

تأثير الحواجز الموصلة على انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي في وسط مسامي داخل حيز

رائد احمد علي

مدرس مساعد

جامعة الموصل- كلية الهندسة

قسم- الهندسة الميكانيكية

Raed_shahm@yahoo.com

الخلاصة

تم إجراء دراسة عددية ثنائية البعد لتأثير الحواجز ذات الموصلية الحرارية العالية على انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي في وسط مسامي مشبع داخل حيز. السطح العلوي والسفلي للحيز معزولين السطحين العموديين للحيز ذوا درجات حرارة ثابتة ومختلفة، الحواجز الرقيقة ذات موصلية حرارية عالية مثبتة على السطحين العموديين. تم حل المعادلات المتكاملة بطريقة الفروقات المحددة. أدرجت النتائج لقيم مختلفة لعدد رالي، ولمواقع مختلفة للحواجز ولأطوال متغيرة عندما تكون الحواجز المثبتة على السطح الساخن والسطح البارد على ارتفاع (0.25 , 0.75) من السطح السفلي على التوالي وكذلك عندما تكون الحواجز المثبتة على السطح الساخن والسطح البارد على ارتفاع (

(0.75 , 0.25) من السطح السفلي على التوالي. تم تغيير طول الحاجز في الحالتين ضمن مدى (0.8 – 0.2) فضلا عن تغيير عدد رالي ضمن مدى (750 – 150). تمثلت النتائج بخطوط الانسياب وخطوط ثبوت درجات الحرارة التي تظهر صيغة الانسياب وتوزيع درجات الحرارة. كذلك تم الحصول على بعض الرسومات البيانية التي مثلت العلاقة بين عدد نسلت وعدد رالي مع موقع وطول الحاجز، من النتائج تبين بان زيادة عدد رالي في الحالتين تسبب زيادة عدد نسلت أما زيادة طول الحاجز فأنها تسبب تناقص عدد نسلت في الحالتين.

الكلمات الدالة (الحمل الطبيعي ، الوسط المسامي ، الحواجز، الحيز،)

قائمة الرموز

الرمز	التعريف	الوحدة
A	النسبة الباعية	-----
C _p	الحرارة النوعية عند ثبوت الضغط	(J/kg.K)
Da	عدد دارسي	K/L ²
Y _{p1}	المسافة بين الحاجز الأيسر والسطح السفلي	m
Y _{p2}	المسافة بين الحاجز الأيمن والسطح السفلي	m
L _b	طول الحاجز	m
F	دالة عامة	---
g	التعجيل الأرضي	m/s ²
K	معامل النفاذية للوسط المسامي	m ²
k _e	الموصلية الحرارية الفعالة للوسط المسامي	W/m.K
L	عرض الحيز	m

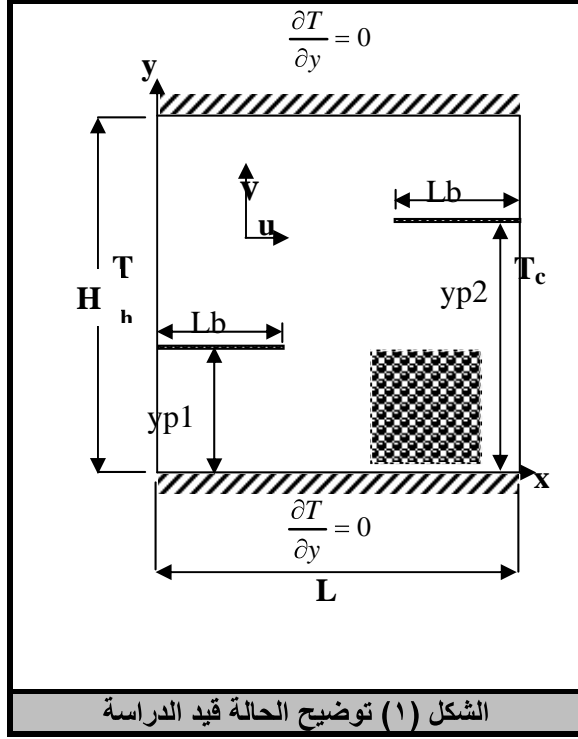
m	ارتفاع الحيز	H	
-----	عدد نسلت	Nu	
N/m ²	الضغط	P	
W	كمية الحرارة المنتقلة بواسطة التوصيل	Q _{cond.}	
W	كمية الحرارة المنتقلة بواسطة الحمل	Q _{conv.}	
$\rho_0 g \beta L^3 \Delta T / \mu \alpha$	عدد رالي	Ra	
Da . Ra	عدد رالي المطور	Ra*	
K	درجة الحرارة	T	
T _h -T _c , (K)	الفرق في درجات الحرارة	ΔT	
m/s	سرعة المانع	u,v	
----	الإحداثيات الديكارتية	x,y	
m ² /s	الانتشارية الحرارية للوسط المسامي	α_e	
	معامل التمدد الحراري الحجمي	β	
(T-T _c)/(T _h -T _c)	درجة الحرارة اللابعدية	θ	
kg/m.s	اللزوجة الديناميكية	μ	
kg/m ³	الكثافة	ρ	
m ² /s	دالة الانسياب	ψ	
	دالة الانسياب اللابعدية	$\hat{\psi}$	
	اللابعدية الإحداثيات الديكارتية	\hat{y}, \hat{x}	
	المسافة اللابعدية بين الحاجز الأيسر والسطح السفلي	\hat{y}_{p1}	
	المسافة اللابعدية بين الحاجز الأيمن والسطح السفلي	\hat{y}_{p2}	
	طول الحاجز اللابعدية	$\hat{L}b$	
الرموز السفلية الدليلية			
الحاجز	P	السطح البارد	C
الزاويا العليا	UC	السطح الساخن	H
الزاويا السفلى	LC	الداخلية	Interior
الكلية	Total	التوصيل	Cond.
		الحمل	Conv.
الرموز العليا الدليلية			
		اللابعدية	$\hat{\quad}$

المقدمة :

أن موضوع انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي مهم جدا نظرا لتطبيقاته الكثيرة في العديد من مجالات الطبيعة بالرغم من انه لا توجد سرعة قسرية تولد هذا النوع من الحمل ألا انه تتولد تيارات الحمل الطبيعي داخل المائع التي تحته على الجريان نتيجة تأثيرات القوة الطوفوية، حيث أن هذه القوة تنتج من تدرج الكثافة نتيجة وجود تدرج درجات الحرارة وقوة الجاذبية. ان الحمل الطبيعي يحدث أيضا في الوسط المسامي المشبع بالمائع وبصورة عامة فان الوسط المسامي عبارة عن مادة صلبة تحتوي على تقويع وفجوات تترايط مع بعضها لتكون ممرات ومسامات ينساب المائع خلالها. لقد أصبح موضوع انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي متزايد الأهمية في البحوث الحديثة وذلك لكثرة تطبيقاته في المجالات المختلفة [1]. بالرغم من الصعوبات التي تواجه الباحثين في تحليل انسياب المائع وكذلك الحرارة المنتقلة بالحمل الطبيعي في الوسط المسامي إلا أنهم حللوا هذه المسائل نظريا وعمليا وتضمنت البحوث الحلول العددية والتحليلية وكثير من هذه الدراسات تضمنت اشكالا هندسية مختلفة أن العديد من هذه البحوث كانت ضمن انسياب دارسي ثنائي البعد والقليل منها كانت ثلاثية البعد . ان عملية انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي لوسط مسامي يحتوي على عدة حواجز قد اهتم به عدد كبيرة من الباحثين الذين درسوا ابعاداً واوضاعاً مختلفة للحاجز داخل الوسط المسامي كما تمت دراسة حاجز واحد او أكثر وقد اتخذوا ظروفاً حدية مختلفة. إذ قام الباحثان Began & [2] Anderson بدراسة تحليلية لوسط مسامي يحتوي على حاجز يقسم الوسط المسامي إلى جزئين مثبت بصورة موازية للأسطح العمودية التي تكون عند درجات حرارة مختلفة حيث تتكون دارتين في كل جزء وتأثير أحدهما على الأخرى تنتقل الحرارة عن طريق الحاجز من الحيز ذو درجة الحرارة العالية إلى الحيز الأخر وتوصل الباحثان إلى ان معدل انتقال الحرارة يتأثر بخواص الحاجز واستنتج الباحثان ان معدل انتقال الحرارة يقل كلما قل معدل الانسياب في مجرى المائع أي كلما قل عرض دارة الانسياب. قام الباحثان [3] Bajorek & Lioyd بدراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل الطبيعي لوسط مسامي في حيز مربع الشكل السطوح العمودية تكون عند درجات حرارة مختلفة (Th, Tc) إذ يحتوي الحيز على حاجزين معزولين حرارياً مثبت احدهما على السطح العلوي والأخر على السطح السفلي لبيان مدى تأثير وفعالية الحواجز على انتقال الحرارة استنتج الباحث أن الحواجز قد قللت من عملية انتقال الحرارة بنسبة 15%. وقام الباحثان [4] Nansteel & Greif بدراسة لانتقال الحرارة بالحمل الطبيعي لوسط مسامي يحتوي على حاجز مثبت على السطح العلوي للوسط وموصل للحرارة مرة وأخرى غير موصل للحرارة اي معزول حرارياً أخذ الباحث أطوال مختلفة للحاجز استنتج الباحث ان عملية انتقال

الحرارة تتأثر بوجود الحاجز وخاصة عندما يكون معزول حرارياً. وأيضاً قام الباحث [5] Bejan بدراسة أطوال مختلفة للحاجز بوضع الحاجز بصورة أفقية وذو درجة حرارة ثابتة مع تغير طول الحاجز وعندما يكون غير موصل للحرارة وذو طول مساوي الى عرض التجويف فضلاً عن دراسة الحاجز ذو درجة حرارة ثابتة مثبت على السطح الأفقي وذو ارتفاع مساوي الى ارتفاع الحيز استنتج الباحث أن معدل انتقال الحرارة يقل مع زيادة طول الحاجز المثبت بشكل أفقي . كما لاحظ ان معدل انتقال الحرارة أعلى من الأول عند استخدام حاجز معزول حرارياً ومثبت بشكل أفقي أما عندما يكون الحاجز مثبت بشكل عمودي يكون ذات تأثير اكبر على معدل نقل الحرارة من الحاجز المثبت بصورة أفقية. وكذلك قام الباحثان charya & Jetli [6] بدراسة تحليلية لوسط مسامي يتخلله الهواء مربع الشكل يحتوي على حاجز لبيان تأثير موقع الحاجز وارتفاع الحاجز على معدل انتقال الحرارة درس الباحث ثلاث مواقع مختلفة للحاجز على السطح البارد $x=1/4$ $x=1/2$, $x=3/4$, وارتفاعات مختلفة استنتج الباحث بان تغيير ارتفاع الحاجز عندما يكون عدد رالي صغير يكون انسياب المائع متشابه على جانبي الحاجز ولكن بزيادة عدد رالي يظهر تأثير الحاجز على انسياب المائع إذ ان الحيز المحصور بين الحاجز والسطح البارد يكون الانسياب فيه اضعف بالنسبة للحيز المحصور بين الحاجز والسطح الساخن وكذلك عندما يكون الحاجز اقرب إلى السطح الساخن يكون ذو تأثير اكبر على تقليل انتقال الحرارة ، ولكن تأثير موقع الحاجز صغير نسبياً بين موقع وآخر وان معدل الحرارة المنتقلة يقل مع زيادة ارتفاع الحاجز. درس الباحث [7] Hussein تأثير حاجز أدبياتي مثبت أفقياً داخل وسط مسامي مستطيل الشكل. الحيز ذي جوانب مسخنة عند درجة حرارة ثابتة مختلفة من سطح لأخر بينما الأسطح الأفقية معزولة. كانت الدراسة تتضمن تغيير طول الحاجز وموقعه إضافة إلى تغيير عدد رالي وعامل القصور الذاتي . قام الباحث باستخدام برنامج عددي لحل المسألة بطريقة الفروق المحددة مع طريقة كاسوس سيدل التكرارية. استنتج الباحث أن الحاجز يسبب إخماد للحمل الطبيعي ويقلل من انتقال الحرارة مقارنة مع الحالة بدون حاجز كما لاحظ أن زيادة عامل القصور الذاتي يؤدي إلى نقصان في عدد نسلت. كما قام الباحث [8] Al-Tamemy بدراسة الحمل الطبيعي داخل حاوية مملوءة بوسط مسامي مشيع ومعزول من الأعلى والأسفل بينما الجدار الأيمن ساخن والأيسر بارد وثابتين في درجة حرارتهما. وقد وضع حاجز داخل هذه الحاوية على السطح السفلي وعند ثلاث مواقع مختلفة البعد بنسبة ربع ونصف وثلاث أرباع ، مستخدماً قانون دارسي . استنتج الباحث ان معدل الحرارة المنتقلة يقل مع زيادة طول الحاجز ويقل أيضاً معدل انتقال الحرارة عندما يكون الحاجز اقرب الى السطح الساخن واستنتج بان تأثير زيادة طول الحاجز

انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي في وسط مسامي مشبع ولأطوال ومواقع مختلفة للحاجز عندما يكون الحاجزين غير متقابلين باستخدام حاجزين احدهما مثبت على السطح الأيمن والأخر مثبت على السطح الأيسر والشكل (1) يوضح الحالة قيد الدراسة.



النموذج الرياضي والطريقة العددية:-

في هذه الفقرة سيتم عرض الصيغة الرياضية المناسبة التي تصف صيغة انتقال الحرارة ثنائية البعد بالحمل الطبيعي المستقر في وسط مسامي مشبع وكذلك عرض الطريقة العددية. كل مسألة لابد ان تبني على مجموعة من الفرضيات ولكي تكون مفهومة لابد من ذكر الفرضيات :-

- 1- كل خواص المائع تفرض بأنها ثابتة.
- 2- كثافة المائع تفرض على إنها ثابتة إلا عندما تتسبب مباشرة في قوة الطفو حيث

$$\rho = \rho_0 [1 - \beta(T - T_0)] \quad (1)$$

- 3- الحرارة المتولدة بتأثير الإجهاد القصي مهمة.
- 4- الوسط متجانس إي المادة الصلبة والمانع المناسب خلال المسامات موزعة بشكل منتظم في الوسط المسامي.
- 5- الوسط متساوي الخواص في جميع الاتجاهات Isotropic

اكبر من تأثير قرب الحاجز من السطح الساخن في تقليل الحرارة المنتقلة وان استخدام أكثر من حاجز يؤدي إلى تقليل معدل الحرارة المنتقلة بشكل اكبر من الحاجز المنفرد. كما وقام الباحث Hormaz [9] بدراسة تأثير الحاجز على انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي في وسط مسامي حلقي محصور بين اسطوانتين أفقيتين متحدتي المركز باستخدام التحليل العددي لحل معادلة دارسي بوسينسك ومعادلة حفظ الطاقة المتحكمة على المسألة ولغرض إجراء التحليل العددي استخدمت طريقة التوليد الشبكي درس تأثير وضع الحواجز بحالتين الأولى وضع أربع حواجز على الجهات الأربعة للمنطقة الفيزيائية والثانية تتضمن دراسة مواقع أخرى للحاجزين الأيمن والأيسر بتغيير زاويتي مواقعهما. وكما ودرس Ghassemi [10] وجماعته تأثير زاوية الميل على الجريان وانتقال الحرارة في حيز مربع مسخن جزئياً يحتوي على حواجز معزولة مثبته احدهما على السطح العمودي ذو درجة الحرارة العالية والحاجز الاخر مثبت على السطح العمودي ذو درجة الحرارة المنخفضة اما السطحين الافقيين العلوي والسفلي معزولين استنتج الباحثون بان اقل قيمة لعدد نسلت تكون عندما زاوية الميل 90° وكذلك استنتج الباحثون بان زيادة طول الحواجز تسبب تناقص عدد نسلت. وايضا درس Yasin [11] وجماعته انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي في وسط مسامي داخل حيز مثلث بوجود زعنفة معزولة حرارياً مثبته بشكل عمودي على السطح الأفقي طبق طريقة الفروق المحددة على المعادلات الحاكمة للمسألة ضمن قانون جريان دارسي حيث تم تغيير طول الحاجز من 0.1 إلى 0.4 نسبة إلى ارتفاع الحيز وموقع الحاجز من 0.2 إلى 0.6 نسبة إلى عرض الحيز وكذلك تغيير عدد رالي من 100 إلى 1000 استنتج الباحثون ان انتقال الحرارة يزداد مع زيادة عدد رالي ويمكن استخدام طول الزعنفة كمتغير للسيطرة على توزيع درجات الحرارة والجريان وانتقال الحرارة وان وجود الزعنفة يقسم الحيز إلى جزئين شبه منحرف وجزء اخر مثلث إضافة إلى ان انتقال الحرارة يصبح ثابت عندما يكون عرض الزعنفة اللابعدى صغير. وكما ودرس Yasin [12] وجماعته انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي في وسط مسامي داخل حيز مثلث بوجود زعنفة رقيقة معزولة حرارياً مثبته بشكل عمودي على السطح الأفقي طبق طريقة الفروق المحددة على المعادلات الحاكمة للمسألة ضمن قانون جريان دارسي حيث تم تغيير طول الحاجز من 0.1 إلى 0.4 نسبة إلى ارتفاع الحيز وموقع الحاجز من 0.2 إلى 0.6 نسبة إلى عرض الحيز والنسبة الباعية من 0.25 إلى 1.0 وكذلك تغيير عدد رالي من 100 إلى 1000 استنتج الباحثون ان عدد نسلت يزداد بزيادة عدد رالي وكذلك الموقع اللابعدى للزعنفة يغير عدد الدومات ويحسن قوة الجريان.

الهدف من البحث الحالي هو دراسة تأثير الحواجز الرقيقة ذات الموصلية الحرارية العالية على

٦- في اي نقطة في الوسط المسامي الحبيبات الصلبة هي في حالة توازن حراري مع المائع المنساب في الثقوب

٧- كل خصائص الوسط تقاس كمعدل Effective [8].

٨- الحواجز الرقيقة ذات الموصلية الحرارية العالية تكون عند نفس درجة حرارة الجدار المثبتة عليه [13].

$$v = -\frac{K}{\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial y} + \rho g \right) \quad ٤$$

حيث ان V هي متجه السرعة (u, v) لذلك يكون قانون دارسي ثنائي البعد كالآتي:-

$$u = -\frac{K}{\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \quad ٥$$

$$v = -\frac{K}{\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial y} + \rho g \right) \quad ٦$$

من خلال الفرضيات التي ذكرت سابقا وبتعويض المعادلة ١ في المعادلة ٦ نحصل على الآتي.

$$v = -\frac{K}{\mu} \left[\frac{\partial p}{\partial y} + \rho_0 g (1 - \beta(T - T_0)) \right] \quad ٧$$

ولسهولة الحل يمكن حذف حد الضغط من المعادلة ٥ والمعادلة ٧ عن طريق تفاضلها الأولى نسبة y والثانية نسبة إلى x وسوف نحصل على معادلة الزخم او ما يعرف بتقريب بويسنسك.

$$\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{\rho_0 g \beta K}{\mu} \frac{\partial T}{\partial x} \quad ٨$$

معادلة الطاقة:-

ان معادلة الطاقة للوسط المسامي تتمثل جزئين هما الصلب والمائع أي أن كمية الحرارة المنقولة تتمثل بالتوصيل والحمل معا وبفرض الوسط المسامي ثنائي البعد ولحالة الاستقرار وعدم وجود توليد حرارة وبإهمال حد اللزوجة ستكون كالآتي.

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \alpha_e \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right] \quad ٩$$

حيث أن α_e هي الانتشارية الحرارية الفعالة للوسط المسامي المتجانس [1].

الصيغة اللابعدية.

يجب وضع المعادلات الخاصة بالصيغة اللابعدية والفائدة من ذلك هو لتقليل عدد المعاملات في

المعادلات المتحكممة

المعادلات التي تسيطر على انتقال الحرارة وانسياب المائع في الوسط المسامي المشبع هي معادلات الطاقة والزخم والاستمرارية. معادلة الاستمرارية للاستمرارية للانسياب في الوسط المسامي هي معادلة تفاضلية جزئية من معادلة حفظ الكتلة ويفرض المائع غير انضغاطي وذات بعدين ومستقر في الوسط المسامي المتساوي الخواص في جميع الاتجاهات [1].

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad ٢$$

معادلة الزخم (قانون دارسي):-

عند التعرف على ميكانيكية الحركة للمائع في داخل مادة مسامية مشبعة هناك العديد من التجارب العملية التي أدت إلى استنتاج قوانين رياضية تستخدم في حل هكذا مسائل ومن هذه القوانين هو قانون دارسي والذي يعتمد على القراءات المأخوذة من التجارب العملية وقد أكد هذا العالم على أن معدل السرعة للمائع خلال مجرى معين من مادة مسامية يتناسب مع انحدار الضغط خلال المادة كما أن التجارب العملية أكدت أيضا أن السرعة تتناسب عكسيا مع اللزوجة للمائع المنساب لذلك أن العلاقة بالنسبة إلى السرعة في الوسط المسامي يحتوي على جريان المائع باتجاه واحد يمكن أن يتمثل بالعلاقة التالية [1].

$$u = -\frac{K}{\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \quad ٣$$

إذ أن K ثابت قياسي يدعى معامل النفاذية Permeability ويمكن إيجاده بقياس الانخفاض في الضغط ومعدل الجريان أو التصريف خلال الوسط المسامي أن وحدة K هي (L^2) . وفي حالة ان الجسم معجل بقوة مقدارها gp مقسومة على وحدة الحجم أي انه بصورة عامة فان الصيغة هي

النتائج وجعل تحويل المعادلات إلى طريقة الفروق المحددة أسهل (أي أن عدد المجاهيل اقل) وكذلك الفائدة الأخرى وهي لغرض التصميم بالاعتماد على اللابعدية جميع الأبعاد مقاسة نسبة إلى عرض التجويف L.

إذ أن عدد دارسي.

$$Da = K/L^2 \quad ١٦$$

أما معادلة الطاقة في الصيغة اللابعدية كالآتي:-

$$\frac{\partial \hat{\psi}}{\partial \hat{x}} \frac{\partial \theta}{\partial \hat{y}} - \frac{\partial \hat{\psi}}{\partial \hat{y}} \frac{\partial \theta}{\partial \hat{x}} = \frac{\partial^2 \theta}{\partial \hat{x}^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \hat{y}^2} \quad ١٧$$

الظروف الحدية اللابعدية بالنسبة للحيز المسامي هي:-

$$\begin{aligned} at \quad \hat{x} = (0,1) \quad any \quad \hat{y} \quad \hat{\psi} = 0.0 \\ at \quad \hat{x} = 0, \quad any \quad \hat{y} \quad \theta = 1.0 \\ at \quad \hat{x} = 1, \quad any \quad \hat{y} \quad \theta = 0.0 \\ at \quad \hat{y} = (0,1) \quad any \quad \hat{x} \quad \frac{\partial \theta}{\partial \hat{y}} = 0.0 \quad \hat{\psi} = 0.0 \end{aligned} \quad ١٨$$

أما بالنسبة للحاجز فهي كالآتي:-

$$\begin{aligned} at \quad 0 \leq \hat{x} \leq \hat{L}b, \quad \hat{y} = \hat{y}_{p1}, \quad \theta = 1, \hat{\psi} = 0 \\ at \quad 1 \geq \hat{x} \geq 1 - \hat{L}b, \quad \hat{y} = \hat{y}_{p2}, \quad \theta = 1, \hat{\psi} = 0 \end{aligned} \quad ١٩$$

الطريقة العددية:-

أن الطريقة العددية المستخدمة لإيجاد دالة الانسياب وتوزيع درجات الحرارة في التجويف المسامي هي تقنيات الفروقات المحددة والتي تطبق لحل المعادلات المتحكممة. يتم اعتماد central difference على النقاط الداخلية ولإيجاد درجات الحرارة عند الحدود المعزولة وإيجاد كمية الحرارة يجب صياغة معادلة أخرى تدعى الفرق ذات الجانب الواحد وتشمل على نوعين الفرق المتقدم Forward difference والفرق المتأخر Backward difference

$$\begin{aligned} \hat{x} = \frac{x}{L}, \quad A = \frac{H}{L} \\ \hat{y}_{p2} = \frac{y_{p2}}{L}, \quad \hat{y}_{p1} = \frac{y_{p1}}{L} \\ \hat{y} = \frac{y}{L}, \quad \hat{L}b = \frac{Lb}{L}, \end{aligned} \quad ١٠$$

حيث أن A هي نسبة ارتفاع التجويف إلى عرضه وهذه النسبة في هذا البحث ثابتة وتساوي واحد في جميع الحالات أي أن التجويف مربع. درجة الحرارة اللابعدية هي نسبة إلى درجة الحرارة العالية والمنخفضة

$$\theta = \frac{T - T_c}{T_h - T_c} \quad ١١$$

أما دالة الجريان معرفة في حد مركبة السرعة التي سبق ذكرها في معادلة الاستمرارية كالآتي.

$$u = -\frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad v = \frac{\partial \psi}{\partial x} \quad ١٢$$

دالة الجريان اللابعدية تعرف كالآتي:-

$$\hat{\psi} = \frac{1}{\alpha_e} \psi \quad ١٣$$

وبعد استخدام هذه المتغيرات وتعويضها في معادلة الزخم تصبح كالآتي:-

$$\frac{\partial^2 \hat{\psi}}{\partial \hat{x}^2} + \frac{\partial^2 \hat{\psi}}{\partial \hat{y}^2} = Ra^* \frac{\partial \theta}{\partial \hat{x}} \quad ١٤$$

إذ أن Ra^* هو عدد رالي المطور الذي ينتج من حاصل ضرب عدد رالي Ra في عدد دارسي Da الذي هو نسبة القوة الطوفية إلى مقاومة اللزوجة للوسط المسامي ويساوي

$$Ra^* = Ra \times Da \quad ١٥$$

حساب انسياب الحرارة :

لقد تم حساب الحرارة بأجراء عملية التكامل على التدرج في درجة الحرارة بموازاة الجدران العمودية ومعادلة التكامل كالاتي

$$Q = \int_{y=0}^{y=1} \left. \frac{\partial \theta}{\partial x} \right|_{x=0 \text{ or } 1} dy \quad 20$$

تحول هذه المعادلة بطريقة الفروق المحددة باستخدام صيغة الفرق من جانب واحد كالاتي

$$Q_{interior} = \sum_{j=1}^{m-1} \frac{-3\theta_{0,j} + 4\theta_{1,j} - \theta_{2,j}}{2\Delta x} * \Delta y \quad 21$$

ونقاط تمثل الزاوي العليا والسفلى فتكون كالاتي

$$Q_{L.C.} = \frac{-3\theta_{0,0} + 4\theta_{1,0} - \theta_{2,0}}{2\Delta x} * \frac{\Delta y}{2} \quad 22$$

$$Q_{U.C.} = \frac{-3\theta_{0,m} + 4\theta_{1,m} - \theta_{2,m}}{2\Delta x} * \frac{\Delta y}{2} \quad 23$$

بالإضافة إلى الحرارة المفقودة عن طريق الحاجز يتم حسابها بنفس الأسلوب أعلاه. وجمع المعادلات نحصل على فيض الحرارة الكلي من جدار واحد.

$$Q_{total} = Q_{interior} + Q_{L.C.} + Q_{U.C.} + Q_{baffles} \quad 24$$

المعادلات اعلاه تعتمد لحساب كمية الحرارة بواسطة الحمل الطبيعي وكذلك بواسطة التوصيل التام، ولحساب عدد نسلت نعتمد المعادلة التالية.

$$Nu = \frac{Q_{conv.}}{Q_{cond.}} \quad 25$$

خطوات الحل

استخدمت طريقة الفروقات المتوسطة (Central) للتعامل مع النقاط الداخلية (Interior) أما طريقتي الفروق الأمامية والخلفية للتعامل مع النقاط المحاذية لحدود الحيز.

١. تحديد قيم المدخلات (النسبة الباعية ، عدد العقد باتجاه x,y ، طول الحاجز ، ارتفاع الحاجز)

٢. تحديد القيمة الأولية (θ, ψ) لكل عقد الشبكة وإعطائها قيمة تساوي صفر.
٣. تعريف الظروف الحدية للمسألة.
٤. استخدام طريقة كاوس سيدل التكرارية حتى نحصل على تقريب متتابع للوصول الى الدقة المطلوبة حيث تم تحديد نسبة خطأ بين القيمة القديمة والقيمة الجديدة تساوي او اقل من ٠.٠٠٠١.

- ايجاد درجة الحرارة (θ) عند الجدران المعزولة.
- ايجاد في كل نقطة داخلية ما ياتي.
- ١. درجة الحرارة الجديدة (θ)

٢. ايجاد دالة السرعة (ψ) الجديدة
٥. ايجاد كمية الحرارة المنتقلة من الجدران العمودية اي كمية الحرارة الداخلة والخارجة فضلا عن ايجاد عدد نسلت.

تم بناء برنامج خاص بالمسألة واستخدمت لغة برمجية هي لغة فورتران لحل المسألة واستخدمت طريقة كاوس سيدل التكرارية أما عدد العقد باتجاه x,y فالخطوة الأولى تم اختبار عدد عقد (30x30) ومن ثم حساب قيمة عدد نسلت بعد ذلك تم اختبار عدد عقد (50x50) ومن ثم حساب قيمة عدد نسلت إلى أن توصلنا إلى تساوي قيم عدد نسلت مع زيادة عدد العقد حيث تم اعتماد عدد عقد (100x100) . أما عن زمن تنفيذ البرنامج فيتراوح بين 60 sec إلى 120 sec.

مناقشة النتائج

النتائج المحصلة تشمل خطوط ثبوت درجات الحرارة وخطوط الانسياب في الوسط المسامي لتوضيح ووصف صيغة انتقال الحرارة وانسياب المائع في الوسط المسامي وكذلك نتائج انتقال الحرارة من العلاقة بين عدد رالي وعدد نسلت، حيث عدد نسلت مهم جداً في عمليات انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي. في هذه الفقرة سيتم عرض نتائج الحل العددي لانتقال الحرارة بالحمل الطبيعي في حيز مملوء بمادة مسامية مشبعة يحتوي الحيز على حاجزين موصلين رقيقين احدهما مثبت على السطح الأيمن والأخر على السطح الأيسر ، ولحالتين عندما يكون الحاجزين غير متقابلين اي يكون الحاجز الأيسر مثبت على مسافة 1/4 من السطح السفلي والحاجز الأيمن على مسافة 3/4 من السطح السفلي كحالة أولى وكحالة ثانية عندما يكون الحاجز الأيسر مثبت على مسافة 3/4 من السطح السفلي والحاجز الأيمن على مسافة 1/4 من السطح السفلي يتضمن عرض النتائج للحالات أعلاه خطوط ثبوت درجات الحرارة Isotherms lines ومجال السرعة على شكل خطوط الانسياب Streamlines ،

كذلك سيتم عرض العلاقة بين عدد نسلت و عدد رالي ولأطول مختلفة للحاجز

الشكل (2) يبين تأثير زيادة عدد رالي في حالتين عندما يكون الحاجز الأيمن مثبت على مسافة $\hat{y}_{p2} (=0.25)$ والأيسر مثبت على مسافة $(= 0.75)$ من السطح السفلي وعندما يكون الحاجز الأيسر مثبت على مسافة $(\hat{y}_{p1} = 0.25)$ والأيمن على مسافة $(\hat{y}_{p2} = 0.75)$ من السطح السفلي ولطول

حاجز $Lb = 0.4$ تم تغيير عدد رالي ضمن $(Ra^* = 150, 300, 450, 600, 750)$ نلاحظ من خلال الشكل ان زيادة عدد رالي تسبب زيادة نشاط الحمل الطبيعي وذلك بسبب زيادة القوة الطوفية وبالتالي فان زيادة نشاط الحمل الطبيعي تسبب زيادة معدل انتقال الحرارة المنقولة بالحمل الطبيعي الناتج من زيادة الانحدار في درجات الحرارة ولكن معدل انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي يكون في الحالة الثانية اكبر من الحالة الأولى وذلك لان في الحالة الأولى تتكون مناطق خاملة في الحيز المحصور أعلى الحاجز الأيسر وكذلك في الحيز المحصور أسفل الحاجز الأيمن ذلك ناتج من تأثيرات القوة الطوفية، السبب في تكون المنطقة الخاملة أسفل الحاجز الأيمن هو ان منطقة التبادل الحراري للسطح البارد مع المائع المحاذي للسطح تكون ضمن النصف العلوي للسطح لذلك تتكون منطقة خاملة أسفل الحاجز المثبت على السطح البارد إما المنطقة الخاملة المتكونة أعلى الحاجز المثبت على السطح الساخن فانها ناتجة من ان منطقة التبادل الحراري للسطح الساخن مع المائع المحاذي للسطح تكون ضمن النصف السفلي للسطح. ومع وجود تأثير الحواجز فانها تعيق من وصول المائع إلى تلك المناطق.

الشكل (3) يبين تأثير تغيير طول الحاجزين عندما يكون الحاجز المثبت على السطح الساخن على ارتفاع $(\hat{y}_{p1} = 0.25)$ من السطح السفلي والحاجز المثبت على السطح البارد يكون على مسافة $(\hat{y}_{p2} = 0.75)$ من السطح السفلي كحالة أولى وكحالة ثانية يكون الحاجز المثبت على السطح الساخن مثبت على ارتفاع $(\hat{y}_{p1} = 0.75)$ من السطح السفلي أما الحاجز المثبت على السطح البارد فيكون على ارتفاع $(\hat{y}_{p2} = 0.25)$ من السطح السفلي تم تغيير طول الحاجز ضمن مجال $= 0.2$ ،

$Lb (0.4, 0.6, 0.8)$ وللحالتين الأولى والثانية ولعدد رالي 750 نلاحظ من الشكل أعلاه أن زيادة طول الحاجز بالنسبة للحالة الأولى تسبب إعاقة للجريان بسبب ضيق المجال المتروك أمام انسياب المائع ومع هذا فان معدل انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي يزداد مع

زيادة طول الحاجز وذلك بسبب زيادة الانحدار في درجات الحرارة. من المعروف ان القوى المحركة للمائع بالنسبة للحمل الطبيعي هي القوى الطوفية الناتجة من وجود تدرج حراري يسبب اختلاف في كثافة المائع، بالنسبة للسطح الساخن فان منطقة التبادل الحراري مع المائع المحاذي للسطح تتركز ضمن النصف السفلي للسطح أما بالنسبة للسطح البارد فان منطقة التبادل الحراري لهذا السطح مع المائع المحاذي له تكون ضمن النصف العلوي لذلك فان زيادة طول الحاجز تسبب إعاقة وصول المائع المناسب بفعل القوة الطوفية من الوصول إلى منطقة التبادل الحراري وبالتالي تؤدي زيادة طول الحاجز الى انفصال المائع وتتكون دارتين احدها في أعلى الحيز والأخرى في أسفل الحيز بين السطح البارد والسطح الساخن وبمحاذاة السطحين المعزولين العلوي والسفلي وكذلك نلاحظ تكون دارة وسطية بين الحاجزين وذلك لان الحاجز الأيسر يكون عند نفس درجة حرارة السطح الساخن المثبت عليه والحاجز الأيمن يكون عند نفس درجة حرارة السطح البارد المثبت عليه ولهذا السبب تتكون دارة انسياب بين الحاجزين بسبب وجود فرق في درجات الحرارة. اما الحالة الثانية نلاحظ ظهور منطقة خاملة أعلى الحاجز الأيسر وكذلك بالنسبة للحاجز الأيمن نلاحظ ظهور منطقة خاملة أسفل الحاجز ويعزى ذلك لما سبق ذكره ان منطقة التبادل الحراري بالنسبة للسطح الساخن تكون ضمن النصف السفلي اما بالنسبة للسطح البارد فتكون ضمن النصف العلوي وكذلك وجود الحواجز يعيق من وصول المائع مما يؤدي الى تكون مناطق خاملة ولذلك يكون معدل انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي في الحالة الأولى أعلى من الحالة الثانية وكذلك نلاحظ في الحالة الثانية تكون دارة انسياب واحدة وذلك لان وجود الحاجزين لم يحجب مناطق التبادل الحراري عن بعضها ولذلك مهما زاد طول الحاجز تبقى دارة الانسياب متصلة ولأحدثت ظاهرة انفصال المائع ولا يتكون جريان متعدد الخلايا.

الشكل (4) a, b يوضح العلاقة بين عدد رالي و عدد نسلت ولأطوال مختلفة للحاجزين عندما يكون الحاجز الأيمن مثبت على ارتفاع $(\hat{y}_{p2} = 0.75)$ والحاجز الأيسر مثبت على ارتفاع $(\hat{y}_{p1} = 0.25)$ من السطح السفلي وعندما يكون الحاجز الأيمن مثبت على ارتفاع $(\hat{y}_{p2} = 0.25)$ والحاجز الأيسر مثبت على ارتفاع $(\hat{y}_{p1} = 0.75)$ من السطح السفلي نلاحظ ان زيادة عدد رالي تسبب زيادة عدد نسلت ولكل الأطوال المستخدمة وذلك لان زيادة عدد رالي تسبب زيادة القوة الطوفية وبالتالي تسبب زيادة معدل انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي ومنها ينتج زيادة عدد نسلت بزيادة عدد رالي ، ولكن بزيادة طول الحاجز نلاحظ انخفاض نسبة ارتفاع عدد نسلت مع زيادة عدد رالي. وذلك لان زيادة

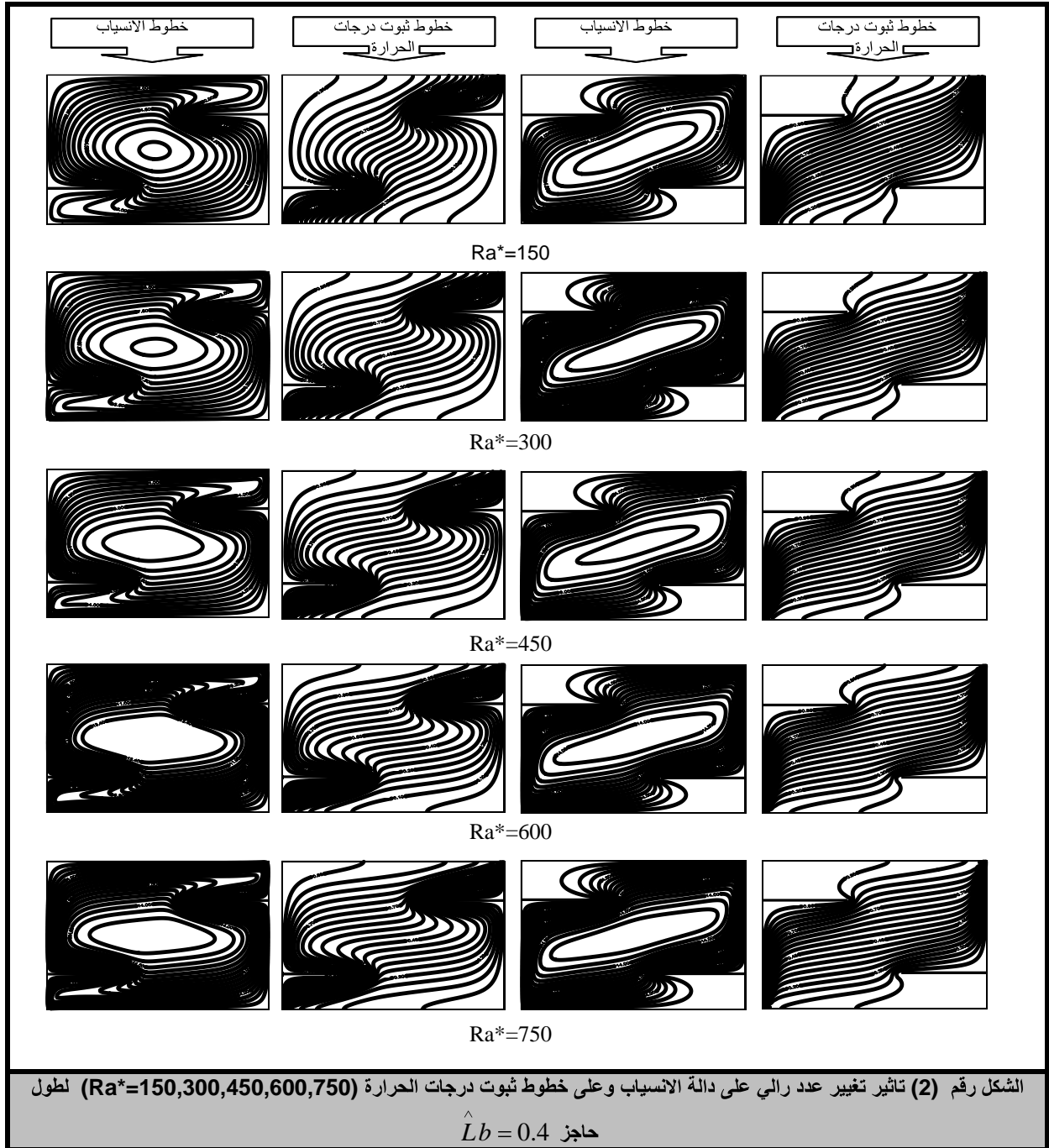
طول الحاجز تسبب زيادة معدل انتقال الحرارة بالتوصيل التام وان نسبة زيادة معدل انتقال الحرارة بالتوصيل التام تكون اكبر من نسبة زيادة معدل انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي لهذا السبب يتناقص عدد نسلت مع زيادة طول الحاجز

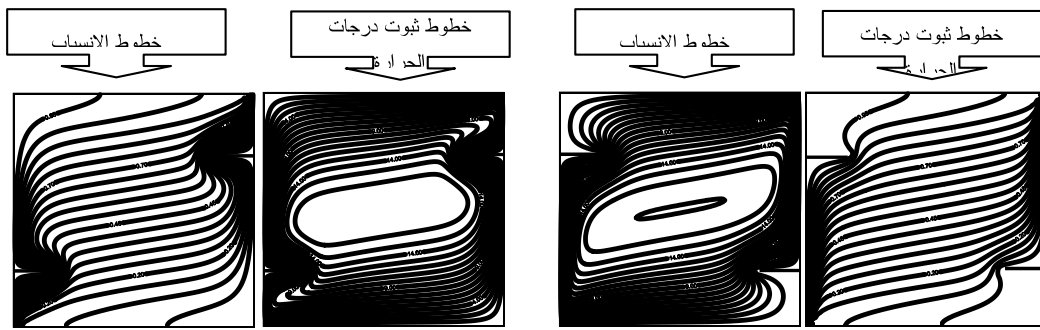
الاستنتاجات

١. زيادة عدد رالي تسبب زيادة الانحدار في درجات الحرارة باتجاه (X) في كلا الحالتين
٢. زيادة طول الحاجز تسبب تناقص عدد نسلت
٣. زيادة عدد رالي تسبب زيادة عدد نسلت

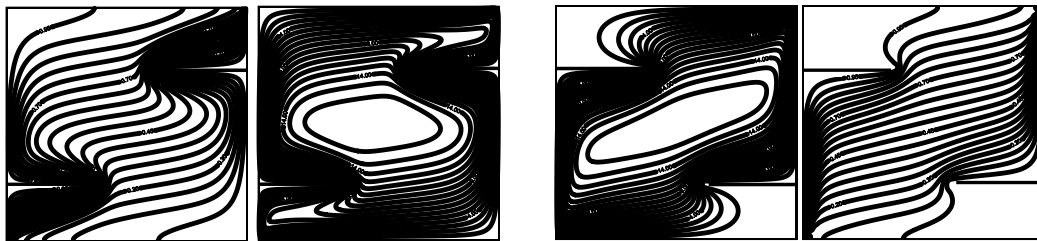
٤. عندما يكون الحاجز الأيمن على ارتفاع (0.25) والحاجز الأيسر على ارتفاع (0.75) تتكون مناطق خاملة أعلى الحاجز الأيسر وأسفل الحاجز الأيمن ولا يتكون جريان متعدد الخلايا

٥. عندما يكون الحاجز الأيمن على ارتفاع (0.75) والحاجز الأيسر على ارتفاع (0.25) لا تتكون مناطق خاملة داخل الحيز ولكن بزيادة طول الحاجز يتكون جريان متعدد الخلايا

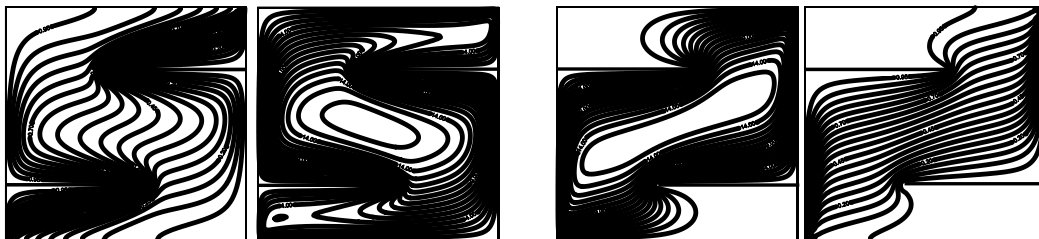




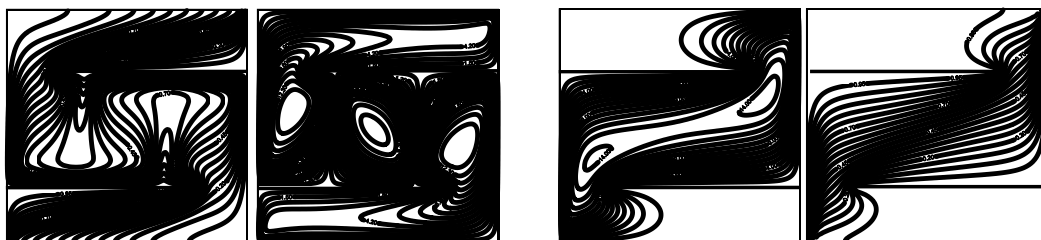
$$=0.2 \hat{L} b$$



$$=0.4 \hat{L} b$$



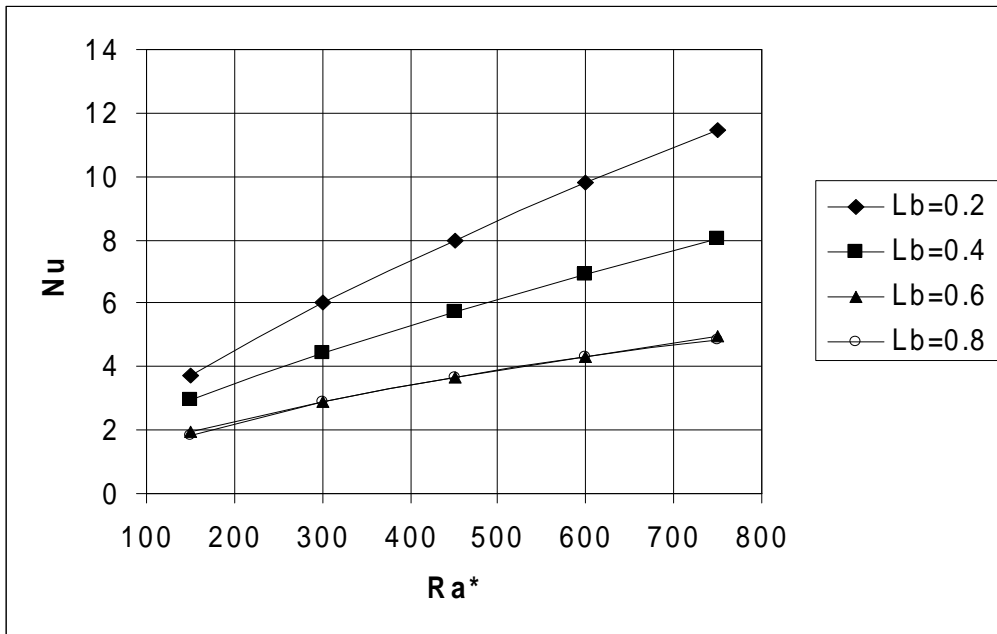
$$=0.6 \hat{L} b$$



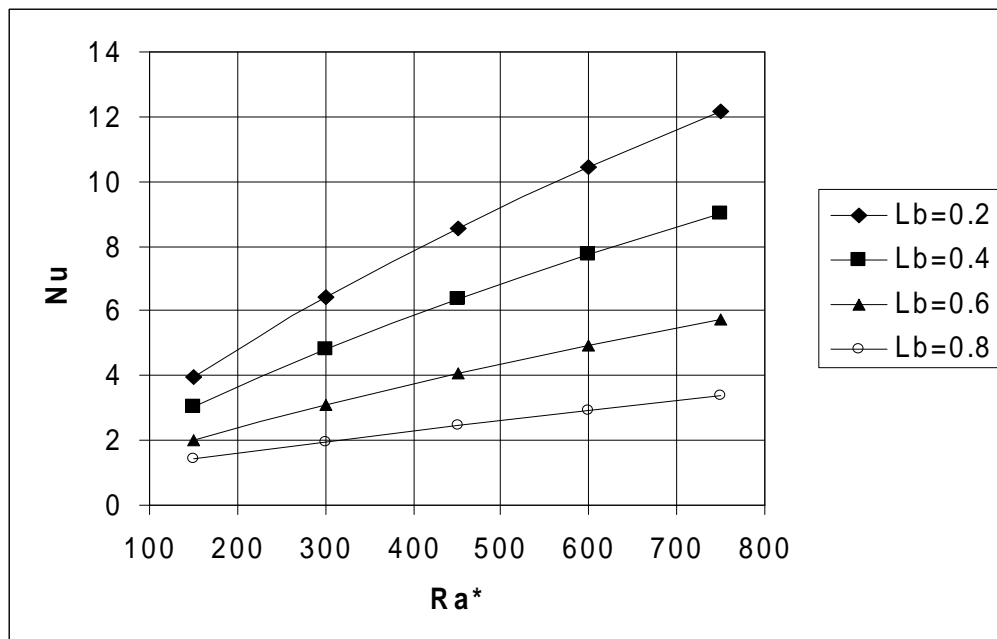
$$=0.8 \hat{L} b$$

الشكل رقم (3) يوضح تأثير زيادة طول الحاجز على دالة الانسياب وعلى خطوط

ثبوت درجات الحرارة ($\hat{L} b = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$) لعدد رالي ٧٥٠



$y_{p1}=0.25, y_{p2}=0.75$ (a)



$y_{p1}=0.75, y_{p2}=0.25$ (b)

الشكل (4) يمثل العلاقة بين عدد نسلت وعدد رالي

- Obstructions "M.Sc. Thesis University of Mosul 2003
- 9-Hormaz J. D. "Baffles Effect on Natural Convection Heat Transfer in Porous Medium Enclosed Between Horizontal Concentric Cylinder –Numerical Study" M.Sc. Thesis University of Mosul 2007
- 10-M. Ghassimi M. Pirmohammadi Gh. A. Sheikhzadeh "A Numerical Study of Natural Convection in a Tiled Cavity with Two Baffles Attached to its Isothermal Walls" Wseas Transaction on Fluid Mechanics Issue 3, Volume 2 , July 2007
- 11- Yasin Varol, Hakan F. Oztop, Asaf Varol " Effects of thin fin on natural convection in porous triangular enclosures" Int. Journal of Thermal Sciences 46 pp 1033–1045 2007
- 12- Yasin Varol, Hakan F. Oztop, Asaf Varol " Natural convection in porous triangular enclosures with a solid adiabatic fin attached to the horizontal wall" Int. Journal Heat and Mass Transfer 34 pp 19–27 2007.
- 13- S. Sivasankaran and P. Kandaswamy "Effect of Conductive Baffle on Hot-Wall in Double Diffusive Convection of Water near Density Maximum" April 2007 The Arabian Journal for Science and Engineering, Volume 32, Number 1B 35
- 14-Borse,G. J., FORTRAN77 and Numerical Method for Engineering, McGraw- Hill Book Company, Inc., 1985.
- 1-Bejan A, " Convection Heat Transfer ", Wiley –Interscience Publication Joun Wiley & Sons , Inc., 1984.
- 2-Bejan A, and Anderson R. , " Heat transfer a Cross a Vertical Impermeabel Partition imbedded in Porous Medium " , Int. J. Heat Mass Transfer , Vol. 24 PP. 1237-1245 ,1981
- 3-Bajorek S.M. and Lioyd J.R. , " Experimental Investigation Natural Convection in Partitioned Enclosures", J. of Heat Transfer , Vol. 103 , PP. 527-532, 1981.
- 4-Nansteel M. W. and Greif R. , "Natural Convection in undivided and Partially divided rectangular Enclosures " J. of Heat Transfer , Vol. 103, PP. 623-629,1981.
- 5-Bejan A. , " Natural Convection Heat Transfer in a Porous Layer with Flow Obstructions" , Int. J. Heat Mass Transfer , Vol. 26 , PP. 815-822, 1981.
- 6-Acharya S. and Jetli R. , " Heat Transfer due to Buoyancy in Partially divided square Box", Int. J. Heat Mass Transfer , Vol. 33 , PP 931-924 ,1990.
- 7- Hussein A. S., "Effect of non Darcian flow on Natural Convection in Partitioned Enclosure " Ph. D. Thesis University of Mosul 2001
- 8-Al-Tamemy M. S. "Numerical study of Natural Convection in Porous Enclosure with Multi-

Effect of Conductive Baffles on Natural Convection Heat Transfer in Porous Medium inside Enclosure

Raed Ahmed Ali- Assistant Lecture
University of Mosul - College of Engineering - Mechanical Engineering Department
Raed_shahm@yahoo.com

Abstract

Two dimensional numerical study of the effect of high thermal conductive baffles on natural convection heat transfer in saturated porous medium inside enclosure. The top and bottom surface of the enclosure are insulated, the two vertical walls of the enclosure have different constant temperature, high conductive thin baffles are attached on the two vertical walls. The governing equations were solved by finite difference method. The results inserted for different value of Rayleigh number and different position's of the baffles with change in length of baffles, when the baffles attached to the hot and cold walls in distances (0.25,0.75) respectively from bottom surface, also when the baffles attached to the hot and cold walls in distance (0.75 , 0.25) respectively from bottom surface. The length of baffles in the two cases changed in range (0.2 – 0.8). For the above cases The Rayleigh number changed in range (150 – 750). The results are represented by streamlines and isotherm lines to show the behavior of the fluid circulation and temperature distribution. Also some graphics had been obtained which represent the relationship between Nusselt and Rayleigh numbers with the position and length of baffles. The results show that increasing Rayleigh number leads to increase in the Nusselt number for two cases. But in the two cases the increasing in the baffles length results a decreases in Nusselt number.

(Key words: natural convection, porous medium, Baffle, Enclosure)

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.