

## بررسی عددی انتقال حرارت جابه جایی اجباری در کانالهای

### غیر دایروی در منطقه ورودی مرکب با رژیم جریان آرام

محمد امین کاراندیش

کارشناس ارشد مهندسی مکانیک

[amin.Karandish@yahoo.com](mailto:amin.Karandish@yahoo.com)

محمد حسن جوارشکیان

دانشیار-دانشگاه تبریز، دانشکده مهندسی مکانیک

[djavaresh@Tabrizu.ac.ir](mailto:djavaresh@Tabrizu.ac.ir)

#### چکیده:

برای کانالهای دایروی و کانالهای با صفحات موازی هستند. اخیراً [6] Garmella عبارات تجربی را برای کانالهای چهارگوش توسعه داده است. داده‌های دیگر برای مقاطع چهارگوش، دایروی و صفحات موازی در [8] London, Shah و [9] Kakac موجود است.

#### ۲. معادلات اساسی و الگوریتم حل

در مختصات کارتزین، معادلات حاکم برای یک سیال غیرقابل تراکم با خواص ثابت در یک منطقه ورودی برای گرمای عبارتند از:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} + v \left( \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \alpha \left( \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (3)$$

که گرادیان فشار می‌تواند به صورت زیر نوشته شود:

$$-\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} = u_c \frac{du_c}{dz} \quad (4)$$

$u_c = u(x)$  سرعت هسته غیرلزج است. معادلات بالا برای شرایط بدون لغزش  $u_{wall} = 0$  است.

در مقاله حاضر تحلیل عددی جریان و انتقال حرارت در یک کanal مربعی و یک کanal با صفحات موازی برای اعداد پرانتل مختلف در منطقه ورودی مرکب در شرایط مرزی دیواره شار ثابت انجام شده است. جریان تحت تحلیل، آرام است. اعداد نوسلت محلی با استفاده از ریشه دوم سطح مقطع  $\sqrt{A}$  به عنوان بعد مشخصه، تعیین می‌شود: با این کار تأثیر شکل به روی عدد نوسلت کمینه می‌شود. در انجام این بررسی از روش حجم محدود بهره گرفته شده است، جواب‌های بدست آمده با نتایج تجربی موجود در ادبیات فن تطابق خوبی دارد.

**کلمات کلیدی:** جابه جایی اجباری، جریان آرام، کanal مربعی، کanal با صفحات موازی، عدد نوسلت

#### مقدمه:

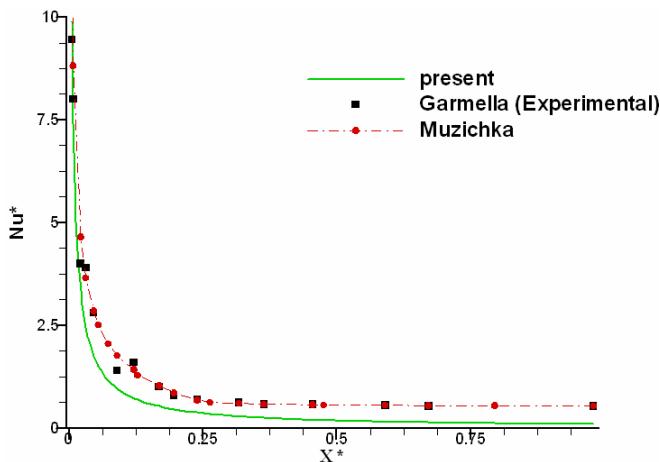
انتقال حرارت در منطقه ورودی مرکب در کانالهای غیر دایروی از اهمیت خاصی در طراحی مبدل‌های حرارتی فشرده برخوردار است. در این کاربردها کانالها عموماً کوتاه هستند و معمولاً تشکیل شده از سطح مقطع‌های مثلثی و چهارگوش علاوه بر لوله‌های دایروی و صفحات موازی هستند. همچنین، به واسطه کاربرد گستردگی، عده‌های پرانتل سیال بین  $0.1 \leq Pr \leq 1000$  تغییر می‌کند که رنج زیادی از سیالات را در بر می‌گیرند. یک مرور بر مقالات مشخص می‌کند که تنها مدل‌های در دسترس برای پیش‌بینی انتقال حرارت در منطقه ورودی توسط [2,3] Churchill برای کانالهای دایروی و [5] STEPHAN و [4] Baehr

## نتایج:

در این بررسی، جریان و انتقال حرارت در دو کانال با سطح مقطع مربعی و کانال با صفحات موازی، با استفاده از یک الگوریتم فشار مبنا و روند حجم محدود مورد تحلیل قرار گرفت. عدد پرانتل سیال موردنظر با مقادیر  $10, 83$  و  $100$  متغیر است و دیوارهای کانال تحت شار حرارتی ثابت قرار دارند. در اینجا کانال با صفحات موازی به شکل کانالی با سطح مقطع چهارگوش که در آن  $\text{Pr} = 10$  در نظر گرفته شده است، که نسبت عرض به طول سطح مقطع چهارگوش است، بعد مشخصه طول ریشه دوم مساحت سطح مقطع در نظر گرفته می‌شود و  $Nu^*$  و  $x^*$  به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$Nu^* = \frac{h\ell}{k} \quad \ell = \sqrt{A} \quad x^* = \frac{x/\ell}{Re_L \text{Pr}} \quad Re_L = \frac{u\ell}{v}$$

در شکل ۱، نمودار  $Nu^*$  بر حسب  $x^*$  برای کانال با صفحات موازی دیده می‌شود و در شکل ۲، نمودار  $Nu^*$  بر حسب  $x^*$  برای کانال با سطح مقطع مربعی قابل مشاهده است که هر دو نمودار برای سیالی با عدد پرانتل  $\text{Pr} = 10$  رسم گردیده است.

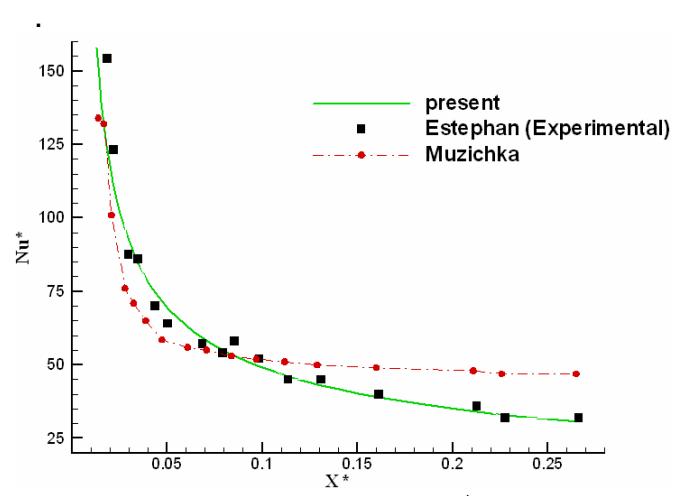


شکل ۲- نمودار  $Nu^*$  بر حسب  $x^*$  برای کانال با سطح مقطع مربعی ( $\text{Pr} = 10$ )

همان گونه که از نمودارها مشخص است، نتایج به دست آمده از حل عددی با نتیج موجود در ادبیات فن همخوانی دارد؛ بنابر این میتوان مدعی شد که مدل مورد استفاده در این شبیه سازی جهت تعیین ضریب انتقال حرارت سطح و نوسلت محلی، مدلی مناسب و کارا میباشد.

## مراجع:

- [1] Muzichka,Y.S, and Yovanovich ,M.M.,2004,"Laminar Forced convection Heat Transfer in the combined Entry Region of Non-Circular Ducts."
- [2] Churchill,S.W.,and Ozoe,H.," Correlations For Laminar Forced Convection with Uniform Heating in Flow Over a Plate and in Developed Flow in a Tube,"ASME J.Heat Transfer,95,pp.78-84.
- [3] Churchill,S.W.,and Ozoe,H.," Correlations For Laminar Forced Convection with Uniform Heating in Flow Over a Plate and in Developed Flow in an Isothermal," ASME J.Heat Transfer,95,pp.416-419.
- [4] Beahr, H., and Stephan, K.,1998, Heat Transfer, Springer-Verlag.
- [5] Stephan,K.,1999,"Wärmeubergang und Druckabfall bei Nisch Ausgebildeter Laminar Stromung in Rohren und in Ebenen Spalten,"Chem-Ing-Tech, 31, pp.773-778
- [6] Garmella, S., Dowling, W.J., Van derveen, M., Killion, J., 2000,"Heat Transfer Cofficients for imultaneously Developing Flow in Rectangular Tubes," Proceedings of the 2000 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Vol. 2, pp.3-11.



شکل ۱- نمودار  $Nu^*$  بر حسب  $x^*$  برای کانال با صفحات موازی ( $\text{Pr} = 10$ )