بسم الله الرحمن الرحيم

دراسة جدوى فنية واقتصادية لإعادة استخدام البخار بدلاً عن الديزل في محركات السكة الحديد لنقل البضائع .

إعـــداد

عبد الله محمد الحسن

عبد المنعـم مهيـــــد

مشروع تخرج كمطلوب تكميلي لنيل درجة بكالريوس الشرف في

الهندسة الميكانيكية

قسم الهندسة الميكانيكية

كلية الهندسة والتقنية

جامعة وادي النيل

اكتوبر 2006م

بسم الله الرحمن الرحيم

دراسة جدوى فنية واقتصادية لإعادة استخدام البخار بدلاً عن الديزل في محركات السكة الحديد لنقل البضائع .

إعـــداد

عبد الله محمد الحسن 201B046

عبد المنعـم مهيـــد 201B050

مشروع تخرج كمطلوب تكميلي لنيل درجة بكالريوس الشرف في

الهندسة الميكانيكية

قسم الهندسة الميكانيكية

كلية الهندسة والتقنية

جامعة وادي النيل

اكتوبر 2006م

الاهـــداء

الي روح ابي ...

الي امي ...

منبع الحنان المتدفق ...

موطن الحنان المنبثق نوراً ...

إلي جميع الأهل واخواني ....

الي كل من تلقيت منه علماً

الي كل مسلم

(عبد الله)

الي ابي ...

ثورة الجهد المبذول التي لاتهداء

سياج الامان والطمأنينة الممزوجة همة ونشاط

الي امي الحنونة ...

احق الناس بحسن الصحابة...

الي جميع اخواني ...

الي اساتذتي الاجلاء ...

الشمعة التي احترقت فأضاءت لنا الطريق

(عبد المنعم)

الشكر والعرفان

الشكر لله أولا وأخيرا على أن وفقنا إلي إتمام هذا البحث ثم الشكر أجزلة إلي كل من مدوا لنا يد العون فكانوا بعمق المعاني أهل للعطاء حتى فاض عطاؤهم وحقاً بين الحصى توجد الجواهر .

وهكذا كنتم وسأظل أقف عند حساب المعروف لن استطيع أن أرد جميلاً اكبر مني فلتكن هذه الأحرف محطة . أمد يدي عبرها لكل من ساعدني في بحثي هذا واخص بالشكر المربي الفاضل :

الأستاذ / أسامة المرضي

الذي مد لنا يد العون ولم يبخل علينا بكل صغيرة وكبيرة كما نشكر كل الذين مدوا بنا يد العون ولم يبخلوا علينا بشئ

الهدف من البحث

- التعرف على محركات البخار والديزل
- المفاضلة بين محركات البخار والديزل من وجهات نظر متعددة
- جدوى اعادة استخدام او عدم استخدام محركات البخار

ملخص البحث

تناول البحث مدخل لكل من الديزل والبخار تمت دراسة جدوى فنية للبخار والديزل من وجهات نظر مختلفة كالتصميم والتشغيل والصيانة ، كما أجريت دراسة جدوى اقتصادية من ناحية التكاليف والعائدات لقاطرات الديزل والبخار .

المحتـــويات

الرقم	الموضوع	الصفحة
	الإهداء	I
	الشكر والعرفان	II
	الهدف	III
	ملخص البحث	IV
	المحتويات	V
	المقدمة	VI
	الفصل الأول	
	مدخل لمحركات الديزل	1
1-1	خصائص محركات الديزل	1
1-2	تصنيف محركات الديزل	1
1-3	اختيار نوع المحرك	3
1-4	الاختلاف بين المحركات الرباعية والثنائية	3
1-5	تشغيل محرك الديزل	3
1-6	قوه السحب	5
1-7	الإرسال	6
1-8	أنواع قاطرات الديزل	7
1-9	الأجزاء الهامة لقطارة الديزل	8
	الفصل الثاني	
	مدخل محركات البخار	11
2-1	اجزاء القاطرة البخارية	11
2-2	التحكم في الغلاية	16
2-3	طريقة عمل قاطرة البخار	17
2-4	نظام الكبح في البخار	18
2-5	قاطرات البخار الحديثة	20
	الفصل الثالث	

	دراسة الجدوى الفنية	25
3-1	التصميم	25
3-2	تصنيع الأجزاء	25
3-3	الصيانة الوقائية والإصلاحات الخفيفة	25
3-4	الصيانة العلاجية والعمرة الكاملة	26
3-5	استهلاك الأجزاء	26
3-6	الاعتمادية في ترحيل البضائع والركاب	27
3-7	الخطوط المستخدمة في السكة الحديد	27
	الفصل الرابع	
	دراسة الجدوى الاقتصادية	28
4-1	التكلفة الرأسمالية	28
4-2	الإيرادات السنوية	29
4-3	تكلفة التشغيل	29
	الفصل الخامس	
5-1	الخاتمة	32
5-2	النتائج	32
5-3	التوصيات	32

المقدمة

مصادر الطاقة في الطبيعة كثيرة ومتنوعة ولقد كان لتطور الانسان دوراً كبيراً في عملية الاستفادة من الطاقة المتوفرة (في الطبيعة) فقد استخدم الانسان في بداية الامر قوته العضلية للحصول على قوت يومه وممارسة نشاطاته المختلفة ، وعند ظهور المعادن بدات تظهر الادوات وبدأ الانسان عن طاقة لتشغيل هذه الادوات لتكون اكثر فعالية واكثر سرعة في الانتاج ، في هذا البحث سوف نتناول قاطرات البخار وقاطرات الديزل وسوف نقوم بالمقارنة بينهما من الناحية الفنية والاقتصادية .

فقد استخدم الانسان طاقة البخار منذ زمن قديم فقد قام هيرون الاسكندري حوالي 150 عام قبل الميلا بصنع الته المسماه باسمة والتي تعتمد على مبدأ رد الفعل وتستخدم البخار كوسط عامل ، الا ان هذه الاله ومثيلاتها لم تخرج من كونها العاب بتسلية في القصور والساحات العامة .

وعهند قيام الثورة الصناعية الثاني منذ القرن الثامن عشر ، وذلك من قبل العالم الانجليزي جيمس واط وتجسدت اهمية هذا الاختراع في انه ولاول مرة قد حلت الاله محل الجهد العملي ، اما قاطرات الديزل فهي تولد القدرة بواسطة حرق الوقود السائل في حيز من الهواء سبق ضغطه بمكبس ذو حركة ترددية ، ةهي محركات احتراق داخلي لان الاحتراق يحدث داخل غرفة معدة للاحتراق حيث تمتاز محركات الديزل بسهولة الاستخدام بمختلف انواعها واحجامها

الفصل الأول

مدخل لمحركات الديزل

يعرف محرك الديزل بأنه احد محركات الاحتراق الداخلي : ويقوم محرك الديزل بتوليد القدرة (الشغل الميكانيكي) عن طريق احتراق الوقود المخزن في حيز من الهواء المضغوط الساخن . ويعرف باسم محرك لأنه اله تولد حركة وهو من طراز الاحتراق الداخلي ، لان احتراق الوقود يحدث داخل اسطوانه المحرك حيث يتم فيها ضغط الهواء بكباس له حركة ترددية .

1-1 : خصائص محركات الديزل :

تعتبر محركات الديزل من اكبر المحركات جودة ، ومعنى ذلك انها تولد طاقة كبيره من الشغل بكمية محدودة من الوقود . ويمتاز محرك الديزل بالامان عند الاستعمال نظراً لان الوقود المستخدم اقل عرضة للاشتعال السريع مثل البنزين والغاز كما ان المحرك يحتفظ بجودة عالية مهما طالت مدة تشغيله اذا توفرت له الصيانه اللازمة اثناء التشغيل والصيانه الدورية والوقائية ، كما لايحتاج محرك الديزل الي كميات كبيرة من المياه بل تستخدم المياه فقط فى عملية التبريد مما يشجع استخدامه في المناطق النائية والبعيدة من مصادر المياه . يعتبر المحرك وحدة كاملة لتوليد القدرة الكهربائية بحجم ووزن مناسبين ، مما شاع استخدامه على مختلف أحجامة ابتداءاً من استخدامه في المنازل لتوليد طاقة لاتتعدي 0.5 كيلو واط . وأيضا ماكينات الديزل بحجم متوسط لتوليد القدرة الكهربائية بالسفن ، مروراً بماكينات ذات قدرة اكبر تتفاوت ما بين1MW إلى 50MW تستخدم للتوليد والتوزيع بالشبكات القومية .

وقد شاع استخدام محركات الديزل فى مجالات الحياة المختلفة حيث أصبحت معظم قاطرات السكك الحديدية فى كثير من الدول تعمل بواسطة محركات الديزل لما تمتاز به من اقتصاد فى استهلاك وقود الديزل وخدمتها لفتره زمنيه أطول .

1-2 : تصنيف محركات الديزل

يتم تصنيف محركات الديزل تبعاً لاعتبارات متعددة ، بحيث يسهل وصف المحرك وإعطاءه فكرة عامة عن تصميمه وطريقة تشغيله والتمييز بين أنواعه المختلفه.

وفيما يلي توضيح لأهم الاعتبارات التي يتم تصنيف محركات الديزل تبعاً لها :.

1- أشواط التشغيل :

تصنف محركات الديزل تبعاً لعدد الأشواط الي :

- محركات رباعية الأشواط وفيها تتم دورة التشغيل في أربعة أشواط للكباس أي لفتين من عمود المرفق .
- محركات ثنائية الأشواط ، وفيها تتم دورة التشغيل في شوطين أي لفة واحدة من عمود المرفق

2- تأثير الاحتراق:

ويقصد به ما تحتويه الاسطوانة الواحدة من غرف الاحتراق التي إما أن تكون واحدة أو اثنين على الأكثر وبذلك يتم تصنيف المحركات الي اثنين:

- محركات مفردة الأداء (التأثير) ويكون بها غرفة احتراق واحدة لكل اسطوانه بحيث تتحصر غازات الاحتراق في ناحية واحدة من رأس الاسطوانه والكباس .
- محركات مزدوجة الاداء (التاثير) ويكون بها في كل اسطوانه غرفتين للاحتراق الأولى علويه وتؤثر الغازات بها على السطح العلوي للكباس والأخرى سفليه وتؤثر الغازات بها على السطح السفلى للكباس

3- ترتيب الاسطوانات :

ويجري تقسيم المحركات تبعاً لذلك الي الأنواع الآتية :

- الاسطوانات المصطفه في خط واحد وتكون جميعها في خط مستقيم .
- الاسطوانات على شكل (v) .
- الاسطوانات على شكل دلتا .
- الاسطوانات القطرية (النجمة) .

4- سرعة الدوران :

- محرك بطئ السرعة
- محرك متوسط السرعة
- محرك مرتفع السرعة

5-دخول الهواء الجوي :

يتم تصنيف محركات الديزل تبعاً لطريقة دخول الهواء الجوي في المحرك الي نوعين :

- محرك الشفط المعتاد وفيه يتم دخول الهواء الجوي بفعل شفط ناتج من حركة الكباس في الشوط الهابط داخل الاسطوانه ويدخل الهواء للمحرك عند نفس الضغط الجوي تقريباً أو يخفض قليلاً .
- محركات الشحن الجبري وفيها يتم إجبار الهواء الجوي على الدخول الي الاسطوانه بضغط عالي أعلى من الضغط الجوي ، وتستخدم وسائل إضافية خاصة لضمان زيادة الضغط ودخوله في توقيت محدد الي اسطوانات المحرك .

6-طريقة الدوران :

يتم تقسيم محركات الديزل تبعاً لطريقة الدوران إلي نوعين :

- ثابت اتجاه الدوران ويكون اتجاه دوران المحرك في اتجاه محدد لا يمكن تغييره
- متغير الاتجاه ويكون دوران المحرك في الاتجاهين (يمين ويسار) ولعكس اتجاه الدوران وهي خاصية مفيدة في المحركات الرئيسية المستخدمة في السفن .

7-أنواع الوقود المستخدم

ويمكن تصنيف محرك الديزل تبعاً لنوع الوقود المستخدم والأجهزة المستخدمة في احراقه إلي الأنواع الآتية :

- محرك يعمل بالوقود العادي، وفيه يتم استخدام الغازات البترولية (الطبيعية) لتوليد القدرة بعد احراقها في اسطوانات المحرك .
- محرك يعمل بوقود الديزل ، وهو أكثر المحركات شيوعاً في تطبيقات الديزل ويتم فيه استخدام وقود سائل خفيف نسبياً .
- محرك يعمل بالوقود الثقيل لتوليد القدره عند دوران المحرك بالحمل الكامل

1-3 : اختيار نوع المحرك :

يجري اختيار النوع المحدد من المحركات على أساس :

* قوة الاعتماد عليه في التشغيل
* الثمن الابتدائي
* قله نفقات التشغيل والصيانه

1.4 : الاختلاف بين المحركات الرباعية والثنائية :

1- القدرة

نظرياً المحرك ثنائي الأشواط ينتج قدرة تعادل ضعف القدرة التي ينتجها محرك رباعي الأشواط وذلك فيما اذا تساوى المحركين في عدد الاسطوانات وعدد الدورات في الدقيقة ومتوسط القدرة البيانية ولكن أثبتت التجارب أن القدرة للمحرك الثنائي الأشواط هي اقل من الضعف قليلا مقارنة بالمحرك الرباعي . وذلك بسبب فقدان جزء من الشغل في عملية طرد مخلفات العادم من غرفة الاحتراق.

2- السرعة :

سرعه المحركات ثنائية الأشواط أكبر من سرعه المحركات رباعية الأشواط .

3- التصميم

تصميم المحركات ثنائية الأشواط يكون أسهل وابسط من تصميم المحركات رباعية الاشواط وذلك لعدم وجود صمامات وتوقيت الصمام .

4- الوزن

المحركات الثنائية تكون اخف وزناً واصغر حجماً من المحركات الرباعية المساوية لها في القدرة وعدد الدورات .

5- توزيع العزم

يكون توزيع العزم في المحركات الثنائية يكون أفضل مما عليه في الرباعية

6- الاستخدامات

لقد تم استخدام هذين النوعين من المحركات في القاطرات .

فمثلا القاطرة الانجليزية لديها محرك يعمل بواسطة الدورة الثنائية وأيضا لديها محرك يعمل بالدورة الرباعية .

1.5 : تشغيل محرك الديزل

قبل عملية التشغيل لابد من التأكد من الأجزاء المساعدة وقابليتها التامة لبدء تشغيل وحدة الديزل وهي مجموعات الأجهزة الخاصة بتزييت المحرك وتبريده وشحنه بالهواء وتخليصه في غازات العادم وتامينه من الخطر وبدء تشغيله وإيقافه ، لا تبدأ محركات الديزل حركتها ذاتياً بل بواسطة وسائل مساعدة من مصدر خارج المحرك يعمل على تدوير عمود المرفق بعدد من الدورات من اجل تعبئة اسطوانات المحرك المحرك بالهواء النقي وإدخال كمية من وقود الديزل الي هذه الاسطوانات وخلط المزيج واشتعاله ذاتياً .

1- طرق بدء تشغيل المحرك :

توجد طريقتين لبدء تشغيل محركات الديزل في القاطرات وهي :

- الهواء المضغوط حيث يتم ضخ الهواء الي اسطوانات المحرك حتى يكتسب المحرك السرعة الكافية التي تمكنه من الاشتعال ، الهواء المضغوط يزود بواسطة محرك احتياطي صغير او باسطوانات عاليه الضغط محموله في القاطرة .
- التشغيل ببادئ كهربائي وهي تستخدم بصورة واسعة في القاطرات وهى عملية قياسية وهي تعمل بصورة متشابهة لمحرك السيارة حيث تستمد الطاقة الكهربائية من البطاريات لإدارة موتور بدء الحركة ثم إدارة المحرك الرئيسي .

2- مجموعة حقن الوقود

تدفع مضخة الوقود الرئيسية Fuel injection pump وقود الديزل عبر انابيب الوقود ذات الضغط العالي الي الحاقانات تسمى احياناً بالبخاخات بالتحكم حيث تمرر الوقود الي غرفة احتراق المحرك وهي تعمل على فتح وغلق هذا الممر . بالإضافة الي تحويل وقود الديزل المدفوع تحت ضغط عالي من مضخة حقن الوقود الي رزاز متناثر علي هيئة نافورة في حيز غرفة احتراق المحرك من اجل زيادة تجانسه مع الهواء المضغوط وخلطة بصورة جيدة قبل عملية الاحتراق . يتم ضغط الهواء داخل اسطوانة المحرك حتى يصبح الهواء حار جداً في درجة حرارة 400 c، ثم يتم حقن رزاز الوقود ليسبب انفجار . قوة الانفجار هذه تدفع المكبس نحو الأسفل . وهذا يؤدي الي لف عمود المرفق .

3- مجموعة التبريد :

يتحول حوالي الثلث من الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق الوقود في اسطوانات محرك الديزل الي قدرة فعالة أما بقية الطاقة تفقد في طاقة غازات العادم الساخنه ، طاقة احتكاكية عند السطوح المختلفة ، طاقة تلتقطها السطوح المعدنية المكونة لغرفة الاحتراق وهي غطاء الاسطوانة والاسطوانة والمكبس، وظيفة مجموعة التبريد هي مساعدة هذه الأجزاء على التخلص من تلك الطاقة الحرارية غير المرغوب فيها .

تتكون مجموعة التبريد من مضخة لسحب الماء من والى الماكينه بعد تبريده عن طريق مروره على المبادل الحراري الذي يحتوي على عدد من المراوح تقوم بتمرير الهواء من خلال أجزاء المبادل وتسمى دورة التبريد بهذه الصورة بالدورة المغلقه.

4- مجموعة التزييت

تتكون من مضخة حيث تعمل هذه المضخة على إيصال الزيت المضغوط الي جدار الاسطوانات وعمود الكامات Cam shaft ومجموعة الصمامات

Valve group بالاضافة الي المساند الرئيسية والمساعدة لعمود الادارة وغيرها من الاجزاء المتحركة المكملة لعمل محرك الديزل .

يقوم زيت التزليق بالعديد من الوظائف في محرك الديزل فهو يعمل على تقليل التآكل الناشئ بين الأسطح المتحكه بتقليل معامل الاحتكاك بينها وهو بذلك يطيل من عمرها الافتراضي ، كذلك يساعد في سهوله الحركة لمختلف الأجزاء وتقليل القدرة المفقودة (زيادة الجودة الميكانيكية) وهي إحدى العوامل الهامة عند اعتبار تشغيل المحرك كما يعمل زيت التزليق على نقل الحرارة الناشئة في مختلف الأجزاء ويحملها معه الي المبادلات الحرارية للتخلص منها ، وهو بذلك يؤدي وظيفة هامة في تقليل الاجتهادات الحرارية داخل أجزاء المحرك، ويعمل كذلك على امتصاص أحمال الصدم الناشئه من التغيرات المفاجئة أثناء بدء التشغيل وخلال فترات التحميل المختلفة ، ونجد أن زيت التزليق الموجود في قميص الاسطوانة يؤدي وظيفة هامة في ذلك الموضع وهي تقليل الخلوص بين جدار القميص وحلقات الكباس .

وبذلك يساعد على انضغاط الهواء والاستفاده القصوى من ضغط الاحتراق وذلك مما يزيد من الكفاءة الحرارية للمحرك .

5- مجموعة العادم

يستهدف تصميم مجموعة العادم الآتي

- نقل نواتج الاحتراق الي نقطة يمكن عندها تصريف الغازات دون أي ضرر .
- خفض الصوت المزعج الناتج من الذبذبه العالية في الضغط والتي تحدث حين تتخلص الاسطوانه من محتوياتها .
- خفض قيمة الضغط الخلفي للمحرك الي اقل ما يمكن لان زيادة هذا الضغط تقلل من قدرة المحرك

تتكون مجموعة العادم من أنابيب تنقل غازات العادم من المحرك الي علبه كتم الصوت ثم الي المحيط الجوي

1.6 : جهد الجر- سحب القوه Tractive Effort- pull and power

هي القوة المبذولة على حافة عجل القاطرة وعادة يعبر عنها بالباوند (Ibs) أو الكيلو نيوتن (KN) وتتحول هذه القوة الي المقارنة الموجودة بين القاطرة والقطار أما سحب القوة يكون معرض للانخفاض بسبب احتكاك الأجزاء الميكانيكية المتحركة ومقاومة صد الرياح .

القوة يعبر عنها بقوة الحصان Hourse power (Hp) او (KW)

وحدة قوة الحصان تعرف بالعمل اللازم لدفع واحد حصان3300 باوند واحد قدم في الدقيقة أما في النظام المتري تحسب كقوة مطلوبة عندما تتحرك قوة مقدارها واحد نيوتن مسافة واحد متر في ثانية واحدة . ويمكن كتابة هذه المعادلة كالآتي

$P = (F * d)\backslash t$

حيث

P = القدرة

F = القوة

D = المسافة

T = الزمن

1 قدرة حصانيه = 746 واط

تحتاج القاطرات ان يكون لديها وسائل مناسبة للإرسال بين محرك الديزل والعجلات . قاطرات الديزل الكهربائية تنتج (2580 h p) بها حوالي (450 hp) فقد داخل المعدات مثل مروحة المشع ، ضواغط الهواء ، والقوة المستخدمة في خدمات الركاب .

1.7 : الإرسال Transmission

الإرسال هو عملية نقل القدرة من مكان الي آخر .

هنالك ثلاثة طرق للإرسال في القاطرات

1. الإرسال الميكانيكي
2. الإرسال الكهربائي
3. الإرسال الهيدروليكي

معظم القاطرات مستخدم فيها الإرسال الكهربائي وتدعي قاطرات الديزل الكهربائية .

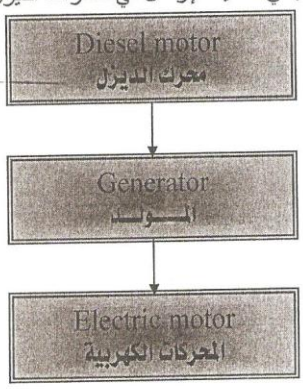
الإرسال الميكانيكي والهيدروليكي لا يزالان مستعملان في القاطرات متعددة الوحدات والقاطرات الخفيفة .

في قاطرات الديزل الكهربائية الحديثة تمر هذه العملية بعدة مراحل ابتداءاً من زيت الوقود Fuel oil الي دوران العجلات .

حيث يشتعل الوقود في الاسطوانات لقيادة الكباسات فتنتقل الحركة ألي العمود المرفقي ومنه الي مولد التيار Alternator الذي يعمل على تزويد الكهرباء الي موتورات السحب .

أما الإرسال في قاطرات البخار يبدأ باحتراق الفحم أو الوقود في صندوق النار، الحرارة المتولدة تسخن الماء فيتولد البخار الذي يعمل على قيادة المكابس الي الأمام والخلف وتنتقل هذه الحركة الي العجلات فتدور .

الشكل التالي يوضح رسم تخطيطي لعملية الإرسال في قاطرات الديزل الكهربائية



1.8 : أنواع قاطرات الديزل

(A) Dc – Dc (Dc generator supplying Dc traction motors)

وهي قاطرة Dc – Dc لديها مولد يزود موتورات السحب بالتيار Dc اللازم من خلال التحكم في مقاومة التيار .

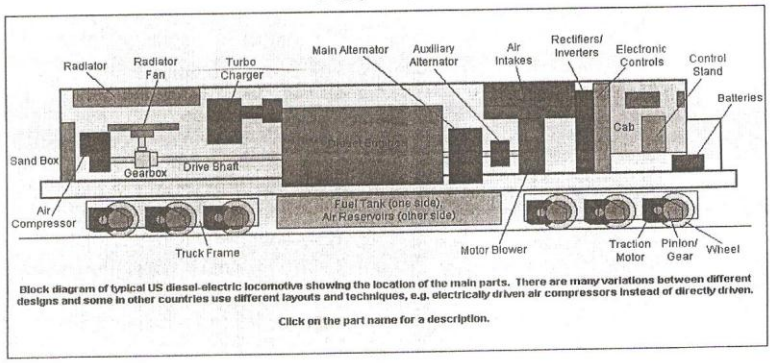
(B) Ac – Dc – Ac (Ac alternator output rectified to supply Dc motors

هي قاطرة Ac - Dc لديها مولد يولد تيار متردد Ac ثم يسمح له بالذهاب الي موتورات السحب .

(C) Ac – Dc – Ac (Ac alternator out put rectified to Dc and then inverted to 3 - phase Ac for the traction motors.

هي قاطرة Ac - Dc – Ac وهي من القاطرات الحديثة حيث يكون لديها مولد يولد التيار المتردد Ac ثم يصحح الي تيار مباشر Dc ثم يحول الي تيار متردد Ac (ثلاثة أوجه) حيث تستطيع القوة الناتجة من الثلاثة اوجة أن تسحب العجلات بواسطة المحركات .

الشكل الأتي يبين الأجزاء الأساسية لقاطرة الديزل الكهربائية



1.9 : الأجزاء الهامة لقاطرة الديزل

1- مولد التيار الرئيسي Main Alternator

مولد التيار الرئيسي يعمل على توليد التيار المتردد (AC)، ينتقل التيار المتردد الي موتورات السحب على مجمع العجلات، وهو بذلك ينتج القدرة التي تحرك القطار.مولد التيار الرئيسى يستمد حركته من محرك الديزل.

فى القاطرات القديمه مولد التيار يولد تيار مباشرDC ثم يمرر إلى موتورات السحب، هذا النظام لازال مستعملا فى بعض القاطرات . بعد التطوير تم استبدال آلية مولد التيار المباشر بالية مولد التيار المتردد .

2- مولد التيار المتناوب (الإضافي) Auxiliary Alternator

القاطرة التي تستخدم في نقل الركاب تكون مجهزة بمولد تيار إضافي ، حيث يستخدم مولد التيار الإضافي ليعطي تيار متردد للإضاءة والتسخين .

3-محركات السحب Traction Motor

محركات السحب تزود المحاور بالقياده النهائيه .المحركات التقليديه كانت تستخدم التيار المباشرDC ، ولكن التقدم التكنولوجي قاد إلى تقديم محركات التيار المتردد AC ذو ثلاثة اوجه – 3 phase – AC – motors .يوجد أربعة أو ستة محركات في معظم قاطرات الديزل الكهربائية .

4- الشاحن التوربيني Terbocharging

كمية القدره المتحصل عليها من اسطوانات محرك الديزل تعتمد على كمية الوقود المحترقه بداخلها، وكمية الوقود المحترقه داخل الاسطوانه تعتمد على كمية الهواء داخل الاسطوانه لذا اذا استطعنا أن نتحصل على كميه اضافيه من الهواء داخل الاسطوانه فان ذلك يستدعى كميه اضافيه من الوقود، وبذلك نتحصل على قدره أعلى . الشاحن التوربيني يستعمل لزيادة كمية الهواء المدفوعة لكل اسطوانة وهو يستمد حركته من غازات العادم الخارجة من المحرك حيث تعمل على إدارة مروحة التوربين وهي بدورها تعمل على إدارة ضاغط صغير الذي يدفع الهواء الإضافي الي الاسطوانات . الشاحن التوربيني يعمل على زيادة قدرة المحرك بنسبة 50% .

الميزه الرئيسيه للشاحن التوربينى هو أنه يعطى قدره اضافيه مع عدم زيادة كمية الوقود.

5- ضاغط الهواء Air compressor

الضاغط الهوائي يعمل على تزويد القاطرة بالهواء ويمد القطار بالهواء اللازم للكبح (الفرامل) Break. ضاغط الهواء يستمد حركته من محرك الديزل.

6- موتور النفخ

محرك الديزل أيضا يقود موتور النفخ حيث يعمل على تبريد موتورات السحب لتكون عند درجة حرارة باردة تحت الحمل الثقيل، كذلك تعمل تعمل موتورات النفخ على تبريد مولد التيار المتناوب .

7- صندوق التروس Gear – Box

إن المشع ومروحة التبريد في اغلب الأحيان يكونان في السقف الداخلي للقاطرة ، ويعمل صندوق التروس على تغير حركة عمود التدوير إلي اعلي

8-خزان الوقود Fuel - Tank

قاطرة الديزل يجب إن تحمل معها الوقود الخاص بها ، ويجب ان تكون كمية الوقود كافية، يكون خزان الوقود عادته أسفل القاطرة وتكون سعته 1000 جالون للقاطرة البريطانية مثلاً . بالإضافة للوقود تحمل القاطرة 300 جالون ماء تستخدم للتبريد و 250 جالون زيت مستخدمة للتزييت .

9- عمود التدوير Drive shaft

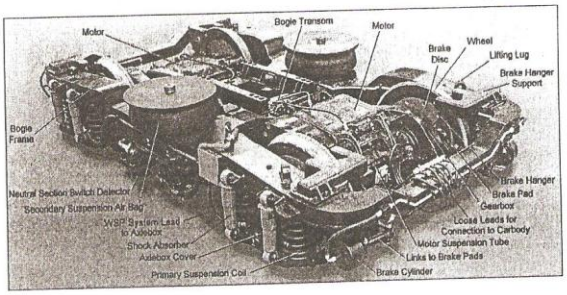
إن الناتج الرئيسي من محرك الديزل يرسل Transmitted بواسطة عمود التدوير الي مولد التيار الرئيسي من طرف والطرف الأخر لعمود التدوير يوصل الي مروحة المشع Radiator Fans وضاغط الهواء

10- مجمع العجلات The bogie

هو الجزء الذي يعمل المحركات والكابحات brakes وأنظمة التعليق suspension system .

مجمع العجلات يجب أن يتحمل الاجهادات الشديدة والصدمات التي يتعرض إليها والسرعة الأمامية التي يجري بها والتي قد تكون اعلي من 300 KM / h

الرسم التالي يبين أجزاء مجمع العجلات



a. إطار مجمع العجلات Bogie frame

يصنع من ألواح فولاذية Steel plate أو فولاذ صب Cast steel

b. اسطوانة الكبح Brake cylinder

الاسطوانة مهمتها بإمداد الهواء اللازم لكبح العجلات في بعض مجمعات العجلات توجد اسطوانتين لكل عجل لمتطلبات الكبح العاصي ، كل عجل مذود بقرص كابح على كـل جانب .

عندما يسمح للهواء بالدخول الي داخل اسطوانه الكبح فان الكباس يتحرك ويسبب ضغط ؟؟؟؟

c. حلزون التعليق الأساسي

Primary suspension coil

توضع اثنان من النوابض Spring امام كل عجل هي البوجي . تحمل هـذه النـوابض وزن القاطرة

d. صندوق التروس Gear box

وهو يحتوي على ترس صغير Pinion والعجلة المسننه Gear wheel وبهما يتم قيادة العجل

c. المحرك Motor

عادة كل محور لدية محرك واحد . المحرك يقود المحور خلال صندوق التروس

f. مخمد الصدمات Shock absorber

وهو يستعمل لتقليل تأثيرات الاهتزاز التي تحدث للعجل .

الفصل الثاني

مدخل لمحركات البخار

المحرك البخاري هو اله تعمل بطاقة تمدد البخار ، ويستخدم البخار في دفع المكابس التي تدير عجلات القاطرة ، أو يمكن استخدامه في تدوير توربينات ضخمة تحرك مولدات كهربائية ، وعابرات محيطات عملاقة ، وتدار بالبخار أيضا المضخات الكبيرة .

كان ابتكار المحرك البخاري في القرن الثامن عشر قد مكن من ظهور الصناعة الحديثة . وحتى ذلك الوقت كان الناس يعتمدون على قوة عضلاتهم ، أو قوة الحيوان أو قوة الرياح أو قوة المياه . ولكن محركاً بخارياً واحداً يمكنه عمل مئات الخيول ، ويستطيع المحرك أن يمد كل الآلات في مصنع ما بالقدرة اللازمة وتستطيع القوة البخارية أن تجر قطار شحن محملاً بالبضائع الثقيلة مسافات طويلة خلال يوم واحد . وقد وفرت قاطرات البخار وسيلة انتقال آمنه وسريعة .

2.1 : أجزاء القاطرة البخارية : Pasts of steam locomotive

1- صندوق النار Fire box

هو مكان حرق الوقود لخلق الحرارة

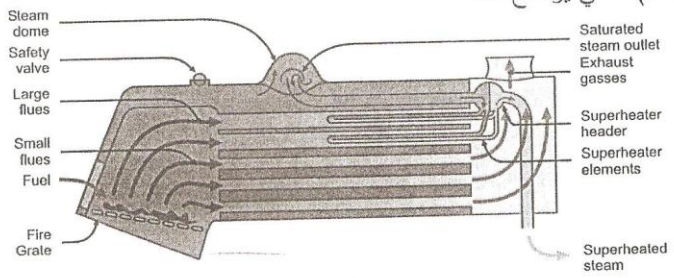
2- الغلاية Boiler

تنتقل الحرارة من صندوق النار عبر الأنابيب في الغلاية تعمل هذه الأنابيب على تسخين الماء الموجود حولها . يوجد نوعان رئيسيان للغلاية هما :

- غلاية أنبوب النار Fire tube boiler

وهي تتكون من خزان ماء تمر من خلاله مجموعة من الأنابيب ، تعمل هذه الأنابيب على توصيل الغازات الحارة لتسخين الماء في الخزان

الشكل (2-1) التالي يوضح ذلك



هذا النوع من الغلايات استخدم في كل قاطرات البخار وأيضا استخدم في السفن الصغيرة وتدفئة المباني .

طريقة العمل :

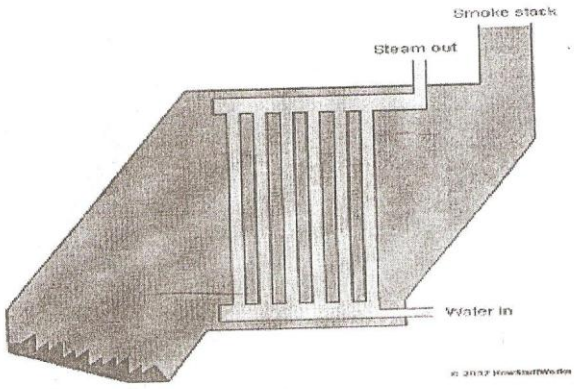
يحترق الوقود في صندوق النار لإنتاج الغازات الحارة . لتسخين الماء هذه الغازات الحارة توجه الي الأنابيب المحيطة بالماء لتوليد البخار . يرتفع البخار لأعلي نقطة في الغلاية (قبه البخار Steam dome) حيث يتجمع البخار التي في هذا المكان .

كمية البخار التي يمكن أن تتولد في الساعة تعتمد على نسبة الاحتراق في الفرن ، وعلى كفاءة نقل الحرارة الي الماء . ونسبة احتراق الوقود تعتمد على نسبة الهواء المتوفرة . كفاءة الغلاية تكون مقاسه على كمية الماء التي يمكن أن تتبخر لكل باوند فحم ، وهذا يعتمد على كمية الماء التي يجب ان تستهلك .

- غلاية أنبوب الماء Water -- tube boiler

في هذا النوع من الغلايات تمر الماء عبر الانبوب. وهي تتكون من أنابيب تمر من خلالها الماء ، هذه الأنابيب تكون مغمورة في خزان بخار

الشكل (2-2) التالي يوضح ذلك .



3- قبه البخار Steam dome

وهي عادة تكون أعلى نقطة في الغلاية يتجمع البخار فيها ويتوزع منها عبر الصمامات الي الاسطوانات ، والأنبوب المتفرع Manifold الذي يصرف البخار الي الـ Atomizer والصفارة .

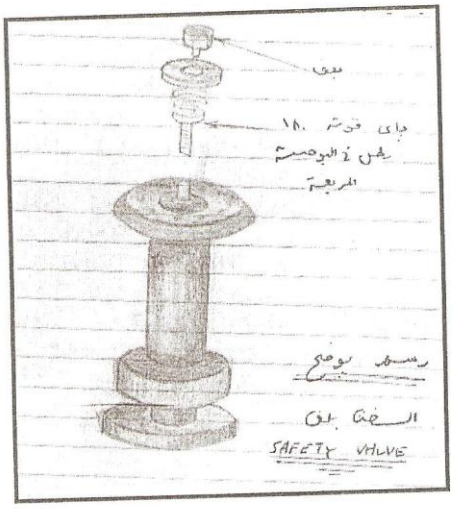
قبه البخار تحتوي على صمام الأمان Safety valve صمام المنظم regulator . صمام المنظم مرتبط بالصمام الخالق داخل كابينه القيادة .

يستعمل سائق القاطرة الصمام الخانق للتحكم في كمية البخار التي يجب ان تذهب الي الاسطوانات .

4- صمام الأمان Safety valve

هو صمام يكون اعلي قمة صندوق النار وظيفته حماية الغلاية من الانفجار حيث يفتح بعد ان يصبح ضغط البخار 180 رطل / بوصة ^{2} بعد هذا الضغط إي زيادة تؤدي الي رفع الياي وبالتالي يفتح البلف لتقليل الضغط في الغلاية .

الشكل التالي يوضح اجتزاء بلف الأمان



5- الصمامات Valves – الاسطوانات Cylindes والكابسات Pistons

يتحول البخار الي طاقة ميكانيكية في الاسطوانات يكون البخار تحت ضغط عالي اثناء مروره عبر الصمامات الي الاسطوانات لقيادة الكباسات ومن ثم تنتقل الحركة الي العجلات . اغلب القاطرات تستخدم اسطوانات ثنائية الفعل Double – action cylinders

وهذا يؤدي الي الحصول على قوة مضاعفة نتيجة لتناوب دخول البخار على جانبي المكبس دافعاً المكبس بقوة ذهاباً وإيابا . ثم تتحول القدرة من الكباس الي ذراع التوصيل بواسطة عمود منزلق . صمامي المدخل والعادم يستمدا حركتها من الحركة الدوارة للمرفق المركب على حامل لا تمركزي . عند حركة القاطرة الي الخلف فان ترس الصمام يحتوي على أليه تسمح للبخار ان يمر في الاتجاه المعاكس .

6- اذرع التوصيل Connecting rods

تتحرك المكابس حركة ترددية Reciprocating وتتحول هذه الحركة الي العجلات بواسطة اذرع التوصيل ، توصل اذرع التوصيل بين الكباسات والعجلات بواسطة قارنه دائرية عند كل من الكباسات والعجلات لحماية المكبس من ان يتعرض الي انحناء فان القارنه الدائرية تأخذ شكل متقاطع

7- الحاقن : injector

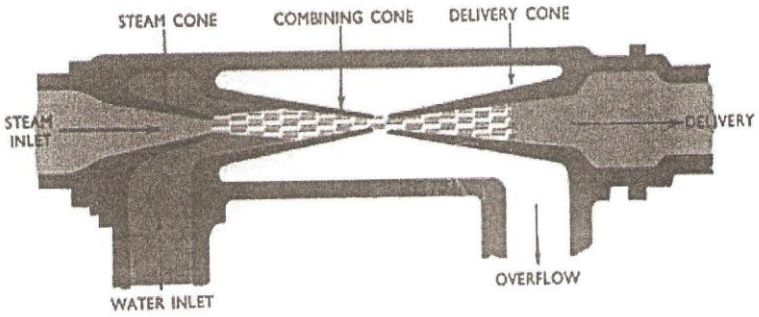
الحاقن هو اله تعمل على تصريف الماء الي الفلاية كل قاطرة بخار توجد بها حاقنين .

يوجد بالحاقن صمامين احدهما للماء والأخر للبخار صمام البخار يعمل على ضغط الماء لتمر بقوة الي الغلاية لتعويض الماء المتحول الي بخار .

الحاقن عادة يوجد به ثلاثة أشكال مخروطية مخروطين في المقدمة والأخير يكون في الخلف ، حيث يدخل البخار في اتجاه المخروط الأول ليسلط ضغط على الماء ويمنحها سرعته كما يوضح الرسم ، ليخرج من خلال المخروط الأخر حيث يتحول فيه سرعة الماء الي ضغط ليتم توجيهها الي الغلاية .

المنطقة الصفراء تمثل البخار والمنطقة الخضراء الغامضة تمثل الماء والمنطقة الخضراء الفاتحه تمثل الماء ذات الضغط العالي في طريقها الي الغلاية .

الشكل يوضح الاجزاء الداخليه للحاقن



8-المحمص Superheated

هو جزء من الغلاية صمم لإنتاج البخار المسخن جداً (محمص) حيث يتم فيها تسخين البخار المغادر للغلاية وهو مشبع ويخرج محمص ليتم تزويده للاسطوانات. درجة حرارة الهواء المضغوط في الغلاية هي حوالي 600°c الي 750° C وهي تعتمد على كيفية عمل القاطرة وكفاءة الاحتراق في صندوق الماء .

التحميص يعمل على رفع درجة حرارة البخار تقريباً الي900° C .

هناك فائدتان لعملية التحميص :

- تحويل البخار المشبع الي بخار محمص وبالتالي زيادة كمية البخار .
- زيادة البخار المحمص تسمح لاستعمال اسطوانات اكبر من تلك التي تستعمل في البخار المشبع وبالتالي زيادة القدرة

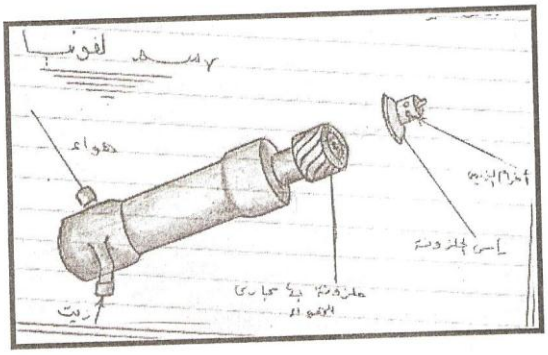
طريقة التحميص

يتم توزيع البخار من القبه dome عن طريق منظم ذو صمام الي سلسله الأنابيب الصغيرة التي تدعي عناصر elements التي تمر عبر المدخنه الكبيرة وتعود الي القبة بخار ساخن جداً . أي أن البخار أثناء مروره عبر العناصر يمتص الحرارة من الغازات الساخنه

9-المشعل (الفونيه)

يدخل الوقود الي المشعل عبر صمام الوقود ، ويدخل البخار عبر صمام Atomiser ، ويعمل البخار على ضغط الوقود بقوه ليخرج الي المشعل ليخرج في شكل رذاذ

الشكل الأتي يمثل الفونية



10- المنظم Regulator

هو جهاز يتحكم فيه سائق القاطرة لتحديد كمية البخار التي يجب ان تذهب الي الاسطوانات وبالتالي زيادة أو نقصان سرعة القطار .

11- فضاء الماء Water space

هو الجزء الأسفل للغلاية الذي يحمل الماء المتحول الي بخار .

12- فضاء البخار Steam space

البخار يحتل الجزء الاعلي من الغلاية فوق فضاء الماء حيث يتجمع البخار في القبه .

13- وعاء البخار the steam chest

يتكون وعاء البخار من الجزء العلوي والجزء السفلي والاسطوانات والكباسات .

الجزء العلوي يوجد به الصمام يتحكم في دخول البخار وبالتالي تحديد الاتجاه الذي يسير فيه القطار الي الأمام آم الي الخلف .

البخار يدخل الي هذا الموضع بالشكل أدناه ويتمدد الي 1600 مرة من حجمه الأصلي ، وذلك يعني أن البخار . البخار المتمدد ينتقل الي الجزء الأسفل الذي توجد به الاسطوانة الكباس . قوه ضغط البخار تكون كافية لدفع الكباس .

14- المدخنة : Chimney

تعمل المدخنه كعادم لأدخنه الاحتراق .

عادة تكون المدخنة أعلى صندوق النار ، وقد صاحب تصميمها الكثير من البحث وذلك لان النار الصاخبه داخل صندوق النار تحتاج لإمداد جيد من الأكسجين للاحتراق ، لذا فالمدخنة يجب أن تسمح لتدفق جيد للهواء خلال أنابيب الغلاية وصندوق النار وفي نفس الوقت تمنع خروج الشرارات Sparks من صندوق النار لحمايه القطار من حدوث الحريق .

15- مقياس الماء :

مستوى الماء في الغلاية يقاس بواسطة جهاز مدرج حيث تقسم زجاجة المقياس الي جزئين الجزء الأسفل ولونه اخضر ويمثل منطقة الماء . أما الجزء الاعلي فلونه اصفر ويمثل منطقة البخار .

16- مقياس ضغط الغلاية Boiler pressure Gauge

يصمم هذا الجهاز على شكل أنبوب بوردون ويصنع عادة من البرونز الفسفوري . وجهة المقياس مدرجة الي عدة درجات كل درجة تمثل عدد من الباونات لكل بوصة مربعة . وتكون في المقياس علامة حمراء والتي عندها تصل الغلاية الي الضغط الاقصي الذي يجب عنده أن تفتح صمامات الأمان .

17- السدادات القابلة للانصهار Fusible plugs

هي مسامير تربط في سقف صندوق النار وتصنع من البرونز ينصهر في درجة حرارة منخفضة . أي عندما ينخفض مستوي الماء في الغلاية وتكشف هذه المسامير فإنها تنصهر وتسمح للماء بالتدفق خلالها الي صندوق النار لإطفاء النار .

18- مقطورة الوقود والماء the tender

تحتوي مقطورة الوقود والماء على الوقود والماء اللذان يديران القاطرة ، الماء يكون محمول في صهريج أما الوقود يكون عادة محمول في مقطورة خاصة ، سعة الوقود والماء في المقطورة يجب أن تكون متناسبة مع معدل الاستهلاك والمسافة المقطوعة .

2.2 : التحكم في الغلاية

ما تزال غلاية القاطرة تحت التحكم اليدوي ، ويجب ان تكون تحت المراقبة مستمرة للضغط المتولد في الغلاية وهذا الشكل يوضح قوه الضغط الكبيرة المتولدة في الغلاية

The average Locomotive back plate is aprox 60 in wide , and 84 in high and the boiler pressure is say 250 Ib in .

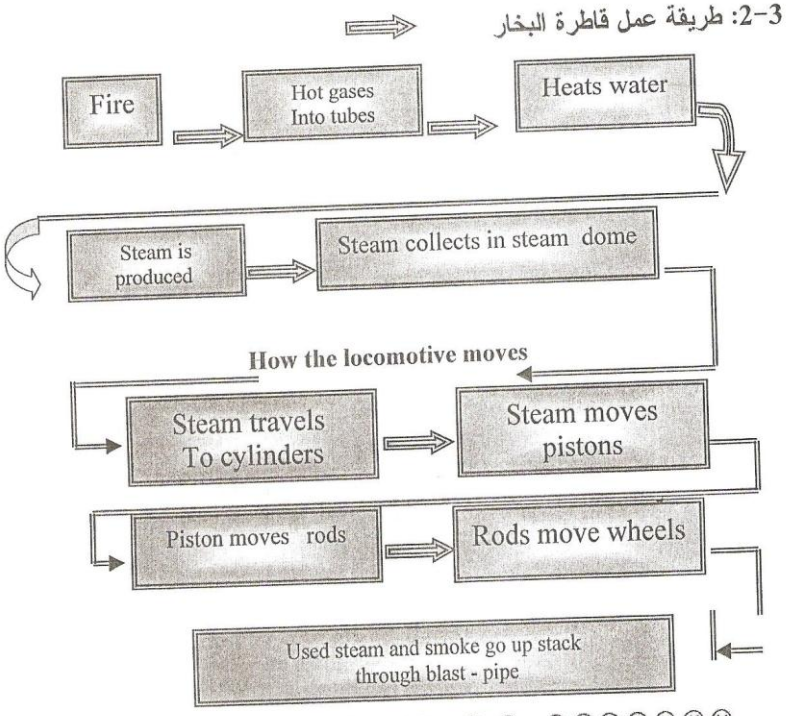
60 * 84 = s040 s2 . inches

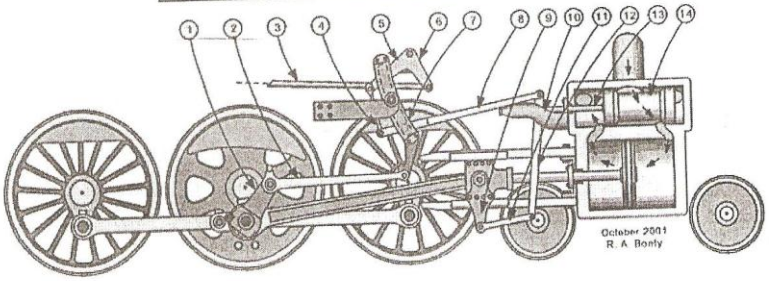
S040 * 250 = 1.260.000 Ibs

1.260.000 * 2240 = sb2 .5 Tons

كل هذه القوة تولد داخل الغلاية

2-3: طريقة عمل قاطرة البخار



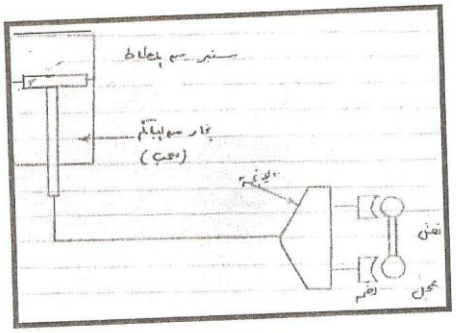


1. Eccentric Crank	5. Lifting Arm	9. Crosshead Arm	13. Valve Stem
2. Eccentric Rod	6. Reverse Arm & Shaft	10. Valve Stem Guide	14. Valve Spindle
3. Reach Rod	7. Link (Expansion Link)	11. Union Link	
4. Lifting Link	8. Radius Bar	12. Combination Lever	

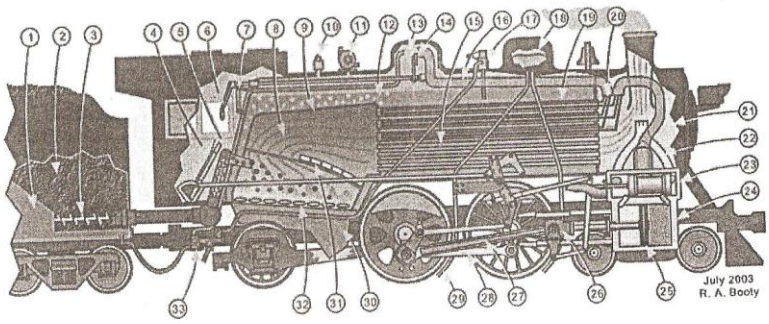
2.4 : : نظام الكبح في البخار

عملية الكبح في القاطرات للبخارية تعتمد على سحب البخار من الفلاية أو صندوق النار ثم يتم ضغطه بواسطة كباس ، الكباس يعمل على تحريك ذراع والذي يعمل على دفع اللقم نحو العجلات .

الرسم التالي يوضح ذلك



الرسم التالي يوضح الاجزاء الداخلية لقاطرة البخار



Water Compartment
2. Coal Bunker
3. Worm Coal Conveyor
4. Reverse Lever *(Johnson Bar)*
5. Stoker
6. Throttle Lever
7. Water Gauge
8. Firebox
9. Crown Sheet
10. Safety Valve
11. Turbine-Generator
12. Boiler Water
13. Steam Dome
14. Throttle Valve
15. Boiler Tubes
16. Dry Pipe
17. Water Delivery Check Valve
18. Sand Dome
19. Flue Tubes
20. Superheater Tubes
21. Smokebox
22. Blast Pipe
23. Steam Chest
24. Cylinder
25. Piston
26. Crosshead
27. Main Rod
28. Side Rod
28. Side Rod
30. Ashpan Hopper
31. Brick Arch
32. Grate
33. Injector

2.5: قاطرات البخار الحديثة

1- البخار الحديث بديل اقتصادي وبيئي بالمقارنة مع الديزل

Modern steam and economic and environmental alternative to diesel traction

منذ أكثر من ثلاثين سنة ماضية قدمت ورقة من المؤسسة الهندسية لتطوير عمل قاطرات البخار من المستر بورتا Porta دعى فيها الي تشغيل البخار في الدول المتأخرة تكنولوجياً .

اقترح بورتا استبدال قاطرات الديزل بقاطرات البخار مستنداً على التجارب العملية خلال السنوات الـ11 الماضية حيث وجد ان تشغيل البخار الحديث اقتصاديا وايجابيا .

منذ عام 1969 كان التشغيل عبر البخار متقلباً الاطوار لكن الميل العام كان يتجه في كيفية الاستفادة من البخار بزيادة التقنية عليه .

واثناء الازمة النفطية عام 1980 أعيد النظر في تشغيل البخار في السكة حديد لان البخار لدية القدرة على التعامل مع جميع انواع الوقود حتى في الولايات المتحدة الامريكية ومن هنا اعيد النظر بجدية في تشغيل البخار بدلاً عن الديزل في عدة مشاريع طموحة ، وبدا العمل بالفحم الوفير الرخيص .

في جنوب افريقيا تم تطوير قطار بخار تحت اشراف ديفيد وردلي الذي استخدم تقنية بورتا ، ولكن العمل في تطوير البخار المتحرك يلقي اهتمام الكثير من الناس حتى اعتقدوا انها ساحرة ومبهرة .

مساوي قاطرات البخار القديمة

1. ذات تكلفة عالية في عملية الصيانة
2. الكفاءة الحرارية اقل مقارنة مع كثرة الوقود المحترق
3. تلوث البيئة للادخنة الناتجة من عملية الاحتراق
4. احتمال اشتعال النيران على الخطوط الجانبية .

محاسن قاطرات البخار الحديثة

A. لاتحتاج الي أكثر من سائق واحد
B. استعمال الزيت الخفيف الذي يتميز بالاحتراق الممتاز
C. كفاءة حرارية عالية .
D. سرعة التشغيل
E. عزل تام للغلاية والاسطوانة وأنابيب البخار
F. كفاءة ميكانيكية عالية
G. عدم تسرب الزيت

2- تطوير قاطرات البخار في الأرجنتين لمساعدة الدول المتأخرة تكنوجياً

Steam locomotive Development in Argentina its Contribution to the future of Railway Technology in the under Development Counters

الغرض من هذه الورقة هو وضع باقتراحات للدول النامية التي ليست لديها رؤوس أموال كبيرة للاستثمار ، ولكنها تمتلك كميات مناسبة من الوقود الأساسي كالفحم والخشب .

الغرض هو وضع اقتراحات تبين تطوير السحب البخاري development. التطوير الأساسي يهتم بالأداء والكفاءة .

يود الكاتب أن يبين في هذه الورقة السحب المطلوب للدول النامية ، وان تطبيقات تكنولوجيا البخار الجديدة مرتبطة بتنوع الوقود المحلي (غالب ما يكون هو من النوع الردئي) وايضاً ندرة الوقود البترولي كونت الرغبة في الوقود البديل . بدأ الكاتب هذه الورقة بعد دراسات شاملة في M . Andra chapelon في فرنسا في تطبيقات بحوث نظام العادم والانسياب خلال دورة البخار .

تطوير القاطرات الموجودة : Improvement to Existing Locomotive

تم اعادة بناء القاطرة 2-6-4 وفقاً للخصائص المطبقة عن طريق M. chaplon لتصبح هذه القاطرة ذات اربعة اسطوانات ونتيجة لذلك ارتفعت القوة القصوى الخارجة maximum power out put من 2200 الي 4000 hp قدرة حصانية ، الضغط التشغيلي لهذه القاطرة المعدلة 285 P .S.I، الوزن الكلي للمكينة 68 tons . المقطع العرضي لمنافذ البخار زيد بنسبة 25% للتاكيد على الانسياب الحر للبخار ولتقليل انخفاض الضغط الي الحد الادني . وزيادة المقطع المستعرض لمدخل البخار الي الكباس بنسبة 25%

تم ايضاً عمل لحام محكم على الغلاية . يمكن ان نذكر هنا ان كل اجزاء الماكينة في القاطرة تم تصنيعها من Welded mild steel plate مثل المكابس الاسطوانات – الاغطية – مقطورة الوقود والماء . هذا بالاضافة الي التسخين المفرط Superheating بين مخرج الضغط العالي H .P في العادم ومدخل الضغط المنخفض L . P كما هو مستعمل في M. chapelons

على الرغم من مشاكل تسرب البخار أعطت هذه القاطرة نتائج مذهله في القدرة العالية والكفاءة الاعلى اظهرت هذه القاطرة سعة تسارع واضحة من غير ارتياب ، وصلت فيها درجة حرارة البخار العالية الي 842F في اسطوانات الضغط العالي و 602F في الضغط المنخفض .

كان الحد الادني لاستهلاك الوقود 1.78 Ib / db . hp/ hour عند 1000 db . hp و 31m/hr .

استعمل فيها نظام اشتعال حيث شحنة الهواء الزائدة للاحتراق ادخلت كهواء إضافي للتمكين من الحصول على قدرة عالية من غير ازدياد في كمية الوقود .

التآكل في أجزاء المكينة كان قليل .

Light Re building of 2-6-2 and 2-6-4 suburban tank loco motive Roca Railway

التعديلات المقامة على هذه القاطرة تمثلت في استبدال العادم متعدد النفث Multiple-jet وتطوير تشغيل الصمامات وذلك بتكلفة 200 ألف جنية إسترليني لكل قاطرة

القدرة القصوى لهذه القاطرات ارتفعت إلي 1200 db / hp لقد نجح تشغيل القاطرات المعاد تصنيعها و لوحظ إنها لم تسجل أي وقت تأخير ، وهذا مؤشر على مقدرة هذه القاطرات على تقليل خسائر الزمن .

العيوب الأساسية في هذا التصميم هي صغر حجم وعاء الاحتراق Fire box – مساحة صغيرة للبخار تحميص منخفض للبخار – هذا بالإضافة الي ضعف التزييت .

بعد دراسات وتحقيقات مفصلة لهذه العيوب تم إعادة بناء القاطرة 3477 متضمنة التطورات الأساسية الآتية

a) رفع ضغط الغلاية من 160 الي 192 PSI
وهو الضغط الأعلى المجاز لهذه الغلاية

b) رفع درجة تحميص البخار من 620F الي 720F عند العمل الكامل .

c) إعادة تصميم العام أعطى نتائج جيدة في سحب الدخان من من صندوق النار وتسخين دورة البخار بين الاسطوانات والأنابيب الانفجار لتعطي أقصى تجانس ممكن لدورة العادم

d) أيضا ثم تطوير تزييت الاسطوانات والأجزاء المتحركة باستخدام صناديق تزييت ذات سعات عالية وبذلك يمكن للقطار أن يسافر لمسافة تتجاوز 600 ميل من غير تزييت .

e) أيضا ثم تحديث كابنية القيادة للحصول على أفضل تحكم لراحة الطاقم .

f) تم إعادة تصميم الأجزاء الدوارة وتجديدها حيث أعطى زيادة محسوسة في سهولة الحركة .

g) تحسين انسياب البخار ولتمكين درجات حاره عالية للبخار مع استخدام التزييت ثم تركيب صمامات مكابس جديدة ذات حلقات ضيقة ، واستخدم شكل فنشوري لدخول وخروج البخار (الفائدة المرجوه من الشكل الفشوري عند الدخول هو تحسين انسياب البخار ، عند الخروج اعاقة سريان البخار عند بداية الخروج وذلك بغرض تبريد تاج الصمام ويقلل ضغط الخروج عند المدخنة

h) هياكل القاطرات التقليدية كانت غير مرضية وذلك بسبب تأثيرات الانحناء والشد التي تعمل على تشقق أنابيب البخار ، وتسريب الوصلات للبخار ، ارتخاء في العربات ، وفقدان في الموازنة عموماً .

اهتم التصميم الحديث للبخار بدعم وتقوية الهياكل لتعطي أقصى صلابة للانحناء والشد واستخدمت صفائح داعمة ومستعرضه مرتبطة بانبيب البخار بقطر 12 in وسمك 5 in وروعي في تصميم الغلاية الاجهادات الأفقية والجانبية

النتائج

مقارنة بين قاطرات البخار المعاد تصنيعها وتلك العادية أن قوة السحب اكبر بنسبة 26% الي 41%
وأظهرت تحليلات نتائج الاختبارات أن نصف التحسينات أدت إلي تحسين أفضل لتوزيع البخار،
وثلثها في تحسين نظام العادم، وسدسها لتحسين نظام الاحتراق
حمولة هذه القاطرات 1500 طن الي 2000 طن بنسبة استهلاك اقل من القاطرات التقليدية .

3. محاولات القرن الحادي عشر والعشرون للبخار الحديث

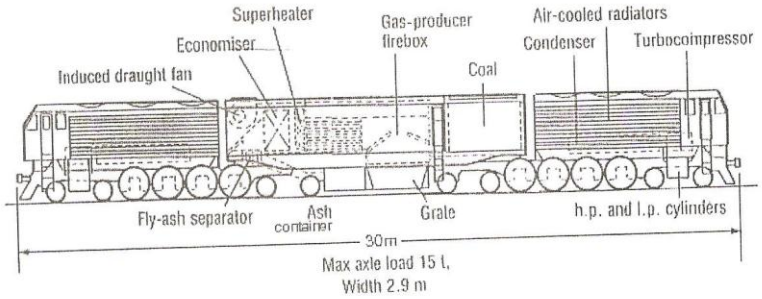
Other 21 century steam Attempts

في عام 1982م انشات شركة تدعى شركة دفع البخار الوطنية
The National steam propulsion company
في الولايات المتحدة الأمريكية لتقديم قاطرات البخار الجديدة . السمة الأساسية لهذه القاطرات أن هيكلها صمم بطريقة مشابهة لهيكل قاطرات الديزل الكهربائيه وهذا يجعلها تعود بقوة الي العمل في خطوط السكة حديد ، وهي ذات تقنية عالية . قوة هذه القاطرات تقدر بحوالي 3500 horse power ، الغلاية تولد البخار عند 1000 PSI ، يتم إمداد البخار إلي اثني عشر اسطوانة مفردة الأداء Single – acting مركبة بصورة متشابهة لقاطرات الديزل ، عملية التكثيف Condensing يمكن أن تستعمل .

الكفاءة الحرارية للقاطرات القديمة كانت لاتتجاوز 18% بينما في هذه القاطرات يمكن ان تصل الكفاءة إلي 27% وهذا يشجع من إنشاء قاطرات جديدة .

ولكن قله المستثمرين منعت مشروع هذه الشركة أن يكون ناجح

الرسم التالي يوضح قاطرة البخار الحديثة



الفصل الثالث

أما الإصلاحات الخفيفة مثل مراجعة الفرامل وأعمدة الحركة والإنارة وكمية المياه والزيوت والعجل من ناحية التآكل حسب المقاسات المطلوبة كذلك استبدال الجلب .

3.4 : الصيانة العلاجية والعمرة الكاملة :

1- الديزل

تنقسم العمرة الكاملة في الديزل إلي قسمين

- **عمرة مخصوصة**

تجرى بعد كل 4 سنوات لعمل كشف مخصوص دوري لكل الأجزاء المساعدة والرئيسية مثل طلمبات الزيت ، التوربينات ، الحواقن ، خراطيش الجاز ماكينات الهواء استبدال السبائك والشنابر عند وجود تأكل .

- **عمرة جسمية**

في هذه العمرة يتم حل كل الأجزاء التي تتكون منها الماكينة وهي تجرى كل 8 سنوات حيث يحل عمود الكرنك والكامات لأخذ المقاسات وتجمع مرة أخرى بعد تغيير اللقم وتربط بالتناوب على حسب المقاسات المطلوبة وعلى حسب خلوص الزيت المطوب كما يتم فحص الكباسات والتأكد من صلاحيتها كما يتم فحص جميع أجزاء الوقود والماء للتأكد من صلاحيتها .

بعد أن يتم تركيب الماكينة مرة أخرى ليتم اختبارها بواسطة جهاز الحمولة (Test load) لاخذ عدة قراءات مثل عدد اللفات البطيئة للماكينة وهي تعادل 666r.p.m والعالية تعادل 1560 r.p. m – 1550 كذلك اخذ درجة حرارة الزيت والماء وضغط الجاز وضغط الزيت وقراءة الأمبير والفولت وعادة ما تصل إلي 45 يوم ، لذلك يحتاج الديزل الي أيدي عاملة كثيرة .

2- البخار

تحل جميع الأجزاء مثل الصاج ، البلوفه ، العجل ،السلندرات ، الغلاية وجميع مواسير البخار حيث يتم تنظيفها كما تتم مراجعة البلوفة

بعد ذلك يتم اختيار الحمولة وقياس شوط الذراع . لذلك نجده لايحتاج الي أيدي عاملة كثيرة .

3.5 : استهلاك الأجزاء :

1- الديزل

أكثر الأجزاء التي يتم استهلاكها هي :

مصافى الزيت والهواء ، الكباسات ، خراطيش الجاز ، ساعات الزيت ، ساعات الجاز ساعات الهواء ، جميع الجلب المعرضة لدرجات الحرارة العالية .

2- البخار

أكثر الأجزاء التي تستهلك هي :

الجلب ، أقراص الكباس ، بلوفة الهواء .

3.6 : الاعتمادية في ترحيل البضائع والركاب :

1- الديزل

من ناجية التكاليف يعتبر الديزل ذو تكاليف عالية في نقل البضائع والركاب ولكنة يمتاز ببعض المحاسن تكون سبباً في الاعتماد علية نسبة لتوفير الكثير من الوقت ، ونقل اكبر كمية من البضائع مع السرعة كذلك يعتمد عليه في نقل البضائع التي تتأثر بعامل الزمن .

سرعة الديزل في حدود 60 K m /hr وذلك نسبة لضعف الخطوط وينقل حمولة بمقدار 1500 طن

2- البخار

يمتاز البخار بقلة التكاليف ولكنة غير مجدي لأنه يستغرق زمن أطول ولا ينقل كميات كبيرة ولا يعتمد عليه في نقل البضائع التي تتأثر بزمن الترحيل . أقصى سرعة له في حدود Km /hr(30-40) .

بينما أقصى حمولة له هي 750 طن .

3.7 : الخطوط المستخدمة في السكة الحديد

المشاكل التي تواجه خطوط السكة الحديد

1. عدم توفر القضيب والمثبتات وأدوات العمل
2. تقلص العمالة المدربة والمؤهلة في صيانة الخطوط .
3. الزحف الصحراوي له تأثير كبير في ردم الخطوط بالرمال
4. بناء خطوط السكة الحديد على جسور ترابية بدلاً عن الخرصانية .
5. السيول والأمطار في فصل الخريف توثر على جرف الخطوط
6. عزوف العاملين للعمل في الخطوط لطبيعة العمل الشاق

1- الديزل

الخطوط بوضعها الراهن ولتجاوز معظمها العمر الافتراضي لاتتحمل السرعات العالية للقاطرات الديزل حيث أقصى سرعة تتحملها ما بين (50-60)Km/hr حيث أن سرعة الديزل 100 Km/hr

2- البخار

قاطرات البخار لم تعاني من مشاكل أثناء فترة عملها بالشبكة حديد سابقا وذلك لقله سرعتها حيث لاتتجاوز سرعتها 45 Km/hr

الفصل الرابع

دراسة الجدوى الاقتصادية

نشأت هيئة سكك حديد السودان في عهد الحكم الانجليزي حيث استخدمت في بادي الأمر قاطرات البخار والتي كانت تعمل في الفترة ما بين 1898 -1955م حيث تم استيرادها من بريطانيا وعملت في جميع خطوط سلك حديد السودان على امتداد القطر لكن السبب الذي أدى الي توقف تصنيعها بالعالم ثم حلت محلها قاطرات الديزل الكهربائية

والتي تم استيرادها من عدة دول كبريطانيا – وألمانيا – الولايات المتحدة الأمريكية – الهند – الصين وكل منها له مميزاته الخاصة به من ناحية التصميم والشكل والكفاءة والقوة وقطع الغيار والحمولة المسحوبة والسرعة وغيرها من العوامل الأخرى .

كل قطع الغيار الخاصة بقاطرات الديزل تصنع خارج السودان عكس البخار وقد عاني السودان في الفترة الأخيرة من قطع الغيار بالنسبة للقاطرات الأمريكية وذلك لتدهور العلاقات السياسية بين البلدين .

سوف نتطرق الي العديد من وجهات النظر لإجراء مقارنة من الناحية الاقتصادية بين قاطرات الديزل والبخار ومن أهمها ما يلي :

4.1 : التكلفة الرأسمالية

تعرف التكلفة الرأسمالية بأنها سعر شراء المعدة تعتبر قاطرات الديزل اكبر تكلفة رأسمالية وذلك لدقة وصعوبة التصميم وكثرة الأجزاء وارتفاع سعر قطع الغيار .

بلغت التكلفة الكلية لقاطرات الديزل العاملة بالسكة حديد خلال الأعوام ما بين 2003-2005م :

1. القاطرات

التكلفة الكلية هي

212.016.206.06 SD

2. عربات الركاب

التكلفة الكلية هي

38.000.000 SD

3. عربات البضائع

التكلفة الكلية هي

12.229.922.042 DS

تم شراء 13 قاطرات ديزل من الصين خلال عام 2006م بتكلفة بلغت 2.903.720.815 SD

أما قاطرات البخار التي استخدمت في السودان

ثلاثة أنواع والجدول التالي يوضح ذلك

الاسم	الطراز	العدد
باسفيك	220	35
ميكادو	310	19
ماونتن	500	42

4.2 : **الإيرادات السنوية** :

تعرف الإيرادات بأنها مقدار الزيادة في الأصول أو النقص في الخصوم وتنتج من ممارسة المنشاة لنشاطها وأعمالها المستمره .

قاطرات الديزل تعطي عائد اكبر مقارنة بالبخار لأنها تعمل على سحب حمولة اكبر من البضائع والركاب ولا تستغرق زمن أطول في الذهاب والإياب .

الجدول التالي يوضح الإيرادات السنوية الكلية للأعوام من 2003 الي 2005م

جميع الأسعار بالدينار السوداني

البيان	2003	2004	2005
إدارة نقل البضائع			
البضائع	5.188.267.480	5.786.140.720	7.122.530.961
المواشي	49.008.724	16.652.672	11.880
الجملـــــــــة	5.237.276.204	5.802.794.392	7.122.542.842
إجمالي إدارة			
قاطرات الركاب			
النوم	1.303.642	1.443.740	985.425
الدرجة الأولى	109.790	27.425	610.550
الدرجة الثانية	1.087.471.0	4.699.650	8.661.113
الدرجة الثالثة	390.415.806	267.446.309	318.490.198
قطار شيخوا وقطار المؤسسة	133.650	9.000	—
إيجار الصوالين	—	—	—
الطرود	—	—	—
الجملة	393.738.805	273.626.124	328.747.286

4.3 : **تكلفة التشغيل** :

تعرف بأنها التكلفة التي تصاحب المنشاة خلال فترة عملها .

تعتبر قاطرات الديزل أكثر تكلفة من البخار وذلك لارتفاع سعر وقود الديزل حيث يبلغ حوالي 450 دينار للجالون الواحد بينما سعر الفيرنست حوالي 50 ينار للجالون حيث تعتبر قاطرات البخار من ارخص وسائل النقل البري . وبالرغم من استهلاك الماء الكبير مقارنة بالديزل ولكن تكلفة المياه لا تذكر .

هذا بالإضافة إلي كثرة الأيدي العاملة بالنسبة للديزل وكثرة الأعطال التي يتعرض لها والتكلفة العالية لزيوت التزليق حيث يستخدم في صندوق التروس والمحرك الرئيسي وماكينة مضخة الهواء . أما في حالة البخار يستخدم الشحم في تزليق كراسي الأعمدة وعمدان نقل الحركة الشحم حيث تكلفته ضئيله جداً مقارنة بالزيت .

الجدول التالي يوضح تكاليف التشغيل للاعوام من 2003ـ 2005 (السعر بالدينار السوداني)

البيان	2003	2004	2005
مصاريف التشغيل بما في ذلك الاستهلاك			
1/ صيانة واستهلاك الخطوط والإنشاءات	1.111.538.922	1.405.657.432	1.637.262.806
2/ مصروفات القاطرات والوحدات المتحركة	3.262.046.632	3.482.234.527	3.652.215.329
3/مصاريف حركة النقل	757.850.158	1.013.262.596	1.268.545.359
4/صيانة واستهلاك الاشارات والاتصالات	196.628.570	268.928.7	237.213.476
5/ الادارة العامة	2.295.963.446	2.756.999.723	3.508.228.563
6/ مصروفات الاعمال الاخرى	1580.616.27	1433.854.16	153.436.721
جملة مصاريف التشغيل	7.782.089.355	9.088.228.981	10.492.902.252

على سبيل المثال حساب التكلفة لنقل بضائع من بور تسودان إلي عطبره بحمولة 20 عربة بضاعة 60 طن

نجد أن قاطرة الديزل تستهلك 6000 لتر جازولين بتكلفة حوالي 600.000 دينار سوداني

ونجد أن قاطرة البخار لنفس الحمولة يكلف حوالي 6660 دينار

الفصل الخامس

5-1 : الخاتمة

تمت المقارنة بين قاطرات الديزل وقاطرات البخار في الجوانب الفنية والاقتصادية ولكل من القاطرتين ميزة من جانب معين وقصور في جانب أخر.

تمت المفاضلة بينهما وذلك بغرض إمكانية إرجاع البخار مرة أخرى للعمل في السكة الحديد

5-2 : النتائج

تم استبدال قاطرات الديزل بدلاً عن البخار وذلك مراعاة لعدة أشياء أهمها ما يلي :

1. الكفاءة الحرارية لقاطرات الديزل حوالي 30% بينما الكفاءة الحرارية لقاطرات البخار حوالي 6- 7 % .
2. يمكن تطوير القدرة الحصا نية القصوى للديزل حيث ان الديزل له مدى واسع من السرعات بينما قاطرات البخار لديها مدى ضعيف من السرعات
3. التصميم الجيد لهيكل الديزل يلعب دور مهم جداً مقارنة بتصميم قاطرات البخار
4. مركز الثقل المنخفض لقاطرات الديزل يمكن من الركض بسرعة عالية في المنحنيات.
5. الكابح الميكانيكي يسمح بتحكم جيد للسرعة في قاطرات الديزل .
6. البخار الحديث من ناحية التشغيل أكثر تكلفة واقل كفاءة وتوفراً مقارنة بالديزل

خلال الثلاثين سنة الماضية اثبت الديزل انه كفؤ وموثوق به وذلك لتوفيره للوقت وزيادة الكمية المنقولة والسرعة والتطور مع متطلبات الزمن .

5.3 : التوصيات

من الصعوبات التي واجهتنا في البحث عدم توفر المراجع والسجلات الخاصة بالبخار في السكة الحديد ، كما انه يجب اتخاذ الحلول الموضوعيه لحل مشاكل الخطوط كحديث الخطوط بقضبان ومثبتات جديدة حسب المواصفات ، بناء الخطوط على جسور خرصانيه ،معالجة الزحف الصحراوي قومياً ، تقوية الجسور وعمل الكباري والمواسير لمناطق السيول وذلك بغرض تجنب الحوادث كما يجب تجهيز ورش السكة الحديد لتصنيع قطع الغيار محلياً .

المراجع

1/ المهندس / محمود ربيع الملط – محركات الديزل – الناشر منشاة المعارف بالإسكندرية .

2/ Van stappen J „ anew method of burning in steam locomotives

3/ PORTA , L . D „ Revista de y .c . f (Argentina)"

عناوين على الانترنت

4/ Diesel locomotive page

5/ Diesel Locomotive FAQ

6/ How stuffwork " How steam Locomotive work

7/ the ultimate steam page

8/ parts of steam locomotive