تحسين أداء النظام الحراري لقناة مربعة الشكل عن طريق اضافة أضلاع داخلية مربعة ومثلثية الشكل

الباحثة. م. رنوة ضاهر *

ملخص

تم في هذا البحث انشاء نموذج تجريبي لدراسة تأثير اضافة اضلاع داخلية مربعة ومثلثية الشكل داخل مجرى على انتقال الحرارة في حالة الجريان المضطرب، وتمت المقارنة بين درجة حرارة الهواء داخل المجرى قبل وبعد اضافة الاضلاع.

تبين من خلال التجارب تحسن في انتقال الحرارة للمجرى عند إضافة الاضلاع مقارنة بالمجرى الفارغ، الاضلاع المربعة تعطي أفضل تحسين لانتقال الحرارة بنسبة زيادة % 11 مقارنة مع المجرى الفارغ، اما المجرى المزود بأضلاع مثلثية الشكل تراوحت نسبة التحسين بحدود % 3.

ومن اجل التحقق من البيانات التجريبية تم اجراء المحاكاة العددية للنموذج المستخدم حيث تمت مقارنة النتائج مع البيانات التجريبية، حيث تبين ان هناك توافق جيد بين البيانات التجريبية والنتائج العددية، لا تتجاوز التناقضات في قيم درجات الحرارة 12٪

كلمات مفتاحية: انتقال الحرارة ، الجريان الداخلي ، رقم رينولدز .

---

* عضو هيئة فنية في جامعة تشرين، قسم هندسة القوى الميكانيكية كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا . E–Mail: ranwa.daher@tishreen.edu.sy

Improving the performance of the thermal system of a square channel by adding square and triangular internal ribs

***Eng: Ranwa Daher**

Abstract

In this research, an experimental model was created to study the effect of adding square and triangular internal ribs inside a duct on heat transfer in the case of turbulent flow, and a comparison was made between the air temperature inside the duct before and after adding the ribs.

Experiments showed an improvement in heat transfer to the duct when ribs were added compared to the empty duct. Square ribs give the best improvement in heat transfer with an increase of 11% compared to the empty duct. As for the duct equipped with triangular-shaped ribs, the improvement rate ranged around 3%.

In order to verify the experimental data, numerical simulations of the model used were conducted, and the results were compared with the experimental data. It was found that there is good agreement between the experimental data and the numerical results, and the discrepancies in the temperature values do not exceed 12%.

---

*Technician member in Tishreen University, Department of Power Mechanical, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University,Lattakia,Syria. E–Mail: ranwa.daher@tishreen.edu.sy

المقدمة:

تحسين انتقال الحرارة هو اي طريقة تهدف الى زيادة اداء النظام الحراري او ارتفاع معامل انتقال الحرارة باستخدام تقنيات مختلفة، كثيرا ماتستخدم الزعانف او الاضلاع او الصفائح في داخل قناة لزيادة معدل انتقال الحرارة بالحمل مما يحسن من فعالية المبادل الحراري[4] [3] [2] [1].

لتحسين معدل انتقال الحرارة بالحمل من أي جسم هناك طرق مختلفة منها زيادة مساحة سطح التلامس مع المائع، يمكن زيادة سطح التلامس مع المائع بإضافة سطوح ممتدة إلى السطح الساخن مكونة ما يدعى بالجدران الحرارية ، تؤدي الاضلاع التي تركب في القناة الى زيادة شدة الاضطراب في مستويات التبريد او التسخين مقارنة مع القناة ذات الجدران المستوية، والسبب الرئيسي لتحسن انتقال الحرارة لهده القنوات المزودة بأضلاع يعود الى انقطاع الطبقة الحدية الحرارية والهيدروليكية حيث يصطدم التدفق بالأضلاع وينتشر على جدران القناة مما يحسن من انتقال الحرارة[6] [5].

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث الى تحسين انتقال الحرارة في المبادلات الحرارية وذلك عن طرق تركيب اضلاع داخل القنوات الداخلية للمبادل الحراري، حيث تم انشاء نموذج تجريبي وتم اجراء الاختبارات عليه.

تستخدم الاضلاع لتحسين انتقال الحرارة للمائع (الذي ينقل الطاقة) واسطح انتقال الحرارة، حيث تعمل هذه الاضلاع كعائق للتدفق مما يولد اضطرابات ويحسن انتقال الحرارة .

طريقة البحث ومواده:

1.الدراسات المرجعية:

تظهر العديد من الابحاث ان هناك بارمترات هندسية محددة يمكن ان تؤثر بمعامل انتقال الحرارة ومنها : اتجاه الاضلاع والنسبة بين خطوة الاضلاع الى ارتفاعها[8] [7] .

توصل الباحث(Yovanovichet) إلى علاقة لحساب معامل انتقال الحرارة بالحمل الحر من سطح مزعنف بشكل شاقولي وكذلك من أسطوانة مزعنفة بزعانف حلقية الشكل، آخذاً بنظر الاعتبار منطقة الجريان الغير تام التشكيل و منطقة الطبقة المتاخمة للمناطق الخارجية من السطح المزعنف [7] [8] .

استخدم الباحث (Culham) نموذج (META) كأداة لمحاكاة عرض انتقال الحرارة بالحمل الحر من سطوح مزعنفة بصورة شاقولية لغرض تحليل السلوك الحراري للدوائر الالكترونية حيث بينت النتائج توافق جيد بين النمودج المقترح (META) و النتائج العملية للباحث (Karagiozis) حيث كانت نسبة الخطأ بين النتائج (9%) [6] [5].

درس Park تأثير التغييرات في نسبة العرض الى الارتفاع وزوايا الاضلاع داخل القناة تجريبيا وبين ان هناك زوايا محددة للأضلاع تكون مناسبة لنسبة العرض الى الارتفاع وخصوصا الزوايا بين 60– 45 التي تحقق افضل انتقال حرارة [4] [3].

اجرى Kukrejaدراسات تجريبية على قناة بشكل حرف V ذات اضلاع بزاوية 45 و 60 واستنتج ان القناة ذات الاضلاع بزاوية 60 ينتج عنها زيادة عالية في انتقال الحرارة[6] [5] .

قام Han and Park باجراء دراسة لتأثير عدد الاضلاع حيث تبين ان أفضل انتقال للحرارة يحدث باستخدام 7 أضلاع موزعة بشكل متدرج بينما أقل انتقال للحرارة خلال القناة يحدث عند استخدام 8 أضلاع موزعة بشكل متقابل [2] [1].

قام Alkhamisباجراء دراسة موسعة على الاضلاع بشكل حرف V ذات اضلاع بزاوية 45 ووجد انها تتمتع بأداء عالي في انتقال الحرارة مقارنة مع الاضلاع المائلة [2] [1].

2.المعادلات المستخدمة:

معادلة الاستمرارية:

$$\nabla\ (\rho U)\ =0$$

عدد رينولدز :

$$Re = \frac{w.d}{v}$$

3.جهاز الاختبار:

يبين الشكل(1) جهاز الاختبار المؤلف من وحدة تغذية الهواء– صمام تحكم بالتدفق– مقطع الاختبار– اجهزة القياس.

يدخل الهواء الى جهاز الاختبار عن طريق مروحة نابذية وتم التحكم بمعدل تدفق الهواء الداخل الى مقطع الاختبار عن طريق صمام التحكم بالتدفق.

الشكل(1): جهاز الاختبار.

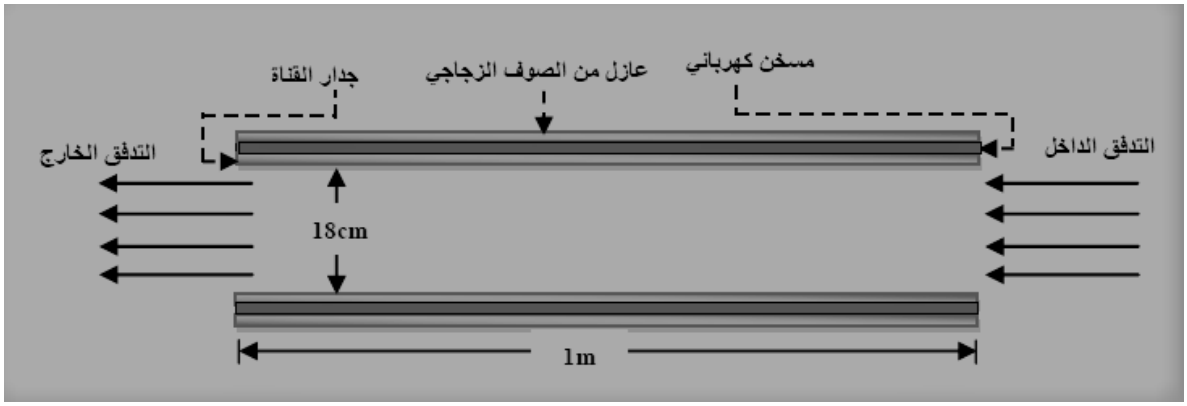
4.مقطع الاختبار:

عبارة عن مجرى مربع الشكل مصنوع من الفولاذ سماكته 3 mm وارتفاعه 0.18 m وطوله 1 m كما في الشكل (2).

يتضمن مقطع الاختبار جداري تسخين حيث تم تسخينهم بواسطة مسخن كهربائي 1 KW موصول على السطح العلوي والسفلي لمقطع الاختبار ليؤمن تدفق حراري متساوي.

وتم عزل مقطع الاختبار بطبقة من الصوف الزجاجي سماكتها 2) cm) لتقليل ضياعات الحرارة بالتوصيل.

ومن اجل قياس درجة حرارة الهواء داخل مقطع الاختبار تم وضع 6 مزدوجات حرارية تبعد عن بعضهاcm 20.

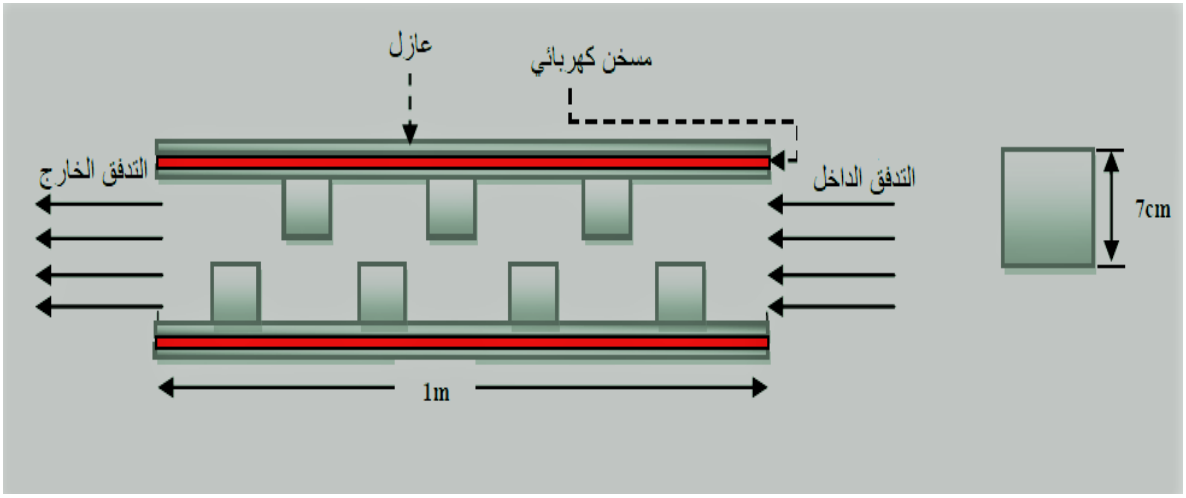


الشكل(2): مقطع الاختبار.

5.الاضلاع المستخدمة:

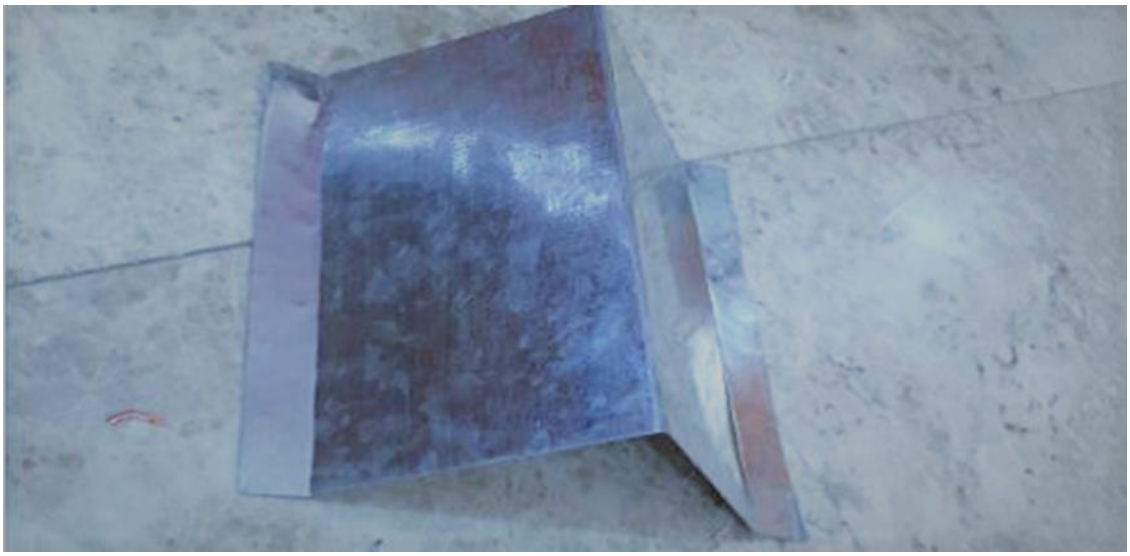
مربعة الشكل طول ضلعها 7 cm وذات مساحة 0.0378 m2 كما في الشكل (3) وعددها 7 ومتوضعة على الوجهين المتقابلين لمقطع الاختبار كما في الشكل (4).

الشكل(3):الاضلاع مربعة الشكل.

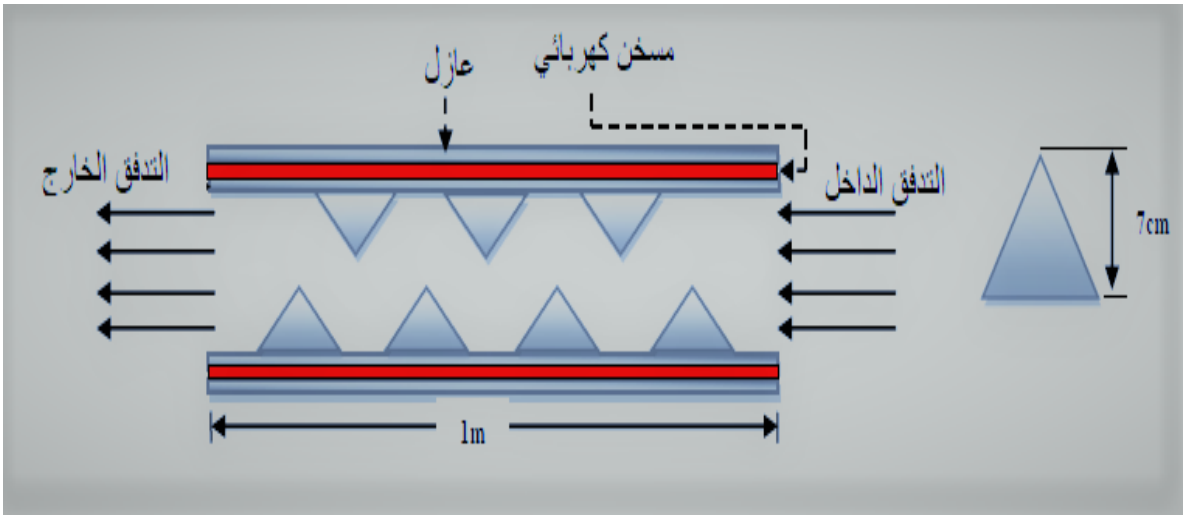


الشكل(4): توزع الاضلاع في المجرى.

مثلثية الشكل ذات مساحة 0.0378 m2 كما في الشكل (5) وعددها 7 ومتوضعة على الوجهين المتقابلين لمقطع الاختبار كما في الشكل (6).



الشكل(5):الاضلاع مثلثية الشكل



الشكل(6): توزع الاضلاع في المجرى.

6.اجهزة القياس المستعملة:

مقياس حرارة ديجتال يتصل مع المزدوجات الحرارية الموضوعة داخل مقطع الاختبار والمبين في الشكل(7).

مقياس سرعة الهواء والمبين في الشكل(8).

الشكل(7): مقياس الحرارة الدجيتال مع المزدوجات الحرارية.

الشكل (8): مقياس سرعة الهواء.

النتائج والمناقشة:

القسم التجريبي:

- اجريت التجارب عند رقم رينولدز 40500.
- اجريت التجارب عند تدفق حراري 6888 W/m2.
- تم اجراء التجارب قبل وبعد اضافة الاضلاع المثلثية والمربعة الشكل.
- وضعت الاضلاع المثلثية والمربعة على جدران التسخين داخل المجرى.

- تم اخذ القياسات بعد الوصول لحالة الاستقرار بعد حوالي 40 دقيقة حيث قمنا بقياس درجة حرارة الهواء داخل المجرى قبل وبعد اضافة الاضلاع المثلثية والمربعة الشكل وكانت النتائج كالتالي:

1. من اجل الاضلاع المثلثية الشكل:

الجدول(1): مقارنة بين درجة حرارة الهواء قبل وبعد اضافة الاضلاع المثلثية الشكل.

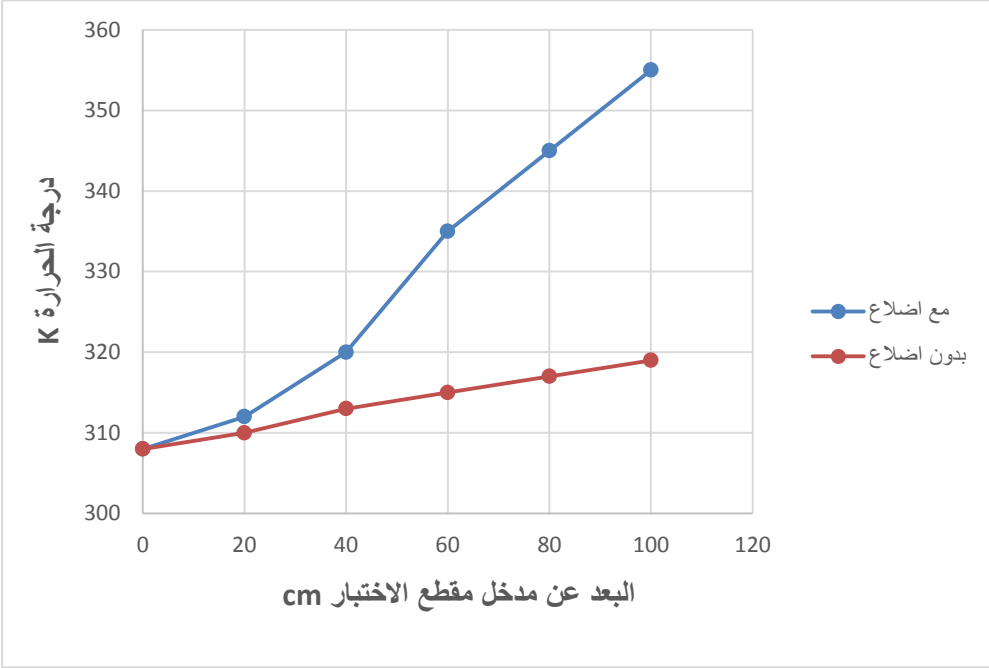
البعد عن مدخل مقطع الاختبار	درجة حرارة الهواء قبل اضافة الاضلاع	درجة حرارة الهواء بعد اضافة الاضلاع
0 cm	308 K	308 K
20 cm	310 K	312 K
40 cm	313 K	317 K
60 cm	315 K	320 K
80 cm	317 K	325 K
100 cm	319 K	330 K

الشكل (9): مقارنة بين درجة حرارة الهواء قبل وبعد اضافة الاضلاع المثلثية الشكل

2. من اجل الاضلاع المربعة الشكل:

الجدول (2): مقارنة بين درجة حرارة الهواء قبل وبعد اضافة الاضلاع المربعة الشكل.

البعد عن مدخل مقطع الاختبار	درجة حرارة الهواء قبل اضافة الاضلاع	درجة حرارة الهواء بعد اضافة الاضلاع
0 cm	308 K	308 K
20 cm	310 K	312 K
40 cm	313 K	320 K
60 cm	315 K	335 K
80 cm	317 K	345 K
100 cm	319 K	355 K



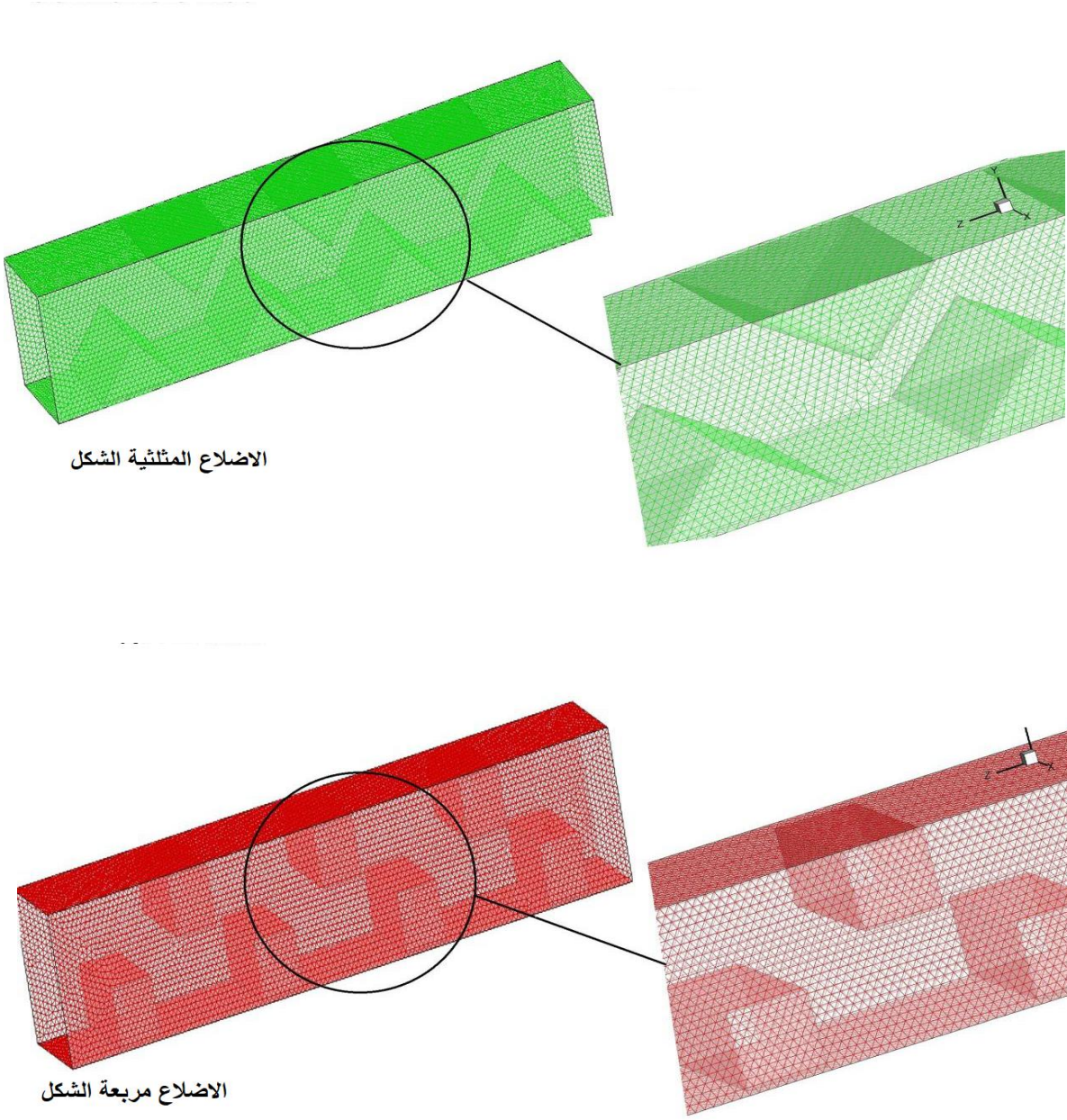
الشكل (10): مقارنة بين درجة حرارة الهواء قبل وبعد اضافة الاضلاع المربعة الشكل

قسم المحاكاة:

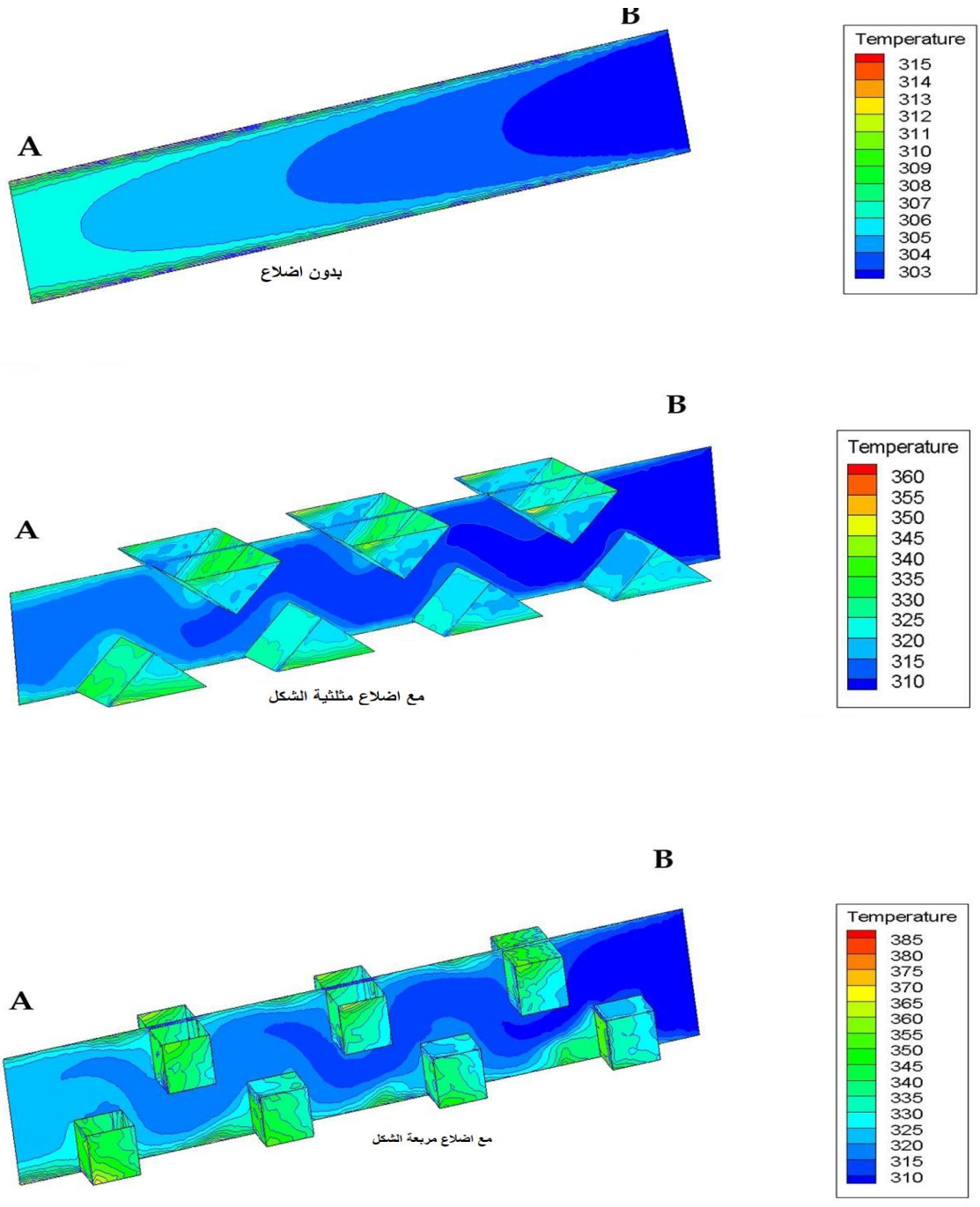
تم الحصول على نتائج الجزء العددي من العمل الحالي باستخدام برنامج FLUENT .

اجريت الاختبارات عند رقم رينولدز 40500 وتدفق حراري 6888 W/m2 ، ظهرت النتائج على شكل خطوط درجة الحرارة ، في المحاكاة العددية كانت النتائج التي تم الحصول قريبة من النتائج التجريبية للظروف المماثلة التي تم أخذها في الاعتبار لهذه الدراسة .

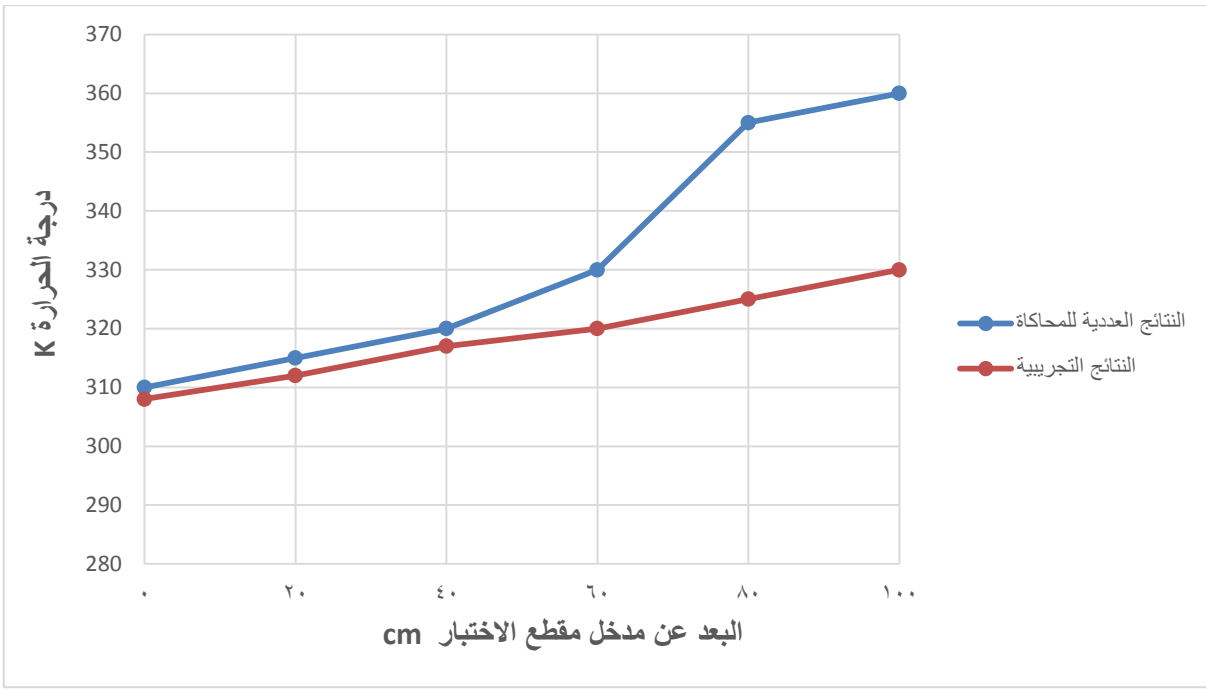
حيث تم الحصول على النتائج التالية:



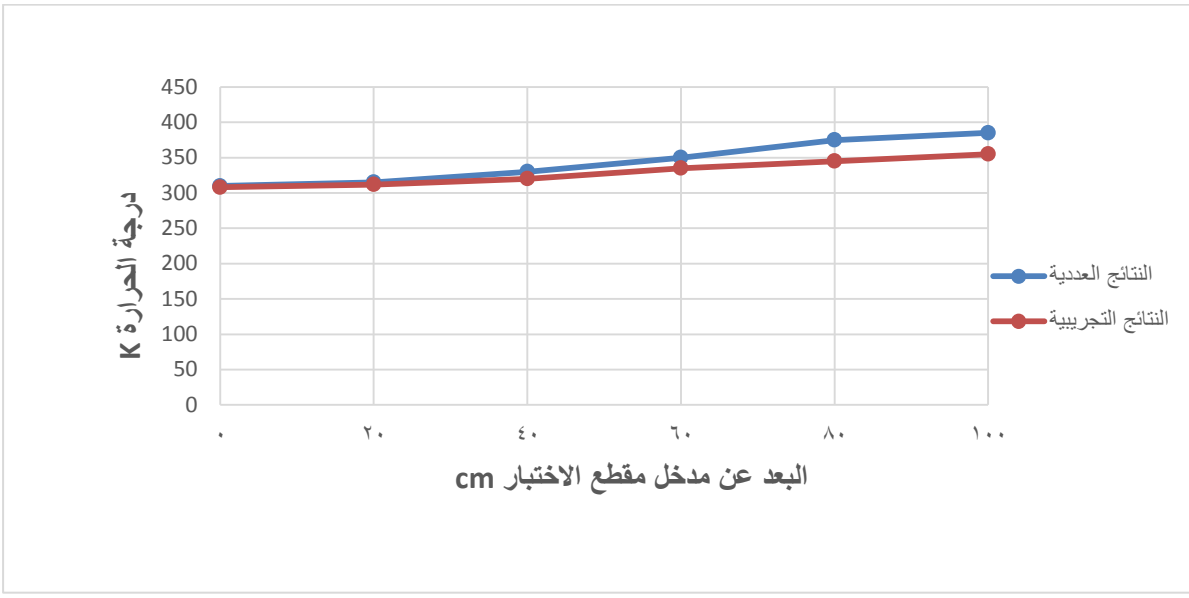
الشكل (11): النموذج المستخدم.



الشكل (12): توزع درجة الحرارة لجميع أنواع الأضلاع.



الشكل (13): مقارنة النتائج التجريبية والنتائج العددية للأضلاع المثلثية



الشكل (14): مقارنة النتائج التجريبية والنتائج العددية للأضلاع المربعة

الاستنتاجات والتوصيات:

تبين من خلال التجارب تحسن في انتقال الحرارة للمجرى المزود بأضلاع مربعة ومثلثية مقارنة بالمجرى بدون اضلاع حيث ان المجرى المزود بأضلاع مثلثية يحسن من انتقال الحرارة بنسبة 3% والمجرى المزود بأضلاع مربعة يحسن من انتقال الحرارة بنسبة 11 %.

ويعود السبب في ذلك لكون القناة المزودة بأضلاع تولد حالة اضطراب وتزيد المساحة السطحية الحرارية وتزيد معامل انتقال الحرارة أكثر من القناة بدون اضلاع، حيث سيؤدي وجود الأضلاع إلى رفع معدل انتقال الحرارة بسبب إنشاء تدفقات دوامية طولية رئيسية كتدفق حلزوني بسبب اختلاط الموائع الأقوى بين مناطق الجدار والقلب وهذا يؤدي إلى قوة دوامة عالية ومسار تدفق أطول وتدفقات اصطدام.

الأضلاع المربعة تقسم التدفق إلى مجموعات، وتنقل الحد الأقصى للتدفق من المنطقة المركزية إلى منطقة الجدار القريبة، وذلك لخلط الموائع بشكل أكثر واقعية وزيادة الأداء مقارنة بالأشكال الاخرى للأضلاع.

ومن اجل التحقق من البيانات التجريبية تم اجراء المحاكاة العددية للنموذج المستخدم حيث تمت مقارنة النتائج مع البيانات التجريبية، حيث تبين ان هناك توافق جيد بين البيانات التجريبية والنتائج العددية، لا تتجاوز التناقضات في قيم درجات الحرارة 12٪ .

يمكن اقتراح تجربة اضلاع بأشكال مختلفة ودراسة انتقال الحرارة قبل وبعد اضافة الاضلاع.

المراجع:

[1] Cengel Y. A. 'HEAT TRANSFER A PRACTICAL APPROACH' McGraw-Hill, Int. 2001.
[2] Lienhard IV J. H. and Lienhard V J. H. *'A HEAT TRANSFER TEXTBOOK'* Third ed.
Cambridge, MA: Phlogiston Press, 2006.
[3] Arkan and Hasasn Ali"Experimental and Numerical Investigation of Convective Heat Transfer in a Circular Tube with Internal square ribs"Journal of Babylon University/Engineering Sciences/ No.(4)/ Vol.(22): 2014.

[4] Tuqa Abdulrazzaq, Hussein Togun, M. K. AAriffin, S. N. Kazi, NM Adam, and S. Masuri "Numerical Simulation on Heat Transfer Enhancement in Channel by Triangular Ribs", International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering Vol:7, No:8, 2013.

[5] Fifi N.M. Elwekeel, Antar M. M. Abdala, Qun Zheng, "Numerical Investigation of Heat Transfer Coefficient in Ribbed Rectangular Duct with Various Shape Ribs and Different Coolants", Proceedings of 2012 International Conference on Mechanical Engineering and Material Science (MEMS 2012).

[6] Wang, L. and Sunden, B, 2007, "Experimental Investigation of Local Heat transfer in a Square Duct with Various-Shaped Ribs," Heat and Mass Transfer, Vol. 43, pp. 759-766.

[7] Abhilash Kumar, R. Saravana Sathiya Prabhahar," Numerical Investigation of Heat Transfer Characteristics in A Square Duct with Internal RIBS", International Journal of Innovative Research in Science Volume 3, Special Issue 1, February 2014.

[8] Han, J. C. Y. M. Zhang, C. P. Lee, 1991, "Augmented heat transfer in square channels with parallel, crossed and V-shaped angled ribs", ASME J. Heat Transfer 113 590–59.