهت انتخاب روش مناسب فرازآوری مصنوعی در مخازن جهان ارائه شده است [۷ و ۸]. شرکت های بزرگ نفتی همچون *Weatherford* نیز راهکارهایی برای بهینه سازی این انتخاب پیشنهاد نموده اند. اما بسیاری از این روش ها با توجه به وضعیت و شرایط مخازن کشور برای تصمیم گیری و پیاده سازی در میادین ایران مناسب نیستند. لذا در این شرایط شناخت اصول کلی و تعریف معیارهایی جهت انتخاب روش مناسب فرازآوری مصنوعی برای چاه های کشور اهمیت زیادی می یابد.

به طور کلی می توان گفت روش مناسب فرازآوری برای هرچاه وابسته به خصوصیات مخزن ، سیال مخزن و خصوصیات چاه و محیط عملیاتی می باشد. در این مقاله روش های فرازآوری با پمپ با دو رویکرد محدوده عملیاتی فنی و آنالیز اقتصادی مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از اطلاعات طبقه بندی شده در این مطالعه می توان روش های مختلف فرازآوری با پمپ را با در نظر داشتن شرایط فنی چاه مورد مطالعه در یک پروژه و محاسبات اقتصادی مقایسه کرده و روش مناسب فرازآوری را برای آن چاه انتخاب نمود.

- [1] Abbasipour, R., "Gas Allocation Optimization in Gas Lift Process with Limited Gas Using Artificial Neural Network and Genetic Algorithm", Msc Thesis, Amirkabir University Of Technology, 2013.
- [2] Guo, B., Lyons, W., Ghalambor, A., "Petroleum Production Engineering", 2nd Edition, Elsevier Science & Technology Books, 2007.
- [3] Takacs, G., "Gas lift Manual", First Edition, Penn well Corporation, 2005.
- [4] Economides, M., Hill, A.D., Economides, C.E., "Petroleum Production Systems", 2nd Edition, Prentice Hall PTR, 1994.
- [5] "Can-K Artificial Lift System Inc/Subsurface Multiphase Pumps"
<http://www.can-k.com>
- [6] "Multiphase Pump Increases Efficiency & Production in Wells with High Gas Content"
<http://www.bakerhughes.com>
- [7] Alferov, A., etc., "Artificial Lift Strategy Selection With in Field Development Planning", SPE Conference, Russia, 2015.
- [8] Heinze, L., etc., "Decision Tree for Selection of Artificial Lift Method", SPE Symposium, USA, 1995.