

بومي سازي پمپ هاي ميله اي مكشي (S.R.P)

معرفي

تكنولوژي پمپ هاي Sucker Rod Pump(SRP) سابقه اي 150 ساله دارند. درحال حاضر اين تجهيز پرکاربرد داراي توليدکنندگان توانمندی است که با بهينه‌سازي‌هاي جديد روي اين محصول هر روز درحال توسعه آن مي باشند. مهندسان توسعه و توليد محصول همواره درحال ايجاد روزرياني در محصولات توليدي خود مي‌باشند. در بخش مقدمه برآن داريم که با معرفي اين تکنولوژي و سابقه بکارگيري آن بيشتر آشنا شويم. درحال حاضر استفاده و بهره برداري از چاههاي عميق ترهمراه با نرخ دبي بيشتر همواره در دستور کار شرکت‌هاي نفتي است. چاههاي نفت هنگاميکه توانمندی ارسال سيال هيدروکربني از عمق مخزن به سطح را داشته باشد با عنوان چاه توليدي Flowing Wells معرفي ميشوند و اين بدان معناست که فشار مخزن براي جريان سيال به سطح کافي است. هنگاميکه توانمندی اشاره شده از دست مي‌رود چاه توليدي روبه افول مي گرايد و چاه ميميرد (Well Dies). دلايل شکل گيري چاه مرده عبارتنداز:

1- افت فشار مخزن

2- افت فشار در مسير رشته بهره برداري چاه (Flow Resistance)

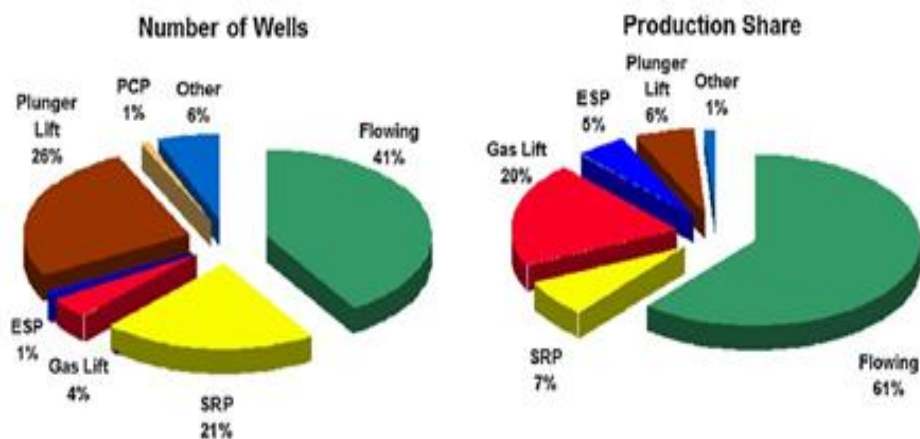
مشکل فوق به دو دليل ايجاد مي گردد:

1- افزايش دانسيته جرياني که نتيجه آن کاهش توليد است.

2- مشکلات مکانيکي همچون کوچک بودن قطر رشته بهره برداري .

روش فرآوري مصنوعي:

تکنولوژي بيان شده جهت افزايش نرخ توليد و يا جرياني کردن چاههاي مرده استفاده مي شود. اهميت اين موضوع با بررسي موارد مورد استفاده از اين روش قابل شناسايي است. بصورت تخميني از سال 1996 تا کنون، دو ميليون چاه نفتي در جهان وجود دارد که 50% آنها از روش فرآز آوري مصنوعي جهت استخراج نفت استفاده مي‌نمايند.



شکل 1- کاربرد پمپ هاي SRP در ميادين نفتي جهان

چندین روش جهت فرآزآوری مصنوعی وجود دارد که یکی از عمده‌ترین آن بکارگیری پمپ است. در روش Pumping با بکارگیری یک پمپ در عمق چاه با ایجاد افزایش فشار رسیدن سیال هیدروکربن به سطح را تسهیل می‌نمایند. این پمپها گروه‌بندی‌های متفاوتی دارند که در این بررسی به دو گروه زیر تقسیم میشوند:

1- Rod (PCP/SPR)

2- Rodless

پمپهای میله‌ای گونه‌ای از پمپهای رفت و برگشتی هستند که با حرکت سیکی خود منجر به جابجایی سیال میشود. گونه قدیمی این پمپها با عنوان Walking beam pumping می‌باشند. پمپ مذکور با حرکت پلانجری خود به ارسال سیال میشود. بهره برداری از چاههای عمیق تر باعث شد تکنولوژی‌های قدیمی توسعه یافته و منجر به ایجاد پمپهای میله‌ای طول بلند (دارای کورس حرکتی بیشتر) و با عنوان (long Stroke) معرفی گردند. این روش باعث گردید مکانیزم حرکتی پمپ‌های تحت الارضی رویکرد متفاوتی به خود داشته باشند. گروه بندی زیر بر مبنای مکانیزم نوع محرك پمپ به سه دسته تقسیم میشوند:

1- پنوماتیک دایو

2- هیدرولیک دایو

3- مکانیک دایو

در روش Rodless رشته میله‌ای وجود نداشته و انرژی پمپ درون چاهی به روش برقی یا هیدرولیکی تامین میگردد. گروه بندی پمپهای Rod less عبارتند از: سانتریفوژ، جابجایی مثبت و پمپ هیدرولیکی. مهمترین دسته بندی مربوط به پمپ‌های ESP می‌باشد. پمپهای SRP در روش فرآزآوری کاربرد گسترده‌ای دارند. به عنوان مثال در سال 2007 در ایالت متحده بیش از 350000 پمپ SRP نصب شده است که بر مبنای اعلام نظر موسسه Artificial Lift Research & Development Council (ALRDC) میباشد. انتخاب روش فرآزآوری مصنوعی به شرایط میدان، عمق چاه، نرخ بهره‌برداری از چاه و... برمیگردد. مهندسين بهره‌برداری و تولید نوع فرآزآوری را بر حسب اطلاعات فوق مشخص مینمایند. بعد از انتخاب روش فرآزآوری، طراحی، ساخت و نصب در دستور کار قرار خواهد گرفت. در این روش با احتساب سرانگشتی میتوان دو فاکتور نرخ برداشت و عمق بازآوری را به عنوان موارد تاثیر گذار مطرح نمود.

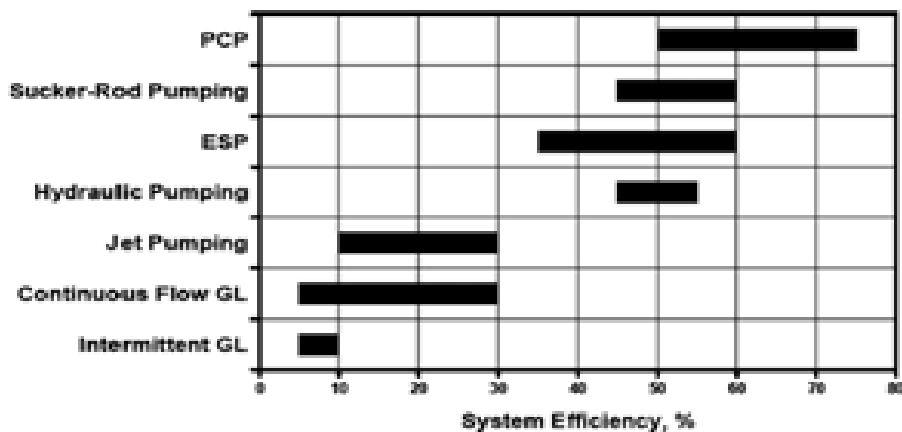
AI Method	SRP	Gas lifting	ESP	PCP	Hydraulic pumping	Jet pumping	Plunger lift
Max. operating depth, ft	16,000	18,000	15,000	12,000	17,000	15,000	19,000
Max. operating rate, bpd	6,000	50,000	60,000	6,000	8,000	20,000	400
Max. operating temp., F	550°	450°	400°	250°	550°	550°	550°
Gas handling	Fair to good	Excellent	Fair	Good	Fair	Good	Excellent
Corrosion handling	Good to excellent	Good to excellent	Good	Fair	Good	Excellent	Excellent
Solids handling	Fair to good	Good	Fair	Excellent	Fair	Good	Fair
Fluid gravity, API°	>8°	>15	>10°	<40°	>8°	>8°	>15°
Offshore application	Limited	Excellent	Excellent	Limited	Good	Excellent	N/A

جدول 1- نرخ بهره برداري در روش هاي مختلف فرآوري

نکته مهم آن است که نسبت معکوس بين عمق بهره برداري چاه با نرخ توليد آن وجود دارد . پمپهاي SRP/PCP تا رنج (3000-6000 ft) قابل بکارگيري هستند. ذکر اين مهم الزامي است که در سال هاي اخير با توجه به کاهش هزینه هاي توليد و نصب PCP نسبت به SRP توسعه اي روزافزون داشته اند.

راندمان سيستم:

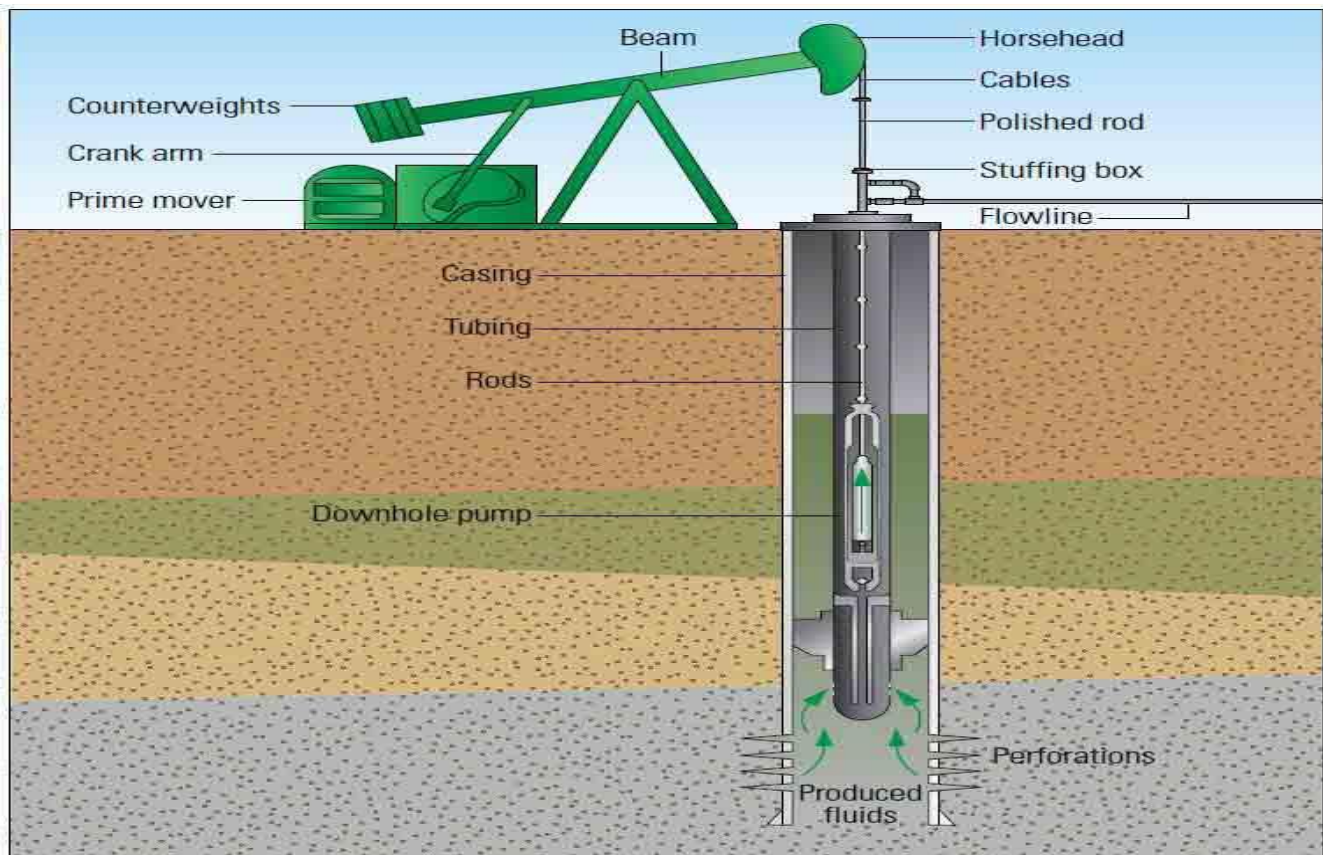
در روش فرآوري راندمان عبارتست از ميزان انرژي کل که منجر به حرکت سيستم شده به انرژي هيدروليکي مصرفي که سيال را از عمق چاه به سطح زمين ارسال مينمايد.



نمودار 2- راندمان عملکردي در پمپ هاي فرآوري مصنوعي

بهترین راندمان مربوط به پمپ های PCP با راندمان 75% است که انرژی مکانیکی را به هیدرولیکی تبدیل می‌کند. راندمان پمپ های SRP به میزان 60% است. نکته فوق تاییدی بر توسعه پمپ های PCP خواهد بود. وجود گاز حبس شده در سیال هیدروکربوری یکی از دلایل افت راندمان عملکردی پمپ خواهد بود. پمپهای SRP (walking beam pumping) از اجزاء ذیل تشکیل شده است:

- 1- Cable Tools
- 2- Rod String
- 3- Pump (moving plunger/ 2 Valve/ Stationary Cylinder)



شکل 2- نمای شماتیک پمپ میله ای

این تجهیز هم اکنون بعد از سپری کردن مراحل رشد خود قابلیت اعتماد بالایی جهت نصب و استقرار درون چاه پیدا کرده است. عامل محدودکننده در بکارگیری پمپهای SRP رسیدن به حداکثر حجم مایع ارسالی است. در بیشتر زمانها SRP اولویت نخست و یا تنها انتخاب در روش فرآزآوری مصنوعی است. بدلیل محدودیت های متریکال (مواد اولیه جهت ساخت محصول نهایی) و ارسال جریان که وابستگی مطلق به عمق بهره برداری دارند این روش دارای محدودیتهای بهره برداری نیز می باشد. برداشت از چاهها با عمق بیشتر منوط به مواد اولیه با استحکام بالاتر و حد تحمل تنش بیشتر است. در فرآیند ساخت SRP با مدلسازی های کامپیوتری می توانند با در نظر گرفتن شرایط طراحی SRP ، نرخ تولید را پیش بینی نمایند.

Sucker Rod Pump	Depth (ft)	Max Operating Rate(bpd)
	1000	8000
	15000	200

جدول 2- تاثیر عمق بر روی نرخ بهره برداری در پمپ های SRP

در میادین نفتی جهان عمیق ترین پمپ SRP (سال 2015) در عمق 16850 فوتی نصب شده است و نرخ تولید آن 20 bpd و دارای Rod String کامپوزیتی ساخته شده از فایبر گلاس و فولاد است.

میله مکشی طول بلند (Long Sucker Rod Pumping)

این پمپ مدل توسعه یافته پمپ های SRP است. سرعت پمپاژ کمتری نسبت به پمپهای سرعت بالا دارند اما دارای راندمان بیشتری هستند. وجود محدودیت های طراحی در پمپهای میله کششی از نوع Conventional باعث گردید دریچه جدیدی از طراحی با عنوان پمپهای میله کششی طول بلند ایجاد شود. اهداف اصلی این نوآوری عبارتند از: نرخ جریان تولیدی بیشتر، کاهش مشکلات درون چاهی، افزایش عمر میله مکشی



شکل 3- یک دستگاه پمپ SRP

در حال حاضر این تکنولوژی توسط Rotaflew و Dynapump ارائه شده است. پمپهای SRP با طول کورس بلند معرفی شده محرك هیدرولیکی داشته که بدلیل هزینه تعمیرات بالا و عدم قابلیت اعتماد مناسب جمع آوری و با مکانیزم محرك مکانیکی جایگزین شده است. مدل های توسعه ای محصول به شرح ذیل می باشند.

Oil Well Model 3534:

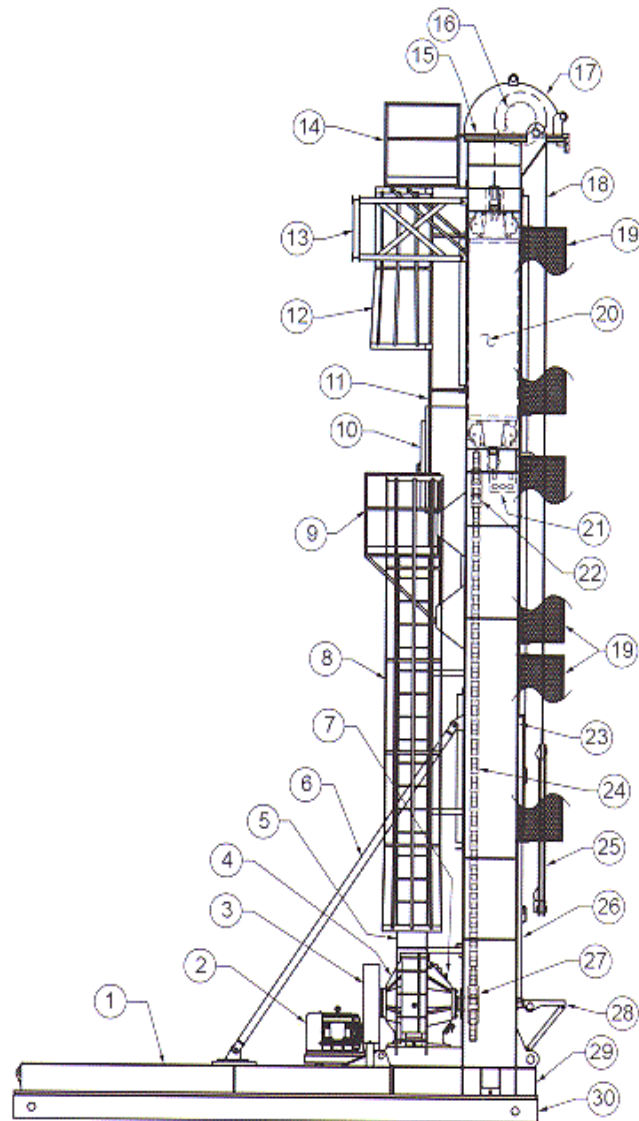
- 1- 51 ft tall Steel Stricture (Tower)
- 2- Stroke Length = 34 ft
- 3- Structure Capacity = 350000 lb
- 4- Maximum Pumping Speeds 5 SPM

Liftronic :

- 1- Heavy Chain
- 2- Polish Rod Stroke Length = 360 in
- 3- Maximum Stricture Capacity = 12000 lb
- 4- Pumping Speeds = 1.5 ~ 3.5 SPM

بعد از تولید محصولات متعدد توسعه Mechanical Long Stroke Pumping Unit صورت پذیرفت که در میان میادین نفتی مورد پذیرش قرار گرفت. نام تجاری این محصول RotaFlex و دارای مزایای متعددی نسبت به ESP و ... می باشد. تعداد محصولات بکار گرفته شده از این برند تجاری 800 عدد در سال 2002 بوده که رشد چشمگیر 7000 عددی این دستگاه بیانگر موفقیت توسعه ای آن می باشد. سامانه Rotaflex بر پایه استاندارد API شکل گرفته است. انجام حرکت رفت و برگشتی پمپ بصورت پیوسته مزیتی است که در گونه های قبلی می بایست پمپ متوقف و مجدد راه اندازی شود. سامانه RotaFlex مکانیکی و معکوس شدن حرکت RodStroke بصورت پیوسته انجام می پذیرد. اجزای تشکیل دهنده این پمپ مطابق شکل زیر می باشد.

Parts Identification



1 Skid	11 Top ladder	21 Carriage frame/traversing mechanism
2 Prime mover	12 Top ladder cage	22 Idler sprocket
3 V-belt/belt guard	13 Crown shipping strut	23 Tower
4 Reducer	14 Top platform	24 Chain
5 Bottom ladder	15 Crown	25 Hanger bar
6 Standing strut	16 Top drum	26 Counterweight doors
7 Brake/brake guard	17 Hood	27 Drive sprocket
8 Bottom ladder cage	18 Load belt	28 Front platform
9 Mid-tower platform	19 Wind guards	29 Tower base
10 Top sprocket enclosure	20 Counterweight box	30 Concrete base

شکل 3- اجزای تشکیل دهنده SRP طول بلند

استانداردهای ساخت، طراحی، تست مواد اولیه، نصب و راه اندازی، تعمیر و بازسازی بر مبنای استاندارد ملی ایران ISNO 15611 که در سال 1397 تهیه گردیده است ارائه می گردد.

مشخصات و اجزاء:

- 1- تلمبه میله ای مکشی درون چاهی Subsurface Sucker Rod Pump
تلمبه میله ای مکشی رفت و برگشتی که توسط باز و بسته شدن شیرهای توپی یکطرفه و حرکت رفت و برگشتی پلانجر، عمل تلمبه سیال از داخل چاه نفت به سطح را انجام میدهد.
- 2- جدا کننده گاز درون چاهی Gas Anchor
گاز آزاد شده از نفت را جدا نموده و مانع ورود گاز آزاد به داخل تلمبه میشود. این قطعه زیر تلمبه و در ورودی سیال به تلمبه قرار میگیرد.
- 3- میله ها
1-3 میله مکشی Rod
میله فلزی/غیر فلزی دو سر رزوه که در داخل چاه قرار گرفته و انتقال دهنده نیروی مکانیکی از سطح به تلمبه درون چاهی است.
- 2-3 میله صیقلی Polished Rod
میله فلزی صیقلی دو سر رزوه که نشئت بندی فشاری را در داخل جعبه نشئت بند انجام میدهد و انتقال دهنده نیروی مکانیکی از سطح به میله های مکشی است.
- 4- جعبه نشئت بند Stuffing Box
مجموعه ای متشکل از اجزای نشئت بند بوده که میله صیقلی را در بر گرفته و وظیفه نشئت بندی از تاج چاه را انجام میدهد.
- 5- مجموعه سرچاهی تلمبه Pumping Unit
مجموعه سازه فلزی، موتور، گیربکس و سایر متعلقات مرتبط که سبب تبدیل حرکت دورانی به حرکت رفت و برگشتی میشود.
- 6- جعبه دنده (کاهنده) Gearbox (Reducer)
این مجموعه سبب کاهش دور محرک اولیه شده و تامین گشتاور مورد نیاز حرکت رفت و برگشتی را به عهده دارد.

فرآیند:

تفکیک فرایندها (طراحی، انتخاب و ساخت اجزا سیستم SRP، انتخاب مواد، بازرسی و کنترل کیفی و آزمون عملکردی، الزامات تحویل، نصب، راه اندازی و تعمیر و نگهداری) مربوط به تلمبه-های میله ای مکشی درون چاهی است.

ریز اقلام و استانداردهای تعیین شده برای تلمبه‌های درون چاهی از نوع میله‌ای مکشی

ردیف	ریز اقلام		طراحی، انتخاب و ساخت اجزا سیستم * SRP	انتخاب مواد	بازرسی و کنترل کیفی و آزمون عملکردی	الزامات تحویل کالا	نصب، راه اندازی، تعمیر و نگهداری
۱	تلمبه درون چاهی	Sub surface Pump	API 11AX API 11AR API 11L API Bul 11L3	API 11AX API 11AR Nace MR 0175/ISO 15156 Nace MR 0176	API 11AX	API 11AX	
۲	جدا کننده گاز درون چاهی	Gas Anchor	—	Nace MR 0175/ISO 15156	—	—	—
۳	میله صیقلی	Rods (Sucker rod & Polished rod)	API 11B API 11BR API 11L API Bul 11L3	API 11B Nace MR0174	API 11B	API 11B	API 11BR Nace SP0195 Nace MR0174
۴	جعبه نشت بند	Stuffing Box	API 6A / ISO 10423 API 11B	API 11B API 6A / ISO 10423	API 11B API 6A / ISO 10423	API 11B API 6A / ISO 10423	API 6A / ISO 10423
۵	مجموعه سرچاهی پمپ	Pumping Unit (Main Structure)	API 11E API 11ER API 11L API Bul 11L2 API Bul 11L3 IPS-C-CE-210(1)	—	API 11E IPS-C-CE-210(1)	API 11E	API 11G

ریز اقلام و استانداردهای تعیین شده برای تلمبه‌های درون چاهی از نوع میله‌ای مکشی (ادامه)

ردیف	ریز اقلام		طراحی، انتخاب و ساخت اجزا سیستم * SRP	انتخاب مواد	بازرسی و کنترل کیفی و آزمون عملکردی	الزامات تحویل کالا	نصب، راه اندازی، تعمیر و نگهداری
۶	جعبه دنده (کاهنده)	Gear Box (Reducer)	API 11E	API 11E	—	—	—
۷	زنجر و چرخ زنجر	Chain and Sprocket	API 11E API 7F	API 11E API 7F	—	—	—
۸	کابل سطحی	Surface Cable	IPS-M-EL-271(2)	—	IPS-M-EL-271(2)	—	—
۹	تجهیزات رانش میله مکشی (بالابر - قلاب و غیره)	Sucker Rod Hoisting Equipment (Elevator, Hook)	—	API 8C	API RP 8B	—	API RP 8B

* طراحی و انتخاب اجزا سیستم SRP بر مبنای شرایط چاه.

استفاده از استانداردهای اعلام شده در جدول فوق به تفکیک فرایندها به شرح زیر است:

استانداردهای طراحی، انتخاب و ساخت اجزا سیستم

- API 11AX
- API 11AR
- API 11L
- API Bul 11L2
- API Bul 11L3
- API 11B
- API 11BR
- API 6A / ISO 10423
- API 11E
- API 11ER
- IPS-C-CE-210(1)
- API 7F
- IPS-M-EL-271(2)

استانداردهای انتخاب مواد:

- API 11AX
- API 11AR
- Nace MR 0175/ISO 15156
- Nace MR 0176
- API 11B
- Nace MR0174
- API 6A / ISO 10423
- API 11E
- API 7F
- API 8C
- API 7K

استانداردهای بازرسی و کنترل کیفی و آزمون عملکردی:

- API 11AX
- API 11B
- API 6A / ISO 10423
- API 11E
- IPS-C-CE-210(1)
- IPS-M-EL-271(2)
- API RP 8B
- API RP 7L

استانداردهای الزامات تحویل کالا:

- API 11AX
- API 11B
- API 6A/ ISO 10423
- API 11E

استانداردهای نصب، راه اندازی، تعمیر و نگهداری:

- API 11AR
- API 11BR

- Nace SP0195
- Nace MR0174
- API 6A / ISO 10423
- API 11G
- API RP 8B
- API RP 7L

پروژه های بومی سازی شرکت ملی نفت ایران:

ردیف	عنوان پروژه	پیمانکار	روش ساخت	آخرین وضعیت قرارداد
1	ساخت پمپ های میله مکشی SOCKER ROD PUMP (S.R.P)	دانشگاه شهید چمران	مهندسی معکوس	طراحی، ساخت و نصب دو دستگاه در جاهای مناطق نفت خیز جنوب