

تصميم منظومة رفع صناعي باستخدام المضخات الغاطسة لإعادة ابار الرميثة الشمالية/المكمن الرئيسي المتوقفة عن العمل للإنتاج

ضياء نعيم احمد
مركز البحث والتطوير النفطي

الخلاصة:

بينت نتائج تصميم مضخة غاطسة كهربائية في البئر رش/٢٥ المنتج من المكمن الرئيسي/حقل الرميثة الشمالي المتوقف عن الجريان إمكانية إعادة البئر للإنتاج بمعدلات إنتاج للنفط (٣٢٥٠- ٩٠٠) برميل/يوم وحسب قيمة قاطع الماء المصاحب المنتج مع النفط (٣٥% - ٨٠%) .

إمكانية استخدام المضخة "Centrilift GC-8200- 5.13" في الوضع الحالي (٣٥%) نسبة قاطع الماء ، وصولاً الى نسبة قاطع ماء (٤٠%) والتي ستوفر معدل إنتاج يتراوح بين (٣٢٥٠-٣٠٠٠) ب/ي . اما في حال كون نسبة قاطع الماء تتراوح بين (٥٠-٦٠%) ، فيتم استخدام المضخة "Centrilift GC-6100- 5.13" بمطورات مختلفة ، لتوفير معدل إنتاج يتراوح بين (١٨٠٠-٢٢٥٠) ب/ي . وفي حال كون نسبة قاطع الماء (٧٠%) ، فيكون نوع المضخة "Centrilift FC-6000- 4" ويبلغ معدل الإنتاج حوالي (١٣٠٠) ب/ي . اما اذا كانت نسبة قاطع الماء (٨٠%) ، فتستخدم المضخة نوع "Reda GN-5600-5.13" لتوفير معدل إنتاج يبلغ حوالي (٩٠٠) ب/ي .

تم التأكيد على اختيار مضخات نوع Centrilift كونها تحقق معدلات إنتاج أعلى من باقي النوعيات لنفس ظروف البئر.

نظرا لكون البئر متوقف عن الإنتاج فقد حددنا ضغط راس البئر ب (٢٥٠ با/عقدة^٢) لضمان وصول النفط المنتج الى محطات العزل.

تم اختيار عمق تنصيب المضخة ب (٢٥٠٠ متر) لضمان عدم تأثير تخلخل الضغط الحاصل بفعل عمل المضخة على الطبقة الإنتاجية وضمان أنسيابية الجريان وكذلك لوجود ضغط مكمني كافي لأيصال النفط في جوف البئر الى هذا العمق (٤٠٥٥ باوند/عقدة^٢).

المقدمة:

يعتبر حقل الرميثة الشمالية من الحقول النفطية العملاقة في العراق ويمتد ٤٣ كم وبعرض ١٤ كم ويقع ٦٥ كم الى الغرب من محافظة البصرة .

بدأت عمليات الحفر في هذا الحقل عام ١٩٧٠ وأبتدأ الإنتاج والتصدير منه عام ١٩٧٢ .

المكان المنتج في هذا الحقل هي المشرف والمكمن الرئيسي والسجيل الاعلى .

وصل عدد الابار في هذا الحقل الآن الى اكثر من ٦٥٠ بئر.

كان الحقل يدار من قبل شركة نفط الجنوب وهي شركة مالكة للحقل والأن يدار من قبل شركة BP البريطانية بموجب عقد جولة التراخيص الأولى.

لقد ادى ارتفاع قاطع الماء في اغلب آبار المكنم الرئيسي/حقل الرميلا الشمالي المنتجة بالدفع الطبيعي وكذلك عدم وجود دعم فعال للضغط المكنمي يتناسب مع كميات النفط المنتجة من المكنم الى أستنزاف المكنم وبالتالي الى توقف (١٦) بئراً عن الجريان بصورة نهائية ، و(٣٧) بئراً منتجة بصورة متقطعة ، من اصل (٨٦) بئراً انتاجية ، الامر الذي ادى الى انخفاض الطاقة الانتاجية من المكنم الى حوالي (٢٨٠) الف ب/ي ، وبالتالي ، اصبح اللجوء الى اساليب الرفع الصناعي في الوقت الحاضر ضرورياً .

أساليب الرفع الصناعي وظروف استخدامها

تتوفر في الصناعة النفطية عدة أساليب لأنتاج النفط من المكامن النفطية يعتمد اختيارها على الضغوط المكنمية للمكامن المنتجة وخصائص الصخور المكنمية وكذلك مخزونات النفط في هذه المكامن بالإضافة الى مواصفات النفط الخام المنتج وعلاقة ذلك بالعمر الانتاجي لهذه المكامن ومن هذه الأساليب ما يلي :

١- المضخات الماصة الكابسة Sucker rod pumps : وهذه تكون مناسبة للابار قليلة العمق ومعدلات الانتاج القليلة جدا وكذلك للابار ذات الضغوط المنخفضة جدا والنفوط الثقيلة [1].

٢- تقنية الرفع بالغاز Gas Lift technology : وهذه الطريقة فعالة ولكن تحتاج الى مصادر جيدة للغاز مع توفر نظام عالي الدقة من حيث مطابقته لتعليمات السلامة وحماية البيئة عند استخدام هذه التقنية كما توجد خطورة عالية في التعامل مع الغاز في كافة مراحل العملية الانتاجية .

٣- مضخة المكبس الهيدروليكي Hydraulic Piston Pump : وهذه التقنية ممكن استخدامها في انتاج معدلات عالية من السوائل ومن اعماق كبيرة وبضغوط مكنمية وقعرية قليلة [1].

٤- أسلوب الضخ بالفجوة المتقدمة Progressive Cavity Pumping : وهذه التقنية تصلح للنفوط الثقيلة [1].

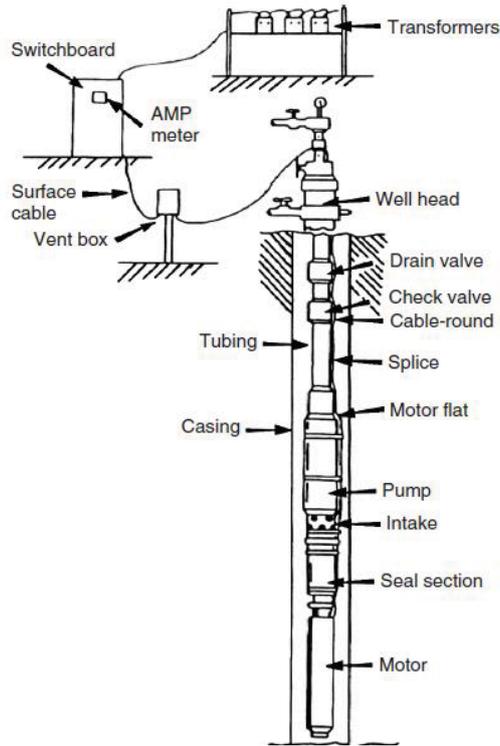
٥- الرفع باستخدام المكبس الغطاس Plunger Lift : وهذه الطريقة أكثر ملائمة في الابار ذات النسبة العالية للغاز / النفط المنتج [1].

٦- الضخ بالنفث الهيدروليكي Hydraulic Jet Pumping : وهذه الطريقة تمتاز بقلّة الكفاءة [1].

٧- المضخات الكهربائية الغاطسة Electrical Submersible Pumps :

ويعتبر استخدام المضخات الغاطسة الكهربائية ، واحداً من افضل طرق الرفع الصناعي وأكثرها شيوعاً مقارنة بالطرق الاخرى ، حيث تعتبر المرحلة الاولى من اساليب الرفع الصناعي ، اضافة الى امكاناتها الواعدة في تحقيق معامل كفاءة مرتفع في معدل الانتاج .

هناك العديد من الابار النفطية مجهزة بالمضخات الغاطسة الكهربائية لأجل زيادة معدلات الانتاج فيها. تتكون المضخة من المضخة والمحرك والقابلو المجهز للكهرباء وعازلة الغاز.



المخطط رقم (١) يوضح منظومة الإنتاج باستخدام المضخة الكهربائية الغاطسة

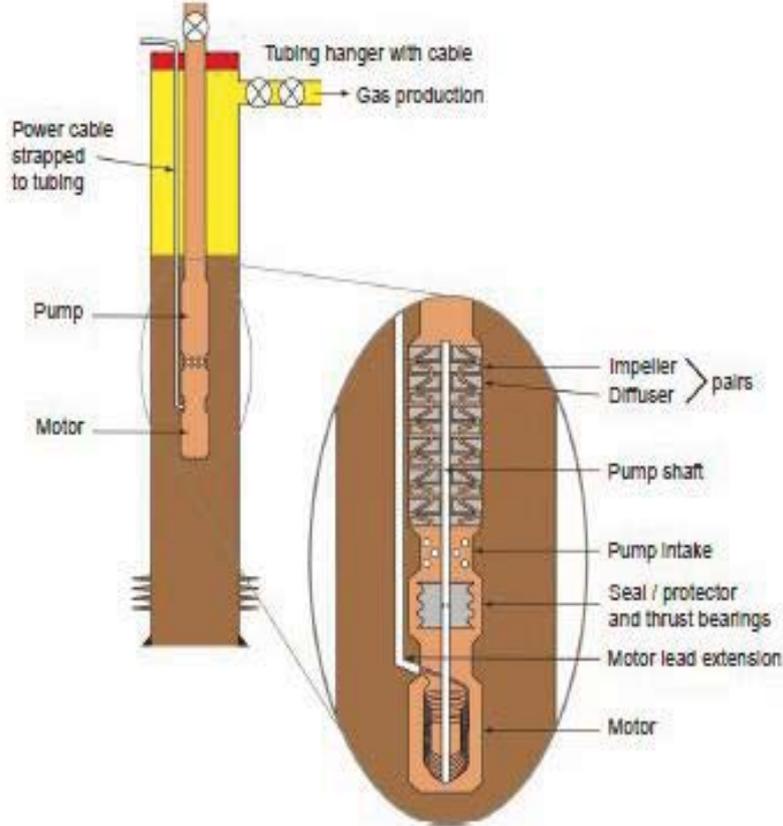
المضخات الغاطسة عبارة عن مضخات ذات مراحل متعددة يتم تشغيلها وادارتها عن طريق محرك كهربائي يتصل بمصدر كهرباء من السطح. تستطيع المضخات الغاطسة إنتاج من ٣٠٠-٦٠٠٠٠ برميل/يوم ويمكن أن تعمل مع قاطع ماء عالي للنفط المنتج ونسبة غاز الى السائل قليلة.

تعتبر المضخات الكهربائية الغاطسة من الوسائل المهمة لزيادة الإنتاج وبكلفت ليست بالكبيرة مقارنة مع طرق الإنتاج بالطرق الثانوية الأخرى. ويتطلب استخدام المضخات الكهربائية الغاطسة توفر مصدر كهرباء مستقر وعدم وجود مشكلة إنتاج الرمل أو الأسفلتين [2].

يتم استخدام المضخات الكهربائية الغاطسة في الحقول البحرية والبرية وتمتاز بالقدرة على الإنتاج بمعدلات عالية وبقواطع ماء كبيرة وتتكون من محرك كهربائي متصل بمضخة طرد مركزية ويتم تثبيتهما على أنبوب الإنتاج وتكون مربوطة مع لوحة السيطرة الموجودة على السطح ويتم تزويد المحرك بالكهرباء عن طريق كابل من

مصدر الكهرباء مرورا بجوف البئر [3]

والمخطط رقم (٢) يوضح أجزاء المضخة الكهربائية الغاطسة وكيفية ربطها مع أنبوب الإنتاج



المخطط رقم (٢) أجزاء المضخة الكهربائية الغاطسة وكيفية ربطها مع أنبوب الإنتاج [٣]

ان أجزاء المضخة الكهربائية الغاطسة (محرك ، مضخة وعدد مراحلها ، كيبيل) يجب أن يتم تصميمها وأختيارها اعتمادا على :

- ١- الضغط المكمني ودليل الإنتاجية للطبقة المنتجة
 - ٢- الضغط الجرياني القعري للبئر المنتج
 - ٣- مواصفات النفط المنتج
 - ٤- نسبة قاطع الماء في النفط المنتج وكذلك نسبة الغاز الى النفط المنتج
 - ٥- طريقة أكمال البئر المنتج
 - ٦- معدل انتاج النفط المستهدف حسب خطط تطوير الحقل
- وتستخدم البرمجيات الخاصة بهيدروليكية الابار النفطية لأختيار المضخة المناسبة للبئر وتصميم منظومة الإنتاج باستخدام المضخة الكهربائية الغاطسة [4]
- وبعمل مقارنة بين وسائل وطرق الرفع الصناعي المختلفة وكما في الجدول رقم (١) أدناه يبدو واضحا ان استخدام المضخات الكهربائية الغاطسة هو الأفضل وتبعاً لظروف حقولنا النفطية حالياً [5]

جدول رقم (١) مقارنة بين أساليب الرفع الصناعي المختلفة [5].

Pump Type	Electric Submersible	Beam / Sucker Rod	Progressive Cavity	Subsurface Hydraulic	Gas Lift
Positive Features	High Volume	X		X	X
	High Volume Capacity	X		X	X
	Low Maintenance	X	X	X	
	Economical to Repair / Service		X	X	X
	Low Capital Investment		X	X	
	Pump Heavy Oil		X	X	
Shortcomings	Limited Lift Capabilities		< 5,000 ft		
	High Initial Capital cost	X		XX	XX
	High Power Consumption	X		X	
	Limited Ability to Pump Sand	X	X		X
	Operating Complexity / Difficulty				X
	If Prime Mover Fails, all Wells Stop				X
	Maintenance Intensive				X
	Requires Source for Gas for Injection				X

ولغرض تصميم مضخات غاطسة كهربائية في بعض الآبار المتوقفة عن الجريان أو تلك المنتجة بصورة متقطعة ، في المكنم الرئيسي/حقل الرميلة الشمالي مع الأخذ بنظر الاعتبار العوامل المؤثرة على اختيار وتصميم المضخة ، تم اختيار البئر رش/ ٢٥ المتوقف عن الإنتاج كنموذج للدراسة.

تم استخدام فحوصات النمذجة السطحية المتوفرة والمقاسة قبل توقف البئر عن الجريان واعتماد مدى يصل الى نسبة قاطع ماء تصل الى (٨٠%) لاختيار المضخة المناسبة في حال تغير نسبة قاطع الماء في الوقت الحاضر.

استخدم البرنامج الجاهز (PROSPER) في اعداد حسابات الجريان العمودية وتصميم المضخة الغاطسة الكهربائية المناسبة في البئر ، علماً ان المدى (Ranges) المستخدمة في البرنامج كنسبة قاطع الماء، الضغط المكنم المغلق ، هي قيم حالية (آنية) ، كون البرنامج ستاتيكي ذا بعدين ولا يمكنه التنبؤ بالتغيرات المستقبلية (Predict) ، لذا فأن النتائج الحالية ، تعتبر (غير صحيحة) في حال تغير قيم الضغوط او نسب قاطع الماء .

طريقة العمل في تصميم منظومة الرفع الصناعي لهذا البحث

تتضمن طريقة التصميم ، ضرورة توفير البيانات التالية:

- بيانات الأكمال للبئر ومن ضمنها اختيار موقع المضخة الغاطسة الكهربائية . جدول رقم (٢) .
- الخواص الفيزيائية والثرموديناميكية للبئر (PVT) . جدول رقم (٣) .
- الضغط المكمني المغلق للبئر . جدول رقم (٤)
- نسبة قاطع الماء المقاسة . " وفي حال عدم قياسها يتم اعتماد مدى يتراوح بين (صفر-٨٠%) ."
- قيمة ضغط رأس البئر الجرياني والذي يتم اختياره اعتماداً على ضغط المرحلة الاولى في محطات عزل الغاز (تم تحديده ب ٢٥٠ با/عقدة^٢) .
- قيمة لمعدل الانتاج المستهدف من البئر والتي يجب ان تكون متجانسة مع طريقة الاكمال ، دليل انتاجية البئر والخواص المكمنية الاخرى ، حيث يتم تجربة عدة قيم لمعدل الانتاج ولحين الحصول على قيمة واقعية .

المدخلات:

تم ادخال البيانات التالية لتصميم واختيار المضخة الغاطسة الكهربائية المناسبة للبئر رش/٢٥ وكما في الجداول(2-4):

الجدول رقم (2) / بيانات أكمال البئر

رقم البئر رش/ ٢٥	عمق البطانة متر ٣٢٢٩	قطرها عقدة ٧	عمق المضخة متر ٢٥٠٠	قطرها عقدة ٥,١٣-٤	الملاحظات
					البئر مكتملة في وحدة (دج)

الجدول رقم(3) / الخواص الفيزيائية والثرموديناميكية

رقم لبئر رش/ ٢٥	الكثافة API ٣٠,٣	نسبة الغاز/النفط م/٣م ١٤١	معامل التكوين الحجمي للنفط ١,٤٦٨٦	اللزوجة سنتي بواز ٠,٥	ضغط الاشباع با/عقدة ٢ ٢٧٨٥

الجدول رقم (4) / بيانات الضغط المكمني المغلق المقاسة

رقم البئر رش/ ٢٥	الضغط المكمني المغلق با/عقدة ٢ ٤٠٥٥	الملاحظات
		قيمة مقاسة

النتائج ومناقشتها

استخدم البرنامج الجاهز (PROSPER) في اعداد تصاميم لتنزيل مضخة غاطسة كهربائية ، ونظراً لكون اغلب بيانات قاطع الماء قديمة ، فقد تم اعداد تصاميم لانتاج البئر بضغط رأس البئر (٢٥٠) با/عقدة^٢ ونسب قاطع ماء تتراوح بين القيمة الفعلية قبل توقف البئر واقصى نسبة قاطع ماء يمكن معها للمضخة الغاطسة الكهربائية المنزلة ان تعمل والتي حددت (٨٠%) ، وكانت النتائج كما يلي:

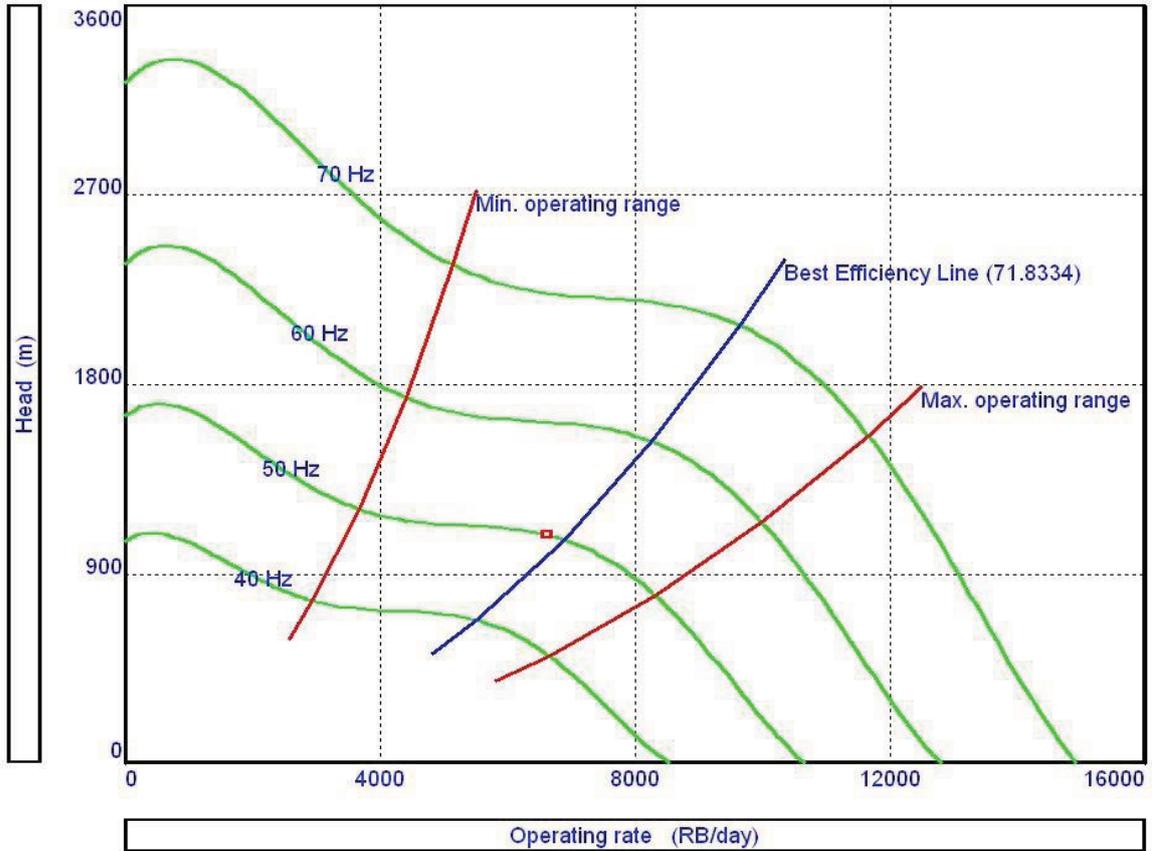
توقفت البئر عن الجريان في تشرين الاول/٢٠٠٤ . بينت النتائج امكانية انتاج البئر بمعدل يتراوح بين (٤٥٠٠-٥٠٠٠) ب/ي من (النفط الرطب) عند نسبة قاطع الماء (٣٥%) وصولاً الى قاطع ماء (٨٠%) ، والجدول رقم (5) يلخص النتائج.

الجدول رقم (5): أنواع المضخات وبياناتها وحسب نسب قواطع الماء المصاحب المختلفة

ارتفاع السائل فوق المضخة متر	عدد المراحل	نوع القابلو	نوع الماطور	نوع المضخة	معدل انتاج النفط الجاف ب/ي	قاطع الماء %
١٠٧٨	١٦٧	Copper#4	Centrilift-450 240Hp,2200V,58A	Centrilift GC- 8200- 5.13"	٣٢٥٠	٣٥
١١٠٩	١٧٠	"	" " "	" "	٢٩٩٠	٤٠
٩٥٧	١٤١	"	Centrilift-450 222Hp,2048V,58A	Centrilift GC- 6100- 5.13"	٢٢٥٠	٥٠
١٠٥٣	١٤٩	"	Centrilift-450 240Hp,2200V,58A	" "	١٨٠٠	٦٠
١١٥٧	٢٩٦	"	" " "	Centrilift FC- 6000- 4"	١٣٣٠	٧٠
١٢٧٣	٢١٦	Copper#2	Reda-456 300Hp,1950V,81A	Reda GN- 5600-5.13"	٩٠٠	٨٠

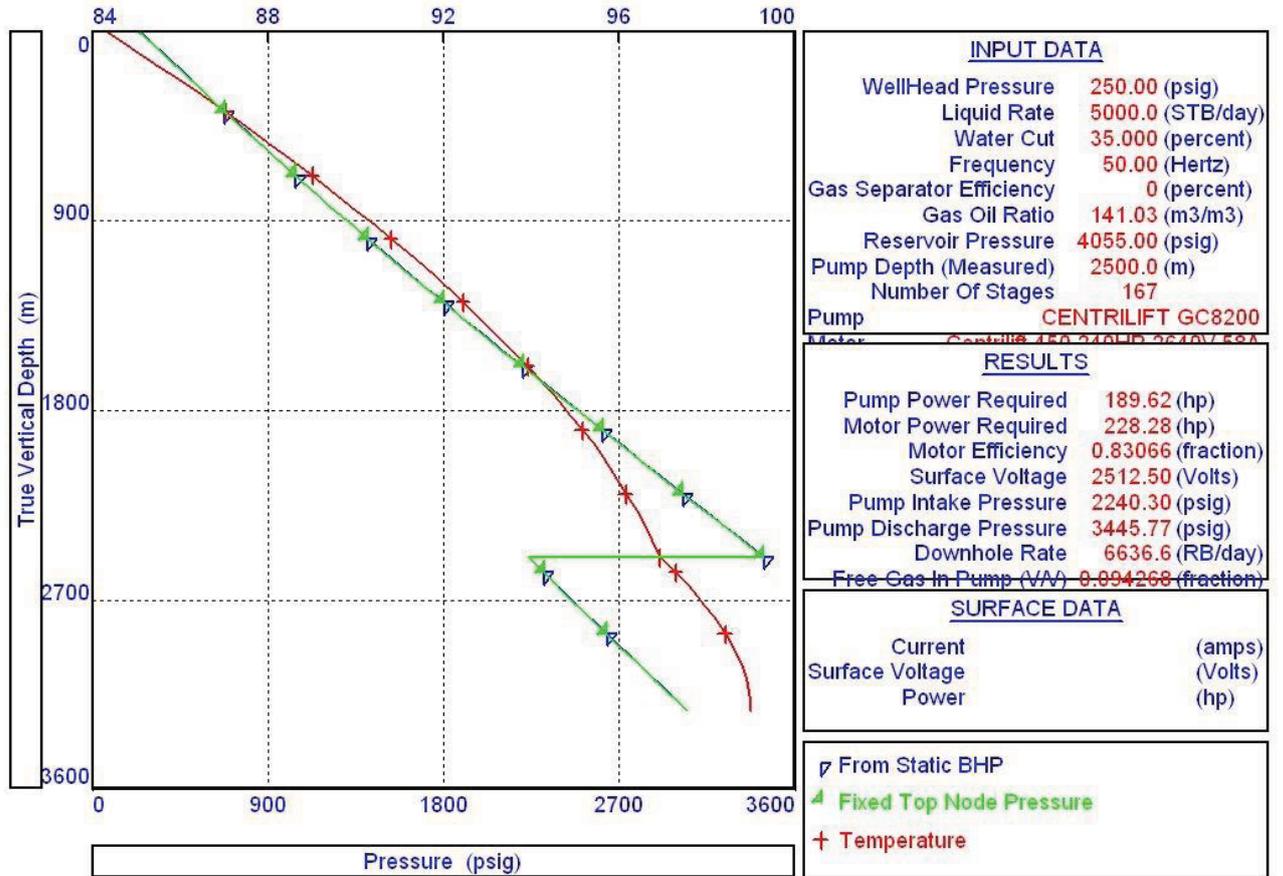
وتبين الاشكال (١٨-١) ملخص النتائج :

تم تفسيراً للمجموعة الأولى للأشكال (٣-١) وأعتدنا نفس التفسير الفني لباقي الأشكال :



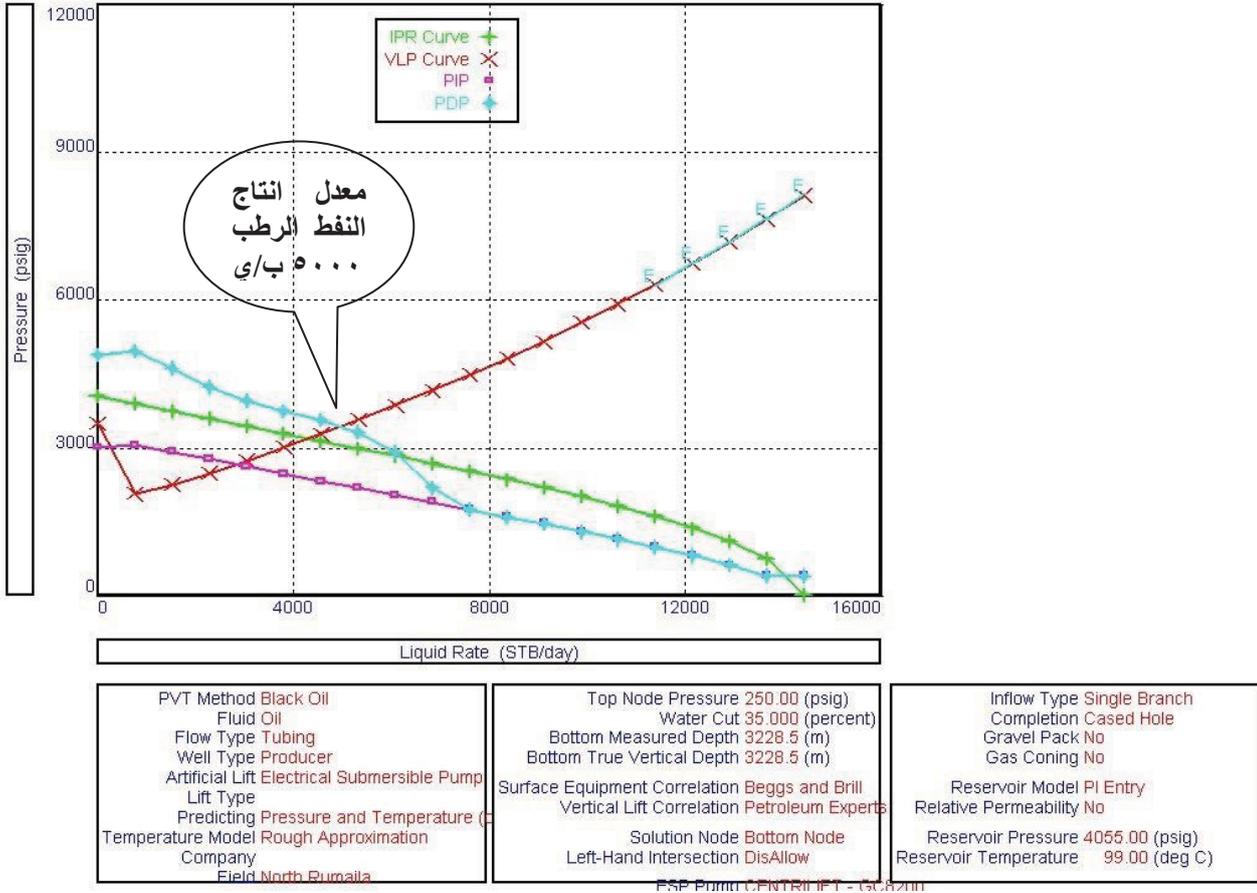
شكل رقم (١) العلاقة بين معدل الانتاج التشغيلي وأرتفاع عمود السائل فوق المضخة

الشكل رقم (١) أعلاه يوضح العلاقة بين معدل أنتاج البئر التشغيلي مع أرتفاع عمود السائل الواجب توفره فوق المضخة لضمان أشتغالها وفي ترددات مختلفة لتشغيل المضخة مع بيان الحدود المثلى لعمل المضخة ويتضح منه بأن زيادة تردد المضخة ستؤدي الى زيادة معدل أنتاج البئر ولكن يجب الأنتباه الى ضرورة عمل المضخة بين الخطين الأحمرين والمتمثلين بالحد الأدنى والحد الأقصى لظروف التشغيل وكلما كانت الحالة قريبة الى الخط الأزرق وهو ظرف التشغيل الأمثل فهذا أفضل من أجل ضمان كفاءة عمل المضخة وطول العمر التشغيلي لها كذلك.



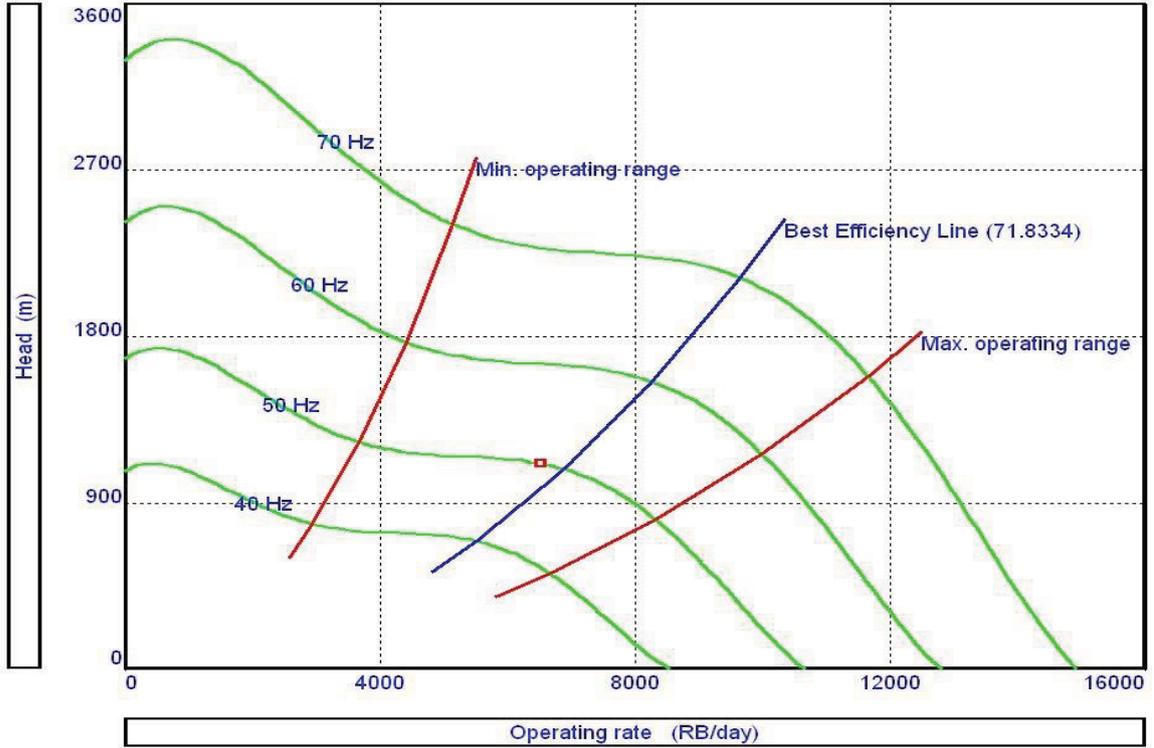
شكل رقم (٢) العلاقة بين الضغط الجرياني في جوف البئر مع العمق

الشكل رقم (٢) أعلاه ويتضح فيه الزيادة في الضغط الجرياني للنفط عند عمق تنصيب المضخة بسبب أداء المضخة الغاطسة وهذا بدوره سيؤدي الى رفع فرق الضغط المسبب للأنتاج مما يؤدي الى زيادة معدل أنتاج النفط .

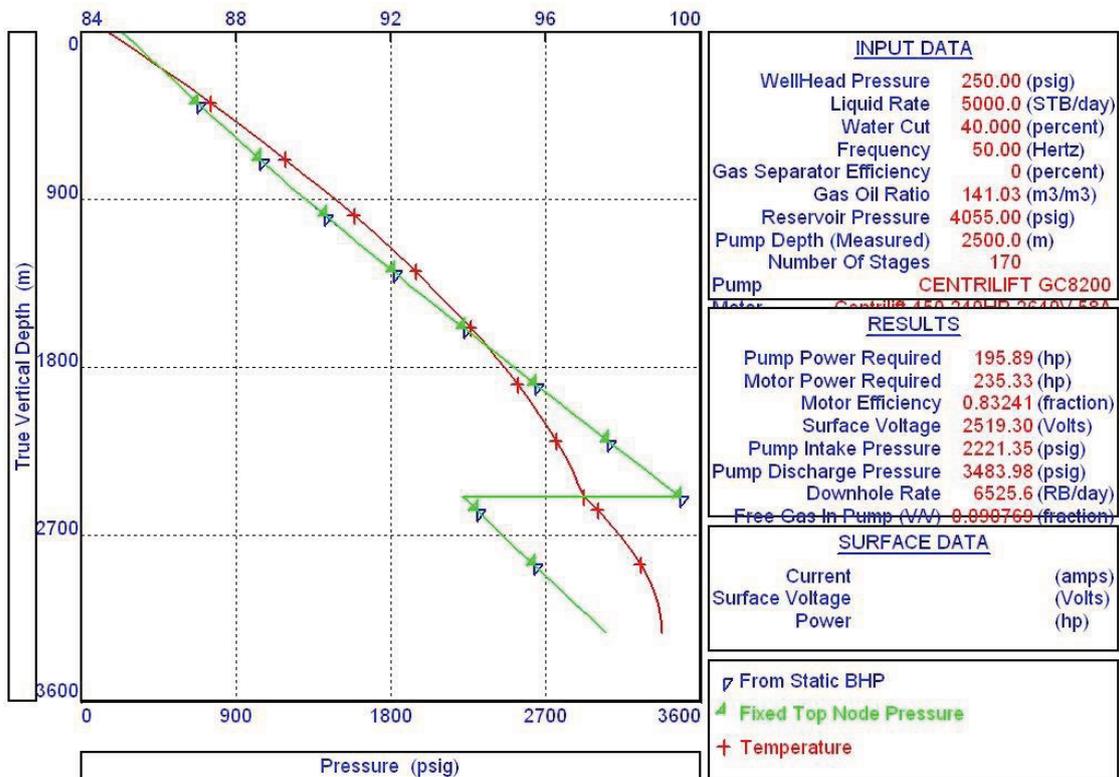


شكل رقم (٣) العلاقة بين معدل إنتاج البئر والضغط الجرياني في جوف البئر

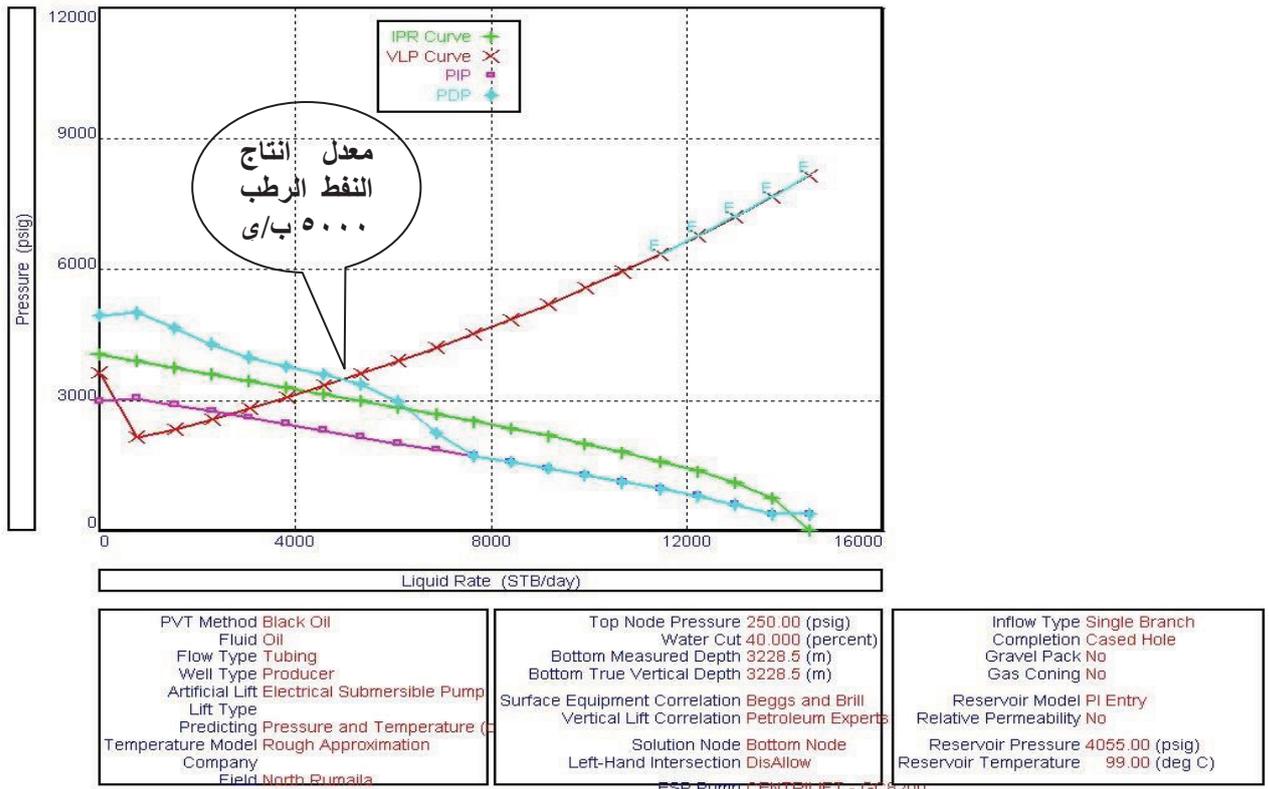
الشكل رقم (٣) أعلاه يوضح تأثير أدائية المضخة الغاطسة على منحنى أدائية البئر IPR حيث يكون ضغط النفط الخارج من المضخة Discharg pressure أعلى من ضغطه قبل دخول المضخة Intake pressure وتقاطعها مع منحنى أدائية الرفع العمودي للبئر VLP في نقطة جديدة وبمعدل إنتاج أعلى (٥٠٠٠ ب/ي نفط رطب).



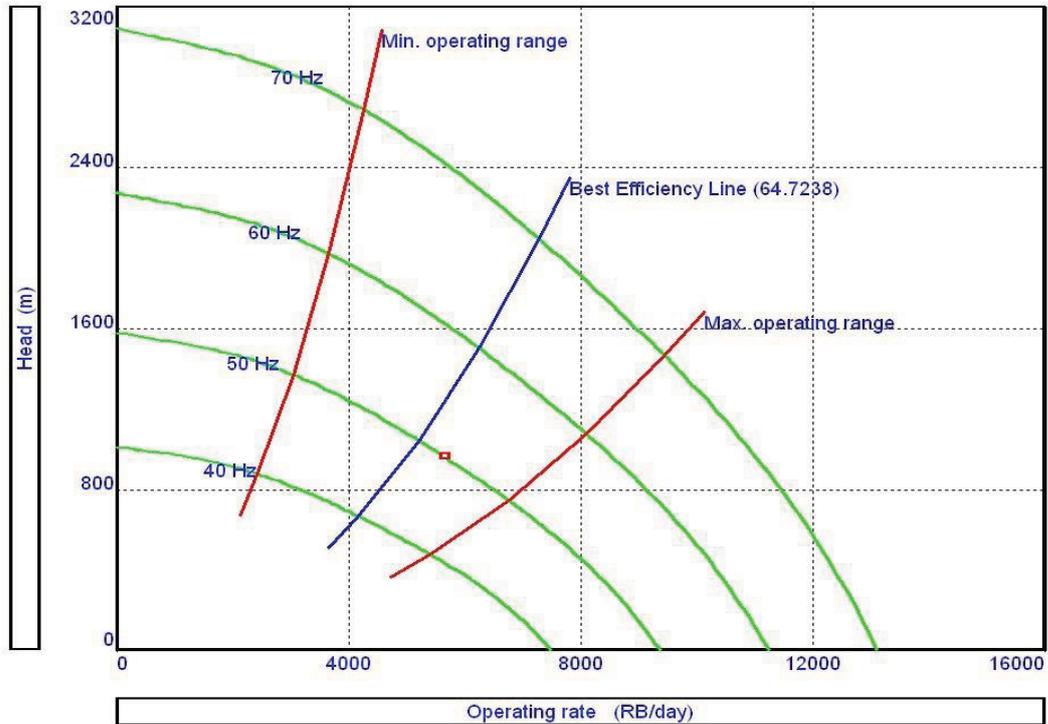
شكل رقم (٤)



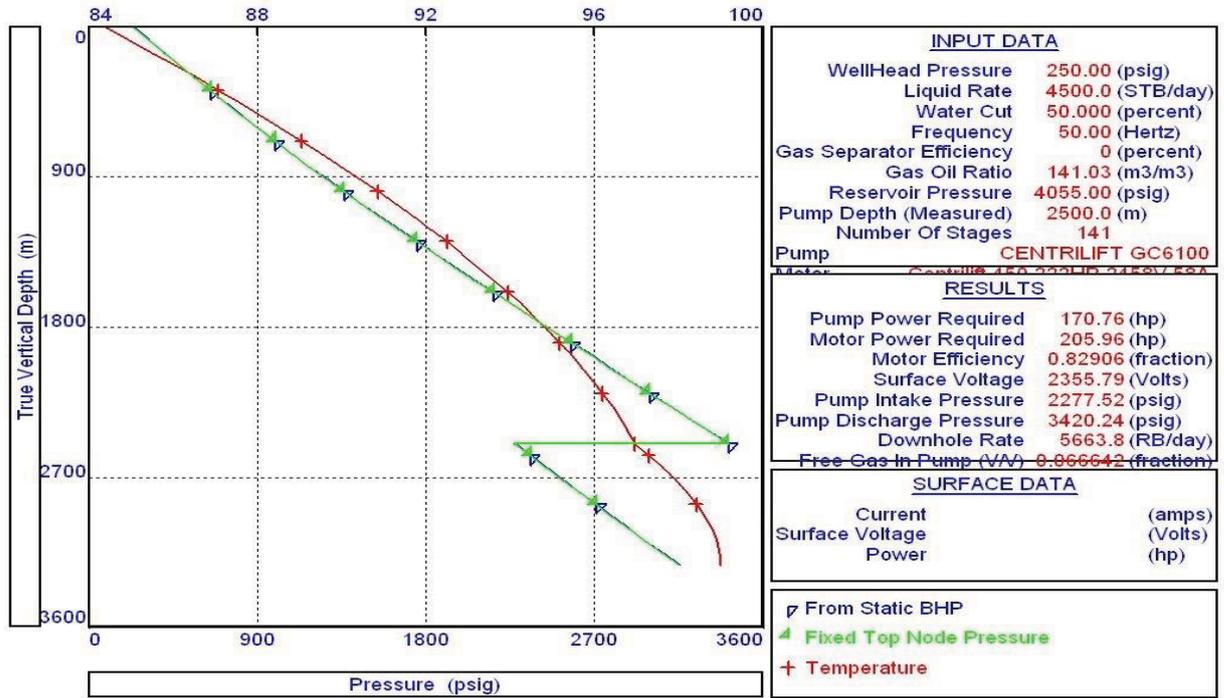
شكل رقم (٥)



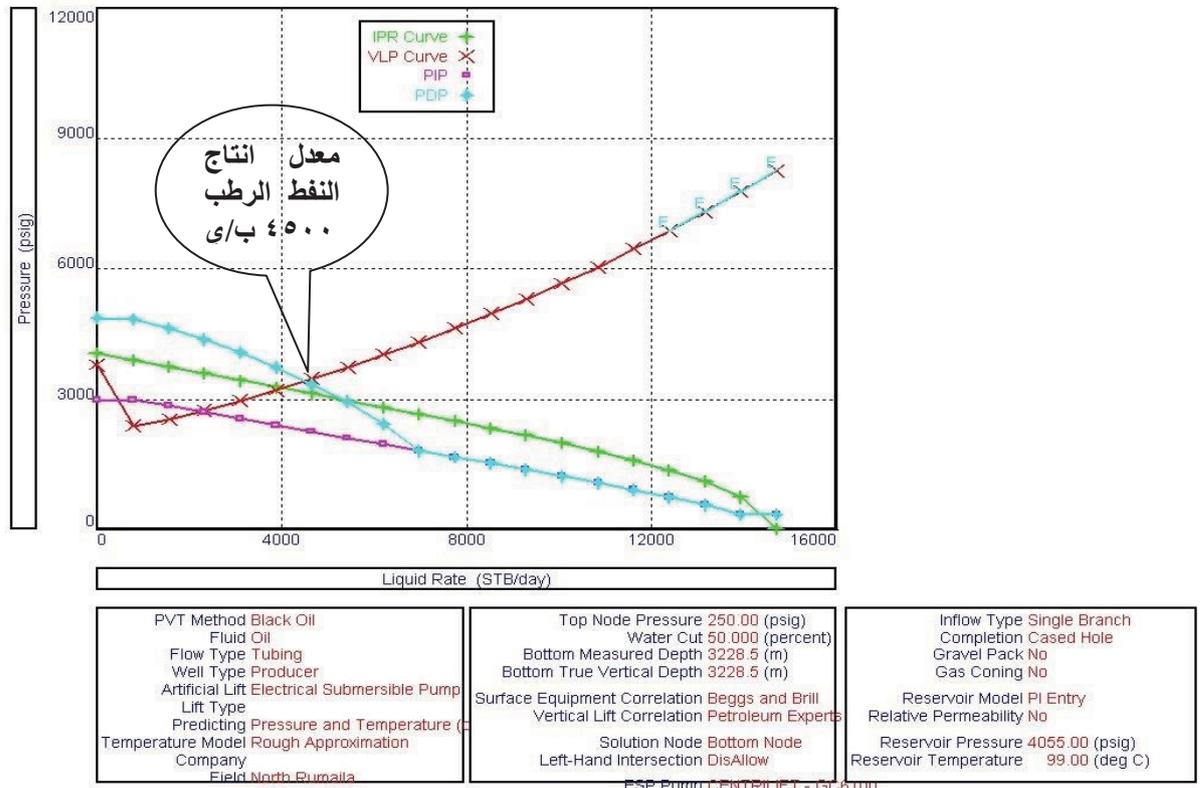
شكل رقم (٦)



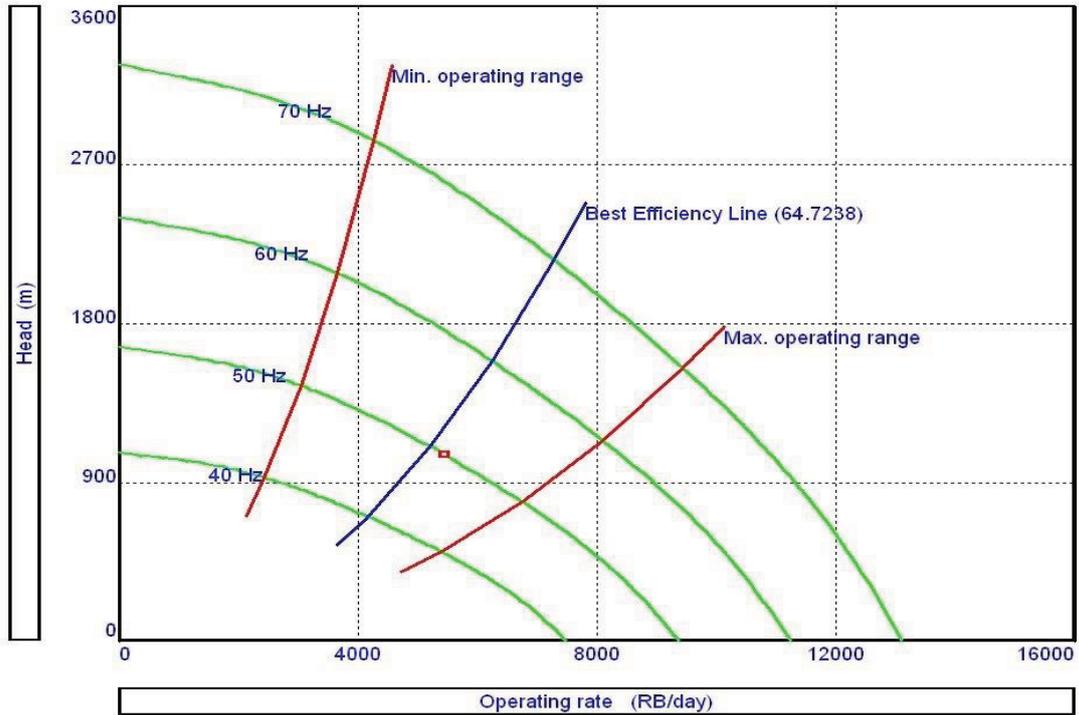
شكل رقم (٧)



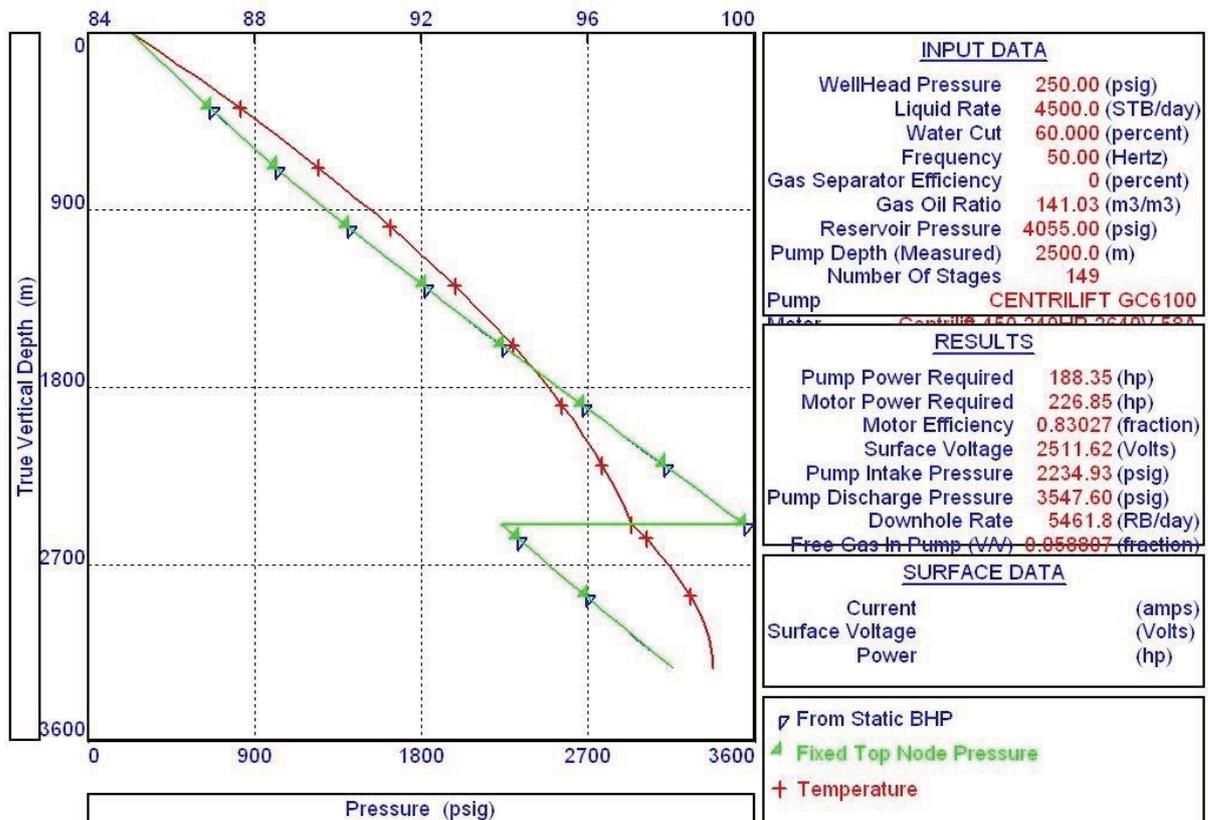
شكل رقم (٨)



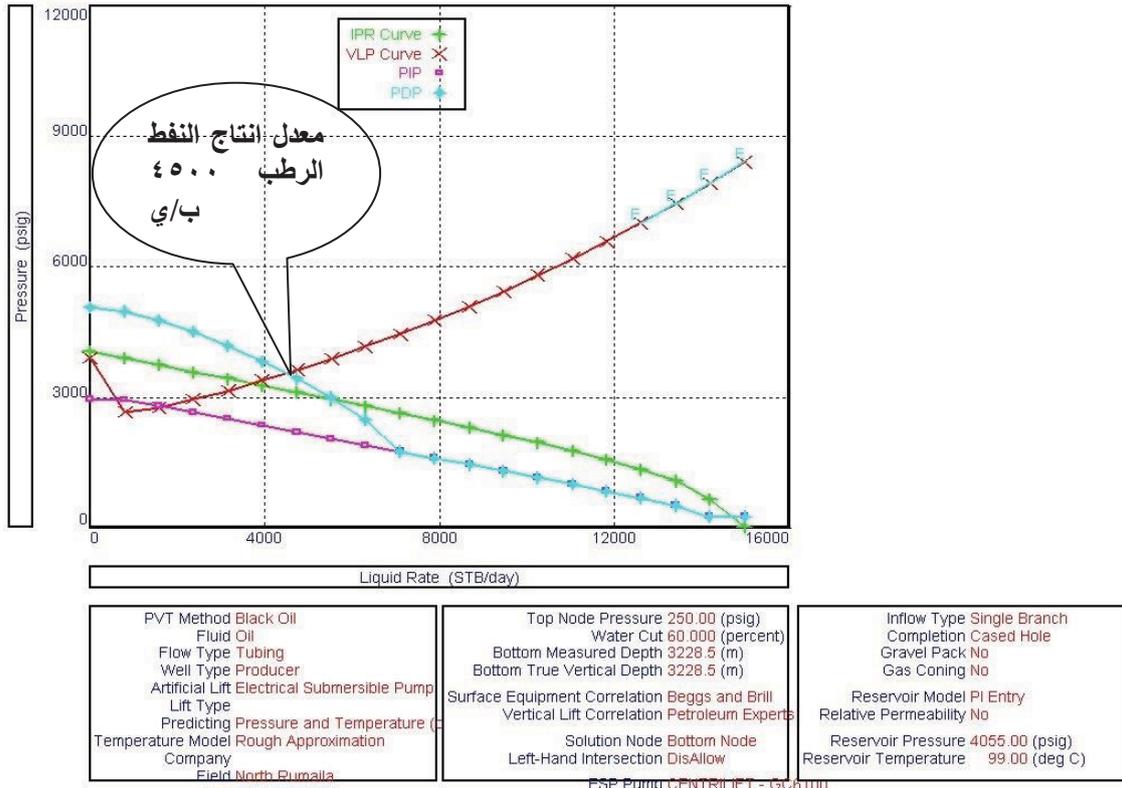
شكل رقم (٩)



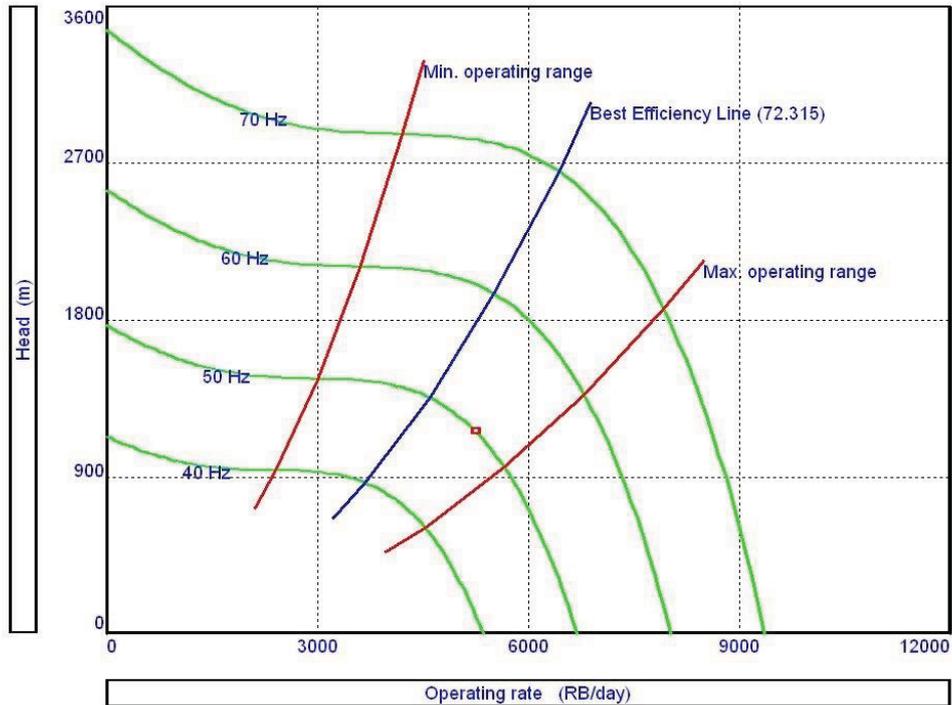
شكل رقم (١٠)



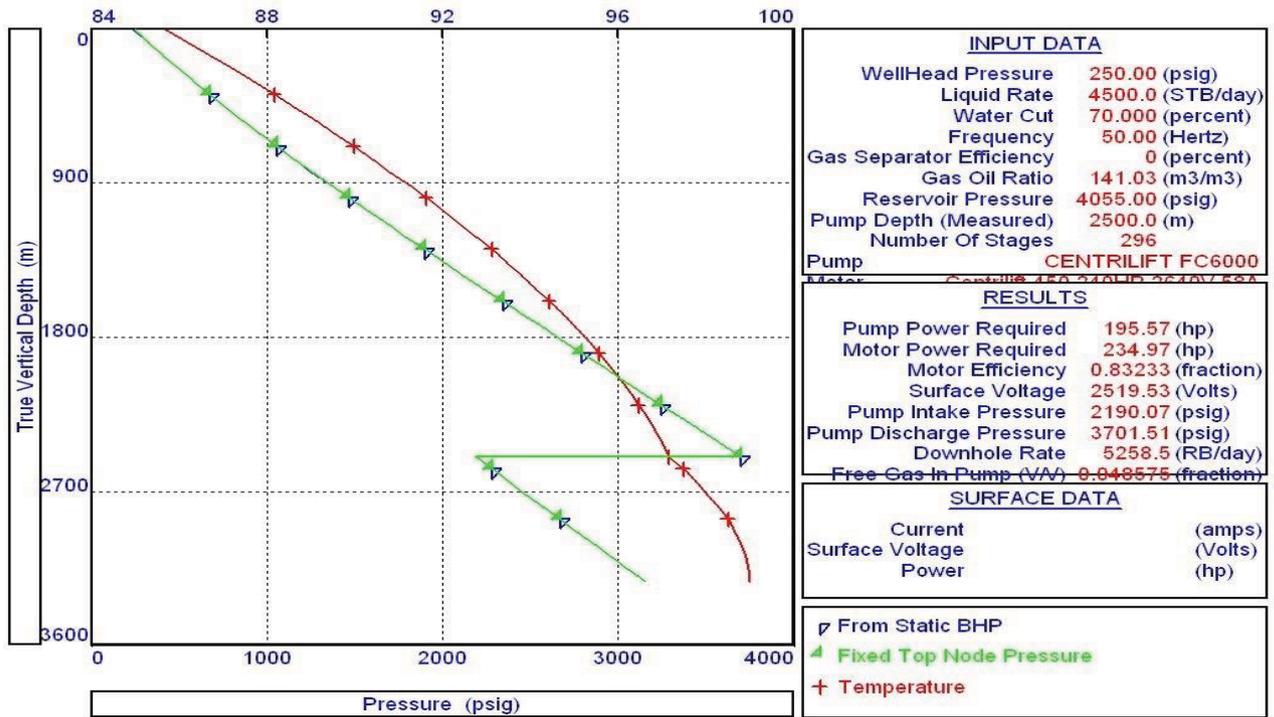
شكل رقم (١١)



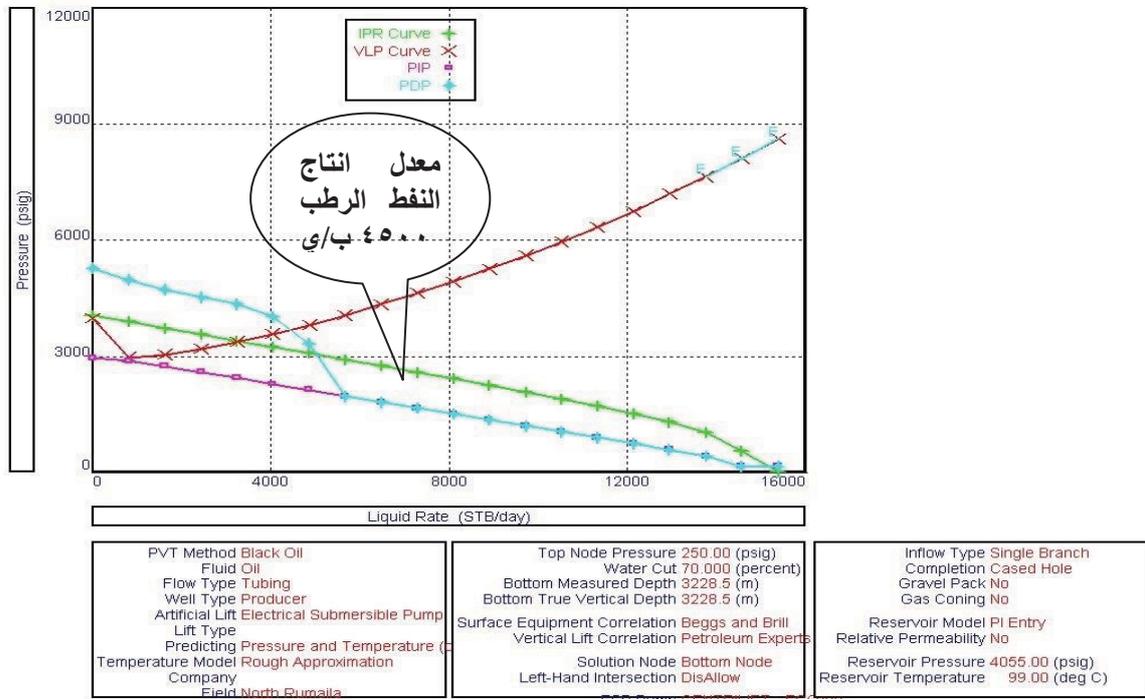
شكل رقم (١٢)



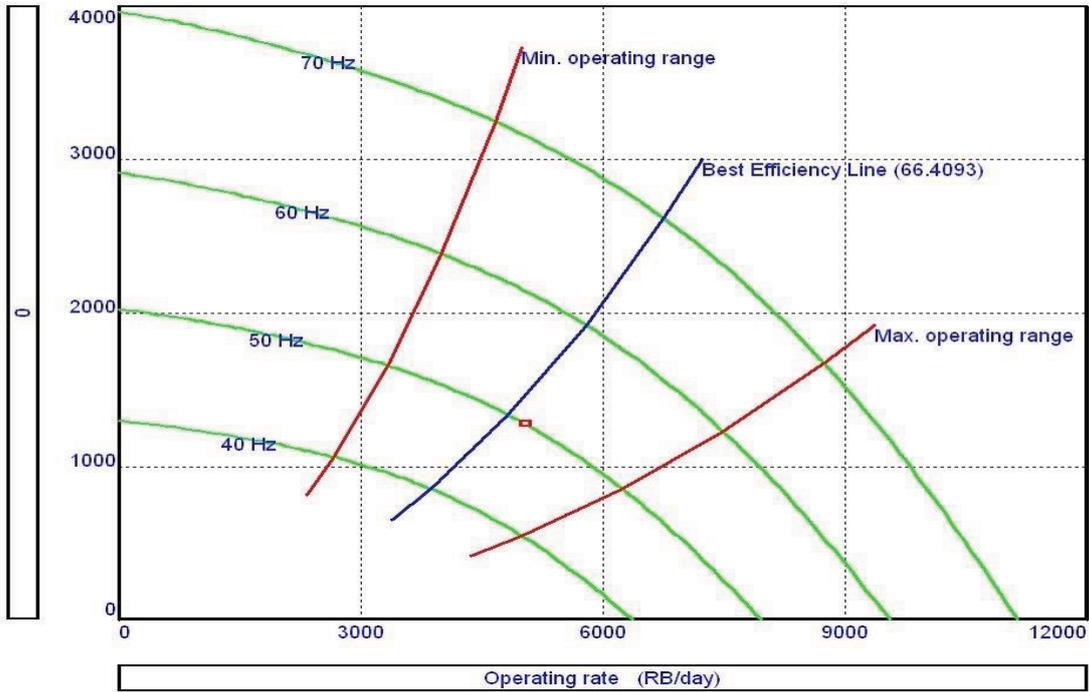
شكل رقم (١٣)



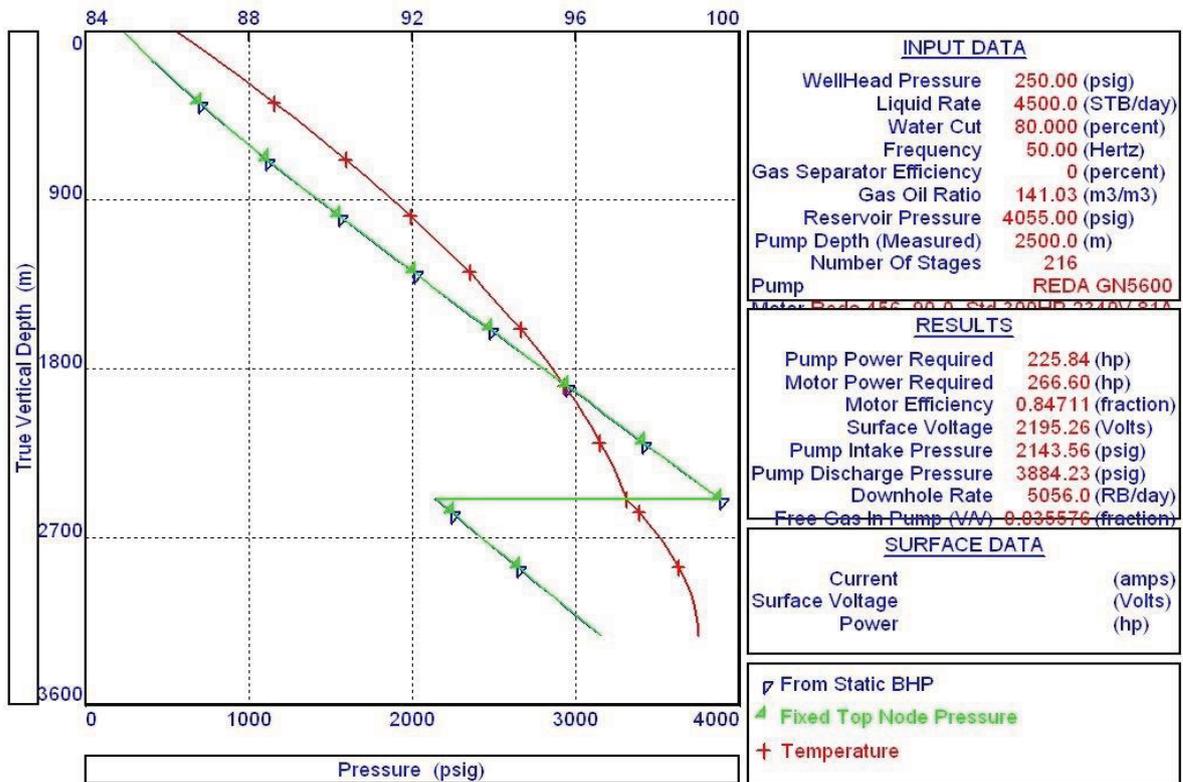
شكل رقم (١٤)



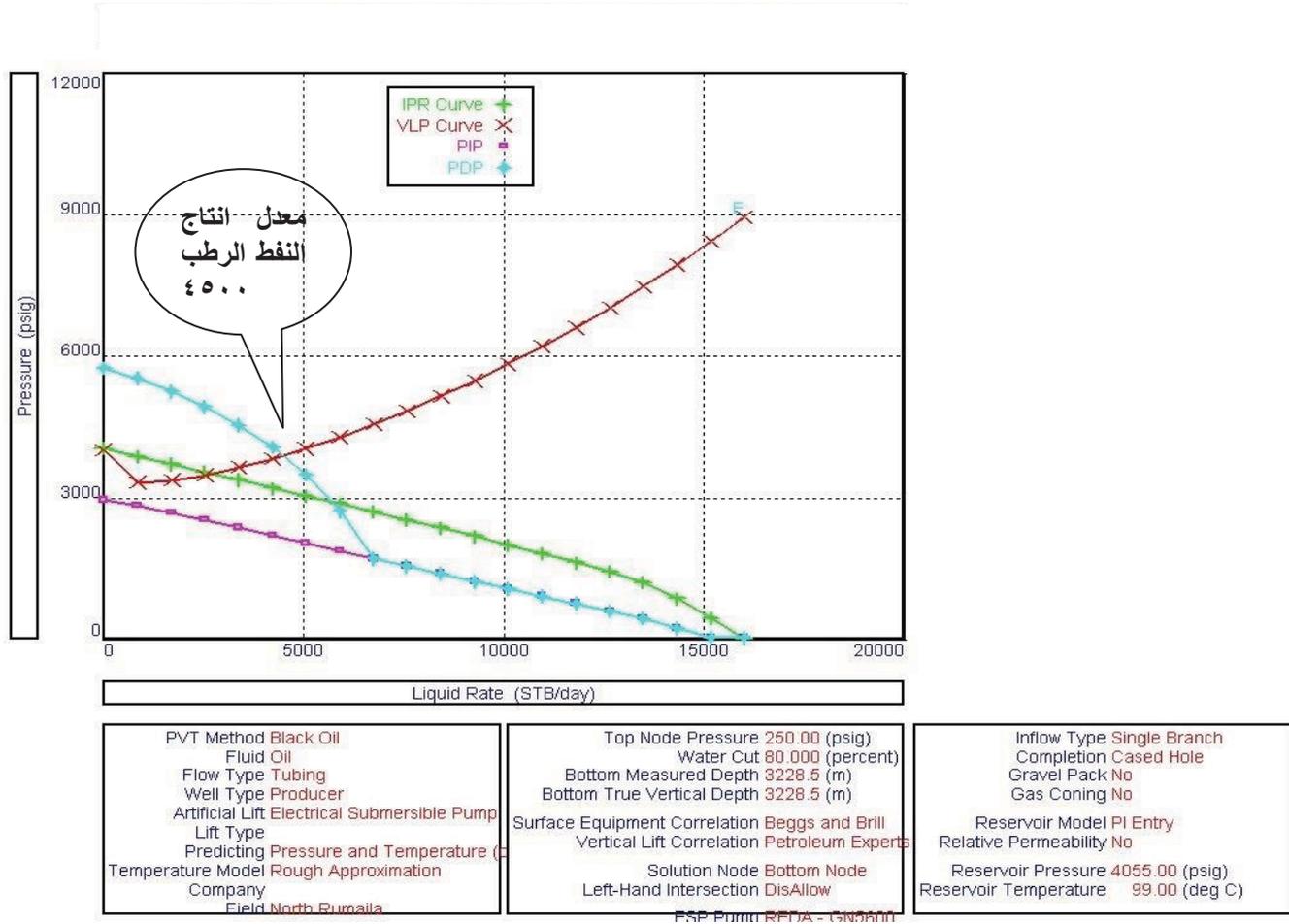
شكل رقم (١٥)



شكل رقم (١٦)



شكل رقم (١٧)



شكل رقم (١٨)

الاستنتاجات

- 1- بينت نتائج التصميم للبئر رش-٢٥ المختارة في الممكن الرئيسي حقل الرميطة الشمالي ، امكانية إعادة البئر المتوقف عن العمل الى الإنتاج وبمعدلات إنتاجية مختلفة (٣٢٥٠ - ٩٠٠) برميل نفط /يوم تعتمد على نسبة قاطع الماء في النفط المنتج (٣٥% - ٨٠%) على التوالي (الجدول رقم (٥) في النتائج).
- 2- تراوحت سعة المضخات الغاطسة الكهربائية المختارة ، على إنتاج ما يتراوح بين (٩٠٠-٣٢٥٠) ب/ي وبنسب مختلفة لقاطع الماء (٣٥% - ٨٠%) على التوالي اعتماداً على دليل إنتاجية هذا البئر والذي قدر بـ (٢-٥) (برميل/يوم)/(باوند/عقدة^٢) والذي اعتمد بدوره على الطاقة الانتاجية للبئر و فرق الضغط بين الضغط المكمني وضغط قعر البئر الجرياني قبل توقف البئر عن الجريان (الجدول رقم (5) في النتائج).

- ٣- اختيار المضخات المناسبة أثناء التصميم بحيث لا تعمل بظروف (أعلى من الحد الأقصى) أو (أقل من الحد الأدنى) سيؤدي الى اطالة عمر المضخة وضمان كفاءة عملها (شكل رقم ١ في النتائج).
- ٤- تؤثر قيمة قاطع الماء في البئر دورا مهما في اختيار نوع المضخة المناسبة لظروف البئر وبالتالي تحديد معدل الإنتاج المستهدف من تنصيب المضخة (الجدول رقم (5) في النتائج).
- ٥- تنصيب المضخة على أعماق قليلة يتيح إمكانية اختيار مضخات كبيرة تعمل بمعدلات إنتاج كبيرة وهذا يشترط وجود ضغط مكمني قادر على إيصال النفط الى عمق المضخة المراد تنصيبها فيه والعكس صحيح ففي حالة كون الضغط المكمني أقل يجري اختيار عمق أكبر لتنصيب المضخة مع الحصول على معدلات إنتاج أقل لان المضخة ستكون أصغر كون قطر بطانة البئر أقل حيث تم اختيار مضخات بأقطار (٤ - 5.13) عقدة (الجدول رقم (5) في النتائج).
- ٦- لا توجد علاقة بين عدد المراحل للمضخة ومعدل إنتاج المضخة وإنما ذلك يعتمد على نسبة قاطع الماء ومواصفات النفط المنتج والضغط المكمني (العوامل المؤثرة في تنصيب المضخة) حيث يكون معدل الإنتاج ٣٢٥٠ برميل/يوم فان عدد مراحل المضخة ١٦٧ بينما عندما يكون معدل إنتاج المضخة ٩٠٠ برميل/يوم فان عدد المراحل ٢١٦ (الجدول رقم (5) في النتائج).

المصادر:

1- Petroleum production engineering (BOYUN GUO, WILLIAM C. LYDNS) ISBN 0750682701 Publishers: Elsevier Science & Technology Books Pub. Date: February 2007.

2- Production Optimization using NODALTM Analysis OGCI, Inc., Petro skills, LLC. And H. Dale Beggs P. O. Box 35448 Tulsa, Oklahoma 74153-0448.

3-Takacs, G., Szilas, A. P. and Sakharov, V. A., "Hydraulic Analysis of Producing Wells", May 1984

4 - Electrical Submersible Pump Analysis and Design / May 30, 2001

Case Services, Inc.

738 Highway 6 South

Suite 800

Houston, TX 77079

Phone: 281-497-0242

Fax: 281-497-0683

Email: info@caseservices.com

Web Site: www.caseservices.com

5 – Journal of Canadian Oilwell Systems Company Ltd. / Basic Artificial Lift summary / page 9