

التصميم الامثل للمضخات الغاطسة الكهربائية في الابار النفطية باستخدام برنامج Prosper

<http://www.doi.org/10.62341/kwr1708>

خالد محمد شختور^{1,2}، وصال صبري الولد¹، رفل جلال كريسته¹

¹قسم هندسة النفط، جامعة الرفاق للعلوم التطبيقية والإنسانية، طرابلس، ليبيا

²قسم الحاسب الآلي، كلية الهندسة العسكرية، تاجوراء، ليبيا

shaktur40@gmail.com*

الملخص

الرفع الصناعي هو أداة أساسية لزيادة معدل إنتاج الزيت ورفع عمود الزيت من قاع البئر إلى السطح. لذلك، يتم إجراء دراسة متكاملة لاختيار النوع المناسب من الرفع الصناعي وفقاً لظروف المكمن وقاع البئر مثل إنتاج المياه وإنتاج الرمل ونسبة الغاز إلى الزيت ومساحة السطح المتاحة على السطح. إلى جانب ذلك، فإن تكلفة الصيانة وحجم الزيت المنتج لهما دور أساسي في اختيار نوع أداة الرفع الصناعي. تحتوي أدوات الرفع الصناعية على عدة أنواع مثل مضخة قضيب المصاصة (Sucker Road Pump)، ورفع الغاز (Gas Lift)، والمضخة الهيدروليكية (Hydraulic Pump)، ومضخة التجويف التقديمية، والمضخة النفائثة، والمضخة الغاطسة الكهربائية (ESP). كل هذه الأنواع تتطلب شروطاً محددة في العوامل تحت السطحية والسطحية في آبار النفط، ويتناول هذا البحث دراسة عن المضخة الغاطسة الكهربائية "ESP" والتي تعتبر من أشهر أنواع طرق الرفع الصناعي في العالم و الأكثر شيوعاً في آبار النفط، وفي هذه الورقة ستتم مناقشة دراسة حالة محاكاة لتصميم المضخة الغاطسة الكهربائية "ESP" في بئر نفط و تتضمن هذه الدراسة دراسة خصائص البئر والمكمن و خصائص السوائل التي سيتم تطبيقها باستخدام برنامج Prosper و ستؤثر نتائج النموذج المصمم على إنتاجية النفط والأداء المستقبلي لآبار النفط.

الكلمات المفتاحية: المضخة الغاطسة الكهربائية ESP، برنامج Prosper، المكمن، أداء التدفق IPR

Optimum design of electric submersible pumps in oil wells using the Prosper program

Khaled Mohamed Shaktur, Wesal Sabri Al weled, Rafal Jalal Krista

Petroleum Engineering Department, Al-Refaq University of Applied and Human Sciences,
Tripoli, Libya
Computer Department, Engineering Academy Tajoura-Libya

shaktur40@gmail.com

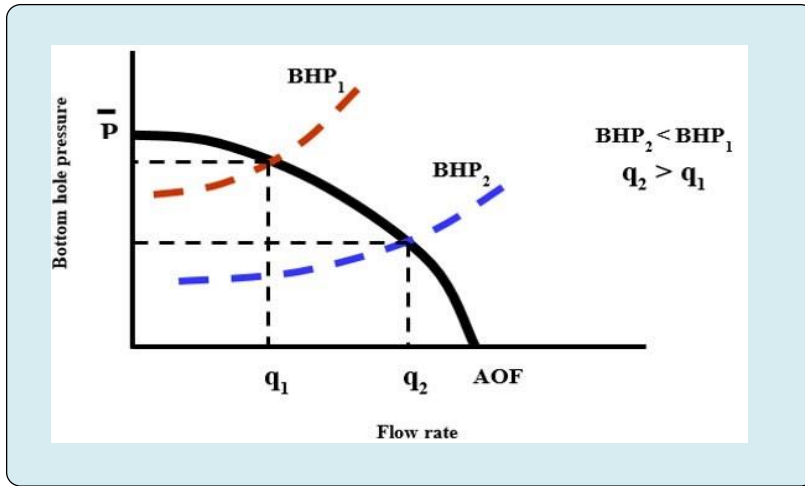
Abstract

Artificial Lift is a very important tool to increase the oil production rate or lift the oil column in the wellbore up to the surface. Artificial lift is the main in case of bottom hole pressure is not enough to produce oil from the reservoir to the surface. Therefore, a comprehensive study is carried to select the appropriate type of artificial lift according to the reservoir and wellbore conditions like water production, sand production, solution gas-oil ratio, and surface area available at the surface. Also, the maintenance cost and volume of produced oil have an vital part in the selection of the type of artificial lift tool. Artificial lift tools have several types for instance Sucker Rod Pump, Gas Lift, Hydraulic Pump, Progressive Cavity Pump, Jet Pump, and Electrical Submersible Pump. All these types require specific conditions for subsurface and surface parameters to apply in oil wells. This paper will study the Electrical Submersible Pump “ESP” which is considered one of the most familiar types of artificial lifts in the whole world. Electrical Submersible Pump “ESP” is the most used for massive oil volumes. In contrast, ESP has high maintenance and workover cost. Finally, this paper will discuss a case study for the Electrical Submersible pump “ESP” design in an oil well. This case study includes the entire well and reservoir properties including fluid properties to be applied using Prosper software. The results of the design model will influence in the oil productivity and future performance of oil well.

Keywords: ESP, Prosper programing, reservoir, IPR.

مقدمة

يعتبر الرفع الاصطناعي العمود الفقري لتعزيز الإنتاجية من آبار النفط في العالم. يمثل اختيار تقنية الرفع الاصطناعي المثلى يعتبر تحدياً لمهندس إنتاج البترول. ويستطيع من خلاله ترتيب النوع الأمثل من طرق الرفع الصناعي وفقاً للتقييم الفني والاقتصادي [1،2]. بالإضافة إلى ذلك، تلعب آلية الدفع للمكمن دوراً مهماً في اختيار النوع الأمثل من الروافع الصناعية. لذلك، في حالة استنفاد آلية الدفع مع معدل الإنتاج العالي في مراحل الإنتاج المبكرة للمكمن، فإن النوع الأمثل للرفع الاصطناعي هو رفع بالغاز المستمر أو يمكن استخدام المضخة الغاطسة الكهربائية "ESP" في المقابل، مع مرور الإنتاج، يحدث انخفاض حاد في ضغط المكمن، وبالتالي ينخفض معدل السائل المنتج بالتالي يتطلب تغيير نوع أداة الرفع الصناعية لتكون رفع بالغاز المتقطع أو مضخة قضيب شفط التي تعمل على آبار النفط ذات الإنتاجية المنخفضة [3]. في حالة عدم قدرة ضغط قاع البئر على رفع السوائل إلى السطح بسبب ضغط المكمن قد انخفض بسرعة مع إنتاج المياه المفرط. لذلك، يعتبر هذا الوقت الأمثل لتشغيل أدوات الرفع الصناعية. يمكن لأدوات الرفع الصناعية هذه التغلب على مشكلة فقدان ضغط المكمن، مما يساعد على زيادة السحب بسبب تقليل ضغط تدفق قاع البئر مقابل الوجه الرملي للتكوين. يؤدي انخفاض ضغط تدفق قاع البئر إلى زيادة الفرق في الضغط بين المكمن وقاع البئر وزيادة معدل إنتاج النفط كما هو موضح في الشكل (1) [4،5].



شكل(1): ادائية البئر قبل وبعد الرفع الصناعي

هناك أنواع مختلفة من أدوات الرفع الصناعي بمواصفات مختلفة تتعلق بمعلومات البئر وخصائص المكمن والسوائل. كل نوع من الروافع الصناعية له مزايا وقيود مختلفة وفقاً لتطبيقه على آبار النفط. تشمل أدوات الرفع الصناعية الرفع بالغاز، ومضخة قضيب المصاصة، والمضخة الهيدروليكية، ومضخة التجويف التقدمية، والمضخة الغاطسة الكهربائية [6،8]. هناك العديد من المعلومات التي تؤثر على اختيار النوع الأمثل لتقنيات الرفع الصناعي التي تشمل

معلومات المكنم وقاع البئر والسطح والتشغيل. معلومات المكنم هي معدل إنتاج النفط، ومعدل إنتاج المياه، ونسبة زيت الي غاز، ولزوجة الزيت، وعامل حجم تكوين الزيت، وعلاقة أداء التدفق، وآلية الدفع. تشمل ظروف السطح موقع الحقل ومصدر الطاقة ومعدل إنتاج السطح وتلوث السوائل. شروط التشغيل الميداني هي خطة لصيانة الضغط، وخطة لاستعادة العمر الطويل، والمنشأة السطحية، وخطة لاستخلاص النفط المعزز. تشمل معلومات قاع البئر العمق الكلي للبئر، ونوع الإكمال في البئر، وقطر الأنابيب والغلاف، وانحراف البئر [9،10].

ظروف التشغيل لأدوات الرفع الصناعي

تم تطبيق أنواع مختلفة من أدوات الرفع الصناعية على آبار النفط وفقا لظروف المكنم وقاع الآبار و الحالة السطحية بحيث يكون لكل نوع من أنواع الروافع الصناعية بعض الشروط المواتية للتطبيق بالإضافة إلى مكونات إنتاج المكامن كما هو موضح في الجدول (1) [11].

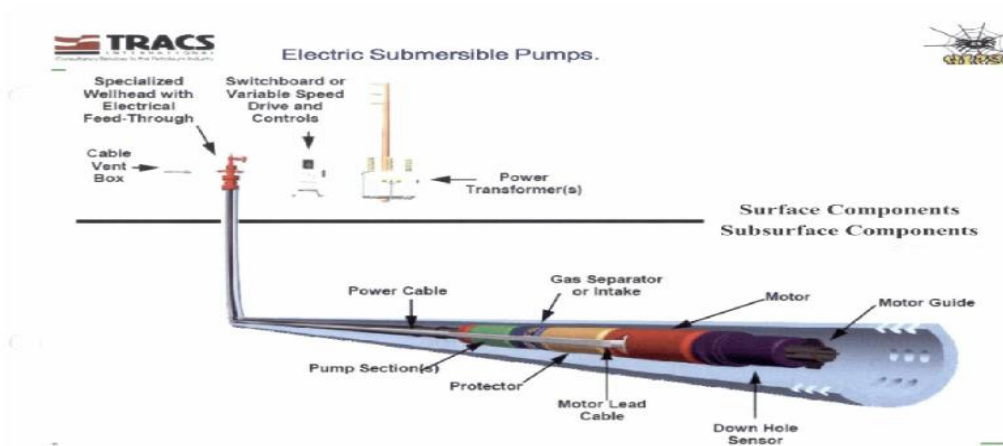
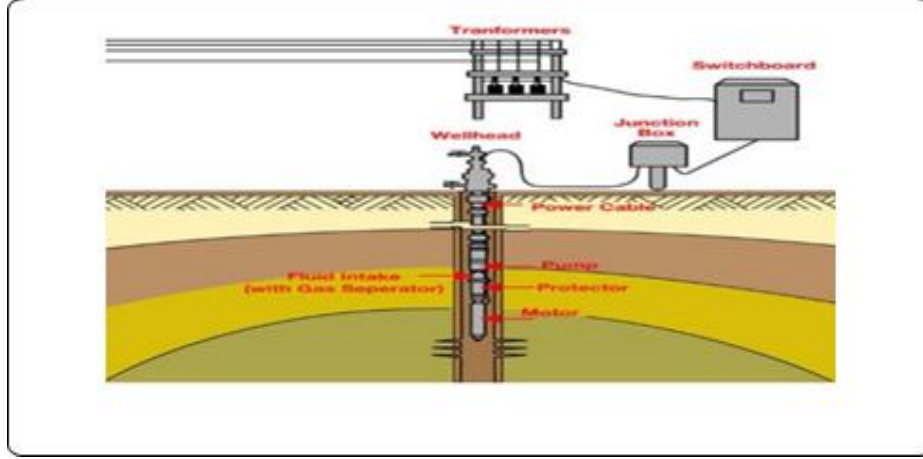
الجدول 1: مقارنة بين جميع أنواع الروافع الصناعية

مضخة المصاصة	مضخة هيدروليكية	مضخة غاطسة كهربائية	رفع الغاز	ظروف التشغيل
متوسط	متوسط	متوسط	ممتازة	رمل
ضعيف	جيد	جيد	ضعيف	بارافين
متوسط	متوسط	متوسط	ممتازة	نسبة زيت غاز عالية
ضعيف	جيد	متوسط	جيد	ثقب منحرف
جيد	جيد	متوسط	متوسط	التآكل
ضعيف	جيد	ممتازة	جيد	حجم كبير
متوسط	ممتازة	متوسط	جيد	العمق
متوسط	ممتازة	ضعيف	جيد	المرونة
جيد	متوسط	ضعيف	متوسط	الترسبات

المضخة الغاطسة الكهربائية

المضخة الغاطسة الكهربائية هي الأكثر شيوعا واستخداما على نطاق واسع في صناعة البترول في العالم حيث يستخدم أكثر من 100000 بئر نفط مضخة غاطسة كهربائية في العالم من أجل رفع السوائل إلى السطح أو من أجل تسريع زيادة إنتاج الآبار.

هذا النوع من المضخات يستطيع رفع كمية هائلة من السوائل الي السطح حتى لو كانت كمية كبيرة من المياه المنتجة بالزيت. المكونات الرئيسية لهذا النوع من المضخات هي مضخة طرد مركزي متعددة المراحل متصلة بمحرك في قاع البئر بواسطة عمود الكابل الثقيل من السطح الي المحرك أسفل البئر من اجل توصيل الكهرباء. بالإضافة إلى ذلك، هناك واقى في قاع البئر يمكن أن يخلق عزلا إضافيا لمحرك قاع البئر لحماية المحرك من عوامل التآكل في مضخة قاع البئر الاجزاء الرئيسية في المضخة الغاطسة الكهربائية موضحة في الشكل (2).



شكل 2: المكونات الرئيسية للمضخات للغاطسة الكهربائية [12 و 13]

مزايا المضخة الغاطسة الكهربائية [9، 14].

1. يمكن أن توفر المضخة الغاطسة الكهربائية حجما كبيرا من السائل المنتج من الممكن.
2. تحتوي المضخة الغاطسة الكهربائية على معدات محدودة فقط على السطح.
3. يوصى بشدة باستخدام المضخة الغاطسة الكهربائية في الآبار شديدة الانحراف وفي الآبار ذات الساق الشديدة (dogleg).
4. كفاءة المضخة الغاطسة الكهربائية عالية جدا وتنتج أكثر من 1000 برميل/ يوم سائل.
5. تتميز المضخة الغاطسة الكهربائية بمقاومة عالية للتآكل في آبار النفط.
6. المضخة الغاطسة الكهربائية لديها تكلفة صيانة منخفضة.

قصور المضخة الغاطسة الكهربائية [9، 15].

1. تواجه المضخة الغاطسة الكهربائية مشكلة كبيرة في حالة إنتاج الرمل من المكنن إلى قاع البئر
2. تواجه المضخة الغاطسة الكهربائية مشكلة كبيرة في حالة ارتفاع نسبة الغاز في الزيت من المكنن أو في حالة ارتفاع الضغط في القاع في بعض آبار النفط ذات العمق الكبير
3. يصعب استخدام المضخة الغاطسة الكهربائية في حالة انخفاض إنتاج النفط من بعض الآبار في حالة الإنتاج أقل من 200 برميل في اليوم الواحد
4. تعتبر المضخة الغاطسة الكهربائية أمرا بالغ الأهمية في حالة آبار النفط في المنطقة البحرية
5. تتطلب المضخة الغاطسة الكهربائية قطرا كبيرا من الغلاف في حالة وجود كمية كبيرة من السائل المنتج من المكنن
6. المضخة الغاطسة الكهربائية مكلفة للغاية في حالة حدوث عطل في محرك قاع البئر .
هناك العديد من البرامج المصممة لبناء نموذج للمضخة الغاطسة الكهربائية لأي بئر نفط وفقا لعدة شروط وظروف مثل خصائص المكنن وعوامل البئر وظروف السطح بحيث يمكننا من اختيار أفضل وامثل لعوامل المضخة الغاطسة الكهربائية لكي تتوافق مع جميع الظروف من أجل تحسين أداء البئر وزيادة إنتاجيته. إحدى العوامل الرئيسية هي نسبة زيت الغاز التي تؤثر على عدد المراحل في مضخة ESP والتي ستؤدي زيادة نسبة زيت الغاز المنتج من المكنن إلى زيادة عدد المراحل في المضخة. أحد أكثر البرامج شيوعا واستخداما هو برنامج PROSPER الذي يمكنه اختيار التصميم الأمثل للمضخة الغاطسة الكهربائية لجميع ظروف آبار النفط [16].
هناك بعض القيود على المضخة الغاطسة الكهربائية مثل إنتاج الرمل من المكنن إلى قاع البئر في هذه الظروف يجب تركيب شاشة أو مرشح أسفل قاع البئر على ان يتم تركيبها مقابل الفتحات في في التكوين من أجل منع دخول الرمل وحدث أي تآكل في مضخة قاع البئر، فإن معظم أدوات الرفع الاصطناعية لا يمكنها التعامل مع إنتاج الرمل من المكنن إلى قاع البئر . هناك نوعان فقط من أدوات الرفع الاصطناعية التي يمكنها التعامل مع إنتاج الرمال هذان النوعان هما رفع الغاز والرفع بمضخة التجويف الترددي [12].

تصميم المضخة الغاطسة الكهربائية

يعرض الجدول (2) خصائص المكنن والسوائل لبئر نفط ينتج من مكنن نفط أسود ذو إنتاجية منخفضة بسبب انخفاض في ضغط قاع البئر من الوجه الرملي إلى السطح. لذلك من المخطط تصميم مضخة غاطسة كهربائية لزيادة إنتاجية الزيت من البئر. يتمتع المكنن بإمكانات نفطية عالية ويمكن أن يصل حجم الزيت الكبير إلى تجويف البئر الذي يتطلب أداة رفع صناعية لإنتاج كمية كبيرة من النفط إلى السطح. تتمثل فائدة المضخة الغاطسة الكهربائية في إنتاج حجم سائل كبير لأن لديها القدرة على حمل كمية كبيرة من السائل (زيت وماء) إلى السطح. يعرض الشكل (3) خصائص سائل الإدخال من أجل مطابقة بيانات المكنن.

The screenshot shows the 'PVT - INPUT DATA' window in the PROSPER software. The window title is 'PVT - INPUT DATA (Well_ESP.Out) (Oil - Black Oil matched)'. The interface includes a menu bar with options like 'Done', 'Cancel', 'Tables', 'Match Data', 'Regression', 'Correlations', 'Calculate', 'Save', 'Open', 'Composition', and 'Help'. Below the menu bar, there are several input fields and dropdown menus. The 'Input Parameters' section includes fields for Solution GOR (800), Oil Gravity (35), Gas Gravity (0.78), and Water Salinity (80000). The 'Impurities' section includes fields for Mole Percent H2S, Mole Percent CO2, and Mole Percent N2, all set to 0. The 'Correlations' section has dropdown menus for 'Pb. Rs. Bo' (set to 'Glaso') and 'Oil Viscosity' (set to 'Beal et al'). The 'Pump Data' section is currently empty.

الشكل 3: إدخال بيانات PVT في برنامج PROSPER

الجدول 2: خصائص الخزان والسوائل

5200	ضغط المكمن، رطل لكل بوصة مربع
3600	ضغط نقطة الفقاعة، رطل لكل بوصة مربعة
250	درجة حرارة المكمن، فهرنهايت
800	نسبة الغاز الي الزيت، stb/scf
50	نسبة الماء، %
35	API %
0.78	الوزن النوعي للغاز
80,000	ملوحة الماء، جزء في المليون
1.45	عامل حجم التكوين للزيت ،FVF ، bbl/Stb
0.3	لزوجة الزيت، سنتيبواز

يجب مطابقة بيانات خصائص المكمن "PVT" هذه مع المعلومات المطابقة باستخدام العلاقات المناسبة في نموذج PROSPER هناك العديد من العلاقات التي يمكن تطبيقها و سيقوم برنامج Prosper بإجراء الكثير من التكرارات من أجل تحقيق أفضل علاقة تمثل خصائص سائل المكمن. يوضح الشكل (4) أن عوامل المطابقة يجب أن تتطابق مع خصائص السوائل وسيتم اختيار أفضل علاقة اعتمادا على عاملين يجب أن يكون العامل الأول أقرب إلى واحد في القيمة بينما يجب أن يكون العامل الثاني قريب من الصفر من أجل تحقيق أدنى انحراف معياري . يوضح الشكل(5) العلاقات المختلفة المستخدمة في نموذج PROSPER افضل معادلة لحساب نسبة الزيت في الغاز وضغط نقطة الفقاعة وعامل حجم تكوين الزيت هي معادلة Glaso حيث العلاقة Beal et al. هي الأفضل لحساب لزوجة الزيت وسيتم تطبيق هذه العلاقات للتنبؤ بالأداء المستقبلي لسائل المكمن.

PVT - Match Data (Well1_ESP.Out) (Oil - Black Oil matched)

Done Main Cancel Reset Copy Clip Input PVT/Import Transfer Plot Help

PVT Match data

Temperature: 250 (deg F)
Bubble Point: 3600 (psig)

	Pressure psig	Gas Oil Ratio scf/STB	Oil PVT RB/STB	Oil Viscosity centipoise
1	3600	600	1.456	0.31
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

شكل(4): مطابقة العوامل لخواص الموائع

PVT - Correlation Parameters (Well1_ESP.Out) (Oil - Black Oil matched)

Done Cancel Main Export Report Reset All Help

Bubble-Point

	Slon	Standing	Locate	Yarqun Beggs	Petrelly et al	Alkhalaf
Parameter 1	31.278	1	41.326	38.126	1	30.941
Parameter 2	3813.91	0	1712.79	3477.82	0	3982.47
StdDeviation	1.41	0.12	0.35	0.35	0.31	0.31
Reset	Reset	Reset	Reset	Reset	Reset	Reset

Solution GOR

	Slon	Standing	Locate	Yarqun Beggs	Petrelly et al	Alkhalaf
Parameter 1	1763.89	1710.56	0.8867	1475.42	1	1
Parameter 2	1712.51	1714.47	0.8829	1788.8	0	0
StdDeviation	547.475	547.475	0.0001	547.475	0.0001	0.0001
Reset	Reset	Reset	Reset	Reset	Reset	Reset

Oil PVT

	Slon	Standing	Locate	Yarqun Beggs	Petrelly et al	Alkhalaf
Parameter 1	0.99795	1	0.8960	1	0.9972	1
Parameter 2	4.0924577	0	0.1075	0	4.0924572	0
Parameter 3	1	1	1	1	1	1
Parameter 4	1e-05	0	1e-05	0	1e-05	0
StdDeviation	1.21774	0.0001	0.0001	0.0001	1.21773	0.0001
Reset	Reset	Reset	Reset	Reset	Reset	Reset

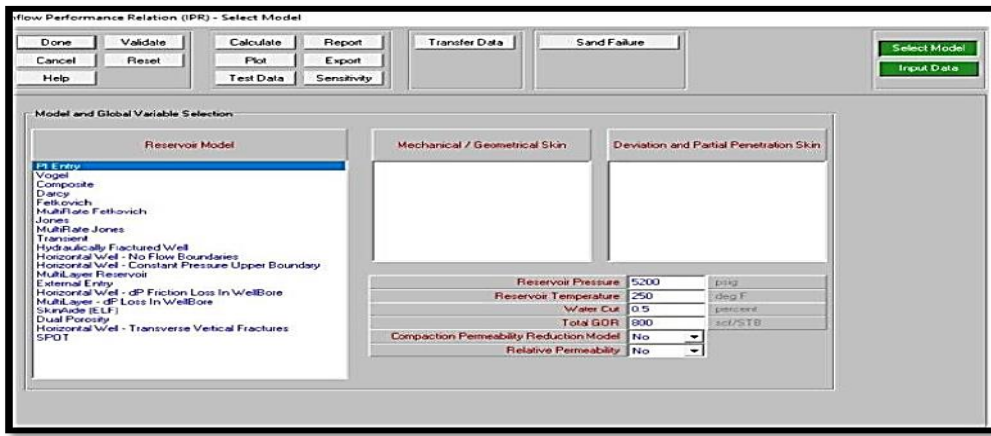
Oil Viscosity

	Beal et al	Beggs et al	Petrelly et al	Eggen et al	Beaman-Luhar
Parameter 1	0.7096	0.5383	0.8795	1.4244	2.4932
Parameter 2	0.22479	2.44054	0.85707	0.16889	-13.7285
StdDeviation	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Reset	Reset	Reset	Reset	Reset	Reset

شكل(5): علاقات مختلفة لمطابقة العوامل

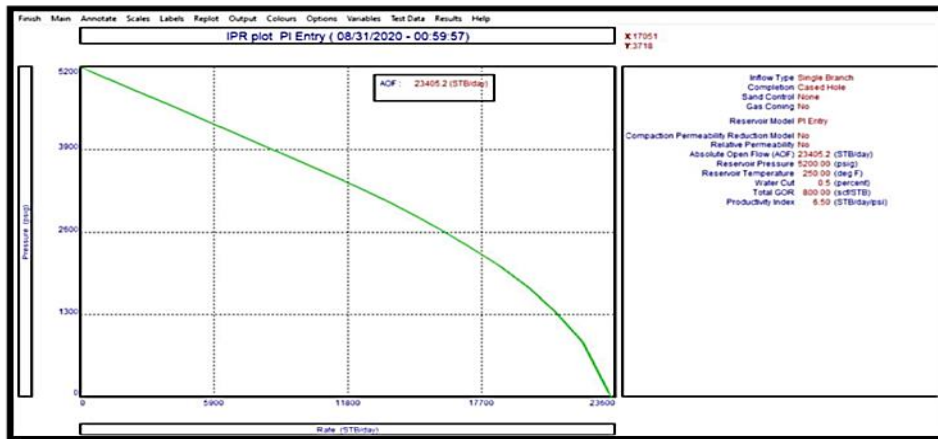
علاقة أداء التدفق الداخلي "IPR"

تمثل علاقة أداء التدفق "IPR" أداء المكنم لتوصيل السائل إلى قاع البئر. من أجل إنشاء علاقة أداء التدفق، يلزم استيراد عوامل المكنم اعتمادا على نموذج المكنم المحدد مثل ضغط المكنم، ودرجة حرارة المكنم، والمياه المقطوعة من المكنم، ونسبة زيت الغاز ومؤشر إنتاجية المكنم. ثم يتم رسم أداء التدفق الداخلي المكنم كما هو موضح في الشكل (6).



شكل (6): اختيار النموذج والعوامل المطلوبة لعلاقة أداء التدفق

سيستخدم برنامج PROSPER خصائص المكنم المذكورة أعلاه لحساب علاقة أداء التدفق عند قيم ضغط مختلفة ثم رسم أداء التدفق هذا على المنحنى الذي تم توضيحه في الشكل (7).



شكل (7): علاقة أداء التدفق

بيانات أداء الرفع العمودي

هناك العديد من العوامل التي ستتحكم في قيمة فقدان الضغط في البئر مثل مسح الانحراف الذي يمثل التغيير في مسار البئر فيما يتعلق بالعمق الرأسي للبئر. يعرض الشكل (8) بيانات الإدخال لمسح الانحراف على نموذج PROSPER. مثل معدات قاع البئر و الأحجام المختلفة لكل المعدات في تجويف البئر والتي قد تسبب فقدان الضغط بسبب انسداد الأحجام المختلفة في تجويف البئر. يوضح الشكل (9) وحدات الإدخال في دراسة هذه الحالة. يمثل التدرج الحراري الأرضي التغيير في درجة الحرارة مع العمق. حيث سيكون له تأثير على إنتاجية البئر وضغط البئر. يوضح الشكل (10) تغيير درجة حرارة مع العمق في قاع البئر.

	Measured Depth (feet)	True Vertical Depth (feet)	Cumulative Displacement (feet)	Angle (degrees)
1	0	0	0	0
2	1000	1000	0	0
3	1500	1500	0	0
4	1954	1950	60.1332	7.6113
5	2262	2250	129.876	13.0873
6	3077	3000	448.819	23.038
7	8993	8000	3610.95	32.3103
8	12672	11000	5740.51	35.3692
9	12960	11200	5947.74	46.017
10	13435	11500	6316.01	50.8333
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

شكل 8: مسح انحراف البئر

Label	Type	Measured Depth	Tubing Inside Diameter	Tubing Inside Roughness	Tubing Outside Diameter	Tubing Outside Roughness	Casing Inside Diameter	Casing Inside Roughness	Flow Multiplier
1	None	0							
2	Tubing	1130	2.392	0.0006	4.5	0.0006	5.71	0.0006	1
3	SSIV	24							
4	Tubing	1000	2.392	0.0006	4.5	0.0006	5.71	0.0006	1
5	Casing	1000	2.392	0.0006	4.5	0.0006	5.71	0.0006	1
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									

شكل 9: معدات قاع البئر

Formation Measured Depth (feet)	Formation Temperature (deg F)	
1	0	60
2	1000	50
3	10400	270
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		

Overall Heat Transfer Coefficient: 0.24

شكل 10: معدل التغيير الحراري للبئر

هناك العديد من المعلومات المطلوب ادخالها لتصميم مضخة غاطسة كهربائية. هذه المعلومات مثل عمق المضخة، طول كابل الطاقة، تقييم كفاءة الكهرباء، المعدل المطلوب، نسبة مياه المكمن، نسبة زيت الغاز للمكمن، الضغط في نقاط التنقيب في التكوين. تم اعداد معلومات الإدخال في برنامج PROSPER كما هو موضح في الشكل (11).

ESP Design (Well1_ESP.Out) (Matched PVT)		
Pump depth (Measured)	12000	feet
Operating Frequency	60	Hertz
Maximum OD	6	inches
Length Of Cable	13500	feet
Gas Separator Efficiency	0	percent
Design Rate	12000	STB/day
Water Cut	80	percent
Total GOR	800	scf/STB
Top Node Pressure	350	psig
Motor Power Safety Margin	0	percent
Pump Wear Factor	0	fraction
Pipe Correlation	Beggs and Brill	
Tubing Correlation	Petroleum Experts 3 1.00 1.00	
Gas DeRating Model	<none>	

شكل(11): المعلومات المطلوبة في تصميم المضخة الكهربائية الغاطسة

نتائج تصميم المضخة الغاطسة الكهربائية باستخدام معلومات الإدخال، يمكن لبرنامج PROSPER حساب ضغط سحب المضخة، وضغط تفريغ المضخة، ومعدل تفريغ المضخة كما هو موضح في الشكل (12).

ESP Design (Well1_ESP.Out) (Matched PVT)		
Flowing Bottomhole Pressure	3352.25	(psig)
Water Cut	80	(percent)
Pump Frequency	60	(Hertz)
Pump Intake Pressure	2941.35	(psig)
Pump Intake Temperature	249.012	(deg F)
Pump Intake Rate	13787.6	(RB/day)
Free GOR Entering Pump	182.314	(scf/STB)
Pump Discharge Pressure	4510.68	(psig)
Pump Discharge Rate	13479.2	(RB/day)
Total GOR Above Pump	800	(scf/STB)
Mass Flow Rate	4378361	(lbm/day)
Total Fluid Gravity	0.91992	
Average Downhole Rate	13577.5	(RB/day)
Head Required	3939.01	(feet)
Actual Head Required	3939.01	(feet)
Fluid Power Required	361.757	(hp)
GLR At Pump Intake (V/V)	0.034798	(fraction)
Gas Fraction At Pump Intake	0.033627	(fraction)

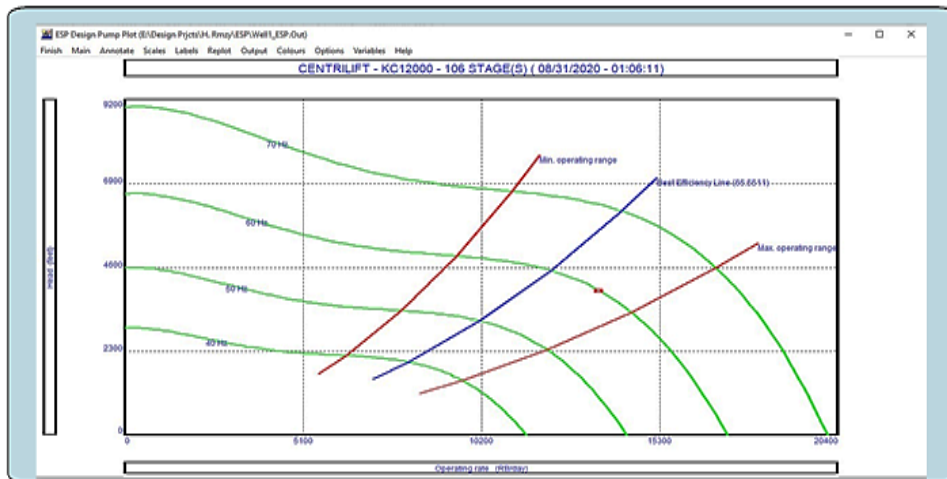
شكل (12): الحسابات المطلوبة في تصميم المضخة الكهربائية الغاطسة

أخيراً، يمكن لبرنامج PROSPER تصميم المعلومات المثلى و مخرجات المضخة الغاطسة الكهربائية التي سيتم تطبيقها في هذا البئر.

نتائج PROSPER لتصميم المضخة الغاطسة الكهربائية هي ان عدد مراحل المضخة يساوي 106مرحلة، والطاقة المطلوبة تساوي 571 حصان، ودرجة حرارة مخرج المضخة تساوي 255 فهرنهايت وكفاءة المضخة الغاطسة الكهربائية تساوي 64%. يوضح الشكل (13) نتائج تصميم المضخة الغاطسة الكهربائية بواسطة برنامج PROSPER لهذا البئر. تظهر منطقة تشغيل المضخة الكهربائية الغاطسة في الشكل(14).

ESP Design (Well1_ESP.Out) (Matched PVT)			
Done Cancel Main Help Plot			
Input Data			
Head Required	3939.01	feet	
Average Downhole Rate	13577.5	RB/day	
Total Fluid Gravity	0.91992	sp. gravity	
Free GOR Below Pump	182.314	scf/STB	
Total GOR Above Pump	800	scf/STB	
Pump Inlet Temperature	249.012	deg F	
Pump Intake Pressure	2941.35	psig	
Pump Intake Rate	13787.6	RB/day	
Pump Discharge Pressure	4510.69	psig	
Pump Discharge Rate	13479.2	RB/day	
Pump Mass Flow Rate	4378361	lbm/day	
Average Cable Temperature	220.483	deg F	
Select Pump	CENTRILIFT KC12000 5.62 inches (9500-14500 RB/day)		
Select Motor			
Select Cable			
Results			
Number Of Stages	106		
Power Required	571.412	hp	
Pump Efficiency	63.6924	percent	
Pump Outlet Temperature		deg F	
Current Used		amps	
Surface KVA			
Motor Efficiency		percent	
Power Generated		hp	
Motor Speed		rpm	
Voltage Drop Along Cable		Volts	
Voltage Required At Surface		Volts	
Torque On Shaft		lb ft	

شكل (13): نتائج تصميم المضخة الغاطسة الكهربائية



شكل (14): منطقة تشغيل المضخة الكهربائية الغاطسة

الاستنتاج

تم تصميم مضخة غاطسة كهربائية لبئر نطف لتعزير إنتاجية البئر وتحسين أداء البئر. أشارت نتائج تصميم ESP في برنامج Prosper إلى منطقة تشغيل المضخة وكفاءة المضخة وعدد المراحل المطلوبة لرفع حجم السائل إلى السطح. فكانت نتائج PROSPER لتصميم المضخة الغاطسة الكهربائية هي ان عدد مراحل المضخة يساوي 106مرحلة، والطاقة المطلوبة تساوي 571 حصان، ودرجة حرارة مخرج المضخة تساوي 255 فهرنهايت وكفاءة المضخة الغاطسة الكهربائية تساوي 64٪.

المراجع

- [1] Nguyen T (2020) Artificial Lift Methods: Design, Practices, and Applications. 1st(Edn.), Springer Nature, Germany, pp: 347.
- [2] Nguyen H, Del Mundo F (2016) Improving Artificial Lift Design Through Dynamic Simulation. SPE North America Artificial Lift Conference and Exhibition, Society of Petroleum Engineers, USA.
- [3] Brown KE (1982) Overview of Artificial Lift Systems. Journal of Petroleum Technology 34(10): 13.
- [4] Alemi M, Jalalifar H, Kamali G, Kalbasi M (2010) A prediction to the best artificial lift method selection on the basis of TOPSIS model. Journal of Petroleum and Gas Engineering 1(1): 9-15.
- [5] Brown KE (1977) Technology of artificial lift methods. Volume 1, Inflow performance, multiphase flow in pipes, the flowing well. US Department of Energy, Office of Scientific and Technical Information, United States.
- [6] James L (2007) Selection of Artificial Lift. SPE Mid- Continent Operations Symposium, Society of Petroleum Engineers, USA.
- [7] Takacs G (2015) Sucker-rod pumping handbook production engineering fundamentals and long-stroke rod pumping. Gulf Professional Publishing, pp: 598.
- [8] Gilbertson E (2010) Gas lift valve failure mode analysis and the design of a thermally actuated positive-locking safety valve. Massachusetts Institute of Technology, USA.
- [9] Takacs G (2017) Electrical submersible pumps manual: Design, operations, and maintenance. Gulf professional publishing, USA.
- [10] Bolovin EV, Glazyrin AS (2017) Method for identifying parameters of submersible induction motors of electrical submersible pump units for oil production. Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets engineering 328(1): 123-131.

- [11] Lea JF, Nickens HV (2007) Selection of artificial life. Society of petroleum engineers, Oklahoma, USA.
- [12] Takacs G (2018) Electrical Submersible Pump Manuals. 2nd (Edn.), Gulf professional publishing, USA.
- [13] Clegg JD (2007) Petroleum Engineering Handbook. Volume IV, Production Operations Engineering, Society of Petroleum Engineers, USA.
- [14] Zhu J, Banjar H, Xia Z, Zhang HQ (2016) CFD simulation and experimental study of oil viscosity effect on multi- stage electrical submersible pump (ESP) performance. Journal of Petroleum Science and Engineering 146: 735- 745.
- [15] Pessoa R, Prado M (2003) Two-phase flow performance for electrical submersible pump stages. SPE production & facilities 18(1): 13-27.
- [16] Chikwere E, Sylvester O, Appah D (2015) Economic evaluation of Electrical Submersible Pump (ESP) and gas lift well for production optimization in a Niger Delta Field. International Journal of Engineering and Technology 5(1): 56-68