INSTALLING VAPOR RECOVERY UNITS ON CRUDE OIL STORAGE TANKS

تركيب وحدات استعادة البخار على خزانات البترول الخام

ملخص تنفيذي

هناك ما يقرب من ٥٠٠٠٠٠ خزان لحفظ البترول الخام في الولايات المتحدة. يتم استخدام هذه الخزانات لحفظ البترول لفترات زمنية قصيرة وذلك من أجل حفظ توازن التدفق بين آبار الإنتاج وخط الأنابيب ومواقع النقل بالشاحنات أو أثناء التخزين، تتبخر الهيدروكربونات الخفيفة التي تنحل في البترول الخام بما في ذلك الميثان والمركبات العضوية المتطايرة الأخرى وسوائل الغاز الطبيعي والملوثات الجوية الخطيرة وبعض الغازات النادرة أو تتطاير وتتجمع في الفراغ الكائن بين السائل وسطح الخزان الثابت. وطالما أن مستوى السائل يتقلب في الخزان، غالبا ما تخرج هذه الأبخرة إلى الجو.

من بين الطرق التي يمكن الاستعانة بها لمنع انبعاثات تلك الأبخرة الهيدروكربونية الخفيفة وتحقيق فوائض اقتصادية كبيرة: تركيب وحدات استعادة البخار على خزانات البترول. تعد وحدات استعادة البخار أنظمة بسيطة نسبيًا تحتفظ بنحو ٩٥% من الأبخرة الغنية بالوحدات الحرارية البريطانية وذلك من أجل بيعها أو استخدامها في الموقع كوقود. وفي الوقت الحالي، يتم تركيب من ٧٠٠٠ إلى ٩٠٠٠ وحدة لاستعادة البخار في قطاع إنتاج البترول بمعدل أربع خزانات يتم توصيلها بكل وحدة.

هذا، وقد حقق شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي الكثير من الفوائض من جراء استعادة وتسويق هذه الأبخرة مع تقليل معدلات انبعاث غاز الميثان والملوثات الجوية الخطيرة في نفس الوقت. وقد توصل الشركاء إلى أنه عند كفاية حجم الأبخرة، يمكن أن يؤدي تركيب وحدة استعادة البخار على خزان أو أكثر للبترول الخام إلى تحصيل فائض يبلغ ٦٠٦٨٠٠ دولار في العام ويتحقق العائد في أقل من شهرين. تصف هذه الدراسة الخاصة بالدروس المستفادة كيف يمكن للشركاء أن يحددوا متى وأين يمكنهم تركيب وحدات استعادة البخار من أجل تحقيق تلك المزايا الاقتصادية والبيئية.

طرق تقليل انبعاثات غاز الميثان	حجم الغاز الطبيعي الذي يتم توفيره (ألف قدم مكعب/عام)	قيمة فوائض الغاز الطبيعي (دولار/عام)	تكاليف التطبيق (الدولار)	تكاليف أخرى (دولار)	العائد (شهور)
تركيب وحدات استعادة البخار على خزانات إنتاج البترول	٤٩٠٠ - ٩٦٠٠٠	٣٠٣٠٠ - ٦٠٦٨٠٠ دولار [1]	٣٥٧٣٨- ١٠٣٩٥٩ دولار	٧٣٦٧ - ١٦٨٣٩ دولار	٣-١٩

[1] بافتراض سعر الغاز ٧,٠٠ دولار/ألف قدم مكعب، يعادل ذلك ٩٥% من خسارة الغاز السنوية.

هذه سلسلة واحدة من "ملخصات الدروس المستفادة" التي أعدتها "وكالة الحماية البيئية" (EPA) بالتعاون مع جهات صناعة الغاز الطبيعي بخصوص التطبيقات الفائقة ل"أفضل ممارسات الإدارة" (BMPs) والفرص المذكورة من جانب الشركاء (PROs) التابعة لبرنامج ستار للغاز الطبيعي Natural Gas STAR.

الدروس المستفادة

الخلفية الفنية

يحتوي البترول الخام الموجود تحت سطح الأرض على العديد من الهيدروكربونات الخفيفة المنحلة. عند إخراج البترول إلى السطح ومعالجته، تتم إزالة الكثير من الهيدروكربونات المذابة الأكثر خفة (إضافة إلى المياه) من خلال مجموعة من الفواصل ذات الضغط المرتفع والمنخفض. ثم يتم وضع البترول الخام آنذاك في خزان لحفظه انتظارًا لبيعه ونقله خارج الموقع. وتنتشر الهيدروكربونات المتبقية في البترول في صورة أبخرة بالخزان. وإما أن تخرج هذه الأبخرة أو تشتعل أو تتم استعادتها من خلال وحدات استعادة البخار. ثم تصنيف طرق الخسائر في الهيدروكربونات المتبقية الأكثر خفة إلى ثلاث طرق:

- ★ الخسائر المفاجئة: تحدث الخسائر المفاجئة عندما يلقي الفاصل أو معالج الحرارة، الذي يعمل بطاقة تبلغ ٣٥ رطل لكل بوصة مربعة، البترول في خزانات الحفظ التي تكون بها ضغط جوي.
- ★ خسائر العمل: تشير إلى خروج الأبخرة من تغير مستويات السائل واشتعال محتويات الخزان المرتبطة بتدوير البترول النقي عبر الخزانات.
- ★ الخسائر المستمرة: وتحدث مع التغيرات اليومية والفصلية في درجة الحرارة.

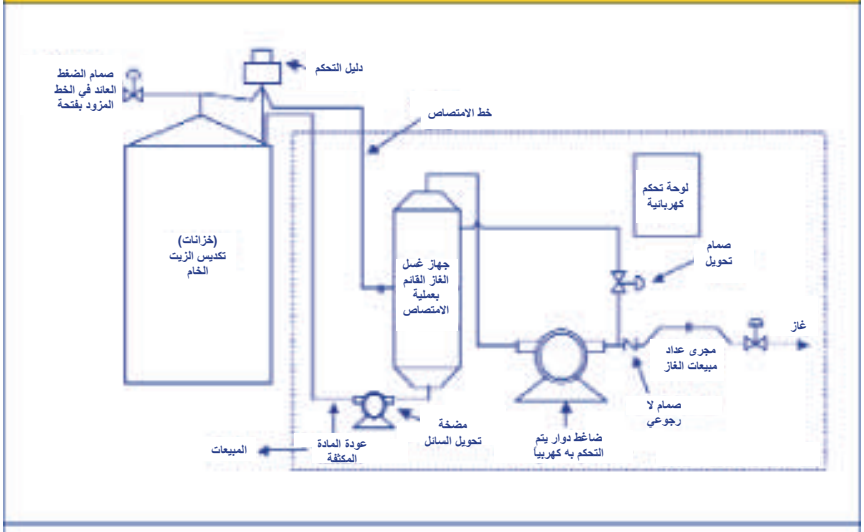
هذا، ويعتمد حجم بخار الغاز المنبعث من خزان الحفظ على الكثير من العوامل. يُخرج البترول الخام الأكثر خفة (جاذبية API > ٣٦ درجة) أبخرة هيدروكربونية أكثر من البترول الخام الأكثر ثقلا (جاذبية API < ٣٦ درجة). في خزانات الحفظ وحيث يتم تدوير البترول بشكل متكرر وتكون سعة المعالجة الكلية مرتفعة، سوف يتم إخراج "أبخرة عاملة" أكثر من الخزانات التي تكون سعة المعالجة بها منخفضة ويتم حفظ البترول بها لفترة أطول ويكون قادرًا على مقاومة "التعرض للهواء". وأخيرًا، سوف تؤثر درجة الحرارة التشغيلية وضغط البترول في الوعاء الذي يقوم بالإلقاء في الخزان على حجم الغازات الخارجة من البترول.

يتنوع تركيب هذه الأبخرة، لكن أكبر العناصر فيها هو الميثان (بين ٤٠ إلى ٦٠%). تتضمن العناصر الأخرى مركبات هيدروكربونية أكثر تعقيدًا مثل البروبان والبيوتان والإثين والغازات الطبيعية النادرة مثل النيتروجين وثاني أكسيد الكربون وملوثات الهواء الضارة مثل البنزين والتولوين والإيثيل بنزين والزيلين (يتم الإشارة إلى هذه الملوثات معا بـ"بتكس" (BTEX)).

يمكن لوحدات استعادة البخار أن تستعيد ما يزيد على ٩٥% من الانبعاثات الهيدروكربونية التي تتراكم في خزانات الحفظ. ونتيجة لكون الأبخرة المستعادة تحتوي على سوائل الغاز الطبيعي حتى بعد الإمساك بالمكثفات عن طريق جهاز غسل الغاز الماص فإنها تحتوي على وحدات حرارية بريطانية أعلى من تلك التي يحتوي عليها الغاز الطبيعي الجيد في خطوط الأنابيب (بين ٩٥٠ إلى ١١٠٠ وحدة حرارية لكل قدم مكعب قياسي). وبناء على حجم سوائل الغاز الطبيعي في الأبخرة، يمكن أن يصل محتوى الوحدات الحرارية البريطانية إلى ٢٠٠٠ وحدة حرارية لكل قدم مكعب قياسي. وعليه، وعلى الأساس الحجمي، يمكن أن تكون الأجهزة المستعادة أكثر قيمة من الميثان وحده.

يوضح الرسم التوضيحي (١) إحدى وحدات استعادة البخار التي تم تركيبها على خزان بترول خام منفرد (تعد التركيبات على الخزانات المتعددة شائعة أيضا). يتم سحب الأبخرة الهيدروكربونية من الخزان في ظل ضغط منخفض وعادة ما يكون ذلك بين أربع أونصات ورطلان لكل بوصة مربعة ويتم وضعها في أنابيب الفاصل أولا (جهاز غسل الغاز الماص) من أجل تجميع السوائل التي تتكاثف إلى الخارج، عادة ما تتم إعادة تصنيع السوائل داخل الخزان. تخرج الأبخرة من الفاصل عبر الضاغط الذي يوفر الماصة ذات الضغط المنخفض لنظام وحدة استعادة البخار (من أجل منع خلق فراغ أعلى الخزان عند سحب البترول وانخفاض مستواه. تم تزويد وحدات استعادة البخار بمرشد تحكم لإغلاق الضاغط والسماح بتدفيق الأبخرة مجددا في الخزان). يتم قياس الأبخرة آنذاك وإزالتها من نظام وحدة استعادة البخار لبيعها عبر الأنابيب أو الإمداد الميداني بالوقود.

الرسم التوضيحي (١): نظام استعادة البخار الموصل بالخزان القياسي



المصدر: إيفانس ونلسون (١٩٦٨)

الدروس المستفادة

المزايا الاقتصادية والبيئية

يمكن أن تسفر وحدات استعادة البخار عن مزايا بيئية واقتصادية دالة لمنتجي البترول والغاز حيث يمكن أن يتم بيع الغاز الخارج من البترول الخام والذي تحتفظ به وحدات استعادة البخار مع تحقيق ربح من وراء ذلك أو يمكن استخدامه في عمليات المرافق. يمكن استخدام هذه الأبخرة المستعادة كما يلي:

- ★ يمكن نقلها بالأنابيب إلى خطوط أنابيب تجميع الغاز الطبيعي من أجل بيعها بأعلى من القيمة العادية كغاز طبيعي يشتمل على وحدات حرارية بريطانية عالية.
- ★ يمكن استخدامها كوقود للعمليات الميدانية.
- ★ يمكن نقلها إلى الوحدة الفاصلة لفصل سوائل الغاز الطبيعي والميثان عند كون حجم سعر سوائل الغاز الطبيعي جذابًا.

تمسك وحدات استعادة الغاز أيضا بملوثات الهواء الضارة ويمكنها تقليل انبعاثات المشغل حتى تصل إلى أقل من المستويات المسموح بها والموضحة في المادة (٥) من قانون الهواء النظيف. عن طريق الإمساك بالميثان، تعمل وحدات استعادة البخار أيضا على تقليل انبعاثات الغاز الدفيئة القوية.

عملية اتخاذ القرار

يمكن للشركات التي تستخدم خزانات البترول الخام ذات الأسطح الثابتة تقييم المزايا الاقتصادية لوحدات استعادة البخار باتباع الخطوات اليسيرة التالية:

خمس خطوات لتقييم المزايا الاقتصادية لوحدة استعادة البخار:

١. قم بتحديد المواقع الممكنة لتركيب وحدة استعادة البخار.
٢. قم بتقدير حجم انبعاثات البخار.
٣. قم بتحديد قيمة الانبعاثات التي تتم استعادتها.
٤. قم بتحديد تكلفة مشروع وحدة استعادة البخار، و
٥. قم بتقييم المزايا الاقتصادية لمشروع وحدة استعادة البخار.

الخطوة (١): قم بتحديد المواقع الممكنة لتركيب وحدة استعادة البخار: على المستوى الفعلي، تكون بطارية الخزان موقعًا محتملا لتركيب وحدة استعادة البخار. وتعد أساسيات مشروعات وحدات استعادة البخار الناجحة هي المصدر الثابت والكمية الكافية من أبخرة البترول الخام والمنفذ الاقتصادي للمنتج الذي يتم تجميعه. سوف يعتمد الحجم المحتمل للأبخرة على تركيب البترول ومعدل التدفق خلال الخزانات. يجب وضع تكاليف توصيل خط الأنابيب لنقل الأبخرة خارج الموقع في الاعتبار عند اختيار المواقع الخاصة بتركيب وحدة استعادة البخار.

الخطوة (٢): قم بتقدير حجم انبعاثات البخار: يمكن أن يتم قياس الانبعاثات أو تقديرها. يمكن استخدام فاحص البئر ذا فتحة ومقياس الضغط لقياس معدلات الانبعاثات القصوى التي يتم استخدامها لتحديد حجم وحدة استعادة البخار. لكن قد لا تكون العدادات ذات الفتحة مناسبة لقياس إجمالي الأحجام على مدار الوقت نتيجة للضغوط المنخفضة في الخزانات. يمكن أن يكون حساب إجمالي انبعاثات البخار من خزانات البترول معقدًا حيث يؤثر الكثير من العوامل على كمية الغاز التي سوف يتم إخراجها من خزان البترول الخام ومنها:

١. الضغط التشغيلي ودرجة الحرارة التشغيلية للفاصل الذي يقوم بإلقاء البترول إلى الخزان والضغط في الخزان،
٢. تركيب البترول وثقل النفط الذي قننه المعهد الأمريكي للبترول (API).
٣. الصفات التشغيلية للخزان (معدلات تدفق المبيعات وحجم الخزان) و
٤. درجات الحرارة المحيطة.

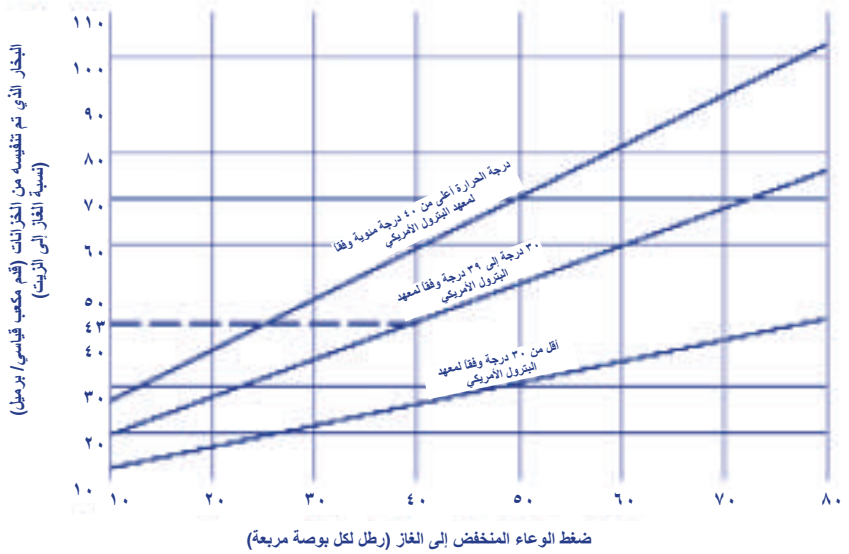
هناك منهجين لتقدير كمية انبعاثات البخار من خزانات البترول الخام، يستخدم كلا هذين المنهجين نسبة الغاز إلى البترول في الضغط والحرارة المحيطين ويتم التعبير عنهما بالقدم المكعب القياسي لكل برميل من البترول (قدم مكعب قياسي لكل برميل).

الدروس المستفادة

يعمل المنهج الأول على تحليل ثقل النفط الذي قننه المعهد الأمريكي للبترول (API) وضغط الفاصل من أجل تحديد نسبة الغاز إلى البترول (الرسم التوضيحي ٢). لقد تم تكوين هذه المنتجات باستخدام البيانات الفجائية التجريبية من الدراسات المعملية والقياسات الميدانية. وكما هو موضح، يمكن أن يتم استخدام هذا الرسم البياني لتقريب إجمالي انبعاثات البخار المحتملة من أحد براميل البترول. على سبيل المثال، وفي ضوء وجود ثقل النفط الذي قننه المعهد الأمريكي للبترول (API) محددة للبترول (٣٨ درجة على سبيل المثال) وضغط تفريغ الوعاء (٤٠ رطل لكل بوصة على سبيل المثال)، يمكن تقدير الحجم الإجمالي للأبخرة لكل برميل من البترول (٤٣ قدم مكعب قياسي لكل برميل) بمجرد أن يتم تقدير معدل الانبعاثات لكل برميل، يمكن تحديد الكمية الإجمالية للانبعاثات من الخزان عن طريق ضرب التقدير الخاص بالبرميل في الكمية الإجمالية من البترول الذي يتم تدويره خلال الخزان. استمرارًا في المثال السابق وبافتراض متوسط سعة معالجة ١٠٠٠ برميل في اليوم، يمكن تقدير إجمالي الانبعاثات بنحو ٤٣ ألف قدم مكعب في اليوم (رسم توضيحي ٣).

يعد عيب هذا المنهج هو أنه لا يسفر عن معلومات حول تركيب الأبخرة التي يتم إخراجها. وعلى وجه التحديد، فإن هذا المنهج لا يستطيع التمييز بين المركبات العضوية المتطايرة وملوثات الهواء الضارة التي يمكن أن تكون ذات أهمية لمراقبة جودة الهواء إضافة إلى تحديد قيمة الأبخرة المنبعثة.

الرسم التوضيحي (٢): الحجم المقدر لأبخرة الخزان



المصدر: غريسولد وأمبر (١٩٧٨)

الرسم التوضيحي ٣: كمية انبعاثات البخار الهيدروكربوني

المعطيات
جاذبية API = ٣٨ درجة
ضغط الفاصل = ٤٠ رطل لكل بوصة مربعة.
البترول الذي يتم تدويره = ١,٠٠٠ برميل/يوم

معدل انبعاثات البخار = ٤٣ قدم مكعب قياسي/برميل.

الكمية= ٤٣ قدم مكعب قياسي × ١٠٠٠ برميل/يوم = ٤٣ ألف قدم مكعب في اليوم.

وأما المنهج الثاني فهو استخدام حزمة برمجيات خزان إيه أند بي (E&P) نسخة ٢,٠[1]. تعد هذه النسخة المعدلة من البرنامج السابق. وقد أدخل معهد البترول الأمريكي العديد من التغييرات على هذا الطراز مما جعله أكثر صداقة مع البيئة. وقد أوصى الشركاء في برنامج ستار (STAR) للغاز الطبيعي بخزان إيه أند بي (E&P) كأفضل أداة متاحة لتقدير انبعاثات بطارية الخزان. يعمل هذا البرنامج الذي طوره معهد البترول الأمريكي ومعهد أبحاث الغاز (المعروف حاليًا باسم معهد تكنولوجيا الغاز) على تقدير الانبعاثات من جميع المصادر الثلاثة- الفجائية والعاملة والمستمرة- وذلك باستخدام الحسابات الديناميكية الحرارية الفجائية لتقدير الخسائر، استخدام نموذج محاكاة الخزان ذا السطح الثابت لتقدير الخسائر العاملة والمستمرة. يجب أن يكون لدى المشغل العديد من المعلومات قبل استخدام خزان إيه أند بي (E&P)، بما في ذلك:

١. ضغط وحرارة الفاصل.
٢. تركيب بترول الفاصل.
٣. الضغط المرجعي.
٤. ضغط بخار ريد (Reid) للبترول الخاص بالمبيعات.
٥. معدل إنتاج البترول الخاص بالمبيعات.
٦. ثقل النفط الذي قننه المعهد الأمريكي للبترول (API) الخاص بالمبيعات.

محتوى الميثان في الغاز الطبيعي

تحتوي أبخرة الخزان من خزانات البترول الخام على نسبة ٢٧,٤% من غاز الميثان. يمكن تقريب التخفيضات في انبعاثات غاز الميثان عن طريق مقارنة محتوى غاز الميثان في الغاز المنتج المرتبط مع فوائض الغاز الطبيعي التي يتم حسابها في هذه الوثيقة.

[1] لم تقم هيئة الحماية البيئية (EPA) بإجراء الدراسات الشاملة على خزان إيه أند بي E&P وعليه، فلا يمكنها التصديق على البرنامج كأداة دقيقة لتقدير الانبعاثات. بيد أن الشركاء في برنامج ستار (STAR) للغاز الطبيعي قد أوصوا باستخدام خزان إيه أند بي E&P كأفضل أداة متاحة لتقدير انبعاثات البخار من الخزانات.

الدروس المستفادة

يسمح خزان إيه أند بي (E&P) أيضا للمشغلين بإدخال معلومات أكثر تفضيلا عن الظروف التشغيلية مما يساعد على تنقيح الانبعاثات ومن خلال المعلومات الإضافية عن حجم الخزان وشكله ودرجات الحرارة الداخلية ودرجات الحرارة المحيطة، يمكن أن ينتج البرنامج مزيدًا من التقديرات الدقيقة. تسمح هذه المرونة في تصميم النموذج للمستخدمين باستخدام النموذج لمقارنة المعلومات المتاحة. طالما أن تركيب بترول الفاصل يعد من المدخلات الرئيسية في النموذج، فإن خزان إيه أند بي (E&P) يشتمل على نظام اختبار وتحليل تفصيلي للبترول الفاصل. يتم تطوير نسخًا مستقبلية من البرنامج من أجل تقدير خسائر الانبعاثات من خزانات المياه الإنتاجية أيضا.

الخطوة ٣: قم بتحديد قيمة الانبعاثات التي يتم استعادتها: تعتمد قيمة الأبخرة التي تستعيدها وحدات استعادة البخار ويدركها المنتجون على كيفية استخدامها:

١. يسفر استخدام الأبخرة التي تتم استعادتها كوقود في الموقع عن قيمة تعادل قيمة الوقود الذي يتم شراءه وحله- عادة الغاز الطبيعي.

٢. ينبغي أن يسفر نقل الأبخرة (الميثان المدعوم بسائل الغاز الطبيعي عن سعر يعكس محتوى الوحدات الحرارية البريطانية الأكثر ارتفاعًا لكل ألف قدم مكعب من البخار.

٣. يجب أن يعمل نقل الأبخرة أيضا إلى محطة المعالجة التي ستفصل سوائل الغاز الطبيعي عن مجرى الغاز وتقوم بإعادة بيع هذه السوائل منفصلة عن الميثان على تحديد قيمة محتوى الوحدات الحرارية البريطانية في الأبخرة. يوضح الرسم التوضيحي (٤) طريقة حساب قيمة الأبخرة التي يتم استعادتها باستخدام متوسط ٧,٠٠ دولارات لكل ألف قدم مكعب بالنسبة للغاز الطبيعي الخاص بخط الأنابيب ١٠٠٠ وحدة حرارية بريطاني لكل قدم مكعب قياسي) كلما كان محتوى الوحدات الحرارية البريطانية في الغاز أعلى، زاد سعر الألف قدم المكعب.

الخطوة ٤: قم بتحديد تكلفة مشروع وحدة استعادة البخار. تعد عناصر التكلفة الرئيسية لوحدات استعادة البخار هي تكاليف المعدات والتركيب والتكلفة الرأسمالية وتكاليف التشغيل.

هناك العديد من مصنعي أنظمة وحدة استعادة البخار. يتم تحديد تكاليف المعدات عن طريق سعة معالجة الحجم الخاصة بالوحدة، وضغط خط المبيعات وعدد الخزانات في البطارية وحجم ونوع الضاغط ودرجة الأتمتة. تعد المكونات الرئيسية لوحدات استعادة البخار هي جهاز غسيل الغاز الماص، والضاغط ووحدة التحكم الآلية. يعد قياس الغاز من المصروفات الإضافية لمعظم الوحدات. تتضح أسعار وحدات استعادة البخار النموذجية والتكاليف المرتبطة بها في الرسم التوضيحي ٥.

الرسم التوضيحي٤: قيمة الأبخرة التي يتم استعادتها

P x Q = R
P = إجمالي العائد
Q = معدل استعادة البخار (ألف قدم مكعب/يوم).
P = سعر الغاز الطبيعي

الحساب:
Q = ٤١ ألف قدم مكعب في اليوم (٩٥% من ٤٣ من الرسم التوضيحي٣).
P = ٧,٠٠ دولارات لكل ألف قدم مكعب
R = ٤١ ألف قدم مكعب في اليوم/٧/ألف قدم مكعب في اليوم =
٢٨٧ دولار/يوم.
٨٨٠٠ دولار/شهر.
١٠٥٦٠٠ دولار/سنة.

عند تحديد حجم وحدة استعادة البخار، تكون القاعدة التجريبية للصناعة هي مضاعفة متوسط الحجم اليومي من أجل تقدير المعدل الأقصى للانبعاثات. وعليه، ومن أجل التعامل مع ٤٣ ألف قدم مكعب من البخار في اليوم (رسم توضيحي ٣) يجب اختيار وحدة قادرة على التعامل مع ٨٦ ألف قدم مكعب في اليوم على الأقل.

يوضح الشركاء الذين قاموا بتركيب وحدات استعادة البخار كما يوضح مصنعو هذه الوحدات أن تكاليف التركيب يمكن أن تضيف من ٥٠ إلى ١٠٠% لتكلفة الوحدة الأولية. هذا، ويمكن أن تتراوح تكاليف التركيب بشكل كبير بناء على الموقع (حيث قد تكون تكلفة المواقع البعيدة أعلى) وعدد الخزانات (ستحتاج أنظمة وحدات استعادة البخار إلى خزانات متعددة). يجب أيضا اعتبار المصروفات الخاصة بالشحن وإعداد الموقع وإنشاء الغطاء (للحماية من الطقس البارد) والمعدات التكميلية (للعمليات النائية وغير المسماة) عند تقدير تكاليف التركيب.

تختلف المصروفات التشغيلية ومصروفات الصيانة حسب موقع وحدة استعادة البخار (حيث تعاني المواقع التي يكون المناخ بها متطرفًا من الكثير من التلفيات) وتكاليف الكهرباء ونوع البترول الذي يتم إنتاجه. على سبيل المثال، يمكن أن يؤدي البترول القائم على البارافين إلى سد وحدات استعادة البخار وتكون هناك حاجة إلى الصيانة.

الرسم التوضيحي ٥: أحجام وتكاليف وحدة استعادة البخار				
سعة التصميم [١] (ألف قدم مكعب في اليوم)	القدرة الحصانية للضاغط [٢]	التكاليف [٣] الرأسمالية دولار	تكاليف التركيب [٣] (دولار)	تكاليف التشغيل والصيانة (دولار/عام)
٢٥	٥ ـ ١٠	٢٠٤٢١	١٠٢٠٧-٢٠٤٢١	٧٣٦٧
٥٠	١٠ ـ ١٥	٢٦٣٢٧	١٣١٦٤-٢٦٣٢٧	٨٤١٩
١٠٠	١٥ ـ ٢٥	٣١٧٢٨	١٥٨٦٤-٣١٧٢٨	١٠١٠٣
٢٠٠	٣٠ ـ ٥٠	٤٢٥٢٩	٢١٢٦٤-٤٢٥٢٩	١١٧٨٧
٥٠٠	٦٠ ـ ٨٠	٥٩٤٠٥	٢٩٧٠٣-٥٩٤٠٥	١٦٨٣٩

[١] بافتراض كون سعة التصميم ضعف معدل استعادة البخار المتوسط

[٢] بافتراض تفريغ الضاغط ما يصل إلى ١٠٠ رطل لكل بوصة مربعة أو أقل في خط المبيعات أو نظام غاز الوقود.

[٣] معلومات التكلفة المقدمة من شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي ومصنعي وحدة استعادة البخار.

وأخيرا، فإن تكلفة خط الأنابيب اللازم لوصل بطارية الخزان داخليًا مع محطة المعالجة أو خط الأنابيب تعد أحد العوامل الخاصة بالمزايا الاقتصادية لوحدة استعادة البخار. تعد هذه التكاليف خاصة بالموقع ولا يتم التعامل معها في هذا السياق.

مؤشرات نيلسون (Nelson) للأسعار

من أجل تقدير التضخم في تكاليف تشغيل وصيانة المعدات، يتم استخدام مؤشرات نيلسون فارار للتكلفة الربع سنوية (المتاحة في العدد الأول الذي يتم إصداره بشكل ربع سنوي *في مجلة النفط والغاز*) وذلك من أجل تحديث التكاليف في الوثائق الخاصة بالدروس المستفادة.

يتم استخدام مؤشر عمليات التكرير من أجل مراجعة تكاليف التشغيل بينما يتم استخدام مؤشر الآلات: التكلفة المفصلة لتكرير النفط من أجل تحديث تكاليف المعدات.

من أجل استخدام تلك المؤشرات في المستقبل، ابحث ببساطة عن أحدث رقم لمؤشر نيلسون فارار ثم قم بقسمة هذا الرقم على رقم مؤشر نلسون فارار في فبراير/شباط ٢٠٠٦ وفي النهاية يتم ضرب الناتج في التكاليف الملائمة المذكورة في الدروس المستفادة.

الخطوة ٥: قم بتقييم المزايا الاقتصادية لمشروع وحدة استعادة البخار. يمكن أن يكون تركيب وحدة استعادة البخار مربحًا جدًا بناء على قيمة الأبخرة التي يتم استعادتها في السوق المحلي. يحسب الرسم التوضيحي (٦) العائد البسيط ومعدل العائد الداخلي لأحجام وتكاليف وحدة استعادة البخار الموضحة في الرسم التوضيحي ٥. وباستخدام تقدير قيمة الأبخرة التي تتم استعادتها والتي تعادل ٧,٠٠ دولارات لكل ألف قدم مكعب، تكون العوائد المحتملة جذابة وخاصة بالنسبة للوحدات الأكبر حجما.

الدروس المستفادة

الرسم التوضيحي ٦: التحليل المالي لمشروع وحدة استعادة البخار					
سعة التصميم (ألف قدم مكعب في اليوم)	تكاليف التركيب والتكاليف [١] المالية (دولار)	تكاليف التشغيل والصيانة (دولار/عام)	قيمة الغاز (دولار/عام) [٢]	العائد (شهور) [٣]	معدل العائد الداخلي [٤] (%)
٢٥	٣٥٧٣٨	٧٣٦٧	٣٠٣٠٠	١٩	٥٨
٥٠	٤٦٠٧٣	٨٤١٩	٦٠٦٠٠	١١	١١١
١٠٠	٥٥٥٢٤	١٠١٠٣	١٢١٣٦٠	٦	٢٠٠
٢٠٠	٧٤٤٢٥	١١٧٨٧	٢٤٢٧٢٥	٤	٣١٠
٥٠٠	١٠٣٩٥٩	١٦٨٣٩	٦٠٦٨١٠	٣	٥٦٧

[١] تكلفة الوحدة إضافة إلى تكلفة التركيب المقدرة بـ٧٥% من تكلفة الوحدة. يمكن أن تكون التكاليف الفعلية أكبر من ذلك بناء على مصروفات الشحن وإعداد الموقع والمعدات التكميلية وما إلى ذلك.

[٢] ٩٥% من إجمالي الغاز الذي تم استرداده والذي يعادل ٧ دولارات لكل ألف قدم مكعب × ١/٢ سعة تصميمية × ٣٦٥ يوم

[٣] بناء على معدل خصم ١٠%.

[٤] تم حسابه على مدار خمس سنوات.

عند تقدير المزايا الاقتصادية لوحدة استعادة البخار، قد يؤثر سعر الغاز على عملية اتخاذ القرار وعليه، فإنه من الضروري أن تتم إعادة دراسة المزايا الاقتصادية لتركيب وحدات استعادة البخار عند تغيير سعر الغاز. يوضح الرسم التوضيحي ٧ تحليلاً اقتصاديًا لتركيب وحدة استعادة ١٠٠ ألف قدم مكعب من البخار في اليوم بأسعار مختلفة للغاز.

الرسم التوضيحي ٧: تأثير سعر الغاز على التحليل الاقتصادي					
	٣ دولارات/ألف قدم مكعب	٣ دولارات/ألف قدم مكعب	٣ دولارات/ألف قدم مكعب	٣ دولارات/ألف قدم مكعب	٣ دولارات/ألف قدم مكعب
قيمة فائض الغاز	٥٢٠١١ دولار	٨٦٦٨٦ دولار	١٢١٣٦٠ دولار	١٣٨٦٩٧ دولار	١٧٣٣٧١ دولار
فترة العائد (الشهور)	١٦	٩	٦	٦	٥
معدل العائد الداخلي	%٧٠	%١٣٦	%٢٠٠	%٢٣١	%٢٩٤
صافي القيمة الحالية (I = ١٠%)	٩٣٩٤٧ دولار	٢١٣٤٤٠ دولار	٣٣٢٩٣٤ دولار	٣٩٢٦٨١ دولار	٥١٢١٧٤ دولار

الدروس المستفادة ٨

تجربة أحد الشركاء

قامت شركة شيفرون الأمريكية للإنتاج بتركيب ثمان وحدات لاستعادة البخار عام ١٩٩٦ في خزانات حفظ البترول الخام. ونتيجة لذلك، حققت شركة شيفرون تخفيضا مقدرًا في معدلات انبعاث غاز الميثان يقدر بنحو ٢١٩٠ ألف قدم مكعب في العام من كل وحدة. وبناء على سعر الغاز الحالي البالغ ٧,٠٠ دولارات لكل ألف قدم مكعب، يعادل ذلك ١٥٣٣٠٠ دولار تقريبا في فوائض كل وحدة أو ١٢٢٦٤٠٠ دولار لجميع الوحدات الثمان. تم تقدير التكاليف المالية وتكاليف التركيب بنحو ٢٤٠٠٠٠ دولار (٣٠٠٠٠ دولار للوحدة) عام ١٩٩٦ أو ما يعادل ٣٢٤٠٠٠ دولار (٤٠٥٠٠ دولار للوحدة) بالدولار عام ٢٠٠٦. كان من الممكن أن يحقق هذا المشروع الخاص عائدًا في ثلاثة أشهر فقط أو ما يزيد عام ٢٠٠٦.

الدروس المستفادة

يمكن أن يؤدي استخدام وحدات استعادة البخار إلى تخفيض انبعاثات الغاز من خزانات البترول الخام على نحو مربح. يقدم الشركاء الدروس المستفادة التالية:

- ★ يمكن أن يكون برنامج خزان إيه أند بي (E&P) أداة فعالة لتقدير قدر وتركيب الأبخرة من خزانات البترول الخام.
- ★ يمكن أن يوفر استرداد البخار عوائدًا كبرى نتيجة للتكلفة المنخفضة نسبيا للتكنولوجيا وفي الحالات التي يكون فيها منافذ في السوق للأبخرة ذات الوحدات الحرارية البريطانية.
- ★ يجب تركيب وحدات استعادة البخار عند كونها اقتصادية، مع وضع جميع المزايا في الاعتبار- البيئية والاقتصادية.
- ★ نتيجة للضغط المنخفض التفاوتي بين الخزان والضاغط، يوصى باستخدام أنبوب ذا قطر كبير لكي تكون المقاومة أقل لتدفق الغاز.
- ★ يجب أن يكون حجم وحدة استعادة البخار مناسبًا لمعالجة الحد الأقصى المتوقع من الأبخرة الخارجة من الخزانات (تنص القاعدة التجريبية على أن يكون حجم الوحدة ضعف متوسط الحجم اليومي).
- ★ يُوصى باستخدام الضواغط الدوارة ذات الريشة لوحدات استعادة البخار من أجل نقل الحجم المنخفض للغاز على ضغوط منخفضة.
- ★ من الأهمية بمكان اختيار أنظمة تحكم دقيقة وحساسة حيث يجب أن تكون صمامات تدفق الغاز مفتوحة ومنغلقة على اختلافات في الضغط المنخفض جدًا.
- ★ يتم ذكر التخفيضات في انبعاثات الميثان الناتجة عن تركيب وحدات استعادة البخار في التقارير السنوية التي يتم تقديمها كجزء من برنامج ستار (STAR) للغاز الطبيعي.

المراجع

بيجيلو، توم ورينثي ووشر، ١٩٨٣. :تحول وحدات استعادة البخار الغاز إلى دولارات" *مراسل المنطقة الشمال شرقية عن النفط*. أكتوبر/تشرين أول ١٩٨٣.

شوي إم إس ١٩٩٣، ١٩٩٣. *مشروع أبخرة الخزانات لمعهد البترول الأمريكي*. تم تقديمه في المؤتمر الفني لـ SPE عام ١٩٩٣، هوستون تي إكس، أكتوبر/ تشرين أول ٣-٦، ١٩٩٣. البحث الفني لـ SPE رقم ٢٦٥٨٨.

الاتصال الشخصي: ديلي ديرك، الضغط العام.

إنفانز، جي بي ورالف نيلسون ١٩٨٦. *تطبيقات استعادة البخار على إنتاج البترول الخام*- شركة هي- بون الهندسية. ميدلاند، تي إكس، البحث فني لـ SPE رقم ٢٠٨٩.

شركة جريسولد، جون إيه، لخدمات الطاقة وشركة ثيدس أملبر إيه وإن للمبيعات ١٩٧٨، *منهجا عمليا لاستعادة البخار من خزان البترول الخام*. تم تقديمه في الاجتماع الإقليمي لـ SPE في جبال روكي، عام ١٩٧٨، كودي، دابليو واي، ٧-٩ مايو/أيار ١٩٧٨، بحث فني رقم ٧١٧٥.

الاتصال الشخصي: هندرسون، كارولين الولايات المتحدة، برنامج ستار (STAR) للغاز الطبيعي التابع لهيئة الحماية البيئية.

شركة هي بون الهندسية ١٩٩٧ *نشرة خاصة بالمنتج: أنظمة استعادة البخار*.

الدروس المستفادة [٩]

لوي، ديانيين وجيه في ميشين جيه آر ١٩٩٣، *استخدام وحدات استعادة البخار في حقل أوستن تشوك* تم تقديمه في المؤتمر الفني لـ SPE عام ١٩٩٣، هوستن تي إكس أكتوبر/تشرين أول ٣-٦، ١٩٩٣. بحث فني لـ SPE رقم ٢٦٥٩٥.

لوكاس، دونالد، ديفيد ليتيل جون، إيرنست أورلاندو، معمل لورنس بيركيلي القومي وروندا بي ليندسي، وزارة الطاقة الأمريكية، ١٩٩٧. *مشروع خزانات البترول الثقيلة*. تم تقديمه في المؤتمر البيئي للبحث والتنقيب لـ/SPEهيئة الحماية البيئية، دالاس تي إكس مارس/آذار ١٩٩٧. بحث فني لـ SPE رقم ٣٧٨٨٦.

الاتصال الشخصي: مارتن، مارك، أتمتة UMC.

الاتصال الشخصي: مورو، رونالد، إكسون- موبيل الولايات المتحدة الأمريكية.

الاتصال الشخصي، شركة أنظمة موتلي، جاك في آر.

يسوم، فيك إل ١٩٩٧. *تحديد انبعاثات الميثان من خزانات البترول الخام*. تم تقديمه في المؤتمر البيئي للتنقيب والإنتاج، دالاس، تي إكس: ٣-٥ مارس/آذار ١٩٩٧. بحث فني لـ SPE رقم ٣٧٩٣٠.

الاتصال الشخصي: بريسلي، تشارلز إيه جي. المعدات، برايمس، فرانك إيه، تشفرون، الولايات المتحدة الأمريكية.

الاتصال الشخصي/شركة بيمس، أرنول هي بوث الهندسية.

الاتصال الشخصي تينجلي، كيفن برنامج ستار "STAR" للغاز الطبيعي التابع لهيئة الحماية البيئية.

وزارة التجارة الأمريكية، ١٩٩٣. *التحكم في انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة من تخزين السوائل العضوية المتطايرة في الخزانات العائمة والخزانات ذات السطح الثابت*. متاح من خلال NTIS سيرينيج فيلد. في إيه ٩٤ بي بي- ١٢٨٥١.

هيئة الحماية البيئية الأمريكية ١٩٩٦ *انبعاثات الميثان من صناعة البترول* سي إن: ٠١-٦١-١٣٠٢٩٨-٩٦.

الاتصال الشخصي: ستيوارت إيه سي، الضواغط.

واتسون، مارك سي ١٩٩٦ "هندسة وحدة استعادة البخار للأحجام الصغيرة" *المراسل الصحفي عن النفط والغاز الأمريكية* (التقرير الخاص استردادا مدعوما). مارس/آذار ١٩٩٦ صفحة ١١٥-١١٧.

ويب دابليو جي ١٩٩٣. نظام البخار النفاث: *طريقة بديلة لاستعادة الغاز*. تم تقديمه في المؤتمر البيئي للتنقيب والإنتاج لـ /SPE هيئة الحماية البيئية لعام ١٩٩٣، سان أنطونيو تي إس ، من ٧-١٠ مارس/آذار ١٩٩٣. بحث في لـ SPE رقم ٢٥٩٤٢.

ويلدون آر إي جيه آر ١٩٦١. "هل تستطيع استعادة الأبخرة من الخزان مع تحقيق الربح" *مهندس البترول* مايو/أيار ١٩٦١ صفحة ٢٩-٣٣.

الاتصال الشخصي: ويوست، جون، ماراثون للنفط.

الدروس المستفادة

1EPA
United States
Environmental Protection Agency
Air and Radiation (6202J)
1200 Pennsylvania Ave., NW
Washington, DC 20460

EPA xxx
xxx 2006

1EPA
الولايات المتحدة
وكالة الحماية البيئية
الهواء والإشعاع (٦٢٠٢ جيه)
١٢٠٠ طريق بنسلفانيا، إن دبليو
واشنطون، دي سي ٢٠٤٦٠

EPA xxx
xxx ٢٠٠٦