



شبیه سازی و طراحی حرارتی و هیدرولیکی مبدل های حرارتی سه جریانی صفحه ای فین دار براساس روش

انتخاب سطوح ثانویه و بهینه سازی آن با استفاده از الگوریتم ژنتیک

محمد کلهر^۱ - مهرانگیز قاضی*^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، قزوین، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، قزوین، ایران

mo.kalhor4620@gmail.com

چکیده:

مدلسازی ترمودینامیکی و هیدرولیکی مبدل های چند جریانی در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است و در ادامه مدلسازی اقتصادی این نوع مبدل ها ارائه شده و در انتها بهینه سازی هزینه سالیانه انجام شده است در این پژوهش از مبدل های حرارتی صفحه ای پره دار با پره نواری استفاده شده است که تعدادی جریان به صورت متقاطع با یکدیگر به تبادل حرارت می پردازد روش حل نیز بر مبنای یکنواخت سازی حرارتی کلیه جریان های موجود است پس از مدل سازی بهینه سازی با پارامترهای ورودی طول، عرض، و گام فین و تابع هدف هزینه نهایی سالیانه با روش الگوریتم ژنتیک انجام می گردد و در انتها نتایج بدست آمده با نتایج مقالات مرجع مشابه مقایسه می گردد.

کلید واژگان: فین، پره، مبدل، سه جریان

Three Stream Plate Fin Heat Exchangers Simulation and Design Using Secondary Surface Selection Method and Optimization with Genetic Algorithm

Mohammad Kalhor¹ - Mehrangiz Ghazi²

¹ *MSc Student, Department of Mechanical Engineering, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran*

² *Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran*

Abstract:

Today, the electricity production is the most important part of energy production in industries and accounted for in this way, optimize the energy consumption and power plants could be helpful for the energy savings. One of the most important parts of plants is design and construction of the turbines, including hydraulic turbine, steam, nuclear and wind. The plant is designed as the most important issue is considered. One of the most important parts of plants is design and construction of the turbines, including hydraulic turbine, steam, nuclear and wind. The plant is designed as the most important issue is considered. In this paper, the inlet angle fluid, output fluid from the stator, impeller speed and absolute speed of entering and leaving the stator and rotor are selected as entering parameters. The results showed that the efficiency of graphical can be improved in the amount of 82,84percent with using this optimization. Also the optimal fluid velocity is achieved around 113.05meters per second.

Keywords: *steam turbine, optimization, genetic algorithm, efficienc*

۱- مقدمه

از مبدل های حرارتی صفحه ای- فین دار سه جریانی در صنایع مختلف نفت، گاز، پتروشیمی، هوا فضا و ... به وفور استفاده می شود. طراحی این نوع مبدل های حرارتی به دلیل وجود جریان سوم با طراحی مبدل های حرارتی دو جریانی تفاوت عمده ای دارد. همچنین یکی از پارامترهای تاثیر گذار در طراحی این نوع مبدل های حرارتی انتخاب هندسه فین می باشد. در این پروژه ابتدا یک مبدل حرارتی سه جریانی صفحه ای فین دار با فین های نواری از نظر ترمودینامیکی و هیدرولیکی مدل سازی می شود. همچنین باید در نظر داشت که مدل سازی هندسی، حرارتی و هیدرولیکی این نوع مبدل حرارتی بر مبنای پارامترهای هندسی فین های نواری صورت می پذیرد. اندازه مبدل حرارتی و پارامترهای مربوط به فین های نواری (ظرف، ارتفاع، گام، عرض و ...) به عنوان متغیر در نظر گرفته می شوند. تابع هدف، هزینه نهایی است که شامل هزینه سرمایه گذاری به علاوه هزینه عملیات در این گونه مبدل های حرارتی می باشد. به منظور تسهیل در بهینه سازی، آنالیز حساسیت برای متغیر ها این نوع مبدل حرارتی انجام می گیرد که در این تحقیق این مبدل حرارتی با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه می گردد.

۲- پیشینه تحقیق

(ژائو و لی) مدل سازی و طراحی حرارتی مبدل حرارتی سه جریانی با جریان های موازی را ارائه کرده اند. سعیدی و سوندآن) تحقیق جدید برای افزایش نرخ انتقال در مبدل های فین دار با نوسان خود پایدار در جریان را ارائه داده اند. (سنایی و حاج عبداللهی) طراحی بهینه و مدل کردن گرمایی را با استفاده از الگوریتم ژنتیک انجام داده اند و ارتباط بین تابع هزینه و عملکرد را با استفاده از آنالیز سیستم عصبی معرفی کرده اند.

(شاه و سکولیک) ارائه تحقیقات و گزارشات جامع درباره طراحی تئوری مبدل های سه جریانی، رفع کمبود اطلاعات کافی درباره مبدل های سه جریانی از طریق روابط جریان های گرمایی و نیز روش طراحی گام به گام برای ساده سازی مسائل مربوط به ریتینگ و سایزینگ در این مبدل ها ارائه کرده اند.

(شریواستاوا و امیل) یک مدل عمومی ریاضی برای مبدل هایی با سه نوع وضعیت دمایی ارائه داده اند. (مالینوسکی و بیلوسکی) در مبدل هایی با سه جریان موازی درباره ظرفیت گرمایی و نرخ انتقال حرارت در دیواره ها

گزارشاتی ارائه داده اند.

(مانگلیک و برگلس) نرخ انتقال حرارت و ضریب ها اصطکاک برای ۱۸ نوع فین را از لحاظ هندسی و روابط حاکم بررسی کرده اند.

(نجفی و حسین پوری) مدل سازی و بهینه سازی هزینه و انرژی را به کمک الگوریتم ژنتیک انجام داده اند و با استفاده از روابط موجود در مبدل ها و مشخص بودن ساختار فین، بهترین راندمان و کمترین هزینه را معرفی کرده اند.

(ویاس و دکتر آگراوال) آنالیز ۳و۲ بعدی را انجام داده و ضرایب انتقال حرارت را پیش بینی کرده و نیز نوع رفتار و خواص مربوط به فین های نواری را مورد بررسی قرار داده اند و با آنالیز CFD آن را نمایش داده اند.

(هنریکه) پارامترهای فشرده مبدل های حرارتی با فین های نواری مستطیلی را مدل سازی دینامیکی کرده اند.

$$\dot{Q}_{1,2} = \dot{Q}_1 \quad (1)$$

$$\dot{Q}_{3,2} = \dot{Q}_3$$

۳- روش طراحی مبدل حرارتی صفحه ای فین دار

چندجریانی

۱. محاسبه میزان انتقال حرارت صورت گرفته بین هر جریان
۲. مدل سازی و استخراج روابط هندسی و هیدرولیکی فین های نواری
۳. محاسبه ضرایب انتقال حرارت و مدل سازی حرارتی مبدل چندجریانی با فین نواری
۴. مدل سازی هیدرولیکی مبدل چندجریانی با فین نواری
۵. مدل سازی اقتصادی
۶. الگوریتم و روش بهینه سازی

۳-۱- محاسبه میزان انتقال حرارت صورت گرفته بین هر جریان

برای محاسبه میزان انتقال حرارت صورت گرفته بین جریان ها دو روش e-NTU و LMTD مرسوم است که هر کدام معایب و مزایایی دارند، که در این پژوهش از روش دوم استفاده شده است.

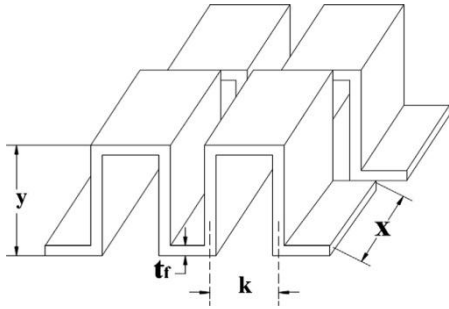
داده های ما بصورت زیر می باشند:

$$A_{1,2}, A_{3,2}, U_{1,2}, U_{3,2}, (\dot{m}C_p)_{1,2}, (\dot{m}C_p)_{2,3}, (\dot{m}C_p)_{3,1}, T_{1,in}, T_{2,in}, T_{3,in}, T_{1,out}, T_{2,out}, T_{3,out}$$

در ابتدا بزرگی نرخ انتقال حرارت را در بین دو مبدل حرارتی

موجود بدین صورت در نظر می گیریم.

خروجی برای سه سیال را با استفاده از بالانس انرژی سیال مشخص می کنیم.



شکل (۱) نمای کلی فین‌های یک مبدل حرارتی صفحه‌های با فین -

های نواری ۱-۲-۳ محاسبه قطر هیدرولیک

قطر هیدرولیکی برای یک فین مستطیلی را می‌توان به

صورت رابطه ۱۷-۴ برای هر جریان نوشت:

$$D_{h_j} = \left(\frac{4(k_j - t_f)(y_j - t_f)x_j}{2[(k_j - t_f)x_j + (y_j - t_f)x_j] + t_f(k_j - t_f)^2} \right), \text{ for } j = 1, 2, 3 \quad (16)$$

۳-۲-۱- محاسبه سطح آزاد جریان

باتوجه به روابط می‌توان سطح آزاد جریان را برای یک

صفحه به عرض به صورت رابطه زیر را برای هر جریان به دست آورد

$$A_{\text{flow}_j} = (f_j - t_f) \cdot y_j, \text{ for } j = 1, 2, 3 \quad (17)$$

که بر اساس این رابطه، f تناوب فین است که برای هر

جریان عبارتست از تعداد فین در یک متر:

$$f_j = \frac{1}{k_j}, \text{ for } j = 1, 2, 3 \quad (18)$$

۳-۲-۲- محاسبه سطح کل انتقال حرارت

سطح کل انتقال حرارت برای هر صفحه فین‌دار با فین

نواری را برای هر جریان به صورت رابطه زیر نوشت (Sanaye

& Hajabdollahi, 2010, 1895):

$$A_{\text{tot}_j} = (\lambda V_p)_j, \text{ for } j = 1, 2, 3 \quad (19)$$

$$A_{\text{tot}} = A_{\text{tot}_1} + A_{\text{tot}_2} + A_{\text{tot}_3} \quad (20)$$

برای محاسبه λ در هر جریان داریم (Ibid, 1895):

$$\lambda_j = \left(\frac{A_{\text{Cell}}}{V_{\text{Cell}}} \right)_j, \text{ for } j = 1, 2, 3 \quad (21)$$

در رابطه فوق A_{Cell} مقدار مساحت کلی تحت انتقال

حرارت برای یک فین است، که از رابطه زیر برای هر جریان

محاسبه می‌گردد

$$\begin{aligned} A_{\text{Cell}_j} &= 2(y_j - t_f)x + 2(k_j - t_f)x_j + 2(y_j - t_f)t_f + k_j t_f, \text{ for } j \\ &= 1, 2, 3 \end{aligned} \quad (22)$$

$$Q_1^* = (m \cdot C_p)_1 (T_{1,\text{out}} - T_{1,\text{in}}) \quad (2)$$

$$T_{1,\text{out}} = \frac{Q_1^*}{(m \cdot C_p)_1} + T_{1,\text{in}} \quad (3)$$

حال برای سیال ۲ داریم:

$$Q_1^* + Q_3^* = (m \cdot C_p)_2 (T_{2,\text{out}} - T_{2,\text{in}}) \quad (4)$$

$$T_{2,\text{out}} = T_{2,\text{in}} - \frac{Q_1^* + Q_3^*}{(m \cdot C_p)_2} \quad (5)$$

و برای سیال ۳:

$$Q_3^* = (m \cdot C_p)_3 (T_{3,\text{out}} - T_{3,\text{in}}) \quad (6)$$

$$T_{3,\text{out}} = \frac{Q_3^*}{(m \cdot C_p)_3} + T_{3,\text{in}} \quad (7)$$

$$\Delta T_{1,2,\text{in}} = (T_{2,\text{in}} - T_{1,\text{in}}) \quad (8)$$

$$(9)$$

$$\Delta T_{1,2,\text{out}} = (T_{2,\text{out}} - T_{1,\text{out}}) \quad (7)$$

$$\Delta T_{3,2,\text{in}} = (T_{2,\text{in}} - T_{3,\text{in}}) \quad (11)$$

$$\Delta T_{3,2,\text{out}} = (T_{2,\text{out}} - T_{3,\text{out}})$$

فرض می‌کنیم که تفاوت دمایی میانگین تابعی از دمایی

جریان‌های عبوری در هر چیدمان جریان باشد:

$$\Delta T_{lm(1,2)} = \frac{\Delta T_{1,2,\text{in}} - \Delta T_{1,2,\text{out}}}{\text{Ln} \left(\frac{\Delta T_{1,2,\text{in}}}{\Delta T_{1,2,\text{out}}} \right)} \quad (12)$$

$$\Delta T_{lm(3,2)} = \frac{\Delta T_{3,2,\text{in}} - \Delta T_{3,2,\text{out}}}{\text{Ln} \left(\frac{\Delta T_{3,2,\text{in}}}{\Delta T_{3,2,\text{out}}} \right)} \quad (13)$$

که در اینجا $\Delta T_{j,2,\text{in}}$ و $\Delta T_{j,2,\text{out}}$ برای $J=1,3$ اختلاف دمایی

میان جریان‌های متناسب جانبی (سیال J برای $J=1$ یا 3) و

سیال 2 در مقطع ورودی یا خروجی سیال 2 هستند:

برای محاسبه نرخ‌های انتقال حرارت:

$$Q_1^* = Q_{1,2}^* = (UA)_{1,2} \cdot \Delta T_{lm(1,2)} \quad (14)$$

$$Q_3^* = Q_{3,2}^* = (UA)_{3,2} \cdot \Delta T_{lm(3,2)} \quad (15)$$

۳-۲-۳- مدل‌سازی و استخراج روابط هندسی و هیدرولیکی

فین‌های نواری

نمای کلی یک صفحه حرارتی دارای فین‌های مستطیلی

در شکل ۲-۴ به تصویر کشیده شده است. همانطور که در

شکل ۲-۴ نشان داده شده است، پارامترهای هندسی یک فین

مستطیلی شامل ضخامت فین، گام فین، ارتفاع فین و طول

فین به ترتیب نشان داده شده‌است

۳-۳- محاسبه ضرایب انتقال حرارت و مدل سازی حرارتی

مبدل چندجریانی با فین نواری

باید در نظر گرفت که طبق چیدمان جریان ها، جریان ۱ با ۲ و ۳ با ۲ در حال تبادل هستند. حال با توجه به معادلات خواهیم داشت:

$$A\Delta T_{lm} = m \cdot c\Delta T \quad (30)$$

پس با تعمیم آن برای جریان ها خواهیم داشت:

$$(UA)_{1,2} \cdot \Delta T_{(1,2)} \ln m = (m \cdot C_p)_1 (T_{1,out} - T_{1,in}) \quad (31)$$

و

$$(UA)_{3,2} \cdot \Delta T_{(3,2)} \ln m = (m \cdot C_p)_3 (T_{3,out} - T_{3,in}) \quad (32)$$

بدین منظور باید ضریب کلی انتقال حرارت در این مبدل حرارتی محاسبه گردد. با صرف نظر کردن از انتقال حرارت هدایت در صفحه های جدا کننده و بدون از دست دادن کلیت مساله می توان نوشت

$$U_{i,j} = \frac{1}{\frac{1}{h_i \eta_{s,i}} + \frac{1}{\frac{A_{tot,j}}{A_{tot,i}} (h_j \eta_{s,j})}} \quad (33)$$

حال برای هر جریان خواهیم داشت:

$$U_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{h_1 \eta_{s,1}} + \frac{1}{\frac{A_{tot,2}}{A_{tot,1}} (h_2 \eta_{s,2})}} \quad (34)$$

و

$$U_{3,2} = \frac{1}{\frac{1}{h_3 \eta_{s,3}} + \frac{1}{\frac{A_{tot,2}}{A_{tot,3}} (h_2 \eta_{s,2})}} \quad (35)$$

۴- مدل سازی هیدرولیکی مبدل چندجریانی با فین نواری

برای محاسبه ثابت انتقال حرارت برای هر جریان داریم

$$h_j = (St \cdot G \cdot C_p)_j, \text{ for } j=1,2,3 \quad (36)$$

مقدار G از رابطه زیر حساب می شود (Ibid, 1895):

$$G_j = \left(\frac{m}{A_{flow}} \right)_j, \text{ for } j=1,2,3 \quad (37)$$

برای محاسبه عدد استانتون که نشان دهنده نسبت شار گرمایی جابجایی سیال به ظرفیت گرمایی آن است؛ طبق تعریف برای هر جریان داریم

$$St_i = \left(\frac{j}{Pr^3} \right)_i, \text{ for } i=1,2,3 \quad (38)$$

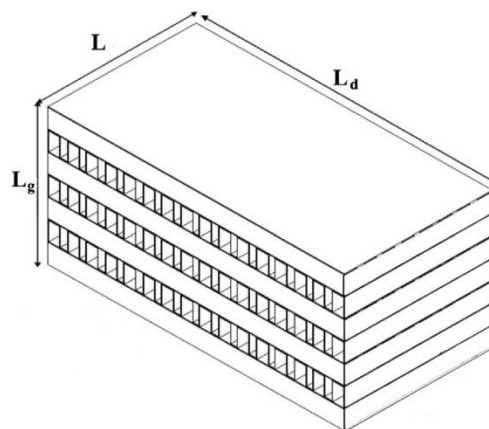
$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{\kappa} \quad (39)$$

در رابطه ۲۲-۴، مقدار حجم یک فین تکی است

$$V_{Cellj} = (y_k x)_j, \text{ for } j = 1,2,3 \quad (23)$$

برای V_p در هر جریان داریم

$$V_{pj} = l l_d N_{p,j} y_j, \text{ for } j = 1,2,3 \quad (24)$$



شکل (۲) تصویری از تعریف جریان های یک مبدل حرارتی با فین های نواری و جریان موزی که در آن L طول جریان (یا مبدل) و l_d عرض مبدل و l_g طول بدون جریان است.

در ادامه خواهیم داشت:

$$\eta_{s_j} = 1 - \frac{A_{f_j}}{A_{Cell_j}} (1 - \eta_{f_j}), \text{ for } j=1,2,3 \quad (25)$$

در این رابطه η_s تاثیر گذاری کلی سطح و A_f مساحت انتقال حرارت برای یک فین و η_f تاثیر گذاری فین است، که برای هر جریان است

$$A_{f_j} = 2(y_j - t_f)x_j + 2(y_j - 2t_f)t_f + k_f t_f, \text{ for } j=1,2,3 \quad (26)$$

$$\eta_{f_j} = \left(\frac{\tanh(ol_s)}{ol_s} \right)_j, \text{ for } j = 1,2,3 \quad (27)$$

طبق تعریف برای o که مورد نیاز برای محاسبه راندمان فین میباشد و برای هر جریان داریم

$$o_j = \sqrt{\frac{2c_j}{k_f t_f}}, \text{ for } j = 1,2,3 \quad (28)$$

که k_f ضریب هدایت که بسته به جنس فین است و c ضریب هدایت هر کدام از جریان هاست (که طبق روابط و جداول بدست می آید).

طبق تعریف برای l_s که طول معادل است، داریم

$$l_{s_j} = \frac{y_j}{2}, \text{ for } j=1,2,3 \quad (29)$$

۵- مدل سازی اقتصادی

مدل های اقتصادی مختلفی به منظور ارزیابی اقتصادی واحدهای صنعتی از جمله مبدل های حرارتی نواری- فین دار وجود دارد. در مدل سازی اقتصادی، دو تابع هستند که تعریف کننده میزان هزینه اند. که از دو بخش هزینه سرمایه گذاری و هزینه عملکرد تشکیل شده اند. به این منظور هزینه سالیانه نهایی را می توان به صورت رابطه زیر تعریف نمود که از منابع به دست آمده است: گذاری اولیه و C_{ope} میزان هزینه عملکرد است. می دانیم که هزینه سرمایه گذاری اولیه در یک مبدل ارتباط مستقیم با سطح در حال انتقال حرارت (طول مبدل) دارد؛ پس برای محاسبه C_{inv} طبق رابطه داریم

$$C_{inv} = C_A \cdot A_{tot}^n \quad (50)$$

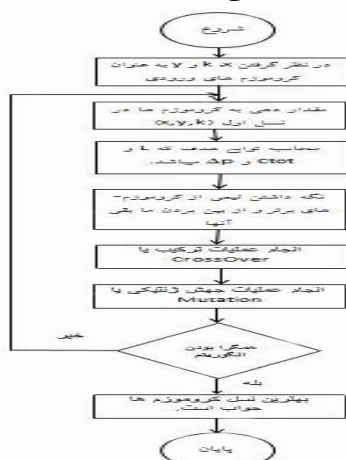
که در آن C_A مقدار هزینه به ازای واحد سطح در مبدل است و A_{tot} مقدار سطح برای هر جریان است که در بخش قبل و رابطه ۲۰-۴ محاسبه شده است و n ضریب ثابت افزایش غیر خطی به ازای افزایش سطح است که مقدار مشخصی دارد.

$$C_{tot} = a \cdot C_A \cdot (A_{tot1}^n + A_{tot2}^n + A_{tot3}^n) + \frac{k_{eff} L}{\eta} \quad (51)$$

$$[\Delta p_1 \cdot m_1^*] + [\Delta p_2 \cdot m_2^*] + [\Delta p_3 \cdot m_3^*]$$

۶- الگوریتم و روش بهینه سازی

روند کلی بهینه سازی با الگوریتم ژنتیک بدین صورت است که متغیرهای ورودی به صورت تصادفی انتخاب می شوند و به عنوان کروموزوم در نظر گرفته می شوند و مقادیر توابع هدف با آنها محاسبه می شوند. مقادیری که از آن نسل از کروموزومها تولید می شوند، طبعاً نیمی از آنها میمینیوم (یا همان مقدار بهینه) که به عنوان والدین در نظر گرفته می شوند و مابقی به عنوان فرزند در نظر گرفته می شوند.



شکل (۳) فلوچارت و نحوه عملکرد الگوریتم

$$l_i = \{ [0.6522(Re)^{-0.5403} \cdot \alpha^{-0.1541} \cdot \delta^{0.456} \cdot \sigma^{-1.055}] \cdot [1 + 5.269(Re)^{1.34} \cdot \alpha^{0.504} \cdot \delta^{0.456} \cdot \sigma^{-1.055} \cdot 10^{-5}] \}_j$$

در اینجا α, β, σ مقادیر بدون بعدی اند که هر کدام دارای تعریفی هستند (Ibid, 1895):

$$\alpha_j = \left(\frac{k}{y}\right)_j, \text{ for } j = 1, 2, 3 \quad (40)$$

$$\delta_j = \left(\frac{t_f}{x_j}\right), \text{ for } j = 1, 2, 3 \quad (41)$$

$$\sigma_j = \left(\frac{t_f}{k_j}\right), \text{ for } j = 1, 2, 3 \quad (42)$$

در رابطه Re همان عدد رینولدز هست که در ادامه نحوه محاسبه آن شرح داده می شود:

$$Re_j = \left(\frac{D_h G}{\mu}\right)_j, \text{ for } j=1, 2, 3 \quad (44)$$

با توجه به روابط مذکور u قابل محاسبه است. حال طبق رابطه زیر می توان طول مبدل را محاسبه نمود که در محاسبات افت فشار و هزینه لازم است. حال برای بدست آوردن L :

$$l_{1,2} = \frac{m^*_{1} Cp_1 \Delta T_1}{\Delta T_{lm(1,2)} \cdot U_{1,2} \cdot d} \quad (45)$$

$$l_{3,2} = \frac{m^*_{3} Cp_3 \Delta T_3}{\Delta T_{lm(3,2)} \cdot U_{3,2} \cdot d} \quad (46)$$

که $l_{1,2}$ طول جریان ۱ و ۲ و $l_{3,2}$ طول جریان ۳ و ۲ است. حال برای محاسبه افت فشار داریم

$$\Delta p_j = \left\{ G^2 \frac{v_{in}}{2} \left[(1 + \gamma^2) \left(\frac{v_{out}}{v_{in}} - 1 \right) + f \frac{A_{tot}}{A_{flow}} \frac{v_{ave}}{v_{in}} \right] \right\}_j \quad (47)$$

for $j = 1, 2, 3$

برای محاسبه عدد کالبرن طبق روابط داریم (۴۸)

$$f_j = \{ [9.6243(Re)^{-0.7422} (\alpha)^{-0.1856} (\delta)^{0.3053} (\sigma)^{0.2} + 7.669 \cdot 10^{-8} (Re)^{4.429} (\alpha)^{0.920} (\delta)^{3.767} (\sigma)^{0.2}] \}$$

که σ و δ و α و Re قبل تر توضیح داده شده اند، پس برای هر جریان قابل محاسبه است.

نتیجتاً برای محاسبه افت فشار تمامی پارامترها بدست آمد.

۷- مطالعه موردی

۷-۱- شرایط ورودی مسئله و مفروضات مربوط به سیالات

با توجه به اینکه مورد پژوهش ما یک مبدل حرارتی استسیالات ورودی ما در این پژوهش همگی هوا هستند که در جدول زیر ریز اعداد مشخص شده اند.

جدول (۱) پارامترهای ورودی سیال

پارامتر	سیال ۱ (سرد)	سیال ۲ (گرم)	سیال ۳ (سرد)
T_{in} (K)	292.8	319.7	292.0
T_{out} (K)	292.0	282.5*	282.5
ρ (kg/m ³)	1.24	1.24	1.24
ρ (kg/m ³)	1.209	1.209	1.217
C_p (J/kg.K)	1.006	1.006	1.008
c (W/m.K)	236.70	236.70	236.70
μ (Pa.s)	1.72×10^{-4}	1.72×10^{-4}	1.82×10^{-4}
Pr (-)	0.707	0.707	0.711

و سایر مقادیر در جدول زیر قابل رویت است.

جدول (۲) مقادیر مربوط به روابط افت فشار

پارامتر	مقدار
v_1	ورودی: ۰.۶۶
	خروجی: ۰.۸۹
	میانگین: ۰.۷۷۵
v_2	ورودی: ۰.۸۳
	خروجی: ۰.۷۲
	میانگین: ۰.۷۷
v_3	ورودی: ۰.۶۱
	خروجی: ۰.۶۷
	میانگین: ۰.۶۴

۷-۲- شرایط ورودی مسئله و مفروضات مربوط به خواص

فین

با توجه به فصل قبل و روابط مربوط به فین های مبدل، برای انجام این پژوهش نیاز به تعیین مقادیر مربوط به خواص هندسی مبدل داریم، که در جدول زیر شرح داده شده است:

جدول (۳) مقادیر پارامترهای هندسی مبدل

مقدار	مولفه های مبدل
حد بالا: ۲۰	y (mm)
حد پایین: ۸	x (mm)
حد بالا: ۳	k (mm)
حد پایین: ۵	k (mm)
حد بالا: ۲	t_f (mm)
حد پایین: ۳	t_w (mm)
۰/۲	t_g (mm)
۴/۰	t_g (mm)
۱/۰	N_p (-)
۵	d (m)
۱/۰	d (m)

همچنین جنس فین آلومینیوم در نظر گرفته شده است، که با توجه به خواص آن ضریب انتقال حرارتی برابر با $215 (m^2 K/W)$ داراست.

۷-۳- شرایط ورودی مسئله و مفروضات مربوط به توابع

هزینه

برای انجام این پژوهش می بایست مقادیر مربوط به هر کدام را تعریف کنیم، باید خاطر نشان شود که این مقادیر از مراجع و همچنین با توجه به میزان مقدار هزینه به ازای هر کیلو وات ساعت در کشور در نظر گرفته شده است. پس در جدول زیر به صورت مشروح داریم:

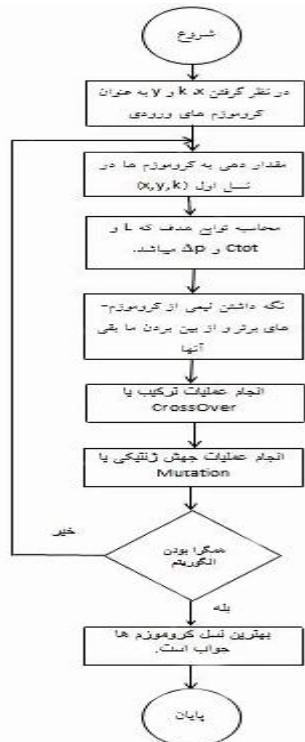
جدول (۴) مقادیر مورد نیاز توابع هزینه

پارامتر	مقدار
C (\$/m ²)	۹۰
i (-)	۰.۱۵
r (-)	۱۰
k (\$ kWh ⁻¹)	۰.۰۱
τ (h)	۸۰۰۰
η (-)	۰.۶

همانطور که در سه بخش قبل ملاحظه شد، تمامی مفروضات مورد نیاز مطرح گردید در بخش بعد به بررسی فلوچارت و نحوه عملکرد محاسبات پرداخته شده است.

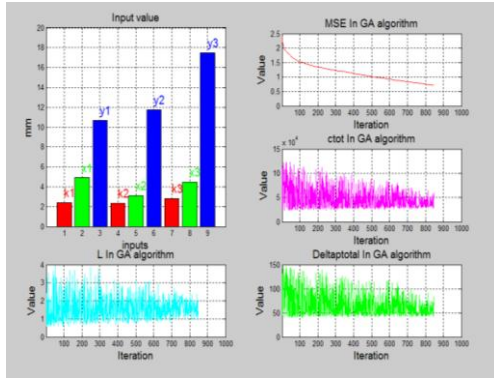
۷-۴- الگوریتم و فلوچارت

با توجه به توضیحاتی که در فصل قبل در مورد نحوه عملکرد الگوریتم و بهینه سازی داده شد طبق شکل به بررسی فلوچارت ریز محاسبات و روابط توضیح داده شده پرداخته می شود:



شکل (۴) فلوچارت محاسبه پارامترهای در الگوریتم

شکل (۵) محیط برنامه در حال اجرا الگوریتم بعد از ۸۰۰ تکرار



۷-۴-۱- الگوریتم و بهینه سازی

در قدم اول ما با توجه به اصول موازنه انرژی و روابطها در فصل قبل مقدار دمای $T_{2,out}$ را محاسبه می‌کنیم، که برابر ۴۵۳.۷ درجه کلوین و در جدول ۱-۵ قرار داده شده است.

سپس برای شروع کار محاسبات الگوریتم، در اولین گام طبق برنامه تعیین شده اولین کروموزمها که در واقع طول و گام و ارتفاع برای هر گذرگاه جریان از بازه از پیش تعیین شده به صورت تصادفی انتخاب می‌شود. در این حالت ما ۹ کروموزم ورودی خواهیم داشت.

در مرحله بعد مقادیر ورودی در معادلات فصل قبل (از معادله ۲۰-۴ الی آخر) لحاظ میشوند و تمامی محاسبات انجام می‌گردد.

۷-۴-۲- شروط عملکرد الگوریتم

- ۱- جمعیت : تعداد جمعیت اولیه برای کروموزم ها ۱۰۰۰ در نظر گرفته شده است.
- ۲- تکرار: تعداد نسل‌های تکرار الگوریتم ژنتیک که به دو عامل بستگی دارند:

الف- رسیدن به مقدار نهایی، که ۱۰۰۰ تکرار در نظر گرفتیم.

یا

ب- مقدار خطای مینیمم (در همگرایی الگوریتم) که صفر در نظر گرفته‌ایم.

۱- ازدواج : مقدار درصد ازدواج کروموزمها که ۵۰٪ در نظر گرفته شده است.

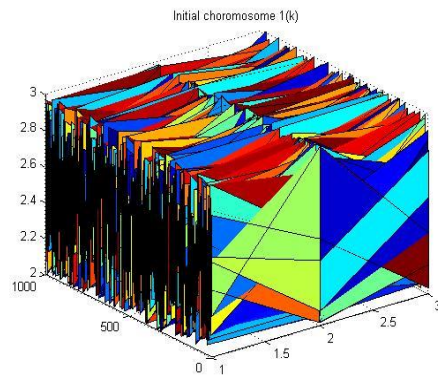
۲- جهش ژنتیکی: درصد جهش را ۱۰٪ در نظر گرفته‌ایم. شروط فوق مربوط به عملکرد خود الگوریتم بود، در ادامه شروط مربوط به نتایج مد نظر را بررسی می‌کنیم:

۱- با توجه به اینکه یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در تابع هزینه، طول مبدل است باید در نظر گرفت که الف- در حالت کلی طول‌های بالا تر از ۲ متر مورد قبول نیست.

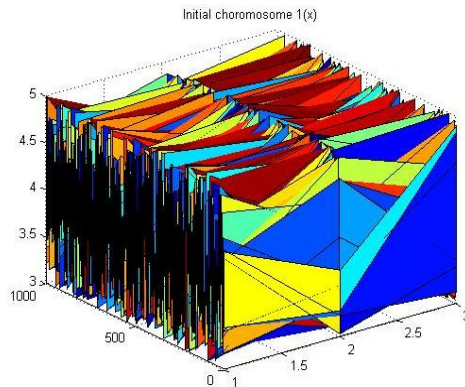
ب- از بین دو طول بدست آمده (با توجه به ساختار مبدل) طول کوچکتر به عنوان طول مبدل اتخاذ گردد.

۷-۴-۳- اجرا کردن الگوریتم

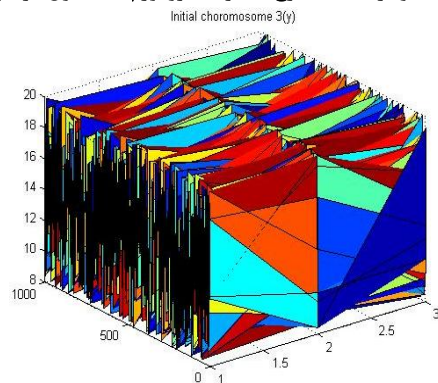
بعد از اعمال قوانین و نحوه انتخاب بهترین خروجی برنامه را اجرا کرده و نتایج را مشاهده می‌کنیم.



شکل (۶) نمودار ۳ بعدی نرخ تغییرات کروموزم k یا گام در هر تکرار



شکل (۷) نمودار ۳ بعدی نرخ تغییرات کروموزم x یا طول در هر تکرار



شکل (۸) نمودار ۳ بعدی نرخ تغییرات کروموزم y یا ارتفاع در هر تکرار

۸- نتیجه گیری

بعد از اتمام مراحل عملیات الگوریتم، برنامه نتایج را اعلام می‌کند که بهترین حالت ممکن است. که در شکل‌های ۵-۷

x	(mm)	طول فین
k	(mm)	گام فین
t _f	(mm)	ضخامت فین
t _w	(mm)	ضخامت دیواره
l _g	(mm)	طول بدون جریان
N _p	(-)	اعدلد گذرگاه
d	(m)	عرض مبدل
k _{el}	(\$ kWh ⁻¹)	هزینه به واحد
τ	(h)	زمان کارکرد مبدل در سال
η	(-)	بازده کمپرسور
T _{in}	(°K)	دمای ورودی
T _{out}	(°K)	دمای خروجی
m [•]	(kg/m ² s)	دبی جرمی
ρ	(kg/m ³)	چگالی
C _p	(J/kg °K)	ظرفیت گرمایی ویژه
c	(W/m ² °K)	ضریب هدایت گرمایی
μ	(Pa s)	ویسکوزیته
Pr	(--)	عدد پراپتل
v	(m ³ /kg)	حجم ویژه
C _A	(\$/m ²)	میزان هزینه سرمایه گذاری برای یک مبدل نسبت به سطح
i	(-)	ضریب زمان استهلاک
r	(-)	نرخ بهره

۱۰- مراجع

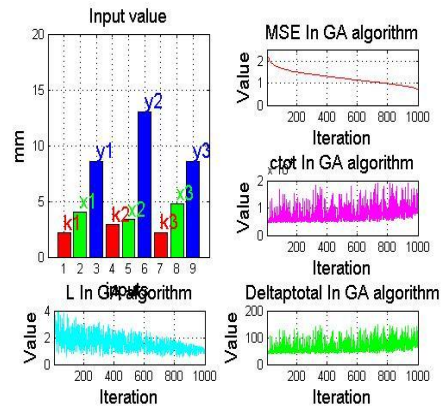
[1] Shah RK, Sekulic P. tant volume, constant heat transfer area and constant pressure drop to obtain maximum energy recovery, Modares Mechanical Engineering, Vol.14, No.15, pp37-334, 2015 (In Persian)

[2] Sanaye S, Hajabdollahi H. Thermaleconomic multi-objective optimization of plate fin heat exchanger using genetic algorithm. Applied Energy 87 (2010) 1893–1902

[3] Jainender Dewatwal, Design of compact plate fin heat exchanger, A thesis submitted in partial fulfillment, Roll.Number: 10503059

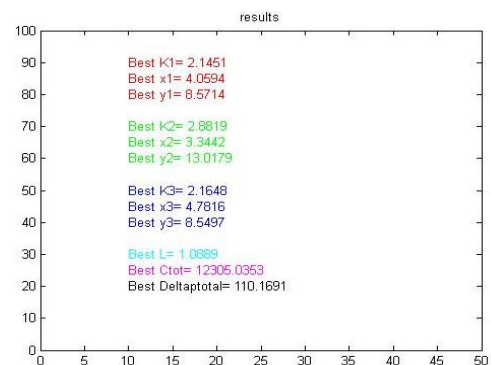
[4] Krishnamurty, V. V. G., Ramanjam, T. K., Sagar, D. V. and Rao, C. V. (1964). Liquid-liquid heat transfer: Development of calculation techniques. Indian J. Technol. 2, 244-246.

و ۵-۸ نمایش داده شده است.



شکل (۹) لحظه توقف الگوریتم

در نهایت مقدار نهایی بدین صورت در برنامه نمایش داده می شود:



شکل (۱۰) نمایش نتیجه نهایی در الگوریتم

همانطور که در شکل ملاحظه می شود، بهترین مقادیر عبارتند از: ۲/۱۴۵۱ میلی متر برای گام و ۴/۰۵۹۴ میلی متر برای طول و ۸/۵۷۱۴ میلی متر برای ارتفاع فین در جریان اول و ۲/۸۸۱۹ میلی متر برای گام و ۳/۳۴۴۲ میلی متر برای طول و ۱۳۰۱۷۹ میلی متر برای ارتفاع فین در جریان دوم و ۲۰۱۶۴۸ میلی متر برای گام و ۴۰۷۸۱۶ میلی متر برای طول و ۸۰۵۴۹۷ میلی متر برای ارتفاع فین در جریان سوم و بهترین طول برای مبدل ۱/۰۸۸۹ متر و بهترین هزینه ۱۲۳۰۵/۰۳۵۳ دلار برای هر سال است.

همچنین نتیجه نهایی در جدول زیر مشاهده می شود.

جدول (۵) پاسخ بهینه

ردیف	بهترین طول فین	بهترین گام فین	بهترین ارتفاع فین	طول بهینه مبدل	هزینه بهینه
۱	۲/۱۴۵۱	۸/۵۷۱۴	۴/۰۵۹۴	۱/۰۸۸۹	۱۲۳۰۵/۰۳۵۳
۲	۳/۳۴۴۲	۲/۸۸۱۹	۱۳۰۱۷۹		
۳	۴/۷۸۱۶	۲/۱۶۴۸	۸/۵۴۹۷		

۹- فهرست علائم

مولفه	واحد	تعریف
y	(mm)	ارتفاع فین

[5] Barron, R. F.(1983).Effect of heat transfer from ambient on cryogenic heat exchanger performance. Adv. Cryog.Eng.29, 265-212.

[6] Chowdhury, K., and Sarangi, S.(1983). Performance of cryogenic heat exchangers with heat leak from the surroundings. Adu.Cryog. Ens. 29, 273-280.

[7] Morley, T. B. (1933).Exchange of heat between three fluids.Engineer 155, 134 .

[8] Sorlie, T. (1962). Three-fluid Heat Exchanger Design Theory, Counter and Parallel-flow,

[9] Aulds, D. D., and Barron, R. F. (1967). Three-fluid heat exchanger effectiveness, Int. J

[10] SekuliC, D. P. (1994). A compact solution of the parallel flow three-fluid heat exchanger

[11] Wolf, J. (1964). General solution of the equations of parallel-flow multichannel heat

[12] Paffenbarger, J. (1990).General computer analysis of multistream, plate-fin heat exchangers.

[13] In Compact Heat Exchangers, A Festschrift for A . London (R. K. Shah, A. D.Kraus, and D. Metzger, eds.), pp. 727-746. Hemisphere,New York.

[14] Robertson, J. M. (1983).Heat exchange equipment for the cryogenic process industry.In Heat Exchangers: Theory and Practice (J. Taborek, G. F. Hewitt, and N. Afgan, eds.)