Determining the Temperature of the Medium Working in the Compressor Tubes Depending on the Temperature of the Outside Surface of the Tube

Dr. Awatef Wahid Nasrah*

(Received 24 / 4 / 2019. Accepted 8 / 7 / 2019)

□ ABSTRACT □

This study shows the method or method of determining the temperature of the medium in the compressor tubes by the measured temperature of the pipe walls or pipes of transport. The heat transfer conditions can vary and are markedly different for different tubes and the calculated temperatures and temperatures are designed and adjusted according to the different investment conditions of the tube.

The calculation of the temperature calculation software was completed and adjusted to determine the temperature of the medium inside the pipe according to the temperature of the outer wall of the tube. All factors affecting the temperature (convection heat transfer coefficient from the center inside the tube - wall thickness - pollution) were analyzed. This method was chosen on a navigational compressor unit where the temperature of the medium inside the tube was determined at the temperature of the tube surface. Taking into account the corrections, regulation or adjustment of the measuring instruments that have been accomplished and which determine the temperature of the pipe walls. They can be used as additional means of measurement, increased accuracy of control and control results, analysis of work systems and increased reliability of navigational pipeline investment.

Keywords: Compressor tubes - Working medium temperature - External tube temperature.

* **Associate Professor Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

تحديد درجة حرارة الوسيط العامل في أنابيب الضاغط بالاعتماد على درجة حرارة السطح الخارجي للأنبوب

د. عواطف نصرة*

(تاريخ الإيداع 24 / 4/ 2019. قُبِل للنشر في 8/ 7/ 2019)

□ ملخّص □

تبين هذه الدراسة اسلوب تحديد درجة حرارة الوسط في أنابيب الضاغط عن طريق درجة الحرارة المقاسة لجدران الأنبوب أو مواسير النقل. إن شروط انتقال الحرارة يمكن أن تختلف وتتميز بشكل كبير لمختلف الأنابيب والأوساط ودرجات الحرارة المحسوبة. درجات الحرارة صُممت وعُدلت حسب ظروف الاستثمار المختلفة للأنبوب.

للحساب تم انجاز برنامج حاسوبي مكتوب من مجموعة رياضية، درجات الحرارة المحسوبة مصممة ومعدَّلة لتحديد درجة حرارة الوسط داخل الأنبوب وذلك حسب درجة حرارة الجدار الخارجي للأنبوب. حيث تم تحليل جميع العوامل المؤثرة على درجات الحرارة (معامل انتقال الحرارة بالحمل من الوسط داخل الأنبوب– سماكة الجدران– التلوث). تم اختيار هذه الطريقة على وحدة ضاغط ملاحي حيث امكانية تحديد درجة حرارة الوسط داخل الأنبوب عند درجة حرارة سطح الأنبوب. مع الأخذ بعين الاعتبار التصحيحات والتنظيم أو الضبط لأجهزة القياس التي تم انجازها والتي تحدد درجة حرارة جدران الأنابيب. ويمكن أن تُستخدم كوسائط إضافية للقياس وزيادة دقة نتائج التحكم والمراقبة، تحليل أنظمة العمل وزيادة وثوقية استثمار أنابيب الملاحية.

الكلمات المفتاحية: أنابيب الضواغط –درجة حرارة الوسيط العامل – درجة حرارة جدار الانبوب الخارجي.

* أستاذ مساعد في قسم الهندسة البحرية– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

مقدمة:

إن تشخيص حالة الأجهزة عن طريق درجات حرارة التماس [1] مقياس درجة الحرارة العالية [2] وكمية الحرارة [3] تسمح بتحديد حالة تلك الأجهزة وأنظمة عملها وذلك بالسرعة الكافية [4] من أجل تحديد الأوساط التقنية أو التكنولوجية، هواء، ماء للأنابيب الملاحية من الضروري الحصول على قراءة الجهاز بسرعة والَّذي يقيس درجات حرارة الجدار الخارجي وذلك لأنَّ درجة حرارة الجدار تتعلق بسرعة الهواء والوسط في الأنابيب (المواسير) وبإدخال معامل التصحيح أو التعديل والضَّبط من أجل تحديد درجة حرارة الوسط بقياس درجة حرارة الجدار تستدعي والتي تسمح بتحديد درجة حرارة الوسط بشكل أكثر دقة.

أهمية البحث وأهدافه:

إن تحديد درجة حرارة الوسط في الأنابيب الملاحية للضاغط تُمثِّل أهمية كبيرة وذلك لتشخيص حالة الأنابيب والتي يجب أن تكون عالية الدقة. هذه الدراسة تهدف إلى دراسة طريقة تحديد درجة حرارة الوسيط في الأنبوب عن طريق حرارة جدار انبوب النقل وذلك باستخدام برنامج حاسوبي ومقارنة النتائج مع القيم التجريبية لمعرفة دقة وصحة النظرية، حيث تم تحليل جميع العوامل المؤثرة على درجات الحرارة.

طرائق البحث ومواده:

حساب درجة حرارة الوسط للأنابيب حسب مؤشرات الجهاز باستخدام معادلات التبادل الحراري بالحمل في الأنابيب [5]. لحساب التصحيح والضبط ودرجة الحرارة في الأنابيب نكتب المعادلات التالية:

$$q = \alpha_{\text{هواء}} . \pi . d_{\text{خارجي}} \left(t_{\text{خارجي}} - t_{\text{هواء}} \right) \ldots\ldots (1)$$

$$q = \alpha_{\text{وسط}} . \pi . d_{\text{جدار ملوث}} \left(t_{\text{وسيط}} - t_{\text{جدار ملوث}} \right) \ldots\ldots (2)$$

$$q = 2 . \pi . \lambda_{\text{جدار}} . \frac{t_{\text{جدار داخلي}} - t_{\text{جدار خارجي}}}{ln \left(d_{\text{خارجي}} / d_{\text{داخلي}} \right)} \ldots\ldots (3)$$

$$q = 2 . \pi . \lambda_{\text{تلوث}} . \frac{t_{\text{جدار تلوث}} - t_{\text{جدار داخلي}}}{ln \left(d_{\text{داخلي}} / d_{\text{ملوث}} \right)} \ldots\ldots (4)$$

$$\Delta t = t_{\text{وسط}} - t_{\text{جدار خارجي}} \ldots\ldots (5)$$

حيث أن:

$t_{هواء}$: درجة حرارة الهواء و $t_{خارجيجدار}$:درجة حرارة الجدار الخارجي تقدر ب C^o.

λ: معامل انتقال الحرارة بالحمل من الوسط إلى الجدار الخارجي. $\frac{watt}{m^2}$

$\alpha_{وسط}$: معامل انتقال الحرارة بالحمل من الوسط إلى الجدار الداخلي $\frac{watt}{m^2}$.

$d_{خارجي}$:القطر الخارجي للأنبوب بالـ m .

$d_{داخلي}$: القطر الداخلي للأنبوب بالـ m

$d_{ملوث}$: القطر الداخلي مع الأخذ بالاعتبار التلوث بالـ m

$\lambda_{جدار}$: معامل الموصلية الحرارية للجدار $\frac{watt}{m.k}$.

$\lambda_{تلوث}$: معامل الموصلية الحرارية للتلوث $\frac{watt}{m.k}$.

إن قيم $\alpha_{هواء}$ و $\alpha_{وسط}$ تُحدَّد من معادلات انتقال الحرارة المعروفة [6–5] وذلك بالنسبة أو بالعلاقة مع سرعة المواد وسرعة الوسط في الأنبوب.

بحل وحساب المعادلات من **1** إلى **5** ببرنامج رياضي بالنسبة للمتحولات أو المتغيرات **q**، درجة حرارة الجدار الداخلي ، جدار التلوث ، الوسط ، و قيمة **ΔT** .

تقدر قيمة **q** الكثافة الحظية للتيار الحراري $\frac{watt}{m}$ ، في حين تقدر درجة حرارة الجدار الداخلي والسطح الداخلي الملوث بالاضافة الى درجة حرارة الوسط في الانبوب بالدرجة المئوية، بينما يقدر **ΔT** بالكلفن.

حساب التصحيح أو الضبط لدرجات الحرارة من أجل تحديد درجة الحرارة وسط الأنابيب:

يسمح برنامج **MathCad** باستخدام التوابع والدالات الرياضية لحل المعادلات من **1** إلى **5** حيث أن البرنامج مصمم لحساب الضَّبط وتصحيح ودرجة حرارة الوسيط بالجهاز التي تسمح بإجراء تحليل نتائج قياس درجة حرارة الجدر بالجهاز. كمثال تم حساب تصحيح وضبط درجة الحرارة المقاسة للجدار الخارجي لأنبوب قياسه**[mm] 4*25**عند الشروط التالية:

معامل الموصلية الحرارية للجدار $46.4\frac{watt}{m.k}$.

معامل الموصلية الحرارة للتلوث$1.5\frac{watt}{m.k}$.

درجة حرارة الهواء $25\ C^o$.

درجة حرارة الجدار الخارجي $50\ C^o$.

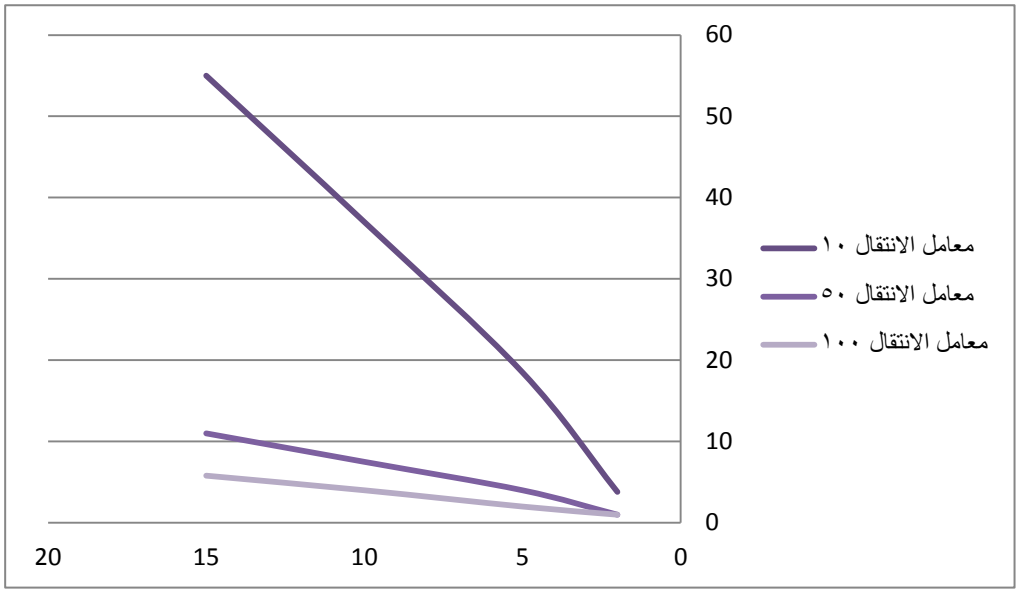
معامل انتقال الحرارة من الهواء إلى الجدار الخارجي للأنبوب $1-15\frac{watt}{m^2.k}$.

معامل انتقال الحرارة من الوسط إلى الجدار الداخلي للأنبوب أو التلوث من أجل الغاز **100 , 50 , 10**وللسائل $1000\ ,\ 2000,\ 3000\frac{watt}{m^2.k}$.

النتائج والمناقشة:

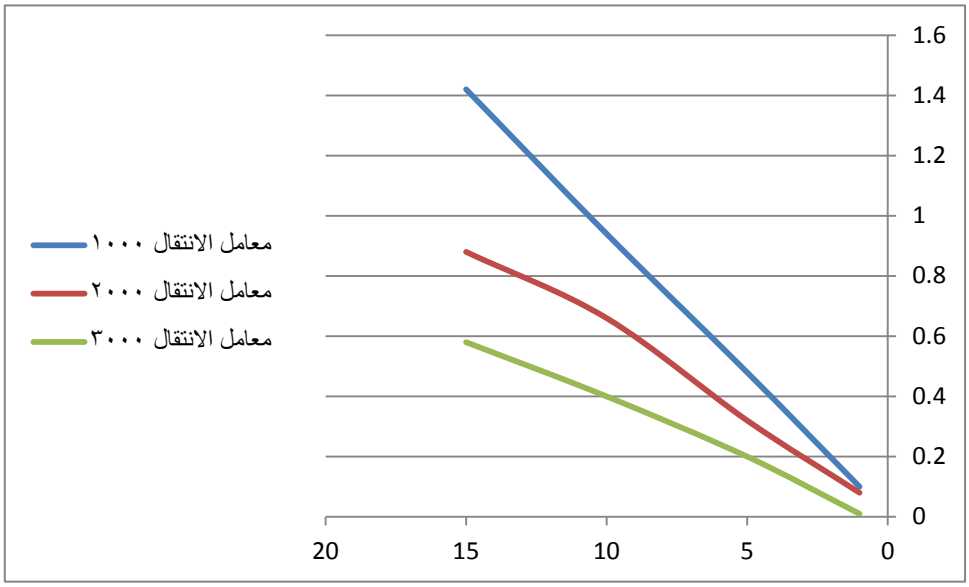
إن نتائج تحليل تأثير معامل انتقال الحرارة بالحمل من الجدار الخارجي إلى الهواء ومعامل انتقال الحرارة من الوسط إلى الجدار الداخلي على درجات الحرارة المصممة والمعدلة من أجل الأنابيب الملساء النظيفة والملوثة هي على النحو التالي:

يُبيِّن الشكل (1) التَّصحيح والضَّبط من أجل حساب درجة حرارة الوسط الغازي في الأنبوب الملاحي وفقاً لدرجة حرارة الجدار الخارجي للأنبوب الأملس. معامل انتقال الحرارة من الوسط $(\mathbf{1-100})\frac{\mathbf{watt}}{\boldsymbol{m^2.k}}$.



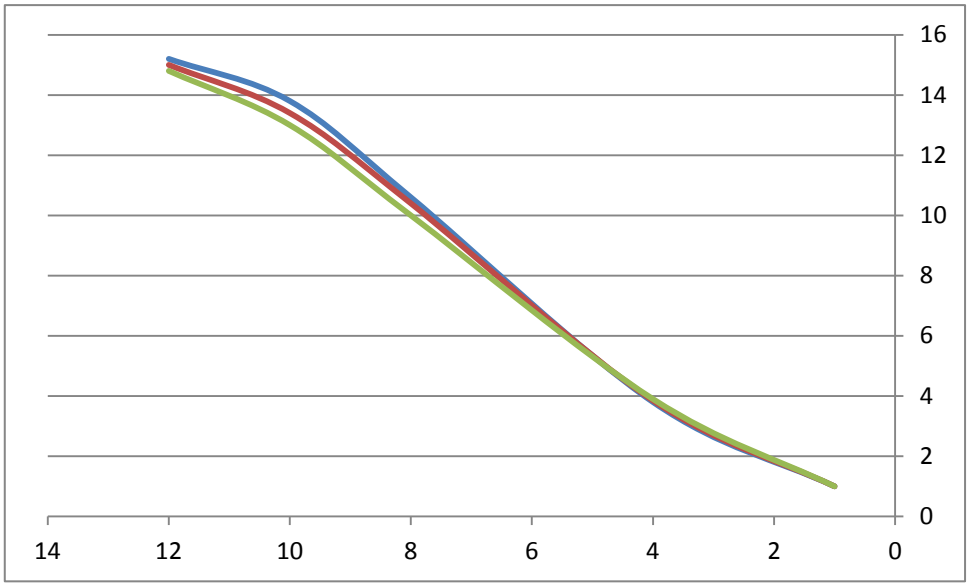
الشكل (1): التَّصحيح والضَّبط من أجل حساب درجة حرارة الوسط السائل في الأنبوب الملاحي وفقاً لدرجة حرارة الجدار الخارجي للأنبوب الأملس.

يُبيِّن الشكل (2) التَّصحيح والضَّبط من أجل حساب درجة حرارة الوسط السائل في الأنبوب الملاحي وفقاً لدرجة حرارة الجدار الخارجي للأنبوب الأملس. معامل انتقال الحرارة من الوسط $(1000-3000)\frac{\mathbf{watt}}{\boldsymbol{m^2.k}}$.



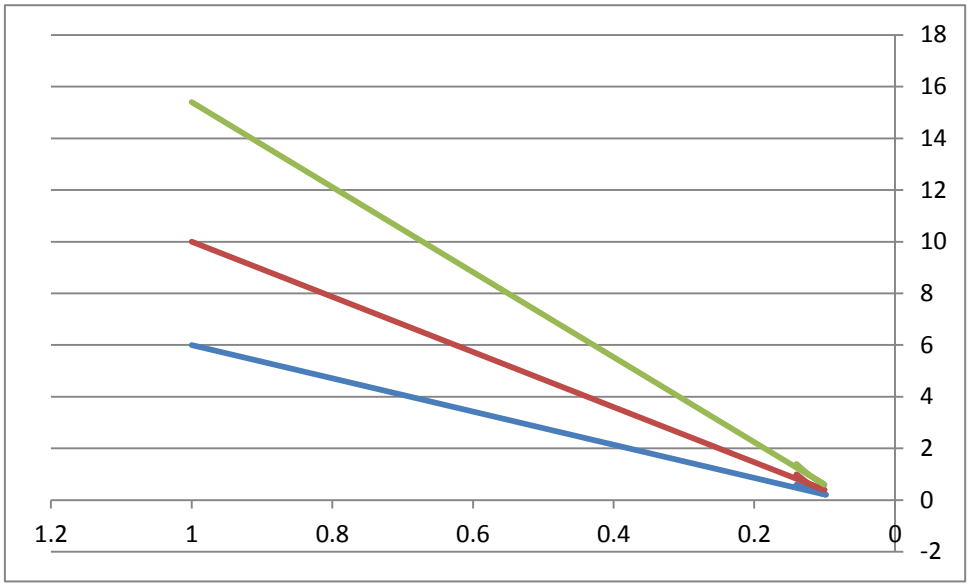
الشكل (2) التَّصحيح والضَّبط من أجل حساب درجة حرارة الوسط السائل في الأنبوب الملاحي وفقاً لدرجة حرارة الجدار الخارجي للأنبوب الأملس.

يُبيِّن الشكل (3) التَّصحيح والضَّبط من أجل حساب درجة حرارة الوسط السائل في الأنبوب الملاحي وفقاً لدرجة حرارة الجدار الخارجي الأملس والملوث للأنبوب. معامل انتقال الحرارة من الوسط $\mathbf{50}\frac{\mathbf{watt}}{\boldsymbol{m^2.k}}$.



الشكل (3): التَّصحيح والضَّبط من أجل حساب درجة حرارة الوسط السائل في الأنبوب الملاحي وفقاً لدرجة حرارة الجدار الخارجي الأملس والملوث للأنبوب

يُبيِّن الشكل (4) مقارنة التَّصحيح والضَّبط من أجل حساب درجة حرارة الوسط السائل في الأنبوب الملاحي وفقاً لدرجة حرارة الجدار الخارجي الأملس والملوث للأنبوب. معامل انتقال الحرارة من الوسط $\mathbf{1000}\frac{\mathbf{watt}}{\boldsymbol{m^2.k}}$.



الشكل (4): مقارنة التَّصحيح والضَّبط من أجل حساب درجة حرارة الوسط السائل في الأنبوب الملاحي وفقاً لدرجة حرارة الجدار الخارجي الأملس والملوث للأنبوب

المخططات المبينة بالشَّكلين **1**و **2** تبين أنَّ زيادة معامل انتقال الحرارة بالحمل إلى الهواء تؤدي إلى زيادة كبيرة في درجات حرارة التصحيح وذلك من أجل تحديد درجة حرارة الوسط. أما من أجل الوسط الغازي فإن تأثير معامل انتقال الحرارة بالحمل من الجدار الخارجي إلى الهَواء على التَّصْحِيْحِ أو الضَّبْط أعلى بِكَثِيْرٍ من حالة الوسط يكون السائل. من ذلك نستنتج أنَّه خلال قياس درجة حرارة الجدار بالجهاز يجب العمل على تخفيض سرعة الهواءِ على القطاع أو الجزء المُمدد للقياس.

تؤدي زيادة انتقال الحرارة بالحمل من الوسط إلى الجِدار الداخلي إلى خفض الضَّبط أو التَّصحيح من أجل تحديد درجة حرارة الوسيط.

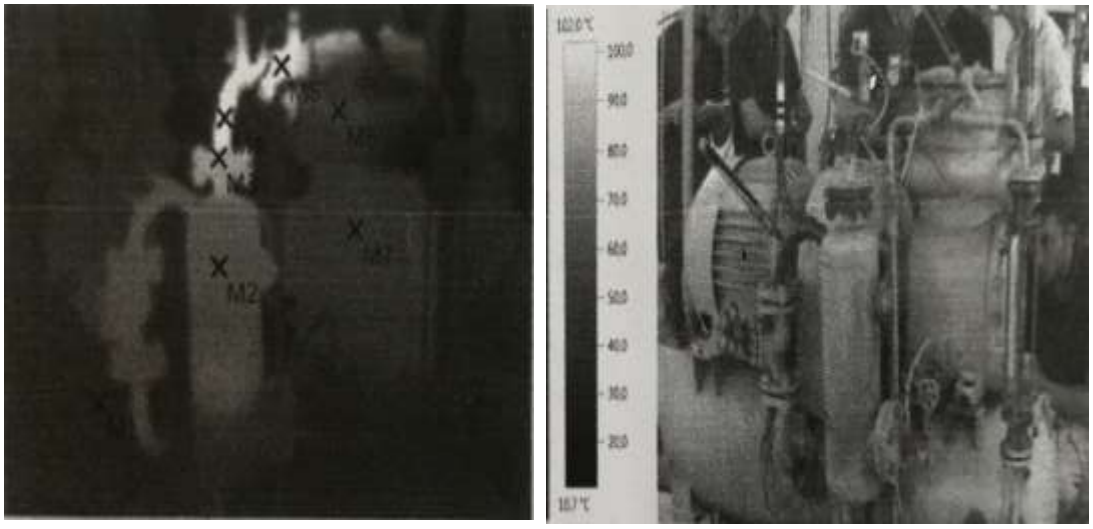
عند حساب درجة حرارة الوسط السائل تكون قيمة التصحيح أو الضبط أخفض بشكل كبير من الوسط الغازي بسبب معامل انتقال الحرارة بالحمل الكبير. كما أنه عند الحساب يجب الأخذ بعين الاعتبار تلوث جدران الأنبوب.

المخططات في الشكل **3**و4توضح تأثير سماكة أو مقدار تلوث الأنبوب على قيمة ومقدار التصحيح أو التقويم. وهكذا عند معامل انتقال حرارة بالحمل من الهواء $\mathbf{5}\frac{\mathbf{watt}}{\boldsymbol{m^2.k}}$.ومعامل انتقال حرارة بالحمل من الغاز $\mathbf{50}\frac{\mathbf{watt}}{\boldsymbol{m^2.k}}$التصحيح الحراري من أجل الأنبوب الأملس النَّظيف يصل $\boldsymbol{3.6C^o}$.عند تلوث مقداره **1 mm** يصل حتى $\boldsymbol{3.8C^o}$ ومن أجل سماكة تلوث مقدارها **2 mm** يصل حتى $\boldsymbol{4C^o}$.

من أجل السائل عند معامل انتقال حرارة بالحمل $\mathbf{1000}\frac{\mathbf{watt}}{\boldsymbol{m^2.k}}$. وعند معامل انتقال حرارة بالحمل من الهواء $\mathbf{.5}\frac{\mathbf{watt}}{\boldsymbol{m^2.k}}$ التصحيح الحراري من أجل الأنبوب الأملس النظيف يبلغ حوالي $\boldsymbol{0.2C^o}$. وعند تلوث سماكته **1 mm** يصل إلى $\boldsymbol{0.33C^o}$ ، وعند تلوث سماكته **2 mm** يصل إلى $\boldsymbol{0.46C^o}$.

تحديد درجة حرارة جدران الأنابيب وحساب درجة حرارة الوسط تجريبياً:

من أجل التصحيح الحراري أو من أجل تقدير وتقييم طريقة وأسلوب التَّصحيح الحراري وحسابه تم اجراء اختبار أو تشخيص انبوب السحب للوحدة أو المجموعة المستخدمة في الأنظمة الملاحية. ومن أجل تشخيص أنابيب وحدة الضاغط تم استخدام جهاز قياس حرارة موصول إلى جهاز الحاسب بِمساعدَةِ برنامج (**Analysis Data**) تم الحصول على مسجِّل درجات الحرارة وتم تحليلها في (الترموغرام) تم تحديد قيمة ومقدار درجات حرارة جدران الأنابيب والأجهزة والمعدات وحتى من أجل تحديد درجة حرارة الوسط وفقاً لدرجة حرارة جدران الأنبوب من الترموغرام. تم إجراء حسابات التَّصحيح الحراري وفقاً للبرنامج الموضوع (**Analysis Data**).درجة الحرارة في نقطة القياس تم التحكم بها ومراقبتها بواسطة (مزدوجة حرارية) موضوعة في (**Analysis Data**).



الشكل (5): وحدة الضاغط تصوير فوتوغرافي مع أنبوب أو قضيب ربط.

يبيَّن الشكل (**5**) وحدة الضاغط تصوير فوتوغرافي مع أنبوب أو قضيب ربط. من أجل تصحيح وتقويم طريقة الحساب والبرنامج تم الحصول على (الترموغرام). والذي بِموجبه تم تحديد الحرارة القصوى أو العُظْمى لأنبوب الشحن $\mathbf{102\ c^0}$. التصحيح من أجل شروط عمل انبوب التشاردي عند معامل انتقال حرارة بالحمل للوسط في الأنبوب $\mathbf{85\frac{watt}{m^2.k}}$، عند $\mathbf{13\frac{m}{C^o}}$ بلغت $\mathbf{5.5\ K^o}$.

بإضافة التصحيح لدرجة حرارة الجدار تحصل على درجة حرارة الوسط في أنبوب الحقن للضاغط $\mathbf{107.5c^0}$ درجة حرارة الغاز والمُمددة عن طريق المزدوجة الحرارية بلغت$\mathbf{106\ c^0}$.

الاستنتاجات والتوصيات:

1- عند قياس درجة حرارة جدران الأنابيب وجدران الأجهزة والمعدات وبهدف تحديد درجة حرارة الوسط يمكن استخدام التصحيحات والتقويم التي تم الحصول عليها في هذا البحث.

2- الدراسة أو الطريقة التي تم اتباعها لحساب درجة حرارة الوسط عن طريق (الترموغرام) والتي تم تطبيقها في حزمة رياضية تسمح بتحديد درجة حرارة الوسط في المقطع المُقاس للأنبوب مع الأخذ بعين الاعتبار التصحيح والضبط.

3- تم استخدام النتائج التجريبية للتحقق من مصداقية الحساب الرياضي، أي تجارب وحدة الضغط الملاحية تثبت دقة ووثوقية التصحيحات الحرارية عند تحديد درجة حرارة الوسط بالاعتماد أو وفقاً لدرجة حرارة الجدار.

المراجع:

1. *"How Do Air Compressors Work?"*. *Popular Mechanics. 2015-03-18*
2. *"CLASSIFICATION OF AIR COMPRESSORS"*. www.tpub.com.
3. *"Air Compressor Types and Controls"*. *Natural Resources Canada.*
4. *"Compressor Selection Basics: Positive Displacement versus Dynamic Compression"*. *Retrieved 2017-01-12 – via The 5th Utility.*
5. *"Types of Air Compressors"*. *The Engineering ToolBox.*
6. *"Applications for Compressors"*. www.industry.siemens.com
7. *"Evaluating True Horsepower and CFM Ratings of Air Compressors"*.
8. *"Air Compressor Fittings"*. *Compressed Air Systems.*