

مدل سازی و تحلیل عددی گردآورنده سهموی اشعه خورشید در آبگرمکن خورشیدی در شیراز و مقایسه نتایج با داده های تجربی

سعید افتخار^۱، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه یزد

دکتر ولی کلانتر^۲، استادیار، دانشگاه یزد

دکتر علی دهقان^۳، دانشیار، دانشگاه یزد

چکیده

کاهش منابع انرژی فسیلی در جهان از یک سو و نیاز روزافزون بشر به انرژی حرارتی از سوی دیگر، استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر را بیش از پیش مورد توجه قرار داده است. در این راستا انرژی خورشیدی در جهت تامین قسمتی از انرژی مورد نیاز جوامع بشری در آینده در اولویت قرار دارد. این مقاله بصورت گذرا و سه بعدی عملکرد یک گردآورنده سهموی را توسط قوانین اول و دوم ترمودینامیک بررسی می کند. گردآورنده از یک ورق بازتاب کننده اشعه خورشید که به حالت سهموی است تشکیل شده است و اشعه خورشید را به نقطه کانونی سهمی که لوله جاذب حاوی آب در آنجا قرار دارد هدایت می کند. دهانه گردآورنده به وسیله شیشه پوشیده شده است و لوله جاذب نیز در فضای بین شیشه و گردآورنده قرار دارد تا از انتقال حرارت جابجایی نیز برای گرم کردن لوله جاذب استفاده شود. از یک شیر برقی و سنسور حرارتی نیز برای کنترل دمای آب خروجی استفاده شده است. کل سیستم بر روی پایه ای قرار دارد که کار هدایت گردآورنده به سوی خورشید را در حالات تک محوره و دو محوره بر عهده دارد. برای حل عددی از روش حجم کنترل استفاده شده است و انتقال حرارت های تابشی و جابجایی و هدایتی در شیشه و در بازتاب کننده و در لوله جاذب در نظر گرفته شده است. نتایج مربوط به حجم آب خروجی و بازدهی سیستم در دماهای مختلف و در حالات اتصال لوله های سری و موازی و هدایت گردآورنده تک محوره و دو محوره با داده های تجربی اعتبار سنجی شده است. در این مقاله نتایج مربوط به اتصال لوله ها در حالت موازی و در دماهای متفاوت و هدایت دو محوره ارائه شده است.

واژه های کلیدی: گردآورنده سهموی- آبگرمکن خورشیدی- تحلیل عددی قانون دوم ترمودینامیک

^۱دانشگاه یزد- saeed.eftekhari@gmail.com

^۲دانشگاه یزد- vkalantar@yazduni.ac.ir

^۳دانشگاه یزد- dehghan.ali@gmail.com

1-مقدمه

هر فعالیت بشری به پشتوانه انرژی صورت می گیرد. در عصر حاضر بیشتر انرژی مورد نیاز بشر از سوخت های فسیلی، مانند نفت و گاز و زغال سنگ تامین می شود. به علل آلودگی های زیست محیطی و منابع محدود اینگونه سوخت ها، بشر به فکر جایگزینی برای آنها افتاده است. انرژی خورشید به علت سازگاری با محیط زیست و منبع تامین نامحدود آن و در دسترس بودن آن در قسمت اعظمی از سطح کره زمین، جایگزین مناسبی برای سوخت های فسیلی است. یکی از جدیدترین کاربردهای این انرژی استفاده از آبگرمکن های خورشیدی میباشد. در این زمینه آبگرمکن با کلکتورهای سهموی به علت مزایای آن نسبت به کلکتورهای معمولی، راندمان بالاتر و هزینه ی کمتر، توجهی خاص را به خود اختصاص داده اند.

در آبگرمکن های خورشیدی آب گرم، در تمام ساعات شبانه روز، در مخزن دوجداره و عایق حرارتی که دمای آب را تا سه روز بدون تغییر حفظ می کند، نگهداری می شود. در این نوع آبگرمکن با کلکتور سهموی، تشعشعات خورشیدی از طریق گردآورنده جمع گردیده و حرارت را به آب لوله کشی شهری که به طور مستقیم وارد کلکتور شده منتقل می سازد و پس از رسیدن به دمای مورد نظر، آب در منبع ذخیره می گردد. بخش اصلی یک آبگرمکن خورشیدی گردآورنده آن است که به وسیله تابش خورشید، انرژی را به یک سیال جذب کننده (مانند آب) که داخل لوله در جریان است، منتقل می کند. در نیروگاه های تولید برق خورشیدی از گردآورنده های سهموی برای جمع آوری انرژی خورشید استفاده می شود. تلفات حرارتی از گردآورنده های سهموی خورشیدی اغلب ناشی از عملکرد سیستم در درجه حرارت بالا می باشد. نقطه کانونی سهمی محل قرار گیری لوله جاذب می باشد. در نیروگاه های برق که درجه حرارت کارکرد سیستم بالاست در اطراف لوله جاذب از محفظه ای شفاف بهره می برند که فضای بین این محفظه شفاف و لوله جاذب فشار خلا وجود دارد که این محفظه باعث کاهش اتلاف حرارتی از گردآورنده می شود. همچنین در کلکتور های نیروگاهی از آینه های سهموی به عنوان بازتاب کننده استفاده می شود که علت آن ضریب دیفیوز پایین آن است. در این پروژه به علت دمای کارکرد پایین سیستم و کاهش هزینه ساخت گردآورنده، بجای محفظه شفاف اطراف لوله جاذب از شیشه معمولی استفاده شده است که بر روی سطح بازتاب کننده قرار می گیرد. لوله جاذب نیز در فضای بین شیشه و بازتاب کننده قرار دارد. همچنین برای کاهش بیشتر هزینه ها بجای آینه سهموی از ورق فلکس آینه ای استفاده شده است که برای بالا بردن بازده، سطح بازتاب کننده تا بالای لوله جاذب آمده است. شکل (1) مقطعی از گردآورنده را نشان می دهد.



شکل (1) مقطعی از گردآورنده

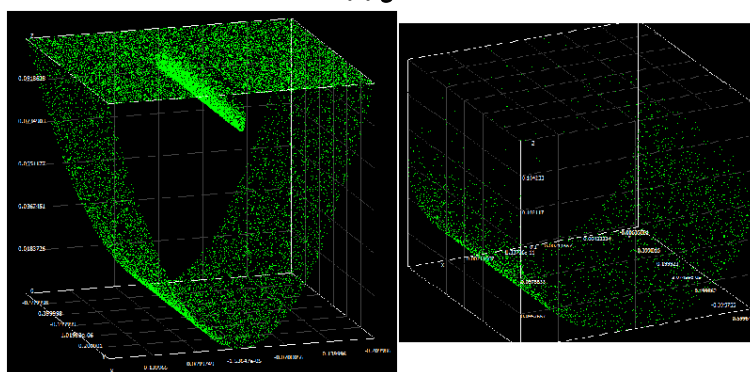
2- تحلیل

خورشید به محافظ شیشه ای می تابد و اشعه هایی که از آن می گذرند به بازتاب کننده برخورد می کنند. بازتاب کننده اشعه ها را به سمت نقطه کانونی سهمی یعنی جایی که لوله جاذب قرار دارد منعکس میکند. اشعه ها پس از برخورد به سطح لوله جاذب، توسط آن جذب شده و باعث بالا رفتن دمای لوله جاذب می گردند. آب از یک سو به واسطه فشار آب درون لوله کشی شهری وارد لوله جاذب شده و پس از گرم شدن تا دمای مورد نظر از سمتی دیگر خارج می شود. برای کنترل دمای آب خروجی در قسمت خروجی آب لوله جاذب، سنسوری قرار دارد که کار کنترل شیر برقی خروجی آب را بر عهده دارد. شکل (2) نمایی از گردآورنده را نشان می دهد. شکل (3) حاصل تابش 10000 اشعه

خورشید به محافظ شیشه ای در نرم افزار soltrace است که محل برخورد اشعه ها با سطوح سبز رنگ می باشد. تمرکز اشعه تابش شده بر روی لوله جاذب قابل توجه می باشد.



شکل (2)

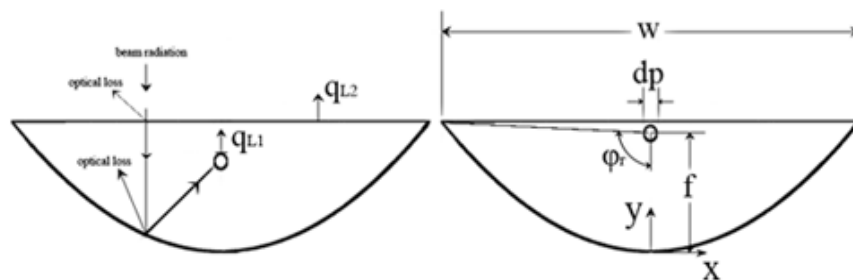


کل گردآورنده

لوله جاذب

شکل (3)

در گذشته مطالعاتی در زمینه مدل سازی عددی گردآورنده های سهموی مرکب و نمودار بازده این گردآورنده در دماهای مختلف خروجی و همچنین تأثیر شرایط مرزی ناپایدار و متغیر بر روی آنها [1] و [2] انجام شده است. همچنین مطالعاتی به صورت آزمایشگاهی بر روی بازده کلکتور سهموی در مورد تغییرات بازده کلکتور سهموی در شدت تابش های مختلف و نیز ارزیابی هزینه تولید آب گرم به وسیله گردآورنده های سهموی انجام داده اند [3] و [4]. در این پژوهش برای انتخاب اندازه شعاع بهینه لوله جاذب از پژوهش رئوفی راد [5] و برای اندازه بهینه زاویه لبه گردآورنده از پژوهش سینگ [6] استفاده شده است. این مقاله به بررسی کلکتور سهموی و فرآیند تولید گرما در آن توسط قوانین اول و دوم ترمودینامیک به وسیله نرم افزار فلوئنت می پردازد. این تحلیل تأثیرات دمای آب خروجی را بر حجم آب خروجی و همچنین بازدهی کلکتور در دماهای متفاوت را مورد توجه قرار می دهد. این مدل کلکتور سهموی به علت دارا بودن سنسور دمایی و شیر برقی و همچنین هوای مدفون اطراف لوله جاذب و منعکس کننده تشعشع که حاصل قرار گیری شیشه بر روی کلکتور است و نیز مطالعه سیستم در شهر شیراز، از مطالعات گذشته متفاوت می باشد. بزرگترین مزیت این نوع گردآورنده هزینه ساخت بسیار کم و در عین حال بازده بالای آن است. با توجه به شکل (4) مشخصات متمرکز کننده در جدول (1) آمده است.



شکل (4). مقطع عرضی متمرکز کننده سهموی

جدول (1). مشخصات متمرکز کننده

تعداد گردآورنده ها سیستم	عدد 5
معادله سهموی گردآورنده	$y = 2/5x^2$
فاصله کانونی گردآورنده ها (f)	10 سانتیمتر
مساحت هر گردآورنده	0/48 متر مربع (طول 1/2 و عرض 0/4 متر)
قطر لوله های جاذب رایزر (d _p)	1/27 سانتیمتر
تعداد لوله های رایزر	عدد 5
طول لوله های رایزر (L _p)	1/2 متر
ضریب جذب لوله جاذب (α)	0/94
ضریب صدور لوله جاذب (ε _p)	0/2
جنس گردآورنده ها	تلق آینه ای
ضریب انعکاس گردآورنده (ρ)	0/9
مساحت پوشش شیشه ای (A _g)	2/4 متر مربع (طول 2 و عرض 1/2 متر)
ضخامت پوشش شیشه ای (t _g)	4 میلی متر
ضریب عبور پوشش شیشه ای (τ)	0/94
ضریب صدور پوشش شیشه ای	0/92

زاویه دهانه متمرکز کننده → φ_r طول منحنی متمرکز کننده → S

معادله دویبعدی این متمرکز کننده به صورت معادله (1) نشان داده می شود.

$$Y = \frac{1}{4f} X^2 \quad (1)$$

$$f = \frac{w}{2} \cot \varphi_r + \frac{w^2}{16f} \quad (2)$$

با داشتن معادله سهموی و عرض دهانه، برای متمرکز کننده، طول منحنی متمرکز کننده از رابطه (3) بدست می آید.

$$S = \left[\frac{w}{r} \sqrt{\left(\frac{4w}{16r}\right) + 1} \right] + 2 \ln \left[\frac{4w}{16f} \sqrt{\left(\frac{4w}{16f}\right) + 1} \right] \quad (3)$$

اتلاف حرارتی سیستم از لوله جاذب به محیط می باشد. حرارت از لوله جاذب به پوشش شیشه ای منتقل می شود و باعث افزایش دمای شیشه می گردد و سپس از پوشش شیشه ای به محیط اطراف به صورت اتلاف حرارتی جابجایی و تشعشع منتقل می گردد.

با تابش اشعه های خورشید به متمرکز کننده و انعکاس این اشعه ها به کانون و بر روی لوله جاذب، مقداری از این انرژی به لوله و سپس به آب داخل شبکه لوله منتقل می شود و باعث گرم شدن آب داخل شبکه می گردد و مقداری از این انرژی تابشی رسیده شده به لوله جاذب با بالا رفتن حرارت آن از طریق پوشش شیشه ای به محیط بیرون منتقل می شود. مقدار افت حرارتی از لوله جاذب به پوشش شیشه ای از رابطه (4) محاسبه می گردد. این اتلاف به دو صورت اتلاف حرارتی تشعشعی و جابجایی بین لوله جاذب و پوشش شیشه ای می باشد.

$qL1 = \text{radiation loss from pipe to glass} + \text{convection from pipe to glass}$

$qL2 = \text{radiation loss from glass to ambient} + \text{convection from glass to ambient}$

$$qL1 = U_{p-g} (T_p - T_g) A_p \quad (4)$$

که در آن U_{p-g} از رابطه (5) محاسبه می شود.

$$U_{p-g} = \frac{\sigma(T_p' + T_g^r)(T_p + r_g)}{\frac{0}{t_p} + \frac{A_p}{A_g}\left(\frac{1}{t_g} - 1\right)} + 1/32 \left(\frac{T_p - T_g}{t_{rp}}\right) 0/25 \quad (5)$$

قسمت اول معادله (5) ناشی از اتلاف حرارتی تشعشعی و قسمت دوم ناشی از اتلاف حرارتی جابجایی می باشد. مقداری از انرژی رسیده شده به لوله جاذب به صورت اتلاف حرارتی از پوشش شیشه ای عبور می کند و باعث بالا رفتن دمای پوشش شیشه ای می شود. اتلاف حرارتی از پوشش شیشه ای از معادله (6) بدست می آید.

$$qL2 = U_{g-a}(T_g - T_a)A_g \quad (6)$$

که در آن U_{g-a} از رابطه (7) محاسبه می شود.

$$U_{g-a} = \frac{\sigma\varepsilon_g(r_g^r - T_s^r)}{T_g - T_a} + h_a \quad (7)$$

برای یافتن h_a از رابطه (8) استفاده می گردد.

$$Nu = 0/86Re^{jo} pr^{1/5} \quad (8)$$

برای محاسبه انرژی رسیده شده به لوله جاذب، افت حرارت و مقدار انرژی مفید لوله جاذب را از روابط (12) و (4) و (15) استفاده می کنیم.

$$q_u = q_{in} - q_L \quad (9)$$

$$q_{in} = I_{b\rho\tau\alpha\eta wL} \quad (10)$$

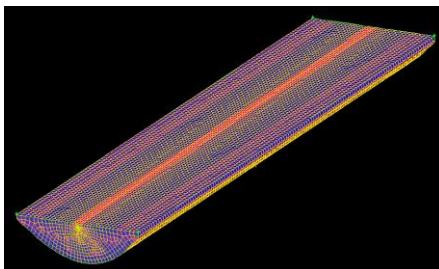
انتقال حرارت تشعشعی در محیط با خواص جذب، صدور و پخش امواج تشعشعی و نور خورشید در مکان τ و جهت S مشخص با استفاده از مدل (DO) از رابطه (11) محاسبه می شود.

$$\frac{dI(\vec{r}, \vec{s})}{ds} + (a + \sigma_s)I(\vec{r}, \vec{s}) = an^2 \frac{\sigma T^4}{\pi} \int_0^{4\pi} I(\vec{r}, \vec{s}')\phi(\vec{s}, \vec{s}')d\Omega' \quad (11)$$

\vec{r} بردار مکان، \vec{s} بردار جهت، \vec{s}_0 بردار جهت پخش، s طول مسیر، a ضریب جذب، n ضریب شکست، σ_s ضریب پخش، σ ثابت بولتزمن $(5.672 \times 10^{-8} W / m^2 - k^4)$ ، I شدت تشعشع، T دمای محلی، ϕ عملگر فازی، Ω' زاویه فضایی است.

4-مدل سازی عددی

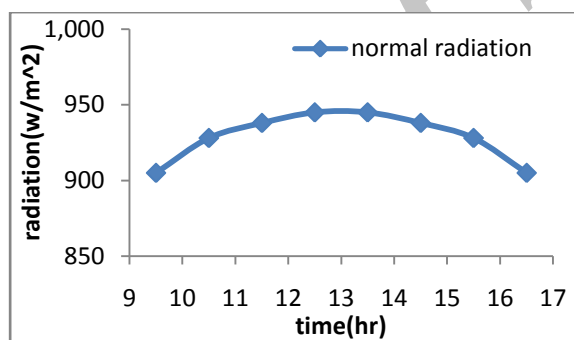
در این پژوهش برای تولید هندسه و شبکه محاسباتی از نرم افزار GAMBIT استفاده شده است. با توجه به هندسه مورد بررسی، سلول های شبکه مورد بررسی از نوع شش وجهی (hex) و به تعداد 60000 می باشند که در شکل (5) نشان داده شده است. کیفیت شبکه در حد مطلوبیست. Aspect ratio < 11 و equisize skew < 0.65 است. جواب ها با مش بندی 80000 سلولی مستقل از مش شده است.



شکل (5) شبکه مورد بررسی از نوع شش وجهی (hex)

جهت تبدیل معادلات حاکم به معادلات جبری و جداسازی مولفه های جابجایی در معادلات حاکم در نرم افزار فلونت از روش آپ ویند (بالادستی) مرتبه یک (Implicit) استفاده شده است. به علت وجود سنسور حرارتی و شیر برقی مسئله بصورت گذرا حل شده و برای کوپل کردن سرعت-فشار در حل تفکیکی از روش PISO بهره برده ایم. در این پژوهش فرض شده است خواص مواد ثابت هستند. جریان سیال نیز laminar فرض شده است و مدل تشعشی DO می باشد.

شرط مرزی در ورودی لوله جاذب velocity inlet و در خروجی آن pressure outlet انتخاب شده است. شرط مرزی دیوار برای در بر گرفتن ناحیه نزدیک به سطح جامد یا مایع یا گاز به کار می رود. کار و اثر سنسور حرارتی و شیر برقی با استفاده از UDF به نرم افزار داده می شود. این UDF به گونه ای طراحی شده که در هر iterate از کل سطح سلول و تمامی سلول های صفحه خروجی لوله جاذب انتگرال دمایی می گیرد و اگر دمای میانگین بدست آمده از دمای خروجی مورد نظر بیشتر باشد ، سرعت ورودی را از صفر به 0.2 m/s افزایش می دهد. البته بعلا بالا بودن دمای اواسط لوله جاذب دمای سنسور را در UDF چند درجه کمتر از دمای مورد نظر تعیین می کنیم تا میانگین دمای آب خروجی در حدود دلخواه شود. میزان تشعشع در شیراز در خرداد ماه مطابق نمودار شکل (6) است. مسئله بر اساس میزان تشعشع پانزدهم خردادماه شیراز حل شده است.



شکل (6) میزان شدت تابش خورشید در خرداد ماه در شیراز

تنظیمات شرایط و روش های حل در فلونت و مواد بکار رفته در تحقیق و تنظیمات زمان و انجام حل و مختصات جغرافیایی شیراز در جداول (2) و (3) و (4) و (5) آمده است.

جدول (۳) مواد بکار رفته در تحقیق

لوله مسی با روکش کروم سیاه	لوله جاذب
ورق آلومینیوم	متمرکز کننده
شیشه	محافظ شفاف

جدول (۴) تنظیمات زمان و انجام حل

time step size (s)	۱
number of time steps	۲۵۲۰۰
max iteration per time step	۵

جدول (۵) مختصات جغرافیایی شیراز

longitude (deg)	۵۲.۳۳
latitude (deg)	۲۹.۳۶
timezone (+-GMT)	۳.۵

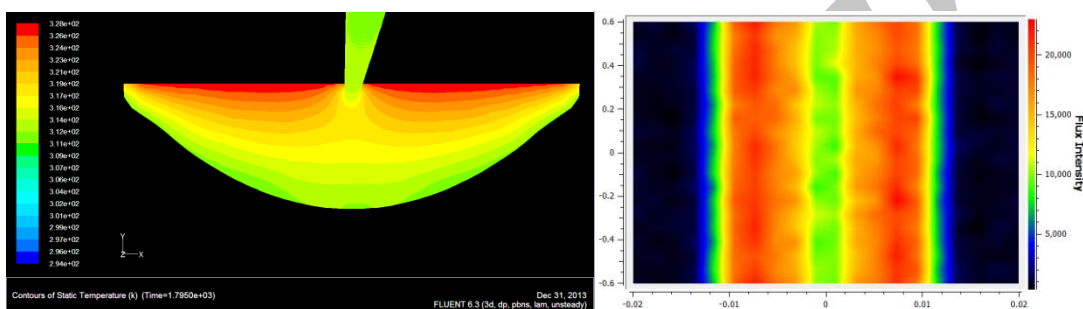
جدول (۲) تنظیمات شرایط و روش های حل در فلونت

model solver	pressure based
formulation	implicit
time	unsteady
viscous model	k-epsilon
radiation model	Discrete Ordinates (DO)
solar load	solar ray tracing
pressure-velocity coupling	PISO
pressure discretization	presto
momentum discretization	first order upwind
energy discretization	first order upwind
discrete ordinates	first order upwind

5- نتایج

در این قسمت هدف بر این است تا عملکرد حرارتی آبگرمکن در دماهای آب خروجی 50°C و 60°C و 70°C و 80°C در ردیابی تک محوره، برای شبکه موازی، توسط مدل سازی عددی مورد ارزیابی قرار داده شود و نتایج را با نتایج آزمایشگاهی مقایسه کنیم. کانتور شدت تابش متمرکز شده در هر نقطه از لوله جاذب که با تابیدن 100000 اشعه خورشید به گردآورنده در نرم افزار soltrace بدست آمده بصورت شکل (7) است.

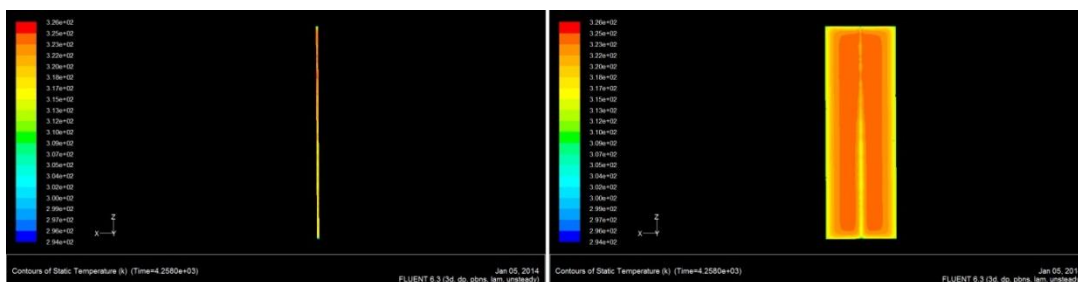
شکل (8) کانتور دمایی در صفحه $z=0$ به همراه لوله جاذب در ساعت 10 صبح را در دمای خروجی 50°C نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود بالاترین دما در نزدیکی شیشه محافظ و روی آن قرار دارد.



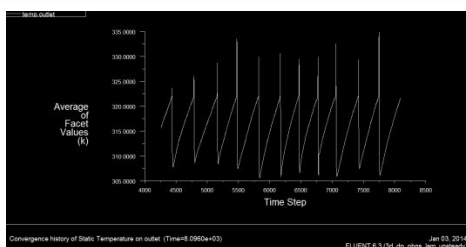
شکل (7) شدت تابش متمرکز شده در هر نقطه از لوله شکل جاذب با 100000 اشعه تابیده شده به کلکتور در ساعت 10 صبح در دمای خروجی 50°C

شکل (9) کانتور دمایی در صفحه $y=0.1$ (نقطه کانونی سهموی) را در دمای خروجی 50°C نشان میدهد.

شکل (10) کانتور دمایی روی سطح لوله جاذب را در همان ساعت 10:31 صبح در دمای خروجی 50°C نشان می دهد. همانطور که قابل ملاحظه می باشد در طول لوله دما روی سطح لوله یکسان نیست و به همین علت دمای آب درون لوله نیز در طول لوله یکسان نیست. سنسور حرارتی در مقطع خروجی لوله قرار دارد که مطابق کانتور دمایی، دمای آب در آن مقطع بسیار کمتر از دیگر مقاطع لوله است و به همین علت نیز هنگامی که دمای آب در مقطع خروجی به دمای مورد نظر رسیده و از ورودی لوله آب وارد می شود، دمای آبی که در قسمت های دیگر لوله قرار داشته بالاتر از دمای مورد نظر است. به همین علت دمای آب خروجی و به طبع آن میانگین دمایی آب خروجی بیشتر از مقدار مورد نظر می باشد. نمودار دمای آب خروجی در دمای مورد نظر 50°C در شکل (11) نشان داده شده است.

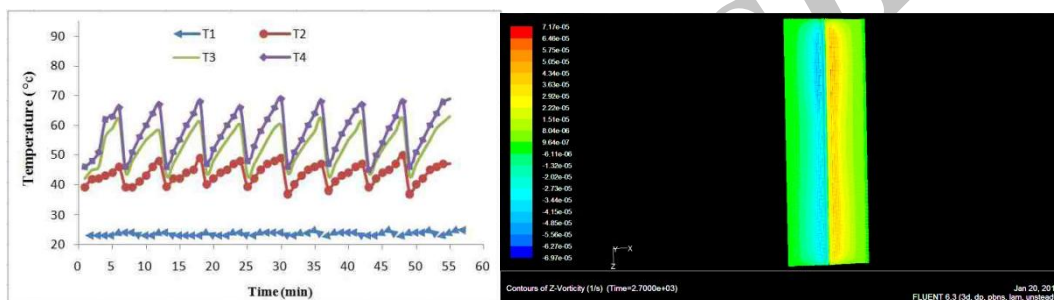


شکل (9) کانتور دمایی در صفحه $y=0.1$ (نقطه کانونی سهموی) در ساعت 9:40
شکل (10) کانتور دمایی روی سطح لوله جاذب را در همان ساعت 10:31 صبح در دمای خروجی 50°C



شکل (11) نمودار دمای آب خروجی در دمای مورد نظر 50°C

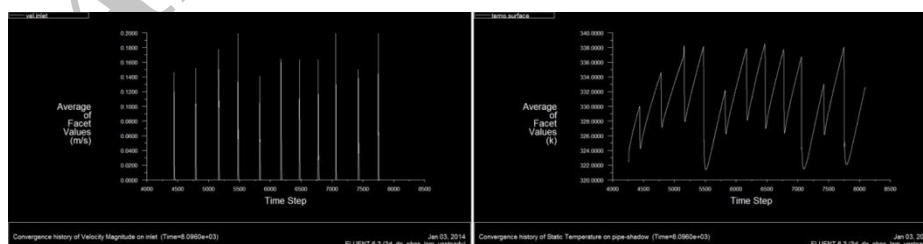
نمودار تغییرات میانگین دما رو سطح لوله جاذب در دمای مورد نظر 50°C در شکل (14) نشان داده شده است. این نمودار با نمودار شکل (13) که از داده های تجربی [7] بدست آمده مطابقت دارد. در شکل (13) چهار خط نمودار متفاوت آمده است. برای مقایسه با شکل (12) باید میانگینی تقریبی بین دماهای T_2 و T_3 را T_4 در نظر گرفت که T_2 دمای سطح لوله در فاصله 10 cm از ابتدای لوله و T_3 دمای سطح لوله در فاصله 60 cm از ابتدای لوله و T_4 دمای سطح لوله در فاصله 10 cm از انتهای لوله جاذب می باشد.



شکل (13) نمودار تغییرات میانگین دما رو سطح لوله جاذب در دمای مورد نظر 50°C از داده های تجربی

شکل (12) کانتور ورتیسیته در جهت Z شکل در دمای مورد نظر 50°C در ساعت 10:15

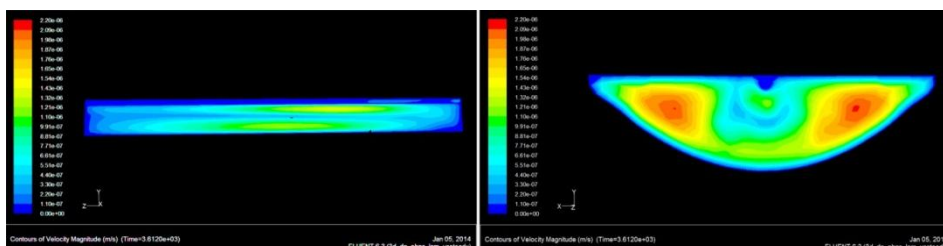
شکل (12) کانتور ورتیسیته را در جهت Z نشان می دهد. جهت چرخش هوا در سیستم کاملا پیداست. شکل (15) نمودار تغییرات سرعت را در ورودی لوله جاذب نشان می دهد. حداکثر سرعت ورودی تعریف شده در UDF برابر 0.2 m/s است.



شکل (13) نمودار تغییرات سرعت در ورودی لوله جاذب در دمای 50°C

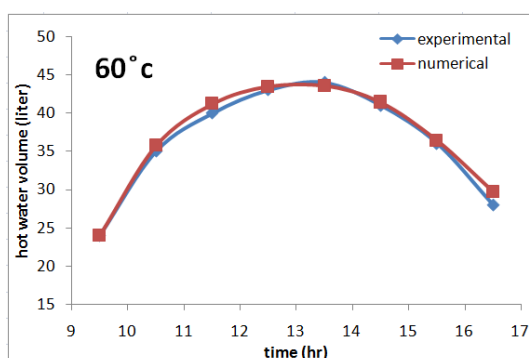
شکل (14) نمودار تغییرات میانگین دما رو سطح لوله جاذب در دمای مورد نظر 50°C از داده های مدل سازی

کانتور سرعت در مقطع $z=0$ در شکل (16) آمده است. علت نداشتن تقارن در این مقطع این است که هوای محبوس شده در جهت طولی (z) نیز جریان دارد که در شکل (12) نیز مشاهده گردید. در شکل (17) کانتور سرعت را در صفحه $x=0$ مشاهده می کنید.

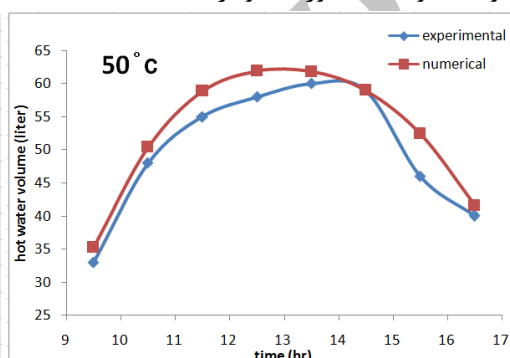


شکل (16) کانتور سرعت در $z=0$ در دمای خروجی 50°C در ساعت 10:30
شکل (17) کانتور سرعت در صفحه $x=0$ در دمای خروجی 50°C
مقدار آب خروجی از گردآورنده ها در هر ساعت در دماهای 50 و 60 و 70 و 80 درجه سانتیگراد محاسبه گردیده

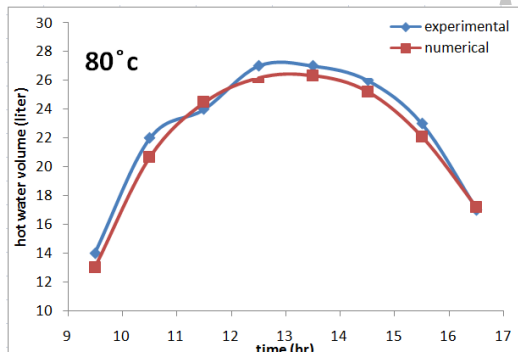
و با داده های تجربی [7] که توسط آقای همراهی از پروژه کارشناسی ارشد بدست آمده مقایسه گردیده است و در اشکال (18) و (19) و (20) و (21) بصورت نمودار آمده است.



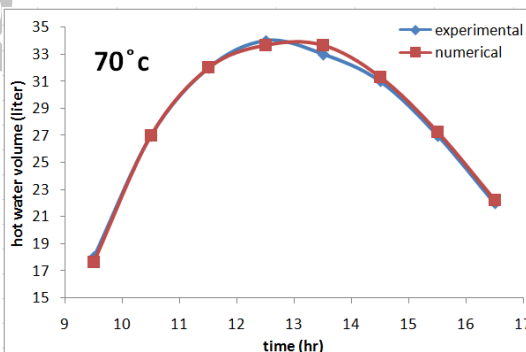
شکل (19) مقدار آب خروجی از لوله جاذب در هر ساعت



شکل (18) مقدار آب خروجی از لوله جاذب در هر ساعت



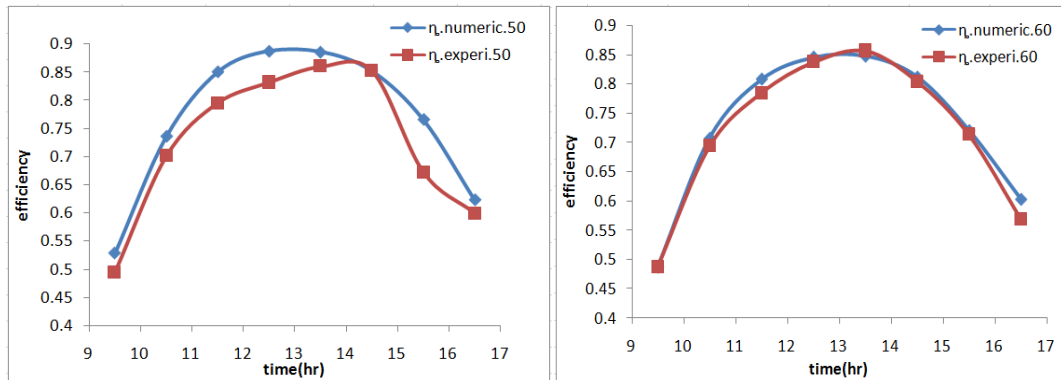
شکل (21) مقدار آب خروجی از لوله جاذب در هر ساعت



شکل (20) مقدار آب خروجی از لوله جاذب در هر ساعت

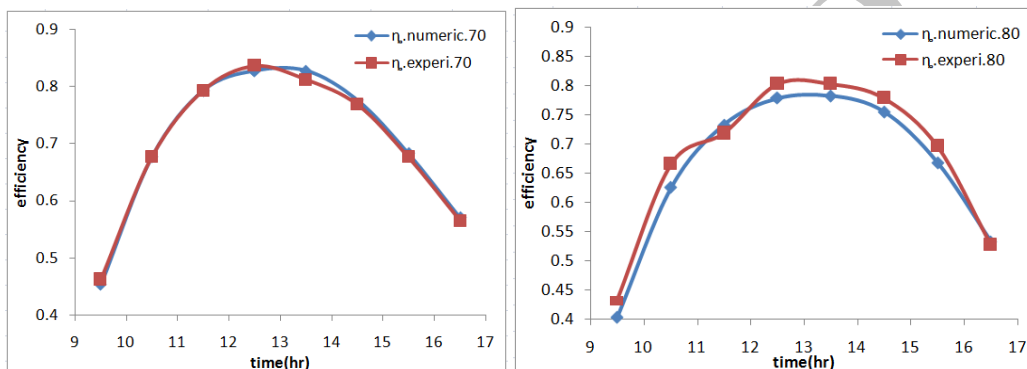
همانطور که در نمودارها قابل مشاهده است. مقداری تفاوت بین داده های مدل سازی و تجربی وجود دارد که این تفاوت در غالب داده ها کمتر از 15% می باشد. مقدار زیادی از این تفاوت ناشی از دقت عملکرد سنسور های حرارتی و شیر برقی در تشخیص دمای آب در خروجی لوله جاذب و همچنین مقداری خطا در اندازه گیری حجم آب خروجی از لوله در این تحقیق و در داده های تجربی می باشد. قابل مشاهده است که با بالا رفتن دمای خروجی لوله جاذب میزان تفاوت بین داده های تجربی و آزمایشگاهی افزایش یافته است که یکی از علل آن زیاد شدن میزان اتلاف حرارتی با بالا رفتن دمای سیستم و به طبع آن بالا رفتن خطای محاسباتی این اتلاف است.

در شکل (22) و (23) و (24) و (25) نیز مقدار بازده گردآورنده را در دماهای مختلف و بدست آمده از تحلیل عددی را با نتایج تجربی [7] مقایسه کرده ایم. در شکل (26) و (27) بازده گردآورنده را از داده های عددی و تجربی [7] نشان می دهد.



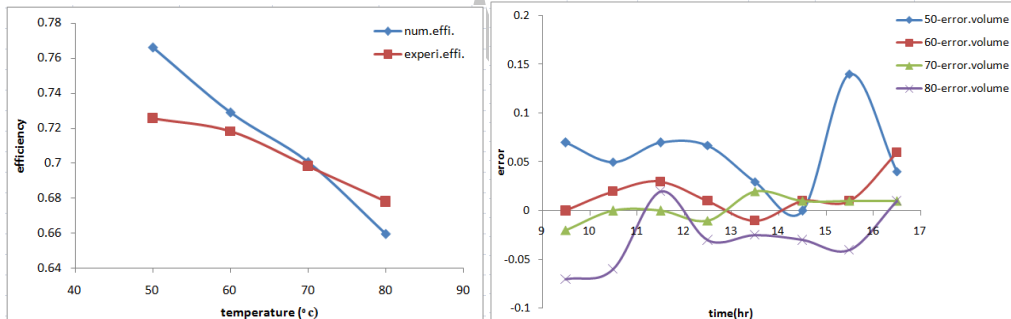
شکل (23) بازده گردآورنده در دمای 50°C

شکل (22) بازده گردآورنده در دمای 60°C



شکل (25) بازده گردآورنده در دمای 70°C

شکل (24) بازده گردآورنده در دمای 80°C



شکل (2) بازده گردآورنده در دماهای مختلف از داده های عددی و تجربی

شکل (26) خطای حجم آب خروجی در دماهای مختلف از داده های عددی

6- مراجع

- [1] V.P. Stefanovic, Mathematical model and numerical simulation of CPC, S.R. Pavlovic, concentrating solar collector, Automatic Control and Robotics
- [2] A. Oliva, M. Segarra, Numerical simulation of solar collectors: the effect and nonsteady state or the boundary conditions
- [3] C. Kutscher, F. Burkholder, K. Stynes, efficiency curve from separate measurements of outdoor optical efficiency and indoor receiver heat loss, National renewable energy laboratory
- [4] A. Valan, T. Sornakumar, Life cycle cost analysis of new FRP based solar parabolic trough collector hot water generation system, solar energy
- [5] رثوفی راد، مجید، طراحی سیستم های خورشیدی در ایران، انتشارات دانشگاه تبریز، چاپ دوم، 1382، ص 241.
- [6] B. Singh, M. Singh, F. Sulaiman, concentrator by simulation, World Climate and
- [7] همراهی، سراج الدین، طراحی ساخت و بررسی عملکرد یک آبگرمکن خورشیدی سهموی جدید، دانشگاه یزد، آذرماه 1391

Modeling and numerical analysis of parabolic collector of solar radiance in solar water heater in Shiraz and comparing the results using experimental data

Saeedeftekhar¹, vali kalantar², ali dehghan³

1-yazd university-saeed.eftekhar2@gmail.com

2-yazduniversity-vkalantar@yazduni.ac.ir

3-yazd university-dehghan.ali@gmail.com

Reducing world fossil energy resources on the one hand and the growing need of human beings for thermal energy, utilizing renewable energies has been considered more. Utilizing solar energy to provide human communities with part of future needed energy is the number one priority. This paper studies the performance of a parabolic collector in an unsteady 3-dimensional context, using the first and the second laws of thermodynamics. The collector is composed of a parabolic plane that reflects the sun's radiance and conveys it into the focus of parabola, where a water containing absorbent tube is located. The collector opening is covered by glass and the absorbent tube is located between the glass and the collector so that the convective heat transfer can be utilized to warm the absorbent tube. An electrical valve and a thermal sensor are also used to control the output water temperature. The entire system is located on a basis, which directs the collector towards the sun in either uni-axial and/or bi-axial. To achieve the numerical solution, the control volume method is used considering radiation, convection and/or conduction heat transfer in the glass, the reflector and absorbent tube. The results which include the output water volume and the system efficiency at different temperatures, considering the cases of series and/or parallel connections of tubes being directed by a uni-axial and/or bi-axial collector, has been validated with experimental data. The computational results of the model considering parallel connections of the tubes at different temperatures, directing with two-axial basis is presented in this paper.

Keywords: parabolic collector, solar water heater- numerical analysis of the second law of thermodynamics.