

تجمع مایعات و روش‌های مایع‌زدایی در چاه‌های گاز-میعانی

مهدی خوشوندا^۱، احسان خامه‌چی^۲ ■ دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مقدمه

یکی از مشکلات عمده در میداین گاز میعانی که با افزایش تولید گاز و کاهش فشار در مخزن رخ می‌دهد، تجمع میعانات گازی و آب در چاه است که به تدریج باعث کاهش تولید مخزن و در نهایت قطع کامل تولید از مخزن می‌شود. راهکارهای مختلفی برای جلوگیری از تجمع این مایعات ارائه شده که از مهم‌ترین این روش‌ها فرازآوری با گاز، استفاده از پمپ‌های درون‌چاهی، تغییر در رشته‌ی تکمیلی و استفاده از مواد شیمیایی است. برای مقابله با پدیده تجمع مایعات در یک چاه گازی باید با بررسی روش‌های گوناگون و با توجه به معیارهای مختلف، بهترین روش عملیات مایع‌زدایی را انتخاب نمود. در این نوشتار مشکل تجمع مایعات در چاه‌های گاز میعانی بیان و در مورد نشانه‌ها و زمان رخداد آن و هم‌چنین روش‌های مختلف

مایع‌زدایی در این چاه‌ها بحث می‌شود.

۱- مفهوم و مدل‌های سرعت بحرانی^۲

حداقل سرعت لازم گاز در یک جریان دو فازی برای حمل مایع با خود را سرعت بحرانی می‌گویند. در سرعت‌های زیر حد بحرانی گاز توانایی خود برای حمل مایع را از دست داده و مایع تجمع می‌کند. مهم‌ترین نکته در هنگام طراحی جهت جلوگیری از تجمع مایعات، کنترل سرعت گاز در حد بالاتر از سرعت بحرانی است. برای مشخص کردن سرعت بحرانی گاز در یک چاه معادلاتی تعریف شده که در ادامه شرح داده می‌شوند.

۱-۱- مدل Turner

نخستین معادله‌ای که برای پیش‌بینی تجمع قطرات مایع در ته چاه ارائه شده معادله Turner

است. این معادله حداقل سرعت مورد نیاز گاز برای تعلیق قطرات مایع در جریان را پیش‌بینی می‌کند (معادله-۱). معادله Turner برای چاه‌هایی که در آنها میزان فشار سرچاهی بیش از ۱۰۰۰ psi است تطابق خوبی نشان می‌دهد. پیش از بروز تجمع، مایعات هم به صورت قطرات ریز و هم به صورت لایه‌ای نازک در دیواره‌ی لوله مغزی و به کمک تنش برشی در فصل مشترک گاز و مایع انتقال می‌یابند. این مکانیسم ابتدا توسط Turner و همکارانش بررسی شد [۴]. Turner کشف کرد که با در نظر گرفتن مدل قطره‌ای، تجمع مایع به بهترین شکل پیش‌بینی خواهد شد. Turner و همکارانش یک فرمول ساده جهت پیش‌بینی سرعت بحرانی در درون چاه‌ها با فرض مدل قطره‌ای توسعه دادند. وی برای انطباق بهتر با مجموعه داده‌های میدانی، سرعت تئوریکی لازم (r) برای جریان رو به بالا را ۲۰ درصد



تصحیح کرده و به صورت رابطه زیر ارائه کرد.

$$V_t = \frac{1.593\sigma^{0.25}(\rho_l - \rho_g)^{0.25}}{\rho_g^{0.5}} (ft/sec) \quad (1)$$

که در این معادله V_t سرعت بحرانی گاز برحسب فوت بر ثانیه، ρ_l و ρ_g به ترتیب چگالی مایع تجمع یافته و چگالی گاز برحسب lb/ft^3 است. هم چنین σ میزان کشش سطحی بین مایع و گاز برحسب dyne/cm است.

۲-۱- نرخ بحرانی برای چاههای کم فشار (مدل Coleman)

برای فشارهای پایین لوله مغزی، Coleman و همکارانش (۱۹۹۱) روابط مشابهی برای حداقل سرعت بحرانی آب و میعانات توسعه دادند. فرمول Coleman برای انطباق با فشار سرچاهی کمتر از ۱۰۰۰ psi توسعه یافته و همان فرمول بدون تصحیح Turner و به صورت زیر می باشد [۱].

$$q_{l,condensate} = \frac{0.0563Pd_H^2(45-0.0031P)^{0.25}}{(T+460)Z(0.0031P)^{0.5}} (MMSCF/Day) \quad (2)$$

$$q_{l,water} = \frac{0.0706Pd_H^2(67-0.0031P)^{0.25}}{(T+460)Z(0.0031P)^{0.5}} (MMSCF/Day) \quad (3)$$

۲- تجمع مایعات در چاههای گاز-میعانی

بررسی جریان در چاههای گاز-میعانی نشان می دهد که با کاهش فشار در یک چاه، ممکن است چاه به نحوی از تولید برسد که بالا آوردن مایعات تشکیل شده در آن امکان پذیر نباشد. با شروع تولید از چاه در صورتی که فشار در داخل رشته تولید به زیر فشار نقطه‌ی شبنم^۴ سیال برسد، قطرات مایع به صورت جریان مه مانند^۵ در گاز تولید می شوند.

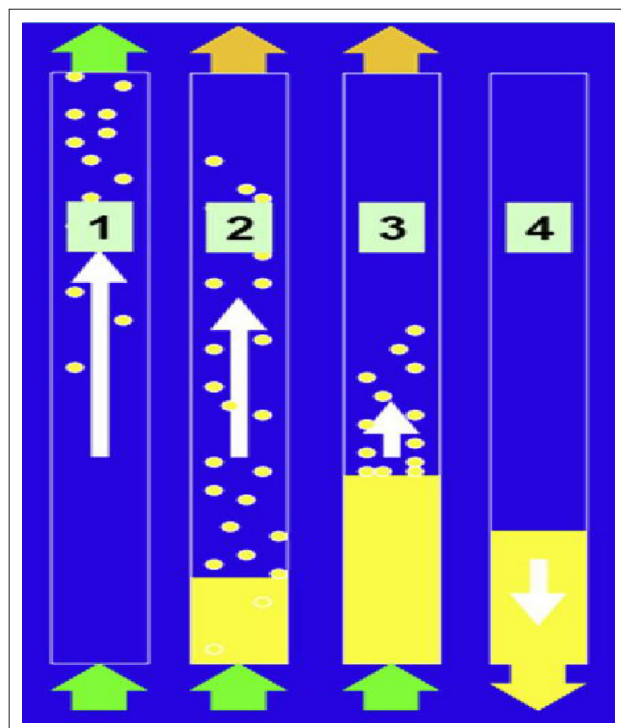
البته رژیم جریانی سیال بسته به نرخ تولید مایع و گاز متفاوت است. در صورتی که نرخ تولید گاز بسیار بالا باشد، جریان در حالت ایده آل و به صورت جریان حلقوی^۶ خواهد بود که گاز در وسط و مایع روی دیواره رشته تولید صعود می کند. البته این نوع جریان معمولاً بسیار نادر بوده و در اکثر موارد جریان

مه مانند است. این دو نوع جریان در زمان تولید از چاه در شکل ۱- نشان داده شده اند.

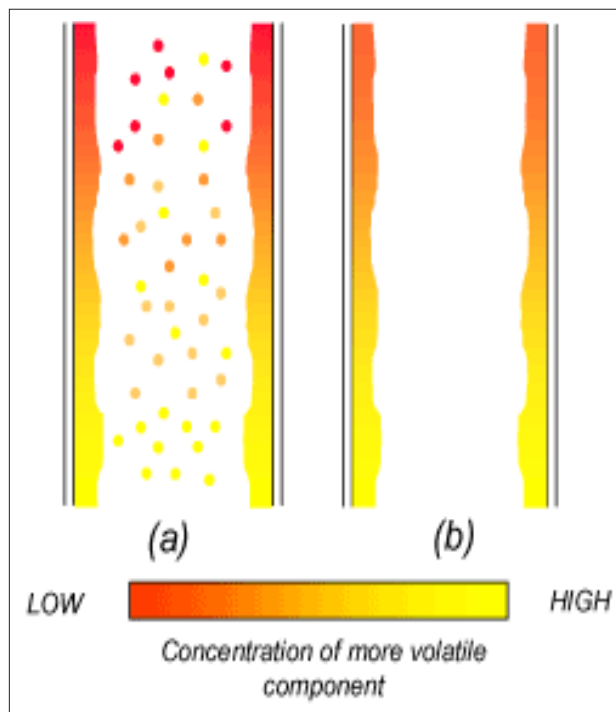
با کاهش فشار و عدم توانایی گاز در حمل مایع با سرعت مناسب، مایع کم کم در چاه تجمع کرده و باعث کاهش بیشتر سرعت گاز می شود، به نحوی که به تدریج سرعت گاز نسبت به ابتدای تولید به شدت کاهش می یابد. تجمع مایعات^۷ در ته چاه باعث کاهش نرخ تولید شده و سرانجام ممکن است به قطع کامل تولید گاز بیانجامد [۲].

شکل ۲- مراحل تجمع مایعات را در یک چاه گاز میعانی نشان می دهد. در این چاه تولید طی چهار مرحله زیر متوقف می شود:

۱. فشار در قسمت هایی از داخل رشته تولید، به زیر فشار نقطه شبنم رسیده و قطرات مایع تشکیل و همراه جریان گاز تولید می شوند.
۲. با کاهش فشار مخزن به تدریج مایع در ته چاه جمع شده و نشانه های آن در تولید مشخص می شود.



شکل ۲ | مراحل تجمع مایعات در یک چاه گاز میعانی [۳]



شکل ۱ | جریان دو فازی میعانات به صورت حلقوی (a) و مه مانند (b) در یک چاه گاز میعانی [۲]

به تجمع مایعات در چاه‌های گاز-میعانی روش‌های مختلفی را می‌توان به کار گرفت. بعضی از این روش‌ها نظیر روش لوله سرعت‌دهنده یا تزریق گاز در لوله مغزی و فرازآوری با گاز از بروز مشکل تجمع مایعات جلوگیری می‌کنند و بعضی دیگر از روش‌ها مایع تجمع یافته را به سطح پمپاژ می‌کنند که این روش‌ها در ادامه توضیح داده خواهند شد.

۴-۱- لوله سرعت‌دهنده

یکی از روش‌هایی که مانع از تشکیل و تجمع مایعات در چاه می‌شود، استفاده از یک لوله مغزی با قطر باریک یا در اصطلاح لوله سرعت‌دهنده است. همان‌طور که در شکل ۳- نشان داده شده، نرخ تولید بحرانی با افزایش اندازه لوله مغزی افزایش می‌یابد. بنابراین اگر چاه دارای مشکل تجمع مایع باشد با کاهش قطر لوله مغزی می‌توان این

در اکثر مخازن گاز میعانی که با پدیده تجمع مایعات روبرو هستند، مشکل ایجاد شده ترکیبی از این دو حالت است. به عبارتی هم تولید آب از سفره زیرزمینی یا آب تولیدی به همراه گاز و هم تولید مایعات گازی در چاه باعث تجمع مایعات می‌شود. علائمی که نشان‌دهنده تجمع مایع در یک چاه هستند عبارتند از:

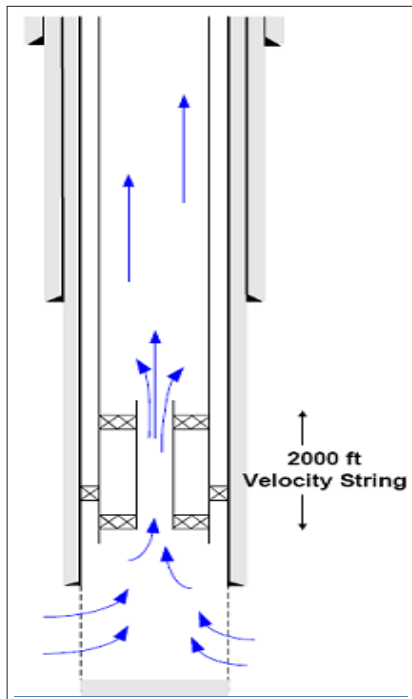
- تولید نامنظم و افزایش میزان کاهش تولید
- کاهش فشار لوله مغزی هم‌زمان با افزایش فشار لوله جداری
- تغییرات متمایز و شدید شیب فشار در برداشت‌های فشاری
- افزایش فشار فضای حلقوی
- توقف تولید مایع در سر چاه

۴- روش‌های مایع‌زدایی در چاه‌های گاز-میعانی
برای جلوگیری یا رفع مشکلات مربوط

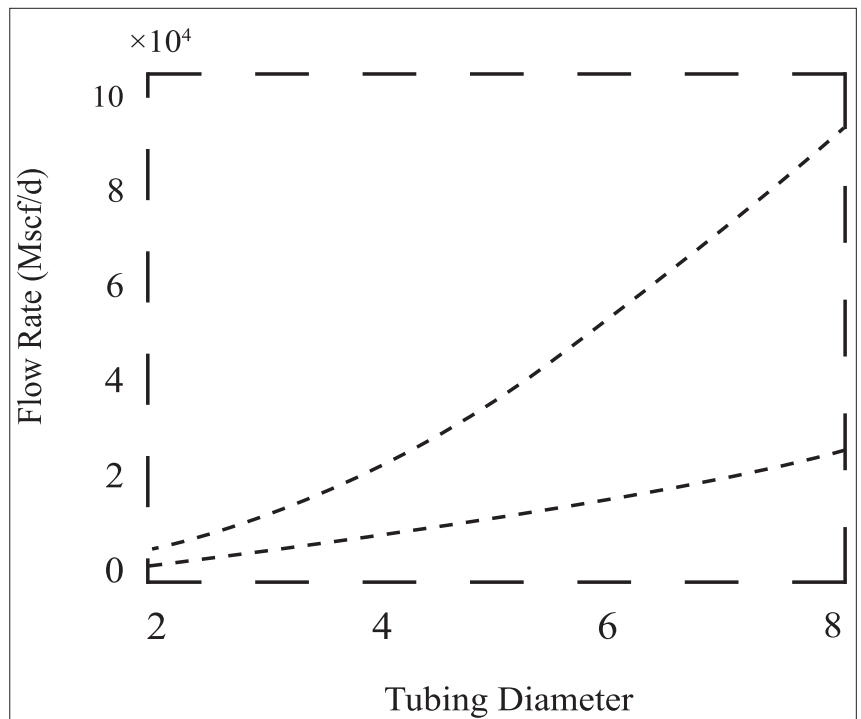
۳. تجمع قطرات مایع در ته چاه، پتانسیل چاه برای تولید گاز را کاهش داده، نرخ تولید گاز کمتر شده و مایع راحت‌تر در ته چاه جمع می‌شود. این پدیده از طریق کاهش قابل ملاحظه گاز تولیدی قابل شناسایی است. ۴. در اثر تجمع مایعات در ته چاه، تولید گاز به طور کامل قطع می‌شود.

۳- تشخیص تجمع مایعات در چاه‌های گاز-میعانی

به طور کلی اگر نرخ تولید یک چاه گاز میعانی تا حد زیادی از میزان نرخ تولید آن بر اساس منحنی‌های تولید^۴ کاهش یابد، چاه دچار تجمع مایعات شده است. این پدیده در مخازنی که دارای سفره‌های آبده هستند نیز رخ می‌دهد. احتمال تجمع مایعات به ویژه زمانی که این سفره‌ها در مجاورت لایه‌های تولیدی با ضخامت کم قرار داشته باشند، افزایش می‌یابد.



شکل ۳ | استفاده از لوله سرعت‌دهنده در یک چاه گاز-میعانی [۵]



شکل ۴ | مقادیر نرخ بحرانی تولید به ازای سایز لوله مغزی [۴]



مشکل را حل نمود.

با کاهش قطر لوله مغزی سرعت گاز در داخل لوله زیاد می‌شود. در چاههایی که قطر رشته تولیدی آنها زیاد است، اگر طول لوله سرعت‌دهنده مناسب باشد به راحتی می‌توان با افزایش سرعت گاز از تجمع مایعات جلوگیری کرد. استفاده از لوله سرعت‌دهنده در چاههایی که قطر رشته تولیدی آنها کم است به هیچ وجه مناسب نیست؛ زیرا تجمع مقادیر بسیار کمی از مایعات نیز می‌تواند سبب ایجاد افت فشار بسیار زیادی شود. در طول عمر یک مخزن ممکن است جهت تخلیه آن نیاز به استفاده از لوله سرعت‌دهنده با قطر کمتر باشد. به طور کلی این روش برای برگرداندن چاه به تولید در چاههایی که رشته لوله مغزی بزرگ دارند مؤثر است. در شکل ۴-۴ استفاده از این روش در یک چاه گاز-میعانی نشان داده شده است.

۴-۲- استفاده از مواد فعال سطحی^۱

هر چه کشش سطحی بین مایع و گاز کمتر باشد، سرعت بحرانی گاز برای تولید مایعات کمتر می‌شود. استفاده از این اصل باعث استفاده از مواد فعال سطحی برای جلوگیری از تجمع مایعات در چاههای گاز-میعانی شده است.

این روش برای چاههای با میزان تولید مایع کم مناسب بوده و در عمقهای زیاد کاربرد دارد. معمولاً برای تزریق مواد فعال سطحی به داخل لوله مغزی به یکی از سه روش زیر عمل می‌شود.

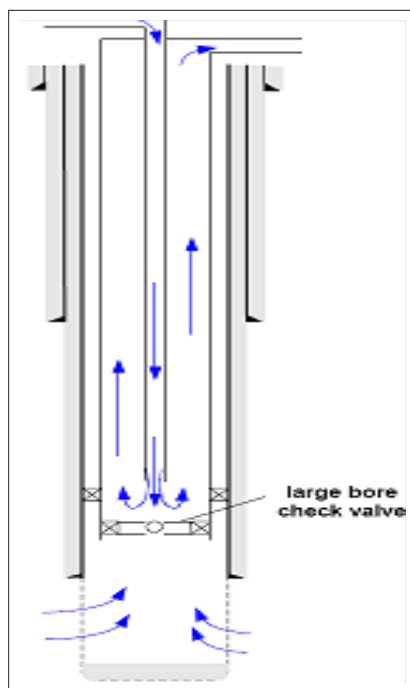
• مواد فعال سطحی را به صورت قالب‌هایی در داخل رشته تکمیلی وارد می‌کنند.

• مواد فعال سطحی مایع را به داخل فضای حلقوی بین لوله جداره تولیدی و رشته تکمیل انداخته و مایع از انتها وارد رشته تکمیلی می‌شود.

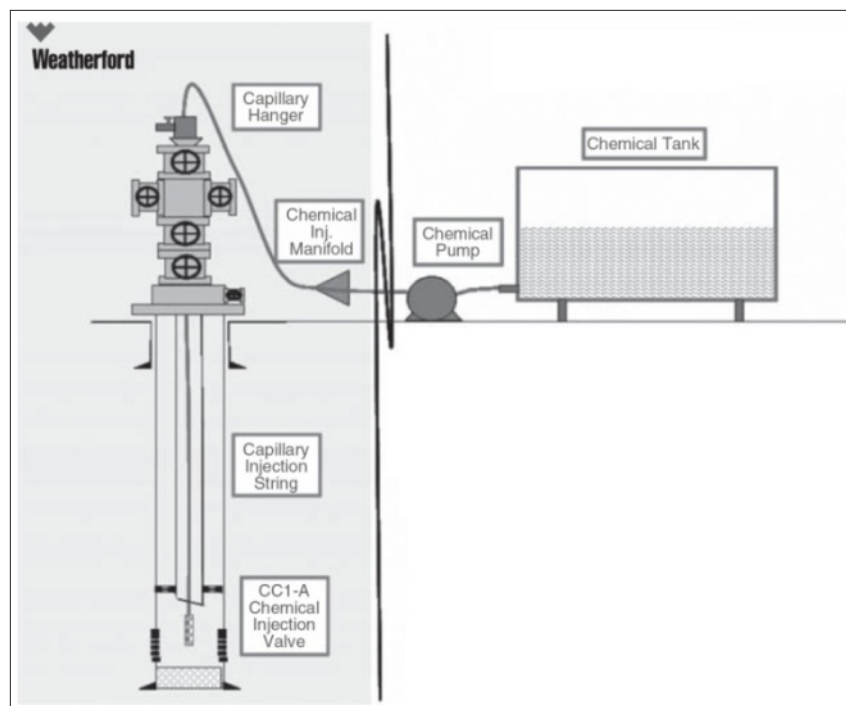
• مواد فعال سطحی را از طریق یک لوله باریک از سر چاه وارد رشته تکمیلی می‌کنند و آن را تا ته چاه برده و سپس از داخل آن عملیات تزریق را انجام می‌دهند. (شکل ۵-۳)

۴-۳- فراآوری با گاز

با تزریق گاز در لوله مغزی نرخ تولید در نتیجه سرعت گاز افزایش یافته و می‌توان سرعت گاز را به بالاتر از سرعت بحرانی رساند تا از تجمع مایعات جلوگیری شود. روش کار بدین صورت است که با تزریق گاز از طریق شیر عملیاتی در عمیق‌ترین نقطه ممکن سرعت گاز در رشته تکمیلی افزایش می‌یابد. در این مورد استفاده از فراآوری پیوسته با گاز معمول‌تر است. در شکل ۶-۳ نحوه تزریق گاز در حالتی که چاه از لوله جداره تولیدی می‌کند نشان داده شده است [۵].



شکل ۶ | تزریق گاز به داخل لوله مغزی برای مایع‌زدایی [۵]



شکل ۵ | تزریق مواد فعال سطحی به داخل لوله مغزی [۴]

۴-۴- تزریق مایع تولیدی به سازندهای مجاور

اگر مخزن مورد نظر تولید آب داشته و نیز پایین تر از آن، نواحی و سازندهایی با تراوایی مناسب برای دفع آب وجود داشته باشد، آب تجمع یافته در ته چاه را به داخل این سازندها تزریق می کنند. در این روش از پمپ های درون چاهی که پایین تر از مشبک کاری ها قرار می گیرند استفاده می شود. سیال تولیدی در ته چاه توسط این پمپ ها و از طریق سیستم تکمیل مخصوص به زیر توپکی که در بالای یک ناحیه مناسب برای دفع آن قرار داده شده تزریق می شود.

۴-۵- پمپ ها

جهت مایع زدایی چاه های گازی از پمپ ها نیز استفاده می شود. روش استفاده از پمپ ها باید به گونه ای باشد که گاز از داخل آن عبور نکند. این نکته به ویژه در مورد پمپ های شناور الکتریکی بسیار مهم است. برای کنترل گاز عبوری از پمپ ها معمولاً از دو روش زیر استفاده می کنند:

- در روش نخست پمپ را در زیر ناحیه

تولیدی قرار داده و چون چگالی مایع چندین برابر گاز است، مایع در ته چاه جمع شده و گاز از پمپ عبور نمی کند.

• در روش دوم قبل از پمپ، یک تفکیک گر سانتریفیوژی قرار می دهند. این تفکیک گر، گاز را از سیال جدا کرده و به داخل فضای حلقوی می فرستد.

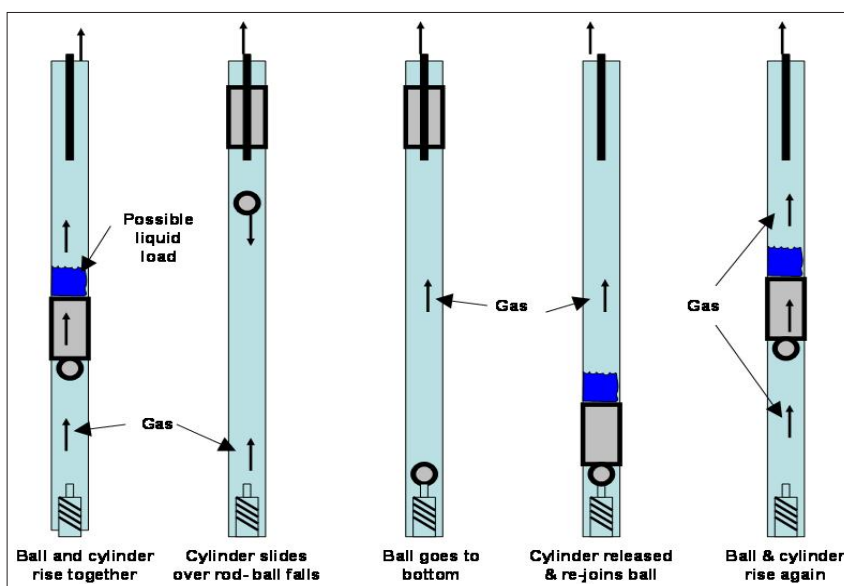
در صورت استفاده از پمپ معمولاً آن را در ته یک لوله مغزی سیار^{۱۱} قرار داده و آن را به داخل چاه می رانند. پمپ، مایع جمع شده در ته چاه را مکیده و از داخل لوله مغزی به بیرون می فرستد. اگر چاه با مشکل تولید ماسه به همراه مایعات نیز مواجه باشد تنها گزینه باقیمانده پمپ PCP است که مخصوص کاربرد در چاه هایی با ذرات جامد است. کاربرد پمپ ها در چاه هایی که با مشکل تجمع مایعات روبرو هستند در شکل ۷- نشان داده شده است [۲].

۴-۶- فراز آوری با پیستون شناور

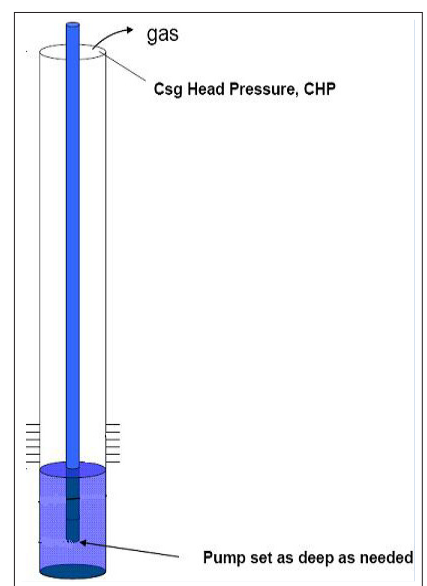
کاربرد این روش برای چاه هایی که نرخ تولید آنها خیلی بالا نیست بسیار مناسب است.

پیستون شناور یا چرخه آزاد را به سمت بیرون حمل می کنند. در میانه راه توپکی که جریان گاز را در پایین پیستون نگاه داشته می افتد و این سبب می شود که به همراه بالا رفتن پیستون شناور و تخلیه مایع بالای آن، گاز نیز تولید شود. بعد از تخلیه مایع در سطح، پیستون شناور در داخل چاه به سمت پایین سقوط می کند.

طی این دوره گاز پیوسته تولید می شود تا اینکه پیستون به کف چاه رسیده و روی نشیمنگاه قرار گرفته و تولید گاز قطع می شود. بعد از رسیدن فشار ته چاهی به اندازه ای که برای بالا بردن پیستون کافی باشد، مجدداً پیستون شروع به بالا رفتن کرده و این چرخه تکرار می شود.



شکل ۸ | پیستون شناور یا چرخه آزاد [۴]



شکل ۷ | استفاده از پمپ برای مایع زدایی [۶]



۴-۷- تولید متناوب

اساس این روش بر باز و بسته کردن متوالی چاه استوار است. پس از کاهش شدید فشار، چاه را می‌بندند. با بسته شدن چاه، فشار رفته رفته در زیر توپک و دیواره چاه بالا می‌رود و حتی در بعضی مواقع مقداری از مایع تجمع یافته را به داخل سازند می‌فرستد. پس از بالا رفتن فشار تا حد معینی، شیرها را باز کرده و بدین ترتیب مخزن مجدداً قابلیت تولید مناسب را پیدا می‌کند. از مشکلات عمده‌ای که در این نوع بهره‌برداری ممکن است حادث شود، کاهش شدید تراوایی

نسبی گاز در برخی سازندها در اثر وجود آب در داخل سازند است. بنابراین استفاده از این روش، تولید گاز را به شدت کاهش می‌دهد.

۵- انتخاب روش مایع‌زدایی

در جدول ۱- خلاصه‌ای از روش‌های مایع‌زدایی که در بخش‌های قبلی به آنها اشاره شد ارائه گردیده است. برای انتخاب روش مایع‌زدایی در یک چاه پارامترهای مختلفی باید ارزیابی شوند. از جمله این پارامترها پتانسیل تولید چاه، نسبت گاز

به نفت، قطر چاه، میزان انحراف چاه، مقدار خوردندگی سیال تولیدی و در دسترس بودن منبع انرژی مانند الکتریسیته یا هوای فشرده و غیره است. صرف نظر از زمان وقوع تجمع مایعات، استفاده از روش‌های مناسب برای مایع‌زدایی و یا جلوگیری از تجمع مایعات در چاه‌های گاز می‌عانی بسیار مهم است.

از آنجا که هر یک از روش‌های مایع‌زدایی در چاه‌های گازی دارای مشخصات عملیاتی، محدودیت‌ها و پارامترهای مختلفی بوده و هر یک از آنها مناسب به کارگیری در شرایط ویژه

۲ | ماتریس مقایسه‌ای به دست آمده از مطالعات کتابخانه‌ای

Alternative	Gas Lift	Velocity String	SRP	ESP	Hydraulic Pump
Design Simplicity	۳	۱	۲	۲	۲
Rate Instability	۳	۳	۳	۲	۳
Surface Infrastructure	۳	۳	۱	۲	۱
Maintain Gas Production Rate	۳	۳	۳	۲	۲
Using for a group of Wells	۲	۳	۲	۲	۲
Maintenance Time (Year)	۵	۳	۴	۶	۶

۱ | خلاصه‌ای از روش‌های مایع‌زدایی

محدودیت	کاربرد	اساس روش	روش
کاهش تولید چاه به علت کاهش سطح مقطع تولیدی و نیز موقتی بودن	مناسب برای چاه‌هایی که دارای رشته لوله مغزی با قطر بالا هستند	افزایش سرعت گاز در داخل لوله مغزی با کاهش سطح مقطع	لوله سرعت‌دهنده
محدودیت در چاه‌های با نرخ زیاد تولید گاز	مناسب برای چاه‌های با تولید مایع کم	کاهش کشش سطحی بین مایع و گاز و در نتیجه کاهش سرعت بحرانی	مواد فعال سطحی
محدودیت در چاه‌های با نرخ بسیار بالای تولید گاز	مناسب برای چاه‌های با تولید زیاد مایع و نیز چاه‌های زاویه‌دار	افزایش سرعت گاز با افزایش تولید گاز	فراز آوری با گاز
محدودیت در چاه‌های با نرخ بالای تولید گاز	اگر در مخزن تولید آب داشته باشیم و نیز در زیر مخزن، نواحی و سازندهای دارای تراوایی مناسب برای دفع آب وجود داشته باشد.	تزیق سیال تولیدی در ته چاه توسط پمپ‌ها و از طریق سیستم تکمیل مخصوص به زیر توپکی در بالای یک ناحیه مناسب	تزیق مایع به سازندهای مجاور
روش استفاده از پمپ‌ها باید طوری باشد که گاز از داخل آن عبور نکند. در چاه‌هایی با مشکل تولید ماسه، فقط پمپ خنثی‌ساز قابل استفاده است.	پمپ‌های مختلف در چاه‌هایی با مشکل تولید ماسه، چاه‌های با تولید زیاد مایع و نیز چاه‌های زاویه دار	پمپ کردن مایع جمع شده در ته چاه را از داخل لوله مغزی به بیرون می‌فرستد.	پمپ‌ها
محدودیت در چاه‌های با نرخ بالای تولید گاز	برای چاه‌هایی که میزان نرخ تولید آنها خیلی زیاد نیست بسیار مناسب است	بالا آوردن مایع توسط یک پیستون و بعد از رسیدن فشار ته چاهی به اندازه‌ای که برای بالا بردن پیستون کافی باشد،	فراز آوری با پیستون شناور
کاهش تولید میانگین نفوذ مایع تجمع یافته به داخل سازند	برای چاه‌هایی دارای نرخ تولید کم و نیز در چاه‌های کم‌فشار	باز و بسته کردن متوالی چاه	تولید متناوب

۳ | ماتریس مقایسه‌ای به دست آمده از مطالعات میدانی و افراد خبره

Alternative	Gas Lift	Velocity String	SRP	ESP	Hydraulic Pump
Usage in Deep Wells	۳	۴	۳	۴	۴
Usage in Deviated Well	۴	۵	۱	۳	۳
Liquid Rate Control	۳	۵	۲	۴	۳
Gas Production Rate	۳	۵	۲	۲	۲
Corrosion Resistivity	۳	۴	۲	۲	۲
Usage in Offshore Well	۳	۵	۲	۳	۲

پیش‌رو در تولید از این چاه‌ها بوده است. برای رفع این مشکل از روش‌های مختلفی شامل استفاده از پمپ‌ها، فراز‌آوری با گاز و لوله سرعت‌دهنده استفاده می‌شود که بسته به شرایط مخزن و چاه، کارایی این روش‌ها نیز متفاوت است. پیشرفت‌های به عمل آمده در زمینه‌های مختلف راه را برای استفاده از این فناوری‌ها هموار کرده است. شایان ذکر است که مسأله انتخاب روش مناسب پیوسته مورد بحث بوده و هنوز روشی با مبنای دقیق برای اولویت‌بندی روش‌های مختلف مطرح نشده است. برای مایع‌زدایی در چاه‌های گاز میعانی روش‌های مختلفی وجود دارد که در هر میدان باید با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری منطقی و ارائه راهکاری عملی و مناسب بهترین روش را انتخاب نمود.

و عملیاتی هستند. هزینه‌های سرمایه‌ای شامل هزینه اجزای سیستم مایع‌زدایی، هزینه‌های افزوده شده برای تجهیزات سطح‌الارضی، هزینه‌های تجهیزات انتقال انرژی (مثل کابل کشی برق تا یک میدان مشخص و...) می‌شود. هزینه‌های سرمایه‌ای نقش مهمی را در انتخاب سیستم مایع‌زدایی توسط کارفرما ایفا می‌کنند. از دیگر هزینه‌های عملیاتی می‌توان به متوسط هزینه تعمیرات و نگهداری چاه اشاره کرد. در نهایت باید با در نظر گرفتن تمامی معیارهای لازم و بررسی کامل و استفاده از روشی منطقی، بهترین روش را برای استفاده در هر میدان به کار گرفت.

نتیجه‌گیری

غلبه بر مشکل تجمع مایعات در چاه‌های گاز میعانی، پیوسته یکی از چالش‌های

و مناسب آن روش هستند، به دست آوردن جداول مقایسه دقیق معیارهای روش‌های مذکور بسیار حائز اهمیت است. پس از مطالعات کتابخانه‌ای و تحقیقات انجام شده، ماتریس مقایسه برای تعدادی از معیارها به دست آمده است. (جدول ۲) [۷-۱۰].

با توجه به ناکافی بودن اطلاعات کتابخانه‌ای برای تمام معیارها، برای تعدادی از معیارهای دیگر یک بررسی میدانی از افراد خبره انجام شد که نتایج حاصل از این جستجو در جدول ۳- جمع‌آوری و ارائه شده است. عمده این اطلاعات از منابع مختلفی از جمله وب‌گاه مرجع ۱۱-گردآوری شده است.

یکی از مهم‌ترین معیارها در بررسی روش‌های مایع‌زدایی، محاسبات اقتصادی است. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های سرمایه‌ای

پانویس‌ها

- ¹ khishvand@aut.ac.ir
² khamehchi@aut.ac.ir
³ critical Velocity
⁴ dew point pressure

- ⁵ mist flow
⁶ annular flow
⁷ liquid loading
⁸ decline curve

- ⁹ surfactant
¹⁰ coiled tubing
¹¹ slug

منابع

- [1] Lea, F., Nickens, H. V. and Mike R. "Gas Well Deliquification". Second Edition, Gulf Professional Publishing, Elsevier Inc. Houston, Texas, U.S.A., 2008.
- [2] Barbosa, J. R. "Two-phase non-equilibrium models: the Challenge of Improving Phase Change Heat Transfer Prediction". Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, Vol. 27, NO. 1, 2004.
- [3] Han-Young P. and Falcone, G. "Decision Matrix for Liquid Loading In Gas Wells for Cost/Benefit Analyses of Lifting Options". Journal of Natural Gas Science and Engineering, Vol. 1, 2009, pp. 72-83.
- [4] Turner, R.G., Hubbard, M.G. and Dukler A. E. "Analysis and Prediction of Minimum Flow Rate for the Continuous Removal of Liquids from Gas Wells". J. of Petroleum Technology, Vol. 21, No. 11, 1969, pp.1475-1482.
- [5] Arachman, F. et al. "Liquid Unloading in a Big Bore Completion: A Comparison Among Gas Lift, Intermittent Production, and Installation of Velocity String". SPE 88523, SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition held in Perth, Australia, 2004.
- [6] Oyewole, P. O. and Lea, J. F. "Artificial Lift Selection Strategy for the Life of a Gas Well with Some Liquid Production". SPE 115950, SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Denver, Colorado, USA, 2008.
- [7] Rehman1, et al. "A Generic Model for Optimizing the Selection of Artificial Lift Methods for Liquid Loaded Gas Well". SPE 1466, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Denver, Colorado, USA, 30 October-2 November 2011.
- [8] Heinze, L. R., Winkler, H. W. and James F. L. "Decision Tree for Selection of Artificial Lift Method". SPE 29510, Production Operation Symposium, Oklahoma City, OK, U.S.A., 1995.
- [9] Lea, J. F. and Nickens, H. V. "Selection of Artificial Lift". SPE 52157, SPE Mid-Continent Operations Symposium, Oklahoma City, Oklahoma, 1999.
- [10] Hearn, W. "Gas Well Deliquification". SPE 138672, Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference, Abu Dhabi, UAE, 2010.
- [11] www.alrdc.com