

TJES

ISSN: 1813-162X

مجلة تكريت للعلوم الهندسية

<http://www.tj-es.com> متاحة على الموقع الإلكتروني

دراسة نظرية وعملية لانتقال الحرارة بالحمل المختلط خلال مقطع مليء بوسط مسامي

مكي حاج زيدان ، باسل عبد الحميد محمد سعيد
قسم الهندسة الميكانيكية، جامعة تكريت، صلاح الدين، العراق

الخلاصة

تم في هذا البحث إجراء دراسة نظرية وعملية لانتقال الحرارة بالحمل المختلط خلال مقطع محشو بوسط مسامي مشبع مسخن بثبوت الفيض الحراري على الجدران الجانبية ومعزول حرارياً من السطحين العلوي والسفلي. تمت الدراسة في منطقة تمام التشكيل الحراري والهيدروليكي. في الجانب النظري تم تبسيط المعادلات الحاكمة للجريان وانتقال الحرارة للوسط المشبع المسخن بثبوت الفيض الحراري وبأستخدام المعادلات الأساسية (الاستمرارية , الزخم , الطاقة) التي بسطت الى معادلتين لابعديتين هما معادلة الطاقة ومعادلة الزخم فيهما المتغيرات درجة الحرارة ودالة الجريان ومعامل حاكم لابعدية هو نسبة عدد رايلي إلى عدد بكلت. حلت المعادلتين عددياً لكلتا الحالتين بأستخدام الطريقة الفروقات المحددة والطريقة الارتحالية. تم الحل العددي عند منطقة تمام التشكيل الهيدروليكي والحراري. ومثلت نتائج الحل لمختلف أعداد رايلي وأعداد بكلت بمخططات (دالة الجريان ودرجات الحرارة). بينت نتائج الحل العددي أن وجود الوسط المسامي له تأثير على عملية انتقال الحرارة وأن زيادة عدد رايلي وعدد بكلت تعمل على تحسين معدل انتقال الحرارة بالحمل. تضمن الجانب العملي دراسة توزيع درجات وكذلك تحديد قيمة عدد نسلت الموقعي على طول مقطع الاختبار ولعدد بكلت يتراوح بين (53.1-537.1) وعدد رايلي متغير تراوح بين (3.4-299.9). بينت الدراسة أن درجات الحرارة تزداد بزيادة طول مقطع الاختبار حتى تصل الى المنطقة التي يصبح فيها الجريان كامل النمو ثم تبدأ بالتناقص نتيجة تأثير الجريان قرب نهاية المقطع. وان عدد نسلت يقل على طول المقطع حتى يصل الى منطقة النمو المتكامل للجريان وبعدها يستقر ثم يبدأ بزيادة قليلة الى نهاية المقطع. وتم في هذا البحث إجراء مقارنة بين عدد نسلت العملي والنظري وكانت نسبة الحيدور بينهما حوالي (10%).

الكلمات ألدالة : حمل مختلط، وسط مسامي، مقطع لمبادل حراري، هواء، كريات زجاجية.

Theoretical and Experimental Study for Mixed Convection Heat Transfer through Sector Filled by Porous Media

Abstract

In this research a theoretical & experimental study was conducted on mixed convection heat transfer of flow through sector filled by porous media heated with an axial uniform heat flux on the side walls and thermally insulated from upper & lower surfaces. The theoretical study includes the derivation of governing equations for the flow & heat transfer through the porous media. These equations were reduced to dimensionless momentum and energy equations in which variables were (temperature, stream function and the ratio of Rayleigh to pecllet numbers). These equations were solved numerically by using finite difference method & marching process. Numerical results represented by a stream function counters & isotherms for different values of Rayleigh & pecllet numbers. The results shown that the radius stream circle increase & isotherms line increase far from walls when rayleigh number increased. The experimental side included study for temperature distribution & local nusselt number along the

length channel in the domain of pecllet number between (53.1- 537.4) & rayleigh number between (3.4 – 299.9). The result showed that the temperature increase along the fully develop region and the decrease at the end of the channel. so the local nusselt numbers decreased and then became stable through fully developed region and the porous media has more influence on heat transfer which increase by increase in Rayleigh & pecllet numbers. Also found that there is good agreement between theoretical and experimental result so the highest percentage of deviation is (10%).

الرموز المستخدمة

الرموز اللاتينية	المساحة	A
الكثافة	المساحة	A
دالة الانسياب اللابعدية	القطر الهيدروليكي	Dh
دالة الانسياب	قطر الكرة الزجاجية	dp
الانتشارية الحرارية	عدد غراشوف	Gr
المسامية	التعجيل الارضي	g
اللزوجة الديناميكية	معامل انتقال الحرارة	h
اللزوجة الكينماتيكية	النفذية	K
النسبة الثابتة	الموصلية الحرارية	k
الرموز التحتية:-	طول مقطع الاختبار	L
الاتجاه الزاوي	معدل التصريف الكتلي	m
المعدل	عدد نسلت	Nu
الظاهرية	الضغط	P
المسامي	عدد بكلت = Pr* Re	Pe
الغشائي	عدد برانتل = v / α	Pr
الداخل	الطاقة المجهزة	Q
الخارج	الفيض الحراري	"q
الاتجاه الزاوي	نصف القطر اللابعدية	R
الاتجاه القطري	عدد رايلي = Pr*Gr	Ra
السطحي	عدد رينولذ	Re
الاتجاه المحوري	الاتجاه القطرية	r
المحيط	درجة الحرارة اللابعدية	T
	درجة الحرارة	t
	سرعة الهواء	u
	السرعة اللابعدية	û
	السرعة المحورية	w
	السرعة المحورية اللابعدية	ŵ
	الاتجاه المحوري	z

المقدمة

ألميكانيكية ومن هذه الاستخدامات صناعة المواد العازلة المرنة مثل البويلمر الذائب وألحوال الرغوية وكفاءة التجفيف وازالة الرطوبة من بعض المواد المسامية وخزن الطاقة الشمسية الممتصة وتكوين ألقوالب الرملية المستخدمة في السباكة الرملية.

درس ألباثنون (Pu et al.) [1] عملية لانتقال الحرارة المختلط خلال قناة محشوة بوسط مسامي مشبعة موضوعة بصورة عمودية مسخنة بصورة متناظرة وللجدارين المتقابلين.

أن ظاهرة انتقال الحرارة خلال الأوساط المسامية من الظواهر المهمة التي يمكن أستغلالها في العديد من المجالات الصناعية والطبيعية كترشيع وتجفيف وتكثيف ألغازات على الأسطح. ووجود الأوساط المسامية في البيئة تساعد المختصين على التعامل مع ألمياه ألقوفية وتصريف ألقفايات الأشعاعية والأشعاعية وتنظيف ألتربة. أما في ألبانج ألبولوجي فتساعد على ألبتقادة من حرارة باطن ألبرض. ويستفاد منها في ألبصناعات ألبنفطية مثل تدفق ألبنفط وألبغاز وأستخلاصها من باطن ألبرض وأستخدم هذا ألببدأ كلبثيراً في ألبصناعات

ذو الفيض الحراري الثابت لعدد بكلت (10) وعدد رايلي بين (0-500) أن تأثير الحمل الحر يبدأ في منطقة من مدخل الأنبوب يعتمد موقعها على عدد رايلي المستخدم حيث أن عدد زيادة رايلي تساعد على سرعة الوصول الى تمام منطقة التشكيل الحراري مقصرة بذلك منطقة الدخول ومحسنة من معدل انتقال الحرارة. وبينت النتائج العملية أنه يمكن تمييز ثلاث مناطق للجريان يكون للحمل الحر تأثير متفاوت بينها. وبينت الدراسة أنه يوجد توافق بين النتائج النظرية والعملية بحوالي (88%).

وأجرى الباحث (الجبوري) [6] دراسة نظرية وعملية لانتقال الحرارة بالحمل المختلط خلال مقطع لمبادل حراري دوار مسخن بثبوت الفيض الحراري على الجدران الجانبية ومعزول حرارياً من السطحين العلوي والسفلي. بينت نتائج الدراسة النظرية أن موقع مركز الجريان الثانوي يعتمد على قيم عدد رايلي حيث يرتفع المركز عند أعداد رايلي الواطئة وينسحب المركز للأسفل عند أعداد رايلي المرتفعة. وأن زيادة قيم عدد رينولدز تقلل من تأثير الجريان الثانوي في تشويبه توزيع درجات الحرارة لقطع عمودي على اتجاه الجريان. وأن زيادة عدد رايلي تؤدي إلى زيادة فرق درجة الحرارة بين المائع الجاري والجدار وبالتالي يزداد شدة الجريان الثانوي الناتج عن الحمل الطبيعي.

بينت النتائج العملية أن قيمة عدد نسلت المعدل تزداد بزيادة قيم عدد رينولدز المعدل بشرط أن يكون الجريان بدوره الطبقي وبينت النتائج أن نسبة أحيود بين الدراستين النظرية والعملية بحوالي (91%).

الجانب النظري

لدراسة عملية انتقال الحرارة المختلطة خلال الوسط المسامي المشبع لمقطع دوار علينا وضع نموذج رياضي وحل المعادلات الحاكمة للجريان وانتقال الحرارة بالطرق العددية وبثبوت الفيض الحراري على جانبي القناة وعزل السطحين العلوي والسفلي لها. وملاحظة المتغيرات المرافقة لعملية تشكيل الجريان الثانوي والتشكيل الحراري على طول القناة وخلالها.

النموذج الرياضي

أن حل المعادلات الحاكمة وهي معادلة حفظ الكتلة و معادلة حفظ الزخم و معادلة حفظ الطاقة وحالة النموذج المستخدم فإن حل هذه المعادلات من التعقيد بحيث يتوجب فرض عدة فرضيات لتسهيل الحل وهذه الفرضيات وبحسب (3) و (5) هي :-

- 1- الجريان طبقي ومستقر وتام التطور هيدروليكيًا وحراريًا.
- 2- الوسط المسامي متجانس ومشبع.
- 3- عدم وجود حرارة متولدة داخل الوسط المسامي.

كان المائع العامل هو غاز الفريون (113). هذه الدراسة تمت بمعدل عدد بكلت من (2 إلى 2200) وعدد رايلي من (700 إلى 1500). وأظهرت الدراسة انتقال الحرارة تتم بثلاث نظم وهي انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي يكون عندما $105 < \frac{Ra}{Pe}$ والحمل المختلط $1 < \frac{Ra}{Pe} < 105$ والحمل القسري $1 < \frac{Ra}{Pe}$.

وأجرى الباحثون (Cimpean et al.) [2] دراسة لجريان المائع بمعدل ثابت خلال صفيحتين متوازيتين معرضتين لفيض حراري ثابت نظرياً، ودراسة مدى تأثير عدد بكلت وزاوية التعليل على انتقال الحرارة وأستنتج أن الحل لايعتمد على عدد بكلت وان الجريان منتظم حول خط المركز وأما يعتمد على زاوية التعليل.

وأجرت الباحثة (Mahdi) [3] دراسة نظرية لتأثير الزاوية الرأسية على الحمل المختلط في قناة مسامية قطاعية الشكل موضوعة بشكل أفقي، حيث أستقصت الباحثة تأثير هذه الزاوية على الحمل المختلط المحددة واعتبرت ان سطحي القناة - الايمن مسخناً و السطح الايسر مبرداً - كلاهما ثابتي درجة الحرارة بينما عزل السطح العلوي للقناة عند عدد بكلت (20) وعدد رايلي (100-1000) والزاوية الرأسية تتغير كالتالي $(\Phi = 30, 60, 75, 90)$ درجة. أستنتجت الباحثة أن أعلى قيمة لدالة الجريان عند زاوية رأسية معينة أعتامداً على قيم عدد (Ra)، أن قيم عدد نسلت الموقعي تنخفض بزيادة الزاوية الرأسية عند (Ra=1000) بينما عند (Ra=100) تزداد قيمتها بزيادة الزاوية الرأسية.

وأجرى (Tahseen) [4] دراسة عملية لتأثير انتقال الحرارة المختلط خلال أنبوب دائري مليء بوسط مسامي معرض لفيض حراري ثابت علق بزوايا مختلفة ولمدى لأعداد رايلي بين (108.45-907.9) ولمدى أعداد بكلت بين (29.31-516.94). أستنتج الباحث أن درجة حرارة السطح تزداد بزيادة كمية الفيض المجهز للأنبوب ويزداد بزيادة زاوية التعليل. وان درجة حرارة السطح لعدد بكلت أقليل أعلى منه للعدد بكلت العالي ولجميع القدرة المجهزة للمسخن. وأن عدد نسلت الموضوعي يأخذ أعلى قيمة في حال وضع الأنبوب أفقياً ولاكبر قيمة لعدد رايلي في ذلك الموقع. وأن عدد نسلت الموضوعي يزداد بزيادة عدد بكلت لجميع وضعيات الأنبوب. ووجد أيضاً أن هناك ثلاث حالات لانتقال الحرارة بالحمل 1- حمل طبيعي لعدد بكلت صغير 2- حمل مختلط لعدد بكلت متوسط 3- حمل قسري لعدد بكلت كبير .

وأجرى الباحث (ظاهر) [5] دراسة نظرية وعملية لانتقال الحرارة بالحمل المختلط لجريان خلال أنبوب دائري محشو بوسط مسامي مشبع وكان المائع العامل هو الماء ولسطح ثابت درجة الحرارة مرة وأنبوب ثابت الفيض الحراري مرة أخرى. بينت النتائج العددية للأنبوب

وبتعويض معادلة السرعة بالجريان نحصل على الآتي :-

$$u_r = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial \theta}, u_\theta = - \frac{\partial \psi}{\partial r}$$

وباجراء الاشتقاق والتبسيطات اللازمة نحصل على معادلة الزخم الآتية :-

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \psi}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial \psi}{\partial R} + \frac{1}{R^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \theta^2} \\ = \frac{R_a}{P_e} \left[\cos \theta \frac{\partial T}{\partial \theta} \right. \\ \left. + R \sin \theta \frac{\partial T}{\partial R} \right] \dots \dots (5) \end{aligned}$$

أما بالنسبة لمعادلة الطاقة (4) وتعريف العوامل الأبعديّة الآتية :-

$$\hat{u}_r = \frac{u_r}{w_i}, \hat{u}_\theta = \frac{u_\theta}{w_i}, Z = \frac{z}{r_o P_e}, W = \frac{w}{w_i}$$

تكون الآتي :-

وباجراء التبسيطات اللازمة للمعادلة

$$\begin{aligned} \left[\frac{\partial^2 T}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial T}{\partial R} + \frac{1}{R^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} \right] \\ + \frac{P_e}{2} \left[\frac{1}{R} \left(\frac{\partial \psi}{\partial R} \frac{\partial T}{\partial \theta} - \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \frac{\partial T}{\partial R} \right) \right] \\ = \frac{\partial T}{2 \partial Z} \dots \dots \dots (6) \end{aligned}$$

وبذلك تكون معادلة الطاقة الأبعديّة كالآتي :-

$$\begin{aligned} \left[\frac{\partial^2 T}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial T}{\partial R} + \frac{1}{R^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} \right] \\ + P_e \left[\frac{1}{R} \left(\frac{\partial \psi}{\partial R} \frac{\partial T}{\partial \theta} \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \frac{\partial T}{\partial R} \right) \right] = \frac{\partial T}{\partial Z} \dots \dots (7) \end{aligned}$$

أعتماداً على الفرضيات التي تم على أساسها اشتقاق المعادلات الحاكمة للجريان يمكن أيضاً اشتقاق الشروط الحدية لهذه المعادلات وهي التماثل الحراري حول المحور الشاقولي للقناة وأن الجريان على النخوم غير أنزلاقي فالشروط الحدية للقناة مسخنة بفيض حراري منتظم من الجدارين ومعزولة من الأعلى والأسفل على النحو الآتي :-

$$T(1, \theta, Z) = 0 \quad (8)$$

4- لزوجة المائع صغيرة جداً بحيث يمكن إهمالها - حد تبديد اللزوجة.

5- اعتبار الكثافة دالة لدرجة الحرارة فقط وهو ما يسمى بفرضية بويسنك.

وبذلك تكون المعادلات الحاكمة وبموجب هذه الفرضيات على الشكل :-

معادلة حفظ الكتلة :-

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r u_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} (u_\theta) + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

$$\frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{u_r}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} = 0$$

وحيث تكون السرعة ثابتة على طول محور الجريان فإن :-

$$\frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

بذلك يكون قانون حفظ الكتلة كالآتي :-

$$\frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{u_r}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} = 0 \dots \dots (1)$$

وتكون معادلات حفظ الزخم كالآتي :-

$$u_r = - \frac{k}{\mu} \left(\frac{\partial P}{\partial r} - \rho g \cos \theta (t - t_\infty) \right) \dots \dots (2)$$

$$u_\theta = - \frac{k}{\mu} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial \theta} + \rho g \sin \theta (t - t_\infty) \right) \dots \dots (3)$$

وتكون معادلة حفظ الطاقة كالآتي :-

$$\begin{aligned} u_r \frac{\partial t}{\partial r} + u_\theta \frac{\partial t}{\partial \theta} + w \frac{\partial t}{\partial z} \\ = \alpha_e \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial t}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 t}{\partial \theta^2} \right. \\ \left. + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right] \dots (4) \end{aligned}$$

ويفترض أن المشتقات باتجاه الجريان أي باتجاه (z) صغيرة مقارنة بالمشتقات الأنتشارية بالاتجاه (r & θ)

وعليه فإن المشتقة $\left(\frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right)$ يمكن إسقاطها من المعادلة (4).

وبتعويض المعادلات الأبعديّة الآتية :-

$$\begin{aligned} Ra = \frac{K g \beta q_w D^2}{K_e \nu \alpha_e} \dots P_e = \frac{w_i D}{\alpha_e} \dots T = \frac{t - t_w}{t_i - t_w} \dots R = \frac{r}{r_o} \dots \Psi = \frac{\psi}{w_i r_o} \end{aligned}$$

ألزجاج قطر الواحدة (1.2) سم ذات موصلية حرارية قيمتها حرارية (0.81 w / m °c). تم ملئ مقطع الاختبار كليا" بهذه الكرات للحصول على نتائج دقيقة.

لغرض إجراء الحسابات العملية وبحسب (4) أجريت الخطوات التالية :-

1- قياس درجة الهواء الداخلة والخارجة من مقطع الاختبار بواسطة المزدوجات الحرارية .

2- تحديد القدرة الكهربائية المجهزة لمقطع الاختبار بواسطة منظم القدرة الكهربائية.

3- تحديد كمية الهواء الداخلة لقياس سرعة الهواء الداخلة ومنها حساب عدد بكتل بواسطة صمام الدخول المربوط على المنفاخ .

بعد تحديد كمية الهواء الداخلة والقدرة المجهزة للمسخن استغرق حوالي (2.5-3) ساعة للوصول إلى حالة التوازن الحراري ثم البدء بقراءة درجات الحرارة على طول مقطع الاختبار. ومن القوانين الرياضية المستخدمة تحسب المسامية للوسط المسامي من العلاقة الآتية:

$$\varepsilon = 0.32 * \{ 0.45 * \left(\frac{d_p}{D_h} \right) \} \quad (15)$$

وتحسب النفاذية للوسط المسامي من العلاقة الآتية :

$$K = \frac{\varepsilon^3 d_p^2}{175 (1-\varepsilon)^2} \quad (16)$$

ويحسب معامل انتقال الحرارة الموقعي بالحمل من العلاقة الآتية :-

$$h_z = \frac{q_w}{(T_z - T_w)} \quad (17)$$

وتحسب كمية أفيض الحراري المسلطة على الجدارين من العلاقة الآتية :-

$$q_w = \frac{Q}{A_s} \quad (18)$$

علما" أن المساحة السطحية تحسب بالعلاقة الآتية :

$$A_s = \pi * D_h * \quad (19)$$

وتحسب درجة الحرارة الظاهرية من العلاقة الآتية :-

$$T_b = \frac{(T_i + T_o)}{2} + 273.18 \quad (20)$$

تحسب كتلة الهواء المارة خلال مقطع الجريان لوحدة الزمن كالآتي :-

$$\frac{\partial T}{\partial Z} (R, 0, Z) = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial T}{\partial Z} \left(R, \frac{\pi}{12}, Z \right) = \frac{1}{2Nu} \quad (10)$$

$$\frac{\partial \Psi}{\partial R} \left(R, \frac{\pi}{12}, Z \right) = \frac{\partial \Psi}{\partial \theta} \left(R, \frac{\pi}{12}, Z \right) = 0 \quad (11)$$

$$\Psi (1, \emptyset, Z) = \hat{u}_r (1, \emptyset, Z) = 0 \quad (12)$$

$$\Psi (R, \emptyset, Z) = \frac{\partial \Psi}{\partial R} (1, \emptyset, Z) = 0 \quad \dots \dots (13)$$

$$\Psi \left(R, \frac{\pi}{12}, Z \right) = \frac{\partial \Psi}{\partial R} \left(1, \frac{\pi}{12}, Z \right) = 0 \quad \dots \dots (14)$$

الجانب العملي

تم إجراء الدراسة على هواء يجري خلال قناة من البليت المغلوق سمك (1.5) تشكل مقطع الزاوية بين جداري القناة (30) درجة. طول مقطع الاختبار (2.08) سم. ومنطقة دخول الهواء بنفس أطول ووضعنا بينهما عازل من التفلون عرضه (5) ملم. ثبتت المنطقتان على محور من التفلون دائري الشكل قطره (5) سم. تم أحداث ثقب صغيرة على طول مقطع الاختبار وثبتت بها مزدوجات حرارية نوع (K) وعددها ثلاثون مزدوج بمسافة (15) سم بين مزدوج وآخر وعلى بعد (1) سم من بداية مقطع الاختبار. تم معايرة المزدوجات مع محرار زئبقي بوضعها بقدرين أحدهما ملئ بالتلج والآخر ملئ بماء مغلي آخر. ثم لف سلك من النيكل - كروم ذو مقاومة حرارية (1) أوم لكل متر وبطول (84) متر. وضع صندوقين من البليت المغلوق بأبعاد (30X30X30) سم أحدهما في بداية منطقة الدخول يحتوي على مزدوج حراري لقياس درجة حرارة دخول الهواء كما أنه يحتوي على فتحة دائرية بقطر (3) أنج وصلت بفوهة منفاخ الهواء. أما الصندوق الآخر فثبت عند نهاية مقطع الاختبار وثبت به مزدوج حراري لقياس درجة حرارة خروج الهواء وبه فتحة دائرية ثبت عليها جهاز قياس سرعة الهواء. استخدمنا منفاخ للهواء وضعنا بينه وبين مقطع الاختبار صمام للتحكم بكمية الهواء الداخلة إلى مقطع الاختبار. تم تجهيز القدرة الكهربائية من محولة ذاتية تستقبل هذه المحولة فولتية متناوبة قدرها (220) فولت وتجهز فولتية متناوبة يتم تغييرها حسب الحاجة وبدقة تصل إلى (2%) . تم قياس سرعة الهواء بواسطة جهاز (Anemom meter AM— 2400) وبدقة (0.1) م/ثا حيث ثبتت مروحة القياس على فتحة خروج الهواء بأحكام لمنع تسرب الهواء. تم وضع الجهاز داخل ورشة كبيرة لتقليل تأثير العوامل الخارجية على أداء الاختبار أما الوسط المسامي فقد استخدم به كرات من

(الجبروي)[6]. أما خطوط درجات الحرارة فنلاحظ أن هذه الخطوط تكون شبه مستقيمة وبذات الاشكال عند أعداد رايلي ألوأئئة كما في الشكل رقم (1) وهذا يعني أن عملية التوصيل هي الغالبة على أنتقال الحرارة بالحمل الطبيعي بينما لاعداد رايلي المرتفعة نجد أن هذه الخطوط تباعد عن الجدار وتتجه نحو محور مركز القناة لتشكل مع الهواء الساخن القادم نتيجة الحمل القسري حملاً مختلطاً يخرج من القناة وكلما زاد عدد رايلي زادت كمية الحرارة المنتقلة بالحمل وبزيادة عدد بكتل تزداد كمية الحرارة المنتقلة بالحمل أيضاً ومن ثم يزداد عدد نسلت . أما الدراسة العملية فقد تم فيها حساب خصائص الهواء عند درجة الحرارة الظاهرية ومنها تم أحتساب أعداد (بكتل، رايلي، نسلت) وقد قيست درجات الحرارة الموقعية على طول مقطع الاختبار ولوحظ من الشكل (2) أن درجة الحرارة ترتفع كلما ابتعدنا عن بداية منطقة الاختبار حتى تستقر في منطقة التي يصبح فيها الجريان كامل النمو هيدروليكا" وحراريا لتقل قليلا عند نهاية القناة نتيجة تأثرها بظروف المحيط التي يصعب التحكم فيها. أما عدد نسلت فيزداد بزيادة عدد رايلي. ويلاحظ أيضا أن عدد نسلت يكون أقل من (1) عند اعداد رايلي الصغيرة ولاعداد بكتل الصغيرة وهذا يعني لهذه الحالة أن انتقال الحرارة بالتوصيل وهو مايتطابق مع الدراسة النظرية. وفي النظر للشكل (3) يلاحظ أن عدد نسلت أكبر ما يكون عند منطقة الدخول ولكل أعداد بكتل وذلك كون أفرق بدرجات الحرارة بين الهواء والجدار أكبر ما يكون في هذه المنطقة وبعدها ينخفض ليستقر أنتقال الحرارة عند منطقة تمام التشكيل الهيدروليكي والحراري ثم يرتفع بعدها نتيجة تأثير النهايات الانفة الذكر.

الاستنتاجات و التوصيات

من الدراستين النظرية والعملية أستنتج ألاتي:-
1- يزداد عدد نسلت بزيادة عدد رايلي لنفس عدد بكتل.
2- يزداد عدد نسلت بزيادة عدد بكتل.
ولغرض معرفة كيفية تصرف المائع بالاوساط المسامية لظروف أخرى غير التي أجرينا بها أاختبار نوصي بألاتي :-

- 1- أجراء الاختبار عند ثبوت درجات حرارة السطح.
- 2- أستبدال الوسط المسامي بكرات من الفولاذ بدل من كرات الزجاج.
- 3- أستخدام مائع أخر كأن يكون الماء أو أي مائع له استخدامات يومية كثيرة.
- 4- تعليق قناة الاختبار بعدة زوايا لغرض التوصل الى أفضل أداء للمنظومة .
- 5- تغيير الزاوية الرأسية للقناة.

$$\dot{m} = \rho_f * u * A_c \quad (21)$$

أما مساحة مقطع أالجريان فتحسب كالاتي :-

$$A_c = \frac{\pi * R^2}{12} \quad (22)$$

وتحسب كمية أ طاقة أحرارية أمنتقلة للهواء خلال جريانه داخل مقطع أاختبار :-

$$Q = \dot{m} * C_{pf} * (T_o - T_i) \quad (23)$$

وتحسب ألسعة أحرارية للهواء من ألعلاقة ألاتية :-

$$\alpha_f = \frac{\rho_f * C_{pf}}{K_f} \quad (24)$$

ويحسب عدد نسلت أالموضعي من ألعلاقة ألاتية :-

$$Nu_z = \frac{D_h h_z}{K_e} \quad (25)$$

وتحسب أالموصلية أحرارية للوسط أالمسامي من ألعلاقة ألاتية:-

$$K_e = \epsilon K_f + (1 - \epsilon) \quad (26)$$

ويحسب عدد رينولدز للوسط أالمسامي كالتالي :-

$$Re_p = \frac{\rho_f u d_p}{\mu_f (1 - \epsilon)} \quad (27)$$

أما عدد غراشوف فيحسب من ألعلاقة ألتالية :-

$$Gr = \frac{D_h^2 g \beta K "q_w}{\epsilon K_e \nu^2} \quad (28)$$

ويحسب عدد نسلت أالمعدل من ألعلاقة ألاتية :-

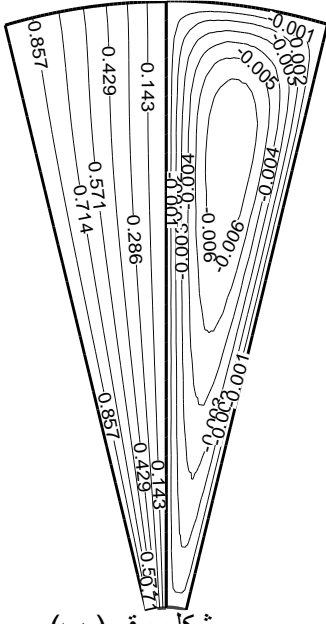
$$Nu_{av} = \frac{\int_L Nu_z dz}{L - Z} \quad (29)$$

النتائج والمناقشة

أجريت أدراسة أالنظرية بتغيير عددي بكتل ورايلي لحساب عدد نسلت وتمثيل خطوط الانسياب وخطوط درجات الحرارة كنتوريا ولاحظنا من خلال المخططات أن خطوط الانسياب تباعد عن الجدار بزيادة عدد رايلي حيث يندفع الهواء الساخن نحو الأعلى ليصل الى الجدار العلوي المعزول حراريا فتقل حرارته نتيجة التقاته بالهواء البارد القادم من مركز القناة فينحدر نحو الاسفل مكونا دوامتين متناظرتين حول محور القناة الا ان مركز الدوامة يرتفع نحو أعلى القناة عند اعداد رايلي القليلة وتندفع الدوامة نحو الاسفل كلما كبر عدد رايلي وهذا مايتفق مع

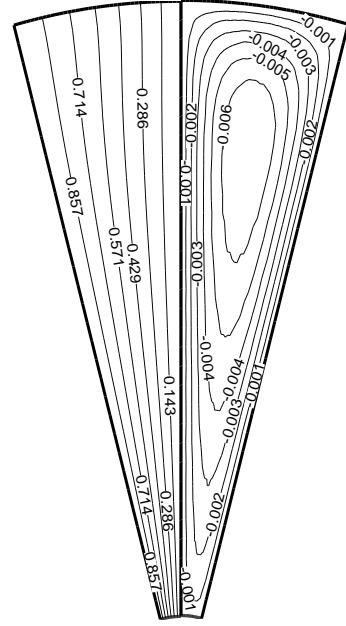
المصادر

- 1- Pu, W. L., Cheng, P., Zheo, T. S., "An Experimental Study of Mixed Convection Heat Transfer in Vertical Packed Channels", Aiaa Journal of thermophysics and heat transfer, Vol. 13 (4), pp.517-521,1999.
- 2- Cimpean, D., POP, I., Ingham, D.B., Merkin, J. H., "Fully Develop Mixed Convection Flow Between Inclined Parallel Plates Filled by Porous Media", Trans porous med (2009) 77187- 102 doi 10.1007/s 11242-008-92602.
- 3- Mahdi, M. S., "The Influence of Apex Angle on Mixed Convection in a Porous Sector Channel", Diyala Journal of Engineering Sciences, Vol. 4, No.1, pp 54-70, June 2011.
- 10 - Tahseen, A. T., "An Experimental Study for Mixed Convection through a Circular Tube Filled with Porous Media and Fixed Horizontally and Inclined", Modern Applied Science Vol. 5, No. 2, April 2011.
- 5- ظاهر، مهند عبد الفتاح، "انتقال الحرارة بالحمل المختلط خلال أنبوب دائري أفقي مملوء بوسط مسامي"، اطروحة دكتوراه، قسم هندسة المكين والمعدات – الجامعة التكنولوجية، 2000.
- 6- الجبوري، عمر جبر خليل، "دراسة نظرية وعملية لانتقال الحرارة بالحمل المختلط خلال مقطع لمبادل حراري دوار"، رسالة ماجستير، قسم الميكانيك – كلية الهندسة – جامعة تكريت، 2009.



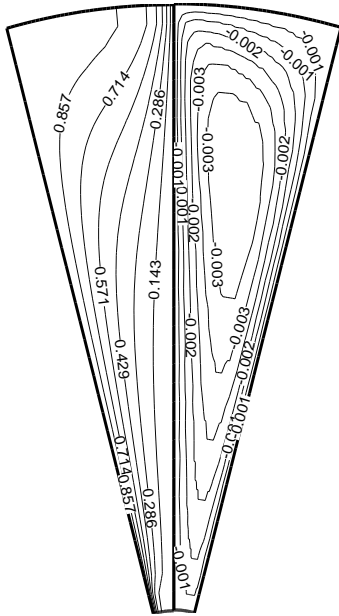
شكل رقم (ب)

عند عدد بكلت (121.8) وعدد راييلي (46.5)



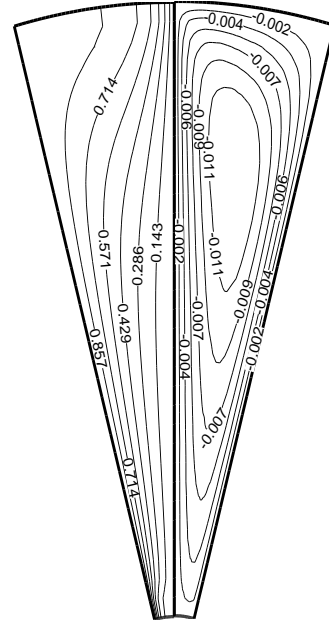
شكل رقم (أ)

ند عدد بكلت (55.9) وعدد راييلي (16.1)



شكل رقم (د)

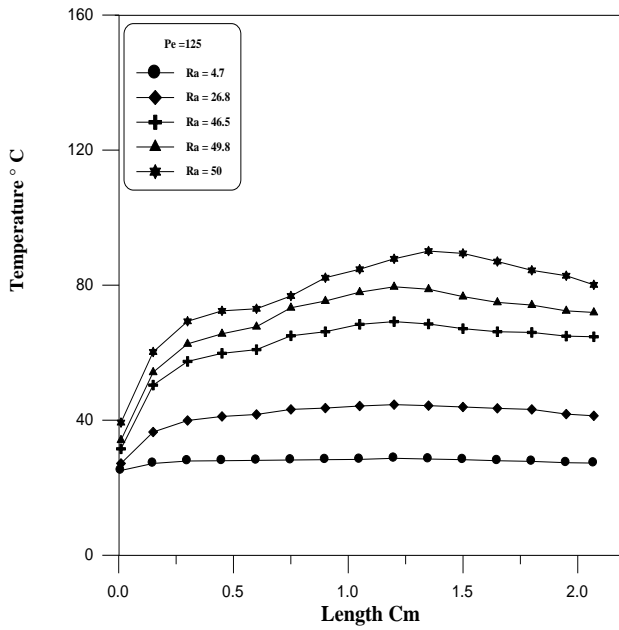
عند عدد بكلت (528.8) وعدد راييلي (299.9)



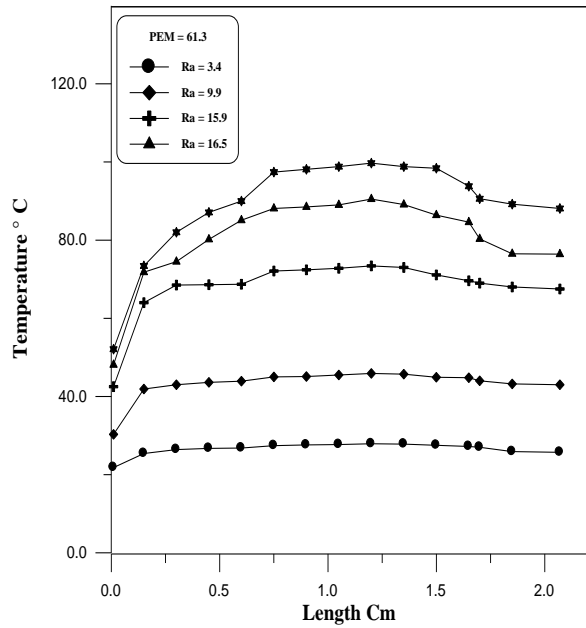
شكل رقم (ج)

عند عدد بكلت (316.9) وعدد راييلي (190.2)

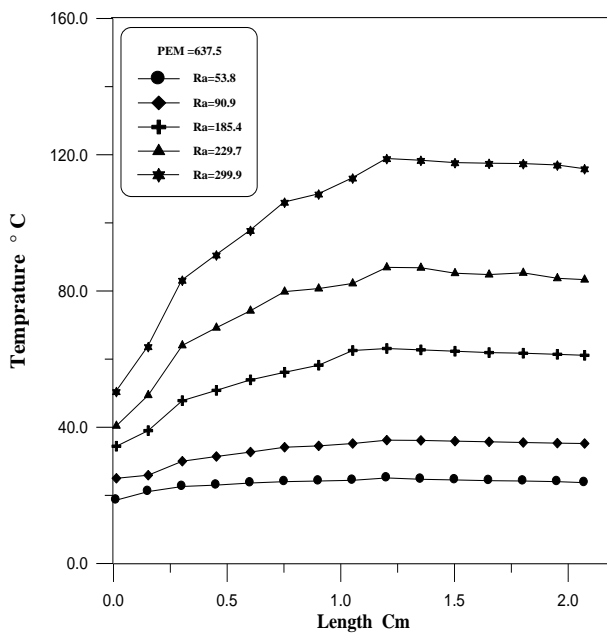
شكل رقم (1) يوضح المخطط الكنتوري لدالة الجريان وخطوط تساوي الحرارة عند أعداد راييلي واعداد بكلت مختلفة



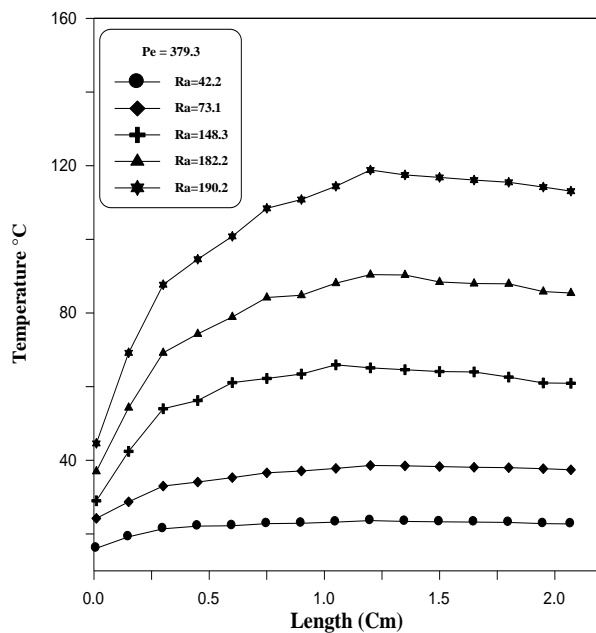
شكل رقم (ب) عند عدد بكلت (125)



شكل رقم (أ) عند عدد بكلت (61.3)

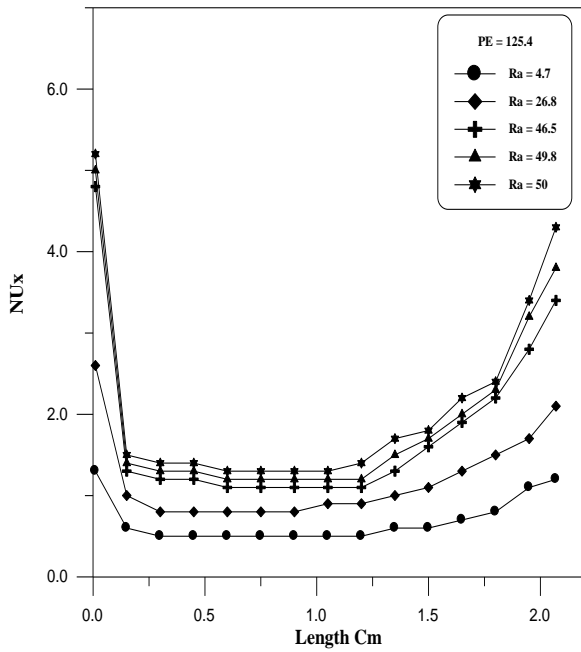


شكل رقم (د) عند عدد بكلت (637.5)

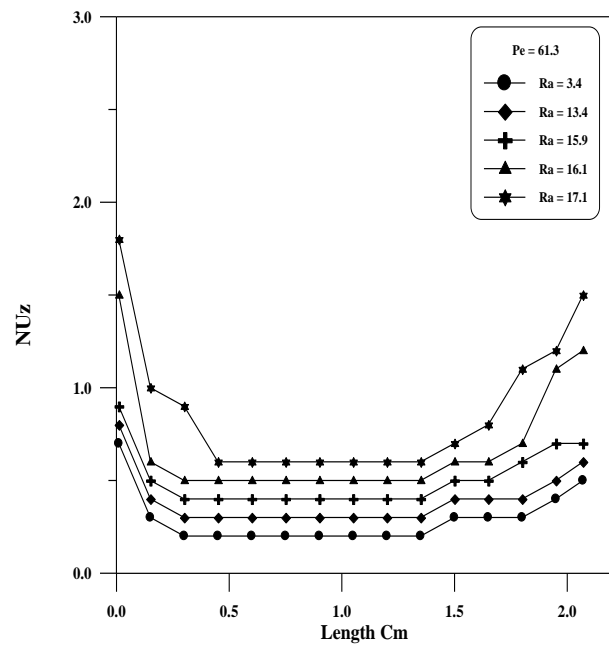


شكل رقم (ج) عند عدد بكلت (379.3)

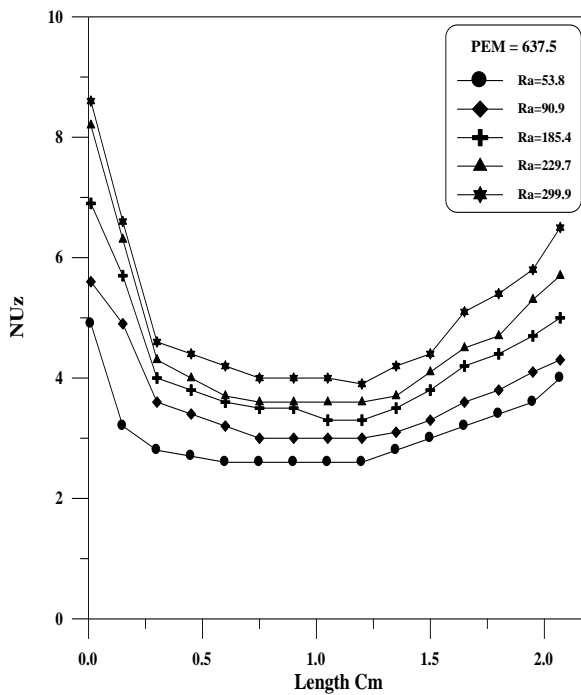
شكل رقم (2) يوضح العلاقة توزيع درجات الحرارة على طول مقطع الاختبار لاعداد بكلت ورايلي مختلفة



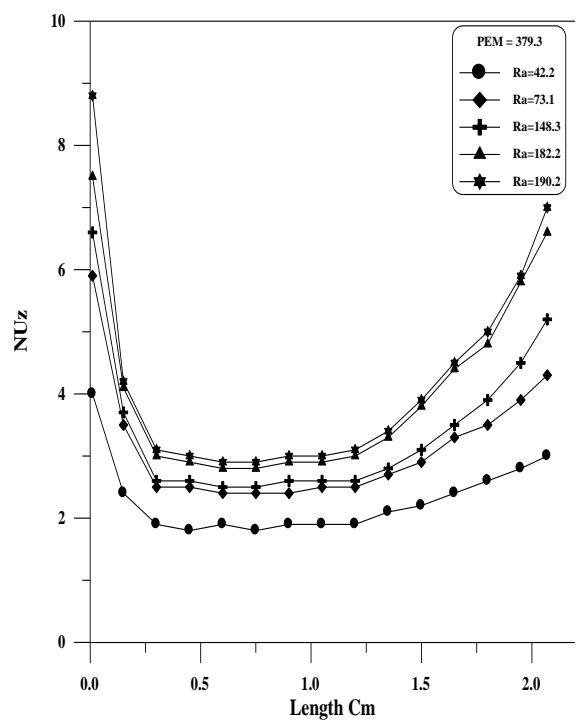
شكل رقم (ب) عند عدد بكلت (125)



شكل رقم (أ) عند عدد بكلت (61.3)



شكل رقم (د) عند عدد بكلت (637.5)



شكل رقم (ج) عند عدد بكلت (379.3)

شكل رقم (3) يوضح تغير عدد نسلت الموضعي مع طول مقطع الاختبار لاعداد بكلت ورايلي مختلفة