



بررسی جریان یک بعدی گرما در یک خشک کن خورشیدی با استفاده از CFD

هادی صمیمی اخیحجانی^{۱*}، اکبر عرب حسینی^۲، محمد حسین کیانمهر^۳

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار و استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

ایمیل مکاتبه کننده: hsamimia@gmail.com

چکیده

برای بهبود روند خشک کردن و صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش قیمت تمام شده محصول خشک شده، نیاز به طراحی درست و بهینه دستگاههای خشک کن است که با استفاده از روش های شبیه سازی عددی و محاسباتی می توان بدین منظور دست یافت. در این تحقیق از روش دینامیک سیال محاسباتی (CFD) برای شبیه سازی جریان انتقال گرما و چگونگی توزیع درجه حرارت و سرعت هوا در صفحه جمع کننده با قابلیت دوران نسبت به خورشید، استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که هبستگی خوبی بین داده‌های تجربی و تحلیلی وجود دارد. همچنین نتایج تحلیلی نشان داد که در گوشه‌های صفحه جمع کننده به دلیل نبود جریان هوا، انباشت حرارتی بوجود می‌آید که با تغییر در ساختار صفحه می‌توان دمای خروجی را افزایش داده و انتقال حرارت به صورت همگن صورت پذیرد.

واژه‌های کلیدی: صفحه جمع کننده با قابلیت دوران، دینامیک سیال محاسباتی، توزیع جریان گرما، بهینه سازی.

مقدمه

برای بهبود روند خشک کردن و صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش قیمت تمام شده محصول خشک شده، نیاز به طراحی درست و بهینه دستگاههای خشک کن می باشد (Delgado et al., 2012). دینامیک سیال محاسباتی یک ابزار شبیه سازی بسیار خوبی است که با استفاده از روابط ریاضی پیچیده و به کمک رایانه های قدرتمند برای مدل سازی جریان گرما و پیش بینی انتقال جرم، حرارت و سرعت بصورت عددی و گرافیکی در فرآیند های کشاورزی استفاده می شود. با توجه محدودیت هایی که برای بدست آوردن داده های تجربی وجود دارد، با استفاده از روش آزمایشگاهی نمی توان داده های مطلوب در هر نقطه را بدست آورد. از این رو روش CFD می تواند آن دسته از موقعیت های پیچیده ای که در روش آزمایشگاهی وجود دارد را برطرف نموده و نتایج مورد نظر را با هزینه بسیار کم بدست دهد (Darabi et al., 2013). برای بهبود کارایی خشک کن های خورشیدی، تغییرات در صفحه جاذب در اولویت قرار دارد. تاکنون صفحات جاذب زیادی با هزینه کم، قابلیت جمع آوری و ذخیره سازی بیشترین مقدار انرژی خورشیدی ساخته و استفاده شده اند. دینامیک سیال محاسباتی بطور عمده برای پیش بینی سرعت هوا و محدوده های گرمایی در هر نقطه از صفحه جاذب و بهینه سازی عملکرد صفحه جاذب استفاده می شود. محققین و مهندسين طراح از روش CFD برای تحلیل، ارزیابی و محاسبه عملکرد تجهیزات لازم برای انجام فرآیندهای حرارتی مورد استفاده در صنعت و کشاورزی استفاده نموده اند از جمله: مایکروفر پخت نان (Mills, 1999)، کابینت های سردکن (Cortella et al., 1998)، مخازن همزن (Sahu et al., 1999)، خشک کن های پاششی (Kieviet et al., 1997)، مبدل های حرارتی



(Kumar, 1995)، صفحات جاذب خورشیدی (Vasudeva Karanth et al., 2011 and Ingle et al., 2013)، محفظه های خشک کن خورشیدی (Adeniyi et al., 2012).

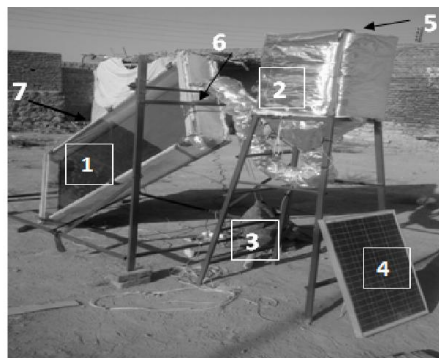
شهرستان آذرشهر با طول جغرافیایی ۴۵/۸ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷/۴ درجه شمالی با ارتفاع ۱۴۵۰ متر از سطح دریا در استان آذربایجان شرقی واقع شده است. تعداد ساعات آفتابی در این منطقه ۲۸۵۲ ساعت بر سال می باشد که بیشترین آن در تیر ماه به میزان ۴۱۵ ساعت و کمترین آن در دی ماه به میزان ۱۲۳ ساعت می باشد. بیشینه مقدار تشعشع خورشیدی نیز برابر ۴/۹ کیلو وات بر مترمربع در روز است. به علت وجود تشعشع خورشیدی مناسب در این منطقه، انرژی خورشیدی مهمترین منبع برای خشک کردن محصولات کشاورزی است.

با توجه به بررسی های انجام شده در زمینه خشک کن های خورشیدی، اطلاعات کمی در زمینه صفحات جاذب استفاده شده به صورت چرخشی در خشک کن های خورشیدی محصولات کشاورزی وجود دارد و تاکنون هیچ تحقیقی در زمینه مدل سازی و شبیه سازی CFD صفحه جاذب با قابلیت چرخش نسبت به خورشید و بهینه سازی آن انجام نشده است. هدف از تحقیق حاضر شبیه سازی جریان گرما و درجه حرارت صفحه جاذب چرخشی با استفاده از CFD می باشد. همچنین در این تحقیق چگونگی انتقال حرارت و توزیع دمایی هوای جریان یافته در داخل صفحه جاذب خورشیدی چرخشی و مقایسه آن با حالت بدون چرخش و بهبود ساختار آن برای بدست آوردن بهینه ترین صفحه جاذب مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روشها

آماده سازی نمونه ها

دستگاه خشک کن (شکل ۱) در محوطه باز شهرستان آذرشهر، زیر نور مستقیم آفتاب قرار داده شد. آزمایش ها و داده گیری، در شهریور ماه سال ۱۳۹۳ و هر روز به مدت ۱۲ ساعت، از ساعت ۷ صبح تا ساعت ۷ بعد از ظهر انجام شد.



شکل ۱- مدل آزمایشگاهی یک خشک خورشیدی با صفحه جمع کننده قابل چرخش: (۱) صفحه جاذب، (۲) کابیت عایق بندی

شده، (۳) موتور DC، (۴) سلول خورشیدی، (۵) فن DC، (۶) مفصل، (۷) حسگر.

این خشک کن شامل یک صفحه جمع کننده، تخته نئوپان و پشم شیشه، پایه، یک موتور DC، ۱۲ ولت به مدل Daichi kasei020350 برای چرخش صفحه، مدار کنترلی برای چرخش صفحه، پنل خورشیدی برای تامین توان دمنده و موتور



الکتریکی، لوله انتقال دهنده جریان هوا برای اتصال خروجی صفحه به ورودی کابینت خشک کن، کابینت خشک کن، دمنده الکتریکی DC، ۱۲ ولت به مدل Sunon، می باشد. فاصله بین ورق آهنی و شیشه ۲۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد (Amer et al., 2010). برای ثبت درجه حرارت از نقاط مختلف صفحه جاذب از ترموکوپل های نوع T استفاده شد که با استفاده از ثبت کننده داده DL-9601A, Lutron، با دقت ۰/۱ درجه سلسیوس هر یک ساعت، داده گیری صورت میگرفت. برای اندازه‌گیری مقدار تابش دریافتی از خورشید به صفحه جمع‌کننده از دستگاه پیرانومتر با دقت یک وات بر متر مربع (Sk,2900,Taiwan) استفاده گردید. برای بدست آوردن درجه حرارت در نقاط مختلف خشک کن خورشیدی، صفحه جمع کننده به چهار قسمت مساوی تقسیم شد و در هر قسمت سه ترموکوپل (از نوع T) نصب گردید. برای اندازه گیری رطوبت هوای محیط از یک دستگاه رطوبت سنج HT.3006, Taiwan با دقت سه درصد استفاده شد که همزمان با اندازه گیری دمای اجزای خشک کن، رطوبت هوا نیز اندازه گیری می شد. برای اندازه گیری سرعت هوای جاری در صفحه جاذب از یک دستگاه سرعت سنج دیجیتالی Yk-2005AM با دقت ۰/۱ متر بر ثانیه استفاده شد. مقادیر سرعت و دمای هوای بدست آمده از نقاط مختلف صفحه جاذب در نقاط مشخص شده (شکل ۱) با داده های خروجی از تحلیل سه بعدی CFD مقایسه شده و بر این اساس اعتبار سنجی داده های تحلیلی صورت می گیرد. در این تحقیق مبنای دمای خروجی از صفحه جاذب می باشد.

مبانی تئوری سازی روش CFD

گرمای تولید شده از طریق تابش خورشیدی بر روی یک سطح با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می شود:

$$Q \quad (1)$$

که در آن Q_{rad} توان حرارتی تابش (W)، A_e سطح تابش (m^2)، σ ثابت بولتزمن ($W.m^{-2}.K^{-4}$) 5.669×10^{-8} ، T_c و T_a به ترتیب درجه حرارت روی صفحه جمع کننده و درجه حرارت محیط ($^{\circ}C$) می باشند (Holman, 2002).

در روزهای داده گیری از صفحه جمع کننده، آسمان منطقه مورد آزمایش آفتابی و صاف بوده و هیچگونه ابری در آسمان مشاهده نمی شد. بنابراین با استفاده از رابطه ASHRAE، برای محاسبه شدت پرتوافکنی مستقیم عمود بر سطح در شرایط آب و هوایی مناسب و بدون ابر داریم (Wong and Chow, 2001):

$$G \quad (2)$$

که در آن G_{ND} پرتوافکنی مستقیم خورشید بطور عمودی ($W.m^{-2}$)، A تابش خورشیدی ظاهری در هوای انتقال جرم صفر ($W.m^{-2}$)، B ضریب زوال (بی بعد)، β زاویه ارتفاع خورشیدی (بی بعد)، C_N عدد شفافیت یا وضوح (بی بعد) که در این تحقیق برای تمام آزمایش ها یک در نظر گرفته شد.

با توجه به وجود پشم شیشه در بدنه صفحه جمع کننده و اینکه تاثیری در جذب نور ندارند، این دیواره ها به صورت عایق در محاسبات در نظر گرفته می شوند. بنابراین معادله انرژی که شامل همرفت و هدایت حرارتی در حجم کنترل است به صورت معادله ۳ قابل حل است (Boughali et al., 2009).

$$\frac{\partial}{\partial t} \quad (3)$$



که در آن ρ چگالی هوا، E انرژی کل مجموعه، U سرعت هوای جریان یافته در جمع کننده، k_{eff} هدایت حرارتی موثر صفحه، T دمای منطقه مورد آزمایش و S_n که بوسیله الگوریتم های ردیاب کننده خورشید محاسبه می شود. چگالی هوا که تابعی از درجه حرارت منطقه T است از رابطه قانون گازهای کامل مورد محاسبه قرار می گیرد.

$$\rho \quad (4)$$

در رابطه فوق R_0 ثابت جهانی گازها و P_0 فشار مطلق می باشد.

برای محاسبه معادله انتقال حرارت تابشی با در نظر گرفتن بازتابش و جذب در موقعیت r و جهت s از رابطه γ استفاده می نمایم.

$$\frac{dI_{[\vec{r},\vec{s}]}}{ds} + (\alpha + \theta)I_{[\vec{r},\vec{s}]} = \alpha n^2 \frac{\sigma T^4}{\pi} + \frac{\theta}{4\pi} \int_0^{4\pi} I_{[\vec{r},\vec{s}]} \varphi_{[\vec{s},\vec{s}']} d\Omega' \quad (5)$$

که در آن n شاخص انکسار نور، φ توابع فازی نور و Ω' زاویه جامد کروی حرکت خورشید می باشد. معادلات پیوستگی و اندازه حرکت به صورت روابط ۶ و ۷ حل می شوند. لازم به ذکر است که تاثیر شتاب گرانش در معادلات ناچیز در نظر گرفته شده است.

$$\frac{\partial}{\partial t} \quad (6)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \quad (7)$$

۲-۳ مدل سازی صفحه جاذب خورشیدی

برای تحلیل دینامیک سیال در صفحه جاذب، ابتدا نرم افزارهای انسیس (ANSYS workbench 2.0 framework version 14.0.0) و سالیید ورکس (Works, version 13.0.0 Solid) بر روی یک رایانه نصب گردید. سپس مدل سه بعدی صفحه جمع کننده در نرم افزار سالیید ورکس با جزئیات کامل ترسیم گردیده و پس از ذخیره آن در پوشه جداگانه به صورت یک قطعه مستقل به نرم افزار انسیس و زیر مجموعه فلونت (Fluent) فراخوانی شد. پس از امان بندی تعیین نوع مواد استفاده شده در صفحه، شرایط مرزی بر روی مدل اعمال شده و مسئله با شرایط آشفتهگی مختلف حل گردید.

در این مطالعه شرایط مرزی به صورت زیر تعریف گردید:

- ۱- شبیه سازی به صورت پایدار، با معادله انرژی و ویسکوزیته K-epsilon در نظر گرفته شد. ۲- ورودی: سیال جاری در صفحه و خشک کن هوا می باشد که شرایط آن در جدول ۱ نشان داده شده است. سه سطح سرعتی ۰/۵، ۱ و ۲ متر بر ثانیه برای هوای جاری در صفحه که در خروجی اندازه گیری می شود برای انجام آزمایش ها در نظر گرفته شد. جهت جریان هوا، عمود بر شرایط مرزی لحاظ گردید. ۳- خروجی: فشار سیال خروجی از صفحه صفر در نظر گرفته شد. ۴- دیواره ها: ضریب انتقال حرارت از دیواره ها و شرایط محیطی در تحلیل صفحه منظور گردید. شرایط اعمالی مواد استفاده شده در دیواره ها در جدول ۱ نمایش داده شده است. ۵- شبیه سازی مدل در تکرارهایی برابر با ۳۷۰۰ تا ۵۰۰۰ همگرا شده و به نتیجه نهایی می رسیدند.



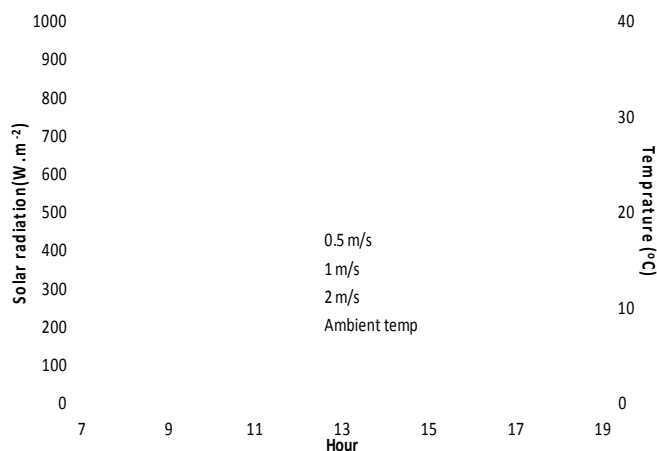
با گرفتن نتایج نهایی، چگونگی توزیع جریان هوا و انتقال حرارت در داخل صفحه جاذب در قالب طرح‌های کانتور رسم شده و بررسی‌های لازم صورت می‌گرفت. دمای خروجی صفحه جاذب که از نرم افزار انسیس بدست آمده با نتایج واقعی مقایسه شده و بررسی لازم برای بهینه سازی ابعادی صفحه لحاظ گردید.

جدول ۱- خصوصیات هوا و مواد استفاده شده در صفحه جمع کننده

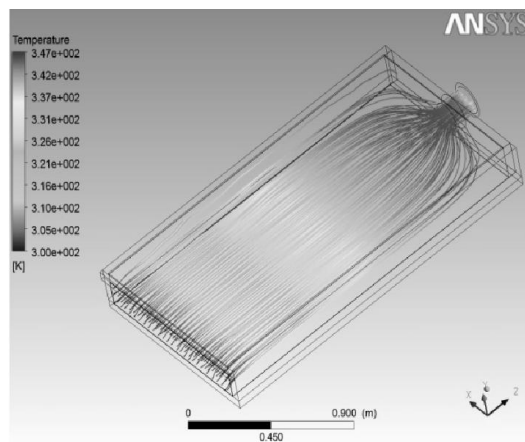
Properties			
Material	Density (kg/m ³)	Thermal Conductivity (W/m.K)	Specific Heat (J/kg.K)
Air	1.225	0.0242	1006.4
Glass	2579	0.96	840
Steel	8030	16.27	502.4
Wood	700	0.173	2310

نتایج و بحث

میزان تغییرات تابش خورشیدی دریافتی توسط صفحه جاذب در طول روز در روزهای آزمایش در شکل ۲ نمایش داده شده است. این تغییرات در محدوده ۱۵۰ تا ۹۵۰ وات بر متر مربع می باشد. همچنین در شکل ۲ تغییرات دمای میانگین محیط در روزهای آزمایش با گذشت زمان نشان داده شده است. بیشترین مقدار دمای خروجی از صفحه برابر با ۸۶/۹ درجه سلسیوس در سرعت هوای ۰/۵ متر بر ثانیه، شدت تابش ۹۵۲ وات بر مترمربع دمای هوای محیط برابر با ۳۵/۵ درجه سلسیوس بود. همانطوریکه در شکل ۴ مشخص است، جریان هوا در طول صفحه، توزیع یکنواخت و همگن داشته و در خروجی صفحه این جریان متلاطم می شود. شکل ۴ نشان می دهد که کمترین میزان سرعت در ورودی صفحه و بیشترین میزان آن در خروجی جمع کننده می باشد. در گوشه های انتهایی صفحه جاذب خطوط سرعتی ناچیز و تقریباً قابل صرف نظر هستند و عملاً سرعت هوای قابل ملاحظه در این نواحی وجود ندارد و می توان گفت انتقال حرارتی از دو ناحیه صفر است.



شکل ۲- تغییرات تابش خورشیدی در سرعت های هوای ۰/۵، ۱ و ۲ متر بر ثانیه و دمای میانگین محیط



شکل ۳- توزیع خطوط جریان دما و سرعت هوا در ساعت ۱۲ ظهر و در سرعت هوای ۲ متر بر ثانیه

با توجه به شکل ۳، در گوشه‌های انتهایی صفحه، انباشت حرارتی قابل توجهی وجود دارد. این نتیجه خود می‌تواند تاثیر مهمی در بهینه‌سازی ابعادی صفحه جاذب باشد.

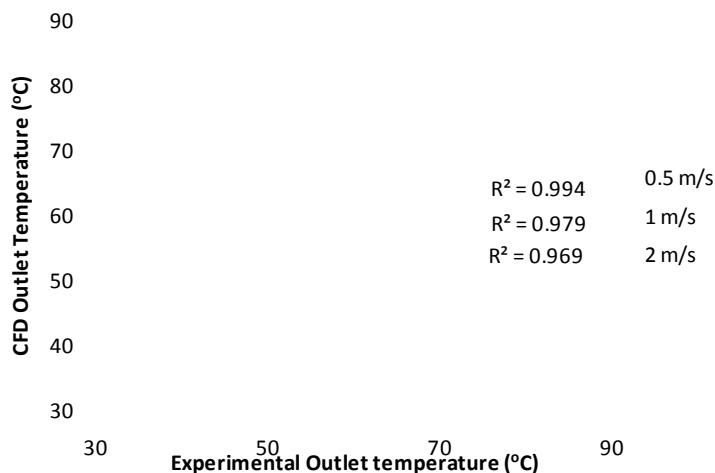
جدول ۲- مقایسه داده‌های آزمایشگاهی خروجی از صفحه جمع‌کننده با داده‌های حاصل از آنالیز CFD در سرعت‌های مختلف

Air velocity (m/s)	Time (hour)	Inlet Temperature (°C)	Experimental Outlet Temperature (°C)	CFD Outlet Temperature (°C)
0.5	8	22.0	44.4	46.3
	9	26.0	53.6	55.1
	10	28.0	65.2	68.4
	11	31.9	73.8	76.2
	12	33.6	80.7	83.5
	13	35.0	85.2	88.6
	14	35.5	86.9	87.3
	15	35.2	83.3	84.1
1	16	34.5	77.5	78.5
	17	33.9	71.0	73.0
	8	22.0	39.8	40.3
	9	24.2	48.5	49.4
	10	29.0	63.1	70.2
	11	31.0	69.7	73.1
	12	34.1	74.1	77.8
	13	35.0	78.3	82.7
2	14	36.0	80.5	81.9
	15	35.5	78.9	80.1
	16	35.0	72.9	73.3
	17	34.2	65.1	66.4
	8	23.1	35.7	36.5
	9	25.0	41.0	46.4
	10	28.4	50.1	55.1
	11	31.0	55.6	63.0
2	12	33.1	63.4	70.6
	13	34.2	67.3	77.3
	14	36.8	74.5	75.9
	15	35.6	72.0	73.3
	16	34.7	70.9	72.0
	17	34.0	64.0	67.1



نتایج داده‌های آزمایشگاهی که از نقاط مختلف صفحه جمع‌کننده جمع‌آوری شده بودند با داده‌های خروجی از نرم‌افزار شبیه‌سازی با CFD در سرعت‌های مختلف مورد مقایسه قرار گرفتند. داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های شبیه‌سازی شده حاصل از خروجی جمع‌کننده در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. بیشترین میزان دمای خروجی برای حالت آزمایشگاهی در ساعت ۱۴ بعد از ظهر و برای حالت تحلیلی در ساعت ۱۳ بعد از ظهر اتفاق می‌افتد. این تاخیر به دلیل مدت زمانی است که بین جذب تابش خورشیدی و تبدیل آن به انرژی حرارتی وجود دارد. در صفحه جاذب بدون چرخش میانگین اختلاف بین دو حالت ۵ درجه سلسیوس است (Ingle et al., 2013)، در حالیکه در این نوع صفحه به دلیل دوران نسبت به خورشید میانگین اختلاف به ۲ درجه سلسیوس کاهش پیدا کرده است. از آنجائیکه در ساعات قبل از ظهر اختلاف بین دمای هوای صفحه جاذب و دمای هوای محیط زیاد است، بنابراین نرخ افزایش دما بیشتر از ساعات بعد از ظهر است. نتایج مشابه را می‌توان در تحقیقات محققان دیگر مشاهده نمود (Ingle et al., 2013 and Adeniyi et al., 2012).

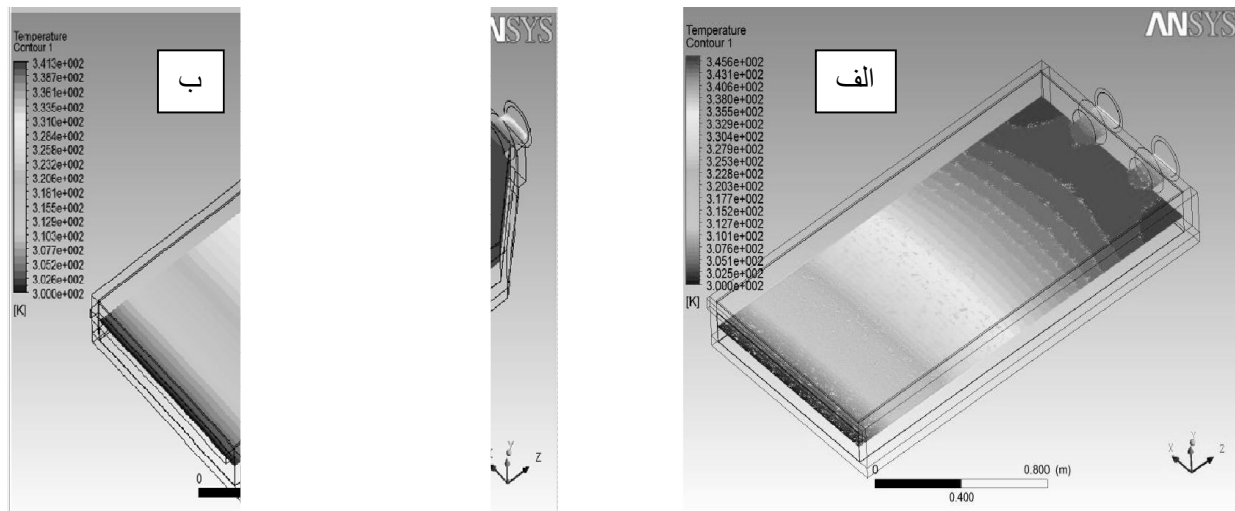
ضرایب همبستگی در سه سطح سرعتی در شکل ۴ بیان می‌دارد که روش دینامیک سیال محاسباتی (CFD) روش مناسبی برای پیش‌بینی درجه حرارت و سرعت هوای هر نقطه از صفحه جمع‌کننده خورشیدی می‌باشد و مدل آشفته‌گی انتخاب شده مدل مناسبی جهت تحلیل می‌باشد. علاوه بر آن با چرخشی نمودن صفحه جاذب نسبت به خورشید، دقت این روش در پیش‌بینی روند انتقال حرارت در صفحه افزایش پیدا می‌کند.



شکل ۴- مقایسه داده‌های آزمایشگاهی با داده‌های تحلیلی و ضرایب همبستگی آنها در سه سطح سرعتی

روش‌های مختلفی برای برطرف نمودن انباشت حرارتی بوجود آمده وجود دارد از جمله اینکه انتهای جمع‌کننده را الف) می‌توان به صورت انحنا دار ساخت (شکل ۵-الف) و ب) خروجی‌های بیشتری در خروجی سیستم قرار داد (شکل ۵-ب). نتایج بدست آمده از تحلیل CFD حالت الف نشان داد که دمای خروجی از صفحه جمع‌کننده به اندازه ۵ درجه سلسیوس نسبت به حالت اول (شکل ۳) افزایش داشته است و این امر به دلیل کاهش انباشت حرارتی در انتهای جمع‌کننده و انتقال حرارت به

سمت بیرون از صفحه می باشد. همچنین نتایج حاصل از تحلیل CFD حالت ب نشان داد که به دلیل کاهش سطح صفحه جاذب، درجه حرارت خروجی به اندازه ۱ درجه سلسیوس افزایش دارد. اما نکته قابل توجه این است که در طول مسیر انتقال از صفحه جمع کننده به کابینت خشک کن افت حرارتی به اندازه ۶ درجه سلسیوس وجود دارد که در صورت افزایش خروجی افت حرارتی، گرمای ایجاد شده توسط صفحه جاذب را جبران نموده و در عمل هیچگونه تولید حرارتی نخواهیم داشت. از طرف دیگر با توجه به ساختار حالت ب علاوه بر از بین بردن انباشت حرارتی، انتقال حرارت از صفحه به سمت خشک کن به صورت همگن صورت پذیرفته و درجه حرارت انتقالی نسبت به حالت ابتدایی به اندازه یک درجه سلسیوس افزایش می یابد. بنابراین با در نظر گرفتن شرایط حاکم بر دو ساختار الف و ب ساختار ب گزینه مناسبی برای استفاده در صفحات جمع کننده قابل دوران خشک کن ها می باشد.



شکل ۵- تحلیل CFD دو طرح از صفحه جمع کننده برای بهبود کارایی آن

نتیجه گیری

در این تحقیق روند جریان هوا و چگونگی توزیع درجه حرارت در نقاط مختلف صفحه جمع کننده یک خشک کن خورشیدی با قابلیت دوران نسبت به خورشید با استفاده از نرم افزار انسیس و زیر مجموعه CFD مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفته و با داده های تجربی حاصل از آزمایش ها در سه سرعت ۰/۵، ۱ و ۲ متر بر ثانیه مقایسه گردید. نتایج نشان داد که هبستگی خوبی بین داده های خروجی از شبیه سازی جمع کننده و داده های حاصل از آزمایش ها وجود دارد و از روش تحلیلی می توان برای پیش بینی روند انتقال حرارت در هر نقطه از جمع کننده استفاده نموده و اقدام به بهینه سازی ساختاری آن نمود.



منابع و مآخذ

1. Adeniyi, A.A., Mohammed, A. & Aladeniyi, K. 2012. Analysis of a Solar Dryer Box with Ray CFD Technique. International Journal of Science and Engineering Research. Vol 3(10), 1-5.
2. Amer, B.M.A., Hossain, M.A. & Gottschalk, K. 2010. Design and performance evaluation of a new hybrid solar dryer for banana. Energy Conversion and Management. Vol 51, 813-820.
3. Boughali, S., Benmoussa, H., Bouchekima, B., Mennouche, D., Bouguettaia, H. & Bechki D. 2009. Crop drying by indirect active hybrid solar – Electrical dryer in the eastern Algerian Septentrional Sahara. Solar Energy. Vol 83, 2223–2232.
4. Cortella, G., Manzan, M. & Comini, G. 1998. Computation of Air Velocity and Temperature Distributions in Open Display Cabinets. In: Advanced in the Refrigeration Systems, Food Technologies and Cold Chain. International institute of refrigeration, Paris, France, 617–625.
5. Darabi, H., Zomorodian, A., Akbari, M.H. & Lorestani, A.N. 2013. Design a Cabinet Dryer with Two Geometric Configurations Using CFD. Journal of Food Science Technology, Original Article.
6. Delgado, E.A., Martinez Flores, H.E., Garnica Romo, M.G., Arand Sanchez, J.I., Aguirre, C.S., Penagos, C.C. & Fernandez-Munoz, J.L. 2012. Optimization of solar dryer for the dehydration of fruits and vegetables. Journal of Food Processing and Preservation. Vol 11(2), 2546-2558.
7. Holman, J.P. 2002. Heat transfer. Published by Mc-Grow Hill, Southern Methodist University, New York. Tenth edition.
8. Ingle, P.W., Pawar, A.A., Deshmukh, B.D. & Bhosale, K.C. 2013. CFD Analysis of Solar Flat Plate Collector. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. Vol 3(4), 337-342.
9. Kieviet, F.G., Van, R.J., De Moor, P.P.E.A. & Kerkhof, P.J.A.M., Measurement and Modeling of the Air Flow Pattern in a Pilot-Plant Spray Dryer. Chemical Engineering Research and Design. Vol 75, 321–328.
10. Kumar, A. Numerical Investigation of Secondary Flows in Helical Heat Exchangers. Institute of Food Technologists Annual Meeting. Anaheim. CA, USA. 1995, pp. 148.
11. Mills, D. Development and Validation of a Preliminary Model for Optimization of Baking Ovens. The food and packaging cooperative research centre annual report, Australia, 1999.
12. Sahu, A.K., Kumar, P., Patwardhan, A.W. & Joshi, J.B. 1999. CFD Modeling and Mixing in Stirred Tanks. Chemical Engineering Science. Vol 54(13), 2285–2293.
13. Vasudeva Karanth, K., Manjunath, M.S. & Yagnesh Sharma, N. 2011. Numerical Simulation of a Solar Flat Plate Collector Using Discrete Transfer Radiation Model (DTRM)–A CFD Approach”, Proceedings of the World Congress on Engineering, Vol 3, WCE, July 6 - 8, 2011, London, U.K.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



Investigation of the one-dimensional heat flow in a solar dryer using CFD

Abstract

Solar energy is widely used for drying of agricultural products. Solar flat plate cabinet dryers are the most favorite equipments used for fruit drying. Properly designed solar drying systems must be taken into account for drying requirements of specific crops, energy efficiency requirements and cost-effectiveness. Simulation is an important tool for design and operation control and makes it possible to find the optimum design. In this study 3D CFD model was used to simulate temperature and air velocity distributions in the flat plate collector. The output data showed a heat accumulation at the corners of plate which can be eliminated by changing the design of the collector. There is a little difference between the experimental data and CFD data.

Keywords: Rotational flat plate, CFD simulation, Air velocity distribution, Optimization.