



المشروع الأردني الألماني لترشيد استهلاك الطاقة



رقم الإيداع الوطني لدى دائرة المكتبة الوطنية

2000/8/2438

نيسان 2002

المركز الوطني لبحوث الطاقة ص.ب. 1945 الجبهة 11941 عمان

العدد العاشر

المملكة الأردنية الهاشمية - فاكس 6 5338043-962



المعرض الدولي الأول لترشيد استهلاك الطاقة والطاقة المتجددة

24 - 2002/4/28 مريديان - عمان

والتابع لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP).

يأتي تنظيم المعرض الدولي الأول لترشيد استهلاك الطاقة والطاقة المتجددة والمبني عقده تحت الرعاية الملكية السامية بالتعاون والتنسيق والسدع من جهات محلية وعالمية عديدة ليتوج الجهود في خلق سوق لأجهزة ومعدات ترشيد استهلاك الطاقة في الأردن مما ينعكس إيجابيا على الاقتصاد الوطني.

دراسة حالة: الكفاءة الدورية (Cycling Efficiency)

أجريت هذه الدراسة في إحدى المستشفيات المحلية، حيث تمت دراسة الكفاءة الدورية للبويلر الموجود في المستشفى. هذا البويلر يقوم بتزويد البخار بشكل رئيسي للمصبغة (Laundry) التي تعتبر أكبر مستهلك للبخار حيث يستخدم في عدة مراحل كالكبس والغسيل والجفافات الدوارة والجفافات الأسطوانية.

فحص كفاءة البويلر:

أخذت القياسات لدورتين فقط من دورات عمل الحارقة، وذلك بسبب تكرار تشغيل وإطفاء الحارقة مما لم يسمح بمراقبة الاحتراق في البويلر بشكل مستمر لفترة طويلة. ولقد تم قياس درجة حرارة سطح البويلر وذلك لحساب الفقدانات الحرارية عن طريق الحمل والإشعاع.

تم قياس الفقدانات الحرارية من المدخنة فكانت نسبتها 14%، أما فقدانات الحمل والإشعاع فكانت 4%، مما يعني أن كفاءة البويلر 82%.

الكفاءة الدورية:

تحصل الفقدانات الحرارية عن طريق الحمل والإشعاع طوال فترة تشغيل البويلر، سواء عملت الحارقة أم لم تعمل، كما أن الفقدانات الحرارية عن طريق هواء التنظيف (Purging) في الحارقة تعتبر من الفقدانات الحرارية المهمة في الحارقات التي تعمل وتتوقف بشكل متكرر.

البقية ص 3

يأتي هذا المعرض ضمن برنامج وطني شامل بدأ منذ عام 1996 بتأسيس وتدريب وتجهيز وحدة ترشيد استهلاك الطاقة وقد قامت هذه الوحدة بعمل دراسات أولية لترشيد استهلاك الطاقة لأكثر من مائة منشأة ودراسات تفصيلية لأكثر من خمسة عشر منشأة وكذلك إصدار وتوزيع العديد من النشرات والدوريات وعقد أكثر من خمسة عشر دورة تدريبية شارك فيها حوالي 300 منشأة وإصدار " دليل أجهزة ومعدات ترشيد استهلاك الطاقة." بالإضافة إلى ذلك فقد تم العمل مع صناديق دعم ومؤسسات مالية لتقديم المنح والقروض الميسرة للمنشآت الصناعية لعمل الدراسات وشراء أجهزة ومعدات ترشيد استهلاك الطاقة بالإضافة إلى نشاطات عديدة ومتفرقة كلها تصبو بطريقة مدروسة إلى إزالة المعوقات التي تمنع زيادة كفاءة استخدام الطاقة.

وقد بينت التجارب الميدانية عن حاجة المنشآت الصناعية في الأردن لما يقارب المائتي مليون دولار أمريكي من أجهزة ومعدات ترشيد استهلاك الطاقة لتوفر حوالي مائة مليون دولار سنويا بالإضافة إلى الحاجة لاستثمار مائة مليون دولار أخرى في مجال توليد الكهرباء والتوليد المشترك في الموقع وبفترة استرداد للاستثمار من التوفير تقدر بحوالي ثلاث سنوات.

أما في مجال مشاريع الطاقة المتجددة فقد قامت وزارة الطاقة والثروة المعدنية قبل فترة وجيزة بدعوة القطاع الخاص للاستثمار في محطات توليد الكهرباء بواسطة الطاقة المتجددة بواسطة طاقة الرياح من خلال عطاءين (IPP) لتوليد الكهرباء بقدر 90 ميغا وات والطاقة الشمسية بقدر 150 ميغا وات. وتقدر قيمة هذين العطاءين بحوالي 400 مليون دولار أمريكي ومن المتوقع أن تكون حاجة المملكة لاستثمارات إضافية في هذا المجال حوالي 300 مليون دولار أمريكي.

وقد ساهم في هذه النشاطات المختلفة بالإضافة إلى المركز الوطني لبحوث الطاقة جهات عديدة منها: المجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا وغرفة صناعة عمان وبنك الإنماء الصناعي ونقابة المهندسين الأردنيين والوكالة الألمانية للتعاون الفني (GTZ) وبرنامج المنح الصغيرة لمرفق البيئة العالمي (GEF/SGP)

إلى

الانتاج الثلاثي للطاقة (Tri-Generation)

(كهرباء وحرارة وتبريد)

محركات الاحتراق الداخلي.

- التوربينات البخارية.
- التوربينات الغازية.

عند تطوير أحد هذه الأنظمة باستخدام نظام الانتاج الثلاثي للطاقة (CHPC) فإن ذلك يؤدي الى رفع كفاءة استخدام الوقود إلى ما يقارب الـ 90% بينما تتراوح هذه الكفاءة من 30% - 40% في الأنظمة التقليدية.

لانتاج ماء مبرد من أجل استخدامه في انظمة تكييف الهواء أو مباشرة في العمليات الإنتاجية يتم استخدام ما يسمى بالمبرد الامتصاصي (Absorption Chiller)، الذي يعتمد في عمله على الطاقة الحرارية سواء أكانت بخار بضغط منخفض (1 بار) أو مياه ساخنة ما بين 80-120 درجة مئوية، أو بالاستخدام المباشر لحرارة الغازات العادمة، ولكل من هذه الطرق كفاءتها الخاصة اعتماداً على درجة الحرارة أو ضغط البخار المستخدم. وهذه المعدات متوفرة في الاسواق وبأسعار تكون فيها فترة الاسترداد من 2-3 سنوات في حدها الاقصى اعتماداً على نسبة التشغيل السنوي لهذه المعدات.

أهم ميزات وفوائد انظمة الإنتاج الثلاثي للطاقة (CHPC)

- يناسب العديد من الشركات والمؤسسات لتأمين احتياجاتها من الطاقة بأشكالها المختلفة (كهرباء، حرارة، تبريد).
- ذو اعتمادية ومرونة عالية في انتاج الطاقة وتحسين جودتها وخفض الضياعات فيها.
- يؤدي الى زيادة كفاءة استخدام الوقود بشكل كبير والى خفض ملحوظ في استهلاك الطاقة، وبالتالي خفض نفقات الطاقة التي قد تصل الى 30% من كلفة الانتاج في بعض الصناعات.
- يعمل على تخفيف انبعاث الغازات الضارة بالبيئة والتلوث الناتج عن انبعاث الحرارة الى الهواء المحيط.

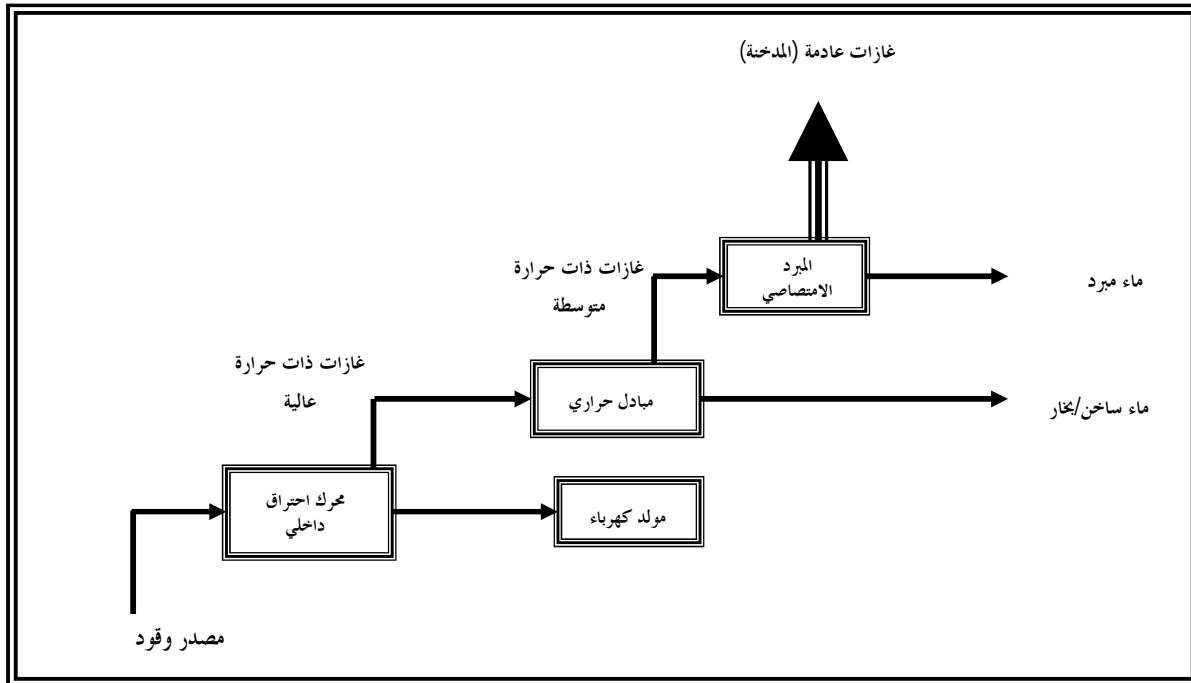
يعتبر هذا النظام من الأنظمة الحديثة نسبياً في انتاج الطاقة. وهو يشكل امتداداً طبيعياً لنظام التوليد المشترك (Co-Generation)، حيث يعتمد على مبدأ الانتاج المتزامن للطاقة من مصدر وقود واحد. في نظام الانتاج المشترك للطاقة يتم انتاج الطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية (بخار أو/ ومياه ساخنة)، بينما في نظام الانتاج الثلاثي للطاقة يتم اضافة منتج آخر وهو التبريد. ويسمى هذا النظام أيضاً بـ (CHPC) وهو اختصار لـ (Combined Heat, Power and Cooling).

إن التطور التكنولوجي الهائل الذي توصل اليه العلم في تحسين كفاءة استخدام الطاقة إلى أقصى حد ممكن وانتاج معدات ذات كفاءة عالية في استغلال الطاقة الحرارية الضائعة لانتاج شكل آخر من الطاقة، وفرصاً حقيقية أمام المنشآت الصناعية والتجارية في خفض فاتورة الطاقة لديها، وتقليل التلوث البيئي الناتج عن انتاج الطاقة بالطرق التقليدية المتمثلة بانتاج شكل واحد من الطاقة.

وكما هو موضح بالشكل التالي فإن مبدأ عمل هذا النظام يعتمد بدرجة اساسية على الطاقة الحرارية التي تحتويها الغازات الناتجة عن حرق الوقود في انظمة الاحتراق الداخلي لانتاج الطاقة الكهربائية، أو الطاقة الحرارية التي يحتويها البخار المستخلص من التوربينات البخارية بعد انتاج الطاقة الكهربائية.

إن الطاقة الحرارية الضائعة والناتجة عن حرق الوقود في العديد من أنظمة انتاج الطاقة الكهربائية والتي قد تصل نسبتها الى 60% من الطاقة الكلية التي يحتويها الوقود، يمكن أن يستفاد منها في انتاج اشكال أخرى من الطاقة (بخار أو مياه ساخنة أو تبريد) لتلبية الاحتياجات الإضافية من الأشكال الأخرى للطاقة في العديد من الشركات والمؤسسات الصناعية أو التجارية.

هناك العديد من الأنظمة التي تستخدم في انتاج الطاقة الكهربائية، ومن أكثرها شيوعاً:



أخبار متفرقة

بالإضافة إلى تنفيذ مشاريع مشتركة أخرى. ولقد استمرت الزيارة لمدة أربعة أيام.

دراسة تفصيلية لترشيد استهلاك الطاقة

أنهى المركز الوطني لبحوث الطاقة في شهر نيسان الحالي الدراسة التفصيلية لترشيد استهلاك الطاقة في مصنع شركة رم للصناعات المعدنية، حيث بينت الدراسة إمكانية توفير يصل إلى 26.5% وبفترة استرداد إجمالية تصل إلى عام واحد.

عدد من الدراسات الفنية والمالية

قام المركز الوطني لبحوث الطاقة بإجراء عدد من الدراسات الفنية والمالية المتعلقة باستخدام الطاقة الشمسية لتسخين برك سباحة ومياه الاستخدام المنزلي Domestic Hot Water وتدرج هذه الدراسات ضمن اتفاقية الخدمات الاستشارية في مجال تصميم أنظمة شمسية حرارية الموقعة مع شركة رم للصناعات المعدنية.

دورة تدريبية

أنهى المهندس عمار الطاهر رئيس قسم ترشيد استهلاك الطاقة والطاقة الشمسية الحرارية في المركز الوطني لبحوث الطاقة دورة تدريبية بعنوان "اعتماد المختبرات والتقييم الفني". هذه الدورة نظمتها مؤسسة المواصفات والمقاييس في الفترة الواقعة ما بين 4/7 إلى 2002/4/8، وتأتي هذه الدورة في سياق تأهيل عدد من الخبراء المحليين في مجال تقييم واعتماد المختبرات.

توقيع اتفاقية مع GTZ

وقع المركز الوطني لبحوث الطاقة في نيسان 2002 اتفاقية مع الوكالة الألمانية للتعاون الفني GTZ لإجراء دراسة حول واقع استهلاك الطاقة في القطاعين الصناعي والتجاري في الأردن وتقديم توصيات لإجراءات تهدف إلى التقليل من استخدام الطاقة في هذين القطاعين وستشتمل الدراسة على إقامة عدة ورشات عمل بالتعاون مع خبراء ألمان وعدد من الجهات المعنية في قطاع الطاقة في المملكة بهدف الخروج بتوصيات محددة لترشيد استهلاك الطاقة لتكون هذه التوصيات مسودة لقانون كفاءة الطاقة في الأردن.

دراسة فنية لتركيبة نظام مراقبة استهلاك الطاقة

أنهى المركز الوطني لبحوث الطاقة في آذار 2002 الدراسة الفنية لتركيبة نظام مراقبة استهلاك الطاقة المحددة واللازمة لسحب مقاطع الألمنيوم في "مصنع الشركة الحديثة لصناعة الألمنيوم"، حيث تم تركيب هذا النظام بعد إجراء القياسات اللازمة لاستهلاك الطاقة الكهربائية في مختلف مرافق المصنع. علماً بان النظام الحالي سيتولى حساب الاستهلاك النوعي للطاقة حسب نوع قوالب الألمنيوم المستخدمة مما يسهم إلى حد كبير في تحديد الكلفة الإنتاجية وبدقة عالية وبالتالي زيادة القدرة التنافسية للشركة.

زيارة رسمية إلى معهد الكويت للأبحاث العلمية

قام رئيس المركز الوطني لبحوث الطاقة المهندس مالك الكباريتي ووفد من الجمعية العلمية الملكية برئاسة د. سعيد علوش رئيس الجمعية العلمية الملكية بزيارة رسمية إلى معهد الكويت للأبحاث العلمية وبعض مراكز البحث العلمي الأخرى بتاريخ 2002/3/22. وقد تم خلال هذه الزيارة بحث أوجه التعاون بين المركز الوطني لبحوث الطاقة ومعهد الكويت للأبحاث العلمية، حيث تم الاتفاق بشكل مبدئي على قيام المركز الوطني لبحوث الطاقة بعمل دورات تدريبية متخصصة في مجال ترشيد استهلاك الطاقة يتم عقدها في الكويت،

ورشة عمل

بما أن الكفاءة الدورية اقل بمقدار 20% من كفاءة البويلر فإن هذا يعني بأن البويلر الحالي ذو قدرة أكبر بكثير من القدرة المطلوبة، مما يؤدي إلى ضياع سنوي في الوقود مقداره 24%، هذه الكمية يمكن توفيرها سنوياً عن طريق استبدال البويلر الحالي ببويلر آخر ذو قدرة اصغر تتناسب مع الحمل الموجود في المستشفى، وبما ان فاتورة الديزل السنوية في المستشفى حوالي 32000 دينار، فإنه يمكن توفير 7600 دينار سنوياً. فترة استرجاع هذا الإجراء تصل إلى سنتين ونصف تقريباً، حيث أن ثمن البويلر المقترح يصل إلى 20 الف دينار تقريباً

تنمة المنشور على ص 4

فيها أعلى فرق ضغط حوالي 5 ملم ماء بحيث يمكن للمروحة تخطي هذه الزيادة دون الحاجة لتغييرها.

5. من الأمور المهمة أيضاً التي يجب أن تتوفر في البويلر، هي الحفاظ على تدفق مستمر للمياه داخل المقتصد، وهذا يتطلب نظاماً يتحكم بمياه التغذية (Modulating Control) عن طريق صمام تحكم، لكي لا تتبخر المياه داخل المقتصد وتسبب حراباً في المقتصد وأتانيبه. إلا أن هذا قد يضيف تكلفة أولية إن لم يكن هذا النظام موجوداً، فمعظم أنظمة التحكم بمياه التغذية في الأردن من النوع غير الاستمراري الذي تعمل فيه المضخة على مفتاح المستوى لمياه البويلر.

يعتبر المقتصد من أكثر معدات استرجاع الحرارة فعالية بسبب تأثيره المباشر في زيادة كفاءة البويلر، وقصر فترة الاسترجاع.

يعقد المركز الوطني لبحوث الطاقة بالتعاون مع الخبير الألماني Mr. Loy بمشاركة عدد من الوزارات والمؤسسات ذات العلاقة ورشة عمل بعنوان "الأنظمة والتشريعات والقوانين المتعلقة بتحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها" وذلك بهدف مناقشة وضع الطاقة في الأردن والعمل على إصدار توصيات محددة تساهم في إعداد مشروع لقانون يعمل على تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها. سيتم عقد هذه الورشة بتاريخ 2002/4/28 في فندق المريديان/عمان.

تنمة المنشور على ص 1

يقوم هذا الهواء بتنظيف أي مزيج من الغازات القابلة للاحتراق يمكن أن يكون متجمعاً في غرفة الاحتراق في الحارقة. هذه العملية تتم قبل اشتعال الحارقة وبعد اشتعالها.

تم حساب كمية الحرارة الضائعة أثناء فترة التنظيف (Purging) وأثناء فترة انطفاء الحارقة فكانت 31626 كيلو جول، أما الحرارة الضائعة عن طريق الحمل والإشعاع أثناء فترة انطفاء الحارقة (off - cycle) فكانت 40560 كيلو جول، مما يعني بأن مجموع الفقدانات الحرارية أثناء دورة انطفاء الحارقة هو 72186 كيلو جول.

يتم حساب الكفاءة الدورية كما يلي: الكفاءة الدورية = 100% - {نسبة الضياعات الحرارية أثناء فترة الانطفاء + نسبة الضياعات الحرارية عن طريق الحمل والإشعاع أثناء فترة اشتعال الحارقة + نسبة الضياعات الحرارية في نواتج الاحتراق}. تم حساب الكفاءة الدورية للبويلر فكانت 62%.

التوصيات:

المقتصد (The Economizer)

تكون فترة الاسترجاع Payback Period عادة لإضافة المقتصد ما بين السنة والثلاث سنوات، تتحكم بها عدة عوامل رئيسية هي:

1. نوع وسعر الوقود:
إن الوقود المستخدم عادة في معظم البويلرات في الأردن هو زيت الوقود الثقيل (HFO) أو الديزل وهو وقود منخفض الثمن مقارنة بباقي دول العالم. وتستخدم الصناعات متوسطة وكبيرة الحجم الوقود الثقيل HFO بسبب كلفته المنخفضة، إلا أن إضافة المقتصد لمثل هذه البويلرات تكون أقل جدوى للأسباب التالية:
أ. ارتفاع نسبة الكبريت بالوقود الثقيل التي تتراوح 2 - 4% وزيادة نسبة أحماض الكبريتيك H_2SO_4 في الغازات تقلل من الحد الأدنى لدرجة حرارة العادم التي عندها تصل درجة الندى لهذه الأحماض وتقلل من نسبة الاستفادة من هذه الغازات.
الجدول التالي يبين الحد الأدنى لدرجة الحرارة المسموح بها في البويلرات :

Minimum exit gas temperature(°C)	
Fuel Oil (>2.5%S)	220
Fuel Oil (> 1.0%S)	185
Bituminous Coal (>3.5%S)	165
Bituminous Coal (>1.5%S)	125
Natural gas (sulfur free)	125

- ب. ارتفاع ثمن المقتصد بسبب كون جميع الأنابيب مصنوعة من (Stainless Steel Duplex).
- ج. تكلفة الوفر السنوي تكون أقل بسبب انخفاض تكلفة الوقود نفسه.
- د. ضغط البويلر المستخدم:

كما أشرنا سابقاً فإن البويلر (ضغط البخار) هو الذي يحدد درجة حرارة العادم، فكلما زاد ضغط البويلر يزداد الوفر المتحقق. أما في البويلرات ذات الضغط المنخفض فلا تكون إضافة المقتصد مجدية وذلك لقلة كمية الاستفادة من هذه الغازات وارتفاع سعر المقتصد الذي تمر من خلاله غازات منخفضة الحرارة.

3. درجة حرارة مياه التغذية الداخلة على المقتصد:
في بعض الأحيان تكون مياه التغذية الداخلة على البويلر باردة حتى ولو كان طارد الغازات dearator موجوداً في النظام. وفي هذه الأحوال قد يتم الاستفادة بشكل كلي من العادم لأن فرق درجة الحرارة اللازم لانتقال الحرارة من الغازات إلى الماء كبير (50°م - 200°م على سبيل المثال). ولكن في هذه الحالة أيضاً يجب اختيار مقتصد ذو أنابيب مصنوعة من الـ Duplex S.S مرتفعة الثمن.

ويمكن اختيار نوع معادن الأنابيب طبقاً لما يلي:

- درجة حرارة مياه التغذية من طارد الغازات 108°م: يستخدم مقتصد ذو أنابيب مصنوعة من Carbon Steel Tubes.
- درجة حرارة المياه العذبة القادمة من خزان مفتوح على الضغط الجوي Atmospheric Tank: يستخدم مقتصد ذو أنابيب مصنوعة من الـ Duplex S.S.
- درجة حرارة المياه منخفضة حتى 15°م: يستخدم مقتصد ذو أنابيب مصنوعة من الـ Duplex S.S.

يشار إلى أن تكلفة شراء المقتصد ذو الأنابيب المصنوعة من الـ Duplex S.S تزيد بمقدار 50% من ثمن المقتصد ذو الأنابيب المصنوعة من Carbon Steel.

4. زيادة في التكلفة التشغيلية لمراوح الدفع بسبب إضافة المقتصد الذي يولد عائقاً إضافياً أمام نظام دفع الهواء، فالتصميم غير المناسب للمقتصد الذي

ما هو المقتصد (Economizer):

المقتصد هو عبارة عن مبادل حراري يتم من خلاله رفع درجة حرارة مياه التغذية الداخلة على البويلر من خلال الاستفادة من الحرارة الموجودة في غازات الاحتراق الخارجة من المدخنة، ومن هنا جاءت تسميته بالمقتصد (Economizer) لأنه يوفر في استهلاك الوقود ويسهم في رفع كفاءة البويلر حوالي 3 - 5%. وتتراوح فترة الاسترجاع لثمن المقتصد ما بين السنة والثلاث سنوات حسب اعتبارات سنذكرها فيما بعد.

يعتبر المقتصد أكثر الأجزاء تعقيداً في البويلر من حيث التصميم واختيار المعادن. فثمة اعتبارات تصميمية كثيرة تتعلق بالمقتصد نتيجة وجوده على مدخل المدخنة، فهذه المعدلة تتعامل مع غازات درجة حرارتها منخفضة، ومن أهم هذه الاعتبارات:

1. تستخدم عادة Finned Tubes الأنابيب الزعفرنية لزيادة مساحة سطح التبادل الحراري.
2. يستخدم معدن Stainless Steel في جميع الأجزاء المكونة له، أما الأنابيب فيمكن استخدام الـ Carbon Steel في بعض الأحيان. أما إذا كان الوقود المستخدم هو الوقود الثقيل أو كانت درجة حرارة المياه الداخلة منخفضة فيستخدم معدن Duplex Stainless Steel لهذه الأنابيب، وهو خليط من فئة 300 ss و 400 ss من اجل مقاومة إضافية للأحماض H_2SO_4 المتكاثفة على سطحها الخارجي أو المواد الذائبة في الماء خصوصاً إذا لم يكن طارد الغازات Dearator متوفراً في النظام.
3. اعتبارات تصميمية تتعلق بتقليل الزمن اللازم للصيانة وتسهيل عمل الصيانة وزيادة الاعتمادية له.

الضياعات الحرارية في البويلرات:

قبل البدء في الحديث عن دور المقتصد في رفع كفاءة البويلر، لا بد لنا أن نستذكر الضياعات الحرارية المصاحبة لغازات الاحتراق الخارجة من مدخنة البويلر.

تصل هذه الضياعات إلى أكثر من 12% من مجمل الطاقة الداخلة، وتعتمد بالدرجة الأولى على درجة حرارة الغازات الخارجة ونسبة ثنائي أكسيد الكربون فيها، حيث يمكن القول بأن كفاءة البويلر تتناقص بمعدل 2.75% لكل 55°م زيادة في درجة حرارة الغازات العادمة. جزء كبير من هذه الضياعات يمكن استرجاعها من خلال المقتصد.

أن العامل المحدد لدرجة حرارة الغازات الخارجة هو الضغط التشغيلي للبويلر، لأنه هو الذي يحدد درجة حرارة البخار المشبع، وبالتالي تكون درجة الغازات الخارجة من البويلر أعلى بـ 80°م من حرارة البخار حسب التصميم الاعتيادية بسبب مقاومة سطح التبادل الحراري، فمثلاً ضغط 10 بار بخار يعني حرارة مشبعة 185°م فتكون حرارة الغازات الخارجة محدود 265°م.

حساب الجدوى الاقتصادية من إضافة المقتصد إلى البويلر:

أهم الاعتبارات التي تؤخذ لدى متخذي القرار أثناء حساب الجدوى الاقتصادية لأي مشروع استثماري - وليكن إضافة المقتصد إلى البويلر الحالي على سبيل المثال - هي:

- التكلفة الابتدائية (الأولية): سعر المقتصد + تكلفة تركيبه وقد تصل التكلفة التركيبية من دعائمات وهياكل معدنية وبعض الوصلات والصمامات الإضافية إلى نفس تكلفة سعر المقتصد في بعض الأحيان.
- التكلفة الجارية (Running cost): تكلفة تشغيل ومراقبة وصيانة وقائية.
- الإيراد المتحقق: وهو الوفر السنوي المتوقع في تكلفة الوقود.

يكون فيه فرق الضغط عالياً يقلل من سعة البويلر وقد يسبب خراباً في البويلر نفسه إذا كان الاحتراق سيئاً. وبالتالي، التصاميم الجيدة يكون