

تأثير اشكال فسحات تلامس منظومة انابيب مسخنة في مدخل محتوى معزول

كزنكة فريق عبد الله البرزنجي خولة علي مصطفى الجباري

هندسة الميكانيك / الكلية التقنية - اربيل

قسم الرياضيات / كلية العلوم - جامعة كركوك

تاريخ الاستلام: ٢٠/٧/٢٠٠٨ تاريخ القبول: ٤/١/٢٠١١

الخلاصة

أنجز في هذا البحث دراسة عددية لتوضيح سلوك الجريان الثانوي خلال فسحات ضيقة معقدة الشكل مزودة بزوايا مستدقة تولفها منظومة انابيب مسخنة موضوعة في محتوى معزول. اغلب احتمالات التلامس درست بمعانيات موضعية لمقاطع مختلفة على طول مبادل معزول. تم علاج المسألة بحل معادلتين تفاضليتين من نوع القطع الناقص كدالة للمحورين x, y لتوليد شبكة عقد ثلاث جميع الاشكال المطروحة بالبحث. استخدم نظام مطابقة احداثيات السطح لتوليد شبكة عقد منتظمة النثر ومتعامدة مع التخوم، استخدمت معادلات نافير ستوك ومعادلة الطاقة المؤلفة من حدود تفاضلية من الرتبتين الاولى والثانية في اكمال الحل بعد تحويل المعادلات الى نظام الاحداثي العمومي η و ξ باستخدام الجاكوبيا والتحويلات المترية. اكمل الحل عدديا باعتبار الجريان مستقر واستخدم لهذا الغرض معاملات ارخاء مناسبة ضمنت توفير الزحف محوريا لتغطية المبادل من المقطع الاول الى اقصى طوله بالانتفاع من معادلة الطاقة من نوع القطع المكافئ ليكون الحل شبة ثلاثي الابعاد. بينت نتائج المعاينة وجود دوامات مختلفة الشدة والتأثير عند تغير وضعية رص الانابيب والدوامات مؤلفة من تيارات مائع ساخنة تمزج الحرارة بين الانابيب وقوة مزجها يتناسب مع ضيقها لينتهي تأثيرها بسرعة مقارنة مع الاماكن الاضيق حيث التلامس مع الجدار المعزول. تبين ان الدوامات لا تتسبب في انعاش انتقال الحرارة مع زيادة عدد رايلي بالضرورة لاعتماد تأثيرها على شكل وموقع فسحات التلامس.

المقدمة

يتوصل جهد المهندسين على تحسن اداء المبادلات الحرارية لضمان وتلبية مطالب اداءها وتحديدا تعزيز قابليتها على نقل الحرارة بهدف التوصل للفائدة المثالية بما يتلائم مع كلفة تصميمها واداءها للواجب. لإنعاش انتقال الحرارة طرق مختلفة ابتداء من تغير تصميم المبادل الذي يبتكرها

المهندسين بتصاميم مختلفة الى التغير في اسلوب رص الانابيب (Antonopouls, 1987) واتجاه الجريانين الداخلي (Suditama et al., 2006; Gullbrand et al., 2005) والخارجي (Tzong-Shyan et al., 1989) وتأثير الموصلية ومساحة التبادل الحراري (Wui-wai, 2006; Dong et al., 1994)، هذا اضافة الى استغلال خصائص التدفق الصاخب للسوائل مع تعزيز اسطحها بالاجنحة (Arash et al., 2001) لتوليد صخب محوري محمول بالجريان العرضي بهدف تفريق طبقة الحد واستحصال نسب نقل حرارة عالية باستخدام قوة الطفو كما سيعتمد بالدراسة الحالية. سيوضح الدراسة تعزيز الحرارة المنتقلة من اسطح تلامس منظومة انابيب مسخنة داخل مبادل معزول بالدوامات الناتجة عن تأثير قوة الطفو على المائع الراكد بين فسحات الانابيب. الدراسة مشابه لموضوعات تأثير التباعدية المثالية في تحسين معدل انتقال حرارة بين الاسطوانات المتوفرة بالمصادر السابقة الذكر لكن الدراسة هنا مركزة على الرص المتلامس للاسطوانات والبحث على جميع اشكال الفسحات اذا تلاصقت الانابيب مع بعضها البعض داخل المبادل. نظراً للكلفة المترتبة على اجراء تجارب عملية نجد توجه عالمي للباحثين نحو استخدام الانظمة الرياضية المعرفة بانظمة ديناميكية السائل الحسابية الـ (CFD) لحل مسائل الجريان وانتقال الحرارة المعقدة والتي توفر انظمتها القدرة على اعطاء تصور تام عن ميكانيكية الجريان ونمو الطبقات المتاخمة بدون تكلفة مادية غير تطلب خبرة رياضية وحاسبات عالية السرعة لتنفيذ برامج حل المعادلات الجبرية بطرق عديدة مختلفة وهذا ما انجزه بالبحث الحالي إذ حلل الجريان واستخدم المعادلات الجبرية والطاقة بعد ان بسطت حدودها رياضياً بعدة فرضيات وحلت عددياً بالطريقة الصريحة في كل مقطع حل معادلة الدوامية وضمنياً عند الزحف بالاتجاه المحوري لحل معادلة الطاقة.

الأنموذج الرياضي

المسألة تتضمن دراسة تطور الجريان الثانوي بتأثير قوة الطفو بين منظومة انابيب متلاصقة الراص داخل مبادل مستطيل ومعزول الشكل (١). دراسة المسائل الهندسية تعالج رياضياً بعد تبسيطها باستخدام عدة فرضيات دون الاخلال بالحل العام للموضوع، بالنسبة لمسائل الجريان وانتقال الحرارة يمكن تبسيط المسألة باتباع الفرضيات التالية :-

١- الجريان طبقي ومستقر.

٢- المائع المتاخم نيوتوني ولا انضغاطي.

٣- درجة حرارة سطح الانابيب افترضت ثابتة على طول المبادل في حين افترضت سطح الوعاء الحاوي معزول حرارياً.

٤- تبدد للزوج والانتشارية الحرارية على سطح الانابيب اهملت.

٥- تغيير درجة الحرارة اهمل من جميع حدود المعادلات عدا الكثافة في حد الطفو.

المعادلات الحاكمة التي تجمع تأثير كل من الجريان وانتقال الحرارة تتضمن معادلة الاستمرارية، نافير ستوك والطاقة مع اسقاط عدة حدود بمساعدة الفرضيات السابقة (Hoffmann, 1989). بدء الحل باستخدام الصيغة الكارتيزية للمعادلات ونظراً للصعوبة المتعلقة بالتعامل مع حد الضغط واستخراج شروطها الحدية مع لا خطية المعادلات يتجه الباحثين الى ابعاد التعامل معها ضمناً اثناء الحل باستبدال العمل بدالة الجريان اذا امكن معالجة المسألة ببعدين مع كفايتها لتغطية المشكلة باستخدام التفاضل العكسي لمعادلتي الزخم في المقطع المدروس وطرحهما لغرض أختصارها الى معادلة نقل الدوامية مع التعويض عن مركبتي السرعة الافقية والشاقولية بدالة الجريان التي تحقق معادلة الاستمرارية بحيث كانت المعادلات اللازمة للحل بعد ادخال العوامل اللابعدية المعرفة بقائمة الرموز وترتيبها رياضياً ما يلي:-

$$U = \Psi_y \dots (1), \quad V = -\Psi_x \dots (2), \quad \Psi_{xx} + \Psi_{yy} = -\omega \dots (3)$$

$$\omega_{xx} + \omega_{yy} = Ra\theta_x \dots (4)$$

$$\theta_{xx} + \theta_{yy} = \Psi_y \theta_x - \Psi_x \theta_y + W\theta_z \dots (5)$$

(باعتبار f دالة عامة فان f_x و f_{xx} تشير الى تفاضل من الرتبين الاولى والثانية على التوالي نسبتاً للمحور x)

التعامل مع العديد من الاشكال الهندسية المعقدة بالتزامن ومعالجتها رياضياً يلزم توفير نوع من مرونة في التعامل مع المعادلات وشروطها الحدية عند تطبيقها قرب التخوم، تم هذا باستخدام نظام الاحداثيات العمومية التي تولد باستخدام نظام مطابقة احداثيات السطح عند تحويل احداثيات المسألة من المستوي الفيزيائي (X,Y) إلى المستوي العمومي (ζ, η). تحويل المعادلات من نظام الاحداثيات الفيزيائية الى نظام الاحداثي العمومي تم باستخدام الجاكوبيا والتحويلات المترية (Hoffmann, 1989):-

$$J = X_\zeta Y_\eta - X_\eta Y_\zeta \dots (6)$$

$$\zeta_x = Y_\eta / J \dots (7), \quad \zeta_y = -X_\eta / J \dots (8)$$

$$\eta_x = -Y_\zeta / J \dots (9), \quad \eta_y = X_\zeta / J \dots (10)$$

باستعمال f للإشارة إلى تحويل أي تفاضل من الرتبة الأولى إلى المستوى المحسوب فإن التحويل للمستوى العمومي ينشأ باستخدام المعادلتين التاليتين :-

$$f_X = (Y_\eta f_\zeta - Y_\zeta f_\eta) / J \quad \dots (11)$$

$$f_Y = (X_\eta f_\zeta - X_\zeta f_\eta) / J \quad \dots (12)$$

اما تحويل لابلاس فيعرف :-

$$\nabla^2 f = (\alpha f_{\zeta\zeta} - 2\beta f_{\zeta\eta} + \gamma f_{\eta\eta} + d f_\eta + e f_\zeta) / J^2 \quad \dots (13)$$

تعريف كل من $\gamma, \beta, \alpha, e, d$ متوفر بالمصدر (Gazing et al., 2006, Anderson et al., 1984). تحويل حد الحمل المتمثل بحاصل ضرب دالتين بتفاضلين متعاكسين بسط إلى الصيغة التالية:-

$$f_Y \cdot \varepsilon_X - f_X \cdot \varepsilon_Y = (f_\eta \cdot \varepsilon_\zeta - f_\zeta \cdot \varepsilon_\eta) / J \quad \dots (14)$$

ε تعبر عن أي دالة)، باستخدام المعادلات (١١) - (١٤) لتحويل المعادلات من النظام الفيزيائي

إلى النظام المحسوب فإن الصيغة العمومية للمعادلات اللازمة سيكون كالاتي:-

$$\nabla^2 \omega = Ra (\theta_\zeta Y_\eta - \theta_\eta Y_\zeta) / J \quad \dots (15)$$

$$\Omega = -\nabla^2 \Psi \quad \dots (16)$$

$$\nabla^2 \theta = (\Psi_\eta \theta_\zeta - \Psi_\zeta \theta_\eta) / J + \theta_z \quad \dots (17)$$

$$U = (X_\eta \Psi_\zeta - X_\zeta \Psi_\eta) / J \quad \dots (18)$$

$$V = -(Y_\eta \Psi_\zeta - Y_\zeta \Psi_\eta) / J \quad \dots (19)$$

حيث المعادلة (١٥) هي معادلة الدوامية، المعادلة (١٧) معادلة الطاقة، والمعادلتين (١٨) و

(١٩) تشيران إلى المركبتين الأفقية والشاقولية للسرعة.

الحل العددي يلزم توليد شبكة العقد وحل المعادلات جبرياً خلالها فيما بعد والذي تم

باستخدام معادلتين قطع ناقص المعرفة بالمصدر (Thomposon et al., 2006) و الشبكة وزعت

داخل التخوم بعد تعريف احداثيات سطح كل شكل رياضياً باستخدام المعادلات التالية:-

$$X_\Gamma = A_1 \sin \phi + A_2 \cos \phi \quad \dots (20)$$

$$Y_\Gamma = B_1 \sin \phi + B_2 \sin \phi \quad \dots (21)$$

المعاملات، A_1, A_2, B_1, B_2 تمثل دوال استخدمت لتحكم بتغير الأشكال الهندسية للمقاطع.

الشروط الحدية المستخدمة ستوصف رياضياً لتظهر بصورة تتوافق مع الوصف الفيزيائي

للمسألة بالصورة الكارتيزية وتلخيص تحويلها إلى المجال العمومي بعد تبسيطها كانت كما يلي:-

المستوي العمومي (ζ, η)	المستوي الفيزيائي (X, Y)	الموضع
$\left. \begin{aligned} U = V = \Psi = \theta_n \\ \omega = \gamma \Psi_{\eta\eta} / J^2 \\ \Omega = \alpha \Psi_{\zeta\zeta} / J^2 \end{aligned} \right]_{\Gamma}$	$\left. \begin{aligned} U = V = \Psi = \theta_n = 0 \\ \omega = -\Psi_{YY} \\ \omega = -\Psi_{XX} \end{aligned} \right]_{\Gamma}$	التلاصق مع المحتوي المعزول
$\left. \begin{aligned} U = V = \Psi = 0 \\ \omega = \nabla_{(\zeta, \eta)}^2 \Psi \end{aligned} \right]_{\Gamma}$	$\left. \begin{aligned} U = V = \Psi = \theta = 0 \\ \omega = -(\Psi_{XX} + \Psi_{YY}) \end{aligned} \right]_{\Gamma}$	فصالات بين الانابيب

لإكمال حل المسألة عددياً حولت الحدود التفاضلية الى الصيغة الجبرية باستخدام الفروق المحددة المركزية في معظم حدود المعادلات الحاكمة، لتحويل مشتقات الرتبة الأولى استخدم (Anderson et al., 1984) :-

$$f_{\zeta} |_{(i,j)} = \frac{f_{(i+1,j)} - f_{(i-1,j)}}{2\Delta\zeta} \dots (22),$$

$$f_{\eta} |_{(i,j)} = \frac{f_{(i,j+1)} - f_{(i,j-1)}}{2\Delta\eta} \dots (23)$$

اما تحويل الحدود التفاضلية من الرتبة الثانية فتم باستعمل :-

$$f_{\zeta\zeta} |_{(i,j)} = \frac{f_{(i+1,j)} - 2f_{(i,j)} + f_{(i-1,j)}}{\Delta\zeta^2} \dots (24),$$

$$f_{\eta\eta} |_{(i,j)} = \frac{f_{(i,j+1)} - 2f_{(i,j)} + f_{(i,j-1)}}{\Delta\eta^2} \dots (25)$$

$$f_{\zeta\eta} |_{(i,j)} = \frac{f_{(i+1,j+1)} - f_{(i-1,j+1)} - f_{(i+1,j-1)} + f_{(i-1,j-1)}}{4\Delta\zeta\Delta\eta} \dots (26)$$

التفاضل نسبياً الى المحور Z استخراج بالفرق الامامي وكما يأتي :-

$$f_{\zeta} |_{(i,j)} = \frac{f_{(i+1,j)} - f_{(i-1,j)}}{2\Delta\zeta} \dots (27),$$

$$f_{\eta} |_{(i,j)} = \frac{f_{(i,j+1)} - f_{(i,j-1)}}{2\Delta\eta} \dots (28)$$

$$f_z |_{(i,j)} = \frac{f^{z+1}_{(i,j)} - f^z_{(i,j)}}{\Delta Z} \dots (29)$$

اما تحويل الشروط الحدية فقد اعتمدت على موقع المقاطع حيث استخدم الفرقين الامامي والخلفي اعتماداً على موقع المقطع ليكون محاذاة تفاضل شبكة العقد دوماً الى الداخل. اكمل حل المعادلات عددياً من صيغتها الجبرية بعد اعادة ترتيبها ضمن المجال العمومي وكتابتها ببرنامج مكتوب بلغة الفورتران ٩٠ والمتضمنة توزيع شبكة العقد داخل تخوم الفسحة المطلوبة بعد توليد دوال التحويل اللازمة باستخدام طريقة كاوس سيدل النقطية. استخراج دالة الجريان بحل معادلة الانسياب (3) بطريقة الارخاء (Chen, 1979) لاستخراج دالة الجريان في الفجوات المحصورة

بين اسطح تلامس الانابيب المسخنة ثم حل معادلة نقل الدوامية (4) بطريقة الزحف الصريحة بعد جعلها دالة لتغير ببقية العقد. اخيراً معادلة الطاقة (17) اوجد من خلالها تغير درجة الحرارة عند الزحف محوريا لداخل المبادل بالطريقة الضمنية لتغطية تغير المتغيرات الفيزيائية بباقي العقد (Hoffmann, 1989).

المناقشة والنتائج

المسائل الهندسية المتضمنة سلوك الجريان وانتقال الحرارة يفضل دراستها باستعمال الاعداد اللابعدية لمرونة استجابتها لتغير الخواص الفيزيائية للوسط، استخدم هنا عدد رايلي للأشارة الى فرق درجة الحرارة وعدد نسلت للدلالة الى معدل الحرارة المنقلة. التأكيد من موثقية الانموذج الرياضي تمت مقدماً باستبدال حدود المعادلتين (4) و(5) إلى صيغة ثلاثم بحوث سابقة منشورة تتناول الجريان في فسحة مؤلفة من تلاصق اربع اسطوانات فكان توافق عدد نسلت في مدخل المحتوي لحالة ثبوت درجة حرارة السطح مع نتائج الدراسة العددية للباحث (Uzun, Uzun I. 2002) عند جريان مائع لا نيوتوني كما موضح بالجدول (1). استبدل بعدها الشرط الحدي للتخوم الى التوزيع المنتظم للفيض الحراري وبحث في تطابق النتائج مع دراسة (Dong et Dong Z. F. 1994) في اقصى طول المجرى لإعداد رايلي مختلفة فكان معدل نسبة خطأ ٨,٧٨٦% والنسبة معقولة نظرا لتحويل موقع الاستقصاء الى التشكيل الكامل بحيث ينسجم هدف الأنموذجين. بعد التأكد من المسار الصحيح لتنفيذ البرنامج استبدلت حدود المعادلات وشروطها الحدية من البرنامج الى الصيغة الحالية.

مبدئياً تأثير الشكل الهندسي للفسحات في تباين تغير معدل عدد نسلت في المدخل وضح بالشكل (٢). معاينة الجريان بالمقاطع تمت بصورة منفصلة ثم جمعت في مسافات متماثلة ووضعت بصورة منظومة توضح آلية الجريان وسلوكية الطبقة المتاخمة الحرارية خلال الفسحات، الصور تكفي وصف ميكانيكية الحركة التي تنتج اجمالاً بميكانيكية مستمرة تتضمن توالي تسخين ورفع المائع الاخف ونزول البارد الاثقل بالمنتصف وفيما يلي تفسير للمعنى الفيزيائي للرسم.

الأشكال من (٣) الى (٨) توضح كيف يدفع الانحدار الحراري الى تكوين دومات بتأثير قوة الطفو لتمزج المائع بين اسطح تلامس الأنابيب بمعدلات مختلفة اعتماداً على شكل المقطع وموقعة. فعندما $Z=0.0001$ الشدة الاعظم يكون للمقطع المحصور بين انبوبين والجدار الاقوي المشار اليها

بالفسحة D يليها الفسحة E المحصورة مع الجدار الشاقولي ثم قمة المبادل C ويليهما بالشدة الفسحات المحصورة بين ثلاثة أنابيب أي الفسحتين H و I في حين يكون الشدة بالزاويتين العليا والسفلى قليلة والاقل منها شدة الفسحة المحصورة بين اربع انابيب المتمثلة بالفسحة G و الجانبية الواسعة F. يلي هذا المقطع زيادة بشدة الدوامة من شدة التسخين خلال جميع المقاطع تدريجياً بالابتعاد عن المدخل وزيادة الشدة تختلف من مقطع لآخر وبصورة عامة يكون الشدة اعظم في الفسحات المحصورة بين اربع اسطوانات أي المقطع G الذي يبلغ ذروته عندما $Z=0.01$ والشدة تكون جيدة في قمة وقعر المحتوي المعزول في الوقت الذي يبقى الشدة ضعيفة خلال الفسحة F وزوايا المحتوي المعزول. يتلاشى شدة الدوامات بعد ذلك تدريجياً والتلاشي اسرع في الفجوات الاضيق وخصوصاً بالقعر والجدير بالأشارة الى ان شدة الدوامة في الفسحات الملامسة للجدار الشاقولي A,B,E,F حيث الدوامة تمزج باتجاه واحد تعادل ضعف قوة ازواج الدوامات المتساوية الشدة ومتعاكسة الاتجاه في الفسحات المتناظرة باشكالها الهندسية حول المنصف الشاقولي (الفسحات C,D,G,H,I). تأثير الدوامات السابقة الذكر هو دعم التبادل الحراري بين الجدار والمائع المتاخم لسطوح الانابيب. الجانب الأيسر من الرسوم السابقة تبين نمو الطبقة المتاخمة الحرارية الى داخل الفجوات بشكل حلقات عند إحاطته بالأنابيب المسخنة في حين تنمو باتجاه الجدار المعزول بالفسحات المتاخمة لمحيط المبادل، بتتبع نمو سمك الطبقة المتاخمة الحرارية نجد ان سرعة النمو تكون اعظم ما يمكن في الفسحات المحاطة بثلاثة انابيب المتمثلة بالفسحات H و I ثم زاويتي القمة A و القعر B اما الفسحات الجانبية فيلاحظ ان التشوه فيه يكون غير متناظر كنتيجة لتبادل الحراري من جانب واحد فقط في حين يستمر نزول المائع البارد ليبقى للجزء العلوي فقط تأثير والنمو يكون اسرع بالفسحة E مما هو عليه في F لكون سعة الفسحة اكبر. ثلاثي الانحدار الحراري او اكتمال النمو يكون بالفسحات المحاطة بثلاثة أنابيب أولاً ثم الزوايا العليا والسفلى فالتلامس مع الوعاء المعزول في حين يمتد تلاشي الطبقة المتاخمة في الفجوة E الى مسافة طويلة عن المدخل. تأثير الطبقة المتاخمة الحرارية في منع التبادل الحراري وضح من خلال تأثير عدد نسلت عندما $Ra=10^5$ نسبتاً إلى حالة التوصيل في المقاطع الستة المدروسة والمدونة بالجدول اسفل الرسوم السابقة ، مقدار التحسن او الانتعاش في عدد نسلت لكل مقطع على طول المبادل بتأثير الدوامات المزيلة للطبقة الحرارية يتمثل بالقيم الاكبر من ١ ، والقيم الاقل تنشأ عن سرعة تبادل الحرارة مع نقصان قيمته نتيجة لنقصان الانحدار الحراري بين المائع وتخوم الأنبوب، وبمقارنة القيم لنفس الاشكال

الهندسية مثل C و D والفسحة I مع H يتبين ان قابلية التوصيل تكون اقل بالاولى للحالتين على التوالي ورغم التباينات الموجودة فان القيم ستقرب من الواحد بكل الاحوال في منطقة تمام التشكيل. لأعطاً توضيح اكثر لتأثير الانحدار الحراري في شدة المزج يبين الرسوم التسعة التابعة للشكل (٩) تغيير عدد نسلت على طول المبادل حيث يظهر معدلات تحسن ونقصان واضحة في نسبة التبادل الحراري عن حالة الحمل القسري الموضح سابقا بالشكل (٢) حيث السلوك متشابه والاختلاف مقتصر على قيم عدد نسلت ليسجل الاختلاف الواضح للعيان عند اخذ تاثير قوة الطفو، فبالنسبة للمجري الملامسة لسطح المحتوي المعزول نجد تحسن جيد بالزاوية العليا (الفسحة A) لولا الاضطراب مع الاقتراب من عدد رايلي 10^8 لكن هذه الظاهرة لا تظهر بالقعر (الفسحة B) حيث يعزز الحرارة المتبادلة بمعدل كبير وعلى مسافة واسعة باستخدام مدى عالي من اعداد رايلي. المجري الثانوية في الفسخ بين الانبوبين و سطح المحتوي يختلف ايضا من موقع لأخر، ففي قمة المحتوي (الفسحة C) يكون تحسن عدد نسلت قليل وعلى مسافة ضيقة في حين التحسن يكون على مدى اوسع من المجري في القعر (الفسحة D) والجريان يضطرب، نفس شكل المقطع يولد زيادة ضخمة في عدد نسلت عند تماسه مع الجدار الشاقولي (الفسحة E) وهذه الزيادة تعتمد على شكل المقطع اذ تبين ان زيادة سعة المجري كما بالفسحة F يتسبب بنقصان عدد نسلت عن حالة الانتقال بالتوصيل كنتيجة لزيادة عدد الزوايا الضيقة الى اربعة تحصر بينها طبقة متاخمة بنفس درجة حرارة الانابيب تعيق تبادل الحراري مع المائع. ماسبق توضيحية يخص المقاطع المتاخمة للمحتوي المعزول، الفجوات الداخلية الثلاثة تتميز بتوفر امكانية التبادل الحراري مع كل التخوم. بالنسبة للفسحة G يكون الزيادة ممتازة بمعدل عدد نسلت والاضطراب ظهر ببلوغ عدد رايلي $10^6 * 2$ ، اما المقاطع المحاطة بثلاثة انابيب فتبين ان معدل تحسن كبير سيتضمنه الفسحة H في حين ستكون العملية معاكسة خلال الفسحة I حيث يتناقص عدد نسلت مع زيادة عدد رايلي كنتيجة لوجود الزاوية المستدقة في القعر ومجاورته لطبقة متاخمة ضعيفة الانحدار الحراري مع المائع الجاري خلاله.

الاستنتاجات

يستنتج من الدراسة ان للدوامات الناشئة عن قوة الطفو تأثيرات مميزة تختلف بتغير شكل وموقع الفسحات المعتمد على اسلوب رص الانابيب داخل المبادل الحاوي لها اذ يتغير شكل الفسحات ومواقع الزوايا المستدقة وبالتالي موقع الشدة العظمة للجريان نسبتا للمدخل، ان تأثير

الدوامات بين الفسحات يختلف بصورة جذرية من عملها على رفع اداء المبادلات الى التسبب بتآكل وتشقق الاسطح الملامسة عند تعرضها الى تيارات جريان عرضية على الجريان المحوري يصل شدتها الى مرحلة الاضطراب ليتسبب بانهيار مدخل المبادل مع الوقت كنتيجة لتولد شقوق على سطح الانابيب مع تأثير تمدد وانكماش المبادل في مسافات ومواقع تختلف بتغير شكل الفسحة.

الاقتراحات

إن التحليل النظري للدراسة هنا يخص مواع عالية اللزوجة لكن تحليل الجريان لموائع اخف ممكنه باستخدام طريقة $k-\epsilon$ حيث ستكون للدوامات الناشئة تأثير اشد وصخب الجريان يولد عند اعداد رايلي اقل ودراسة تأثير سلوك الدوامات وهبوط الضغط في الفسحات حسب اشكلها ومواقعها يمكن توضيحها بدراسات مستقبلية.

References

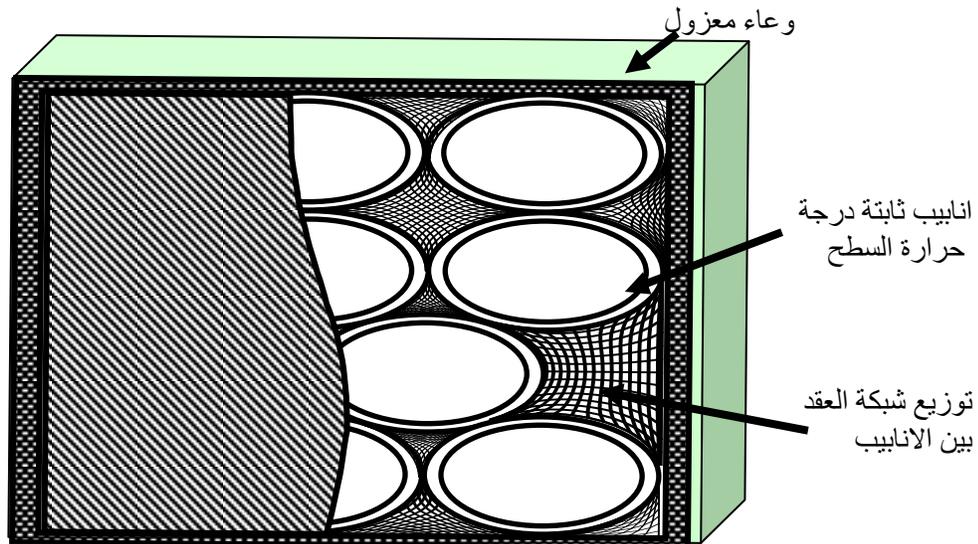
- Anderson, D.A., Tannehill, J.C., Pletcher, R.H., (1984): Computational Fluid Mechanics And Heat Transfer, Hemisphere Publishing Corporation, United States of America, p21, p45.
- Antonopoulos, K. A., (1987): Pressure drop during laminar oblique flow through in-line tube assemblies, Int. J. heat mass transfer, Vol. 30, No. 4, pp. 673-681.
- Arash, S., Bengt, S., (2001): A numerical investigation of heat transfer enhancement in offset strip fin heat exchangers in self-sustained oscillatory flows, International journal of numerical methods for heat & fluid flow, Vol.11 , No.7 , pp 699-716.
- Bahaidarah, M. S., Anand, N. K., (2005): A numerical study of fluid flow and heat transfer over a bank of flat tubes, Numerical heat transfer, Part A, 48: 359-385.
- Chuen-Yen C., (1979): An introduction to computational fluid mechanics, John Wily & Sons, Canada, p280.
- Dong, Z. F. and Ebadian, M. A., (1994): Mixed convection in the cusped duct, J. heat transfer, Vol. 116 ,P.P.250-253.

- Gazinga F. and Ali L., (2006): Numerical Study Of bouncy effect in the entrance region of reactor fuel rods arranged in square array, Association of Arab universities, Journal of engineering, No.1 , Vol.13, pp.89-120.
- Gullbrand J., Balantrapu, K. and Wirtz, R.A., (2005): Thermal characteristic of open lattice structures used as heat exchanger surface, American institute of Aeronautics and Astronautics ,AIAA -2005-0185.
- Hoffmann, A., (1989): Computational Fluid Dynamics for Engineering, Austun Texas, p167, p169, p307, p477.
- Li, T., Deen, N.G. and Kuipers, A.M. ,(2003): Numerical study of hydrodynamics and mass transfer of in-line fiber array in laminar cross-flow, 3rd Int. conference on CFD in the Minarals and Process Industries, CSIRO, Melbourne , Australia. P.P. 87-92, 10-12 December.
- Suditama, S., Megat,M.H., Megat, A., Shamsuddin, S., Nor, M.A. ,(2006): Experimental and Numerical analysis heat transfer characteristic of tubes arrangement immersed in thermal energy stroge material, Sudan Engineering Society jornal, January, Vol. 52, No.45, 2006.
- Thompson, J. F. and Warsi, Z. U. A., (1985): Numerical grid generation, foundations and applications, University of Edinburgh, Mississippi State, p320.
- Tzong-Shyan, W., Ching, J. C., (1989): Finite analytic solution of convective heat transfer for tube array in crossflow: Part I-Flow field analysis, Journal of heat transfer, Vol.111, P.P. 633-648, August.
- Uzun, I., (2002): Heat transfer to a power-law fluid in arbitrary cross-sectional ducts, Turkish Journal of engineering environment and science, Vol. 26, pp.7-14.
- Wui-Wai, C., (2006): Enhancing the heat transfer performance of compact heat exchanger by minimizing the contact resistance between fns and tubes, PhD. Thesis, New South Wales University.

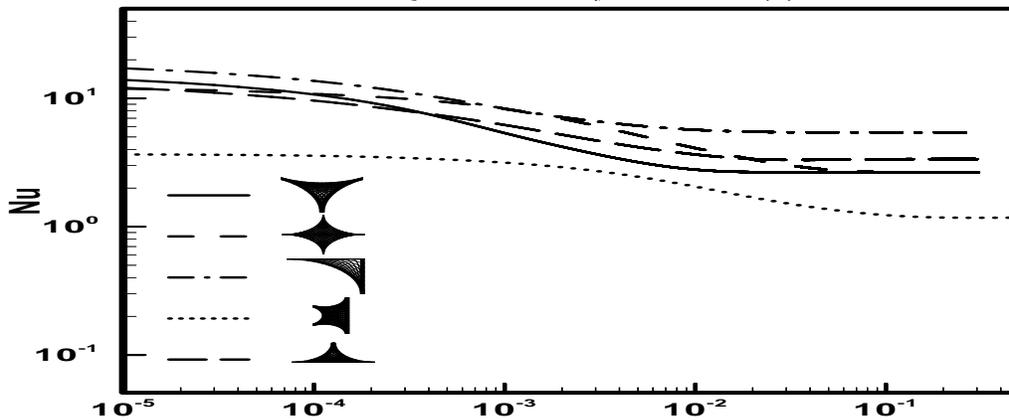
الملاحق

جدول (1) مقارنة موثقية نتائج البرنامج المعد مع نتائج المصدر [14] لحالة اربع انابيب متلاصقة (الفسحة G)

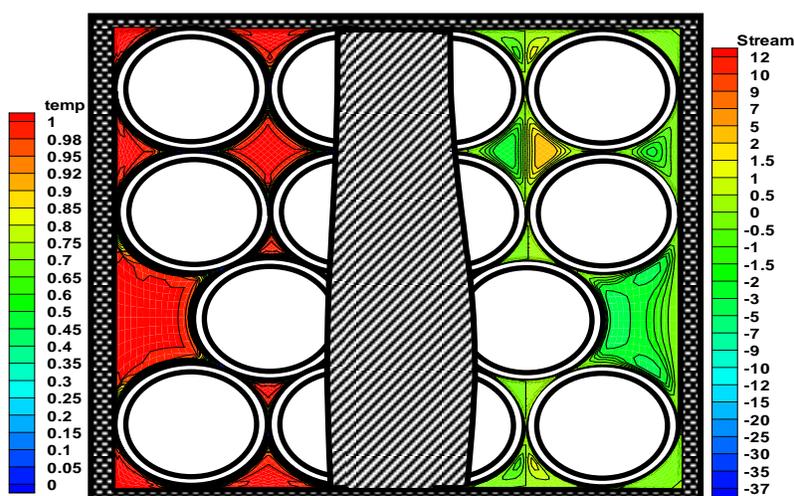
عدد نسلت Nu		المسافة اللابعدية عن المدخل Z
الباحث Uzun I.	الدراسة الحالية	
12.725	12.845	$6.05 * 10^{-6}$
9.2064	10.66	$1.121 * 10^{-4}$
5.2554	6.982	$1.11 * 10^{-3}$
2.2847	3.451	0.01252
1.2505	1.664	0.1024
1.1569	1.185	0.51915
1.1586	1.172	0.9995



شكل (1) تمثيل فيزيائي للمسألة وموقع الفسحات خلاله



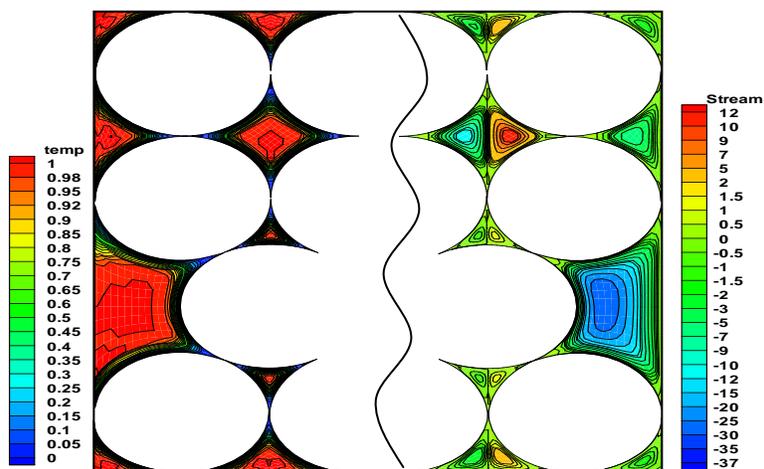
شكل (2) تأثير شكل فسحات التلامس في تغير عدد نسلت على طول المجرى دون دوامات



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
ψ_{max}	0.0034	0.0034	0.6608	0.7575	0.6800	0.0002	0.0001	0.3938	0.3963
θ_{max}	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Nu/Nu_f	1.0011	1.0000	0.9989	1.0011	1.0019	1.4717	1.3905	1.0168	0.9888

شكل رقم (٣) تأثير مواضع واشكال فسحات التلامس في سلوكية وشدة الجريان الثانوي والطبقة

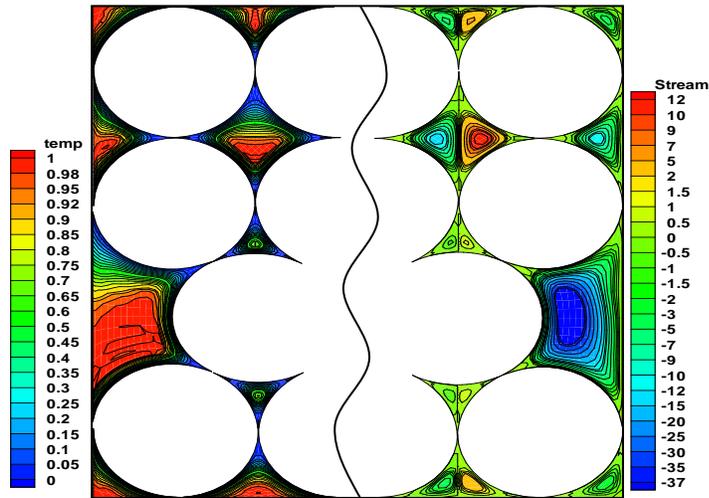
المتأخمة الساخنة داخل المحتوي، المقطع $z=0.0001 * Ra * Pr$



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
ψ_{max}	0.0307	0.0290	2.4445	2.2049	0.0639	0.4114	0.0639	1.3098	1.2995
θ_{max}	1.0000	1.0000	1.0000	1.0003	1.0001	1.0000	1.0000	0.9977	0.9965
Nu/Nu_f	1.0275	1.0247	0.9869	1.0173	1.0415	1.0322	0.9775	1.4459	0.9578

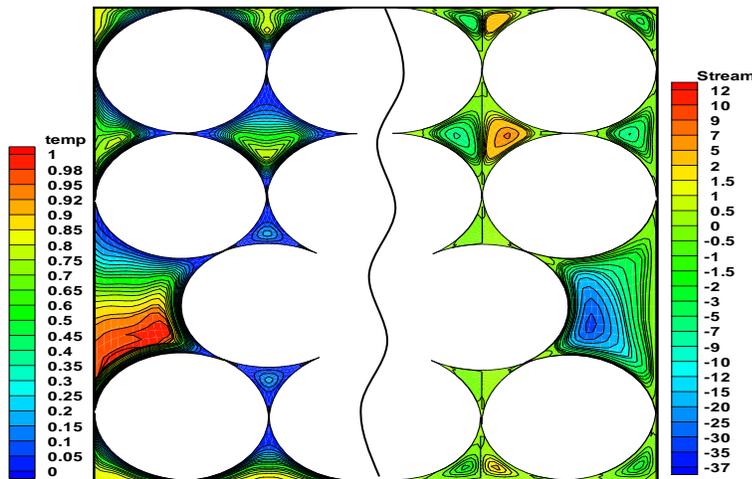
شكل رقم (٤) تأثير مواضع واشكال فسحات التلامس في سلوكية وشدة الجريان الثانوي والطبقة

المتأخمة الساخنة داخل المحتوي، المقطع $z=0.002 * Ra * Pr$



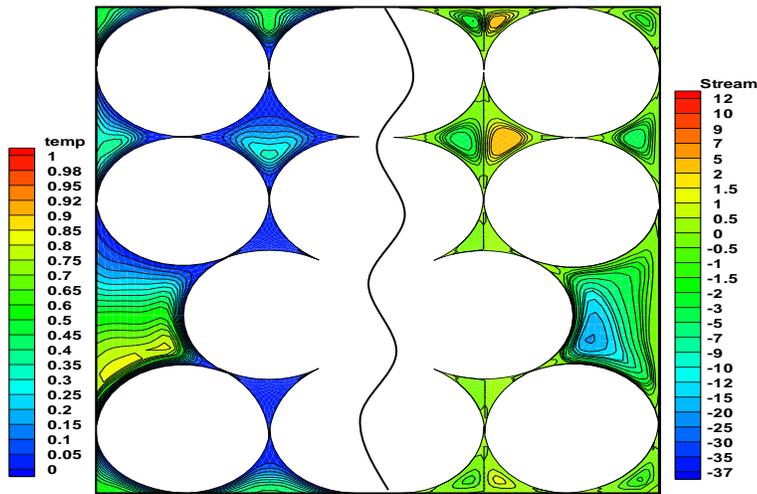
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Ψ_{\max}	0.0485	0.0404	3.8824	2.2536	0.2368	0.4824	13.6454	1.0964	0.9849
θ_{\max}	0.9909	0.9916	0.9562	0.9740	0.9999	1.0000	1.0000	0.6858	0.6995
Nu/Nu_f	1.1877	1.1465	0.9767	1.1371	1.3591	0.5703	1.2613	1.2775	0.8302

شكل رقم (5) تأثير مواضع وأشكال فسحات التلامس في سلوكية وشدة الجريان الثانوي والطبقة المتأخمة الساخنة داخل المحتوي، المقطع $z=0.01*Ra*Pr$



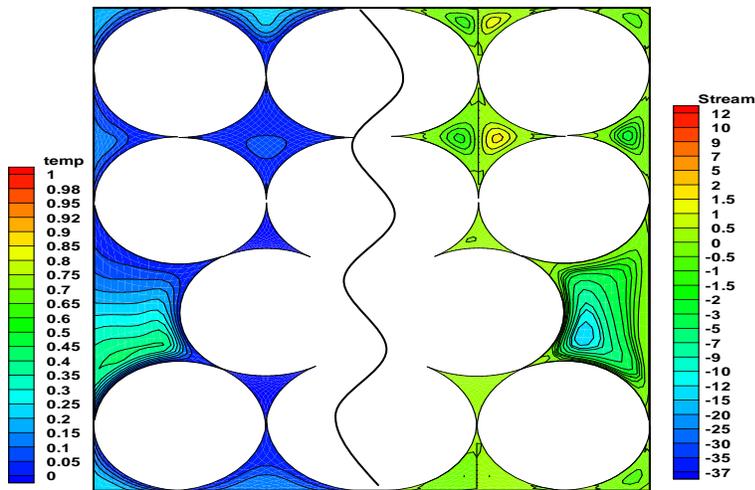
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Ψ_{\max}	0.0436	0.0321	2.6279	1.2082	0.1581	0.4747	7.1598	0.2623	0.2468
θ_{\max}	0.8129	0.8460	0.6326	0.6569	0.7797	1.0000	0.7998	0.1698	0.1661
Nu/Nu_f	1.4003	1.2678	1.0451	1.2776	1.6498	0.4628	1.8034	1.1580	0.8782

شكل رقم (6) تأثير مواضع وأشكال فسحات التلامس في سلوكية وشدة الجريان الثانوي والطبقة المتأخمة الساخنة داخل المحتوي، المقطع $z=0.03*Ra*Pr$



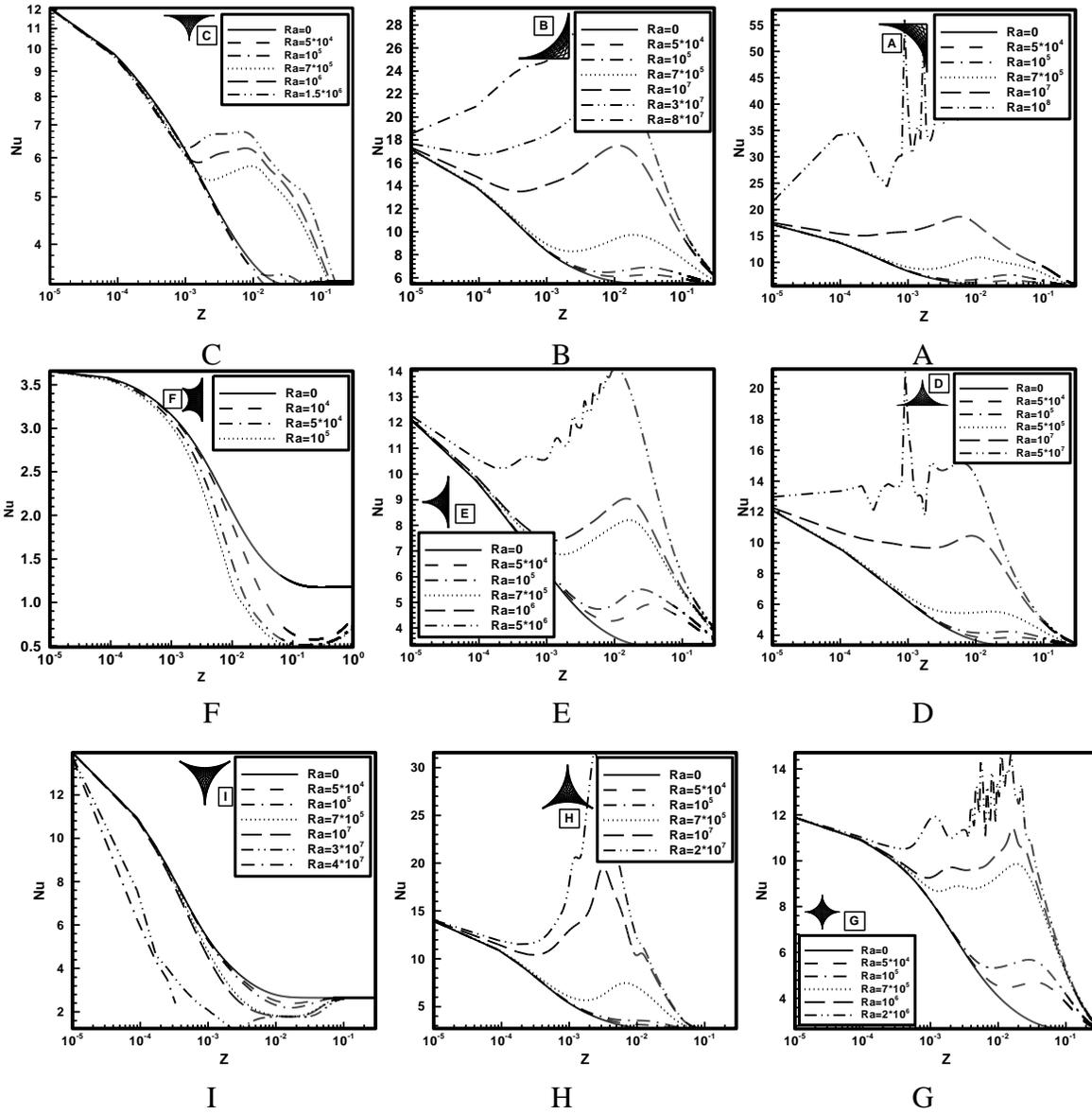
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Ψ_{\max}	0.0250	0.0214	1.2058	0.5563	0.0962	0.3912	4.2239	0.0155	0.0151
θ_{\max}	0.4749	0.5379	0.2936	0.2410	0.3809	0.8470	0.3226	0.0096	0.0094
Nu/Nu_f	1.2763	1.2088	1.0382	1.1945	1.4671	0.4219	1.6561	1.0116	0.9888

شكل رقم (7) تأثير مواضع واشكال فسحات التلامس في سلوكية وشدة الجريان الثانوي والطبقة المتأخمة الساخنة داخل المحتوي، المقطع $z=0.07*Ra*Pr$



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Ψ_{\max}	0.0096	0.0098	0.2542	0.1161	0.0363	0.2271	1.6546	0.0001	0.0001
θ_{\max}	0.1954	0.0421	0.0776	0.0000	0.1224	0.0001	0.0732	0.0001	0.2301
Nu/Nu_f	1.1035	1.0971	0.9186	1.0731	1.2625	0.4329	1.1969	1.0000	1.0000

شكل رقم (8) تأثير مواضع واشكال فسحات التلامس في سلوكية وشدة الجريان الثانوي والطبقة المتأخمة الساخنة داخل المحتوي، المقطع $z=0.15*Ra*Pr$



شكل (9) تأثير مواقع واشكال الفسحات في استجابة عدد نسلت لتعزيزها بعدد رايلى الى مرحلة صخب الجريان

قائمة الرموز

المعنى	الرمز
معاملات تحويل للمستوي العمومي	$\alpha, \beta, \gamma, d, e$
دوال رياضية ولدت تخوم الشبكة اعتمادا على الشكل الهندسي لكل مقطع	A_1, A_2, B_1, B_2
قطر هيدروليكي	d_h
دالة	f
السطح العلوي والسفلي للوعاء المعزول	H
موقع العقد	i, j
السطح الأيمن والأيسر للوعاء المعزول	L
عدد نسلت hd_h/k	Nu
عدد رايلي $g\beta_T d_h^3 (T_i - T_w) / \nu \alpha_T$	Ra
انتشارية حرارية	α_T
معامل التمدد الحراري	β_T
مركبتي السرعة الأفقية ud_h/α_T والشاقولية vd_h/α_T	U, V
سرعة المائع بالاتجاه المحوري	W
المحاور الكارتيزية x/d_h و y/d_h	X, Y
تخوم الفسحات	Γ
المحاور العمومية	η, ζ
درجة الحرارة $\theta = (T - T_T) / (T_i - T_T)$	θ
زاوية دوران للزاوية المستدقة	φ
دالة الجريان اللابعدية	Ψ
الدوامية اللابعدية	Ω
دالة الجريان	ω

Effect of Gaps Shapes between System of Hot Tubes in Entrance Region of an Isolated Container

Gazinga F. Abdullah*

khawlah A. Mustafa**

*Department of Refrigeration&air-cond
college of technical/Erbil

** Department of mathematic
College of Science- University of Kirkuk

Accepted: 4/1/2011,Received: 2008/7/20

Abstract

In this article, a numerical study achieved to show the secondary flow behavior inside narrow gaps having complex shapes. The gaps are forming from a system of hot tubes compacted inside insulated container. All the possibilities of contact studied by local views for different sections along the container. The flexible grid generated by two differential equations in elliptic form which was suitable for all the complex sections presented in this study. Boundary fitted coordinate system used to distribute the grid orthogonally with all surfaces of contact. Niaver-Stocke equations together with the energy equation used to complete the solution after changing its first and second degree of partial derivative terms to computational domain using the Jacobia and metric transformations. Numerical solution completed with a steady flow assumption, for this purpose, a reasonable relaxation factors used to insurance axial slipping along the container benefiting from the parabolic form of energy equation. The local patterns show inequality in the effect and intensity of vorticity depending on the shape and location of the gaps. Vorticity generate from a hot streams, it mixing the heat between the tubes and its intensity agree directly with the gaps narrowing so that it disappear more rapidly compared with other gaps which contact with isolated wall. Finally, the results clear that Vorticity would not cause in enhancing in heat transfer coefficient directly with Rayliah number because its intensity depend on the shapes and locations of the gaps inside the container.