استخدام زيت القطن في محركات الاحتراق الداخلي كوقود ووسيط تبريد للهواء الشحون

الدكتور محمود محمد

قسم هندسة الطاقة، كلية الهندسة الميكانيكية، جامعة حلب، حلب

الملخص

يتعرض البحث لدراسة أهم خواص وسائط التبريد المستخدمة في محركات الاحتراق الداخلي وكمية الحرارة التي تطرحها في الوسط المحيط، ووضع الأسس العلمية لتدوير ما أمكن من الحرارة المهدورة في إطار المحاولات الساعية إلى زيادة مردود المحرك.

يطرح البحث فكرة استخدام الوقود السائل كوسيط للتبريد في المحركات مما يرفع من درجة حرارة الوقود، وبالتالي كمية الحرارة الداخلة إلى المحرك والمساهمة من حيث النتيجة في تحسين العوامل الاقتصادية لعمل المحرك.

يتضمن البحث دراسة تجريبية للخواص الحرارية لبعض أنواع الوقود والزيوت المستخدمة في محركات الاحتراق الداخلي وذلك لبيان موقعها في خارطة وسائط التبريد وبالتالي ما لها من ميزات وما عليها من عيوب.

تتركز الدراسة حول ميزات السوائل المستخدمة في دارات التبريد ومثيلاتها من أنواع الوقود المقترحة لنتمكن من مقارنة بعضها ببعض ومن ثم تحديد الظروف المثلى لعمل كل منها التي تفضي إلى تحسين أداء المحرك.

الكلمات المفتاحية:

وقود الديزل، الديزل الحيوي، وسائط التبريد، زيت بذور القطن، محركات الاحتراق الداخلي.

1- المقدمة:

يتحول ثلث الطاقة المولدة في محركات الاحتراق الداخلي تقريباً إلى عمل مفيد فيما يضيع الثلثان الباقيان بصورة أساسية مع غازات الإفلات وسيط التبريد. وتبين الأبحاث أن كمية الحرارة المحمولة مع وسيط التبريد تتراوح بين 27% عند

ورد البحث للمجلة بتاريخ ١//٢٠١٠
قبل للنشر بتاريخ ١//٢٠١٠

الأحمال الكبيرة وترتفع لتصل حتى 49% عند الأحمال المنخفضة (الشكل 1) [Taymaz, 2005; redlineoil.co.jp, report, 1999]، فإذا تمت الاستفادة من بعض الحرارة الضائعة مع سائل التبريد فإن هذا سينعكس إيجاباً على العمل المفيد الناتج على محور الجذع المعقوف.

الشكل (1): اتجاهات توزيع الحرارة المولدة في محركات الاحتراق الداخلي عند أحمال مختلفة.

بعد التطور الكبير الذي نالته محركات الاحتراق الداخلي بنوعيها العاملة على وقود الديزل والوقود البنزيني، والتحسن الملحوظ الذي طرأ على مميزاتها الاقتصادية، والبيئية، وعلى استطاعتها النوعية والذي يدل على الوصول إلى سوية تكنولوجية رفيعة المستوى خاصة في دارات التغذية بالوقود والتحكم الالكتروني، وعلى دقة التصنيع العالية لمختلف أجزاء المحرك. وقد لاقت عملية التبريد بشقيها المتمثلين بتصميم دارة التبريد من جهة وبانتقاء وسيط التبريد المناسب من جهة أخرى اهتماماً كبيراً. إلا أن الدراسات تبين أن مشاكل عديدة لا زالت تحيق بهذه الدارة لا تلبث أن تتحول إلى أعطال جسيمة، وأن هناك إمكانيات دفينة يمكن استغلالها على مستوى كمية الحرارة المهدورة إلى الوسط الخارجي مع وسيط التبريد وانتقاء وسيط تبريد آخر يكون أكثر تلاؤماً للعمل في محركات الاحتراق الداخلي.

تستطيع محركات الاحتراق الداخلي تحويل ما نسبته 25-40% تقريباً من الطاقة الكيميائية الكامنة للوقود إلى طاقة ميكانيكية وذلك في أحسن الأحوال، بينما يضيع وسطياً ما نسبته 35% تقريباً من هذه الحرارة في دارة التبريد ويتوزع الباقي على غازات الإفلات وزيت التزييت والإشعاع عبر جسم المحرك [Taymaz, 2005 redlineoil.co.jp, report,1999]

وكما أنه لا مجال للشك بدور دارة التبريد وتصميمها بكفاءة عملية التبريد فإن لانتقاء وسيط التبريد وملاءمته لظروف عمل المحرك دور لا يقل أهمية. ورغم أن الماء وخلائطه مع بعض المواد الأخرى لا زال يعتبر سيد وسائط التبريد في محركات الاحتراق الداخلي إلا أن هذا لا يعني تلبيته لكل ظروف العمل لذا يقتضي الأمر استئناف البحث عن بعض وسائط التبريد التي يمكن أن تؤمن عملاً أفضل للمحرك في بعض الظروف الخاصة.

2- أهمية البحث وأهدافه:

تدور فكرة البحث حول إجراء دراسة تحليلية لخواص أهم وسائط التبريد المستخدمة في محركات الاحتراق الداخلي وتحديد أهم ميزاتها وعيوبها، ودراسة الخواص الحرارية للوقود في محاولة للاستفادة منه كوسيط لتبريد المحرك.

إن دراسة دارات التبريد بعامة، ووسائط التبريد بصورة خاصة يعتبر أمراً مهماً وضرورياً لما لهذا الموضوع من تأثير على أداء المحرك ومميزاته الطاقية والاقتصادية والبيئية. تتلخص أهمية البحث في تحقيق الأهداف الآتية:

1. دراسة خواص بعض سوائل التبريد وبيان الظروف المثلى لاستخدامها؛
2. دراسة خصائص وقود الديزل ومدى ملاءمته كوسيط للتبريد في المحركات؛
3. دراسة الخواص الحرارية لبعض أنواع الوقود البديل.

3- طريقة البحث:

يعتمد البحث مبدأ الدراسة التحليلية المشفوعة بدراسات تجريبية ملائمة تهتم بتحديد خواص وسائط التبريد المقترحة ومقارنتها بخواص وسيط تبريد مرجعي ومن ثم إخضاع النتائج للدراسة والتحليل لتحديد الآثار التي يمكن أن تترتب عن استخدامها

في محركات الاحتراق الداخلي.

4- سوائل التبريد

4-1- الخواص العامة لوسيط للتبريد

يتم اختيار وسيط التبريد في محركات الاحتراق الداخلي بالاستناد إلى الكثير من العوامل التي يمكن في بعض الأحيان أن تتناقض جزئياً بعضها مع بعض. ومن البديهي أن يتمتع وسيط التبريد المستخدم في محركات الاحتراق الداخلي بمجموعة من الميزات أهمها:

1- أن تكون درجة غليان سائل التبريد تحت الضغط الجوي مرتفعة بحيث يصبح مجال التسخين واسع قبل الوصول إلى درجة الغليان؛

2- أن تكون درجة حرارة تجمد سائل التبريد منخفضة للتمكن من تشغيل المحرك في الأجواء الباردة؛

3- أن تكون مركبات عامل انتقال الحرارة جيدة؛

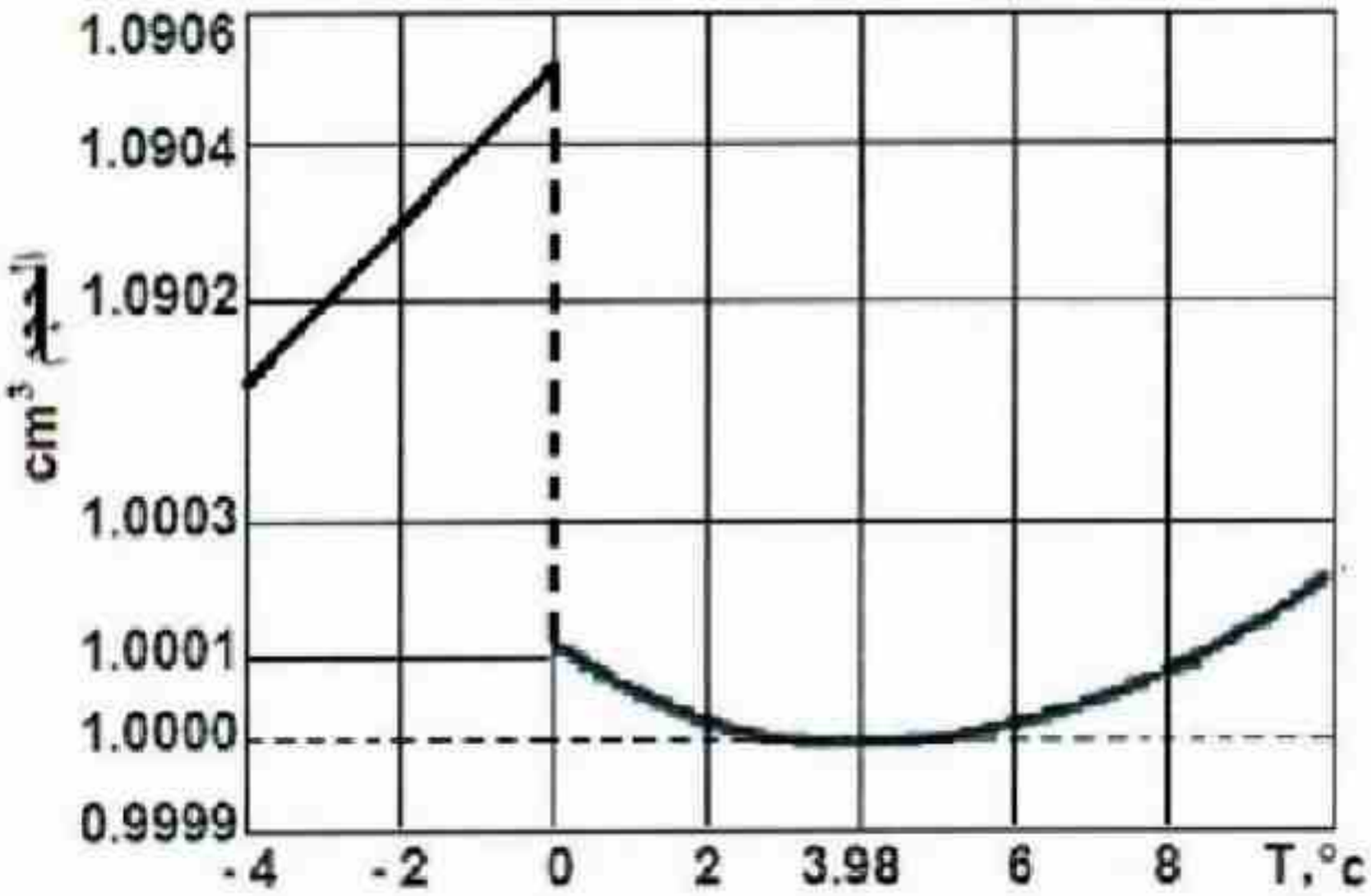
4- التسخين السريع لسائل التبريد (ما أمكن) في ظروف عملية الإقلاع ؛

5- أن لا يؤثر سائل التبريد سلباً على سطوح دارة التبريد أو تآكلها وأن لا يحتوي على شوائب تؤدي إلى تشكل طبقة عازلة على الجدران الداخلية لدارة التبريد أو تترسب على شكل أوحال، وأن لا يكون سريع الاشتعال ولا ساماً بالإضافة إلى كونه رخيصاً وفي متناول اليد وسهل الاستعمال وذو درجة ترغية منخفضة ما أمكن.

4-2- الماء – وسيط للتبريد

انطلاقاً من الشروط الواردة آنفاً التي يجب على سائل التبريد أن يتصف بها يتبين أن الماء من أكثر السوائل توافقاً مع هذه الشروط وذلك لامتلاكه مجموعة من الخواص التي يتفوق بها كسائل تبريد على السوائل الأخرى. فالماء يمكن الحصول عليه بسهولة في أحايين كثيرة وغير ضار بالإنسان ويمتلك سعة حرارية تعتبر الأكبر بين السوائل ولزوجة مثالية وغير قابل للاشتعال. إلا أن درجة غليانه المنخفضة ودرجة تجمده المرتفعة تعتبران من أهم مساوئه وتحدان من استخدامه هذا بالإضافة إلى خاصية التمدد التي ينفرد بها عند تحوله من الطور السائل إلى الصلب. فعندما

يبرد الماء ويتحول إلى جليد يزداد حجمه بنسبة تصل حتى 10% تقريباً، (الشكل 2) [n-t.ru, report, 1999] مما يؤدي إلى توليد ضغوط قد تصل حتى $2450 \cdot 10^5$ pa تؤثر على مشع دارة التبريد ومجاري الماء تأثيراً بالغاً يؤدي في معظم الحالات إلى تحطمها وبالتالي خروج المحرك من الخدمة.

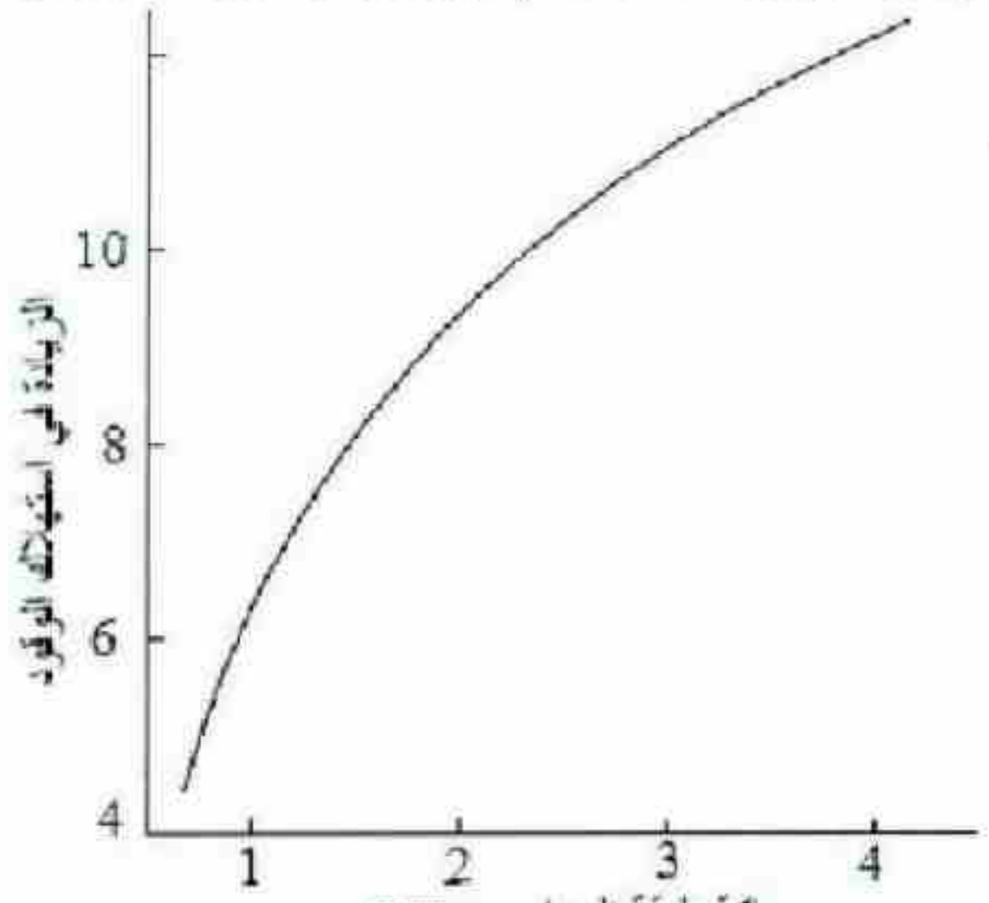


الشكل (2): علاقة الحجم النسبي للماء بدرجة الحرارة.

كذلك الحال بالنسبة لدرجة غليان الماء التي تعتبر منخفضة بالمقارنة مع سوائل التبريد الأخرى المستخدمة في المحركات الحديثة، والتي تنخفض أكثر مع زيادة الارتفاع عن سطح البحر. عموماً لقد نال الماء من الدراسة ما لم ينله أي وسيط تبريد آخر وطرحت بعض الحلول للتخلص من عيوبه خاصة ما يتعلق منها بدرجتي حرارة التجمد والغليان.

يعتبر الماء كما هو معلوم محلاً جيداً للأملاح والحموض والمواد القلوية والغازات (الأكسجين والآزوت)، لذلك يستحيل أن نجد في الطبيعة ماءً طبيعياً نقياً. تؤثر المواد المنحلة في الماء، مثل السلفات والكلوريدات والبيكربونات، في المعادن وتؤدي إلى زيادة معدل تآكلها، كما أن وجود مواد أخرى في الماء (مثل الكلس وكربونات المغنيزيوم) يسبب تشكل طبقة كلسية عازلة تقاوم انتقال الحرارة من المحرك إلى وسيط التبريد(الماء). هذا يعني أن استخدام الماء العسر يعتبر أمراً غير مسموح به بتاتاً لأنه

يسرع عملية التكلس وينتج عنه تشكل طبقة كلسية سميكة مما يؤدي إلى انخفاض حاد في فعالية دارة التبريد عامة والمشع خاصة وارتفاع درجة حرارة المحرك مما يؤثر على الإجهادات الحرارية ومميزات عمل المحرك وبالأخص ما يتعلق منها بالاستطاعة والاستهلاك النوعي للوقود (الشكل 3) [Ситков and Искандаров, 2001]. لذا تشدد بعض المراجع على أن يتصف الماء المستخدم في دارات التبريد بمواصفات معينة: (منها على سبيل المثال أن لا يزيد محتوى الكلوريدات في الماء عن 40 جزء في ألـ ml والسلفات عن 100 والجزيئات الصلبة المنحلة عن 340 وغير المنحلة عن 170...). ولهذا طرح الباحثون بعض الطرق لمعالجة المياه والتقليل من الأملاح المحمولة معها [Михеев and Михеева, 1977; Крейт and Блэк, 1983].

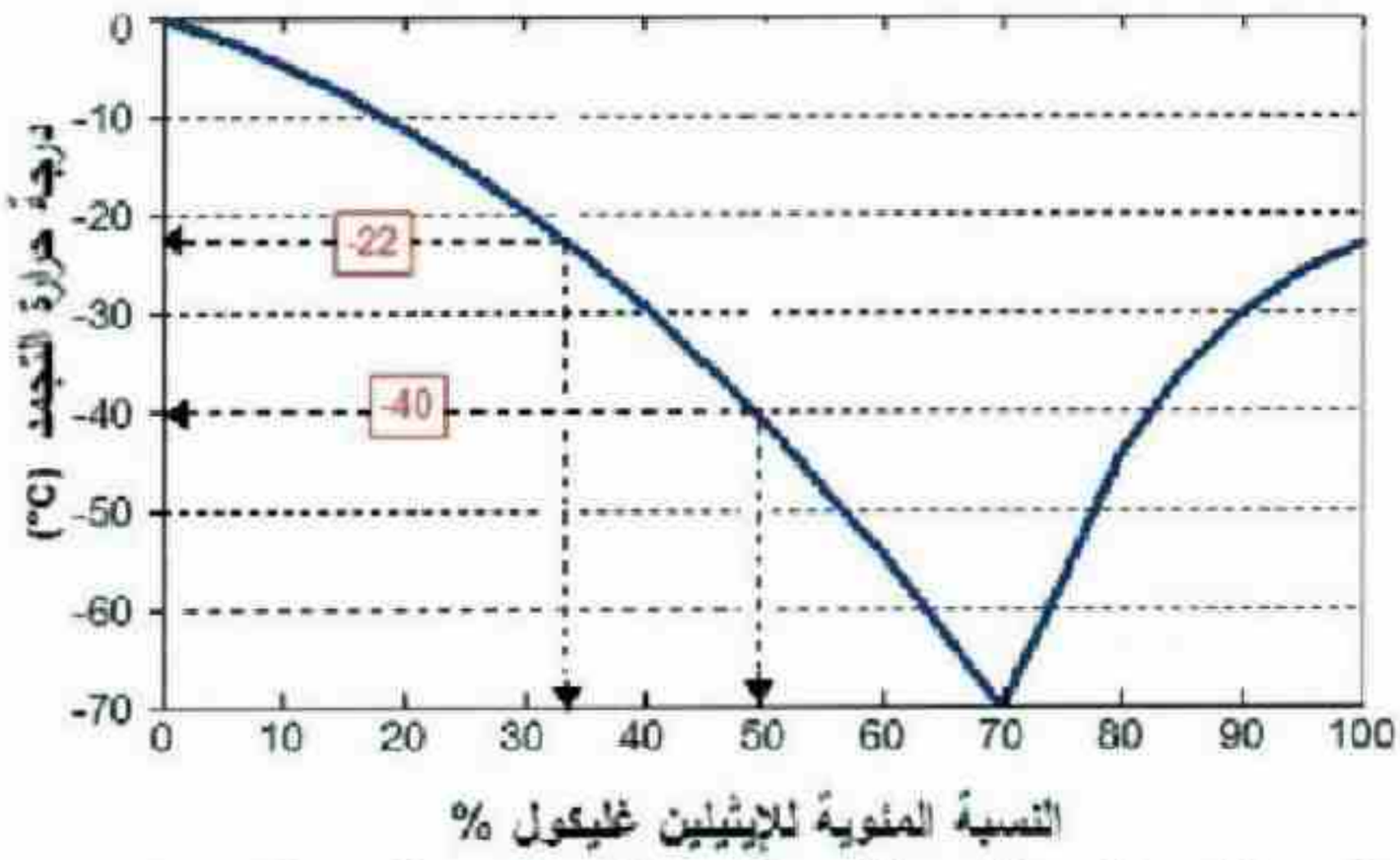


الشكل (3): علاقة سماكة الطبقة الكلسية بزيادة استهلاك المحرك من الوقود، [Ситков and Искандаров, 2001].

كما لجأ البعض إلى إضافة مواد مانعة لعملية التكلس، إلا أنه يجب الحذر عند استخدامها بسبب الأثر الضار لبعضها على صحة الإنسان. ونشير في هذا الإطار إلى اكتساب الماء خواص جديدة تؤدي إلى تقليل ترسبات الكلس عند تعريضه للمعالجة الكهرومغناطيسية، [Dwight and Beranek, 2001; Smith et al., 2003].

4-3- مانعات التجمد

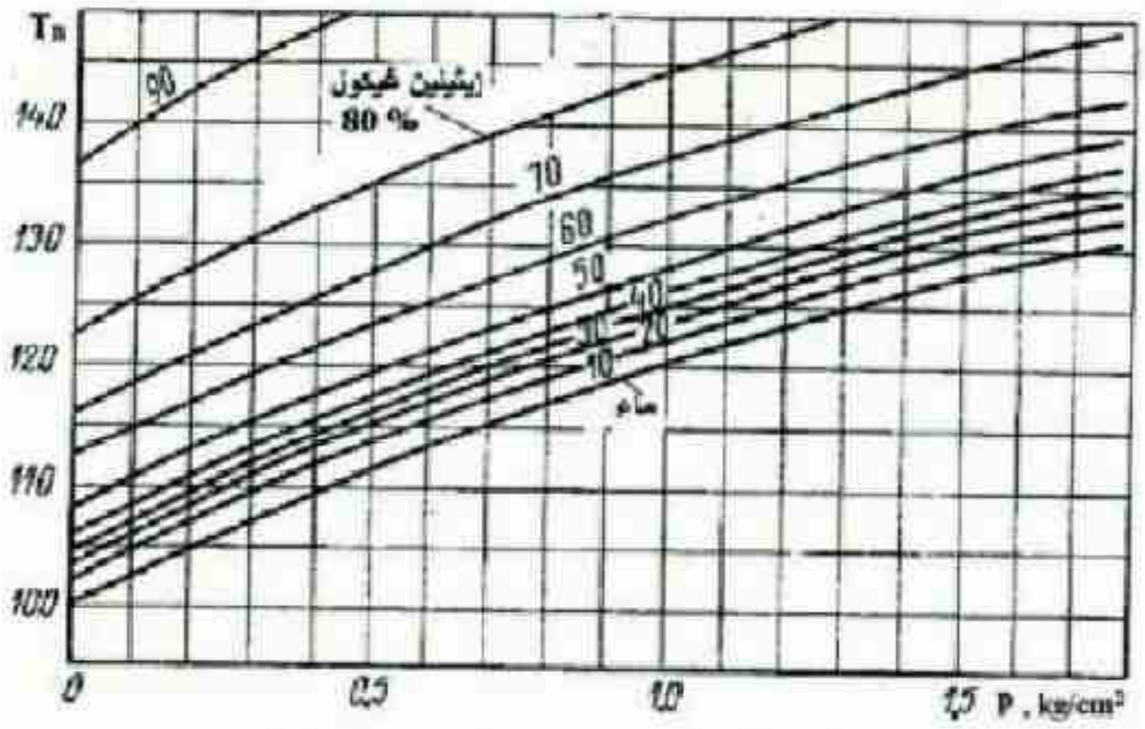
يحتم وجود السلبيات التي يتصف بها الماء كوسيط تبريد في المحركات والتي تم استعراضها أعلاه إلى التفكير جدياً باستخدام سوائل تبريد خاصة ذات درجات غليان مرتفعة وتجمد منخفضة تتيح للمحركات العمل بشكل آمن خاصة في الفصول الباردة من السنة. وبالفعل فقد تم التغلب على هذه المسألة من خلال إضافة ما بات يعرف بمانعات التجمد إلى الماء. يعتبر الإيثيلين غليكول من أكثر المواد المانعة للتجمد انتشاراً حيث يضاف إلى ماء التبريد بنسب مختلفة مما يؤدي إلى الحصول على خلائط تتمتع بمجال واسع من درجات حرارة التجمد (الشكل 4).



الشكل (4): منحني تجمد مزيج الماء والإيثيلين غليكول، [havoline.com, report,2001].

وللتخلص من التأثير السلبي لمانع التجمد في المعادن (خاصة الألمنيوم) والحؤول دون تآكلها ولدرء تشكل الرغوة في المزيج يطعَّم المزيج بإضافات خاصة يدخل في تركيبها مركبات الفوسفات والسيليكات والـ dextrin [Рябинин, Пузиков, 2010]. تضمن هذه المواد مجتمعة ومكاملة بالتأثير بعضها الآخر منع حدوث التآكل في جميع المعادن المشكلة لدارة التبريد. بالإضافة إلى تأثيره الإيجابي على درجة حرارة التجمد يساهم الإيثيلين غليكول في زيادة درجة حرارة الغليان لمزيجه

مع الماء (الشكل 5).



الشكل (5): علاقة درجة حرارة غليان مانع التجمد بكل من تركيبه وضغط دارة التبريد [Бурков, 1995]

يتصف مانع التجمد الإيثيلين غليكولي بسميته العالية مما يستدعي حرصاً كبيراً وانتباهاً شديدين عند استخدامه كما أن مانعات التآكل تتبادل التأثير مع طبقة الكلس في حال وجودها مما يقتضي تنظيف دارة التبريد بصورة مسبقة من المواد المتكلسة ومن الشوائب لضمان عمل المزيج بالشكل المطلوب. عدا ذلك تتميز مانعات التجمد المصنعة على أساس إيثيلين غليكولي بسهولة تسربها عبر نقاط الوصل غير المحكمة أكثر من أي مانع تجمد آخر. وقد تم تصنيع مانعات تجمد بالاستناد إلى مواد أخرى مثل (ماء – كحول) و (ماء – غليسيرين) إلا أنها لم تلق انتشاراً مقبولاً. كما تم تصنيع مانعات تجمد تستخدم في مختلف فصول السنة. ويبين الجدول (1) الخواص الرئيسية لبعض سوائل التبريد.

5- أسس اختيار وسيط التبريد في محركات الاحتراق الداخلي

إن قراءة متأنية للخواص التي يجب أن يتمتع بها وسيط التبريد والواردة آنفاً تعني حتمية إجراء مقارنة بين مختلف أنواع السوائل المرشحة للعمل كوسيط تبريد في محركات الاحتراق الداخلي، والتي يُفترض أنها قادرة على تلبية هذه الشروط، أو على الأقل بعض منها. في هذه الأثناء لا بد من تركيز الاهتمام على خواص السائل المتعلقة بقدرته على امتصاص الحرارة وتقييم ضياعات الطاقة اللازمة لتدويره في دارة تبريد المحرك.

بالاستناد إلى العلاقة العامة الناظمة لحساب كمية الحرارة المنتقلة بالحمل إلى سائل ذي جريان مضطرب [Михеев and Михеева, 1977; Крейт and Блэк, 1983; Kreith and Boehm, 1999; Петриченко, 1975]:

$$Nu = c.Re^{m}.Pr^{n} \qquad (1)$$

c - عامل التناسب؛ $Nu = \alpha.l/\lambda$ - رقم نوسلت؛

Pr- رقم براندتل؛ $Re = u.l/\nu$ - رقم رينولدز؛

α- عامل الحمل الحراري؛ λ- عامل التوصيل الحراري؛

ν - اللزوجة الحركية؛ u- سرعة جريان السائل [m/s]؛

l- البعد المعتبر.

وتأخذ العوامل m و n قيماً ثابتة وذلك وفقاً لنوع الجريان، وتبلغ قيمها في الجريان المضطرب: $m = 0.8$ ، $n = 0.4$.

بمقارنة شدة انتقال الحرارة لسوائل تبريد مختلفة تدور بنفس السرعة في نفس دارة التبريد نحصل على:

$$\alpha'/\alpha'' = (\lambda'/\lambda'').(\nu'/\nu'')^{m}.(Pr'/Pr'')^{n} \qquad (2)$$

حيث تشير الدلائل: (') إلى مؤشرات وسيط التبريد قيد الدراسة،

و (") إلى مؤشرات وسيط التبريد الذي تجرى معه المقارنة.

عموماً يمكن اعتبار الماء وسيط التبريد الذي تجرى المقارنة معه، أي أن مؤشراته تتميز بالدليل (").

من الطبيعي أن تتطلب المحافظة على نفس شدة انتقال الحرارة مع استخدام أنواع مختلفة من سوائل التبريد تغيير سرعة الجريان التي يمكن التعبير عنها بالعلاقة التالية وذلك بالاستناد إلى العلاقة المبينة أعلاه:

$$u'/u'' = (\nu'/\nu'').(\lambda''/\lambda')^{1/m}.\ .(Pr''/Pr')^{n/m} \qquad (3)$$

وبدوره يؤدي تغيير سرعة جريان سائل التبريد إلى تغيير فارق الضغط وبالتالي الاستطاعة المصروفة على تدوير المضخة، التي تحسب كما هو معروف بالعلاقة:

$$N = G.H/(1000.\eta), \quad [kW] \qquad (4)$$

G- التدفق الوزني لسائل التبريد في الثانية الواحدة؛

H- فارق الضغط الذي تؤمنه المضخة [m]؛

η- مردود المضخة.

يكافئ فارق الضغط الذي تؤمنه المضخة الضياعات في دارة التبريد ويمكن ربطه بسرعة الجريان من خلال العلاقة:

$$H = c.u^2 \qquad (5)$$

c- ثابت التناسب؛

بدوره يحسب التدفق الوزني لسائل التبريد بالعلاقة:

$$G = f.g.\rho.u \qquad (6)$$

f- مساحة المقطع العرضي للقناة التي يمر عبرها السائل، [m^2]؛

ρ - كثافة السائل، [kg/m^3]؛

g- تسارع الجاذبية الأرضية، [m/s^2].

وبالاستناد إلى الاعتبارات السابقة وصياغة علاقة الاستطاعة وفقاً لعواملها الأولية نحصل على الآتي:

$$N'/N'' = \rho'.u'^3/(\rho''.u''^3) \qquad (7)$$

بالإضافة إلى ذلك تعتبر كمية الحرارة اللازمة لتسخين وسيط التبريد في دارة تبريد المحرك من الخواص الهامة:

$$Q = V.g.\rho.c.\Delta t \qquad (8)$$

V- حجم دارة التبريد؛

ρ - كثافة سائل التبريد؛ c - السعة الحرارية؛

Δt - مجال درجات الحرارة الذي يحسب تسخين سائل التبريد ضمنه.

بالقياس للعلاقات السابقة وعلى اعتبار أن $V = const$ و $\Delta t = const$ نحصل على:

$$Q'/Q'' = \rho'.c'/(\rho''.c'') \qquad (9)$$

تعتبر خواص السائل المبينة في العلاقات المذكورة آنفاً مقياساً موضوعياً لمقارنة استخدام هذا السائل أو ذاك كوسيط للتبريد في منظومات تبريد المحركات. وبالعودة إلى المراجع [Wendell et al., 2008; shell-nn.ru; Кириллов and

[Бочкарев, 2005] يمكن الاطلاع على أهم الخواص الفيزيائية لبعض وسائط التبريد الشائعة.

نعرض في الجدول (1) الخواص الرئيسية للمواد المستخدمة كوسائط للتبريد بالمقارنة مع الماء. يتضح من الجدول المشار إليه أن الماء يمتلك، بفضل خواصه الفيزيائية، أكبر قيمة لعامل انتقال الحرارة بالحمل، في حين تهبط قيمة هذا العامل بمعدل 8-5 مرات في مانع التجمد (مزيج من الماء والإيثيلين غليكول)، وتصل إلى أقل بمئة مرة وأكثر في الكحول الميثيلي وذلك عند نفس شروط العمل. على كل إذا أردنا الوصول إلى نفس قيم عامل الحمل الحراري للماء فيجب التأثير على سرعة الجريان. وهكذا نجد أن استخدام مانع التجمد يقتضي زيادة سرعته بحيث تساوي 127 مرة سرعة الماء للحصول على نفس عامل الحمل الحراري. أما الهواء فيتطلب زيادة أكبر لسرعته كما هو واضح من الجدول (2). كذلك الأمر بالنسبة للاستطاعة المصروفة على تدوير سائل التبريد مع المحافظة على نفس قيمة عامل الحمل الحراري.

من التحليل السابق نستنتج أن الماء يعتبر وسيط التبريد الأمثل من وجهة نظر شدة الحمل الحراري وكمية الحرارة الممتصة من السطوح الساخنة. لكن يجب الانتباه إلى القيم الكبيرة لكل من الكثافة والسعة الحرارية التي ترتب زيادة كمية الحرارة اللازمة لتسخين دارة التبريد(حالة الإقلاع) بحدود (3-2) مرة بالمقارنة مع السوائل الأخرى (الكحول ومانع التجمد و...الخ).

الجدول (1): تأثير تغيير وسيط التبريد في العوامل الأساسية لدارة التبريد[Akhmedov, 1969].

المادة	شدة التبادل الحراري النسبي α_l/α_w	السعة الحرارية النسبية $(\rho_l/\rho_w).c_l/c_w$	السرعة النسبية عند تساوي عامل الحمل الحراري w_l/w_w	الاستطاعة النسبية للمضخة عند تساوي عامل الحمل الحراري N_l/N_w
الماء	1	1	1	1
الهواء	0.0008	-	5700	$174*10^6$
الكحول الميثيلي	0.00848	0.31	3920	$43.2*10^9$
الكحول الإيثيلي	0.0121	0.305	2500	$11.2*10^9$
مانع تجمد نقي	0.154	0.476	127	$1.85*10^6$

بالإضافة إلى ما سبق يمكن الإشارة إلى درجة حرارة تجمد الماء العالية التي تعتبر من مؤشراته السلبية وتقلل من قيمته كوسيط للتبريد خاصة عند استخدامه في الأجواء الباردة. وهنا لا بد من التذكير أن تجمد الماء يترافق وزيادة في حجمه النوعي الأمر الذي يمكن أن يؤدي إلى تلف أجزاء المحرك. يذكر في هذا المجال أن بعض المواد تتميز بدرجات حرارة تجمد منخفضة بالمقارنة مع الماء مثل الكحول الميثيلي والكحول الإيثيلي ومانع التجمد وبالتالي لا تحد من الناحية العملية من شروط استثمار المحرك.

يعتبر الكحول من المواد القابلة للاشتعال وبالتالي تحد هذه الخاصة من استخدامه بسبب إمكانية حصول الحريق. وبالنسبة للإيثيلين غليكول ومحلوله في الماء فيعتبر ساماً لذلك يجب توخي الحيطة وإبداء الحذر عند استخدامه. لذلك يمكن تفضيل الماء على جميع السوائل الأخرى باعتباره وسيطاً للتبريد في محركات الاحتراق الداخلي فالماء متوفر في كل مكان تقريباً ورخيص الثمن وغير ضار بالعناصر المكونة للدارة ويتمتع بخواص حرارية وتقنية وطاقية مثلى. لكن عندما يجري الحديث حول تشغيل المحرك في الأجواء غير المقبولة بالنسبة للماء أي في الأجواء الباردة عندها يمكن الاستغناء عن بعض خواص الماء والقبول بخواص حرارية أسوأ فيما يتعلق بكمية الحرارة المنزوعة من الأجزاء المبردة والانتقال إلى مانع التجمد أو مزيج الكحول مع الغليسيرين الذي يسمى سائل تبريد متعدد الفصول. تم تأكيد هذه النتيجة من خلال التطبيقات العملية في محركات الاحتراق الداخلي. وهكذا سوف يقصد بعبارة سائل التبريد كل من الماء ومانع التجمد ووسيط التبريد متعدد الفصول(كحول وغليسيرين).

6- الوقود وسيط لنقل الحرارة:

قد يبدو الطرح مستغرباً في ضوء ما تقدم عن الأسس التي يقوم عليها اختيار نوع وسيط التبريد، لكن ليس إلى الحد الذي يحرّم علينا مناقشة بعض الأفكار التي قد يراها بعضنا موغلة في التطرف ونراها قابلة للبحث. فالوقود ضرورة لا غنى عنها لعمل محركات الاحتراق الداخلي وبالتالي فإن كلفة وسيط التبريد لا تنطبق عليه كشرط

اقتصادي، كما أنه لا يعتبر ساماً بالقياس إلى كل من الكحول الميتيلي والإيتيلين غليكول ولا يسبب الترسبات الكلسية التي يمكن أن يسببها الماء، هذا يعني أن طرحه كوسيط للتبريد أمر قابل للبحث والدراسة وإقراره أو تحريمه يتطلب تعريضه للاختبار لمعرفة مدى قدرته على تحقيق الشروط المطلوبة من وسائط التبريد.

6-1- الدراسة التجريبية:

أجريت الاختبارات على كل من وقود الديزل كوقود تقليدي وزيت القطن البكر والمكرر كوقود حيوي (وقد استثنينا الوقود البنزيني لخطورة التعامل معه الناتج عن انخفاض درجة حرارة تبخره التي تفضي إلى خفض نقطة وميضه) وذلك بما يتوافق وطرق الاختبار المحددة من قبل الجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد American Society for Testing and Materials المعروفة اختصاراً (ASTM).

بني مخطط الاختبارات على أساس تحديد الخواص الحرارية لوسيط التبريد المقترح أولاً ومن ثم قمنا بدراسة العوامل المرتبطة بخطورة استخدامه وذلك لمقارنتها مع خواص وسائط التبريد المستخدمة (الماء، مانع التجمد)، والتأكد من مدى توافقه والشروط التي يفترض في وسيط التبريد تحقيقها، وهذا ما اقتضى إجراء الاختبارات في مخبري الوقود والزيوت وانتقال الحرارة.

6-1-1- الإيصالية الحرارية:

قمنا بقياس الإيصالية الحرارية في مخبر انتقال الحرارة في كلية الهندسة الميكانيكية بجامعة حلب بوساطة الجهاز (SOLTEQ, Thermal conductivity of liquid and gases unit, Model: HE 156) لكل من وقود الديزل وزيت القطن والأسيتون النقي (باعتباره عنصر معايرة الجهاز). أظهرت الاختبارات أن القيمة الوسطية لعامل الايصالية الحرارية لوقود الديزل تساوي $0.1254[\frac{W}{m.^{\circ}C}]$ وهي أقل مما هي عليه في كل من الماء ($0.6[\frac{W}{m.^{\circ}C}]$) ومانع التجمد ($0.25[\frac{W}{m.^{\circ}C}]$)، [Крейт and Блэк, 1983]، أما في زيت القطن فترتفع لتساوي وسطياً 0.176 $[\frac{W}{m.^{\circ}C}]$ وهو ما يعادل 1.4 قيمتها في وقود الديزل و 0.704 بالنسبة لمانع التجمد.

6-1-2- السعة الحرارية:

من المعروف أن السعة الحرارية للمادة تتعلق بدرجة حرارتها، وتشير الأبحاث إلى وجود علاقة عكسية بينها وبين الكتلة النوعية للوقود السائل [Akhmedov, 1969]. وبالقياس وجدنا أن قيمة السعة الحرارية في وقود الديزل تتراوح بين 1.895-2.189kJ/(kg.K) بين درجتي الحرارة 259 °C - 283، أما في الديزل الحيوي فتتراوح ضمن نفس المجال الحراري السابق بين 2.166 kJ/(kg.K) - 1.943. من الواضح أن السعة الحرارية لكل من وقود الديزل والديزل الحيوي أقل بمرتين تقريباً مما هي عليه في الماء (4.186 kJ/(kg.K)) إلا أنها قريبة جداً مما هي عليه في مانع التجمد (2.47kJ/(kg.K)).

6-1-3- اللزوجة:

بينت الاختبارات التي أجريناها بوساطة جهاز سايبولت أن القيمة الوسطية للزوجة الحركية لوقود الديزل تتراوح بين 4 c.St عند الدرجة 40 °C، و 1.4 c.St عند الدرجة 100 °C، أما بالنسبة لزيت القطن فتبلغ وسطياً 35.2 c.St و 8.3 c.St عند نفس درجات الحرارة السابقة.

6-1-4- نقطة الوميض:

أجريت اختبارات تحديد درجة حرارة الوميض بوساطة جهاز الكأس المفتوح بهدف تحديد خواص الاشتعال ومدى خطورة استخدام وسائط التبريد المقترحة والمجالات المسموح العمل بها. وبينت نتائج الاختبارا انخفاض درجة حرارة وميض وقود الديزل (78°C)، أما زيت بذور القطن فكانت نقطة وميضه مرتفعة وتجاوزت (330°C).

6-1-5- نقطة الضباب:

تتبع أهمية تحديد نقطة الضباب من خطورة تكاثف المركبات البارافينية المحتواة في كل من وقود الديزل وزيت بذور القطن وتشكيلها سحابة قد تؤدي إلى انسداد جزئي للأنابيب ومسامات عناصر التصفية مما يحول دون جريانها بالتدفقات المطلوبة، وقد بينت الاختبارات أن قيمتها لا تزيد عن (-5 °C) في كل من وقود

الديزل وزيت بذور القطن.

6-1-5- ترسبات الفحوم الهيدروجينية:

هناك ارتباط وثيق بين الاستقرار الحراري للوقود والترسبات الكربونية على سطوح المعادن التي يمكن أن تنتج عنه. وتوصف الاستقرارية الحرارية للوقود عادة بمدى ميوله لتشكيل ترسبات على السطوح الموجود على تماس مباشر معها. وتتشكل الترسبات إما نتيجة الأكسدة في ظروف درجات الحرارة المنخفضة (نسبياً)، أو نتيجة تحلل الوقود إلى عناصره الأولية (كربون وهيدروجين) عند تعرضه لدرجات حرارة مرتفعة (>350°C)، [shell-nn.ru; Arifin, 2009]. لا شك أن هذا الأمر من الأهمية بمكان بحيث يتطلب إفراد بحث كامل تُناقش فيه العوامل التي يمكن أن تؤثر عليه في ظروف عمل الوقود كوسيط للتبريد.

تم تلخيص نتائج الاختبارات الواردة آنفاً في الجدول (3).

الجدول (3): الخواص الفيزيائية والحرارية لزيت بذور القطن ووقود الديزل (القيم الوسطية).

المميز	زيت القطن	ديزل صافي	طريقة الاختبار ASTM
الكثافة	0.915	0.838	D 4052
اللزوجة عند 40 °C , [cSt]	34.8	4.0	D445-64
اللزوجة عند 100 °C , [cSt]	8.3	1.4	
نقطة الوميض °C	338	78	D92-90
نقطة الضباب °C	- 5	- 5	D97-93
نسبة الكبريت%	0.0213	0.545	D 4294
الرقم الحامضي، [mg KOH/g]	0.86	0.201	D974
تآكل الصفيحة النحاسية	1b	3a	D130-94
الإيصالية الحرارية K، $[\frac{W}{m.°C}]$	0.1757	0.1255	D2717-95

نشير هنا إلى أنه تمت معايرة الأجهزة المخبرية قبل إجراء الاختبارات والتأكد من صحة النتائج وبالنسبة للإيصالية الحرارية فقد تم التحقق من قيمها من خلال قياس الإيصالية الحرارية للأسيتون النقي (إيصاليته الحرارية الجدولية $[\frac{W}{m.°C}]$ 0.16) التي تراوحت بين 0.1614 عندما بلغ الحمل الحراري 37 W و 0.1683 عند الحمل

الحراري 57.8 ومن ثم هبطت قيمته حتى 0.167 عندما ارتفع الحمل الحراري حتى 101.9، أي أن الخطأ النسبي لاختبارات الإيصالية الحرارية تراوح بين 0.87 و 4.93 الأمر الذي يجب أن يؤخذ بالاعتبار بالنسبة للقيم التي تم الحصول في حالتي وقود الديزل وزيت بذور القطن.

7- تحليل النتائج والتوصيات:

1- تشير الأبحاث إلى قابلية مانعات التجمد ذات الأساس الإيثيلين غليكولي للاشتعال حيث تتراوح نقطة وميضها بين 110 °C و 132 °C ، وترتفع حتى 142°C عندما تنخفض نسبة مانع التجمد في محلوله مع الماء إلى 25%، [shell-nn.ru, report, 2008]. أما بالنسبة لوقود الديزل فقد بلغت(78°C) ، في حين ترتفع في الديزل الحيوي لتصل في زيت بذور القطن إلى حوالي (342°C). لا شك أن هذه القيمة توسع مجال الأمان وتسمح باستخدام زيت بذور القطن كوسيط لنقل الحرارة في دارات التبريد رغم كونه من المواد القابلة للاشتعال.

2- من خلال قراءتنا للشكل (4) نستنتج أن مانعات التجمد التي يجب التقيد بها في بلادنا ليس من الضروري أن تتوافق وتلك المستخدمة في مناطق تقع على خطوط عرض إلى الشمال من سوريا، أي يمكن الاكتفاء بمزيج لا تزيد نسبة الايثيلين غليكول فيه عن 25% - 20.

3- إن انخفاض نقطة الضباب في وقود الديزل وزيت بذور القطن (-5°C) بالمقارنة مع درجة حرارة تجمد الماء يمنحها الأفضلية في الاستخدام في الأجواء متوسطة البرودة أما نقطة التجمد (-14°C) و (-23°C) على التوالي فتجعلها الأفضل حتى بالمقارنة مع مانعات التجمد المشكلة بنسبة 25% إيثيلين غليكول إلى 75% ماء بالإضافة إلى عدم امتلاكها للميزة المتمثلة بازدياد الحجم مع انخفاض درجة الحرارة (معلوم أن الماء يزداد حجمه بين الدرجة +4°C و 0°C)، الشكل(2).

4- يتمتع كل من وقود الديزل وزيت بذور القطن بدرجة غليان مرتفعة حيث تتراوح نقطة بداية الغليان في الأول بين (165-185°C)، [Tat and Van Gerpen, 1999] ، وفي الثاني تتجاوز ألـ (310°c) ، وذلك تحت الضغط الجوي في حين

تساوي 100°c للماء المقطر وترتفع لتصل إلى أقل من 105°c فقط في مزيج مانع التجمد (30%) مع الماء (70%). يسمح هذا بعمل المحرك تحت درجات حرارة مرتفعة (إذا ما سمح تصميمه بذلك) مما يساعد في تحسين المردود الحراري الإجمالي للمحرك.

5- يؤدي ارتفاع درجة حرارة الوقود (وسيط التبريد) إلى إعادة تدوير جزء من الحرارة المهدورة من المحرك وإعادة إدخالها إليه بالاستناد إلى مخطط الموازنة الحرارية للمحرك [**المنصور ومحمد**، 2007]، الأمر الذي يسمح لنا أن نتوقع تحسن المردود الحراري للمحرك، والتحقق منه يتطلب تصميم وإنشاء الدارة المناسبة وإجراء الاختبارات اللازمة على منصة اختبار مزودة بمحرك ودارة مناسبة وذلك في المراحل اللاحقة من البحث؛

6- يؤدي ارتفاع درجة حرارة كل من وقود الديزل وزيت بذور القطن إلى انخفاض لزوجتهما مما يساعد في تحسين عملية التذرير وينعكس بالتالي إيجاباً على عملية الاحتراق من ناحية والملوثات المنبعثة من المحرك من ناحية أخرى، هذا بالإضافة إلى التقليل من الاستطاعة اللازمة لتدوير مضخات الوقود.

7- لا شك أن انخفاض السعة الحرارية سوف يتطلب زيادة سرعة جريان وسيط التبريد وبالتالي ازدياد الاستطاعة المصروفة على تدويره إلا أن ازدياد سرعة جريان الوقود يمكن أن يساهم في كبح تشكل الترسبات على جدران الأنابيب من خلال جرفه لها [Arifin, 2009]. من ناحية أخرى يقتضي انخفاض الإيصالية الحرارية العمل على زيادة سرعة الجريان (المعادلة 3) للمحافظة على عامل انتقال الحرارة الإجمالي وهذا يؤدي إلى زيادة في استطاعة المضخة. مع ذلك نلاحظ الانخفاض في السعة الحرارية ليس كبيراً خاصة إذا ما قورن بالسعة الحرارية لمانع التجمد.

8- يتبين من خلال الجدول أن القيمة الوسطية للإيصالية الحرارية لوقود الديزل تساوي 0.1255 W/m. K أما لزيت بذور القطن فبلغت القيمة الوسطية للإيصالية الحرارية 0.1757 W/m. K تقريباً وبذلك تكون الإيصالية الحرارية للزيت أكبر من مثيلتها في وقود الديزل بـ 28.4% تقريباً، إلا أنها أقل من الماء (0.6

($[\frac{W}{m.°C}]$). لا شك أن لهذه القيم تأثير سلبي على عملية التبريد إلا أنها تساهم في تسريع عملية إحماء المحرك خاصة في الأجواء الباردة.

9- نظراً لأهمية البحث وتشعبه ينصح بإجراء تجارب إضافية على منصة حية تحتوي محرك ودارة لتبريد الهواء المشحون بوساطة أحد أنواع الوقود البديل وبيان درجة تأثيره على أداء المحرك.

أخيراً يمكننا القول أن تبريد المحرك أو بعض أجزائه على الأقل (دارة تبريد الهواء المشحون على سبيل المثال) بوساطة الوقود (خاصة زيت القطن) يمكن أن يؤدي إلى تحسين أداء المحرك من خلال تدوير جزء من الحرارة المحمولة مع وسيط التبريد من ناحية وتحسين عملية تذرير الوقود من خلال رفع درجة حرارته وبالتالي تقليل لزوجته، وهذا يقتضي دراسة وتصميم واختبار دارة التبريد المناسبة الأمر الذي يمكن إجراؤه في المراحل اللاحقة من البحث.

References

1. **AKHMEDOV** A., 1969 - **calculation of the heat capacity of liquid fuels**. *Khimiya i Tekhnologiya Topliv i Masel* No. 6, 52-53.

2. **ARIFIN** Y., 2009 - **Diesel and Bio-diesel Fuel Deposits on a Hot Wall Surface**. Gunma university, 1st ed. , Japan, 165. *www.gair.media.gunma-u.ac.jp.*

3. **DWIGHT** A.; **BERANEK** P., 2001 - **MAGNETIC WATER TREATMENT**. *U.S. Army Engineer Research and Development Center, Construction Engineering Research Laboratory, www.wbdg.org.*

4. Havoline **Antifreeze Coolant**. *www.havoline.com.*

5. **Kreith** F.; **Boehm** R. 1999 - **"Heat And Mass Transfer" Mechanical Engineering Handbook**, Boca Raton: CRC Press LLC, 288.

6. **SMITH** C.; **COETZEE** P.; **MEYER** J., 2003 - **The effectiveness of a magnetic physical water treatment device on scaling in domestic hot-water storage tanks**. *Water SA* (29) 3, 231 - 236. *www. ajol.info*

7. TAT M.; **VAN GERPEN** J., 1999 - **The Kinematic Viscosity of Biodiesel and its Blends with Diesel Fuel**, *JAOCS*, (76)

12, 1511-1513. *www.lib3.dss.go.th.*

8. **TAYMAZ**, I., 2005- **An experimental study of energy balance in low heat rejection diesel engine**. *Energy XX*, (2005) 1-8. **www.elsevier.com.**

9. **Thermal Properties of Cooling System Materials, 1999**; *www.redlineoil.co.jp.*

10. **WENDELL** C. et al., 2008 - **Analysis of ethylene glycol-based engine coolant as a vehicle fire fuel,** *International Symposium on Fire Investigation Science and Technology*, 12. *www.reifire.net;* McGraw-Hill, Inc.

المراجع الروسية

11. **БУРКОВ** В., 1995 - **эксплуатация автомобильных радиаторов**. Транспорт, издание первое, Москва, 80.

12. **КИРИЛЛОВ** В.; **БОЧКАРЁВ** И., 2005 - **Анализ свойств используемых хладоносителей и пути оптимизации их свойств с помощью электролит содержащих растворов,** *refrigeration.open-mechanics.com.*

13.**концентрат охлаждающей жидкости**, *Shell Antifreeze Concentrate , www.shell-nn.ru.*

14. **КРЕЙТ** Ф.; **БЛЭК** У., 1983 - **Основы теплопередачи**. Мир, издание первое, Москва, 512.

15. **МИХЕЕВ** М., **МИХЕЕВА** И., 1977 - **Основы Теплопередачи.** Изд. Энергия, издание второе, Москва, 344.

16. **ПЕТРЕЧЕНКО** Р., 1975 - **Системы жидкостного охлаждения быстроходных двс. Машиностроение,** Ленинград, 224.

17. **РЯБИНИН** В.; **Пузиков** А., 2010 **Антифризы. Условия применения.** *www.rae.ru.*

18. **СИТКОВ** Л.; **ИСКАНДАРОВ** А., 2001 - **Жидкости применяемые для охлаждения ДВС**. *www.referat.ru*, 12.

19. Что такое вода, *www. n-t.ru.*

المراجع العربية

20. **المنصور** حاتم؛ **محمد** محمود، ٢٠٠٧ – **محركات الاحتراق الداخلي.** الطبعة الأولى، مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة حلب، ٥٩٤.

Utilization of cottonseed oil in internal combustion engine as a fuel and a coolant for charged air

Dr. Mahmoud Muhammad
Dept. Power Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, University of Aleppo

Abstract

In this research we study the most important properties of the cooling media used in internal combustion engines, the amount of heat that loosed in the environment, and we try to develop the scientific basis for possible recycling of waste heat in the context of attempts that seek to increase the motor efficiency.

The study presents the idea to take advantage of liquid fuel in the engine cooling, which raises the temperature and thus the amount of heat entering the engine and to contribute to, as a result, in terms of improving the economic factors of the engine work.

Research includes a pilot study of the thermal properties of some fuels and oils used in internal combustion engines. This will indicate its location among coolants map and their advantages and disadvantages.

The study concentrated on the features of fluids used in cooling circuits, and similar types of suggested kinds of fuel to make a good comparison between them, and then determine the optimal conditions for their respective work that lead to improved engine performance.

Keys:
diesel fuel, biodiesel, coolants, cottonseeds oil, internal combustion engines.