المساهمة في الدراسة النظرية للتحويلات الحرارية الممزوجة مع تدفقات السوائل في أنبوب حلقي ثابت ودّوار يخضع لتدرج درجة الحرارة

الملخص:

هذا العمل هو محاكاة عددية ثلاثية الأبعاد للحمل الحراري القسري والمختلط (Gr=0 , e3<Gr<e4) لسائل (ماء مقطر عند Pr = 8.082) يتميز بخصائص فيزيائية تتغير مع درجة الحرارة (اللزوجة و الناقلية الحرارية). هذا السائل محصورة بين أسطوانتين أفقيتين في حالة دوران من النوع (دوار-ساكن) خاضع للفرق في درجة الحرارة المفروض على الأسطح الجانبية للأسطوانتين الداخلية والخارجية (T_o=100°, T_i = 200°) على التوالي. الأسطوانتين مغلقتين عند كلا الطرفين بجدارين ثابتين وكظومين.

تم استعمال طريقة الحجم المحدود لتقدير معادلات الحفظ التي تحكم هذا التدفق بالإضافة إلى الشروط الابتدائية والحدية. وتم استخدام مخططات التقدير من الدرجة الثانية مثل مخطط

Adams- Bashforth ونظام الاختلاف المركزي الضمني تماما .

تتم معالجة اقتران السرعة و الضغط باستخدام خوارزمية SIMPLER ويتم حل أنظمة المعادلات الجبرية التي تم الحصول عليها بشكل تكراري بواسطة طريقة TDMA (خوارزمية المصفوفة ثلاثية الأبعاد) مع اضافات خوارزمية توماس.

وأظهرت نمذجة المعادلات (الاستمرارية، انحفاظ كمية الحركة وكذلك معادلة الطاقة) أرقامًا لا بعدية والتي ستكون المعاملات الأساسية التي تتحكم في حل المشكلة، وهي **عدد تايلور (Ta)** الذي يعكس قوى الدوران الديناميكية المطبقة على السائل داخل الفضاء الحلقي، **رقم برانتل (Pr)** وهو سمة من سمات السائل وأخيرًا رقم **ريتشاردسون (Ri)** الذي يحدد تأثير القوى الحرارية مقارنة بالقوى الديناميكية للدوران المطبقة على السائل.

تم تحقيق النتائج في ثلاث مراحل مع دراسة حول التأثير الهندسي في الجزء الأخير منها.

الجزء الأول هو دراسة للحمل القسري (Gr = 0) أين تأثير الطفو غير موجود و بالتالي سيادة ديناميكية كبيرة، كما أدى تغير سرعة دوران الأسطوانة الداخلية (284.4<Ta <2559.6)إلى ظهور أنظمة موائع مختلفة، والتي تنتقل من النظام الرقائقي (Ta = 284.4) الى نظام رقائقي مع وجود خلاياEkman في الأطراف حيث القريبين من الأسطوانة الداخلية هم أصغر حجما ومنظمين جدا من أولئك القريبين من الأسطوانة الخارجية.

خطوط الحرارة مرتبة على شكل خطوط متوازية من الأسطوانة الداخلية الى الخارجية. باستثناء الأطراف أين توجد خلايا Ek ، في هذا الموضع يوجد حد أقصى للانتقال الحراري المحلي (Nu_a=2.42) ،الى النظام الرقائقي توجد الخلايا التي تطورت من الأطراف الى المركز مع تناسق كبير بين فجوتي الأسطوانة و طول

المحور (* Z) ، بهذه السرعة تصبح القوى الديناميكية أو الطرد المركزي أقوى من قوى الحرارية أو قوى الجذب التي لا يمكنها أن تمنع عدم الاستقرار الميكانيكي، خطوط الحرارة تتطور من خطوط متوازية الى الشكل المتموج داخل الفجوة.

يزداد التبادل الحراري مع تطور الخلايا الذي يمر من (Nu= 5.7345, Nu=8.8246 الى Nu=11.2887) مع زيادة سرعة الأسطوانة الداخلية يتم الوصول الى حالة عدم الاستقرار الأولى(Ta_{c1} = 2024.4) حيث تكون الخلايا منظمة جيدا و من هنا جاء اسم (TVF) ، خطوط الحرارة متموجة داخل كل الفجوة و بنفس الحجم (طول وعرض)، النقل الحراري المحلي في أقصاه

(Nu_a = 12.8460)، مع زيادة سرعة دوران الأسطوانة الداخلية حتى حصول ثاني عدم الاستقرار حيث تميل الخلايا فيما بينها من المركز باتجاه الأطراف مما يخلق موجات و من هنا جاء اسم (WVF). لا تزال خطوط الحرارة متموجة داخل كل الفجوة الهوائية لكن ليست بنفس الحجم و التي موجودة في المركز أرق من البقية مع ملاحظة انخفاض في النقل الحراري (Nu=12.4681).

الجزء الثاني هو دراسة الحمل الحراري المختلط ($Gr \neq 0$) حيث يوجد تأثير القوتين الديناميكية و الحرارية، تغير هاتين القوتين (1<Ri <6.25)، (505.6 <Ta <2559.6) يعطي أنظمة مختلفة والتي صُنفت وفقا للسيادة الحرارية ؛

عند تأثير الطفو (الضعيف والمتوسط) يوجد تطور ضعيف لخلايا الدوران المضاد عند مستوى الفجوة الداخلية وبالتالي السيادة الحرارية، بينما تطور الخلايا فهو من الأطراف إلى المركز حتى يحصل تناظر كبير في المستويين (r^*,θ) و (r^*,z^*) على مستوى الفجوة العلوية للأسطوانة وبالتالي هناك سيادة ديناميكية. تم الحصول على عدم الاستقرار الأول عند (Ta_{c1} = 2559.6, R_i = 0.1234), تتطور خطوط الحرارية من حالة الترتيب الطبقي إلى الشكل التموجي ، يكون النقل الحراري (Nu_a=17.8658).

بينما بالنسبة لتأثير قوى الطفو (4<R_i<6.25, 505.6<T_a<2559.6) لا يوجد تطور للخلايا ولا حتى خلايا Ekبالأطراف ، في هذه المرحلة يكون للسائل حركة شبه ثابتة أو ضعيفة جدًا اذن هناك سيادة حرارية ، فتكون الخطوط الحرارية مرتبة بشكل طبقي مع فراغ يفصل بينها هذا بالنسبة للفجوة العلوية ، أما الفجوة السفلية فالخطوط الحرارية تكون بالقرب من الأسطوانة الداخلية مع وجود فراغ بالقرب من الأسطوانة الخارجية ،و ينخفض الانتقال الحراري في هذه المرحلة

الى Nu = 12.7613.

كانت الدراسة الأخيرة حول التأثير الهندسي، حيث تم الوصول إلى عدم الاستقرار الأول بسرعة أكبر مع انخفاض نسبة الأبعاد المتزنة وفي نفس الوقت هناك انخفاض في زوج الخلايا

(Γ=37.361 a Ta_c=2851.9/ Γ=18.680 a Ta_c=2559.6) / Γ=4.670 a Ta_c=2022.4),

(28 زوجًا ، 13 زوجًا و 3 أزواج) على التوالي ، بينما في حالة نسبة نصف القطر ، يتم الوصول إلى عدم الاستقرار الأول بسرعة أكبر مع زيادة نسبة نصف القطر

(η=0.627 a Ta_c=2851.9/ η=0.727 a Ta_c=2559.6/ η=0.827 a Ta_c=2022.4)

على التوالي وبنفس عدد خلايا الدوران المضاد وهو 19 زوجًا.

الكلمات المفتاحية:

الأسطوانتين الأفقيتين في حالة دوران، تركيب من شكل دوران داخلي، خلايا بدوران مضاد، الحمل الحراري المختلط، الاعتماد الحراري على الخصائص الفيزيائية، محاكاة رقمية، التناظر في المستويين (r^*,z^*), (r^*,θ) ، عدم استقرار الأول Ta_{c1}،