

تقنيات الرفع الاصطناعي للنفط

Artificial Lift Techniques for Oil

عبد الوهاب الشيخ قادر
خبير

المقدمة

يستمر الإنتاج من الآبار المحفورة في الحقول النفطية ذات القوة الدافعة الطبيعية العالية طالما يبقى الضغط المكمني بمستويات تفوق الضغط المسلط على نقطة دخول الموائع من المكمن إلى البئر. و لكن ذلك لن يدوم بسبب الهبوط الإعتيادي للضغط نتيجة سحب النفط من المكمن، حيث يفقد جريان النفط من قعر البئر إلى السطح فاعليته تدريجياً و يصبح من الضروري دعم العمود النفطي في البئر لإيصاله إلى السطح.

يأتي هذا الدعم من خلال طرق مختلفة تستخدم داخل المكمن النفطي منها صيانة الضغط المكمني بحقن الماء تحت مستوى النفط/الماء أو حقن الغاز فوق مستوى الغاز/النفط أو من خلال تقنيات تؤدي إلى تقليل كثافة و لزوجة النفط بطرق حرارية و كيميائية معروفة باسم "تقنيات الإستخلاص المدعم للنفط" (Enhanced Oil Recovery Techniques).

إلا أننا سنركز في هذا المقال على تقنيات أخرى لدعم عملية الإنتاج من الآبار تستخدم داخل البئر النفطي نفسها لرفع النفط من جوف البئر لإيصاله إلى محطات عزل الغاز و من ثم إلى الأنابيب الناقلة للنفط. و تسمى هذه التقنيات بالرفع الاصطناعي.

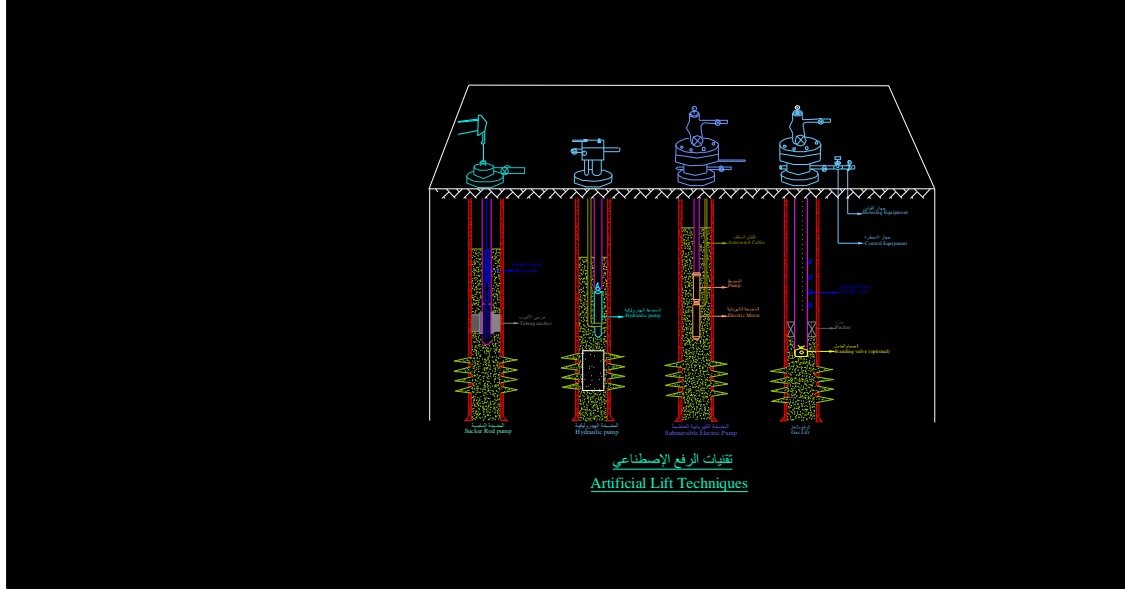
و تستخدم معظم هذه الأساليب حالياً في شركة نفط الشمال: مثل الرفع بالغاز في منطقة جبل بور من حقل كركوك، و الرفع بالمضخات الماصة في حقل صفيّة، و الرفع بالمضخات الكهربائية الغاطسة في بعض آبار مشروع الماء الموحد.

أساليب الرفع الاصطناعي

هنالك أكثر من أسلوب لرفع النفط في الآبار التي فقد فيها النفط قوّته الدافعة للوصول إلى السطح و الدخول إلى وحدات عزل الغاز إزاء الضغوط المستخدمة في هذه الوحدات. فقد أبتكرت تقنيات عديدة تُستخدم داخل جوف الآبار لهذا الغرض نورد من أهمها باختصار شديد ما يأتي:

١. الرفع بالغاز (Gas Lift)
٢. الرفع بالمضخات الكهربائية الغاطسة (Electrical Submersible Pump)
٣. الرفع بالمضخات القضيبيّة الماصة (Sucker Rod Pump)
٤. الرفع بالمضخات الهيدروليكية (Hydraulic Pump)

و إن كل أسلوب من الأساليب أعلاه مُصمّم لحالة أو حالات معينة من إنتاج النفط على وفق العوامل المؤثرة في عملية الإنتاج مثل طبيعة الصخور المكمنية و سلوك الموائع (النفط و الغاز و الماء) فيها عند الإنتاج و قوة الدفع المكمني و التدرج الحراري و ميلان البئر عن الوضع العمودي و عدد الآبار المطلوبة و معدلات الإنتاج المنشودة و غيرها من العوامل. (أنظر الشطل أدناه)



و فيما يلي شرح موجز لكل أسلوب:

الرفع بالغاز (Gas Lift)

يعتبر هذا الأسلوب إحدى الطرق المستخدمة في الآبار التي ينقطع جريان النفط فيها إلى السطح أو لا يصل إلى وحدات العزل ذات الضغط العالي نسبياً. حيث يقوم الغاز المحقون إلى البئر برفع النفط منها و ذلك بخفض كثافة النفط و تقليل ضغط العمود النفطي إزاء نطاق الإنتاج من الممكن ليحدث فرق الضغط المناسب بين الممكن و قاع البئر مما يساعد على تدفق النفط من الممكن إلى جوف البر و من ثم إلى السطح . و كما تقوم الفقاعات الغازية المنتشرة في العمود النفطي داخل أنبوب الإنتاج، عند تمددها كلما إرتفعت في الأنبوب و ازدادت مساحتها، بدفع كتلة النفط و إزاحتها إلى الأعلى.

و يمكن إستخدام تقنية الرفع بالغاز بنجاح في الحالات الآتية:

- ١ . للإستمرار بإنتاج النفط من الآبار التي تهبط فيها الطاقة الطبيعية للإنتاج.
- ٢ . لزيادة معدلات الإنتاج من الآبار المنتجة بالطاقة الطبيعية.
- ٣ . لتنشيط الآبار التي تتلأ في الإنتاج بالطاقة الطبيعية بتحفيظها بما يُعرف (بالرفسة = Kick)
- ٤ . لتسهيل حقن الماء و الفوائض النفطية الثقيلة نسبياً في آبار الحقن.
- ٥ . لرفع الموانع (النفط و الماء و الهيدروكربونات الأثقل من الغاز) في الآبار الغازية.

و إن آلية الرفع بالغاز تعتمد بالدرجة الأولى على الطاقة الكامنة في ضغط الغاز المحقون عند نهاية أنبوب الحقن لدفع النفط من هذه النقطة إلى السطح من جهة وعلى إنتشار فقاعات الغاز في العمود النفطي داخل الأنبوب لتقليل كثافة النفط و بالتالي تقليل ضغط العمود النفطي ليسهل رفعه إلى السطح من جهة أخرى.

و هنالك نوعان من أسلوب الرفع بالغاز هما:

- **أسلوب الرفع المستمر (Continuous Gas Lift):** يُستخدم هذا الأسلوب في الآبار التي يكون ضغط قاع البئر عالياً (يكافيء حوالي ٧٠% من طول عمود النفط في جوف البئر) و مؤشر الإنتاجية (Productivity Index) أكثر من (٠,٥) برميل باليوم لكل باون على العقدة المربعة. و إن طاقة الرفع تتولد نتيجة لتمدد الغاز المحقون بضغط عال في بيئة أقل ضغطاً مما يساعد على جريان النفط داخل أنبوب الإنتاج أو الفراغ الحلقي بصورة مستمرة مع إستمرار حقن الغاز.
- **أسلوب الرفع المتقطع (Intermittent Gas Lift):** و يُستخدم هذا الأسلوب في الآبار التي يكون ضغط قاع البئر واطناً (يكافيء حوالي ٤٠% من طول عمود النفط في جوف البئر) و مؤشر الإنتاجية أقل من (٠,٥) ب/ي/عقدة مربعة و إن طاقة الرفع تتولد بنفس الطريقة الموضحة في الرفع المستمر ، إلا أن الغاز يُحقن لفترة زمنية معينة يتوقف لفترة معينة أخرى يُعاد بعدها الحقن – أي تكون عملية الحقن دورية مبرمجة تُحدد فيها فترتا الحقن و التوقف و تُنظمان على وفق قيمة الضغط في كل من أنبوب الإنتاج و الفراغ الحلقي لتأمين أفضل رفع للنفط.

الرفع بالمضخة الكهربائية الغاطسة (Electrical Submersible Pump)

يعتمد هذا الأسلوب على إنتاج النفط باستخدام مضخة كهربائية إعتيادية لرفع السوائل التي تُغطس فيها المضخة. إن نجاح المضخة الكهربائية الغاطسة في الرفع الإصطناعي يكمن في إمكانية إستخدامها في رفع النفط ذي الكثافة و اللزوجة المختلفة و تحت درجات حرارة عالية وفي آبار الغاز أيضاً. و تُستخدم هذا النوع من المضخات بطبيعة الحال لرفع الماء من الآبار المائية. و إن كثيراً من الآبار النفطية البحرية و كذلك في المناطق المتجمدة (في روسيا و ألاسكا) تُستخدم فيها هذا النوع من (ESP).

إلا أن العمر التشغيلي للمضخة يُعتبر قصيراً نسبياً حيث كان يتراوح بين ١ – ٣ سنوات تحت الظروف الطبيعية. و بتحسن المادة المعدنية لمكوّناتها، أصبح العمر التشغيلي يتجاوز ٥ سنوات. و إن أهم معضلة في المضخات الغاطسة هي صعوبة الإستمرار بالإحتفاظ على العزل التام لمحرك المضخة و السلك الذي تتدلى منه و وصلة الربط لها.

و تُعتبر المضخة الكهربائية المعروفة (Roto Electro Dynamo Arutunoff = REDA) أول أنواع المضخات الكهربائية الرافعة المستخدمة في الصناعة النفطية في العالم.

الرفع بالمضخة القضيبيّة الماصة (Sucker Rod Pump)

يمكن إعتبار هذا النوع من الرفع الإصطناعي للنفط الخام هو الأقدم في صناعة النفط الإستخراجية في العالم، و لا يزال الأكثر شيوعاً، حيث يُستدلّ من الإحصائيات بأن غالبية الآبار المنتجة بطريقة الرفع الإصطناعي تعمل بهذا الأسلوب.

و بالرغم من بساطتها الظاهرية كمضخة أنبوبية ترددية، فإن المضخة الماصة معقدة من حيث العمل الذي يتطلب رفع موانع متعددة الأطوار (نفط / ماء / غاز) و متغيرة المواصفات من أعماق كبيرة نسبياً.

و يتألف نظام المضخة القضيبيّة الماصة من الأجزاء الأساسية الآتية:

١. وحدة المنشآت السطحية (Surface Installation Unit)
٢. المضخة الماصة الجوفية (Subsurface Sucker Rod Pump)
٣. قضيب كابسة الضخ (Sucker Rod)

إضافة إلى المحرك الكهربائي ذي السرعة الواطنة الذي يعمل على تدوير عتلة كبيرة تتحوّل عن طريق صندوق ناقل الحركة الدورانية إلى حركة رأسية خطية (أعلى / أسفل) للقضيب المصقول السطح لتنتقل هذه الحركة إلى المضخة الماصة عند قعر البئر و تُحدث فراغاً فيها يرفع النفط من القعر إلى السطح.

الرفع بالمضخة الهيدروليكية (Hydraulic Pump)

تعمل المضخة الهيدروليكية وفق مبدأ انتقال الضغوط في الموائع (السوائل و الغازات) من خلال و بواسطة أجزائها المختلفة (نقات القذف = Ejector Nozzle و مجموعة الخانق = Throat&Diffuser Assembly) و (مانع الطاقة = Power Fluid) لإحداث حركة سريعة للرفع إلى الأعلى.

و هناك ثلاثة أنماط لعمل هذا النوع من المضخات كالآتي:

١. نمط التدوير الإعتيادي (Standard Circulation) الذي يتم فيه ضخ مائع الطاقة من خلال أنبوب الإنتاج ليتم الإنتاج من خلال الفراغ الحلقي.
 ٢. نمط التدوير العكسي (Reverse Circulation) الذي يُضخ فيه مائع الطاقة من خلال الفراغ الحلقي و يكون الإنتاج من خلال أنبوب الإنتاج.
 ٣. نمط الإكمال بالأنابيب المتوازية (Parallel Tubing) حيث يتم الضخ في أحد الأنبوبين (أنبوب مائع الطاقة) و يكون الإنتاج من الآخر (أنبوب الإرجاع).
- و في كل من الأنماط الثلاثة يتم إرساء المضخة الهيدروليكية عند قاع البئر مُتَدَلِّية من حلمة التعليق (Landing Nipple) بنهاية سلك التعليق.